



**“ESTUDIO PREFACTIBILIDAD  
“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS  
PARA SU UTILIZACIÓN EN RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO  
COPIAPÓ” REGIÓN DE ATACAMA”**

**INFORME FINAL  
VOLUMEN I**

**SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2012**



**Comisión Nacional de Riego  
Gobierno Regional - Región de Atacama**

**“ESTUDIO PREFACTIBILIDAD  
“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA SU UTILIZACIÓN  
EN RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ” REGIÓN DE ATACAMA”**

**INFORME FINAL  
VOLUMEN I**

**SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2012**

**Estudio Elaborado por:**

**Jorquera & Asociados S.A.** Monseñor Félix Cabrera 62 Piso 2º B Providencia, Santiago, Chile  
Teléfono: (562) 2232 4798 E-Mail: [ljg@jorquera.cl](mailto:ljg@jorquera.cl)



**Gobierno regional de Atacama**



## **“Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su Utilización en Riego en la Cuenca del Río Copiapó” - Diciembre 2012**

### **INDICE INFORME FINAL**

#### **VOLUMEN I**

##### **INTRODUCCIÓN**

##### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>CAPITULO I: ANTECEDENTES PRINCIPALES</b>	<b>I-1</b>
<b>CAPITULO II: ESTUDIOS BÁSICOS.</b>	<b>II-1</b>
II.1 BALANCE HÍDRICO Y DETERMINACIÓN DE EXCEDENTES	II.1-1
<i>II.1.1 Precipitaciones</i>	<i>II.1-3</i>
<i>II.1.2 Escurrimientos</i>	<i>II.1-11</i>
<i>II.1.3 Demanda Superficial</i>	<i>II.1-16</i>
<i>II.1.4 Determinación De Excedentes</i>	<i>II.1-18</i>
II.2 ANÁLISIS DE LA DE CALIDAD DEL AGUA (VER VOLUMEN III EAA)	II.2-1
II.3 SITUACION ACTUAL DEL RIEGO	II.3
<i>II.3.1 Derechos De Agua Y Organizaciones De Usuarios</i>	<i>II.3.1-1</i>
<i>II.3.2 Uso Actual Del Suelo</i>	<i>II.3.2-1</i>
<i>II.3.3 Demandas De Agua    Uso Agrícola</i>	<i>II.3.3-1</i>
<i>II.3.4 Sectorización Del Área</i>	<i>II.3.4-1</i>
<b>CAPITULO III: ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE RECARGA Y ALMACENAMIENTO</b>	<b>III.1-1</b>
III.1 ÁREAS Y MÉTODOS DE INFILTRACIÓN	III.1-3
<i>III.1.1 Condiciones Para Selección De Áreas De Infiltración</i>	<i>III.1-4</i>
<i>III.1.2 Selección De Áreas De Infiltración</i>	<i>III.1-7</i>
<i>III.1.3 Selección De Método De Infiltración</i>	<i>III.1-34</i>
III.2 MODELACION DE LAS ALTERNATIVAS	III.2-1
<i>III.2.1 Introducción Y Objetivo Del Modelo</i>	<i>III.2-2</i>
<i>III.2.2 Empleo Del Modelo De SERNAGEOMIN</i>	<i>III.2-2</i>
<i>III.2.3 Utilización Del Modelo</i>	<i>III.2-10</i>
<i>III.2.4 Modificaciones Introducidas Al Modelo SERNAGEOMIN</i>	<i>III.2-12</i>
<i>III.2.5 Simulación De La Recarga Artificial</i>	<i>III.2-16</i>
<i>III.2.6 Resultados</i>	<i>III.2-23</i>
<i>III.2.7 Conclusiones</i>	<i>III.2-37</i>

III.3	ANALISIS AMBIENTAL	III.3-1
III.4	ANALISIS DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS	III.4-1
	<i>III.4.1 Costos Unitarios</i>	III.4-2
	<i>III.4.2 Costo De Las Obras A Construir</i>	III.4-7
	<i>III.4.3 Costo Total De Las Lagunas De Infiltración</i>	III.4-9
	<i>III.4.4 Costo De Las Alternativas De Infiltración Seleccionadas</i>	III.4-10
III.5	ELECCIÓN DE LOS LUGARES DE INFILTRACIÓN	III.5-1
 <b>CAPITULO IV: ESTUDIOS AGRONÓMICOS</b>		<b>IV.1-1</b>
IV.1	AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	IV.1-2
	<i>IV.1.1 Sectores De Infiltración</i>	IV.1-2
	<i>IV.1.2 Beneficiarios</i>	IV.1-4
	<i>IV.1.3 Mapas</i>	IV.1--11
IV.2	DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS	IV.2-1
IV.3	ENCUESTA AGROPECUARIA	IV.3-1
IV.4	ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD AGRÍCOLA	IV.4-1
IV.5	MERCADO, COMERCIALIZACION Y PRECIOS	IV.5-1
	<i>IV.5.1 Introducción</i>	IV.5-1
	<i>IV.5.2 Precios De Retorno Al Productor</i>	IV.5-3
	<i>IV.5.3 Representatividad De Precios A Nivel Nacional</i>	IV.5-4
	<i>IV.5.4 Producción Y Comercialización De Parronales</i>	IV.5-5
	<i>IV.5.5 Producción Y Comercialización De Olivos</i>	IV.5-10
	<i>IV.5.6 Producción Y Comercialización De Granado</i>	IV.5-14
	<i>IV.5.7 Conclusiones Del Capítulo</i>	IV.5-18
	<i>IV.5.8 Comentarios Del Consultor</i>	IV.5-18
IV.6	PREDIOS TIPO	IV.6-1
IV.7	SITUACION ACTUAL AGROPECUARIA	IV.7-1
	<i>IV.7.1 Área Regada</i>	IV.7-3
	<i>IV.7.2 Caracterización Económica Y Productiva De La Situación Actual</i>	IV.7-4
	<i>IV.7.3 Situación Actual Mejorada</i>	IV.7-4
	<i>IV.7.4 Situación Futura Agrícola Sin Proyecto</i>	IV.7-5
	<i>IV.7.5 Uso Futuro Del Suelo</i>	IV.7-6
	<i>IV.7.6 Caracterización Productiva Y Económica Futura</i>	IV.7-6
	<i>IV.7.7 Puesta En Riego</i>	IV.7-7
 <b>CAPITULO V: DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE RECARGA</b>		<b>V.1-1</b>
V.1	TRABAJOS DE TOPOGRAFIA	V.1-2
V.2	DISEÑOS PRELIMINARES	V.2-1

<i>V.2.1 Diseño De Lagunas</i>	V.2-1
<i>V.2.2 Diseño De Vertederos</i>	V.2-2
<i>V.2.3 Sector 4, Tierra Amarilla</i>	V.2-10
<i>V.2.4 Sector 5, Toledo</i>	V.2-12
V.3 INTERFERENCIAS	V.3-1
<i>V.3.1 Interferencias En El Sector 4.1 Tierra Amarilla</i>	V.3-1
<i>V.3.2 Interferencias En El Sector 5.2 Toledo</i>	V.3-2
<i>V.3.3 Tratamiento De Las Interferencias</i>	V.3-3
V.4 EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRES	V.4-1
<i>V.4.1 Expropiaciones</i>	V.4-1
<i>V.4.2 Servidumbres</i>	V.4-1
V.5 PRECIOS UNITARIOS, PRESUPUESTOS, M&O	V.5-1
<i>V.5.1 Costos Unitarios</i>	V.5-1
<i>V.5.2 Costos Directos De Las Obras A Construir</i>	V.5-5
<i>V.5.3 Costo De Operación Y Mantenimiento Del Sistema De Infiltración</i>	V.5-8
V.6 EVALUACIÓN ECONOMICA	V.6-1
<i>V.6.1 Evaluación Económica Del Proyecto</i>	V.6-1
<i>V.6.2 Enfoque Metodológico: Determinación Del Valor Económico Del Agua Recargada</i>	V.6-1
<i>V.6.3 Método Del Valor Residual</i>	V.6-2
<i>V.6.4 Liberación De Recursos</i>	V.6-9
<i>V.6.5 Enfoque Costo Eficacia</i>	V.6-14
<i>V.6.6 Valor Según Mercado Del Agua</i>	V.6-16
<i>V.6.7 Valor Según Mercado De La Tierra</i>	V.6-17
<i>V.6.8 Resumen De Conclusiones</i>	V.6-19
V.7 EVALUACION DE ASPECTOS LEGALES	V.7-1

## **ANEXOS VOLUMEN I**

ANEXO I BIBLIOGRAFIA (digital y papel)	ANEXO I.1-1
ANEXO II.1 HIDROLOGIA (digital y papel)	ANEXO II.1-1
<i>Anexo II.1 - A Precipitaciones</i>	<i>ANEXO II.1-2</i>
<i>Anexo II.1 - B Caudales</i>	<i>ANEXO II.1-16</i>
<i>Anexo II.1 - C Comparación Caudales</i>	<i>ANEXO II.1-32</i>
<i>Anexo II.1 - D Infiltración</i>	<i>ANEXO II.1-33</i>
ANEXO II.3.1 DERECHOS A, B, C, D (digital y papel)	ANEXOII.3.1-1
ANEXO III.2 MODELACIONES (digital y papel)	ANEXO III.2-1
ANEXO IV.1 DGA SDT 327 – 2012 (digital)	
ANEXO IV.3 BASE DE DATOS CNR-UC (digital)	
ANEXO V.5.1 PLANOS TOPOGRÁFICOS (digital y papel)	
ANEXO V 5.1 PLANOS DE OBRAS (digital y papel)	
ANEXO V.5.2 ENLACES RIO-LAGUNAS (digital)	
ANEXO V.6 EXCEL EVALUACION ECONOMICA (digital)	
LÉEME.docx	
NOMENCLATURA	
PROFESIONALES	

## **VOLUMEN II**

**EAA y PAC** (ver Índice en Volumen separado)

## INTRODUCCIÓN

Por Resolución de la Comisión Nacional de Riego CNR 3568 de 10 Noviembre de 2011 se adjudicó a la Consultora Jorquera y Asociados S. A. La Licitación Pública para la ejecución del estudio de prefactibilidad “Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su utilización en Riego en la cuenca del Río Copiapó”.

Se suscribió enseguida un Contrato de Prestación de Servicios con fecha 30 de Noviembre 2012. La iniciación de los trabajos de este contrato fue el 2 Diciembre 2011 y el plazo de ejecución de 365 días. Enseguida se estableció la entrega de informes según un calendario que se consigna en el contrato.

El objetivo del estudio es el siguiente:

**Analizar alternativas a nivel de prefactibilidad, de obras de infiltración del agua subterránea para su uso en riego, proponiendo obras que permitan la utilización óptima de los recursos superficial y subterráneo a través de recarga y del embalsamiento natural o artificial en el acuífero**

El Informe Final contiene los siguientes capítulos:

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CAPITULO I: RECOPIACION ANTECEDENTES**

#### **CAPITULO II: ESTUDIOS BÁSICOS.**

#### **CAPITULO III: ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE RECARGA Y ALMACENAMIENTO**

#### **CAPITULO IV: ESTUDIOS AGRONÓMICOS**

#### **CAPITULO V: DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE RECARGA**

#### **ANEXOS**

Los CAPITULOS I Y II contienen antecedentes necesarios para el estudio. Se señala en el II.1 la determinación de los excedentes hidrológicos asociados a probabilidades que sirven para estimar los volúmenes de recursos superficiales susceptibles de utilizar para infiltración.

El CAPÍTULO III analiza en toda la cuenca los lugares en la superficie para construir obras de recarga, los métodos que se podrían utilizar para hacer la infiltración. Sobre la base de procesar las alternativas con un modelo de SERNAGEOMIN, establecer costos preliminares, y estudiar los impactos ambientales posibles, se recomiendan los lugares y procedimientos más adecuados para infiltrar.

En el CAPÍTULO IV, paralelamente con los estudios de ingeniería se identifican el área de influencia del proyecto, los potenciales usuarios de las obras de recarga, la situación actual agropecuaria y la perspectiva de los mercados, y precios de los productos agrícolas en relación con la aplicación de un proyecto de recarga.

En el CAPITULO V, en los lugares ya identificados en el Capítulo III se hacen diseños preliminares de las obras de recarga, se calculan sus costos y se emiten planos. Integrando las información de costos de inversión y operación de costos de las obras con los antecedentes agro económicos del CAPITULO IV, se hace la evaluación económica y social siguiendo las normas y sugerencias del Ministerio de Desarrollo Social (MDS). Se complementa la proposición de obras con el Estudio de Análisis Ambiental y con una evaluación de los aspectos legales para su construcción.

Las CONCLUSIONES se presentan clasificadas según las especialidades que correspondan y entre las RECOMENDACIONES se identifican acciones para elaborar un Plan de Acción a continuación para la continuación de este proyecto.

Una sección de ANEXOS complementa las materias con documentos que sirven para una mayor explicación de los contenidos de los capítulos, en el caso que ello se requiera.

Separadamente en el Volumen II se presenta in extenso, el Estudio de Análisis Ambiental, EAA y la Participación Ciudadana PAC.

En la versión digital se incluye un archivo "LÉEME. doc" explicativo de los contenidos del resto de los documentos digitales.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La CNR tomó la iniciativa de explorar la factibilidad de un proyecto de recarga artificial de acuíferos en la cuenca del río Copiapó con el fin de utilizar el agua infiltrada en agricultura de riego. Un antecedente importante e insumo para este estudio fue el modelo hidrogeológico del valle preparado por SERNAGEOMIN auspiciado por el Gobierno Regional y por CORFO. El paso siguiente fue licitar el estudio que fue adjudicado a la firma Jorquera y Asociados S. A. que trabajó con un equipo multidisciplinario a partir de noviembre del 2011.

Los principales resultados del estudio son los siguientes:

Se identificó los caudales y volúmenes de agua superficial que son susceptibles de infiltrar, estimándose en unos 430 millones de m<sup>3</sup> disponibles cada 20 años. Volúmenes que actualmente descargan al mar en épocas de crecidas.

Se estableció los volúmenes no saturados de los acuíferos que hacen posible realizar esta recarga, y que alcanzan para los recursos disponibles para infiltrar. Asimismo se estableció que esta infiltración es posible en cuanto a las características hidrogeológicas de los acuíferos.

Se investigó los sitios posibles en que se podían construir obras para recargar y los métodos para realizar las recargas utilizando el modelo de simulación hidrogeológico preparado por SERNAGEOMIN y adaptado por el consultor. Se encontró los lugares más apropiados en razón de las demandas, de los consumos, utilización actual del suelo, baja interferencia con obras existentes, y se eligió la infiltración por lagunas en los sectores 4 y 5 como el método más conveniente.

También se investigó la viabilidad de estas obras en relación con posibles impactos ambientales negativos y medidas de mitigación de esos impactos, llegándose a la conclusión que ellos son mínimos en los sitios elegidos, existiendo impactos positivos por la recarga. Se definió una línea base, investigando las variables físicas, biológicas, sociales y de patrimonio arqueológico y patrimonial, para el seguimiento futuro de las situaciones ambientales.

Se hicieron diseños preliminares de obras para infiltrar y se establecieron sus costos. Se estudiaron los beneficios de la mayor disponibilidad del agua y se generaron índices de beneficio /costos siguiendo las normas de MIDEPLAN, índices que, en la mayoría de los casos, resultan atractivos para la inversión. Se identificaron las fórmulas posibles para el financiamiento de las obras y el marco legal para la construcción.

**Los índices de inversión son mejores respecto de cualquier otro proyecto que pueda conocerse para aumentar los recursos de agua del valle de Copiapó. Cualquier otra opción para aumentar los recursos, como ser embalses superficiales, desalación, carretera del agua, está muy lejos de ser comparables con esta proposición, sin que estos últimos sean descartables.**

Además se entregan antecedentes y se hacen recomendaciones de los pasos a seguir a continuación, que son los siguientes:

- **Establecimiento de la titularidad del derecho de aprovechamiento de las aguas superficiales que durante las crecidas descargan al mar (agua disponible).**
- **Profundización del estudio de recurrencia de caudales más allá del análisis de las estadísticas locales, que incluyan las quebradas aportantes entre La Puerta y Piedra Colgada.**
- **Delimitación y manejo del cauce público (superficie disponible para obras).**
- **Monitoreo de niveles estáticos y caudales bombeados en los sectores hidrogeológicos en toda la cuenca (determinación actualizada del volumen de acuífero disponible).**
- **Realización de proyectos piloto de infiltración para precisar el coeficiente de infiltración en los sitios recomendados para construir obras y la superficie necesaria de lagunas.**
- **Elaboración del proyecto de la factibilidad de la recarga artificial. En este estudio de factibilidad deben proponerse los criterios de manejo conjunto de las aguas superficiales y subterráneas. Para pasar a esta etapa es necesario que estén resueltos los cinco temas anteriores.**

**Otros aspectos muy importantes:**

**El desarrollo hídrico sustentable**, es sobre la base de un equilibrio entre disponibilidades y demandas. La manera de conseguir ese equilibrio está fuera del alcance de esta consultoría, pero sin duda los recursos aportados por las obras de recarga, aunque no son la solución, son un aporte, una parte de las medidas posibles, en la dirección de conseguir ese equilibrio. Para **disminuir el desbalance** actual se recomienda que las demandas mineras, sean abastecidas con agua de mar. Es recomendable también que las aguas potables de Caldera y Chañaral y Copiapó sean de suministro de agua desalada.

**Situación Futura de la Agricultura.** No hay ninguna posibilidad por ahora de aumentar la superficie de riego. La situación futura de la producción agropecuaria tiende a situarse en torno a los tres principales rubros, a saber **uva de mesa, olivos y granados**. No hay proposiciones por ahora de nuevos rubros. Con el proyecto de recarga, o cualquier otro proyecto de nuevos recursos de agua, se podría disminuir el proceso, ya iniciado, de disminución de la superficie de riego, buscando un equilibrio sustentable entre usos y recursos.

**Acuerdo amplio.** Es necesario un acuerdo amplio entre los actuales usuarios de aguas superficiales y subterráneas a través de sus organizaciones para la construcción de las obras de recarga y la gestión de su distribución.

Siendo las aguas bienes nacionales de uso público, es la Dirección General de Aguas, la única Autoridad que tiene competencia para constituir derechos de aprovechamiento o definir quienes tienen la titularidad. Dada la unidad de los recursos de agua superficial y subterránea, es altamente recomendable que exista en el valle una sola Comunidad de Aguas Subterráneas y que ella se integre de pleno derecho con la Junta de Vigilancia del Río Copiapó que hoy maneja la distribución de los derechos de agua superficial.

## CONCLUSIONES

- 1 GENERALES SOBRE LA RECARGA DE ACUÍFEOS**
- 2 MODELACION DE ALTERNATIVAS**
- 3 AGRICULTURA Y RIEGO**
- 4 ESTUDIO AMBIENTAL**
- 5 ASPECTOS LEGALES**
- 6 EVALUACION ECONOMICA**

### 1 GENERALES SOBRE LA RECARGA DE ACUÍFEROS

- El acuífero del río Copiapó, es susceptible de ser recargado con aguas superficiales, provenientes del escurrimiento en épocas de crecidas, hasta por un volumen de 436 Mm<sup>3</sup>, adicionales a la recarga natural, considerando un período de 20 años.
- El valor de 436 Mm<sup>3</sup> proviene de la esorrentía histórica medida en la estación de aforo de Angostura, próxima a la desembocadura del río Copiapó en el mar, entre los años 1982 y 1989, período que presenta la crecida más importante históricamente registrada.
- La recarga natural del acuífero, ha sido históricamente muy importante y de elevada magnitud. Un modelo hidrogeológico realizado el año 1987, arroja una cifra de 532 Mm<sup>3</sup> para los años 1983 a 1987, de ellos 160 Mm<sup>3</sup> se infiltraron en el sector hidrogeológico 1; 168 Mm<sup>3</sup> en el sector 3; 86 Mm<sup>3</sup> en el sector 4 y 118 Mm<sup>3</sup> en el sector 5 el resto de los sectores no presentaron recarga natural debido al elevado nivel de la napa.
- Los sectores elegidos para recarga artificial fueron los 4 y 5, siendo capaces de infiltrar los 460 Mm<sup>3</sup> disponibles en una superficie conjunta de 142ha de 2011.
- El sector 1, dispone de una capacidad adicional de recarga producto de las filtraciones del embalse Lautaro, aparte de las infiltraciones naturales en los cauces de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido.

- La causa más importante del desbalance actual entre recursos y demandas es debido a las extracciones del sector 4 por las empresas mineras y la empresa de Agua Potable, ello da cuenta de un 90% de los 40 a 50 millones de m<sup>3</sup> por año de sobreexplotación del acuífero del valle.
- Los descensos del nivel de saturación del acuífero en el sector 4 y 5 en los últimos 20 años, son además producto de la disminución del caudal subterráneo pasante de los sectores 3 al 4 y 4 al 5.
- Los sectores 3 y 4 han disminuido sus recargas desde el sistema de riego, debido al revestimiento de los canales matrices de regadío en ambos sectores, así como a la disminución de la superficie regada en el sector 4 y la consiguiente disminución de la infiltración por este motivo. A lo que se suma la menor infiltración de riego predial debido a sistemas de alta eficiencia.
- El acuífero del valle del río Copiapó, en sus recargas y descargas está íntimamente ligado al empleo de las aguas superficiales. De las 10.000 Hás regadas un 80% lo hacen con riego mecanizado de alta eficiencia, disminuyendo drásticamente la infiltración predial. El revestimiento de los canales matrices ha producido el mismo efecto. El río Copiapó en su lecho en épocas normales, solo lleva agua en un tramo del sector 3 entre Elisa de Bordos y Pabellón, con lo que el acuífero no ha dispuesto de esta recarga histórica.
- Los recursos de agua superficial y subterránea de la cuenca del río Copiapó, no son suficientes para abastecer la demanda actual de agua de los sectores agrícolas, minero, industrial y agua potable. El balance, por lo tanto, está lejos de ser sustentable en el mediano plazo.
- La superficie de riego actual, no puede ser aumentada. Al contrario la tendencia a disminuir la superficie de riego, y cualquier otra que disminuya la demanda de agua o el suministro desde otras fuentes, es favorable al balance sustentable.
- De no mediar el empleo del agua de mar, para abastecimiento a la minería y agua potable el acuífero del valle de Copiapó aumentaría su desbalance progresivamente.
- El proyecto de recarga artificial, que se realice de acuerdo con el anteproyecto que se entrega, sólo será un paliativo para disminuir la tendencia a la baja de los niveles de agua subterránea y en ningún caso una solución para el desbalance hídrico de la cuenca.
- El acuífero del valle del río Copiapó en sus diferentes sectores, pese a su situación de sobreexplotación, no cuenta con las medidas indispensables de monitoreo de caudales extraídos por pozos ni de los niveles estáticos a lo largo de sus seis sectores. El estudio que se presenta ha debido recurrir a datos parciales antiguos y no contrastados, mediante hipótesis de trabajo, interpolaciones y extrapolaciones.

## 2 CONCLUSIONES RELACIONADAS CON LA MODELACION DE ALTERNATIVAS

- En el período simulado desde el 2011 al 2020, asumiendo que se repite el ciclo hidrológico ocurrido entre los años 1980-1989, ha indicado que la recarga natural alcanza un valor de 800 Mm<sup>3</sup> y que la recarga artificial permitiría infiltrar un volumen de 436 Mm<sup>3</sup> adicionales.
- Este valor si bien puede aparecer modesto, ha significado además que se detiene la tendencia de descenso de los niveles en los sectores acuíferos recargados y que además se abastece la demanda establecida al año 2011, durante todo el período de simulación.
- El estudio realizado ha permitido identificar las zonas más favorables de recarga, y la reacción del acuífero frente a la recarga natural y artificial.
- Los sectores beneficiados han sido los N° 4 y 5 principalmente, además se producirán descargas superficiales en las partes bajas de los sectores 4 y 5, las que pueden ser empleadas en ambos casos para regadío mediante la red de canales existentes en el sector 5. Los volúmenes descargados al río en el sector 4 alcanzan a 46,2 Mm<sup>3</sup> y en el sector 5 (Piedra Colgada) alcanzan a 5 Mm<sup>3</sup>, estos volúmenes harán disminuir la extracción de agua subterránea en una cantidad similar.
- Antes de la ejecución del proyecto definitivo es necesario realizar un proyecto piloto de recarga artificial en lagunas de 1 a 2 há en cada uno de los 4 sectores elegidos, con el fin de precisar la capacidad real de infiltración del acuífero. Además se deberán construir piezómetros aguas abajo y hacia los lados de las lagunas pilotos para monitorear en forma regular la forma y evolución de la recarga en la zona no saturada y saturada.
- Los antecedentes que se obtengan en el proyecto piloto permitirán la elaboración de un modelo más detallado de recarga artificial, efectuar los ajustes correspondientes y precisar los volúmenes a infiltrar y su distribución espacial y temporal en los sectores acuíferos.
- Se utilizó el Modelo Sector Bajo, de SERNAGEOMIN que comprende desde el sector acuífero 3 al 6, entendiendo que las obras de infiltración propuestas se encuentran en los sectores acuíferos 4 y 5 y con la finalidad de intervenir lo menos posible el modelo original en términos de su construcción.
- Para llevar a cabo la modelación de las obras se trabaja con un periodo de tiempo total más corto que el utilizado por el modelo original del SERNAGEOMIN, modelando solo de los años 1993 al 2020, donde el periodo de interés y análisis es del 2011 al 2020, periodo en que se simula la recarga artificial.

- Si bien el modelo cumple con el objetivo de análisis del fenómeno de recarga artificial, esta herramienta cumple un rol principalmente de análisis cualitativo más que cuantitativo, dado que en opinión del consultor esta herramienta no representa fielmente el fenómeno de recarga natural en los periodos de mayor disponibilidad debido a las debilidades estructurales que este presenta y cuyas modificaciones serían objeto de una nueva modelación.
- Entendiendo las limitaciones del presente modelo, y siendo representada adecuadamente la recarga artificial en este, se puede observar claramente el efecto que dicha recarga tiene sobre el almacenamiento en cada sector acuífero.
- De los escenarios analizados se desprende que la mejor alternativa de obras corresponde al Escenario 3, en cuyo caso los recursos disponibles para recarga artificial se distribuyen entre el sector 4 y 5. Esto porque de un análisis conjunto de la variación del almacenamiento de todos los sectores de interés es el que presenta un mejor balance con  $-26 \text{ Mm}^3$ , presentando un beneficio conjunto del acuífero y no un solo sector.
- La modelación realizada ha permitido identificar las zonas más favorables de recarga, y la reacción del acuífero frente a la recarga natural y artificial.
- Los resultados del modelo sirvieron para elaborar el anteproyecto de obras de recarga artificial, y determinar su costo a este nivel.
- En caso de concretarse la ejecución de las plantas desalinizadoras de agua de mar para abastecer total o parcialmente las demandas mineras y de agua potable del sector 4, el volumen de bombeo en el acuífero será considerablemente menor con lo que se producirá un aumento de los niveles en el sector 4 y una mayor descarga subterránea para ser empleada en el sector 5.
- En resumen, el modelo desarrollado por SERNAGEOMIN ha sido adecuado para llevar a cabo una modelación de las diferentes alternativas de obras de infiltración para recarga artificial en el río Copiapó, pese a la generalidad espacial y temporal de este modelo.

### 3 CONCLUSIONES RELACIONADAS CON LA AGRICULTURA Y RIEGO

- **Sectores Beneficiados.** Los sectores acuíferos aptos, susceptibles y necesitados de un proceso de recarga artificial son los N° 4 y N°5. De ellos el sector 4 tiene pocas ha regadas y de éstas una parte son regadas con aguas subterráneas En los sectores beneficiados del proyecto en consecuencia existen en la temporada 2010/2011 las siguientes superficies regadas: Sector 4 son 955,1 ha; Sector 5 son 1585,1 ha. En el catastro de 2011 de ODEPA, 88% lo constituyen los tres rubros de frutales predominantes, uva de mesa, olivos, granado, y un 12% las hortalizas según datos de la encuesta frutícola. Sin embargo nuestra encuesta indica una cantidad mucho menor de hortalizas.
- No existe la **“Situación Actual Mejorada”** por la realización de este proyecto. Siguiendo la tendencia de los últimos años existiría una “ Situación Actual Desmejorada”, ya que continuaría aumentando la demanda por agua y en consecuencia la sobre explotación de los recursos y no hay posibilidades de que por este proyecto de recarga se solucione el déficit que se ha acumulado durante muchos años. Lo que ocurriría por efecto de estas obras para la recarga, y siempre que no aumentara la tasa de sobre explotación, sería que disminuiría la sobre explotación pero seguiría aumentando el déficit. El aumento del déficit no puede ser indefinido ya que los recursos se agotarían o el costo de extracción podría llegar a valores inaceptables.
- La única manera de llegar a un **desarrollo sustentable**, es sobre la base de un equilibrio entre disponibilidades y demandas. La manera de conseguir ese equilibrio está fuera del alcance de esta consultoría, pero sin duda los recursos aportados por las obras de recarga, aunque no son la solución, son un aporte, una parte de las medidas posibles, en la dirección de conseguir ese equilibrio.
- **Se considera que serán beneficiarios** todos aquellos usuarios de agua subterránea, localizados en un determinado sector que hacen uso del volumen de recarga artificial para riego. Los beneficiarios de los sectores 4 y 5 están identificados en el Informe Técnico S.D.T. 327 de Marzo 2012 de la D.G.A, como los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas y en un desarrollo posterior por el Programa CNR-UC de apoyo a los usuarios de agua subterránea en desarrollo en esta fecha.
- **Distrito Agroclimático.** La totalidad del área beneficiada por el proyecto está en el Distrito Agroclimático 03 08 “Copiapó-Hornito” cuyos parámetros agroclimáticos son muy homogéneos en sus características.

- **Actitud de los agricultores.** Sobre la base de la encuesta del Consultor, en general mantendrían los cultivos que manejan actualmente y adicionalmente señalan que si los pozos siguieran bajando dejarían la agricultura. No hay limitaciones de clima, de disponibilidad de suelos aptos, ni de capacidad empresarial. Lo que ocurre es que los beneficios del agua disponible aplicados a la minería, negocio inmobiliario y agua potable son mucho mayores que los obtenidos por su uso en agricultura y resulta más favorable para el agricultor vender o arrendar sus derechos de aprovechamiento que explotar sus plantaciones y siembras.
- **Situación Futura.** No hay ninguna posibilidad de aumentar la superficie de riego. La situación futura de la producción agropecuaria tiende a situarse en torno a los tres principales rubros, a saber **uva de mesa, olivos y granados**. No hay proposiciones por ahora de nuevos rubros que cuenten con la seguridad que éstos tienen respecto a adaptación al clima y suelos de la zona, preparación de la mano de obra, tecnología, servicios de apoyo, y la organización, experiencia para el manejo de la cosecha, producción, y comercialización, como también para la gestión del financiamiento, comercialización y acceso a los mercados. No se ven actualmente rubros que puedan a corto plazo remplazar los indicados. Lo que ha ocurrido y puede seguir ocurriendo es un aumento de las plantaciones que requieren menos agua, olivos y granados, y una disminución de la uva de mesa.
- **Necesidades de puesta en riego.** En el marco de la encuesta no es factible Identificar las solicitudes más frecuentes de los agricultores respecto de la puesta en riego, para que la CNR considere en futuros concursos de la Ley de Fomento del Riego. Ellos mismos tienen indican en sus respuestas que el estado de sus sistemas de riego es satisfactorio por lo cual no hubiera demanda por este concepto. Asociado a este tema, algunos encuestados indican la necesidad de profundizar sus pozos y que no lo harían por el alto costo de ello.
- **Otras inquietudes planteadas por los agricultores en la encuesta.** La problemática asociada al uso del recurso hídrico por la minería y a la sobre extracción que éstos realizarían. Al conflicto con la empresa sanitaria Aguas Chañar en el canal Toledo sobre la utilización de las aguas tratadas en minería. Los altos valores que estarían pagando algunas empresas por los derechos que fluctúan entre US 40.000 y U\$ 80.000 por litro por segundo de agua subterránea. Además respecto a la posibilidad de recargar las napas, los encuestados manifiestan grandes dudas sobre las precipitaciones en el valle y por consiguiente de donde se obtendría el agua para efectuar un proyecto de estas características, por otro lado, los grandes costos que esto podría involucrar y el riesgo de la inversión.



- **Antecedentes sobre precios de los productos (A)** A pesar que es posible acceder a información de exportaciones desde diferentes fuentes de forma puntual, no es posible encontrar estadísticas o series históricas de precios de retorno al productor que se puedan acceder públicamente en los rubros indicados y referida al valle de Copiapó.

**(B)**De acuerdo a información de APECO, la uva de mesa presenta precios de retorno a productor (2010) entre USD 1,25 por Kg (Thompson seedless USA) y USD 1,02 por Kg (Red Globe Lejano Oriente). **(C)**De acuerdo a estimaciones de INIA/CIREN del 2010, el precio de la oliva para la producción de aceite (90,4% de la producción total) varía entre \$220 y \$260 por kilo. **(D)**De acuerdo a información de fuentes privadas, en el caso de granado los exportadores esperan retornos entre USD 1 y USD 1,5 por kilo en fresco, y de USD 0,20 por kilo de Arilos.

- **Comentarios del Consultor sobre Mercados y Precios** En uva de mesa, Chile se ha posicionado como el principal país exportador a nivel mundial y la especialización del valle en esto y en la producción de fruta temprana han sido hasta ahora una fortaleza para el desarrollo de los diferentes mercados en que participa, sin embargo el mayor retorno recibido durante la primera etapa de la temporada también ha desarrollado el interés de otros actores por acceder a esta ventana de precios. En esta posición Perú aparece como una amenaza clara como proveedor en la misma época que el valle del Copiapó, lo que hace pensar que a futuro se puede esperar una mayor competencia en los mercados y fluctuaciones a la baja en los precios dado los menores costos de producción que es posible encontrar en ese país. De forma emergente, este mismo interés se puede observar en California con el desarrollo de variedades tardías para exportación. Anexo a lo anterior, dado los altos costos de producción de la zona y el interés de las mineras por acceder a derechos de agua, en opinión de este Consultor se ha generado un desincentivo al desarrollo agrícola del valle basado en la posibilidad de vender o arrendar derechos de agua a precios que permiten pensar en eliminar las operaciones productivas existentes y simplemente rentar con los derechos de agua disponibles.

#### 4 CONCLUSIONES ESTUDIO AMBIENTAL

- **Medio biótico.** En el ámbito de los alcances de la Línea Base se hizo estudios de Flora y Vegetación Terrestre, Fauna Terrestre, Flora y fauna Acuática, Biodiversidad y Áreas Protegidas referidos a los lugares seleccionados para la construcción de las obras de recarga y se concluyó que no hay afectación de estas variables
- **Asentamientos Humanos y Población** Los sectores preliminares de alternativas de recarga no presentan población en las áreas donde se contempla desarrollar las lagunas de infiltración pues éstas se encuentran en el lecho del río. Sin embargo, algunos sectores pueden presentar interferencia con otras actividades que se están desarrollando actualmente en el mismo cauce como es la extracción de áridos en los sectores 4-A y 4-B; y las actividades industriales presentes en las riberas del río como se da en el sector 5-A. Por consiguiente, y de acuerdo a los antecedentes analizados, se concluye que todos los sectores son óptimos desde el punto de vista social para llevar a cabo el proyecto. El sector 5-B, se trata de un sector amplio donde predomina la actividad agrícola, siendo la localidad más próxima Toledo pero que no revestiría intervención alguna en el cauce ni las obras. Los sectores en que se proponen las obras de recarga son el 4-A y el 5-B, donde no hay interferencias.
- **Patrimonio Arqueológico y Cultural.** Se identificaron y caracterizaron los posibles sitios arqueológicos o lugares de interés patrimonial presentes en el área de influencia de los sectores de emplazamiento de lagunas de infiltración establecidos preliminarmente, permitiendo evaluar su impacto potencial sobre los bienes patrimoniales protegidos por la legislación vigente, dando así cumplimiento a las exigencias estipuladas en la Ley de Monumentos Nacionales N° 17.288 y la Ley N° 19.300 sobre bases generales del Medio Ambiente. La prospección arqueológica permitió concluir que el área de los Sectores Hidrogeológicos en donde se proyecta la implementación preliminar de lagunas de infiltración, no registra evidencias arqueológicas. En síntesis, se descartó la presencia en superficie de cualquier sitio arqueológico, y tampoco se evidenciaron otros elementos relevantes del patrimonio cultural en el área del proyecto, incluso no se registraron hallazgos aislados, tal como lo señala la Ley de Monumentos Nacionales (Ley 17.288).
- **Otros Proyectos en la Zona y su relación con el Proyecto** Este acápite fue desarrollado para dar cumplimiento al artículo 12 literal b de la Ley N° 19.300, Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley N° 20.417 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, donde se indica que como desarrollo de la Línea Base, debe considerar el análisis de todos los proyectos que cuenten con Resolución de Calificación Ambiental (RCA), aun cuando estos no estén en funcionamiento.

Es así como la única y más relevante interferencia entre el proyecto en estudio y otro proyecto en la zona, dice relación con la superposición de parte del Sector 4-B de recarga con parte del Sector N°3 de la modificación del Plan Regulador de Copiapó. No se proponen obras de recarga en este sector de superposición.

- **Evaluación de Impactos Ambientales.** En base al análisis de aquellos componentes en los que fueron asociados una posible presencia de potenciales Impactos Ambientales que podrían generarse producto de la implementación de las obras de lagunas de infiltración, es posible indicar que los mayores impactos previstos se relacionan con la etapa de construcción de las lagunas, la que implicará acciones de remoción de materias y su respectivo apilamiento en sectores cercanos a las lagunas
- **Aproximación de Costos Ambientales** Los costos ambientales se han dividido en costos asociados a las obras y a estudios adicionales. Los primeros dan cuenta del manejo ambiental que debe realizar el contratista para efectuar las obras en cada escenario de inversión. Traslado de materiales de excavaciones y habilitación de botaderos. Por su parte los estudios adicionales dicen relación con la actualización de estudios ambientales y la tramitación de una Declaración de Impacto Ambiental) también considerando cada uno de los escenarios de inversión. Total en Costos Ambientales son \$ 484,07 millones

## 5 CONCLUSIONES SOBRE ASPECTOS LEGALES

- **Derechos de Aprovechamiento de Aguas.** En lo que respecta a cualquier nuevo recurso disponible, como sería el caso de la recarga de los acuíferos por el hecho eventual de las crecidas del río debiera considerarse la situación vigente respecto de los derechos y destinarse a satisfacer las demandas de los derechos de aprovechamiento de agua ya existentes.
- **Artículo 17 del Código de Aguas.** Dado que la disponibilidad del recurso es muy inferior a la demanda existente y considerando que en su mayoría los derechos de aprovechamiento de agua subterránea existentes son de ejercicio permanente sería aplicable el artículo 17 del Código de Aguas.
- La opción de **distribuir el caudal en partes alícuotas** es factible gracias a que el 90% de los usuarios del sector que serían beneficiados por la recarga del acuífero están organizados en una Comunidad de Aguas Subterráneas (CASUB) que está instalando un sistema de control de las extracciones de los pozos de sus usuarios asociados, **así como de los niveles del agua subterránea.**
- En concreto, dado que en la distribución de aguas provenientes de una futura recarga, **existe la posibilidad de litigios** entre los distintos usuarios y beneficiarios, que pueden paralizar el uso del agua, es necesario generar instancias de acuerdo y/o mesas de trabajo entre las partes. La Dirección General de Aguas, debe establecer la titularidad de los derechos de aprovechamiento de agua superficial correspondientes a las crecidas y susceptibles de infiltrar.
- **Obras de infraestructura a implementar por iniciativa privada o por iniciativa pública.** Si es **por iniciativa privada** se requiere el acuerdo de los titulares de los derechos de aprovechamiento de agua, de los que financian, y de los usuarios dispuestos a pagar por los volúmenes de agua que utilicen. Si es **por iniciativa pública** se aplicaría el DFL 1123 que "Establece normas sobre la ejecución de obras de riego por el Estado".
- Respecto de esta categoría de beneficiarios, se propone asociarla al siguiente concepto: "Serán elegibles como **Beneficiarios del proyecto** todos aquellos titulares de derechos de agua subterránea que la utilicen en riego, localizados en cada uno de los dos Sectores en que se llevaría a cabo la recarga, que harían uso del volumen de recarga artificial de los acuíferos en que se producirá la recarga. Obviamente no habrá beneficios ni beneficiarios aguas arriba ni aguas abajo de los sectores de recarga".

**Aspectos legales de la ubicación de las obras en el cauce del río.** El cauce del río se ha estimado con una apreciación técnica de la definición del art 30 del Código de Aguas. Las obras de recarga se ubicarían donde está el cauce del río y además sin ocupación, ni obras construidas. Hemos excluido y respetado, sectores ocupados del cauce, como pozos de lastre en explotación, unas instalaciones de aguas servidas y una planta de concreto existente en la zona. Este tipo de ocupación del cauce viene de períodos de más de diez años en que efectivamente no han ocurrido crecidas e inundaciones que cubran la totalidad del cauce.

## 6 CONCLUSIONES DE LA EVALUACION ECONÓMICA, COSTOS, BENEFICIOS

- **Determinación del Valor Económico (de Oportunidad) del Agua Recargada.** El valor de oportunidad del agua infiltrada se cuantificó en términos del ingreso que generarían dichas aguas al ser destinadas al uso agrícola. Para realizar esta cuantificación se determinó qué superficie incremental (virtual, por supuesto, ya que no existe una tal superficie disponible en el valle) podría ser regada con el volumen de agua recargada. A la tasa actual promedio de riego para ambos Sectores de 9.064 m<sup>3</sup>/ha/año, la recarga promedio anual permitiría regar 2.408 ha virtuales. Luego se determinó el margen bruto de los cultivos que se podrían suponer (virtualmente) regadas por ella.
- **Los costos de inversión del proyecto, y los costos de operación y mantención.** A ellos se agregó un 0,25% anual como provisión para casos de bajadas torrenciales del río. Se consideró el valor residual de la inversión en un 80% del monto de la inversión inicial.
- **Valor de la inversión** \$26.158.3 millones, suponiéndose un período de construcción de dos años. Costos de O&M \$69,85 millones anuales, provisiones \$ 64,14 millones anuales, a precios de mercado.  
El valor de la UF es de \$ 22.626,49 y el del dólar de los Estados Unidos de \$ 505,63. Todos los precios costos del estudio son de Junio 2012.
- **Resultados de la Evaluación.** Los resultados sobre un período de 30 años son los siguientes:  
TIR de 13,4% y VAN al 6% \$39.998.191.000.-, suponiendo un evento de recarga cada 20 años y la primera recarga en el año 5 de terminada la construcción.  
TIR de 8,1% y VAN al 6% \$9.103.389.000.-, suponiendo un evento de recarga cada 40 años y la primera recarga al año 5 de terminada la construcción.  
El proyecto es rentable al ser analizado de acuerdo a los criterios determinados en la actualidad por el Ministerio de Desarrollo Social.
- **La rentabilidad del proyecto es robusta** al considerar diversas variaciones en sus costos y beneficios, y distintos escenarios hidrológicos, manteniendo su rentabilidad positiva frente a cambios en unos u otros.
- **Metodología de la evaluación.** Adicionalmente al Método del Presupuesto se utilizaron otros cuatro métodos/criterios descritos y recomendados por el Ministerio de Desarrollo Social, a saber:

- Liberación de Recursos (o de Ahorro de Costos, o de Reducción de Costos)
  - Enfoque Costo-Eficacia
  - Valoración según el Mercado del Agua, y
  - Valoración según el Mercado de la Tierra
- **Comparación de costo de inversión por m3 embalsado.**  
Comparación con otras opciones de proyectos o estudios preliminares alternativos de nuevos recursos para el valle, referidos a la inversión inicial necesaria por m3 utilizable en un período de 30 años es el siguiente:

Recarga de los acuíferos	.....	\$47 por m3 embalsado
Embalse superficial	.....	\$2500 por m3 embalsado (con recursos de agua similares)
Carretera del agua	.....	\$400 por m3 puesto en desembocadura río Copiapó
Agua desalada	.....	\$400 por m3 puesto en desembocadura río Copiapó

**La conclusión es que no se visualizan proyectos que fueran más atractivos que este de recarga de acuíferos.**

- **Los valores del coeficiente de infiltración** son un parámetro crítico para determinar el tamaño del proyecto y, por lo tanto, su costo y rentabilidad. En el estudio se utilizó un valor uno, que se estima muy conservador. Una vez que se determinen sobre la base de lagunas experimentales de infiltración, pueden ser sustancialmente diferentes a los utilizados en la modelación, lo cual puede ser causa de una variación muy importante del tamaño de las lagunas y por lo tanto del costo del proyecto y su rentabilidad.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con **el estudio de factibilidad** y los proyectos piloto de infiltración- El valor promedio de capacidad de infiltración en el lecho del río Copiapó, se ha estimado en 1m/día, lo cual no ha sido contrastado con medidas de terreno, lo que hace indispensable contar con ensayos piloto de capacidad de infiltración en los sectores 3, 4 y 5 para precisar las cifras del modelo. El valor de 1m/día es conservador y probablemente las pruebas piloto arrojen una cifra mayor, lo que puede hacer disminuir la superficie de las lagunas de infiltración de los sectores 4 y 5 para el proyecto final de recarga.
- La **recarga artificial** para que sea llevada a efecto requiere de las siguientes condiciones copulativas:
  - ✓ Que el recargador disponga de derechos de agua superficial.
  - ✓ Que el acuífero tenga su nivel estático deprimido.
  - ✓ Que disponga de un espacio físico para realizarlo.
  - ✓ Que las características hidrogeológicas sean adecuadas para realizar la infiltración.

En el proyecto actual se han establecido las tres últimas condiciones. En relación con la primera, ya que las aguas son bienes nacionales de uso público, se requiere un pronunciamiento de la autoridad sobre la titularidad de estos derechos de agua excedentes que se producen cada 20 ó 30 años.

- En la zona objeto de estudio, existen **dos organizaciones de usuarios**, a saber, la Junta de Vigilancia del Río Copiapó, que reúne a los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y la Comunidad de las Aguas Subterráneas [CASUB]. Para iniciativas de construcción y gestión de obras de recarga requerirá considerar e incorporar activamente a estas organizaciones, a través de un modelo participativo o de gestión a definir por la autoridad. Hay que considerar también las iniciativas en estudio para organizar los usuarios de agua subterránea de los sectores hidrogeológicos ubicados más arriba del sector 5.
- Dada la gran capacidad de infiltrar del **embalse Lautaro**, se recomienda su empleo para este fin aparte de la acumulación de agua superficial.
- **En el sector 3 entre La Puerta y Mal Paso** se recomienda, efectuar una limpieza y adecuación del cauce, para incrementar su elevada capacidad de recarga natural. La escasa superficie del cauce en su recorrido hacen poco viable la recarga artificial en lagunas.

- Para **disminuir el desbalance** actual se recomienda que las demandas mineras y de agua potable del sector 4, sean abastecidas con agua de mar, cruda o desalada.
- **Advertir a los usuarios** del agua de los riesgos que implica la sobre explotación por las incertidumbres de las disponibilidades, e inducir acuerdos entre ellos para evitar mayores perjuicios.
- **Agua desalada.** Es recomendable que las aguas potables de Caldera y Chañaral y **Copiapó** sean de suministro de agua desalada.
- **Limitar superficie regada.** No es posible aumentar la superficie regada del valle del río Copiapó, se debe limitar a la actualmente regada, con un total de 10.500 ha aproximadamente o menos.
- **Aumento de recursos hídricos.** Todo aumento del empleo del agua en Copiapó, debe ser abastecida con recursos externos provenientes de fuera de la cuenca, como por ejemplo el agua de mar.
- **Registro de caudales.** Es indispensable disponer en todos los pozos del valle de registros de caudales, como también de variación mensual de niveles de agua subterránea, que sean representativas. Esto es necesario para un correcto diagnóstico del valle y de la gestión de sus recursos mediante datos objetivos.
- **Comunidades de Agua.** Se recomienda formar la Comunidad de Aguas Subterráneas de los sectores 1 al 4 incluyéndolos en la Comunidad existente de los sectores 5 y 6 para que exista una sola Comunidad de Aguas Subterráneas en todo el acuífero del valle. La interrelación hidráulica entre los diferentes sectores acuíferos así como la economía de escala aconsejan la existencia de una sola Comunidad.
- **Integración de Organizaciones.** Dada la unidad de existencia de los recursos de agua superficial y subterránea, es altamente recomendable que la Comunidad de Aguas Subterráneas se integre de pleno derecho a la Junta de Vigilancia del Río Copiapó que hoy maneja la distribución de los derechos de agua superficial.
- **Junta de Vigilancia.** De acuerdo con la situación histórica de administración de los derechos de agua superficial en el río Copiapó, del conocimiento de que dispone la Junta del funcionamiento del río, y estando integrada la Comunidad de Aguas Subterráneas, se estima recomendable que sea la propia Junta de Vigilancia la destinataria de los derechos de aprovechamiento eventuales que se generan en las crecidas, para gestionar el proyecto de recarga artificial.



- **Monitoreo.** La gestión de la Junta de Vigilancia en el tema de la recarga artificial implica un detallado monitoreo de las aguas superficiales y subterráneas, que esté integrado en un software, para conocer en todo momento la situación y destino de las aguas en el valle.
- **Manejo del cauce.** La gestión de la Junta de Vigilancia, debe incluir el tema del manejo del cauce, con el objeto de mantener la superficie de éste y su capacidad de infiltración. No se puede predecir si el próximo año habrá o no crecidas en el río, de tal manera que para no perder capacidad de infiltración debe hacerse limpieza y escarificación de todo el cauce, ya que actualmente (2012) se hace solamente en los sectores altos.
- **Financiamiento de las Obras.** El financiamiento, la construcción de las obras y la gestión del agua recargada es una materia que se puede conversar entre los interesados una vez que esté clara la titularidad de los derechos.
- **Acuerdo amplio.** Es necesario un acuerdo amplio entre los actuales usuarios de aguas superficiales y subterráneas a través de sus organizaciones para la construcción de las obras de recarga y la gestión de su distribución, acuerdo que necesariamente requiere la participación del Estado. Siendo las aguas bienes nacionales de uso público, es la Autoridad, Dirección General de Aguas, la única que tiene competencia para constituir derechos de aprovechamiento o definir quienes tienen la titularidad.

## **CAPITULO I**

### **ANTECEDENTES PRINCIPALES**

#### **RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES**

El objeto de esta actividad fue contar con la información existente y disponible en la materia atinente al propósito del estudio. Consistió en recopilación y estudio de las publicaciones existentes, visitas a terreno que cubrió toda la cuenca y entrevistas a agricultores, dirigentes gremiales, funcionarios y profesionales.

Los antecedentes recopilados y analizados, para realizar el estudio se refieren a las siguientes materias:

- Hidrología, uso del agua, tanto superficial como subterránea.
- Hidrología, demanda de agua en agricultura.
- Hidrogeología, pozos acuíferos, derechos de agua subterránea.
- Derechos de agua superficial.
- Calidad química de las aguas.
- Modelo hidrológico e hidrogeológico del valle del río Copiapó.
- Estudios para incorporar nuevos recursos de agua al valle del río Copiapó.

Los principales estudios considerados para esta prefactibilidad son los siguientes:

- Análisis y Evaluación de los Recursos Hidrogeológicos del valle del río Copiapó, III Región – D.G.A 1987, realizado por Álamos y Peralta Ingenieros Consultores.
- Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos del río Copiapó, III Región – D.G.A 1995, realizado por Álamos y Peralta Ingenieros Consultores.
- Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del valle del río Copiapó – D.G.A 2004, realizado por CADE-IDEPE.
- Estudio Hidrogeológico del valle del río Copiapó Segmento Embalse Lautaro – Piedra Colgada, SERNAGEOMIN 1999.
- Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Copiapó y Proposición de un Modelo de Explotación Sustentable – GOLDER ASSOCIATE 2006.
- Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó – D.G.A SIT N° 211, realizado por DICTUC S.A.

- Informe Final. “Diagnóstico de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Copiapó y proposición de un modelo de explotación sustentable”. Golder Associates S.A. Providencia – Santiago. Julio 2006.
- Informe Final. “Mejoramiento Embalse Lautaro Tierra Amarilla” SMI Limitada. Dirección de Obras Hidráulicas. MOP. 2009.
- “Derechos de aguas subterráneas y explotación de acuíferos” Ingeniero Pedro Rivera. Dirección General de Aguas. Revista ALHSUD 2010.
- “Situación de las Aguas Subterráneas del acuífero de Copiapó” Ingeniero Fernando Peralta. Revista ALHSUD Diciembre 2007.
- Copiapó Valley Groundwater Overdraft Report; Dr. Charles M. Burt, P.E. June 2008. Informe Preparado para y Financiado por el Gobierno Regional de Atacama.
- Perfil generalizado del basamento rocoso indiferenciado e impermeable del valle del río Copiapó de Álamos y Peralta. Informe DGA 1985.

#### **Una bibliografía más extensa se consigna en el ANEXO I**

De cada uno de ellos se hizo un estudio sistemático en lo que respecta al tipo de antecedente encontrado, y se hizo un análisis comparativo de los antecedentes y las conclusiones y contenidos en los informes anteriores.

Este ejercicio permitió disponer de una visión cronológica del avance del conocimiento del valle y de su evolución en términos de uso del agua y balances a diferentes fechas.

La gran cantidad de antecedentes disponibles en el valle del río Copiapó, en la materia que atañen al estudio, realizados por diferentes organismos públicos y privados fueron aprovechados para definir el alcance de los estudios complementarios.

Mencionamos también la información, no publicada, acumulada en las oficinas de los ingenieros Peralta y Jorquera producto de las numerosas consultorías que han realizado en el valle de Copiapó, algunas muy recientes.

**A continuación un resumen de los principales antecedentes obtenidos de la información examinada.**

- La cuenca hidrográfica del río Copiapó, tiene una superficie de 18.540 Km<sup>2</sup>. Una longitud entre La Junta y la desembocadura de 160 Km con un desnivel del orden de 1.150 metros, lo que da una pendiente media de 0,7%.
- El relleno aluvial del río Copiapó, forma un acuífero, que tiene espesores comprendidos entre 150m y 500m y un volumen embalsado total comprendido entre 3.500Mm<sup>3</sup> y 7.000Mm<sup>3</sup> para coeficiente de almacenamiento entre 5% y 10% y espesor hasta 300m. Este se ha dividido en 6 sectores, definidos por 5 angosturas que dan lugar a sectores acuíferos o embalses subterráneos que en su parte final descargan para vertientes y escorrentías subterráneas.
- Los sectores acuíferos, sus vertientes y Volúmenes Embalsados (VE) son los siguientes (en millones de m<sup>3</sup>, Mm<sup>3</sup>):
  - Aguas arriba embalse Lautaro.....sin vertiente..... VE = 190 Mm<sup>3</sup>
  - Embalse Lautaro – La Puerta... vertiente. La Puerta... VE = 340Mm<sup>3</sup>
  - La Puerta – Mal Paso..... vertiente Nantoco..... VE = 470Mm<sup>3</sup>
  - Mal Paso – Copiapó..... vertiente San Fernando VE = 860Mm<sup>3</sup>
  - Copiapó – Piedra Colgada..... vertiente Piedra Colgada VE = 1.470Mm<sup>3</sup>
  - Piedra Colgada – Angostura..... vertiente. Angostura..... VE = 2.200Mm<sup>3</sup>

**TOTAL V.E    5.530Mm<sup>3</sup>**

El total de volumen embalsado (V.E) considera un espesor saturado de 200 metros y un coeficiente de almacenamiento de 10%.

- Cada embalse subterráneo de cada sector opera como un elemento de regulación hiperanual.
- Con anterioridad al año 1962 y hasta 1990 aproximadamente las 5 vertientes disponían de caudales que correspondían a los excedentes naturales de los embalses subterráneos, en La Puerta, Nantoco – Mal Paso, San Fernando – Copiapó, Piedra Colgada y Angostura. En las zonas de vertientes, aguas arriba de éstas existían vegas de diferente extensión, las más importantes eran las de Piedra Colgada y Angostura.
- Con anterioridad al año 1962, aún sin existir explotación de agua subterránea, los embalses subterráneos se descargaban naturalmente como producto de los períodos de sequía y se rellenaban naturalmente en los períodos de precipitación abundante.

- La extracción de agua subterránea, que fue creciendo entre 1970 y 2010, ha provocado una aceleración del desembalse de cada sector acuífero, llegando a secar las vertientes y un proceso progresivo de desecamiento de las vegas por descenso del nivel freático. Así en el año 2011, han desaparecido las vertientes de Nantoco – Mal Paso; San Fernando – Copiapó y Piedra Colgada, la vertiente de Angostura ha disminuido su caudal desde una media de 440 l/s para el período 1964 – 2007 hasta 50 a 100 l/s para el período 2004 – 2010.
- En La Puerta (vertiente Los Loros) el caudal medio ha descendido desde 2,41m<sup>3</sup>/s de media entre 1964 y 2007 hasta 1,73m<sup>3</sup>/s en el año 2006.
- Las grandes crecidas y escorrentías registradas en el período 1948 – 2007 corresponden a los años 1949 – 1950; 1983 – 1984; 1987 y 1997 – 1998, es decir 4 episodios en 70 años.
- Los caudales de salida en Angostura para esos episodios han variado entre 2 y 4m<sup>3</sup>/s en 1984 – 1985; 2 y 18m<sup>3</sup>/s en el año 1987 – 1988; y entre 2 y 5m<sup>3</sup>/s en el año 1998. No se dispone de registros de los años 1949 – 1950.
- Todas estas crecidas del río han producido un ascenso de los niveles de agua subterránea, como producto de la recarga natural que tiene lugar en el lecho del río Copiapó y su área de inundación.
- El estudio de recarga artificial que se realiza, partirá de la base de los antecedentes históricos sobre recarga natural desde el río y analizará la forma de capturar las escorrentías superficiales que se van al mar.
- Las áreas en principio más interesantes para infiltrar, corresponden a aquellas donde se vaya produciendo los mayores desembalses de cada sector acuífero y en que exista un lecho permeable ya sea en el cauce del río o su área de inundación.
- Los sectores con mayores depresiones históricas de 30 a 90 metros corresponden a :
  - Pabellón – Qda. Cerrillos en el sector 3 (La Puerta – Mal Paso)
  - Tierra Amarilla – Ciudad de Copiapó en el sector 4 (Mal Paso-Copiapó)
  - Ciudad de Copiapó – Bodega en el sector 5 (Copiapó-Piedra Colgada)
- El sector 1 y 2 desde La Puerta hacia arriba, dispone de un mecanismo de regulación natural, ayudado por las infiltraciones desde el embalse Lautaro, que eventualmente puede ser objeto de recarga artificial en algunos sectores de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas antes de La Junta.

- El caudal medio de ingreso de agua superficial al río Copiapó en el período 1964 – 2007 es de 2.609 l/s considerando la suma de las estaciones Jorquera, Manflas y Pulido en Vertedero y el caudal medio de salida para el mismo período fue de 441 l/s en Angostura.
- La superficie regada tanto con agua superficial como subterránea alcanzaría a 12.753 ha según Informe SIT D.G.A N° 211 año 2010.
- La demanda hídrica establecida en el Informe 2010 alcanza a 6.027 l/s con 5.071 l/s para agricultura; 525 l/s para agua potable y 398 l/s para minería (valor, este último por defecto de acuerdo a nuestros conocimientos).
- El desembalse establecido ha sido de 500Mm<sup>3</sup> extraídos desde el acuífero en el período 1970 – 2007 y a un ritmo actual cercano a los 50Mm<sup>3</sup>/año.
- La evolución de la superficie regada a través de los últimos 40 años ha sido de:
  - 4.800 Hás en el año 1969 Informe Dirección de Riego
  - 7.931 Hás en el año 1987 Informe D.G.A Álamos y Peralta
  - 6.820 Hás en el año 1995 Informe D.G.A Álamos y Peralta
  - 9.229 Hás en el año 2006 Informe Golder y Asociados
  - 10.969 Hás en el año 2008 Informe INE
  - 12.494 Hás en el año 2010 Informe SIT N° 211 D.G.A
- La extracción de agua subterránea ha tenido la siguiente evolución a través del tiempo:
  - 16Mm<sup>3</sup>/año 1969 Informe Dirección de Riego
  - 125Mm<sup>3</sup>/año 1995 Informe D.G.A N° 30 Álamos y Peralta
  - 140Mm<sup>3</sup>/año 2006 Informe Golder Associate
  - 143Mm<sup>3</sup>/año 2010 Informe D.G.A SIT N° 211
- La demanda de agua para la población ha crecido desde 105 l/s en 1969 hasta 525 l/s el año 2010.
- La demanda por minería se establecería de acuerdo con los antecedentes de la DGA sobre volúmenes anuales extraídos en las empresas mineras y de agua potable.
- La evaporación en zona de vega ha descendido desde 23,9Mm<sup>3</sup>/año en 1995 hasta 15,4Mm<sup>3</sup>/año en 2003 y probablemente hoy será menor.

- De los 12.725 Hás regadas en año 2010, hay 9.004 cultivadas con vides, 1.293 Hás dedicadas a olivos y 521 Hás a granados es decir un total de 10.818 Hás que representan el 85% de la superficie cultivada del valle.
- De las 12.725 Hás regadas el 87% es decir 11.070 son regadas por goteo.
- Los caudales medios anuales de aporte del río Copiapó son insuficientes para abastecer la demanda actual y probable futura.
- La recarga artificial, es un mecanismo que permite emplear las aguas que esporádicamente van al mar y mejorar el sistema de recarga natural del acuífero.
- La magnitud del desbalance, no permite equilibrar la situación de recursos – demandas sino sólo aportar nuevos recursos para disminuir el déficit.
- El empleo de agua de mar para las explotaciones mineras, será una forma de disminuir la demanda minera, apuntando asimismo a bajar el déficit.
- Por ahora no es posible plantear un aumento de la demanda agrícola, la que debe estabilizarse en la cifra actual y eventualmente disminuir por efecto de reemplazo de cultivos.

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIOS BASICOS**

#### **CONTENIDO**

**II.1 BALANCE HIDRICO Y DETERMINACION EXCEDENTES**

**II.2 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA**

**II.3 SITUACION ACTUAL DEL RIEGO**



## **II.1 BALANCE HÍDRICO Y DETERMINACION DE EXCEDENTES**

### **II.1.1 Precipitaciones**

### **II.1.2 Escurrimientos**

### **II.1.3 Demanda Superficial**

### **II.1.4 Determinación Excedentes**

## II.1 BALANCE HÍDRICO Y DETERMINACION DE EXCEDENTES

Para el desarrollo de un balance hídrico de la zona de estudio y posterior determinación de los excedentes disponibles para su infiltración en el acuífero, se utilizó información de la Dirección General de Aguas (DGA) así como información de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), encontrándose entre ellos el Estudio “Análisis Integrado de Gestión de Cuenca del Río Copiapó” SIT N°211, desarrollada por la División de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de DICTUC S.A. durante el año 2009 y entregada a la DGA en Enero de 2010 así como los anuarios climatológicos de la DGAC desde el año 1920 al 2010.

### II.1.1 Precipitaciones

Para la determinación espacial de las precipitaciones, en el Estudio de referencia se utilizaron las estaciones meteorológicas DGA, utilizando aquellas que presentaran más de 10 años de información, estaciones que se presentan en la Tabla 0-I.

**Tabla 0-I: Estaciones Meteorológicas DGA**

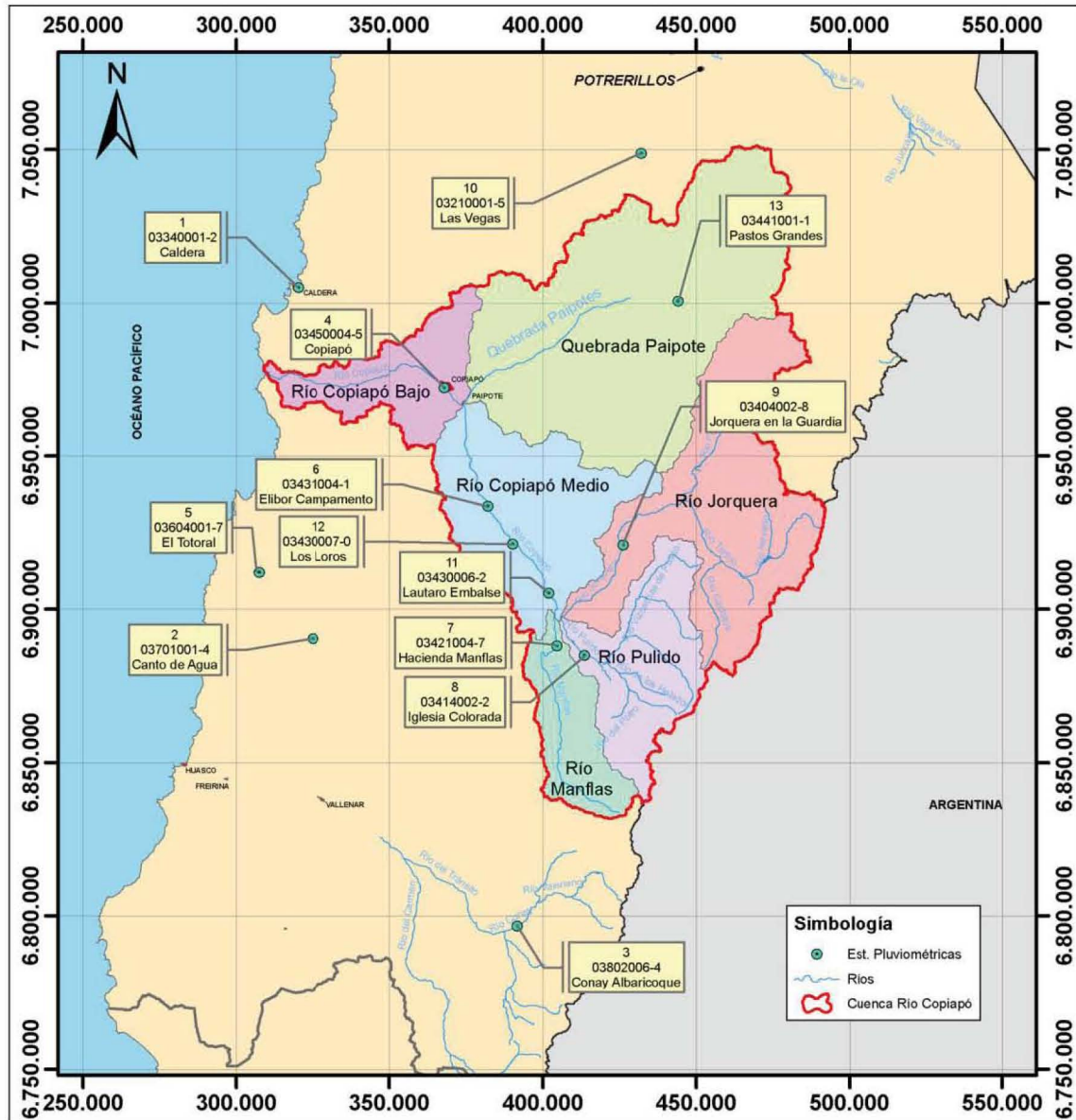
N°	Estación Meteorológica	Cod. BNA	UTM (PSAD56)		Altitud (msnm)	Estado *
			Este	Norte		
1	Caldera	03340001-2	320.082	7.005.158	15	V
2	Canto de Agua	03701001-4	325.025	6.890.523	330	V
3	Conay Albaricoque	03802006-4	391.670	6.796.814	1.600	V
4	Copiapó	03450004-5	367.916	6.972.294	385	V
5	El Totoral	03604001-7	307.346	6.912.086	150	V
6	Elibor campamento	03431004-1	382.074	6.933.608	750	V
7	Hacienda Manflas	03421004-7	404.601	6.888.223	1.410	V
8	Iglesia Colorada	03414002-2	413.505	6.885.056	1.550	V
9	Jorquera en la Guardia	03404002-8	426.140	6.920.990	2.000	V
10	Las Vegas	03210001-5	431.943	7.048.881	2.250	V
11	Lautaro embalse	03430006-2	401.840	6.905.408	1.110	V
12	Los Loros	03430007-0	390.169	6.921.348	940	V
13	Pastos Grandes	03441001-1	444.090	7.000.790	2.260	V

\* V: Vigente; S: Suspendida

Fuente: [DGA]

A partir de un acabado desarrollo estadístico se completó las series de precipitaciones de las estaciones incompletas. Las estadísticas incompletas se rellenaron estimando los datos inexistentes, empleando los datos de dos estaciones con información disponible.

**Figura 0.1: Ubicación Estaciones DGA (Fuente: DGA, 2010)**



**Tabla 0-II: Periodo de Información Disponible y llenado de Datos (Fuente: DGA, SIT Nº211)**

Nº ESTACION	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2008
1 Caldera					
2 Canto de Agua					
3 Conay Albaricoque					
4 Copiapó					
5 El Totoral					
6 Elbor campamento					
7 Hacienda Manflas					
8 Iglesia Colorada					
9 Jorquera en la Guardia					
10 Las Vegas					
11 Lautaro embalse					
12 Los Loros					
13 Pastos Grandes					

■	: Año con información completa	■	: Año con información completa (rellenado)
■	: Año con 10 u 11 meses con información	■	: Año con 10 u 11 meses con información (rellenado)
■	: Año con 7 a 9 meses con información	■	: Año con 7 a 9 meses con información (rellenado)
■	: Año con menos de 7 meses de información	■	: Año con menos de 7 meses de información (rellenado)

El relleno estadístico de las distintas estaciones de precipitación del valle de Copiapó fue llevado a cabo en profundidad en el estudio DGA SIT Nº 211 “Análisis Integrado de Gestión de Cuenca del Río Copiapó”, información que para efectos de lo que se estudia se encuentra suficientemente actualizada y no genera cambios significativos la ausencia de los dos últimos años de información dado que corresponden a periodos secos o sin precipitación en muchas de sus estaciones.

El relleno de información faltante se realizó a nivel mensual para las series de precipitación, seleccionando el mejor ajuste con distintos pares de estaciones vecinas. En algunos casos, las estaciones vecinas que presentaron los mejores índices de correlación no tienen estadística completa en el periodo que se quiere rellenar, por lo tanto, es necesario usar otro par de estaciones que si lo posea.

A partir de los datos estadísticos existentes y generados se construyeron las curvas de isoyetas de la zona de estudio, las que se presentan en la

Figura 0.2, las cuales son bastante coincidentes con las desarrolladas por la DGA en el “Balance Hídrico de Chile” de 1987, pero construidas con más información que las presentadas en dicho documento.

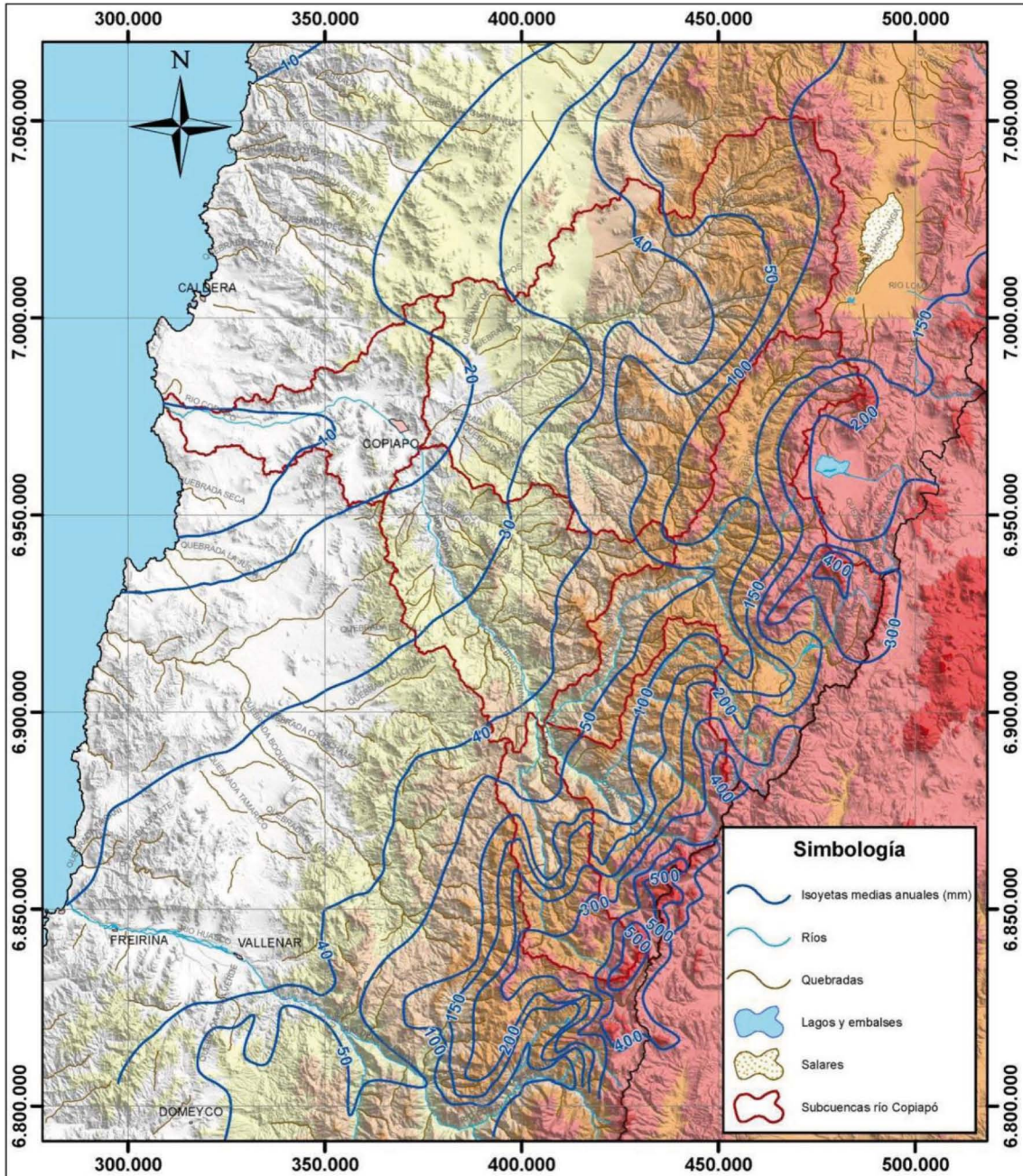
El mapa de isoyetas para las cuencas de estudio se presenta en la

Figura 0.2. En él se aprecia que los principales aportes de precipitación se encuentran en la zona cordillerana, tanto en forma de precipitación como de nieve, dando lugar a escurrimientos durante todo el año, sobretodo en la época estival producto de los deshielos, momento donde se producen las grandes crecidas del río Copiapó. Esto se complementa en la sección de escurrimientos.

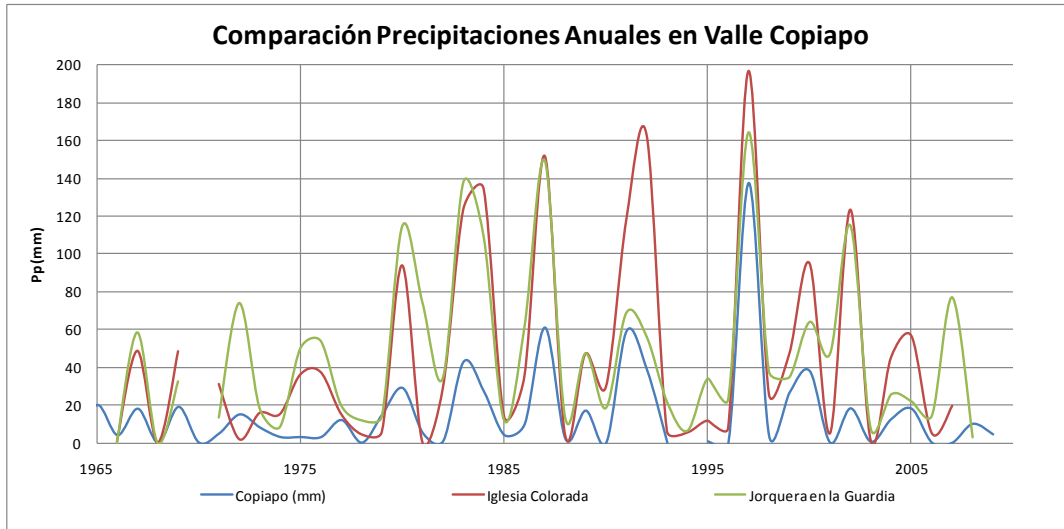
Adicionalmente, si se comparan las precipitaciones entre la estación de Copiapó y las estaciones más altas del valle, es decir las de Jorquera en la Guardia e Iglesia Colorada, se puede apreciar que ante cualquier evento de importancia o año lluvioso en la parte baja del valle se presentan eventos de igual o mayor importancia en la parte alta del valle, muchas veces superando ampliamente lo ocurrido aguas abajo. Lo anterior indica que no existen “eventos costeros” o

situaciones donde las precipitaciones sean de mayor importancia en la parte baja del valle respecto de la parte alta.

**Figura 0.2: Mapa de Isoyetas DGA (Fuente: DGA, 2010)**



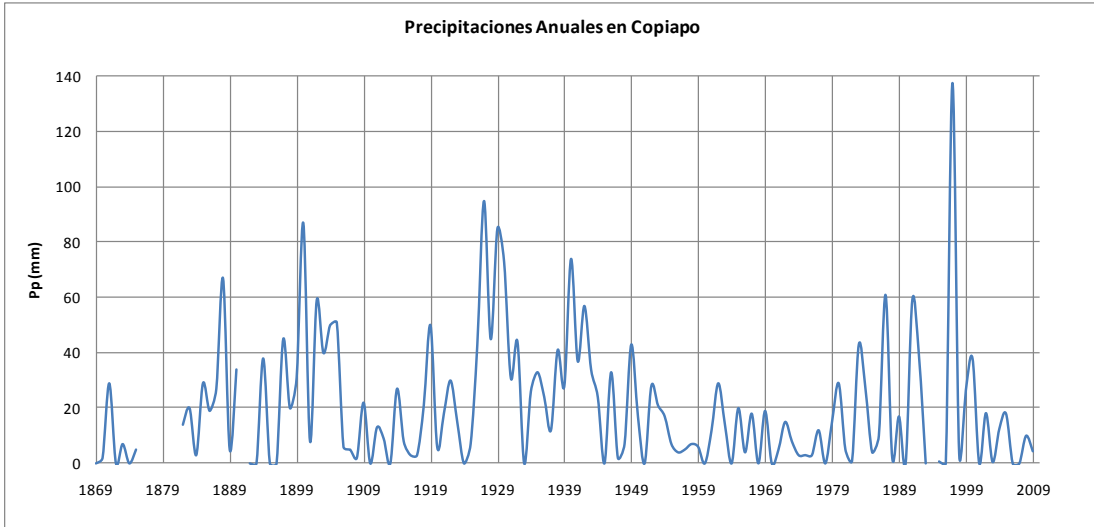
**Gráfico 0.1: Comparación de Precipitaciones Anuales entre Copiapó Alto y Bajo (Fuente: DGA)**



Por otra parte, si se analiza la serie histórica de precipitaciones en Copiapó, de la cual se tiene un registro de los últimos 140 años procedente de diferentes fuentes ubicadas todas en la ciudad de Copiapó, entre ellas Almeyda<sup>1</sup> (1869-1946), DGAC (Estación Copiapó en Chamonate, 1933-1985) y DGA (Estación Copiapó BNA 03450004-5, de 1971 en adelante), se puede apreciar que históricamente se presentan situaciones de mayores precipitaciones y períodos de menor presencia de lluvias. Por lo tanto, si se considera lo señalado respecto de la mayor existencia de precipitaciones en la zona alta del valle, se puede afirmar que pese a existir períodos de poca precipitación, periódicamente se tiene eventos de importancia que aportan recursos significativos, los que una vez ocurridos los deshielos se traducen en escurrimientos de volúmenes importantes en el río y en un aumento de la recarga natural de los acuíferos.

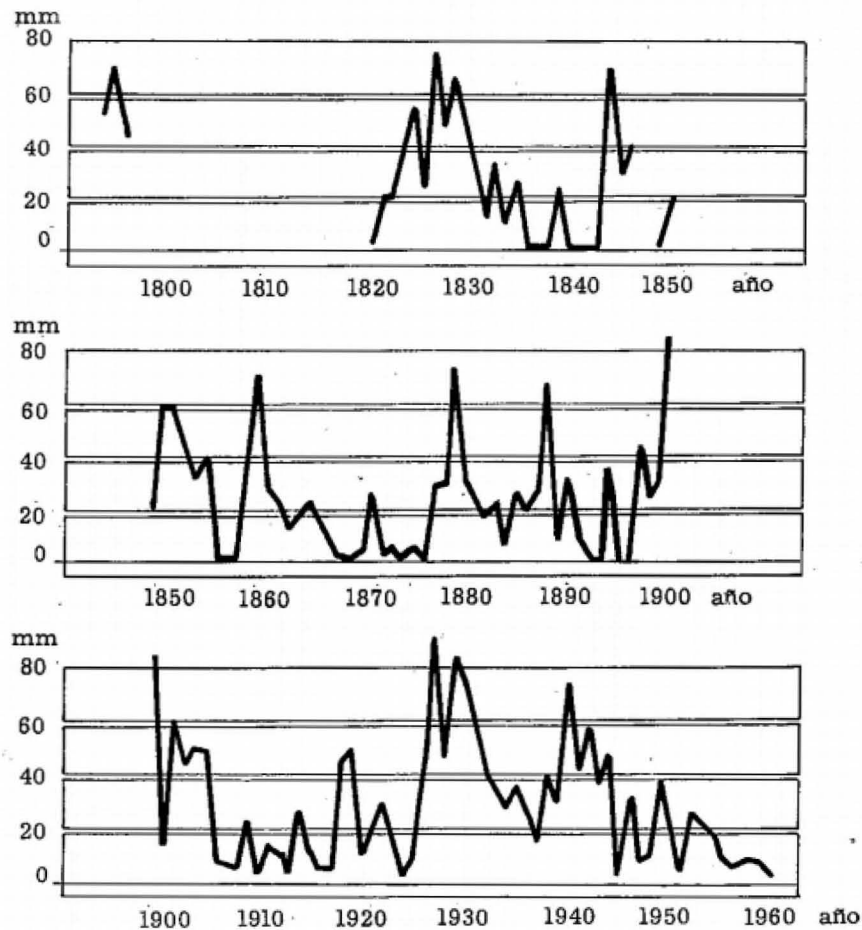
<sup>1</sup> “Pluviometría de las zonas del desierto y las estepas cálidas de Chile”, E. Almeyda, 1948.

**Gráfico 0.2: Serie Precipitaciones Anuales en Copiapó**  
(Fuente: Integración de datos de distintas estaciones) tabla en ANEXO II.1.A.2



**Gráfico 0.3: Serie Precipitaciones Anuales en Copiapó**

1795-1868 y 1876-1881: Bowman, 1924. Fig 53.  
1869-1875 y 1882-1949: Almeyda, 1949 p. 95-96  
1950-1960: Fuerza aérea de Chile, datos inéditos.



Si se realiza una correlación precipitación-escorrentía de carácter anual para alguna de las estaciones relacionadas, como por ejemplo, la Estación Jorquera en la Guardia con Río Jorquera en Vertedero o Estación Iglesia Colorada con Río Pulido en Vertedero o la Estación Elibor en Campamento con Mal Paso Aguas Arriba, se pudo observar que para todos los casos la correlación para los mismos años de análisis es bastante baja, no superando el 25%. Sin embargo, si se correlacionan con un año de desfase, vale decir, los escurrimientos con las precipitaciones del año anterior, las correlaciones aumentan significativamente, obteniéndose respectivamente 66%, 61% y 57%. (Ver

Tabla 0-III)



**Tabla 0-III: Correlación Precipitación-Escorrentía**

COEFICIENTE CORRELACION	JORQUERA EN LA GUARDIA	IGLESIA COLORADA	ELIBOR CAMPAMENTO
RIO JORQUERA EN VERTEDERO	<b>66%</b>	53%	48%
RIO PULIDO EN VERTEDERO	77%	<b>61%</b>	59%
RÍO COPIAPO EN MAL PASO (AGUAS ARRIBA)	71%	68%	<b>57%</b>

Estas correlaciones aumentan en la medida que las estaciones comparadas se encuentran aguas arriba de la cuenca (más cerca de la cabecera), ya que el mayor aporte se encuentra dado por las cuencas de cabecera y la intervención del río es menor, donde las características morfológicas ayudan a que la relación sea más estrecha dado que el río se encuentra más encajonado y la profundidad de relleno es menor y los niveles de agua subterránea más constantes.

En virtud de que existe cierta correlación entre precipitación escorrentía con un desfase de un año, una vez determinados los caudales excedentes se podrá determinar a qué precipitaciones anuales corresponden esos excedentes, pudiendo anticiparse a los eventos de infiltración artificial a abordar más adelante.

### **II-1.2 Esgurrimientos**

Del registro de caudales de las diferentes estaciones fluviométricas de la Dirección General de Aguas se tiene los caudales del río Copiapó en diferentes puntos de este como se ilustra en la

Figura 0.1.

No se extendieron o rellenaron las series de caudales medios mensuales debido a la escasez de estaciones fluviométricas en la zona y a que en general cada uno de los ríos o quebradas controlados cuenta con sólo una o pocas estaciones fluviométricas, lo que no permite disponer de información para realizar las correlaciones apropiadas. Todos los criterios utilizados referentes a los esgurrimientos son propios del consultor.

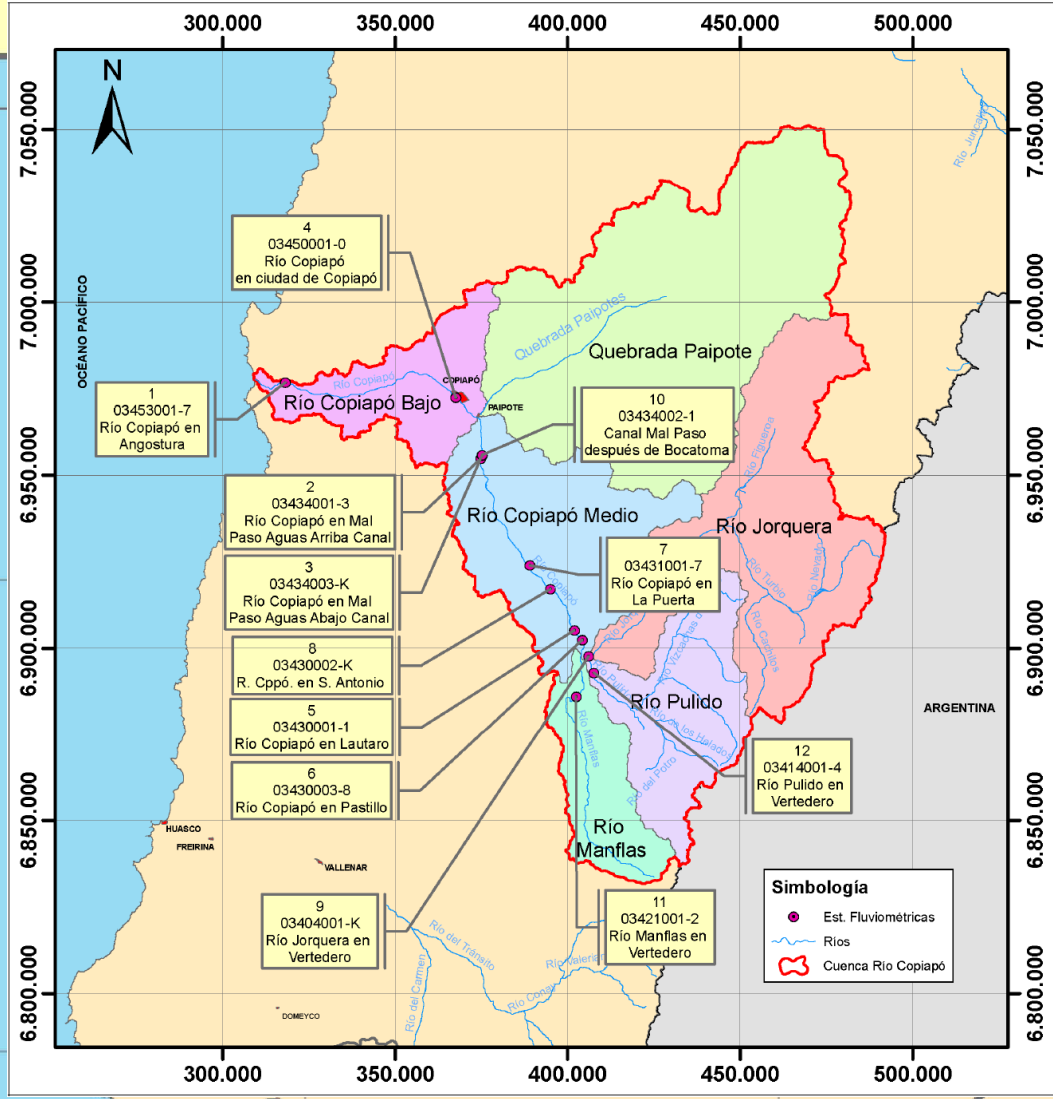
La única información utilizada de DICTUC corresponde a los análisis de precipitaciones para el relleno de estadística y obtención de isoyetas.

OCEANO P

7.0  
6.950.000  
6.900.000  
6.850.000  
6.800.000

1  
03453001-7  
Río Copiapó en Angostura

Figura 0.1: Ubicación Estaciones DGA (Fuente: DGA)



Dada la espacialidad de las precipitaciones concentrándose estas en la zona cordillerana, el desfase existente entre precipitación y escorrentía por el carácter nival de los escurrimientos demostrados a partir de la correlación precipitación-escorrentía antes presentada y el intensivo uso de las aguas superficiales en el valle, en el 2004 se realizó un análisis hidrológico que relacione estas series, se llevó a cabo un balance hídrico a partir de los datos reales de escurrimientos en el río en diferentes estaciones a lo largo de este. De esta forma, a partir de datos reales de escurrimiento poder determinar los caudales excedentes o caudales que se vierten al mar.

Para dicho análisis se utilizaron las estadísticas existentes de las siguientes estaciones:

300.000 350.000 400.000

**Tabla 0-I: Estaciones Fluviométricas DGA Utilizadas**

Estación Fluviométrica	Cod. BNA	UTM (PSAD56)		Estado*
		Este	Norte	
Río Copiapó en Angostura	03453001-7	318.130	6.976.801	V
Río Copiapó en Mal Paso Aguas Arriba Canal	03434001-3	374.685	6.954.792	S
Río Copiapó en Mal Paso Aguas Abajo Canal	03434003-K	375.087	6.955.719	V
Canal Mal Paso después de Bocatoma	03434002-1	375.113	6.955.873	V
Río Copiapó en ciudad de Copiapó	03450001-0	367.552	6.972.537	V
Río Copiapó en La Puerta	03431001-7	388.987	6.923.908	V
Río Copiapó en Pastillo	03430003-8	404.156	6.902.341	V
Río Jorquera en Vertedero	03404001-K	405.969	6.897.615	V
Río Manflas en Vertedero	03421001-2	402.405	6.885.984	V
Río Pulido en Vertedero	03414001-4	407.562	6.892.888	V

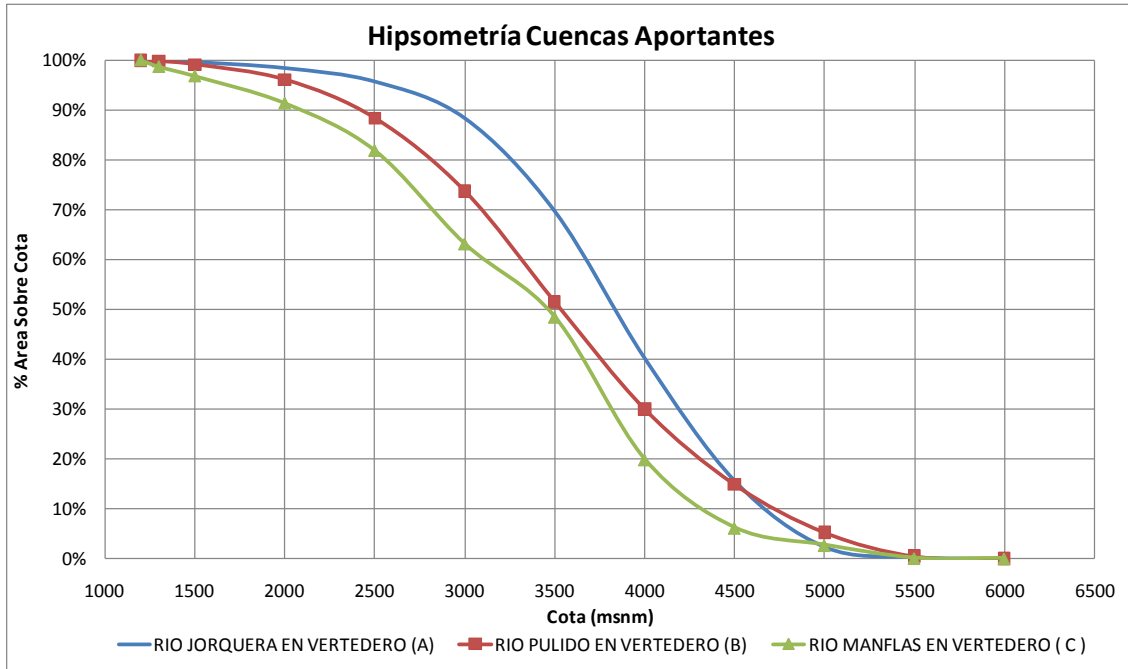
Del análisis de los escurrimientos de las estaciones fluviométricas del río se tiene que las tres principales cuencas que aportan la mayor cantidad de los escurrimientos del valle del Copiapó son las cuencas de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas. Esto porque si se suman los escurrimientos en las estaciones a la salida de cada uno de estos valles y se comparan con el resto de las estaciones del Copiapó se tiene que ninguna estación, a excepción de La Puerta producto del aporte subterráneo, presenta caudales mayores a este conjunto, incluso la estación de Copiapó en Pastillo, presentando caudales menores debido a la demanda e infiltración natural en el cauce del río. (Ver ANEXO II.1.B)

Lo anterior demuestra que los principales aportes de agua al valle se concentran en la zona cordillerana, en donde el 54,4% del agua lo aporta el valle del río Pulido, el 25% el río Jorquera y el 20,6% el río Manflas, con volúmenes de producción media de 19,4 m<sup>3</sup>/há., 4,5 m<sup>3</sup>/há. Y 13,1 m<sup>3</sup>/há. Respectivamente, confirmando al río Pulido como el valle de mayor aporte hídrico al valle del Copiapó, como se ilustra en el Gráfico 0.2 obtenido de los antecedentes disponibles de escurrimientos en los diferentes cauces.

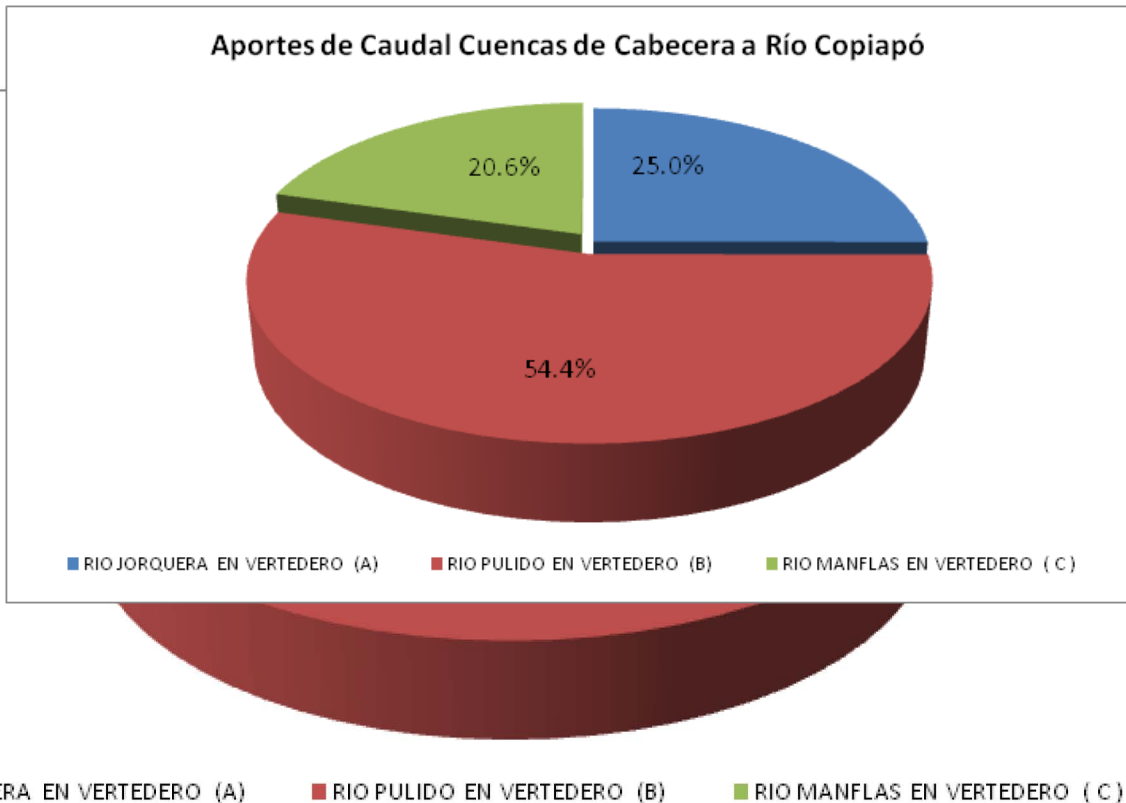
Si se analiza la hipsometría (

Gráfico 0.1) de estas cuencas se podrá observar que estas presentan entre el 50% a 70% de su área aportante sobre los 3500 msnm, altura que por su ubicación geográfica corresponde a sectores cubiertos de nieve en la temporada invernal, pudiendo variar la línea de nieves entre los 2700 a los 3500 msnm., lo que demuestra la importancia de la nieve en el comportamiento hídrico del valle.

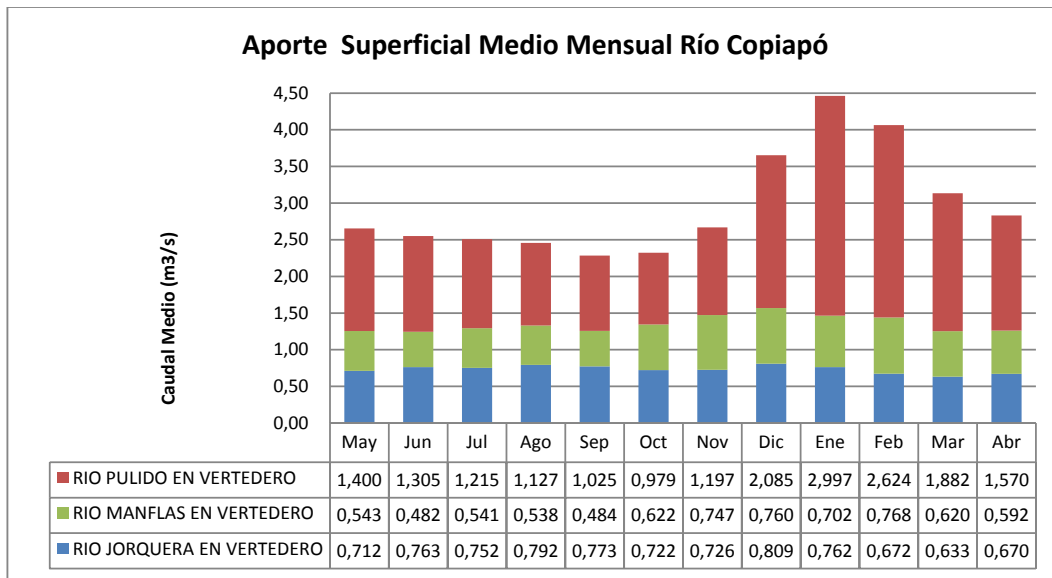
**Gráfico 0.1: Curvas Hipsométricas de las Cuencas de los Ríos Jorquera, Pulido y Manflas**  
(Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)



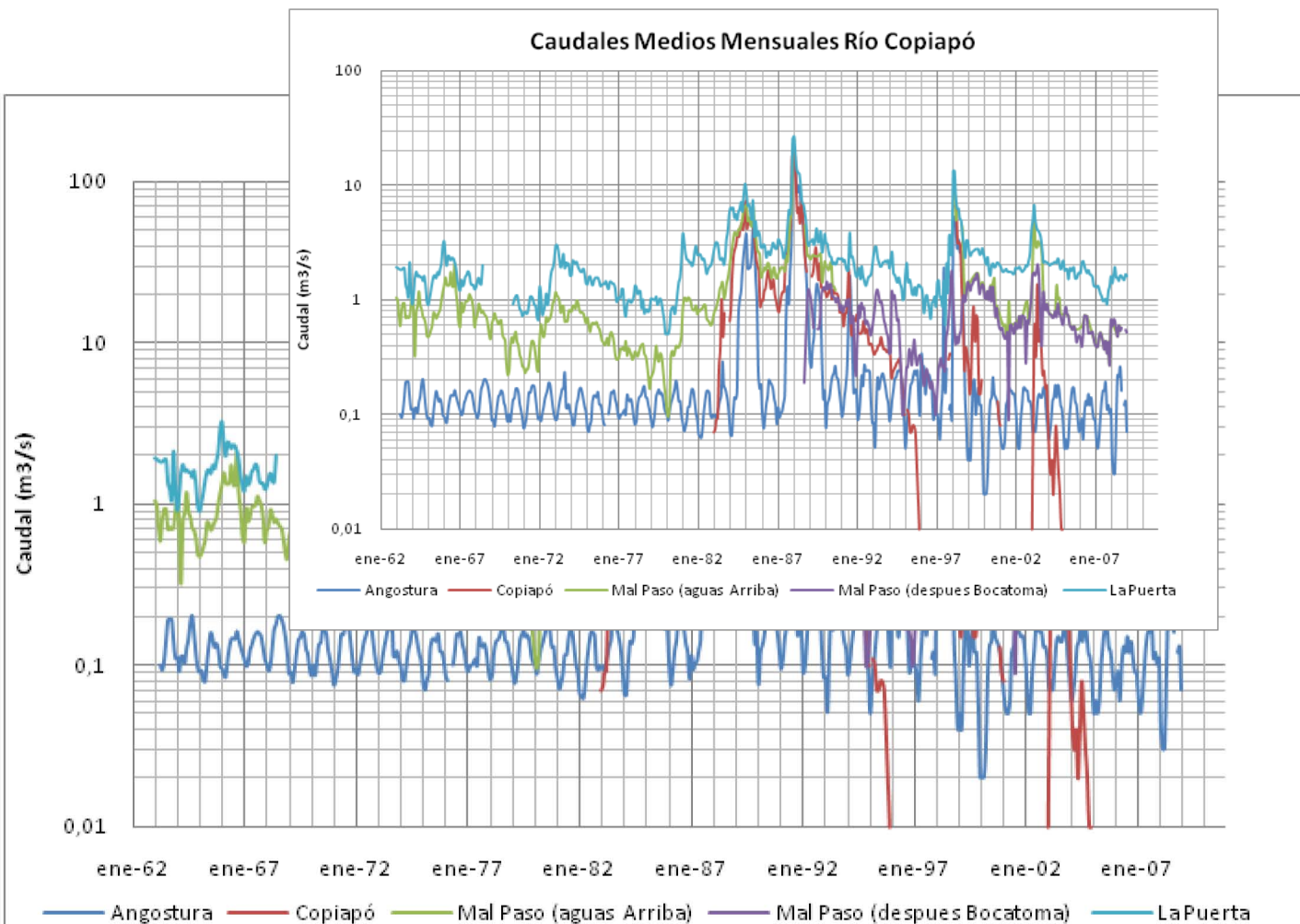
**Gráfico 0.2: Aportes Hídricos al Valle del río Copiapó**  
(Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)



**Gráfico 0.3: Aportes Hídricos Medio Mensual al Valle del río Copiapó**  
(Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)



**Gráfico 0.4: Caudales Medios Mensuales río Copiapó**  
(Fuente: Jorquera Ingeniería)



Cabe señalar que como los caudales medios de las estaciones fluviométricas DGA (ANEXO II.1.B) son incompletas, existe un margen de error que subestimaré la disponibilidad a infiltrar. A esto se suma que la mayoría de las estaciones fluviométricas existentes, dadas sus características físicas, presentan problemas de medición para eventos importantes o caudales peak, lo que aumenta el error de estimación, siendo estos eventos los de real interés para la finalidad de este proyecto.

### **II.1.3 Demanda Superficial**

Para poder llevar a cabo un balance que permita determinar los excedentes de aguas superficiales posibles de infiltrar artificialmente en el acuífero del valle de Copiapó, es necesario tener conocimiento de las demandas del valle en sus diferentes sectores. Como lo que se está evaluando en este caso son las aguas superficiales que estén disponibles para su infiltración, para llevar a cabo un balance que determine los excedentes posibles de infiltrar artificialmente se debe conocer únicamente los consumos de agua superficial representados por las extracciones de los canales al río, asociados principalmente a las acciones o cuotas de río de cada uno de estos e independiente de los usos, áreas cultivadas o eficiencia de riego.

La Junta de Vigilancia del Río Copiapó (JVRC), entidad responsable de repartir las aguas del río, divide a este en nueve distritos, repartiendo desde el año 1987 a la fecha de la misma manera, lo que significa que no existen grandes cambios de la forma de distribución de las aguas superficiales desde aquella época. Por lo tanto, de acuerdo a lo presentado en el estudio DGA “Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó”, SIT N°87 del 2003, el cual se basa en la información del estudio “Análisis y Evaluación de los Recursos Hidrogeológicos, Valle del río Copiapó - III Región”, Álamos y Peralta, 1995 vigente a la fecha, en el valle de Copiapó, existen en total 76 canales que extraen su agua del río y de sus afluentes. El Gráfico 0.1 y la

Tabla 0-I, resumen el caudal extraído del río Copiapó y de sus afluentes en cada sector hidrogeológico y en todo el valle, condición que no ha cambiado significativamente a la fecha. Cabe recalcar que el único uso atribuible a las aguas superficiales repartidas a través de los diferentes canales es de uso agrícola y que todos los caudales mencionados corresponden a los derechos superficiales otorgados, acordes a las acciones o cuotas de ríos capaces de portear cada uno de los canales.

En dicho informe se establece lo siguiente:

- En el sector hidrogeológico N° 1, aguas arriba del Embalse Lautaro, existen en total 15 canales, todos operativos, repartidos de la siguiente forma: ocho nacen del río Pulido, tres del río Jorquera, uno del río Manflas y tres del sector Juntas, entre la confluencia de los ríos mencionados y el Embalse Lautaro.
- En total los canales del sector poseen 1.386,00 acciones que representan una extracción constante equivalente a 106,33 (l/s).

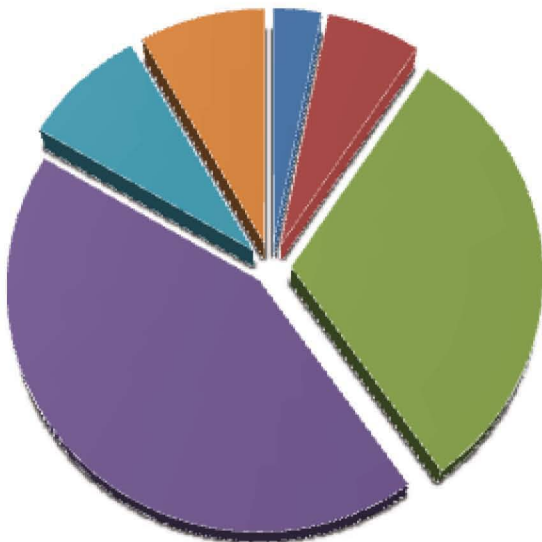
- En el sector hidrogeológico N°2, Embalse Lautaro-La Puerta, existe un total de 16 canales, de los cuales sólo uno no está operativo, que poseen en conjunto 1902,00 acciones, las que se representan una extracción de 208,52 (l/s).
- Del sector hidrogeológico N° 3, La Puerta- Mal Paso, nacen 16 canales con un total de 3.654,00 acciones, de ellos solamente uno no está operativo. El caudal extraído es de 1.036,31 (l/s).
- Del sector hidrogeológico N° 4, Mal Paso-Copiapó, nacen 15 canales que totalizan 5.148,00 acciones, que representan un caudal de extracción de 1.453,71 (l/s), de ellos uno no está en operación.
- En el sector hidrogeológico N° 5, Copiapó-Piedra Colgada, existen 5 canales, todos operativos con un total de acciones por el 100% del caudal del río Copiapó por 404 horas cada 14 días, lo que equivale a una extracción de 277,7 (l/s).
- En el sector hidrogeológico N° 6, Piedra Colgada- Angostura, existen 9 canales de los cuales sólo dos se encuentran operativos. En total poseen acciones por el 100% del caudal del río y con tiempo de riego permanente, extrayendo 280,0 (l/s).

**Tabla 0-I: Demanda Superficial por Sector**

Demanda	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Total
Canales (l/s)	106	209	1036	1454	278	280	3363



**Gráfico 0.1: Demanda Superficial por Sector Valle del río Copiapó**



#### II.1.4 Determinación de Excedentes

Previo a la determinación de excedentes posibles de infiltrar en el río es de suma importancia verificar la capacidad de infiltración natural que este río tiene. Para ello se llevó a cabo un simple balance por secciones hidrogeológicas del río entre sus estaciones fluviométricas, sus demandas y la infiltración natural. Para ello se utilizó la división natural hidrogeológica que tiene el río, y que es donde se cuenta con información de estaciones fluviométricas pese a que están incompletas, pero para efectos prácticos y de datos disponibles se fundió el Sector 5 con el 6 y el sector 1 se consideró hasta Pastillo y no a Embalse Lautaro por la fiabilidad de los antecedentes, quedando compuesto de la siguiente manera:

**Tabla 0-I: Límites por Sector y sus demandas superficiales**

Sector	Límites Sectores		Demanda Superficial (l/s)
	Aguas Arriba	Aguas Abajo	
Sector 1	Junta RJ-RP-RM	Pastillo	106
Sector 2	Pastillo	La Puerta	209
Sector 3	La Puerta	Mal Paso Aguas Arriba	1036
Sector 4	Mal Paso	Copiapo	1454
Sector 5	Copiapo	Angostura	558

De acuerdo a la tabla anterior, se realizó un balance para determinar aproximadamente al infiltración natural de cada sector a partir de las estadística de escurrimientos medios mensuales y asumiendo las demandas de recursos hídricos superficiales como constantes. De acuerdo con esto último, las infiltraciones naturales se definieron como sigue:

$$DIF_N = EST_{N-1} - EST_N$$

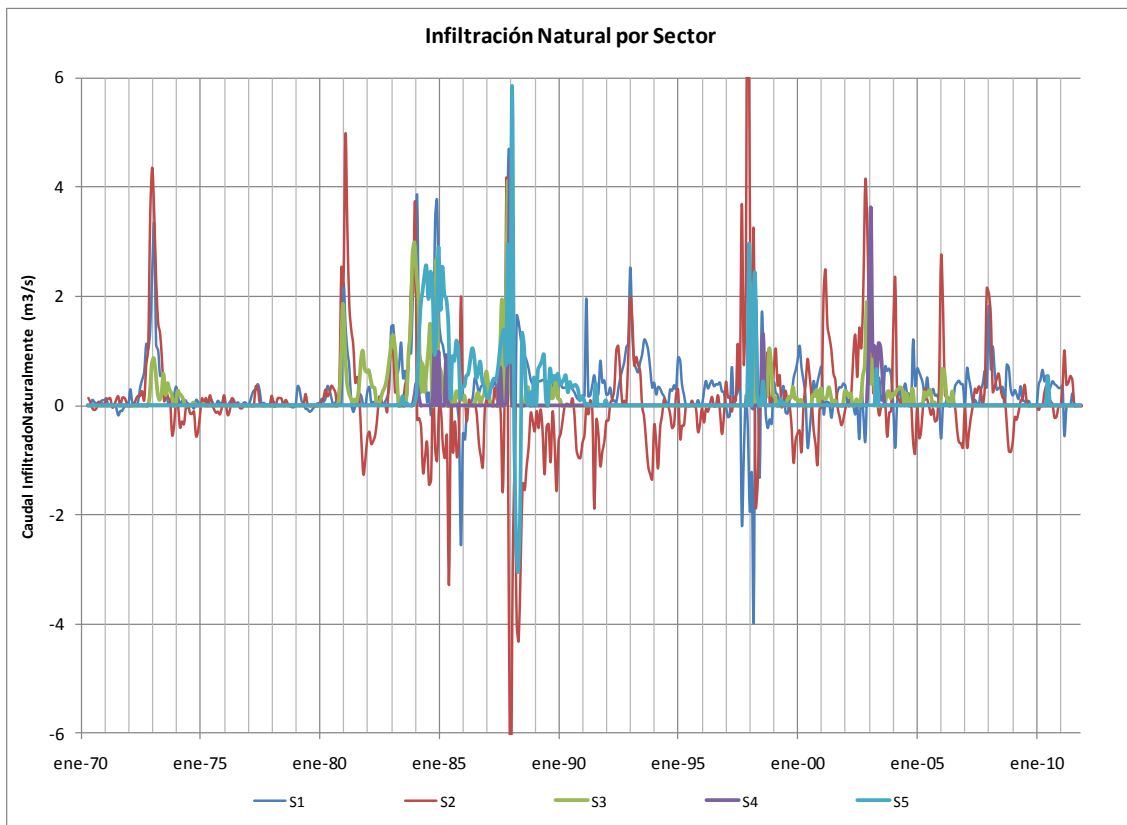
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{SI } DIF_N < 0 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{SI } EST_{N-1} < DEM_N \Rightarrow INF_N = 0 \\ \text{SI } EST_{N-1} > DEM_N \Rightarrow INF_N = EST_{N-1} - EST_N - DEM_N < 0 \text{ (Descarga del Acuífero)} \end{array} \right. \\ \text{SI } DIF_N > 0 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{SI } DIF_N > DEM_N \Rightarrow INF_N = DIF_N - DEM_N \\ \text{SI } DIF_N < DEM_N \Rightarrow INF_N = 0 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Donde:

- $EST_{N-1}$ =Estación Aguas Arriba De Sector N
- $EST_N$ =Estación Aguas Abajo De Sector N
- $DIF_N$ = Diferencia entre Estación Aguas Arriba y Aguas Abajo del Sector N
- $DEM_N$ =Demanda Hídrica Superficial del Sector N

De acuerdo al planteamiento lógico anterior se desarrollaron series de infiltración natural para cada uno de los sectores presentadas en el Gráfico 0.1, verificándose que para los grandes eventos de infiltración en cada sector acuífero concuerda con eventos de aumento de los niveles de la napa. En dicho gráfico, los valores positivos corresponden a Caudales mensuales infiltrados, mientras que los negativos corresponden a descargas del acuífero al río, situación que se da principalmente en el sector de La Puerta y en Angostura para las condiciones de acuífero lleno.

**Gráfico 0.1: Series de Infiltración Natural por Sector Valle del río Copiapó**  
(Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)

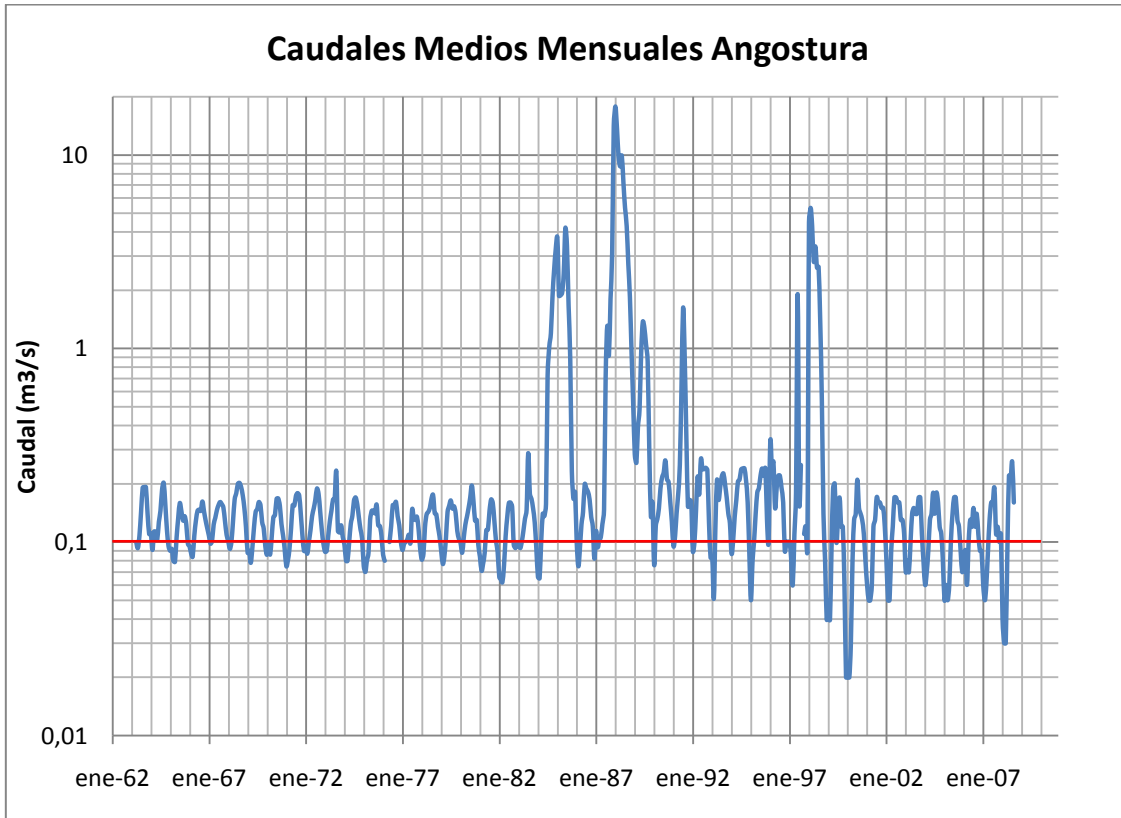


Dado lo anterior, se determinó los caudales excedentes posibles de infiltrar de acuerdo a los datos de escurrimientos reales del río Copiapó. Ya que las mejores zonas de infiltración se encuentran principalmente en las 3<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> sección del río, y que a su vez son las secciones que presentan mejores condiciones de capacidad acuífero para recibir las aguas, es que se utilizó para dicha estimación los escurrimientos de las estaciones de la parte baja del río, es decir, desde La Puerta hacia aguas abajo.

Para determinar los excedentes disponibles se evaluaron los caudales pasantes en la estación de Angostura por ser la última estación del río y próxima a la desembocadura. Para dicha estación se determinó un caudal base promedio de 100 l/s en base a los escurrimientos históricos presentados

en el Gráfico 0.2 correspondientes a escurrimientos “normales” o diferentes de los eventos de crecidas, por lo que todo caudal que exceda de dicha cantidad es un caudal potencialmente infiltrable, siempre y cuando se encuentre disponible en las zonas definidas como de infiltración y no corresponda a una descarga del acuífero por encontrarse este lleno aguas arriba.

**Gráfico 0.2: Caudales Medios Mensuales río Copiapó Estación Angostura**  
(Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)



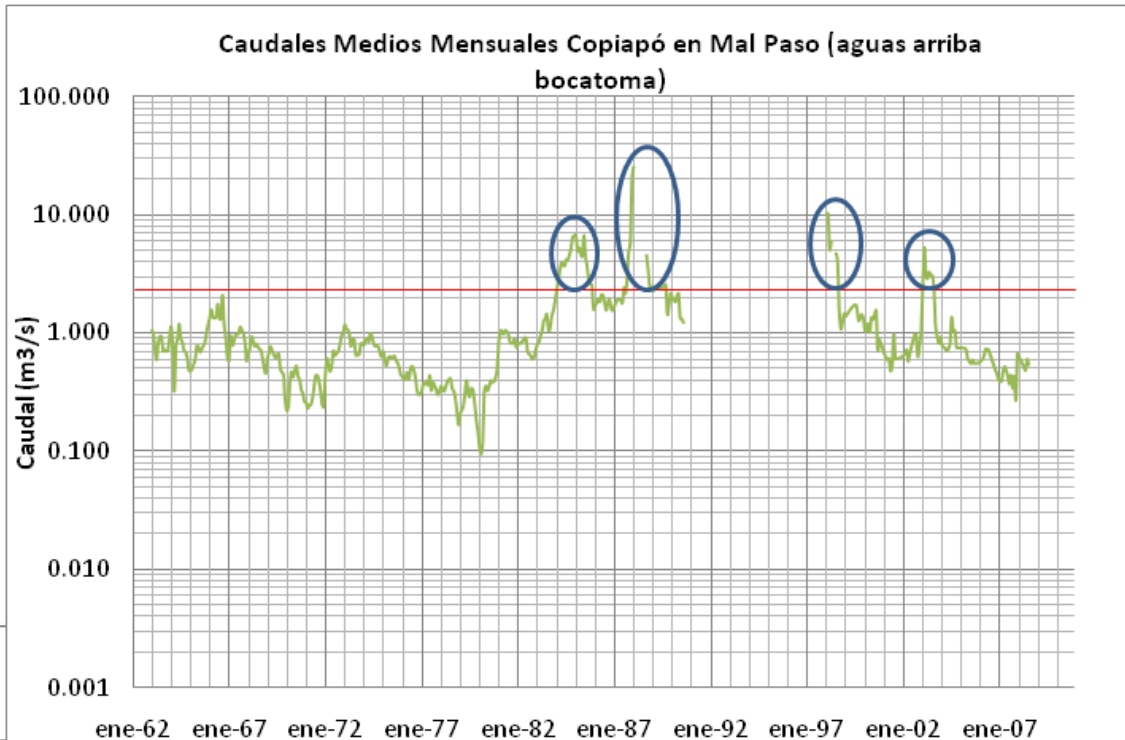
Para ello se comprobó, a partir de la información disponible, que los caudales pasantes en las estaciones aguas arriba de Angostura presentaran caudales mayores a los de esta última estación, verificando la existencia del recurso para ser infiltrado. De existir dicha disponibilidad, entonces el caudal potencialmente infiltrable será la diferencia entre el caudal pasante de angostura menos el caudal base establecido.

Estos eventos, en general, se producen cuando la estación de Mal Paso aguas arriba del canal Mal Paso presenta caudales superiores a los 2 m<sup>3</sup>/s, lo que eventualmente puede significar que pasa agua por el río hacia Copiapó, tal como se ilustra en el

Gráfico 0.3. Esto, dado que aguas abajo de Mal Paso no existen más extracciones en el río Copiapó ya que corresponde a la última bocatoma que extrae agua de este, y que coincidentemente de acuerdo a la

Tabla 0-I aguas abajo de Canal Mal Paso se demanda del orden de los  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  siendo este el que lo provee, todo caudal que exceda dicha suma aguas arriba de la bocatoma del canal Mal Paso estará potencialmente disponible para ser infiltrado, tanto natural como artificialmente.

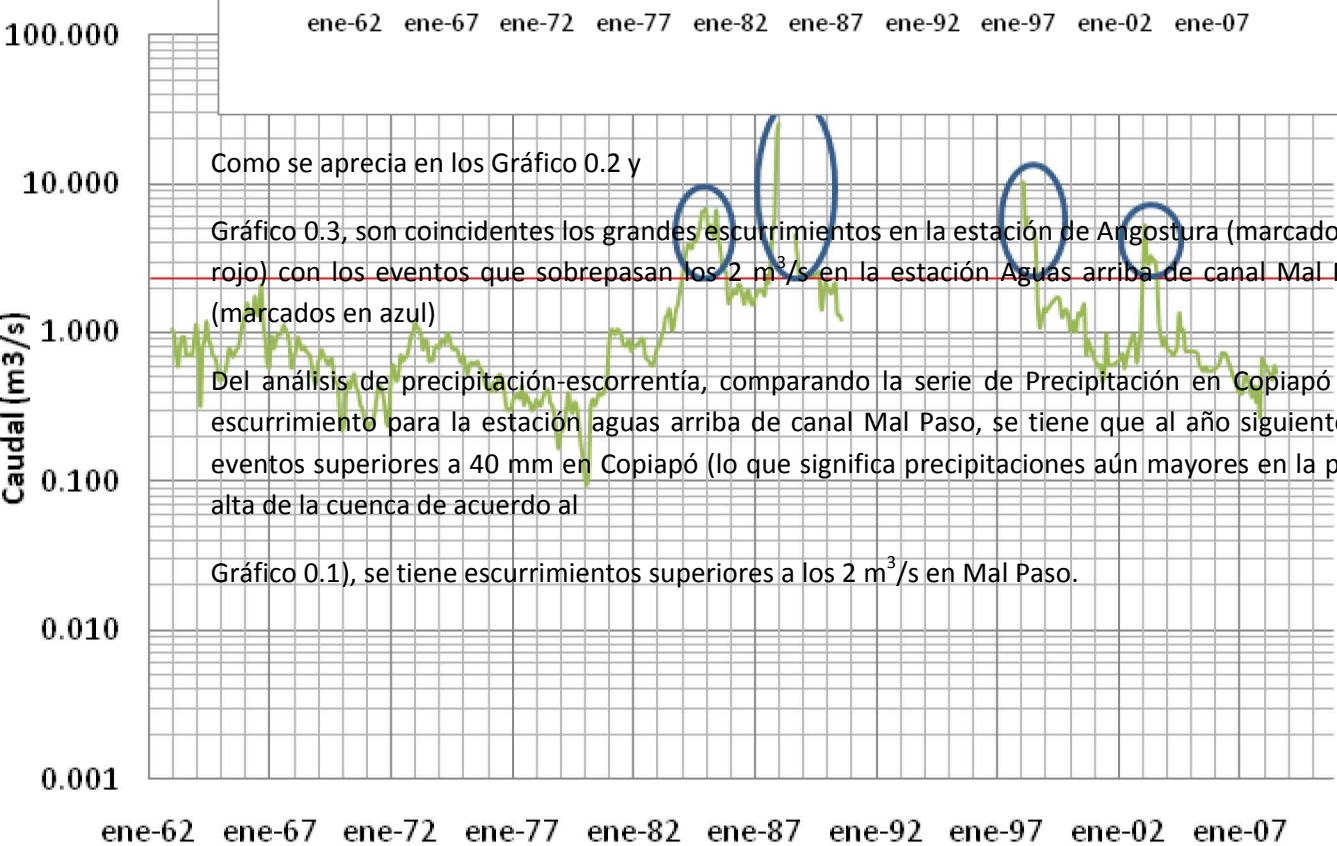
**Gráfico 0.3: Series de escurrimiento superficial de río Copiapó en Mal Paso Aguas Arriba (Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)**



Como se aprecia en los Gráfico 0.2 y Gráfico 0.3, son coincidentes los grandes escurrimientos en la estación de Angostura (marcados en rojo) con los eventos que sobrepasan los  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  en la estación Aguas arriba de canal Mal Paso (marcados en azul)

Del análisis de precipitación-escorrentía, comparando la serie de Precipitación en Copiapó y el escurrimiento para la estación aguas arriba de canal Mal Paso, se tiene que al año siguiente de eventos superiores a 40 mm en Copiapó (lo que significa precipitaciones aún mayores en la parte alta de la cuenca de acuerdo al

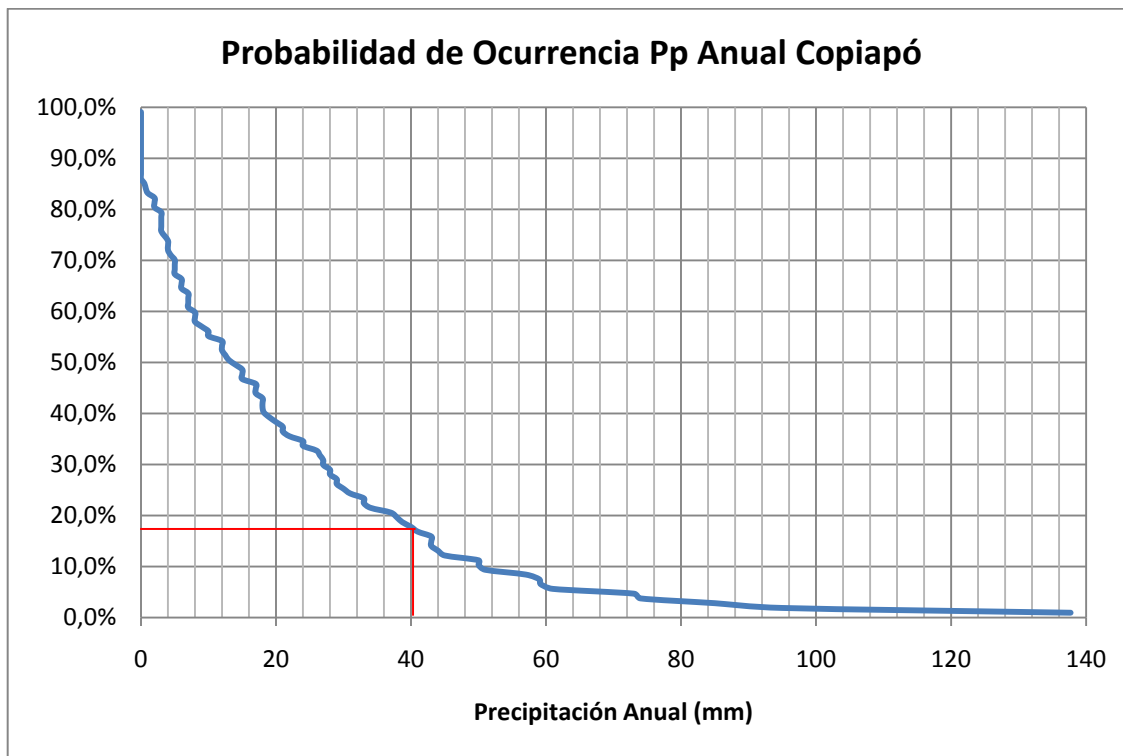
Gráfico 0.1), se tiene escurrimientos superiores a los  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  en Mal Paso.



**Tabla 0-II: Relación Precipitación-Caudal Superficial (Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)**

Año	Pp Anual Copiapó (mm)	Pp Anual Jorquera en la Guardia (mm)	Caudal Medio Anual Aguas Arriba Canal Mal Paso (m3/s)
1970	0		0,40
1971	5	13,49	0,31
1972	15	74	0,67
1973	8	18,5	0,87
1974	3	8,5	0,82
1975	3	50	0,59
1976	3	54	0,42
1977	12	20	0,36
1978	0	12	0,32
1979	15	14	0,27
1980	29	<b>114,5</b>	0,31
1981	5	74	0,92
1982	1	34,5	0,75
1983	<b>43</b>	<b>137,8</b>	1,21
1984	27	<b>109</b>	<b>4,23</b>
1985	4	12,1	<b>4,17</b>
1986	10	61,2	1,80
1987	<b>61</b>	<b>149,3</b>	<b>4,15</b>
1988	2	13,4	<b>7,58</b>
1989	17	47,4	<b>2,18</b>
1990	0	18,5	1,72
1991	<b>59,2</b>	68,8	
1992	38,7	56,2	
1993	0	21,8	
1994		6,5	
1995	0,7	34,1	
1996	0	23,1	
1997	<b>137,7</b>	<b>164,2</b>	
1998	3,5	37,9	<b>4,50</b>
1999	26,5	34,7	1,47
2000	37,9	64	1,11
2001	0	47,2	0,62
2002	18,2	<b>115</b>	0,76
2003	0,5	7,5	<b>2,42</b>
2004	12,5	25,7	0,85
2005	18	22	0,63
2006	0	14,5	0,55
2007	0	77	0,43
2008	10	3	
2009	4,4		
2010	0		
2011	0		

**Gráfico 0.4: Análisis de Frecuencia de Precipitaciones en Copiapó**  
(Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)



Del análisis anterior se desprende que para precipitaciones con una probabilidad de excedencia del 17%, es decir, precipitaciones superiores a 40 mm al año en Copiapó, debieran existir caudales excedentes para infiltrar. Cabe señalar que esa condición igualmente está sujeta al estado de los acuíferos, dependiendo de su condición de vaciamiento que permita la recarga artificial. Es por esa razón que no es posible asociar un posible caudal de infiltración artificial o volumen de infiltración anual a una precipitación dada, ya que nunca se dará un caso igual a otro, pero sirve tener ese dato de precipitación anual como antecedente a modo de alerta temprana, entendiendo que una vez dada aquella situación es posible que durante el año siguiente se presenten caudales importantes y posibilidades ciertas de infiltrar artificialmente.

Llevado a un análisis de frecuencia mensual de los escurrimientos en la estación de Mal Paso, se tiene que caudales mayores a 2 m<sup>3</sup>/s presentan una frecuencia o probabilidad de excedencia del 10% para todos los meses del año y del 20% para los meses invernales, lo que coincide con la ocurrencia de las precipitaciones antes señaladas, de acuerdo se muestra en la Tabla 0-III.

**Tabla 0-III: Análisis de Frecuencia Escurrecimientos en Estación Mal Paso.**  
**(Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)**

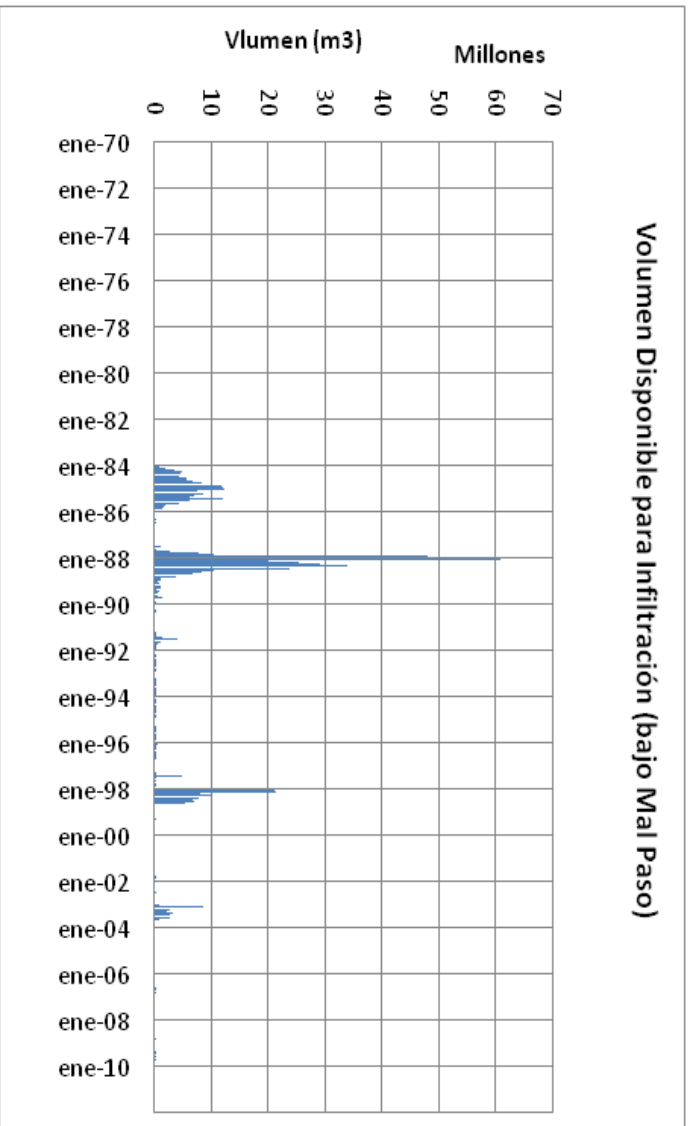
<b>Mal Paso (Aguas Arriba)</b>												
<b>Curva de Variación Estacional (m<sup>3</sup>/s)</b>												
<b>Prob. Ex.</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>
<b>5%</b>	<b>3,80</b>	<b>3,55</b>	<b>3,65</b>	<b>3,78</b>	<b>3,10</b>	<b>4,17</b>	<b>4,38</b>	<b>4,90</b>	<b>6,85</b>	<b>7,22</b>	<b>4,07</b>	<b>4,23</b>
<b>10%</b>	<b>2,76</b>	<b>2,61</b>	<b>2,68</b>	<b>2,79</b>	<b>2,34</b>	<b>2,99</b>	<b>3,07</b>	<b>3,34</b>	<b>4,36</b>	<b>4,59</b>	<b>2,84</b>	<b>2,94</b>
<b>20%</b>	1,87	1,79	1,84	1,93	1,66	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,09</b>	<b>2,52</b>	<b>2,65</b>	1,83	1,90
<b>30%</b>	1,41	1,37	1,41	1,48	1,30	1,50	1,47	1,49	1,70	1,78	1,34	1,38
<b>40%</b>	1,11	1,09	1,12	1,18	1,05	1,17	1,13	1,12	1,22	1,27	1,02	1,05
<b>50%</b>	0,89	0,88	0,90	0,96	0,86	0,93	0,88	0,86	0,89	0,93	0,79	0,82
<b>60%</b>	0,71	0,71	0,73	0,77	0,71	0,74	0,69	0,65	0,65	0,68	0,62	0,63
<b>70%</b>	0,56	0,56	0,58	0,62	0,58	0,57	0,53	0,49	0,46	0,48	0,47	0,48
<b>80%</b>	0,42	0,43	0,44	0,47	0,45	0,43	0,39	0,35	0,31	0,32	0,34	0,35
<b>85%</b>	0,35	0,36	0,37	0,40	0,39	0,36	0,32	0,29	0,24	0,25	0,28	0,29
<b>90%</b>	0,28	0,30	0,30	0,33	0,32	0,29	0,25	0,22	0,18	0,19	0,22	0,23
<b>95%</b>	0,21	0,22	0,22	0,24	0,24	0,21	0,18	0,15	0,11	0,12	0,15	0,16

A partir de los criterios anteriores, se desarrolló una serie de volúmenes mensuales disponibles para infiltración artificial para todos los años con la estadística disponibles. Dicha serie de volúmenes se resumió en un gráfico de volúmenes mensuales posibles de infiltrar, el que se presenta en el

Gráfico 0.5, y que corresponden a los volúmenes excedentes de la estación Mal Paso que se encuentran disponibles para ser infiltrados, tanto natural como artificialmente, Estos volúmenes se obtienen a partir de la estadística de escurrimientos de la estación Mal Paso aguas arriba de la bocatoma descontada la demanda de este correspondiente a los 2m<sup>3</sup>/s a nivel mensual (en ANEXO II.1.D se presentan las tablas).

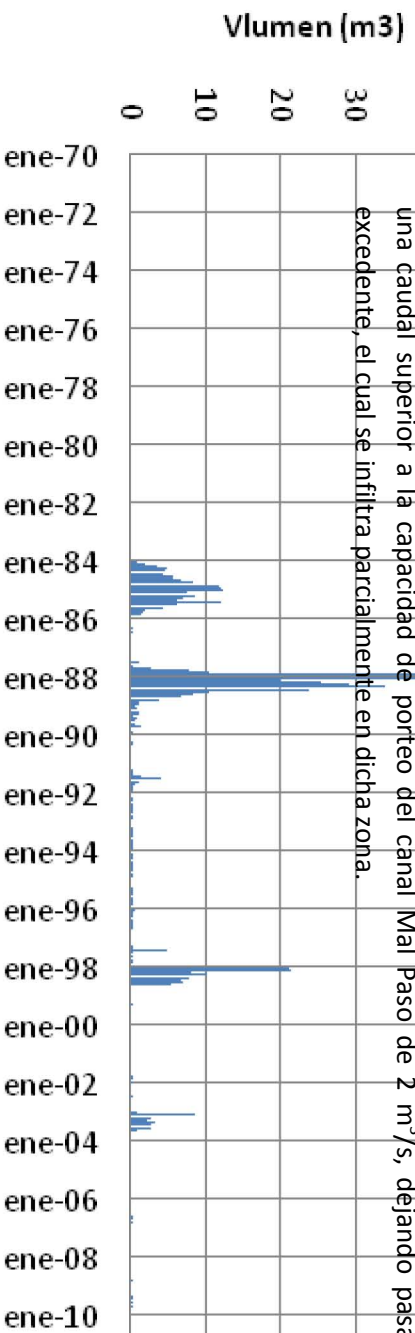


Gráfico 0.5: Volúmenes Mensuales Disponibles de Infiltrar (Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)

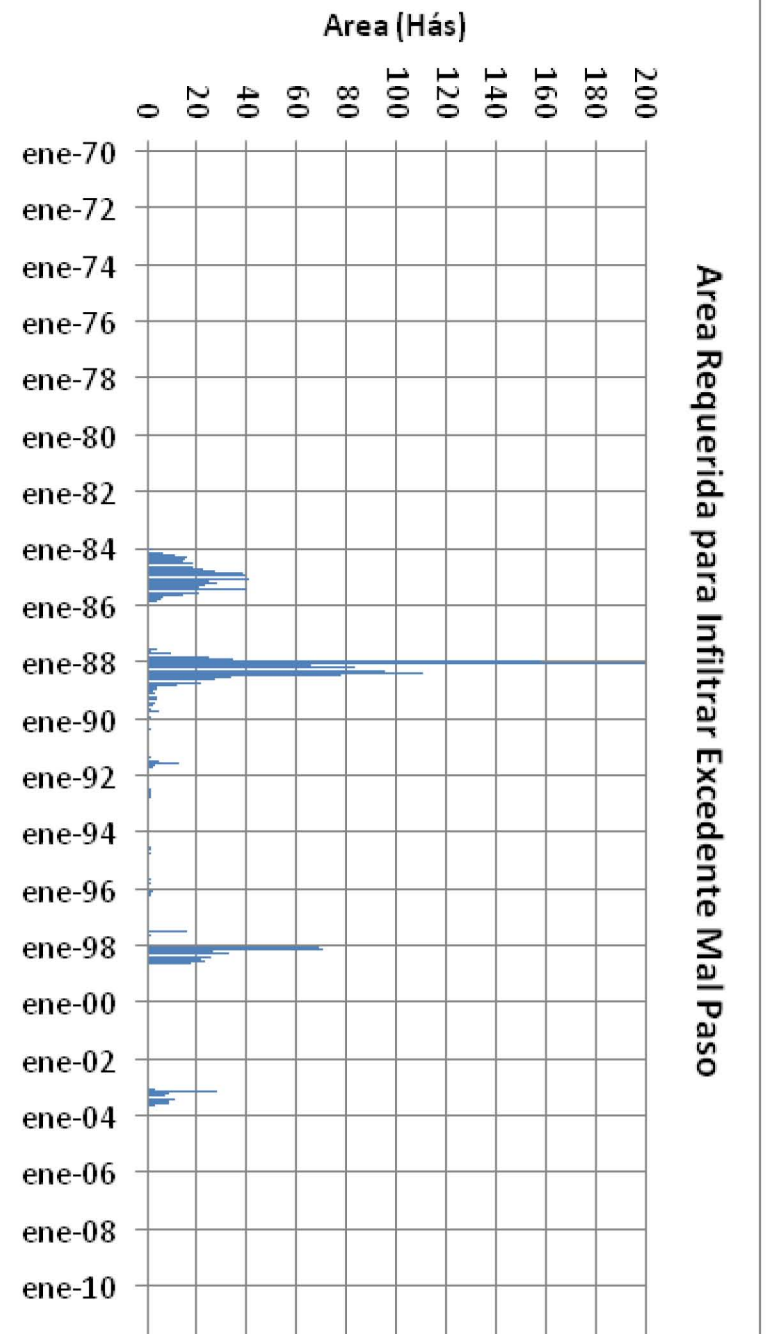
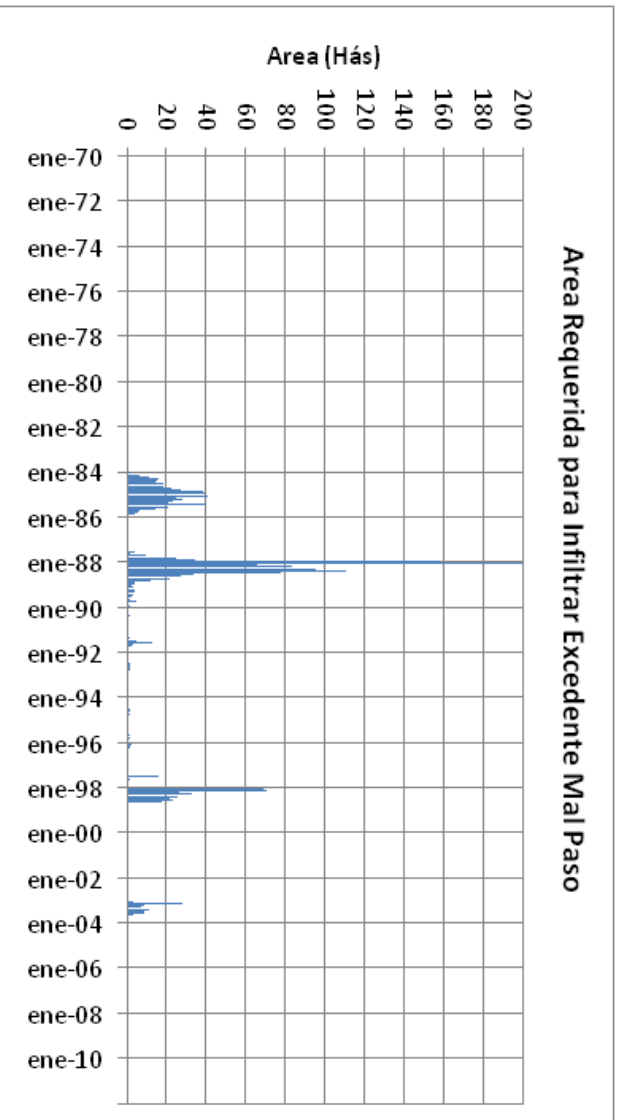


Una vez obtenidos los caudales o volúmenes excedentes posibles de infiltrar para el río Copiapó, de acuerdo a las zonas a definir como potenciales lugares de infiltración, se debe estimar la superficie necesaria para infiltrar dichos caudales de acuerdo a las características hidrogeológicas del sector. Preliminarmente y para una primera aproximación de las superficies requeridas, se utilizó el mínimo valor de permeabilidad considerado para la zona en el Estudio SIT N°211 antes mencionado, el cual plantea valores de permeabilidad obtenidos de la calibración del orden de 3 a 35 m/d, además de existir antecedentes que hablan entre 4 a 180 m/d, pero se ha optado conservadoramente por un valor de 1 m/d considerando los eventos de colmatación producto del sedimento y arrastre de material de las grandes crecidas.

De acuerdo a ese valor de permeabilidad, para los momentos de mayores caudales medios mensual en el río se ha obtenido una superficie de infiltración necesaria del orden de las 150 has. Esta superficie puede distribuirse espacialmente a lo largo del lecho del río en los sectores de interés, es decir los sectores 4 y 5, si se considera que el sector entre Mal Paso y Angostura constituye una zona de infiltración natural importante en aquellos periodos en que el río conduce un caudal superior a la capacidad de porteo del canal Mal Paso de 2 m³/s, dejando pasar el excedente, el cual se infiltra parcialmente en dicha zona.



**Gráfico 0.6: Área Requerida para Infiltrar (Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)**



## II.2 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Se presenta a continuación las Conclusiones del Estudio de Análisis Ambiental. En el Volumen II, numeral IV.1.2 “Calidad de Agua y Sedimentos” se consigna in extenso todos los antecedentes relativos a esta materia.

Considerando los resultados obtenidos del levantamiento de información realizado en terreno, así como también de la información histórica proporcionada por la red de monitoreo de calidad de agua de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, es posible concluir que las aguas, superficiales y subterráneas, de la cuenca del Río Copiapó presentan parámetros de calidad de aguas que superan los valores límites establecidos en la Norma Chilena NCh 1333 Of78 para uso en riego.

Los altos valores de conductividad observados en toda la cuenca, se deben principalmente a la característica de los suelos, las escasas precipitaciones y alta radiación solar, factores que hacen que los iones se concentren hacia aguas abajo del Embalse Lautaro, debido a que no existe efecto de dilución por parte de nuevos aportes al río. En particular, la Litología de la cuenca presenta formaciones con compuestos de fácil disociación en iones con el agua, especialmente, en las aguas subterráneas. Para este parámetro se observa un aumento hacia los sectores aguas abajo en el Río Copiapó, y especialmente después de ciudad del mismo nombre. Para el caso del Boro y Sulfatos, los altos valores naturalmente presentes en la cuenca se deberían a la presencia de rocas volcano-sedimentarias que poseen gran cantidad de sales que son lixiviadas por cursos de aguas subterráneas y superficiales. Otra fuente de origen son las evaporitas o pequeños salares existentes en la parte alta, los que concentran boro, permitiendo que este escurra hacia los cuerpos de agua superficiales especialmente durante el período estival en forma de boratos o ácido bórico. Para el caso del Sulfato, las altas concentraciones determinadas se deben además al desarrollo de actividades mineras que originan efectos como lixiviaciones de depósitos de estériles, aguas de drenaje de minas, aguas de proceso así como también por la lixiviación natural de minerales de pirita existentes en las franjas metalogénicas. Debido a que las aguas subterráneas poseen mayor relación con la litología de la cuenca, éstas presentan naturalmente un mayor contenido de sales disueltas, en relación a las aguas superficiales, producto del proceso de lixiviación que ocurre desde los suelos especialmente hacia aguas debajo de la cuenca, donde finalmente se van arrastrando las aguas desde la parte alta de la cuenca.

## **II.3.2 USO ACTUAL DEL SUELO**

### **II.3.2.1 Antecedentes Censales**

### **II.3.2.2 Antecedentes Catastrales**

### **II.3.2.3 Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento del Embalse Lautaro**

### **II.3.2.4 Análisis Integrado de Gestión en la Cuenca del Río Copiapó**

### **II.3.2.5 Resumen del Uso Actual del Suelo en la Zona del Proyecto**

## II.3.2 USO ACTUAL DEL SUELO

Existen varias fuentes de información sobre el uso actual del suelo en la zona de Proyecto. Las principales son: los VI y VII Censos Agropecuarios de 1997 y 2007, respectivamente; los Catastros Frutícolas de 1999, 2005 y 2011; el informe Mejoramiento del Embalse Lautaro. SMI Ltda., Mayo 2009, DOH; y el informe Análisis Integrado de Gestión en la Cuenca del Río Copiapó. DICTUC S.A., Enero 2010. DGA. En los numerales siguientes se presenta y analiza la información aportada por cada uno de ellos.

### II.3.2.1 Antecedentes Censales

Según el **VII Censo Agropecuario 2007**, la mayor parte del suelo en las 3 comunas de la cuenca del Copiapó: Tierra Amarilla, Copiapó y Caldera, corresponde a terrenos estériles o actualmente no aprovechados. Las tierras de cultivos (15.900 ha) corresponden a una muy pequeña parte de la superficie total de la cuenca (1.830.227 ha). (TABLA II.3.2-1).

**TABLA II.3.2-1 OCUPACIÓN Y USO DEL SUELO (ha), 2007**

Uso y ocupación del suelo	Tierra Amarilla	Copiapó	Caldera	Total
Cultivos anuales y permanentes	6.733	3.459	404	10.596
Forrajes permanentes y de rotación	206	20	1	227
Barbecho y descanso	1.980	2.972	125	5.077
<b>Total tierras de cultivo</b>	<b>8.919</b>	<b>6.451</b>	<b>530</b>	<b>15.900</b>
Praderas mejoradas	2	8	0	10
Praderas naturales	7.231	1.509	240	8.980
Plantaciones forestales	35	1.329	2	1.366
Bosque nativo	106	116	175	397
Matorrales	453	385	230	1.068
Infraestructura	340	329	12	681
Terrenos estériles y otros no aprovechados	692.367	1.107.782	1.676	1.801.825
<b>Total</b>	<b>709.453</b>	<b>1.117.909</b>	<b>2.865</b>	<b>1.830.227</b>

**Fuente:** Censo Nacional Agropecuario 2006- 2007

La superficie regada y cultivada de las 3 comunas era de 10.918 ha (TABLA II.3.2-2).

**TABLA II.3.2-2 CULTIVOS REGADOS EN LA CUENCA DE COPIAPÓ (ha), 2007**

Cultivos Regados	Tierra Amarilla	Copiapó	Caldera	Total
Forrajes	206,7	38,5	0,5	245,7
Papas	0,0	19,3	0,0	19,3
Hortalizas	72,2	585,1	12,0	669,3
Flores	0,3	1,0	0,0	1,3
Almácigos	0,0	0,6	0,0	0,6
Cultivos Industriales Permanentes	0,0	28,6	0,0	28,6
Cítricos	7,8	130,0	0,0	137,8
Rosáceas	0,0	2,6	0,0	2,6
Otros Frutales y Huertos Caseros	59,2	183,3	398,0	640,5
Olivos	5,4	1.255,7	0,0	1.261,1
Uva de Mesa	6.573,7	1.061,9	0,0	7.635,6
Vid Vinífera y Pisquera	29,8	245,5	0,0	275,3
<b>Total Superficie Cultivos Regados</b>	<b>6.955,1</b>	<b>3.552,1</b>	<b>410,5</b>	<b>10.917,7</b>

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2006- 2007

La comparación con las cifras correspondientes para el **VI Censo Agropecuario 1996-1997** permite analizar la evolución de las superficies por cultivo (TABLA II.3.2-3 y TABLA II.3.2-4).

**TABLA II.3.2-3 CULTIVOS REGADOS EN LA CUENCA DE COPIAPÓ (ha), 1997**

Cultivos Regados	Tierra Amarilla	Copiapó	Caldera	Total
Forrajes	118,6	119,7	0	238,3
Papas	0	3,3	0	3,3
Hortalizas	116,5	914,5	0,3	1031,3
Flores	0	6,5	0	6,5
Almácigos	0	0	0	0
Cultivos Industriales Permanentes	0	0	0	0
Cítricos	19,6	118,5	0	138,1
Rosáceas	2,7	2,7	0	5,4
Otros Frutales y Huertos Caseros	6,4	53,4	0,7	60,5
Olivos	0	530	47	577
Uva de Mesa	4.825,80	962,1	0	5787,9
Vid Vinífera y Pisquera	86,7	285	0	371,7
<b>Total Superficie Cultivos Regados</b>	<b>5.176,30</b>	<b>2.995,70</b>	<b>48,00</b>	<b>8.220,0</b>

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2006- 2007

**TABLA II.3.2-4 COMPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CULTIVOS REGADOS EN LA CUENCA DE COPIAPÓ ENTRE LOS 2 CENSOS (razones de incrementos/decrementos en %)**

Cultivos Regados	Tierra Amarilla	Copiapó	Caldera	Total
Forrajes	174,3%	-67,8%	----	103,1%
Papas	----	584,8%	----	584,8%
Hortalizas	-38,0%	-36,0%	4.000,0%	-35,1%
Flores	----	-84,6%	----	-80,0%
Almácigos	----	----	----	----
Cultivos Industriales Permanentes	----	----	----	----
Cítricos	-60,2%	109,7%	----	-0,02%
Rosáceas	0,0	-3,7%	----	-51,9%
Otros Frutales y Huertos Caseros	925,0%	343,3%	56.857%	1.058,7%
Olivos	----	236,9%	0,000	218,6%
Uva de Mesa	136,2%	110,4%	----	131,9%
Vid Vinífera y Pisuera	-65,6%	-13,9%	----	-25,9%
<b>Total Superficie Cultivos Regados</b>	<b>134,4%</b>	<b>118,6%</b>	<b>855,2%</b>	<b>132,8%</b>

Se observa un incremento de 32,8% de la superficie cultivada de riego, provocada por un incremento de 31,9% de la superficie de uva de mesa y de 118,6% de la superficie de olivos, entre otros, conjugados con una contracción de 25,9% de la superficie de vid vinífera y pisquera, y de 35,1% de la superficie de hortalizas, entre otros.

El dinamismo del desarrollo agrícola del valle de Copiapó ha provenido principalmente de la expansión de la producción de uva de mesa, de olivos. y de otras especies intensivas en uso de capital y orientadas a la exportación. De ellas destaca fuertemente la uva de mesa (TABLA II.3.2-5).

**TABLA II.3.2-5 EVOLUCIÓN DE LA VID SEGÚN VARIEDAD EN  
LA REGIÓN DE ATACAMA, Y EN EL VALLE DEL COPIAPÓ (1994-2006, en ha)**

Año	Región de Atacama			Uva de mesa (ha)		
	Pisqueras	De mesa	Total	Copiapó	Tierra Amarilla	Total
1994	724,7	5.571,7	6.296,4	1.098,6	4.071,9	5.170,5
1995	731,1	5.959,5	6.690,6	1.021,3	4.526,1	5.547,4
1996	746,1	6.240,5	6.986,6	1.009,8	4.768,9	5.778,7
1997	781,0	6.342,0	7.123,0	1.027,0	4.775,0	5.802,0
1998	793,0	6.614,0	7.407,0	1.051,0	4.985,0	6.036,0
1999	798,0	6.879,0	7.677,0	1.013,0	5.193,0	6.206,0
2000	797,4	6.912,9	7.710,3	984,2	5.254,8	6.239,0
2001	647,0	7.357,9	8.004,9	994,0	5.607,2	6.601,2
2002	619,5	7.564,4	8.183,9	1.012,8	5.703,0	6.715,8
2003	614,8	7.691,1	8.305,9	1.001,4	5.838,1	6.839,5
2004	601,0	8.143,0	8.744,0	1.016,0	6.209,0	7.225,0
2005	655,0	8.737,0	9.392,0	1.215,0	6.435,0	7.650,0
2006	657,0	8.540,0	9.197,0	1.102,0	6.399,0	7.501,0

**Fuente:** “Desarrollo de la viticultura y servicios para la producción en el valle de Copiapó (Chile) en el contexto de la mundialización económica”. Severino Escolano Utrilla y Jorge Ortiz Véliz. Departamento de Geografía, Universidad de Chile, 2010.

Este desarrollo es la respuesta del sector productor a la presencia de espacios de mercado de alta rentabilidad económica que se conjugan con las características y ventajas competitivas de la zona, principalmente de orden climático, dada la alta acumulación de radiación solar y de calor que se traduce en mejores oportunidades de colocación de la producción en los mercados de exportación. Todo ello en el marco y con el apoyo de las políticas de estado desarrolladas en materia de incentivos y apoyo a la producción exportadora, a partir de los años 1990, que generaron las condiciones para la configuración de un potente sector exportador agrícola y agroindustrial.

En el desarrollo de la estructura de cultivos del área se observa igualmente los ajustes de localización de los cultivos, acordes a las características de los recursos básicos, y en particular a las condiciones de clima, suelo, y agua, tanto en términos de cantidad como de calidad.

No obstante el desarrollo del sector agrícola, este enfrenta amenazas que es necesario considerar.: La creciente competencia por el uso de los recursos hídricos, tanto intra-sectorial como inter-sectorial, se ha visto agudizada por la evolución creciente de los precios de los productos de la minería y el consecuente incremento de su rentabilidad, que incentivan la expansión de la producción y de la demanda de agua por parte de dicha actividad. Similarmente, y por las mismas razones, los niveles de salario han aumentado, reduciendo los márgenes de rentabilidad de la actividad agrícola e incrementando los niveles de riesgo económico.



La expansión sostenida del desarrollo urbano provocado por la expansión minera ha contribuido también a incrementar el valor de la tierra, y a reducir las superficies agrícolas disponibles próximas a los centros urbanos.

### **II.3.2.2 Antecedentes Catastrales**

Además de la información Censal, se contó con la información aportada por los Catastros Frutícolas de CIREN-ODEPA <sup>1</sup>, que permite tener estimaciones más actualizadas del uso del suelo en frutales y viñas, que son los principales elementos en el uso del suelo en el valle del Copiapó. En particular, se contó con los Catastros Frutícolas de 1999, 2005 y 2011. Sus cifras permiten constatar la tendencia a la especialización del uso del suelo hacia las tres especies frutícolas ya mencionadas: uva de mesa, olivos, y granados.

Una comparación entre las cifras de los dos últimos Catastros y el Censo del 2007 se presenta en la TABLA II.3.2-6. Destacan la ya mencionada y sustancial expansión de los parronales (uva de mesa), así como una leve reducción en la superficie de olivos; la casi desaparición de los cítricos, y la muy reciente aparición del granado. Un examen más detenido muestra que la expansión de la uva de mesa habría alcanzado un *peak* alrededor del período Censal, para luego comenzar a retroceder. Esto se ha debido principalmente a los factores arriba mencionados: el creciente encarecimiento de la mano de obra (de la cual el parronal es un usuario muy intensivo) y la competencia inter-sectorial por el agua.

<sup>1</sup> El Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN, con el apoyo de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, realiza anualmente el levantamiento del Catastro Frutícola para una o varias zonas del país. En el caso de Copiapó (Región de Atacama) se han realizado los catastros de 2005 y 2010

**TABLA II.3.2-6 EVOLUCIÓN DE SUPERFICIES DE FRUTALES EN EL ÁREA DE COPIAPÓ 2005 – 2007 – 2011, en ha.**

ESPECIE	CATASTRO FRUTÍCOLA 2005				CENSO AGROPECUARIO 2007				CATASTRO FRUTÍCOLA 2011			
	TIERRA AMARILLA	COPIAPO	CALDERA	TOTAL 2005	TIERRA AMARILLA	COPIAPO	CALDERA	TOTAL 2005	TIERRA AMARILLA	COPIAPO	CALDERA	TOTAL 2011
Arándano Americano	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	2,0	0,0	<b>2,0</b>
Chirimoyo	0,0	6,4	0,0	<b>6,4</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Mango	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,4	0,0	0,0	<b>0,4</b>
Tuna	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	1,7	0,0	0,0	<b>1,7</b>
<b>SUB TOTAL OTROS FRUTALES</b>	<b>0,0</b>	<b>6,4</b>	<b>0,0</b>	<b>6,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,1</b>
Lima	0,0	5,6	0,0	<b>5,6</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Limonero	0,0	93,5	0,0	<b>93,5</b>	0,0	102,8	0,0	<b>102,8</b>	0,0	4,0	0,0	<b>4,0</b>
Mandarino	66,5	1,0	0,0	<b>67,5</b>	4,4	6,0	0,0	<b>10,4</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Naranja	43,6	25,3	0,0	<b>68,9</b>	3,4	21,2	0,0	<b>24,6</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Pomelo	1,0	0,0	0,0	<b>1,0</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>SUB TOTAL CÍTRICOS</b>	<b>111,1</b>	<b>125,4</b>	<b>0,0</b>	<b>236,5</b>	<b>7,8</b>	<b>130,0</b>	<b>0,0</b>	<b>137,8</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>
<b>Granado</b>	4,7	26,9	0,0	<b>31,6</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	40,8	174,7		<b>215,5</b>
<b>Olivo</b>	0,0	1.101,0	212,6	<b>1.313,6</b>	5,4	1.255,7	0,0	<b>1.251,1</b>		832,8	330,5	<b>1.163,3</b>
<b>Vid de Mesa</b>	6.001,3	774,2		<b>6.775,5</b>	6.573,7	1.061,9	0,0	<b>7.635,6</b>	6.281,1	592,4		<b>6.873,5</b>
<b>TOTAL SUPERFICIE FRUTALES</b>	<b>6.117,1</b>	<b>2.033,9</b>	<b>212,6</b>	<b>8.363,6</b>	<b>6.586,9</b>	<b>2.447,6</b>	<b>0,0</b>	<b>9.034,5</b>	<b>6.324,0</b>	<b>1.605,9</b>	<b>330,5</b>	<b>8.260,4</b>

Fuente: Catastro Frutícola CIREN – ODEPA y Censo 2007

### **II.3.2.3 Estudio De Factibilidad Para El Mejoramiento Del Embalse Lautaro, Smi Ltda., Mayo 2009. DOH**

Una tercera fuente reciente de información disponible sobre el Uso Actual de la Tierra es el Estudio de Factibilidad del Mejoramiento del Embalse Lautaro, finalizado en mayo del 2009.

Este Estudio adopta como criterio de sectorización el sistema distrital de la Junta de Vigilancia del Río Copiapó (JVRC), que divide el valle en nueve distritos. De ellos, el distrito 9 corresponde a la ciudad de Copiapó, por lo cual el número de sectores efectivamente considerados corresponde a los restantes ocho.

El Estudio realizó una encuesta, cuya unidad base correspondió al concepto de predio y no al de explotación, como es habitual, siendo el objetivo central el Estudio del uso del suelo. El listado de predios del total del área de influencia del estudio que constituye la base de muestreo del Estudio se elaboró con base a:

- la información del Rol Extracto Agrícola (REA) del Servicio Impuestos Internos (actualizado al año 2005),
- las ortofotos digitales de propiedades escala 1:10.000 de Ciren Corfo,
- el listados de regantes proporcionado por la Junta de Vigilancia del Río Copiapó,
- los trabajos desarrollados para la Dirección General de Aguas por empresas privadas, y
- la información generada con la aplicación de la encuesta muestral efectuada a aproximadamente el 21% de los beneficiarios del área de estudio.

Los resultados de Uso Actual del Suelo estimado por este Estudio para el total del área de estudio se presentan en el Capítulo 7.3, Uso Actual del Suelo (reproducidos en TABLA II.3.2-7).

**TABLA II.3.2-7 USO ACTUAL DEL SUELO SEGÚN EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL MEJORAMIENTO DEL EMBALSE LAUTARO, 2009**

Rubro Productivo	Uso del Suelo Actual Predio Promedio Expandido					
	Riego Superficial		Riego por Pozo		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Cultivos y Hortalizas</b>						
Cebolla	101,901	4,4	34,697	0,6	136,598	0,9
Habas	45,999	2,0	25,629	0,5	71,628	0,5
Lechuga	47,926	2,1	7,702	0,1	55,628	0,4
Melón	39,377	1,7	8,259	0,2	47,636	0,3
Papa	11,021	0,5	3,876	0,1	14,897	0,1
Sandía	37,313	1,6	9,044	0,2	46,357	0,3
Tomate	106,522	4,6	37,754	0,7	144,276	1,0
Zanahoria	21,841	0,9	7,928	0,1	29,769	0,2
Zapallo	5,282	0,2	8,888	0,2	14,170	0,1
Otros Cultivos	121,488	5,3	21,058	0,4	142,546	1,0
<b>Frutales y Vides</b>						
Cítricos	7,620	0,3	0,031		7,651	0,1
Vid mesa Thompson	349,874	15,2	2.263,714	42,1	2.613,588	17,5
Vid mesa Flame	376,194	16,4	838,367	15,6	1.214,561	8,1
Vid mesa Superior	212,296	9,2	987,256	18,3	1.199,552	8,0
Vid mesa Red Globe	222,334	9,7	482,159	9,0	704,493	4,7
Vid mesa Perlette	28,957	1,3	220,760	4,1	249,717	1,7
Vid mesa otras variedades	59,294	2,6	343,814	6,4	403,108	2,7
Vid Pisquera	167,241	7,3	10,942	0,2	178,183	1,2
Otros Frutales	100,613	4,4	23,441	0,4	124,054	0,8
Praderas	138,998	6,0	6,112	0,1	145,110	1,0
Barbecho	98,581	4,3	38,819	0,7	137,400	0,9
<b>Total Riego</b>	<b>2.300,672</b>	<b>100,0</b>	<b>5.380,250</b>	<b>100,0</b>	<b>7.680,922</b>	<b>51,3</b>
Secano Sin Uso					4.467,950	29,9
Indirectamente Productivo					949,132	6,3
Sin Uso Agrícola					1.865,348	12,3
<b>Total Área</b>	<b>2.300,672</b>		<b>5.380,250</b>		<b>14.963,352</b>	<b>100,0</b>

**FUENTE:** Capítulo 7.3 Uso Actual del Suelo. Estudio Mejoramiento del Embalse Lautaro. Tabla 5-241.

SMI Ltda.

Los resultados de este Estudio de Factibilidad confirman la posición dominante de la uva de mesa como cultivo principal de la zona, así como la reducida participación de la uva pisquera y la casi desaparición de los cítricos, pero el Estudio no logra captar la aparición reciente del granado como una especie de importancia, e ignora totalmente los olivos, que con más de 1.250 ha constituyen casi un 12% del uso del suelo. Peor aún, el área total de riego según este Estudio sería de menos de 7.700 ha, cifra inferior en casi un tercio a los resultados Censales .

#### II.3.2.4 Análisis Integrado De Gestión En La Cuenca Del Río Copiapó, DICTUC S.A., Enero 2010. DGA

Una cuarta fuente reciente de información sobre el Uso Actual de la Tierra en el valle es el Análisis Integrado de Gestión de la Cuenca preparado por el DICTUC para la Dirección General de Aguas, DGA. Como su objetivo no es medir el uso de la tierra, sino determinarla como insumo para el modelo de gestión, sus resultados son menos relevantes que los anteriores en términos de Determinar el Uso Actual del Suelo en la zona.

Para los fines de su modelación, el DICTUC dividió el valle en seis sectores hidrogeológicos:

SECTORES	DELIMITACIÓN	AREA REGADA (ha)
I	Cordillera – Lautaro	1.586
II	Lautaro - la Puerta	2.287
III	La Puerta - Mal Paso	3.197
IV	Mal Paso - Ciudad Copiapó	1.119
V	Ciudad Copiapó - Piedra Colgada	2.426
VI	Piedra Colgada - Angostura	1.878
<b>TOTAL</b>		<b>12.494</b>

El Estudio desarrolló una base de datos sobre áreas agrícolas, sobre la base de una encuesta cuya unidad de base fue nuevamente el predio (rol predial) y no la explotación agrícola. En dicha base de datos se constatan algunas falencias que limitan su aplicación. Así por ejemplo, el cuadro resultado de la Encuesta Cultivo corresponde a 904 entrevistas, pero de ellas 358 no presentan información respecto de la superficie regada, y cinco ni siquiera presentan información respecto del cultivo practicado. El estudio DGA SIT 211 estima en 12.753 ha la superficie de cultivos regados, la que se distribuye de la manera indicada en la TABLA II.3.2-8 y se resume en la TABLA II.3.2-9.

**TABLA II.3.2-8**

**ESTRUCTURA DE CULTIVOS POR SECTOR ADMINISTRATIVO (DGA) DE LA CUENCA. ESTIMACIÓN DEL DICTUC.**

Sector	PARRONALES		OLIVOS		HORTALIZAS		GRANADOS		OTROS		S/I		TOTAL	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	1.557,0	17,3	0,0	0,0	2,0	0,2	0,0	0,0	27,0	5,5	0,0	0,0	<b>1.586,0</b>	<b>12,4</b>
2	2.282,0	25,3	0,0	0,0	5,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>2.287,0</b>	<b>17,9</b>
3	3.185,0	35,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	5,7	<b>3.197,0</b>	<b>25,1</b>
4	606,0	6,7	80,0	6,2	294,0	23,8	0,0	0,0	116,0	23,8	24,0	11,3	<b>1.120,0</b>	<b>8,8</b>
5	1.350,0	15,0	89,0	6,9	400,0	32,4	490,0	93,9	16,0	3,3	82,0	38,7	<b>2.427,0</b>	<b>19,0</b>
6	24,0	0,3	1.124,0	86,9	533,0	43,2	32,0	6,1	71,0	14,5	94,0	44,3	<b>1.878,0</b>	<b>14,7</b>
S/I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	258,0	52,9	0,0	0,0	<b>258,0</b>	<b>2,0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>9.004,0</b>	<b>100,0</b>	<b>1.293,0</b>	<b>100,0</b>	<b>1.234,0</b>	<b>100,0</b>	<b>522,0</b>	<b>100,0</b>	<b>488,0</b>	<b>100,0</b>	<b>212,0</b>	<b>100,0</b>	<b>12.753,0</b>	<b>100,0</b>

**FUENTE:** Figura 3-9 Pag 32 Tomo 2 DGA SIT 211, 2010

**TABLA II.3.2-9 RESUMEN DE LAS SUPERFICIES TOTALES DE LOS CULTIVOS EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ (ha) SEGÚN DICTUC.**

Cultivo	Area Total (ha)
Parronales	9.004,0
Olivos	1.293,0
Hortalizas	1.234,0
Granado	522,0
Alfalfa	364,3
Sin cultivos	211,6
Frutales	53,8
Maíz	48,3
Damasco	21,6
Naranja	0,4
<b>Total general</b>	<b>12.753,0</b>

**FUENTE:** Tabla 4-11. (PAG 53 TOMO 3 DGA SIT 211, 2010)

De los dos cuadros precedentes se concluye que el estudio DGA SIT 211 sobre-estimó tanto la superficie total regada de la cuenca<sup>2</sup>, como la superficie plantada con árboles frutales y en particular la de uva de mesa y de granado.

<sup>2</sup> Estimación DICTUC (fin 2008): total regado 12.753 ha  
Censo Agropecuario 2007: total regado 11.001 ha

### II.3.2.5 Resumen Del Uso Actual Del Suelo En La Zona Del Proyecto

Teniendo en consideración los resultados entregados por los dos Censos, los tres Catastros, el Estudio de Factibilidad del Embalse Lautaro, y el Informe DGA SIT 211, la Consultora formuló su mejor estimación-experto del Uso Actual del Suelo en la zona del proyecto.

Siendo la producción frutícola el mayor utilizador de tierra (y agua) del valle, su mayor generador de empleo, exportaciones e ingreso, y su elemento más dinámico, en la TABLA II.3.2-10 se presenta una comparación de los dos Censos, los tres Catastros, y el Dictuc.

**TABLA II.3.2-10 SUPERFICIE PLANTADA DE FRUTALES PROVINCIA DE COPIAPO (ha)**

ESPECIE	1997 (Censo)	1999 (Catastro)	2005 (Catastro)	2007 (Censo)	2009 (DICTUC)	2011 (Catastro)
ARÁNDANO	0	0	0	0		2
AMERICANO						
CHIRIMOYO	36,6	18	6,4	0		0
GRANADO	0	0,8	31,6	0	1.234	215,5
LIMA	0	6,4	5,6	0		0
LIMONERO	51,7	82,9	93,5	102		4
MANDARINO	47,7	79,6	67,5	10,4		0
MANGO	0	0	0	0		0,3
NARANJO	38,7	29,8	68,9	24,6		0
OLIVO	577	661,5	1.312,60	1.261,10	1.233	1.163,30
POMELO	0,1	0	1	0		0
TUNA	0,1	0	0	0		1,7
VID DE MESA	5.787,90	5.882,90	6.775,50	7.635,60	9.004	6.873,50
SUB TOTAL	6.539,80	6.761,90	8.362,60	9.033,70		8.260,30
OTROS FRUTALES	13,7	ND	ND	642,8		ND
VIDES VINÍFERAS Y PISQUERAS	371,7	ND	ND	275,3		ND
HUERTOS CASEROS	26,3	ND	ND	43,6		ND
<b>TOTAL</b>	<b>6.951,50</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>9.995,40</b>		<b>ND</b>

**FUENTE:** Años 1997 y 2007: Censos Agropecuarios respectivos  
Años 1999, 2005 y 2011: Catastros frutícolas de esos años  
Año 2009: Informe DGA SIT 211, 2010.

Considerando las cifras del Catastro Frutícola reciente (Julio 2011) y los antecedentes del último Censo Agropecuario 2007, y considerando la estructura de distribución del cultivos por sector del Estudio DGA SIT 211, la Consultora elaboró la TABLA II.3.2-11 corrigiendo los sesgos de la estimación de dicho Estudio en términos de la distribución y magnitudes de la superficie regada por tipo de cultivo, actualizando dicha estimación al año 2011.

Esta distribución se postula como Uso Actual del Suelo en la zona del Proyecto.

**TABLA II.3.2-11 PROYECCIÓN DEL USO ACTUAL DEL SUELO POR TIPO DE CULTIVOS Y POR SECTOR CORREGIDAS DE ACUERDO A LOS ANTECEDENTES DEL CATASTRO FRUTICOLA 2011 Y DATOS DEL CENSO AGROPECUARIO 2007**

SECTOR	PARRONALES (1)		OLIVOS (2)		HORTALIZAS (3)		GRANADOS (4)		OTROS (5)		S/I		TOTAL	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	1.189,1	17,3	0,0	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0	66,8	5,5	0,0	0,0	1.256,8	12,4
2	1.739,0	25,3	0,0	0,0	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.740,9	17,9
3	2.433,2	35,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	5,7	2.445,2	25,1
4	460,5	6,7	72,1	6,2	109,6	23,8	0,0	0,0	288,9	23,8	24,0	11,3	955,1	8,8
5	1.031,0	15,0	80,3	6,9	149,3	32,4	202,4	93,9	40,1	3,3	82,0	38,7	1.585,1	19,0
6	20,6	0,3	1.010,9	86,9	199,0	43,2	13,1	6,1	176,0	14,5	94,0	44,3	1.513,6	14,7
S/I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	642,2	52,9	0,0	0,0	642,2	2,0
<b>TOTAL</b>	<b>6.873,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1.163,3</b>	<b>100,0</b>	<b>460,7</b>	<b>100,0</b>	<b>215,5</b>	<b>100,0</b>	<b>1.214,0</b>	<b>100,0</b>	<b>212,0</b>	<b>100,0</b>	<b>10.138,9</b>	<b>100,0</b>
<b>% DE SUPERFICIE SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL</b>	<b>67,8</b>		<b>11,5</b>		<b>4,5</b>		<b>2,1</b>		<b>12,0</b>		<b>2,1</b>		<b>100,0</b>	

**FUENTE:** Estudio DICTUC **FUENTE:** Figura 3-9 Pag 32 Tomo 2 Estudio DGA SIT 211, 2010. Catastro Frutícola 2011. Censo Agropecuario 2007

(1) (2) y (4) Catastro Frutícola (3) Cifras del Censo Agropecuario 2007 reducidas en 31,17% conforme a contracción de la superficie total de hortalizas de la Región en el período 2007 a 2010 (5) Cifras censo Agropecuario incluye: Forrajes (245,7 ha), papas, flores y almácigos 21,2 ha); cultivos industriales permanentes (28,6 ha); otros frutales y huertos caseros (640,5 ha); vid vinífera y pisquera (275,3 ha)



## **II.3.3 DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA**

### **II.3.3.1 Métodos de Riego**

### **II.3.3.2 Demanda de Agua de la Agricultura**

### II.3.3 DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA

Como en el caso del Uso Actual del Suelo, existen varias fuentes de información sobre la demanda de agua en la zona de Proyecto. Las principales son: los VI y VII Censos Agropecuarios de 1997 y 2007, respectivamente; el informe Mejoramiento del Embalse Lautaro, SMI Ltda., Mayo 2009, DOH; y el informe Análisis Integrado de Gestión en la Cuenca del Río Copiapó, Dictuc S.A., Enero 2010, DGA SIT 211/2010. Por su propia naturaleza, el Informe DGA SIT 211/2010 es el que más antecedentes aporta sobre el tema.

#### II.3.3.1 Métodos De Riego

Como se indicó en el capítulo anterior, la superficie de cultivos regados se incrementó en 2.693 ha (un 32,8%) entre los dos Censos. El incremento se produjo principalmente en Tierra Amarilla, con 1.778,8 ha (un 34,4%), seguida por Copiapó, con 556,4 ha (más 18,6%), debido a una expansión más pronunciada de la superficie de uva de mesa en la primera.

Junto a la expansión de la superficie regada, se ha observado también un incremento de la superficie regada utilizando métodos más eficientes de riego. La comparación de las cifras de ambos Censos muestra que la superficie regada por métodos tradicionales (gravitacionales) se redujo en 20% (313,1 ha) entre 1997 y 2007, en beneficio de métodos de riego localizados cuya superficie se incrementó en 45% (2.992,9 ha). Actualmente (2007), más del 88% de la superficie regada lo es por métodos micro localizados, comparado con casi un 81% en 1997. El informe DGA SIT 211/2010 confirma esta conclusión, con cifras porcentuales muy similares.

**TABLA II.3.3-1 SUPERFICIE DE RIEGO SEGÚN MÉTODO DE RIEGO, 2007**

Superficie (ha) efectivamente regada por:

COMUNAS		Riego Tradicional	Riego Mecánico	Micro Riego	TOTAL
			Mayor	Localizado	
Copiapó		870,5	3,9	2761,8	3.636,2
Caldera		40,1	0,0	364,5	404,6
Tierra Amarilla		374,6	0,6	6.585,1	6.960,2
<b>TOTAL PROVINCIA</b>	<b>Ha</b>	<b>1.285,1</b>	<b>4,5</b>	<b>9.711,4</b>	<b>11.001,0</b>
<b>COPIAPO</b>	<b>%</b>	<b>11,68</b>	<b>0,04</b>	<b>88,28</b>	<b>100</b>

*FUENTE: Censo Nacional Agropecuario 2006 - 2007*

**TABLA II.3.3-2 SUPERFICIE DE RIEGO SEGÚN MÉTODO DE RIEGO, 1997**

COMUNAS	Superficie (ha) efectivamente regada por:			TOTAL
	Riego Tradicional	Riego Mecánico Mayor	Micro Riego Localizado	
Copiapó	1003,4	0,0	1975,5	2978,9
Caldera	46,1	0,0	3,0	49,1
Tierra Amarilla	548,7	0,0	4740,0	5288,7
<b>TOTAL PROVINCIA</b>	<b>1598,2</b>	<b>0,0</b>	<b>6718,5</b>	<b>8316,7</b>
<b>COPIAPO</b>	<b>19,22</b>	<b>0,00</b>	<b>80,78</b>	<b>100,00</b>

FUENTE: Censo Nacional Agropecuario 1996 - 1997

**TABLA II.3.3-3 COMPARACION DE METODOS DE RIEGO ENTRE LOS CENSOS DE 2007 Y 1997**

COMUNAS	Cambio porcentual en la Superficie (%) efectivamente regada por:			TOTAL
	Riego Tradicional	Riego Mecánico Mayor	Micro Riego Localizado	
Copiapó	-13,0	-----	+40,0	+22,0
Caldera	-13,0	-----	+12,150	+824,0
Tierra Amarilla	-32,0	-----	+39,0	+32,0
<b>TOTAL COPIAPO</b>	<b>-20,0</b>	<b>-----</b>	<b>+45,0</b>	<b>32,0</b>

FUENTE: Censo Nacional Agropecuario 1996 – 1997 y Censo 2007

### II.3.3.2 Demanda de Agua de la Agricultura

El Estudio de Factibilidad del Mejoramiento del Embalse Lautaro presenta una estimación agregada de la demanda de agua para riego. El cálculo de la estimación de las tasas de riego está explicado en el capítulo 5.8 “Demandas de Agua de Riego”<sup>1</sup> de dicho Estudio.

Para preparar esta estimación se consideraron los siguientes parámetros:

- La ETPo fue tomada del Estudio Cálculo y Cartografía ETP en Chile CIREN CORFO CNR 1997, por mes y por sector de riego
- Los coeficientes de cultivo Kc fueron obtenidos en la publicación FAO 56
- La demanda neta de agua es igual a la demanda biológica (ETRC) menos la precipitación efectiva, que en este caso es despreciable.

<sup>1</sup> Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Richard G. Allen et al. ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE 56.

**TABLA II.4.3-4 TIPO DE RIEGO POR SECTOR EN EL VALLE DE COPIAPÓ, SEGÚN DICTUC**

SECTOR	ASPERSIÓN		GOTEO		MICRO ASPERSIÓN		SURCO		TENDIDO		S/I		TOTAL	
	HA	%	HA	%	HA	%	HA	%	HA	%	HA	%	HA	%
1	13	4,8	1.571	14,2	2	28,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<b>1.586</b>	<b>12,4</b>
2	0	0,0	2.282	20,6	5	71,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<b>2.287</b>	<b>17,9</b>
3	0	0,0	3.184	28,8	0	0,0	1	1,3	0	0,0	12	5,7	<b>3.197</b>	<b>25,1</b>
4	0	0,0	554	5,0	0	0,0	77	97,5	465	41,8	24	11,3	<b>1.120</b>	<b>8,8</b>
5	0	0,0	2.106	19,0	0	0,0	0	0,0	238	21,4	82	38,7	<b>2.427</b>	<b>19,0</b>
6	0	0,0	1.373	12,4	0	0,0	1	1,3	410	36,8	94	44,3	<b>1.878</b>	<b>14,7</b>
S/I	258	95,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<b>258</b>	<b>2,0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>271</b>	<b>100,0</b>	<b>11.070</b>	<b>100,0</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>	<b>79</b>	<b>100,0</b>	<b>1.113</b>	<b>100,0</b>	<b>212</b>	<b>100,0</b>	<b>12.753</b>	<b>100,0</b>
%	2,1		86,8		0,1		0,6		8,7		1,7		100,0	

FUENTE: Estudio DGA SIT 211/2010 Tomo 2 pag 32 Figura 3-9

### II.3.3.2.1 Evapotranspiración Potencial y Evapotranspiración Real

El Informe DGA SIT 211/2010 realiza un análisis más detallado de la Demanda de Agua para la Agricultura, y lo hace por Sectores de Riego. Para ello subdivide los seis sectores descritos en el capítulo anterior de acuerdo a sus características geomorfológicas e hidrológicas, en los siguientes 20 Sectores de Riego:

**TABLA II.3.3-5 SECTORES DE RIEGO**

<b>Código</b>	<b>Sector de Riego</b>	<b>Área Regada (ha)</b>
R1a-01	Manflas	421
R1b-02	Pulido	344
R1c-03	Jorquera	404
R1d-04	Junta - Lautaro	417
R2a-05	Lautaro - La Capilla	1.419
R2a-06	La Capilla - San Antonio	453
R2a-07	San Antonio - La Puerta	415
R3a-08	La Puerta - La Turbina	73
R3a-09	La Turbina - El Yeso	711
R3a-10	El Yeso - Comp. Negras	616
R3a-11	Comp. Negras - Pabellón	95
R3b-12	Pabellón - Cerrillos	759
R3b-13	Cerrillos - Mal Paso	943
R4a-14	Mal Paso - Palermo	130
R4a-15	Palermo - La Florida	280
R4a-16	La Florida _ - Copiapó	709
R5a-17	Copiapó - Chamonate	1.383
R5a-18	Chamonate - Piedra Colgada	1.043
R6a-19	Piedra Colgada - Valle Fértil	1.393
R6b-20	Valle Fértil - Angostura	485
<b>Total</b>		<b>12.494</b>

**FUENTE:** INFORME FINAL, TOMO 4. Pág.21. Tabla 3 - 4. DGA SIT 211/2010

Conocidos los valores de evapotranspiración de referencia, en este caso la Evaporación Potencial (ET<sub>o</sub>) de cada sector y los distintos valores de coeficientes de cultivos (K<sub>c</sub>), se obtiene la evapotranspiración real (ET<sub>r</sub>) para cada cultivo en cada sector de riego. Información obtenida del DGA SIT 211.

Los coeficientes de los cultivos utilizados para la estimación de la evapotranspiración se recopilaron de diversas fuentes, como el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). En general, dichos valores fueron obtenidos para condiciones de no restricción de humedad en el suelo.

$E_{tr} = E_{Tp} \times K_c$

**TABLA II.3.3-6 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETp) MENSUAL PARA LOS DISTINTOS SECTORES DE RIEGO (mm/mes)**

Sector de Riego	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Manflas	193	160	138	81	66	48	53	74	99	137	162	195	1421
Pulido	205	169	146	85	70	51	56	79	105	145	172	207	1504
Jorquera	191	158	136	80	66	48	53	74	98	135	161	193	1406
Junta - Lautaro	241	199	172	100	83	60	66	93	123	170	202	243	1771
Lautaro - La Capilla	245	202	175	102	84	61	68	94	125	173	206	247	1800
La Capilla - San Antonio	245	202	175	102	84	61	68	94	125	173	206	247	1800
San Antonio - La Puerta	245	202	175	102	84	61	68	94	125	173	206	247	1800
La Puerta - La Turbina	237	196	169	99	81	59	65	91	121	168	199	239	1743
La Turbina - El Yeso	237	196	169	99	81	59	65	91	121	168	199	239	1743
El Yeso - Comp. Negras	237	196	169	99	81	59	65	91	121	168	199	239	1743
Comp. Negras - Pabellón	237	196	169	99	81	59	65	91	121	168	199	239	1743
Pabellón - Cerrillos	237	196	169	99	81	59	65	91	121	168	199	239	1743
Cerrillos - Mal Paso	237	196	169	99	81	59	65	91	121	168	199	239	1743
Mal Paso - Palermo	211	174	150	88	72	53	58	81	108	149	177	213	1551
Palermo - La Florida	211	174	150	88	72	53	58	81	108	149	177	213	1551
La Florida - Copiapó	211	174	150	88	72	53	58	81	108	149	177	213	1551
Copiapó - Chamonate	186	154	133	78	64	47	51	72	95	131	156	188	1367
Chamonate - Piedra Colgada	186	154	133	78	64	47	51	72	95	131	156	188	1367
Piedra Colgada - Valle Fértil	180	149	128	75	62	45	50	69	92	127	151	182	1322
Valle Fértil - Angostura	180	149	128	75	62	45	50	69	92	127	151	182	1322

**FUENTE:** Tabla 4-9 Pagina 52 TOMO 4 ESTUDIO DGA SIT 211/2010

**TABLA II.3.3-7 COEFICIENTES DE CULTIVO (Kc) UTILIZADOS PARA ESTIMAR LA DEMANDA HÍDRICA POR RIEGO**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Parronales	0,90	0,80	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,75	0,90	0,90	0,90
Olivos	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,60
Hortalizas	0,64	0,49	0,19	0,28	0,31	0,33	0,24	0,27	0,29	0,47	0,47	0,64
Granado	1,00	1,00	0,90	0,50	0,00	0,00	0,00	0,60	0,75	1,00	1,00	1,00
Alfalfa	0,90	0,90	0,90	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,65	0,80	0,90	0,90
Sin Cultivos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frutales	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,55	0,55	0,55	0,60
Maíz	1,15	1,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,46	0,96
Damasco	0,90	0,80	0,75	0,65	0,20	0,20	0,20	0,50	0,70	0,85	0,90	0,90
Naranja	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,55	0,55	0,55	0,60

*FUENTE: Tabla 4-10. PAG 53 TOMO 4 ESTUDIO DGA SIT 211/2010*

#### II.3.3.2.2 Estimación de la Demanda Neta de Agua para la Agricultura

Luego, se puede estimar la demanda neta de agua a través de la siguiente expresión:

$$DN = 10 \times (ETr - Pef)$$

Donde

DN es la demanda neta (m<sup>3</sup>/ha),

ETr es la evapotranspiración real (mm) y

Pef es la precipitación efectiva (mm).

Kc es el coeficiente de cultivo

Conocida la evapotranspiración real de los cultivos y la precipitación efectiva, se puede calcular la demanda neta en cada sector. Esto fue hecho por DICTUC para cada uno de los Sectores de Riego arriba identificados (DGA SIT 211).

**TABLA II.3.3-8 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL MENSUAL PARA LOS DISTINTOS SECTORES (mm/mes)**

SECTOR DGA	SUB SECTOR	SECTOR DE RIEGO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM	OCTUBRE	NOVIEM	DICIEM	ANUAL
SECTOR 1	-----	MANFLAS	174	128	70	1	0	0	0	34	74	123	146	176	925
		PULIDO	184	135	73	0	0	0	0	35	78	130	155	186	977
		JORQUERA	170	125	69	3	2	1	2	33	72	119	142	171	911
		JUNTA-LAUTARO	217	159	86	0	0	0	0	42	92	153	182	219	1.150
		<b>PROMEDIO SECTOR 1</b>	<b>186</b>	<b>137</b>	<b>75</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>79</b>	<b>131</b>	<b>156</b>	<b>188</b>	<b>991</b>
SECTOR 2	-----	LAUTARO-LA CAPILLA	220	162	87	0	0	0	0	42	94	155	185	222	1.168
		LA CAPILLA-SAN ANTONIO	220	162	87	0	0	0	0	42	94	155	185	222	1.168
		SAN ANTONIO-LA PUERTA	220	162	87	0	0	0	0	42	94	155	185	222	1.168
		<b>PROMEDIO SECTOR 2</b>	<b>220</b>	<b>162</b>	<b>87</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>94</b>	<b>155</b>	<b>185</b>	<b>222</b>	<b>1.168</b>
		LA PUERTA - LA TURBINA	213	157	85	0	0	0	0	41	91	151	179	215	1.132
SECTOR 3	3a LA PUERTA - PABELLON	LA TURBINA - EL YESO	213	157	84	0	0	0	0	41	91	151	179	215	1.130
		EL YESO - COMP. NEGRAS	213	157	85	0	0	0	0	41	91	151	179	215	1.132
		COMP. NEGRAS - PABELLON	213	157	85	0	0	0	0	41	91	151	179	215	1.132
		<b>PROMEDIO SUB SECTOR 3A</b>	<b>213</b>	<b>157</b>	<b>85</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>91</b>	<b>151</b>	<b>179</b>	<b>215</b>	<b>1.132</b>
		3b PABELLON - MAL PASO	PABELLON - CERRILLOS	211	155	84	0	0	0	0	41	90	149	177	213
SECTOR 4	4a MAL PASO COPIAPO	CERRILLOS - MAL PASO	213	156	84	0	0	0	0	41	91	150	179	215	1.128
		MAL PASO - PALERMO	183	135	76	9	5	4	4	36	76	127	152	185	992
		PALERMO - LA FLORIDA	174	129	75	9	5	4	4	35	72	120	145	175	947
		LA FLORIDA - COPIAPO	159	114	62	21	17	13	12	32	58	101	121	161	871
		<b>PROMEDIO SUB SECTOR 4A</b>	<b>172</b>	<b>126</b>	<b>71</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>34</b>	<b>69</b>	<b>116</b>	<b>139</b>	<b>174</b>	<b>937</b>
SECTOR 5	5a COPIAPO - PIEDRA COLGADA	COPIAPO - CHAMONATE	169	130	83	14	0	0	0	35	69	119	141	170	930
		CHAMONATE - PIEDRA COLGADA	137	97	49	12	11	8	7	27	50	88	104	138	730
		<b>PROMEDIO SUBSECTOR 5a</b>	<b>153</b>	<b>114</b>	<b>66</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>31</b>	<b>60</b>	<b>104</b>	<b>123</b>	<b>154</b>	<b>830</b>
SECTOR 6	6 PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA	PIEDRA COLGADA - VALLE FERTIL	115	88	58	33	27	20	20	30	42	68	81	115	696
		VALLE FERTIL - ANGOSTURA	92	71	48	30	25	19	19	27	37	56	67	93	586
		<b>PROMEDIO SECTOR 6</b>	<b>104</b>	<b>80</b>	<b>53</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>40</b>	<b>62</b>	<b>74</b>	<b>104</b>	<b>641</b>

FUENTE: Tabla 4-12 PAGINA 54 TOMO 4 ESTUDIO DGA SIT 211/2010



**TABLA II.3.3-9 DEMANDA HÍDRICA NETA DE LOS DISTINTOS SECTORES DE RIEGO (l/s)**

Sector de Riego	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Manflas	273	222	106	1	1	0	0	37	118	192	237	276	122
Pulido	236	192	92	0	0	0	0	34	102	166	206	239	106
Jorquera	256	207	100	4	3	1	2	39	108	178	222	258	115
Junta - Lautaro	337	273	128	0	0	0	0	47	145	238	292	340	150
Lautaro - La Capilla	1166	948	455	1	0	0	0	180	507	823	1012	1176	522
La Capilla - San Antonio	373	303	146	0	0	0	0	58	162	263	324	376	167
San Antonio - La Puerta	341	278	133	0	0	0	0	53	140	241	296	344	153
La Puerta - La Turbina	58	47	23	0	0	0	0	10	25	41	50	59	26
La Turbina - El Yeso	565	460	222	0	0	0	0	94	247	399	491	570	254
El Yeso - Comp. Negras	491	399	192	0	0	0	0	81	214	346	426	495	220
Comp. Negras - Pabellón	76	62	30	0	0	0	0	13	33	54	66	77	34
Pabellón - Cerrillos	598	487	234	0	0	0	0	99	261	422	519	604	269
Cerrillos - Mal Paso	748	609	293	0	0	0	0	124	327	528	650	755	336
Mal Paso - Palermo	89	72	36	4	2	1	1	16	38	62	76	90	41
Palermo - La Florida	181	149	77	10	5	3	4	32	78	126	156	183	84
La Florida _ - Copiapó	422	336	161	57	42	25	25	76	157	267	332	426	194
Copiapó - Chamonate	871	742	424	74	1	1	0	166	367	614	755	879	408
Chamonate - Piedra Colgada	533	419	188	49	40	24	23	93	202	342	421	538	239
Piedra Colgada - Valle Fértil	601	505	297	175	136	95	99	152	224	352	436	600	306
Valle Fértil - Angostura	167	143	87	56	45	31	33	48	69	102	125	169	90
<b>Total</b>	<b>8382</b>	<b>6853</b>	<b>3424</b>	<b>431</b>	<b>275</b>	<b>181</b>	<b>187</b>	<b>1452</b>	<b>3524</b>	<b>5756</b>	<b>7092</b>	<b>8454</b>	<b>3836</b>

*FUENTE: Tabla 4-14 PAGINA 57 TOMO 4 ESTUDIO DGA SIT 211/2010*

### II.3.3.2.3 Estimación de la Demanda Bruta de Agua para la Agricultura

Para calcular las necesidades brutas a nivel de cultivo se consideró la demanda neta estimada anteriormente, la que se dividió por la eficiencia de aplicación del agua en el predio (EFa). Esta eficiencia predial (EFa) contempla las pérdidas de agua por percolación profunda y escurrimiento superficial al interior del predio. Los valores de eficiencia considerados son los definidos por la Comisión Nacional de Riego (CNR).

**TABLA II.4.3-10 EFICIENCIA PREDIAL PARA  
DISTINTOS SISTEMAS DE RIEGO (EFa)**

Tio de Riego	Eficiencia %
<b>Goteo</b>	90
<b>Micro aspersión</b>	90
<b>Aspersión</b>	75
<b>Surco</b>	45
<b>Tendido</b>	30

*FUENTE: Tabla 4-15 PAG 58 TOMO 4 DGA SIT 211/2010*

La estimación fue hecha para cada uno de los veinte Sectores de Riego definidos por el DICTUC en el informe DGA SIT 211. Luego, se determinó las necesidades brutas para cada Sector para cada mes.

**TABLA II.3.3-11 SUPERFICIE REGADA SEGÚN EL MÉTODO DE APLICACIÓN DE RIEGO  
EN LOS DISTINTOS SECTORES (ha)**

Sector de Riego	Goteo	Surco	Tendido	Aspersión	Micro - Aspersión	S/I	Total
<b>Pulido Alto</b>				143,0			143,0
<b>Jorquera Alto</b>	0,4			115,0			115,4
<b>La Puerta - La Turbina</b>	72,9						72,9
<b>La Turbina - El Yeso</b>	709,9					0,8	710,7
<b>El Yeso - Comp. Negras</b>	616,0						616,0
<b>Cerrillos - Mal Paso</b>	938,6	1,1				3,3	943,0
<b>Mal Paso - Palermo</b>	98,7		31,4				130,1
<b>Palermo - La Florida</b>	210,7	28,1	21,5			19,5	279,8
<b>Chamonate - Piedra Colgada</b>	762,2		238,5			42,5	1.043,2
<b>Jorquera</b>	394,1			7,8	2,4		404,3
<b>San Antonio - La Puerta</b>	414,8						414,8
<b>Lautaro - La Capilla</b>	1.413,7				4,9		1.418,6
<b>La Capilla - San Antonio</b>	453,4						453,4
<b>Manflas</b>	415,8			4,8			420,6
<b>La Junta - Lautaro</b>	416,5						416,5
<b>Pulido</b>	344,4						344,4
<b>Comp. Negras - Pabellón</b>	95,3						95,3
<b>Pabellón - Cerrillos</b>	751,1					8,3	759,4
<b>La Florida - Copiapó</b>	244,1	49,2	412,0			4,1	709,4
<b>Copiapó - Chamonate</b>	1.344,1					39,3	1.383,4
<b>Piedra Colgada - Valle Fértil</b>	965,4	0,7	410,2			17,0	1.393,3
<b>Valle Fértil - Angostura</b>	408,0					76,7	484,7
<b>Total</b>	11.070,1	79,1	1.113,6	270,6	7,3	211,5	12.752,2

\* Sectores ubicados aguas arriba de los nodos iniciales del modelo

*FUENTE: Tabla 4-16. PAG 59 DGA SIT 211/2010 TOMO 4*

**TABLA II.3.3-12 DEMANDA HÍDRICA BRUTA MENSUAL PARA LOS DISTINTOS SECTORES (l/s)**

Sector Acuífero	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
1a. Manflas	304	247	119	2	1	0	1	41	132	214	264	307	136
1b. Pulido	263	214	102	0	0	0	0	37	114	185	228	265	117
1c. Jorquera	286	231	112	5	3	1	2	44	121	199	247	288	128
1d. Junta - Lautaro	374	304	142	0	0	0	0	52	161	264	325	378	167
2a. Lautaro - La Puerta	2.089	1.699	815	1	0	0	0	323	909	1.474	1.813	2.108	936
3a. La Puerta - Pabellón	1.322	1.075	518	0	0	0	0	219	578	934	1.148	1.334	594
3b. Pabellón - Mal Paso	1.497	1.218	587	0	0	0	0	249	654	1.057	1.300	1.511	673
4a. Mal Paso - Copiapó	1.395	1.116	560	221	156	92	94	257	517	877	1.096	1.408	649
5a. Copiapó - Piedra Colgada	1.800	1.467	747	185	85	51	47	328	701	1.195	1.469	1.816	824
6a. Piedra Colgada - Valle Fértil	1.095	900	496	282	222	156	159	246	369	609	761	1.085	532
6b. Valle Fértil - Angostura	186	158	97	62	49	35	36	53	76	113	139	188	100
<b>Total</b>	<b>10.611</b>	<b>8.629</b>	<b>4.293</b>	<b>756</b>	<b>516</b>	<b>336</b>	<b>338</b>	<b>1.848</b>	<b>4.332</b>	<b>7.122</b>	<b>8.792</b>	<b>10.687</b>	<b>4.855</b>

**FUENTE:** Tabla 4-18 PAG 61 TOMO 4 DGA SIT 211/2010

A partir de esos valores, y considerando la estructura de cultivos de cada Sector, se determinó la Demanda Hídrica Bruta para cada uno y para el área en su conjunto.

**TABLA II.3.3-13 DEMANDA HÍDRICA BRUTA PARA LOS DISTINTOS SECTORES** [Fuente: DGA SIT 211]

SECTOR DGA	SUB SECTOR	SECTOR DE RIEGO	AREA REGADA (ha)	DEMANDA HÍDRICA BRUTA (l/s) PROMEDIO ANUAL	DEMANDA HÍDRICA BRUTA (m <sup>3</sup> /ha/año)
1	-----	MANFLAS	421	136	10.187
		PULIDO	344	117	10.726
		JORQUERA	404	128	9.992
		JUNTA - LAUTARO	417	167	12.630
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SECTOR 1</b>	<b>1.586</b>	<b>548</b>	<b>10.896</b>
2	-----	LAUTARO - LA CAPILLA	1.419		
		LA CAPILLA - SAN ANTONIO	453		
		SAN ANTONIO - LA PUERTA	415		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SECTOR 2</b>	<b>2.287</b>	<b>936</b>	<b>12.907</b>
3	3a LA PUERTA - PABELLON	LA PUERTA - LA TURBINA	73		
		LA TURBINA - EL YESO	711		
		EL YESO - COMP. NEGRAS	616		
		COMP. NEGRAS - PABELLON	95		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SUB SECTOR 3A</b>	<b>1.495</b>	<b>594</b>	<b>12.530</b>
3b PABELLON - MAL PASO		PABELLON - CERRILLOS	759		
		CERRILLOS - MAL PASO	943		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SUB SECTOR 3B</b>	<b>1.702</b>	<b>673</b>	<b>12.470</b>
4	4a MAL PASO - COPIAPO	MAL PASO - PALERMO	130		
		PALERMO - LA FLORIDA	280		
		LA FLORIDA - COPIAPO	709		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SUB SECTOR 4A</b>	<b>1.119</b>	<b>649</b>	<b>18.290</b>
5	5a COPIAPO - PIEDRA COLGADA	COPIAPO - CHAMONATE	1.383		
		CHAMONATE - PIEDRA COLGADA	1.043		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SUBSECTOR 5a</b>	<b>2.426</b>	<b>824</b>	<b>10.711</b>
6	6 PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA	PIEDRA COLGADA - VALLE FERTIL	1.393	532	12.044
		VALLE FERTIL - ANGOSTURA	485	100	6.502
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SECTOR 6</b>	<b>1.878</b>	<b>1.356</b>	<b>10.613</b>
<b>TOTAL</b>			<b>12.493</b>	<b>4.856</b>	<b>12.258</b>

La demanda bruta estimada por el DICTUC asciende a 153.138.816 m<sup>3</sup> al año para una superficie de cultivos regados de 12.493 ha (valor obtenido DGA SIT 211/2010) lo que corresponde a un promedio de 12.258 m<sup>3</sup>/ha/año. Este valor unitario es alrededor de un 9% superior a la estimación del Estudio de Factibilidad de Lautaro (11.223 m<sup>3</sup>/ha/año; valor obtenido DGA SIT 211/2010).

A su vez, el volumen total está sobre-estimado debido a la sobre-estimación que DICTUC hizo de la superficie regada: 12.493 ha, contra la definición señalada en la TABLA II.3.3-14, de 10.139 ha, que presenta la estimación postulada por esta Consultoría para el Uso del Actual del Suelo. Por ello, la demanda hídrica bruta por sector fue corregida y actualizada sobre la base del ajuste de la composición de superficies regadas, sin alterar el valor de la demanda hídrica bruta unitaria promedio por ha de cada sector.

**TABLA II.3.3-14 DEMANDA HÍDRICA BRUTA CORREGIDA PARA 10.138,9 HA [Fuente: DGA SIT 211]**

SECTOR DGA	SUB SECTOR	SECTOR DE RIEGO	AREA REGADA (ha)	DEMANDA HÍDRICA BRUTA (l/s) PROMEDIO ANUAL	DEMANDA HIDRICA BRUTA (m <sup>3</sup> /ha/año)
1	-----	MANFLAS	341,7	110,4	10.187
		PULIDO	279,2	95,0	10.726
		JORQUERA	327,9	103,9	9.992
		JUNTA-LAUTARO	338,4	135,5	12.630
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SECTOR 1</b>	<b>1.287,1</b>	<b>444,7</b>	<b>10.896</b>
2	-----	LAUTARO-LA CAPILLA	1.151,6		
		LA CAPILLA-SAN ANTONIO	367,6		
		SAN ANTONIO-LA PUERTA	336,8		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SECTOR 2</b>	<b>1.856,0</b>	<b>759,6</b>	<b>12.907</b>
3	3a LA PUERTA - PABELLON	LA PUERTA - LA TURBINA	59,2		
		LA TURBINA - EL YESO	577,0		
		EL YESO - COMP. NEGRAS	499,9		
		COMP. NEGRAS - PABELLON	77,1		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SUBSECTOR 3A</b>	<b>1.213,3</b>	<b>482,1</b>	<b>12.530</b>
3	3b PABELLON - MAL PASO	PABELLON - CERRILLOS	616,0		
		CERRILLOS - MAL PASO	765,3		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SUBSECTOR 3B</b>	<b>1.381,3</b>	<b>546,2</b>	<b>12.470</b>
<b>TOTAL Y PROMEDIO SECTOR 3</b>			<b>2.594,6</b>	<b>1.028,3</b>	<b>12.498</b>
4	4a MAL PASO - COPIAPO	MAL PASO - PALERMO	105,5		
		PALERMO - LA FLORIDA	227,2		
		LA FLORIDA - COPIAPO	575,4		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SUB SECTOR 4A</b>	<b>908,1</b>	<b>526,7</b>	<b>18.290</b>
5	5a COPIAPO - PIEDRA COLGADA	COPIAPO - CHAMONATE	1.122,4		
		CHAMONATE - PIEDRA COLGADA	846,5		
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SUBSECTOR 5a</b>	<b>1.968,9</b>	<b>668,7</b>	<b>10.711</b>
6	6 PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA	PIEDRA COLGADA - VALLE FERTIL	1.130,5	431,8	12.044
		VALLE FERTIL - ANGOSTURA	393,6	81,2	6.502
		<b>TOTAL Y PROMEDIO SECTOR 6</b>	<b>1.524,1</b>	<b>512,9</b>	<b>10.613</b>
<b>TOTAL</b>			<b>10.138,9</b>	<b>3.941</b>	<b>12.258</b>

Se concluye que la demanda hídrica bruta del valle del río Copiapó para la producción agrícola, corregida para una superficie de riego de 10.138,9 ha, asciende a **124.282.636 m<sup>3</sup> al año**.

## **II.3.4 SECTORIZACION DEL AREA DE ESTUDIO**

### **II.3.4-1**

#### **II.3.4 SECTORIZACIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO**

*La presente Consultoría tiene por objeto estudiar la posibilidad de recargar los acuíferos del valle del río Copiapó. Por ello, los acuíferos existentes en el valle son necesariamente el elemento central para definir los sectores que se utilizarán para definir la estrategia de recarga y para estimar sus costos y sus beneficios.*

La primera sectorización del valle la hizo la Junta de Vigilancia para la distribución de las aguas superficiales y definió la existencia de siete distritos desde el nacimiento del río hasta la ciudad de Copiapó, del uno al siete. Luego se agregaron dos. Actualmente los primeros ocho distritos demanda aguas superficiales.

La DGA por otra parte, sobre la base de estudios de la firma Alamos y Peralta, desde 1985 identificó seis sectores hidrológicos numerados del uno al seis, los cuales se han visto confirmados posteriormente con los estudios de DICTUC y de SERAGEOMIN. Estos últimos hicieron subdivisiones en la división anterior y han llegado a denominar en total 11 sectores acuíferos.

La Tabla II.3.4-1 muestra los sectores acuíferos y presenta la correspondencia entre ellos y los distritos administrativos del río, las correspondientes cuencas aportantes, los sectores de riego, y los distritos de riego de la Junta de Vigilancia del Río Copiapó. Los sectores acuíferos están representados en la Figura II.3.4-1.



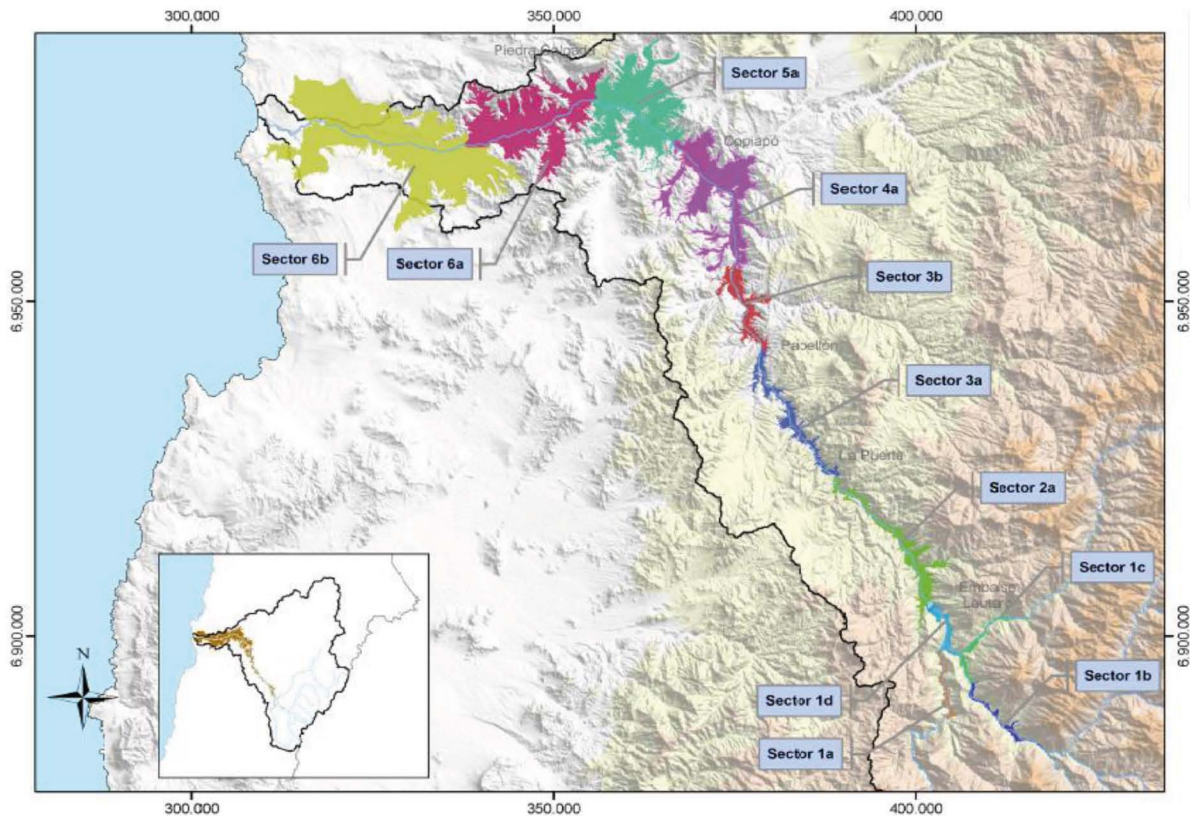
**TABLA II.3.4-1 RESUMEN DE ACUÍFEROS, SUBCUENCAS, SECTORES DE RIEGO Y DISTRITOS DE LA JUNTA DE VIGILANCIA DE LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ**

SECTOR DGA	ACUIFERO	CUENCA	SECTOR DE RIEGO	DISTRITO JVRC
	-----	Manflas	-----	-----
1	1a. Manflas	Intermedia Manflas - Junta	R1a – 01. Manflas	-----
	1b. Pulido	Pulido	R1b – 02. Pulido	-----
	1c. Jorquera	Jorquera	R1c – 03. Jorquera	-----
	1d. Junta -- Lautaro	Intermedia Junta - Lautaro	R1d – 04. Junta -- Lautaro	1
2	2.a Lautaro -- La Puerta	Intermedia Lautaro – La Puerta	R2a – 05. Lautaro – La Capilla	1
			R2a – 06. La Capilla -- San Antonio	2
			R2a – 07. San Antonio – La Puerta	3
	3.a La Puerta - Pabellón	Intermedia La Puerta Pabellón	R3 a – 08. La Puerta – La Turbina	3
			R3 a – 09. La Turbina – El Yeso	4
			R3 a – 10. El Yeso Comp. Negras	4
3	3.b Pabellón – Mal Paso	Intermedia Pabellón Mal Paso	R3 a – 11. Pabellón	5
			R3 a – 12. Pabellón -- Cerrillos	5
			R3 a – 13 .Cerrillos – Mal Paso	6
	-----	Lateral Quebrada Carrizalillo	-----	-----
4	4a. Mal Paso -- Copiapó	Intermedia Mal Paso -- Copiapó	R4a – 14. Mal Paso -- Palermo	6
			R4a – 15. Palermo – La Florida	7
			R4a – 16. La Florida -- Copiapó	8,9
	-----	Lateral Quebrada Paipote	-----	-----
5	5.a Copiapó – Piedra Colgada	Intermedia Copiapó Piedra Colgada	R5a – 17. Copiapó -- Chamonate	-----
			R5a – 18.Chamonate – Piedra Colgada	-----
6	6a. Piedra Colgada – Valle Fértil	Intermedia Piedra Colgada – Valle Fértil	R6a. – 19. Piedra Colgada Valle Fértil	-----
			6b. Valle Fértil -- Angostura	Intermedia Valle Fértil -- Angostura

FUENTE: SIT 211 2010 DGA. ANÁLISIS INTEGRADO DE GESTIÓN EN CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ INFORME FINAL – TOMO I. Pág. 51 Tabla 2-11

Los sectores de riego del valle de Copiapó se generaron inicialmente por la distribución de las aguas superficiales y luego por las determinaciones de los estudios hidrogeológicos, entre otros, los realizados por la DGA a partir de 1985. Estos estudios determinaron las características y dimensiones de los acuíferos del valle reconociendo la separación entre ellos con hechos relevantes como son los lugares en que su profundidad disminuye facilitando los afloramientos, por ejemplo en La Puerta.

**FIGURA II.3.4-1 SECTORES DEL ACUÍFERO DEL VALLE DEL RÍO COPIAPÓ**



FUENTE: INFORME FINAL – TOMO 4. PÁG. 18. FIGURA 3.3 . SIT 211 DGA. ENERO 2012

Con el tiempo estos sectores se han consolidado principalmente por la gestión del reparto de las aguas superficiales y luego por el ordenamiento de las extracciones subterráneas.

La Comunidad de Aguas subterráneas recientemente formada justamente tiene un ámbito de acción en los sectores 5 y 6 y se ha iniciado la convocatoria para formar una comunidad de aguas que abarque también los sectores más arriba del sector 5.

Los sectores hidrogeológicos 5 y 6 muestran diferencia en el tipo de plantaciones (preferentemente olivos y granados) que requieren menor cantidad de agua que las vides y suelos menos exigentes. Se observa además en estos sectores 5 y 6 un dinamismo productivo diferente a los sectores de más arriba por las importantes inversiones realizadas recientemente en los rubros indicados.

El ordenamiento de la gestión del agua, el ordenamiento de la adjudicación de derechos, el desarrollo de las plantaciones, la investigación de los parámetros hidrogeológicos, se ha ordenado durante muchos años por los sectores hidrogeológicos del 1 al 6.

El estudio de la recarga de los acuíferos en consecuencia debe desarrollarse en función de los acuíferos ya identificados, sobre la base de la información hidrogeológica que existe para cada uno de ellos, considerando la gestión del agua subterránea y la posibilidad de medir los volúmenes recargados y los volúmenes extraídos para la respectiva demanda para el riego, ya que allí hay antecedentes diferenciados de ellos y se puede pensar en la identificación de los usuarios para cada escenario de recarga. Esto permitiría la asociación de los usuarios en torno a la explotación del acuífero común y gestionar las recargas que pudieran realizarse.

Esta Consultoría valida y adopta como propios tanto los acuíferos como sus sectores analíticos para el estudio de la ejecución de la recarga y para la gestión de los recursos recargados, ya que la infiltración y la explotación de los recursos se hará considerando estos sectores.

## **CAPITULO III**

### **ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE RECARGA Y ALMACENAMIENTO**

#### **CONTENIDO**

**III.1 ÁREAS Y MÉTODOS DE INFILTRACIÓN**

**III.2 MODELACION DE LAS ALTERNATIVAS**

**III.3 ANALISIS AMBIENTAL**

**III.4 ANALISIS DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS**

**III.5 ELECCIÓN DE LOS LUGARES DE INFILTRACIÓN**

### **III.1 AREAS Y METODOS DE INFILTRACIÓN**

#### **III.1.1 CONDICIONES PARA SELECCIÓN DE ÁREAS DE INFILTRACIÓN**

- III.1.1.1 Profundidades del Nivel Estático**
- III.1.1.2 Recarga Natural**
- III.1.1.3 Valores de Permeabilidad – Conductividad Hidráulica**
- III.1.1.4 Disponibilidad De Superficie**
- III.1.1.5 Área Beneficiada**
- III.1.1.6 Dispositivo de Infiltración**

#### **III.1.2 SELECCIÓN DE ÁREA DE INFILTRACIÓN**

- III.1.2.1 Base Topográfica**
- III.1.2.2 Criterios de Selección De Sitios**
- III.1.2.3 Criterios de Diseño**
- III.1.2.4 Prediseño de Laguna De Infiltración**
- III.1.2.5 Esquemas de Lagunas De Infiltración En Sector Tipo**
- III.1.2.6 Prediseño Pozos De Infiltración**
- III.1.2.7 Esquema de Los Pozos De Infiltración**
- III.1.2.8 Esquema de Lagunas de Infiltración Laterales al Cauce**

#### **III.1.3 SELECCIÓN DE METODO DE INFILTRACION**

- III.1.3.1 Antecedentes Históricos De Infiltración**
- III.1.3.2 Selección De Métodos De Infiltración**

### III.1 AREAS Y METODOS DE INFILTRACIÓN

El capítulo III del Estudio denominado **“Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su Utilización en Riego en la Cuenca del Río Copiapó”** corresponde a: Análisis de Alternativas de Recarga y Almacenamiento de Aguas Subterráneas.

El objetivo del capítulo tres es el de proponer a la CNR diferentes alternativas de proyecto en base a tres aspectos que son:

- El Costo de las Alternativas
- Los Aspectos Medioambientales
- Los Resultados del Modelo de Simulación

El análisis de la recarga natural se obtuvo del análisis de los hidrogramas de piezómetros desde 1961 a 2010, con especial énfasis en la década 1980-1990, que es el lapso en que se ha producido la mayor recarga histórica del acuífero, como resultado de las fuertes lluvias del periodo y la consecuente escorrentía en el río, como también las mayores descargas históricas de agua al mar.

La disponibilidad de superficie se estudió mediante recorrido del río Copiapó y con el análisis de planos a escala 1:25.000 del IGM, así como de las imágenes satelitales de Google Earth de 2008. Esto sirvió para un pre análisis de posibles superficies disponibles con el objeto de introducirlas como dato de entrada del modelo. No obstante el modelo en su operación determinó los lugares más idóneos así como sus superficies. Con posterioridad y de acuerdo con los resultados, en el capítulo 5, se hará una definición topográfica de las superficies proyectándose en ellas las obras de infiltración propuestas y aceptadas por la CNR.

En cuanto a los dispositivos de infiltración se hizo un análisis preliminar de las diferentes formas de infiltrar a saber: lagunas, pozos, y pared moldeada. De estas, se hicieron esquemas típicos para calcular los costos aproximados de la recarga por unidad de volumen en m<sup>3</sup>.

La selección preliminar del área de infiltración tal y como se expresó anteriormente se realizó sobre una base topográfica preliminar y unos criterios hidrogeológicos de selección de sitios que pretendía conocer la capacidad de recepción de diferentes volúmenes de agua en cada sector de acuífero. Los sitios para infiltrar y sus superficies así como el número de lagunas se definieron preliminarmente y luego se precisaron teniendo en cuenta los resultados del modelo. El prediseño de las obras de infiltración muestra el tipo de obras a realizar, en forma esquemática y sobre dicha base establecer los costos aproximados de estas obras, con el objeto de comparar los métodos de lagunas y de pozos.

En esta fase no se hizo un diseño más acabado porque aún no se conocía la respuesta del acuífero frente al ingreso del agua recargada, ni tampoco la superficie final de infiltración y su ubicación más exacta, lo cual viene dado por el resultado de la simulación y por la campaña topográfica de terreno.

En consecuencia el alcance de los prediseños permite disponer de una idea para una comparación preliminar de costos. Los diseños a nivel de prefactibilidad, corresponden a una etapa posterior de este estudio.

El análisis de infiltración y recuperaciones que se entrega, corresponde a las infiltraciones a recarga natural observada y modelada en el año 1987 y han servido para conocer la respuesta del acuífero en sus diferentes sectores cuando se ha producido una época de abundancia de lluvia y caudales. Todo esto se hace con anterioridad al empleo del Modelo SERNAGEOMIN, y ha sido útil como referencia para la selección de sitios así como para conocer la capacidad de recarga del acuífero.

### **III.1.1.- CONDICIONES PARA SELECCIÓN DE ÁREAS DE INFILTRACIÓN**

Hay 4 elementos principales en el análisis del acuífero que inciden en la factibilidad de realizar recarga artificial y que son:

- Que exista un espacio no saturado bajo el nivel estático máximo histórico.
- Que se disponga o pueda disponer de superficie para el emplazamiento de las obras.
- Que exista disponibilidad del recurso de agua superficial para infiltrar.
- Que exista la posibilidad de identificar a los beneficiarios.

Se considera a continuación las principales características relativas a la factibilidad de la infiltración.

#### **III.1.1.1- Profundidades del Nivel Estático**

Hay sectores acuíferos en que se han producido descensos de niveles según datos de SERNAGEOMIN:

- Sector 1 entre 15 y 50 metros en Iglesia Colorada y Manflas respectivamente con datos de 2010 y 2009 respectivamente.
- Sector 2 entre 10 y 20 metros en pozos en Fundo San Antonio y Goyo Díaz respectivamente hasta 2009 y 2010 respectivamente.
- Sector 3 entre 30 y 35 metros entre Quebrada Cerrillos y Nantoco, con datos hasta 2006 y 2010.
- Sector 4 entre 20 y 80 metros según datos no oficiales hasta 2012. Se espera precisar esta cifra con los antecedentes de los pozos de la empresa Aguas Chañar, solicitados a la SISS.
- Sector 5 hasta 30 metros según datos SERNAGEOMIN hasta 2009, en Valle Dorado.
- Sector 6 hasta 5 metros en sector Hacienda Margarita.

### III.1.1.2.- Recarga Natural

De acuerdo con los hidrogramas de SERNAGEOMIN, los sectores 1 y 2 reciben recarga periódicamente, que cada 4 ó 5 años, rellenan sus acuíferos. Por tal razón, se prevé que frente a un año de elevada escorrentía en el río Copiapó, la recarga natural, será suficiente para producir el llenado del acuífero, sin necesidad de recurrir a un proceso de recarga artificial.

La realización de recarga artificial en estos sectores, puede producir un nivel excesivo entre La Junta y La Puerta, haciendo peligrar los cultivos de algunos sectores.

En cuanto al sector 3 se prevé una situación similar a la de los sectores 1 y 2 de acuerdo con el análisis del llenado histórico del acuífero para las crecidas de los años 1983 a 1988, en que los niveles estáticos subieron por encima de su máximo histórico considerando el registro de 1960-1988.

Dado que el modelo usa los datos hidrológicos del período 1983-1988 se puede concluir que se llenará igualmente dada la elevada permeabilidad de los materiales del lecho del río.

### III.1.1.3.- Valores de Permeabilidad - Conductividad Hidráulica

De acuerdo con el estudio de SERNAGEOMIN la conductividad hidráulica en los diferentes sectores es la siguiente:

**TABLA III.1-1 VALORES DE PERMEABILIDAD**

Sector	K máx. m/día	K	
		mín. m/día	media m/día
3	300	15	68
4	63	14	31
5	467	5	175
6	119	2	26



#### **III.1.1.4.- Disponibilidad de Superficie**

De acuerdo con el reconocimiento de terreno, y en el criterio de emplear el área de inundación del río, se han preelegido las áreas indicadas en el informe, ubicadas en los sectores 4 y 5.

En el sector 3, en que el cauce del río es estrecho, se ha considerando la posibilidad de usar el actual lecho del río, con una adecuación periódica de su cauce, limpieza y eliminación de la costra superficial de arcilla y limo, para aumentar la recarga natural, sin otra intervención mayor en el río.

#### **III.1.1.5.- Área Beneficiada**

Durante una crecida del río Copiapó, los sectores 1 y 2 se ven naturalmente beneficiados, tal y como se explicó anteriormente. El sector 3 se beneficia en la medida que se aumenta la recarga natural, mediante un perfilaje lateral y de fondo del río. Este sector también se beneficia de las infiltraciones en los sectores 1 y 2, al aumentar el caudal de salida por las vertientes aguas arriba de La Puerta. Sin embargo estos beneficios no pueden atribuirse al proyecto de recarga artificial.

El sector 4, se beneficiará entre Mal Paso, aguas abajo del canal y Copiapó en ciudad de Copiapó.

El sector 5 se beneficiará de la recarga artificial, y su medición se hará mediante el diferencial de dos estaciones fluviométricas a saber, Copiapó en Ciudad de Copiapó y Copiapó en Piedra Colgada, donde habrá que colocar una estación de aforo.

El sector 6 se beneficiará de la infiltración de acuerdo con el caudal diferencial entre las estaciones de aforo de Piedra Colgada y Angostura.

Por otra parte en la medida que se recuperan los niveles estáticos de los diferentes sectores, aumentará el caudal subterráneo pasante entre ellos.

El beneficio consiste en que los usuarios de agua subterránea, podrán obtener mayores caudales que los actuales, más cercanos al caudal de sus derechos y en que el costo de bombeo será menor al disminuir la altura de bombeo, por la nueva posición del nivel dinámico.

#### **III.1.1.6.- Dispositivo de Infiltración**

Para el objetivo de la modelación se procesaran alternativas de obras sobre la base de lagunas. Se seleccionarán aquellas alternativas que sean mejores desde el punto de vista hidrogeológico, de costo de las obras, y del análisis ambiental.

### **III.1.2.- SELECCIÓN DE ÁREA DE INFILTRACIÓN**

#### **III.1.2.1.- Base Topográfica**

Para este pre dimensionamiento se han utilizado los siguientes antecedentes:

- a.- Base cartográfica 1:25.000 de IGM, con curvas cada 25 metros. Ello se ha considerado suficiente para el diseño preliminar, teniendo en cuenta la pendiente natural del río en los sectores estudiados varían entre 0,005 y 0,010.
- b.- Fotografías satelitales de Google 2012 para visualizar la situación actualizada en el entorno de los lugares elegidos respecto del avance de las construcciones, plantaciones, vialidad y otras interferencias
- c.- Recorrido del terreno de cada una de las ubicaciones seleccionadas para verificar las situaciones observadas en los planos y fotografías.

En este informe se presentan los lugares seleccionados en la cartografía IGM, en las fotos satelitales y se incluyen en los anexos fotografías de los lugares inspeccionados.

#### **III.1.2.2.- Criterios de Selección de Sitios**

Las variables hidrogeológicas que se han considerado corresponden a las siguientes:

- Valores de permeabilidad del lecho del río.
- Situación actual de la napa.
- Situación del valor máximo histórico del nivel de la napa.
- Sectores más deprimidos.

Se han seleccionado 2 áreas en cada uno de los sectores hidrogeológicos 3, 4 y 5 denominados 3.1; 3.2; 4.1; 4.2; 5,1 y 5.2 En un principio en el reconocimiento de terreno se preseleccionaron dos áreas en el sector 3.

Análisis posterior del cauce y de las ocupaciones del territorio vecino al cauce aconsejaron no hacer lagunas de infiltración en el sector 3.

Ello indica por una parte que hay una demanda de infiltración y por otra parte que existe un volumen de acuífero que es rellenable. Las crecidas históricas de los años 1980 a 1989, una vez analizados los hidrogramas de variación de niveles, dan cuenta de una recuperación de niveles en esos años. La situación actual es tal que el déficit o sobre extracción del sector 3 es superior a la que existía en el año 1980.

### III.1.2.3 Criterios de Diseño

Se ha escogido en forma preliminar preferentemente la infiltración en lagunas y alternativamente los pozos de infiltración.

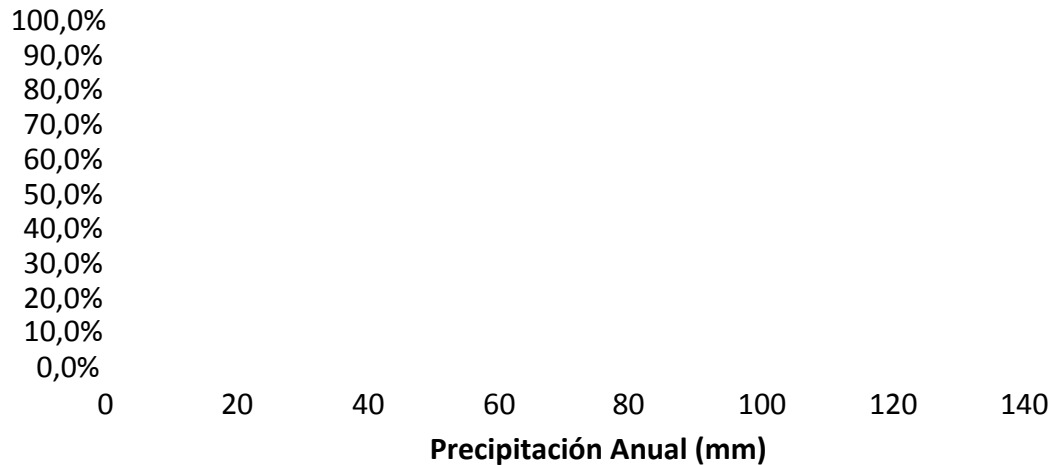
El caudal a infiltrar se ha supuesto equivalente a las descargas al mar registradas en la estación de Angostura para el período 1980-1990. Este valor se ha introducido al modelo de simulación con el propósito de comprobar si el acuífero es capaz de recibir el volumen total.

Se ha seleccionado este criterio, habida cuenta de la escasez de agua del valle de Copiapó y a la necesidad de aprovechar el total del volumen disponible de infiltrar.

La frecuencia con que se producen caudales a infiltrar se ha estimado sobre la base de analizar las escorrentías en la estación de aforo de Mal Paso, constatándose que cuando en dicho punto escurren más de  $2\text{m}^3/\text{s}$  se producen caudales para infiltrar.

Para determinar la frecuencia se ha hecho una correlación entre la precipitación en Copiapó y la estación de aforos de Mal Paso, constatándose que el caudal sobre  $2\text{m}^3/\text{s}$  tiene lugar cuando la precipitación anual en Copiapó es mayor de 40 mm/año. Ello sucede una vez cada 5 años, por lo tanto ese es el tiempo de recurrencia en que se dispondrá de caudales para infiltrar, aunque existe una gran variedad de caudales con una suficiente capacidad de infiltración, debido a la aleatoriedad con que se producen los caudales. En el Gráfico siguiente se establece la recurrencia de 5 años (20% de probabilidad) para 40 mm de precipitación anual.

**Gráfico III.1-1 Probabilidad de Ocurrencia Pp Anual Copiapó**



- Los pozos de infiltración se emplean en aquellos lugares, en los que no se dispone de superficie libre sobre el acuífero, en este caso se han identificado diferentes sectores con superficies suficientes para infiltrar los caudales máximos de las crecidas.
- La pared moldeada, aparte de su elevado costo y dificultades de construcción, no elimina la construcción de lagunas para efectuar la infiltración artificial.

La pared produce una discontinuidad, en el flujo subterráneo pasante entre sectores, alterando el régimen natural de llenado de los acuíferos en forma secuencial. Este sistema se emplea mayormente cuando el acuífero principal dispone de una sola salida natural, o bien cuando se debe recurrir a un acuífero lateral por no existir capacidad de almacenamiento en el acuífero principal. En el caso del acuífero de Copiapó, se dispone de al menos 6 angosturas que sirven de reguladores naturales y además cada sector posee una elevada capacidad de almacenamiento. Además, por el sólo hecho de requerir la laguna su alto costo no puede competir con ella.

Se ha seleccionado el método de lagunas de infiltración, empleando el cauce del río y su área de inundación.

La razón de este criterio ha sido la de simplificar las obras de recarga artificial. Se ha tenido en cuenta que el río Copiapó, dispone de una buena capacidad de recarga natural, por lo que al usar su lecho actual mejorado se tendrán adecuadas tasas de infiltración, que surgen de las tasas históricas de recarga natural.

El empleo del cauce del río en vez de lagunas laterales evita disponer de una bocatoma transversal a lo largo del río para desviar el caudal hacia las lagunas laterales, y posibilita una regulación automática del caudal infiltrante en relación con el caudal pasante. Sin embargo el costo de las lagunas laterales respecto de las lagunas en el cauce resulta mucho más alto y se puede ver en el **III.1.2.8 Esquema de Lagunas de Infiltración Laterales al Cauce.**

El ancho preliminar de las lagunas en el cauce será de 200m en el sentido transversal del río, las que incluirán el cauce del río propiamente tal.

El largo de las lagunas en el sentido de escurrimiento del río se ha calculado de acuerdo con la pendiente del lecho, con módulo de 2,5m de diferencia de nivel entre ambos extremos. El ancho de 200 metros se ha estimado en forma preliminar, previa a los resultados del modelo hidrogeológico que permita precisar tanto la superficie de cada laguna por sector como el largo del cauce en que es necesario hacer las lagunas.

Por otra parte, dada las características del río Copiapó y la realidad de ocupación de sus riberas, se ha considerado que este ancho de 200 metros, elimina en gran parte la necesidad de expropiaciones. En cuanto al largo de las lagunas se ha tenido en cuenta los valores de la pendiente del lecho del río, variable entre 0,5 por mil y 1,0 por mil.

El desnivel de 2,5 metros equivale a la suma de tres variables que son la altura máxima de agua en la laguna fijada en 1,5 metros de acuerdo con la experiencia internacional para disminuir o evitar el riesgo de compactación del lecho por el peso del agua; 0,5 metros correspondientes a la altura de agua sobre el vertedero en el eje del río y 0,5 metros de revancha.

En todo caso las dimensiones finales de las lagunas, serán el resultado de los caudales y volúmenes a infiltrar en cada grupo de lagunas en cada sector, de acuerdo con los resultados del modelo hidrogeológico. Este modelo indicará la capacidad de cada sector acuífero, de admitir un caudal determinado de infiltración, en relación con la dinámica del escurrimiento en el interior del acuífero.

El número de lagunas queda determinado por el largo total del sector seleccionado y el largo de cada laguna. Del mismo modo el levantamiento topográfico de las áreas de infiltración que se haga una vez definidas éstas por el modelo hidrogeológico, permitirá el encaje definitivo.

La comunicación entre lagunas se hará sobre un vertedero con eje en el centro del cauce actual, con ancho de 20 a 100 metros y altura de agua de 0,5m para evacuar entre  $50\text{m}^3/\text{s}$  y  $10\text{m}^3/\text{s}$ , dependiendo del lugar en que se encuentren desde aguas arriba hacia aguas abajo. Se ha tenido en cuenta que el caudal máximo histórico registrado en la estación de La Puerta es de  $50\text{m}^3/\text{s}$ .

El ancho del vertedero frontal, debe ser tal que con una altura de agua de 0,5 metros sobre la cresta sea capaz de evacuar entre  $50\text{m}^3/\text{s}$  y  $10\text{m}^3/\text{s}$  se considera que el caudal máximo a evacuar corresponde al máximo histórico de las crecidas medidas en la estación La Puerta, y eso se producirá en el sector 3. En la medida que el caudal se vaya infiltrando en las lagunas sucesivas al caudal a evacuar será la diferencia entre los  $50\text{m}^3/\text{s}$  de entrada y el caudal infiltrado en la laguna. Por ello se estima que irá disminuyendo hacia aguas abajo, llegando a cero en algún sector. Por razones de seguridad se ha supuesto un caudal de evacuación de  $10\text{m}^3/\text{s}$  en el último vertedero de aguas abajo.

La altura de agua de 0,5 metros junto a una velocidad crítica de 1m/s en la cresta del vertedero implica un caudal de  $0,5\text{m}^3/\text{s}$  por cada metro de largo del vertedero, con esta referencia o modulo se diseñaran los largos de cada vertedero.

La estructura del vertedero será de hormigón armado.

La altura de la lámina de agua en cada laguna se ha fijado en 1,5m máximo, para evitar problemas de colmatación del lecho por la carga de agua.

Las lagunas serán una excavación en tierra, de 2,5m de profundidad, a lo largo del cauce del río en un ancho de 200m. La longitud de cada laguna será de 200, 250, 300, 375, 400 y 500m según la pendiente del río. Se ha considerado, una excavación de 2,5m del lecho del río y su área de inundación, con el objeto de remover la primera capa de material vegetal y elementos finos de baja permeabilidad y poner a la laguna en contacto con los materiales de grava y arena. Este es un valor medio obtenido de los perfiles litológicos de pozos que se encuentran en las vecindades del río. En el proyecto definitivo, esto se determinará en forma precisa por medio de calicatas.

Los muros divisorios entre cada laguna serán de 2,5m de altura ocupando el terreno natural existente. En los muros no se hará excavación. Se consideran taludes de 1:2 en el paramento de aguas arriba y de 1:1 en el de aguas abajo.

La revancha que permite esta profundidad o altura de muros es de 0,5 metros, considerando una altura de agua en la laguna de 1,5 metros y una altura de agua de sobre el vertedero de 0,5 metros. De acuerdo con la pendiente del lecho, se producirá una altura de agua sobre éste de 2 metros en el sector aguas arriba del vertedero, disminuyendo hasta el vertedero de la laguna superior.

El vertedero de hormigón irá inserto en el muro divisorio entre lagunas, en la posición que corresponde al cauce natural del río. Esto evita la construcción de canales de alimentación hacia las lagunas y canales de desagüe desde las lagunas.

También se han estudiado baterías de pozos de infiltración. La razón de analizar la infiltración en pozos es con el objeto de disponer de una alternativa a la infiltración en lagunas y poder comparar las ventajas e inconvenientes entre ambos métodos.

En particular se ha visto que la infiltración en pozos requiere de la construcción de batería de pozos para tal efecto, que deban quedar habilitados todo el tiempo, haya o no haya crecidas, con un sistema de equipo mecánico de bombeo y equipo eléctrico de transformador, malla de tierra, tablero y caseta de protección, que requieren de una vigilancia permanente y mantención periódica.

A ello se suma la necesidad de hacer una laguna en el cauce del río, de al menos 1 ha, con un vertedero frontal, con el objeto de disponer de carga suficiente de agua para que esta ingrese por gravedad. Además los pozos deben ir en una zanja que en su fondo disponga de un filtro de grava para recibir los elementos finos, con un sistema de limpieza del filtro hacia aguas abajo. La altura de agua en la zanja debe ser igual a la de la laguna por vasos comunicantes y la boca de los pozos debe estar a una cota más baja que la laguna para permitir la entrada de agua. En la época de crecidas los pozos deben operar temporalmente en bombeo para remover los elementos finos de sus paredes y restituir la permeabilidad del acuífero en el sector de las cribas, esta agua va a un colector que posteriormente cae al río. La frecuencia de operación de las bombas es variable de acuerdo con el contenido de sólidos en suspensión de las aguas de las crecidas.

El encaje topográfico del prediseño final, previsto en la etapa 5 de este estudio se efectuará sobre levantamientos topográficos de escala 1:5.000 de las áreas que en definitiva se elijan por la C.N.R para realizar el anteproyecto.

En la tabla adjunta III.1-2 se detalla un resumen de los sectores de infiltración en las seis áreas de los 3 sectores escogidos. Los sectores fueron elegidos de acuerdo con los criterios antes señalados y que se muestran en las figuras III.1.6 a III.1.17 tanto sobre planos 1:25.000 del I.G.M como en base a fotografías aéreas provenientes de fotos satelitales.

Los sectores elegidos corresponden a áreas del cauce y aledañas a éste, en que se han establecido la existencia de un área despejada, vecina al río, con nivel del agua subterránea deprimida.

En estos sectores se han considerado datos de entrada para el modelo hidrogeológico, con el fin de que éste precise los posibles volúmenes a infiltrar, de acuerdo con la serie de caudales del río. En consecuencia los caudales de infiltración de la última columna del cuadro equivalen al caudal posible a infiltrar de acuerdo con la tasa de infiltración adoptada de 1m/día para la superficie comprendida en las lagunas, esto será precisado en el modelo hidrogeológico. Del mismo modo la longitud y ancho de las lagunas será precisado en el mismo modelo.

El valor total de 39,84m<sup>3</sup>/s posibles de infiltrar es la consecuencia de la elección de sitios y áreas, y se considera razonable frente a un caudal máximo en La Puerta de 50m<sup>3</sup>/s en que parte de éste se infiltrará en forma natural en el río.

**TABLA III.1-2 SECTORES DE INFILTRACIÓN (preliminares)**

Nº	Nombre	Entre cotas m.s.n. m (1)	i (2)	Long. Área recarga m (3)	Ancho lecho río m (4)	Superficie Lagunas Has (5)	lagunas Nº(6)	Has (7)	Q (m <sup>3</sup> /s) Máx.Infil. Posible (8)
Alianza									
3-1	Cerrillos	600-575	0,0083	2.100	250	200 x 300	7	42	5,04
3-2	Nantoco	550-525	0,01	2.500	250	200 x 250	10	50	6,00
4-1	Tierra Amarilla	475-450	0,0025	2.000	250	200 x 200	10	40	4,80
4-2	Punta Negra	425-400	0,007	1.500	250	200 x 375	8	60	7,20
5-1	Cerro Pichincha	325-300	0,0063	2.000	250	200 x 400	5	40	4,80
5-2	Toledo	300-275	0,005	5.000	250	200 x 500	10	100	12,00
<b>Total</b>								<b>332</b>	<b>39,84</b>

Explicación de cada columna

- (1) Entre cotas sectores del río en que se calculó la pendiente i
- (2) Pendiente del lecho entre cotas
- (3) Longitud del área
- (4) Ancho lecho del río es ancho de cauce más área de inundación en el sector.
- (5) Superficie Laguna: dimensiones de cada laguna
  - ancho 200m transversal al río por las longitudes de cada laguna
  - largo variable según pendiente
- (6) Número de lagunas, según longitud del área de recarga.
- (7) ha totales de lagunas
- (8) Q = caudal previsible de infiltración a razón de 120 l/s/Há con velocidad de infiltración de 1m/día.



El valor del caudal en  $m^3/s$  de infiltración, corresponde al caudal máximo que aceptaría cada sector en los diferentes sectores. Esto se ha colocado como un valor de referencia para la modelación.

#### **III.1.2.4 Prediseño de Lagunas de Infiltración**

El prediseño de las lagunas de infiltración, es de carácter esquemático, con el fin de ilustrar su forma, dimensiones y operación y para disponer de los datos necesarios para el cálculo primario de su costo, con el objeto de conocer el orden de magnitud de la inversión. Se adjuntan cortes esquemáticos correspondientes a las figura III. I-7 a III. I-10. En cada corte figuran las dimensiones de acuerdo con los criterios de diseño anteriormente establecidos. Las dimensiones de largo se han obtenido del plano topográfico escala 1:25.000 en que se calculado la pendiente del lecho del río y con ella se ha calculado la longitud sobre la base de disponer de una altura media de agua en la laguna del orden de 1,5m. El ancho de cada laguna se ha estimado en 200m sobre la base del mismo plano topográfico; con ello se ha calculado la superficie de cada laguna y del total de éste en cada sector. A esta superficie se ha aplicado una tasa de infiltración de 1m/día y con ello se obtiene el caudal infiltrable.

Todas estas cifras y dimensiones variarán en el diseño final, pero dentro del mismo esquema. Estas dimensiones se han introducido al modelo de simulación para verificar la real capacidad del acuífero. En consecuencia éstas han servido solo para introducir los datos de entrada al modelo.

A continuación se hace un diseño preliminar en cada sector y al final se adjunta planos a escala 1:25.000 del IGM para ilustrar los lugares donde se haría la recarga artificial dentro del valle. (Figuras III.1-1 a III.1-6)

Asimismo en las figuras III. I-7 a III. I-10 se presenta un esquema del conjunto de lagunas de un sector.

**SECTOR 3.1 ALIANZA - CERRILLOS**

- Entre cotas 600 y 575 m.s.n.m  $\Delta = 25\text{m}$
- Longitud del río 3 Km
- $i = 25/3000 = 0,0083$
- Longitud área de recarga 2,1 Km
- Ancho del río 250m (con área inundación)
- Desnivel área de recarga  $600 - 588 = 12\text{m}$
- Lagunas de 2,5m de alto máx. = 7 lagunas de 300m de largo por 200m de ancho
- Superficie = 6 há c/u Total = 42 há
- Q Infiltración =  $6 \times 120 \text{ l/s} = 720 \text{ l/s c/u}$
- Q Total Infiltración =  $7 \times 720 \text{ l/s} = 5.040 \text{ l/s Total}$
- Q máx. del río =  $50\text{m}^3/\text{s}$

**SECTOR 3.2 NANTOCO**

- Entre cotas 550 y 525 m.s.n.m.
- Longitud del río 2.500m
- $i = 25/2500 = 0,01$
- Longitud área de recarga 2.500m
- Ancho del río 250
- Densidad área de recarga 25m
- Laguna de 2,5m de alto = 10 lagunas
- Superficie laguna  $200 \times 250 = 5 \text{ ha}$
- Total superficie laguna = 50 ha
- Q Infiltración Total =  $6\text{m}^3/\text{s}$

**SECTOR 4.1 TIERRA AMARILLA**

- Entre las cotas 475 m.s.n.m – 450 m.s.n.m
- Longitud del río = 2.000m
- Pendiente del lecho  $i = 25/2000 = 0,0125$
- Longitud área de recarga = 2.000m
- Ancho del río = 250m
- Densidad área de recarga = 25m
- Lagunas de 2,5m de alto = 10 lagunas
- Superficie de lagunas  $200 \times 200 = 4 \text{ Hás c/u}$
- Superficie Total = 40 Hás
- Q Infiltración Total =  $4.800 \text{ l/s}$

**SECTOR 4.2 PUNTA NEGRA**

- Entre las cotas 425 y 400 m.s.n.m.
- Longitud del río = 3.500m
- Pendiente del lecho  $i = 25/3500 = 0,007$
- Longitud área de recarga = 1.500m
- Ancho del río = 250m
- Desnivel área de recarga =  $425 - 405 = 20\text{m}$
- Lagunas de 2,5m de alto = 8 lagunas
- Superficie de lagunas =  $375 \times 200 = 7,5 \text{ Hás c/u}$
- Superficie Total = 60 Hás
- Q Infiltración Total = 7.200 l/s

**SECTOR 5.1 CERRO PICHINCHA**

- Entre las cotas 325 – 300 m.s.n.m.
- Longitud del río = 4.000m
- Pendiente del lecho  $i = 25/4000 = 0,00625$
- Longitud área de recarga = 2.000m
- Ancho del río = 250m
- Desnivel área de recarga = 12,5m
- Lagunas de 2,5m de alto = 5 lagunas
- Superficie de lagunas =  $200 \times 400 = 8 \text{ Hás c/u}$
- Superficie Total = 40 Hás
- Q Infiltración Total = 4.800 l/s

**SECTOR 5.2 TOLEDO**

- Entre las cotas 300 – 275 m.s.n.m
- Longitud del río = 5.000m
- Pendiente del lecho  $i = 25 = 0,005$
- Longitud área de recarga = 5.000m
- Ancho del río = 250m
- Desnivel área de recarga = 25m
- Lagunas de 2,5m de alto = 10 lagunas
- Superficie de lagunas =  $200 \times 500 = 10 \text{ Hás c/u}$
- Superficie Total = 100 Hás
- Q Infiltración Total = 12.000 l/s

En la Tabla III.1.3 se indica el costo de las obras en cada una de las áreas seleccionadas para el análisis preliminar. Los conceptos de costos utilizados son:

Instalación de faenas. El costo total se ha distribuido uniformemente entre los sectores.

Costo de excavación: Ha sido calculado para cumplir con la excavación de 2,5 m uniforme a lo largo de la zona de infiltración y mantener el nivel de carga de 1,5 m del espejo de agua.

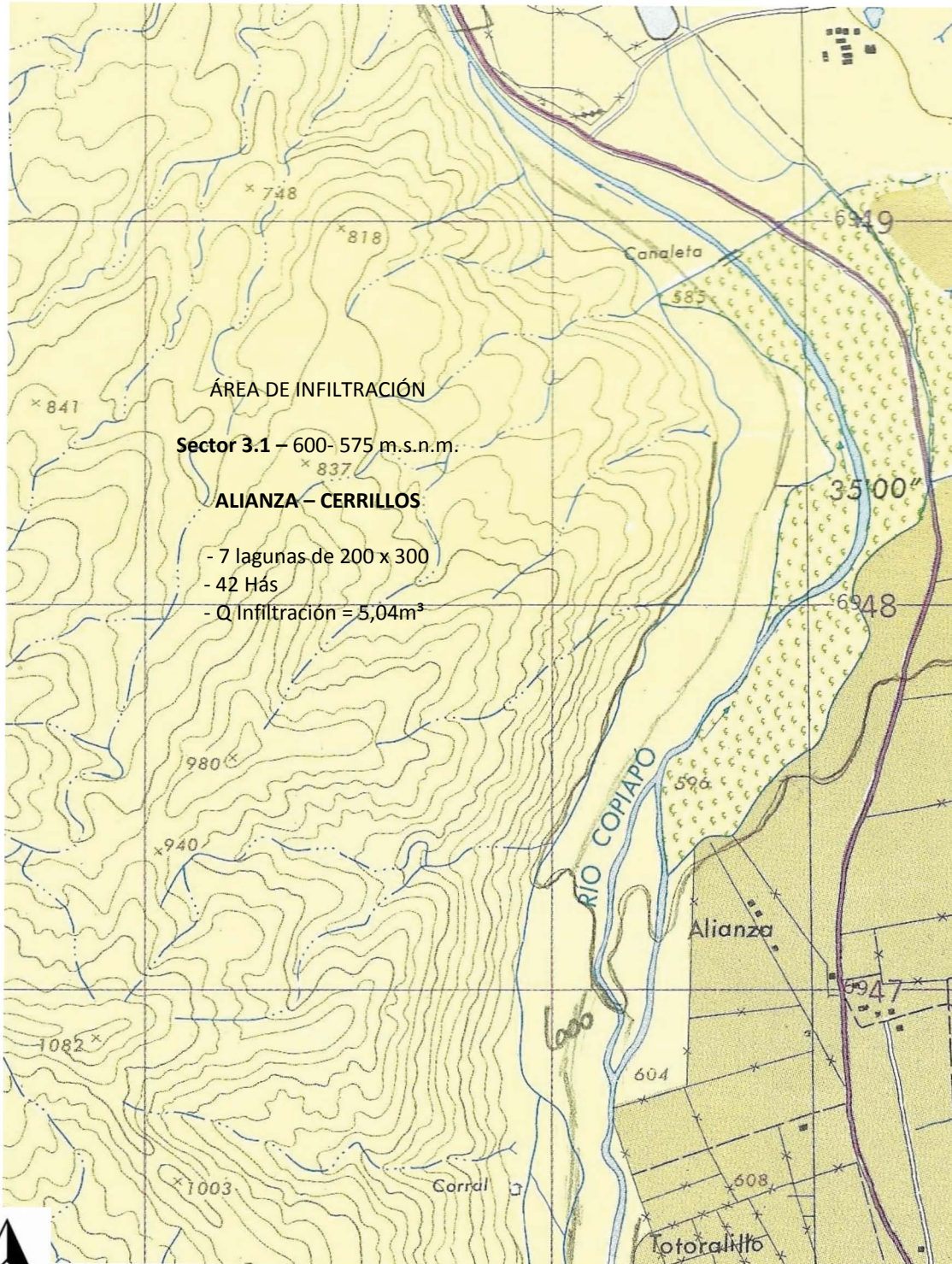
Costo de los vertederos. Verederos de hormigón con refuerzos de acero en sus paredes.

**Tabla III. 1-3**

Nº	Nombre Sector	Há	Capacidad de embalse Mm <sup>3</sup>	Instalac. Faenas M \$	Costo Excavación M \$	Costo Vertedero M \$	Costo Total M \$	Costo/ Há M\$	Costo / Mm <sup>3</sup> M\$
3-1	Alianza Cerrillos	32	159,000	141,667	2,503,822	976,435	3,621,923	113,185	22.78
3-2	Nantoco	50	189,000	141,667	4,246,875	1,403,625	5,792,167	115,843	30.65
4-1	Tierra Amarilla	40	151,000	141,667	2,491,500	1,403,625	4,036,792	100,920	26.73
4-2	Punta Negra	30	227,000	141,667	2,590,594	561,450	3,293,710	109,790	14.51
5-1	Cerro Pichincha	40	151,000	141,667	3,397,500	701,813	4,240,979	106,024	28.09
5-2	Toledo	100	378,000	141,667	8,493,750	1,403,625	10,039,042	100,390	26.56
		292	1,255,000	850,000	23,724,040	6,450,572	31,024,613	106,249	24.72

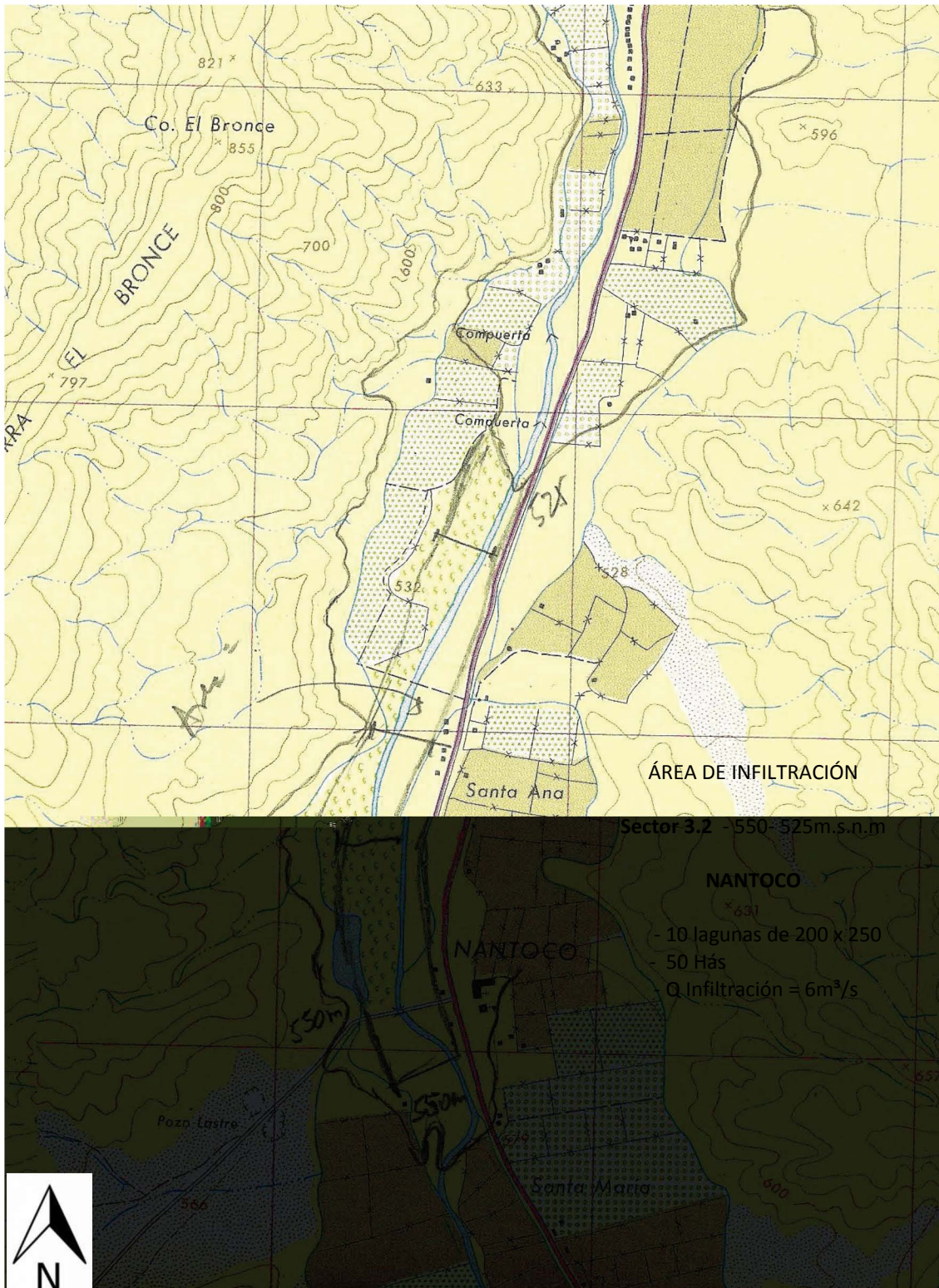
*La capacidad de embalse corresponde al caudal infiltrable durante un año*

**FIGURA III.1-1 AREA DE INFILTRACION ALIANZA – CERRILLOS**



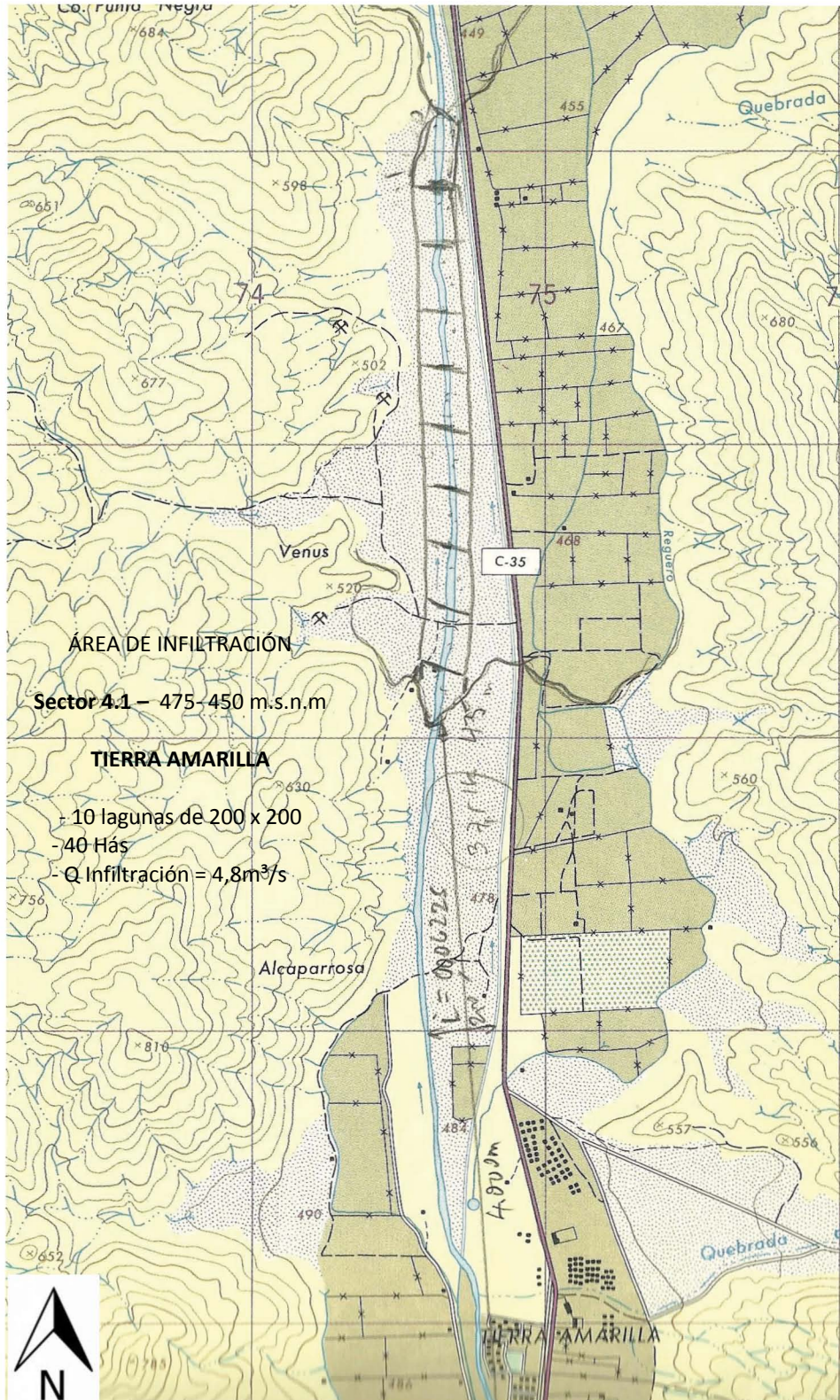
Fuente: Elaboración propia en base a cartografía IGM, Esc.1:25.000

**FIGURA III.1-2 AREA DE INFILTRACION NANTOCO**



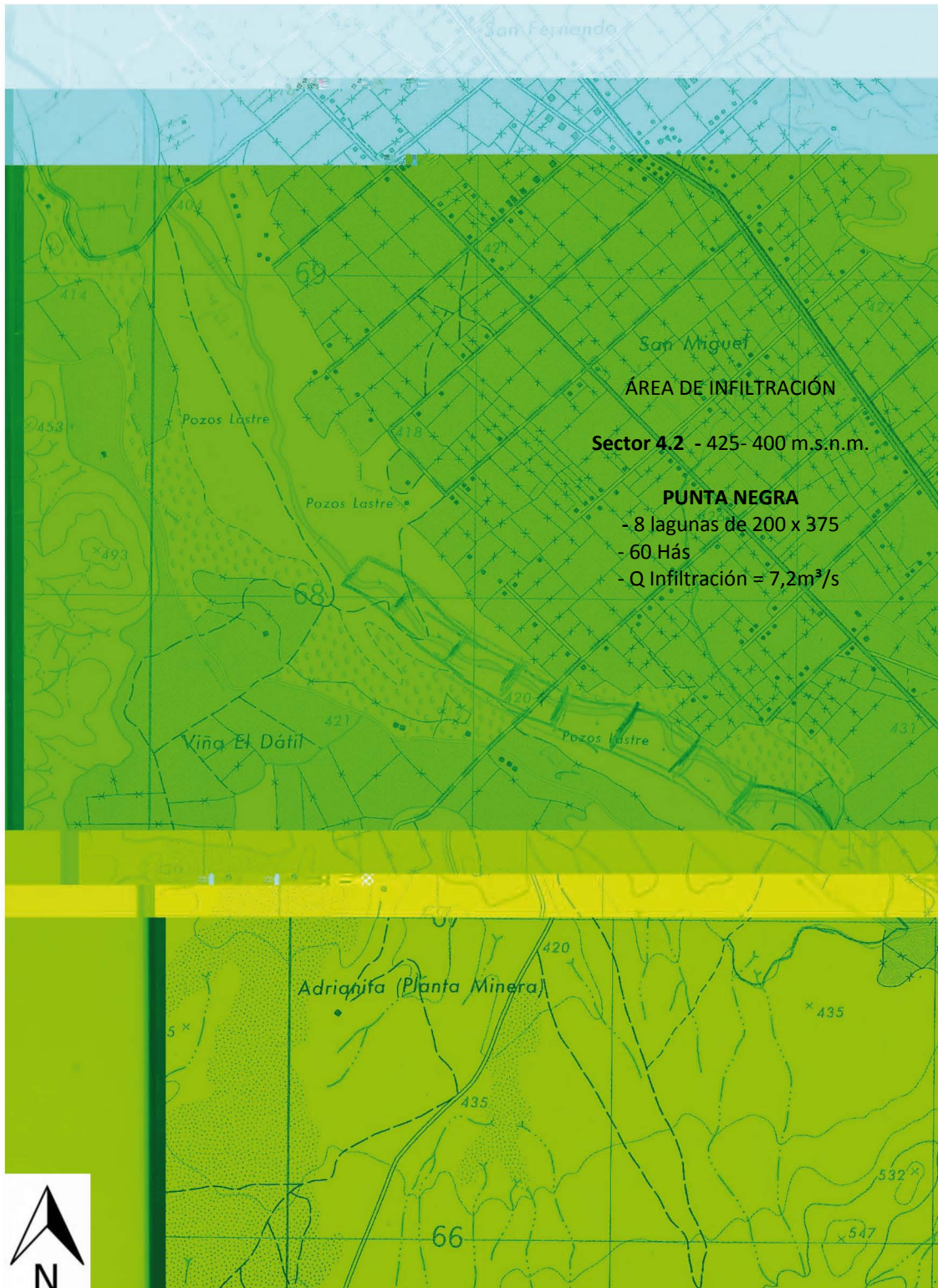
Fuente: Elaboración propia en base a cartografía IGM, Esc.1:25.000

**FIGURA III.1-3 AREA DE INFILTRACION TIERRA AMARILLA**



Fuente: Elaboración propia en base a cartografía IGM, Esc.1:25.000

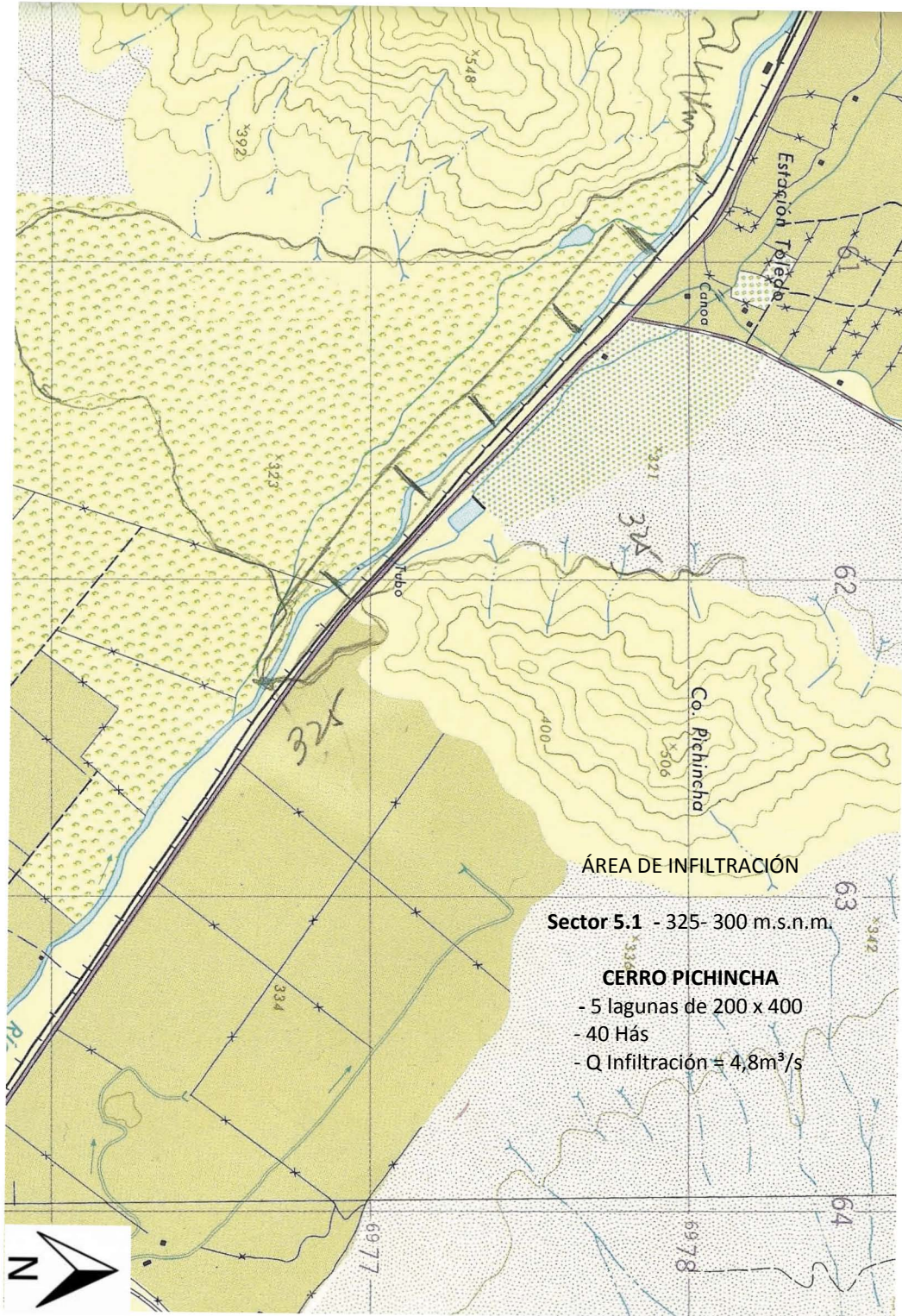
**FIGURA III.1-4 AREA DE INFILTRACION PUNTA NEGRA**



Fuente: Elaboración propia en base a cartografía IGM, Esc.1:25.000

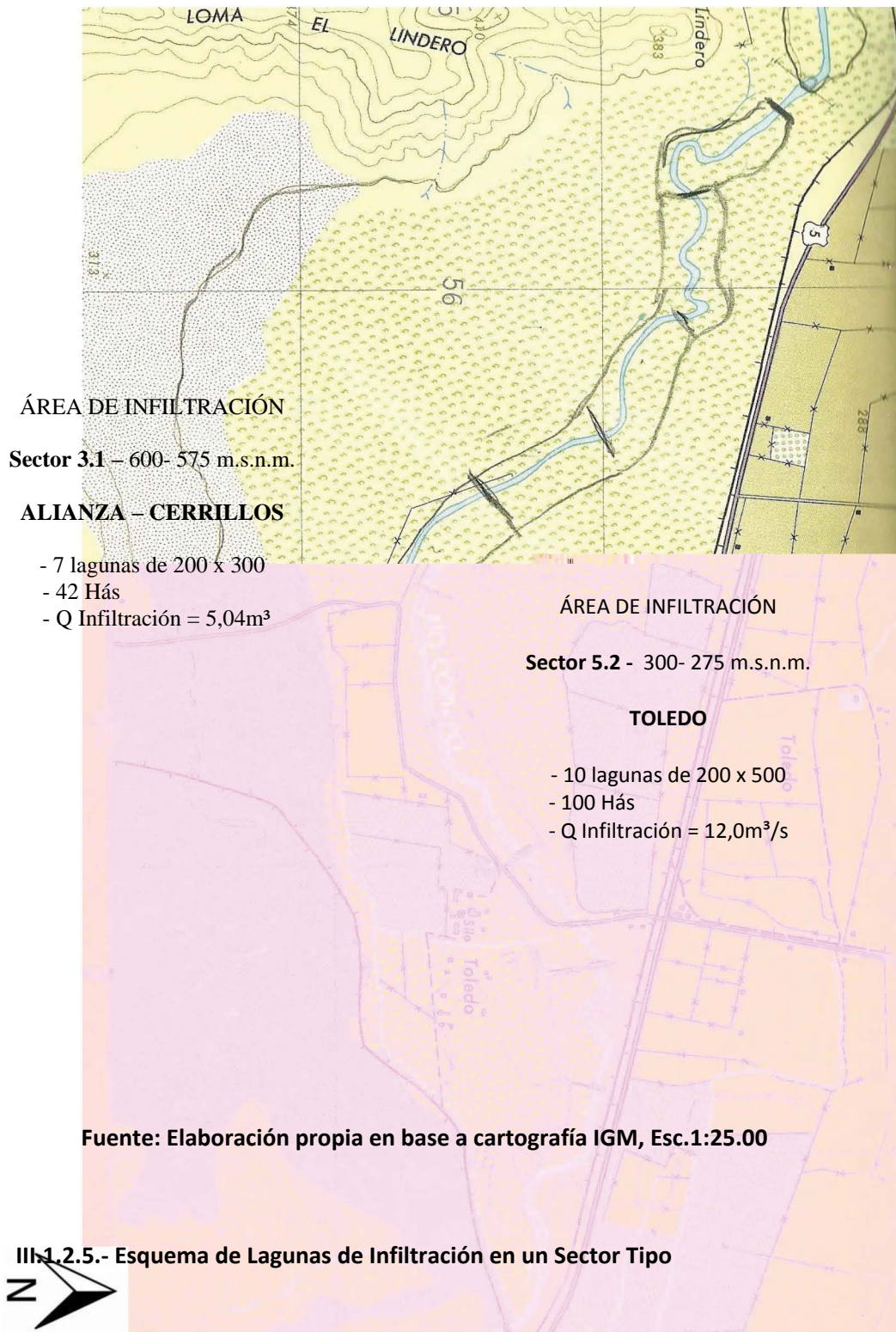


**FIGURA III.1-5 AREA DE INFILTRACION CERRO PICHINCHA**



Fuente: Elaboración propia en base a cartografía IGM, Esc.1:25.000

**FIGURA III.1-6 AREA DE INFILTRACION TOLEDO**

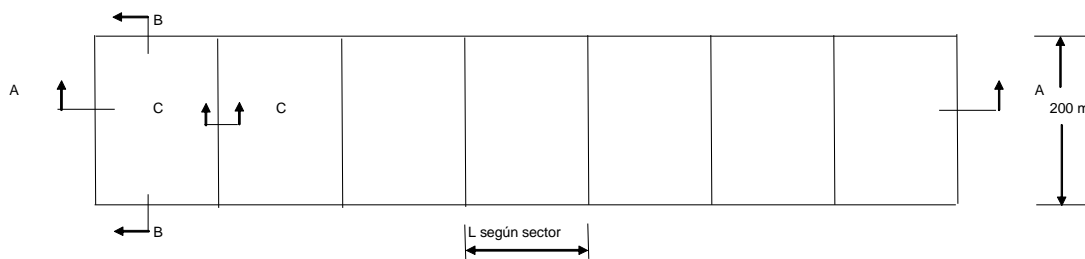


Con el fin de ilustrar la forma en planta y corte que tendría el conjunto de lagunas de un sector se han incluido los esquemas de las figuras: III. I- 7 a III. I-10.

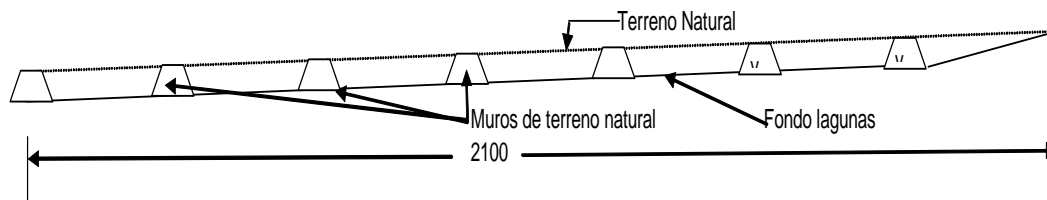
En ellas puede apreciarse en planta la posición de 7 lagunas contiguas, un corte longitudinal que permite ver el terreno natural, el fondo de las lagunas que siguen la pendiente del terreno natural, así como la posición de las barreras transversales al río que separan a las lagunas entre si.

Los cortes transversales permiten ver la forma del muro y la disposición del vertedero. Del mismo modo que los esquemas anteriores, esto se verá modificado por las condiciones topográficas reales del terreno.

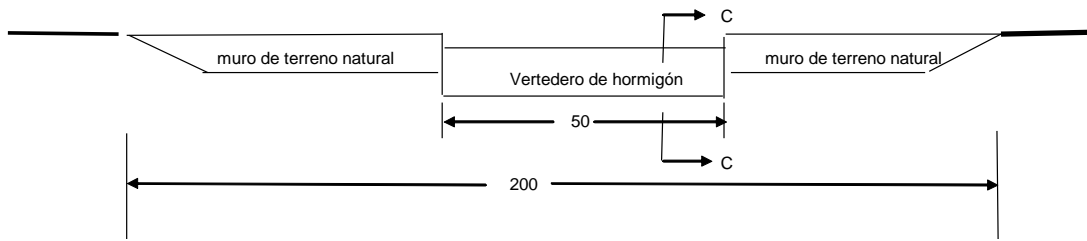
**FIGURA III.1-7 Planta esquemática.**



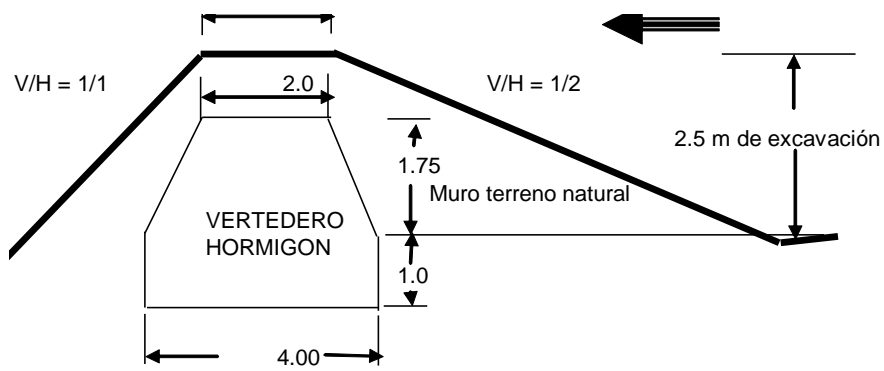
**FIGURA III.1-8 Corte Longitudinal A-A**



**FIGURA III. 1-9 Corte Transversal B-B**



**FIGURA III.1-10 Corte Transversal del muro C-C**



### III.1.2.6.- Prediseño Pozos de Infiltración

Los pozos de infiltración serán de características similares a los pozos de explotación del acuífero de Copiapó con las características constructivas siguientes:

Diámetro: 14 pulgadas

Profundidad: Hasta el nivel estático

Cribas: En todo el sector permeable bajo el nivel estático máximo histórico serán de acero inoxidable.

Cada campo de pozos se encuentra adjunto a una laguna de decantación y/o infiltración de 1 Há con el objeto de disponer de carga hidráulica para lograr la recarga gravitacional.

La laguna lleva en su frente de agua abajo un vertedero del mismo tipo de las de las lagunas de infiltración. Por lo tanto la laguna y el vertedero forman parte del proyecto de infiltración mediante pozos.

A modo de ejemplo se hace un cálculo para infiltrar 1.000 l/s en un campo de 22 pozos de 45 l/s/cada uno, tomado como caudal estimado promedio.

Si un pozo rinde un caudal Q en l/s con diferencia de h entre N.E y N.D = depresión. El caudal que admite en recarga cuando el nivel esta deprimido más de 30 metros es aproximadamente  $\frac{2}{3} Q$ , de acuerdo con experiencias nacionales y datos internacionales, el valor real se obtendría de la modelación.

En general en Copiapó los pozos de 100 l/s admitirían 70 l/s en recarga y los de 50 l/s admitirían 30 l/s en recarga, valor que se deberá precisar mediante un proyecto piloto de recarga, las cifras empleadas son con el objeto de hacer un cálculo preliminar de costo.

Para infiltrar  $1m^3/s$  equivalente a una laguna de 10 Há se requiere entre 15 y 30 pozos de recarga. Para este cálculo se considera un total de 22 pozos de 45 l/s cada uno.

Un pozo del orden de 75 metros de profundidad terminado, desarrollado y probado tiene un valor de:

$$\$500.000/m \times 75 = \$37 500 000$$

La instalación de bomba y equipo eléctrico vale aproximadamente \$25 000 000

Costo Total de cada pozo \$ 62 500 000

#### Resumen de Costo

1) 22 pozos x\$ 62 500 000.-habilitados con bomba y energía es	\$ 1 375 000 000
2).- Lagunas de 1 Há movimiento tierra.....	\$ 120 000 000
3).- Vertedero en Río Copiapó.....	\$ 90 000 000
<b>TOTAL.....</b>	<b>\$ 1 585 000 000</b>

Si se considera un período de retorno de 10 años para efectuar la infiltración de  $1\text{m}^3/\text{s}$  equivalente a  $30\text{Mm}^3$ , significa una recarga de  $3\text{Mm}^3/\text{año}$ . Para el cálculo de costo se considera una inversión de \$1.585.000.000 para infiltrar  $30\text{Mm}^3$  es decir a razón de \$52,83/ $\text{m}^3$ . Ello sin considerar costo de mantención y operación.

### Cálculo del costo unitario de un Pozo de Infiltración

**Tabla III.1-4 Costo de un pozo de captación.**

Ítem	Especificaciones	Un.	Cant.	P. Unitario UF	Total UF
<b>I.- CONSTRUCCION CAPTACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>					
1.-	INSTALACION Y LEVANTE DE FAENAS	Gl.	1,0	230,00	230,00
2.-	PERFORACION	ml.	100,0	12,20	1.220,00
3.-	SISTEMA CAPTANTE	(D.N.)	12,0		
3.1	Justificación del sistema captante	Gl.	1,0	50,00	50,00
3.2	Entubación definitiva	ml.	59,0	2,60	153,40
3.3	Rejilla				
3.3.1	Criba	ml.	41,0	2,80	114,80
3.3.2	Colocación de rejilla y tubería	ml.	100,0	0,45	45,00
3.4	Pared de grava y relleno estabilizador				
3.4.1	Pared de grava seleccionada	ml.	0,0	0,73	0,00
3.4.2	Relleno estabilizador	ml.	75,0	0,68	51,00
3.5	Desarrollo y desinfección:				
3.5.1	Desarrollo	Hrs.	16,0	1,82	29,12
3.5.2	Desinfección	Gl.	1,0	18,80	18,80
3.6	Sello sanitario				
3.6.1	Sello de concreto	ml.	5,0	2,20	11,00
3.6.2	Brocal de terminación	Gl.	1,0	13,00	13,00
4.-	PRUEBAS DE BOMBEO				
4.1	Grupo de prueba	Gl.	1,0	197,50	197,50
4.2	Prueba de gasto variable	Hrs.	8,0	2,97	23,76
4.3	Prueba de gasto constante	Hrs.	12,0	3,19	38,28
4.4	Análisis Físico-Químico y Bacteriológico	Gl.	1,0	10,19	10,19
4.5	Informe	Gl.	1,0	8,50	8,50
5.-	INTERRUPCION DE FAENAS	Hrs.	0,0	1,90	0,00
6.-	PLANO DE CONSTRUCCION E INFORME FINAL	Gl.	1,0	3,40	3,40
				<b>SUBTOTAL I UF</b>	<b>2.217,75</b>
<b>II.- PUESTA EN SERVICIO POZO DE CAPTACION</b>					
<b>A.- TRASLADOS A FAENA</b>					
1.	Transporte de equipos y elementos	Gl	1,0	15,99	15,99
<b>B.- INTERCONEXIONES HIDRAULICAS.</b>					
2.	Colocación y prueba equipo de bombeo				
2.1	Sumin. y coloc. cañería acero D= 8"	ml	80,0	1,96	156,80
2.2	Piezas especiales de descarga	Gl	1,0	56,06	56,06
2.3	Montaje sistema bombeo	Nº	1,0	15,30	15,30
<b>C.- SISTEMA BOMBEO.</b>					

3.	Suministro de sistema de bombeo completo.				
3.1	Bombas sumergible q = 75 l/s, H =65 m , 100 HP	Nº	1,0	284,74	284,74
3.2	Soporte, bases y acoplamientos	Nº	1,0	23,46	23,46
D.- INTERCONEXIONES ELECTRICAS BOMBA.					
4.	Interconexiones eléctricas de Baja Tensión				
4.1	Tablero Control y Comando	GI	1,0	64,60	64,60
4.2	Interc. eléctricas de Tablero de Comando y pozo	GI	1,0	13,89	13,89
E.- INTERCONEXIONES ELECTRICAS FUERZA.					
5.	Interconexiones eléctricas de Alimentación y Fuerza				
5.1	Extensión línea de alta tensión	ml	100,0	0,23	23,00
5.2	Sum. y coloc. S/E con TRAF0 de 150 KVA	Nº	1,0	225,01	225,01
5.3	Equipo de Medida y Empalme	Nº	1,0	49,83	49,83
5.4	Enlace a TRAF0	GI	1,0	42,17	42,17
5.5	Enlace TRAF0 a Tablero	GI	1,0	30,67	30,67
5.6	Estudios y proyecto eléctrico	Nº	1,0	13,42	13,42
5.7	Obras complementarias Empresa Eléctrica	GI	0,0	0,00	0,00
5.8	Aportes Reembolsables Empresa Eléctrica	GI	0,0	0,00	0,00
<b>SUBTOTAL II UF</b>					<b>1.014,94</b>
<b>TOTAL UF</b>					<b>3.232,69</b>

El costo de habilitar un pozo de 100 m de profundidad es 3.232,69 UF lo que al valor de \$ 22.600.- por UF nos da un costo de \$ 73.058.794.

### III.1.2.7.- Esquema de Diseño de los Pozos de Infiltración

Las figuras III.I- 16 a III.I- 18 ilustradas de una manera esquemática el sistema de infiltración mediante pozos.

En la figura III.I- 16 se puede ver en planta la laguna de 100m x 100m que tiene por objeto producir una carga de agua y un caudal que permita la recarga en los pozos en forma gravitacional.

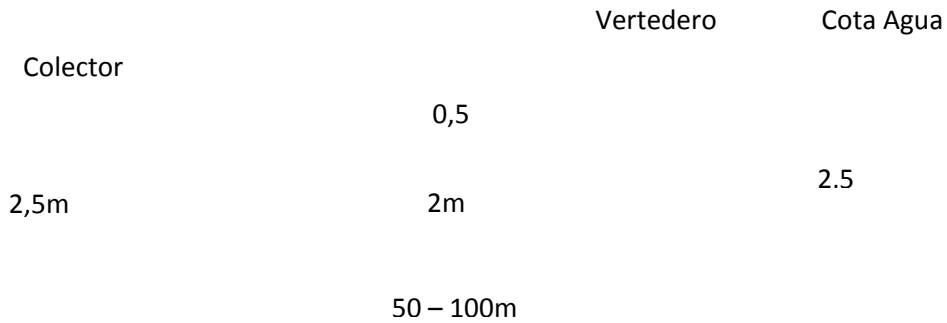
La figura III. I-17 es un corte transversal al río en que se puede ver la laguna, el vertedero para que pase el caudal del río y las zangas laterales donde irán los pozos de recarga.

La figura III. I-18 ilustra la ubicación del pozo dentro de la zanga, la bomba dentro del pozo, el ingreso de agua al pozo y la alimentación de agua al pozo, mediante tubos que conectan la laguna y las zangas.

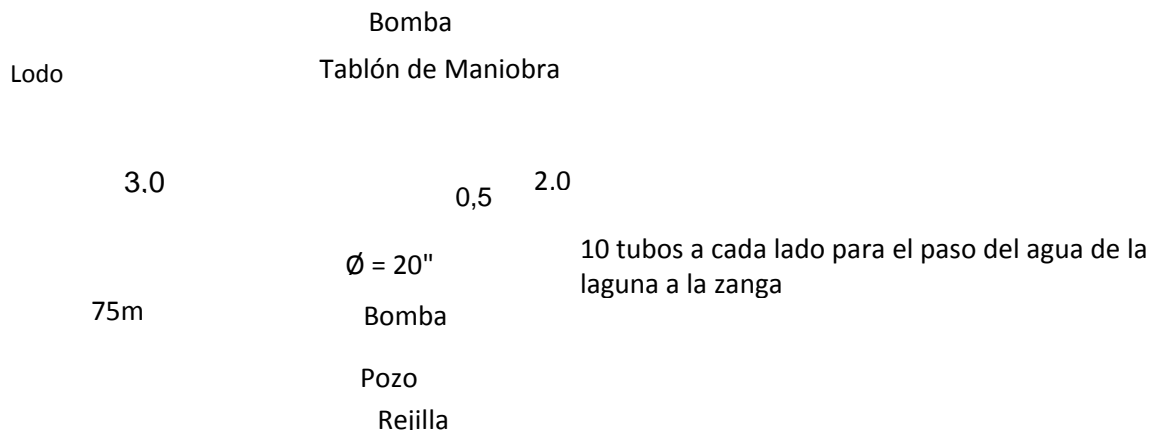
**FIGURA III.1-16 PLANTA**



**FIGURA III.1-17 CORTE BB'**



**FIGURA III.1-18 ESQUEMA DE BOMBAS EN COLECTORES**





A partir de los valores de la **Tabla III.1. 3** y del costo/m<sup>3</sup> obtenido para la infiltración con pozos se compara el costo por m<sup>3</sup> de las alternativas de infiltración con lagunas y con pozos en la siguiente Tabla.

**Tabla III.1-5**

Número	Nombre Sector	Hás	LAGUNAS	POZOS	Mayor Costo Pozos	
			Costo / m3 \$	Costo / m3 \$	\$/m3	%
3-1	Alianza Cerrillos	32	22.78	52.83	30.05	132%
3-2	Nantoco	50	30.65	52.83	22.18	72%
4-1	Tierra Amarilla	40	26.73	52.83	26.10	98%
4-2	Punta Negra	30	14.51	52.83	38.32	264%
5-1	Cerro Pichincha	40	28.09	52.83	24.74	88%
5-2	Toledo	100	26.56	52.83	26.27	99%
		292	24.72	52.83	28.11	114%

Se puede apreciar de la comparación una sustancial diferencia de costos entre las lagunas y los pozos de infiltración.

La diferencia de costo por m<sup>3</sup> del volumen infiltrado en lagunas y pozos, que es de 1 a 2 aproximadamente, ha hecho recomendable emplear solamente el método de lagunas. En consecuencia en el modelo de simulación solo se considerará este método.

Los costos de operación y mantención de las lagunas, para un volumen de 1m<sup>3</sup>/s correspondiente a 10 Hás considera la escarificación una vez al año, antes del inicio del período de lluvia, esto se realiza mediante un tractor con escarificador con un costo aproximado de \$50.000/Há, con un total de \$500.000 por cada 30Mm<sup>3</sup> infiltrado, es decir una cantidad insignificante de \$0,16/m<sup>3</sup>.

En el caso de los pozos se requiere disponer de un operador permanente, para mantener la operatividad del pozo, con controles mensuales de una capacidad de bombeo. Si son 22 pozos para permitir la recarga de 30Mm<sup>3</sup> el costo de energía anual es el equivalente a extraer 75 l/s desde 50m de profundidad durante 24 horas al año (2 horas por pozo al mes es decir 12 horas año por pozo). La potencia es de 50 KWH por 24 horas a \$70/KWH de un costo por pozo de \$84.000 y para los 22 pozos \$1.848.000 a lo que habría que agregar 4 días al mes de un operador y 48 días al año a un costo de \$50.000/día con movilización, con un total de \$2.400.000. Es decir el costo mínimo de mantención de los 22 pozos para permitir una recarga de 30Mm<sup>3</sup> es de \$4.248.000, es decir 8,5 veces más caro que la operación y mantención de las lagunas.

### III.1.2.8 Estimación del Costo de las lagunas laterales al cauce

Debido a que el valle es muy estrecho y se tiene como límites por un lado los cerros y por el otro la carretera y el ferrocarril hay que limitar el ancho total utilizable a unos 200 a 300m. Por el lado de los cerros la pendiente sube rápidamente e incrementa sustancialmente la cantidad de excavaciones para llegar a cotas inferiores al lecho del río y donde haya estratos de suelo apto para infiltrar. Por el lado de la carretera las lagunas interfieren con esta obra de alto costo, tendidos de servicios públicos y con propiedades al borde de la carretera que son de alto valor. Además, en las obras propias de las lagunas existen obras de mayor costo como son (a) una bocatoma y obras de descarga para la crecida del río, y (b) una obra de pared estructural entre las lagunas y el cauce del río que los separare claramente. (c) un sustancial aumento del movimiento de tierra para encontrar hacia abajo niveles apropiados para infiltrar. En otras cuencas del país, el diseño de lagunas que corten el cauce puede ser no factible en ríos muy caudalosos en que sea necesario controlar crecidas de 2000 o más m<sup>3</sup>/s. En el río Copiapó en cambio se trata de crecidas de 100m<sup>3</sup>/s. Además influye que en los ríos del Centro del país el caudal fluye todo el año y todos los años, en cambio en Copiapó pueden pasar 12 años, como ahora, sin que el agua llegue hasta el mar.

Esta solución consiste en lo siguiente y se compara con lagunas ubicadas en el cauce del río.

- 1.- Encauzar el río Copiapó con protecciones de gaviones de 4,00 m de alto paralelo a las lagunas.
- 2.- Construir una bocatoma con compuertas (o rubber dams que permitan desviar hacia las lagunas el caudal de infiltración y permitir que el excedente de las crecidas escurra por el lecho mejorado del río.
3. Para esta comparación se supone que se construirán 7 lagunas de 300 m cada una, comunicadas con vertederos de 30 m en hormigón armado.
- 4.- El área total de las lagunas será de 2.100 x 120 m igual a 25,2 há.

**ESQUEMA EN PLANTA DE LAS LAGUNAS LATERALES**

Obras de  
evacuación

A

A

Siete lagunas  
7x300 m = 2100 m  
Seis barreras con  
vertederos de 30 m  
de ancho

40 m

Barrera con vertedero de 30 m

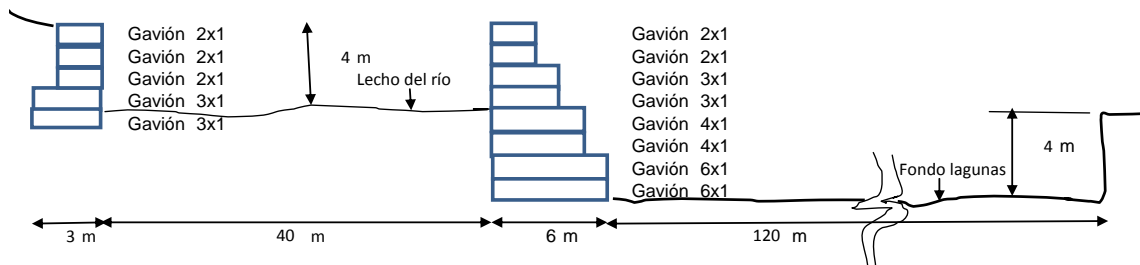
Derivación a lagunas

Obra de  
toma y derivación  
a lagunas

120 m

100 m<sup>3</sup>/s Flujo Crecida máxima

**CORTE TRANSVERSAL AA LAGUNA LATERAL**



<b>CONCEPTO DE COSTOS</b>				\$/unidad	
<b>Excavación</b>	largo	2100	m		
	Ancho	120	m		
	Superficie	25,2	há		
	Alto	4			
	Volumen	1.008.000	m <sup>3</sup>	3.900	3.931.200.000
<b>Gaviones</b>	Sección	48	m <sup>2</sup>		
	largo	2100	m		
	Volumen	100.800	m <sup>3</sup>	20.800	2.096.640.000
<b>Vertederos de hormigón.</b>					
Costo Vertedero de 30 m en Laguna lateral		66.127.537			
Costo de 6 vertederos en Lagunas Laterales		396.765.222			396.765.222
Bocatoma con compuerta y obra de descarga					3.870.000.000
<b>Costo directo total</b>					<b>10.294.605.222</b>

### Comparación de costo de alternativas

La comparación de las alternativas Lagunas Infiltración versus Lagunas Laterales se hará comparando el costo directo de las obras de cada una de las alternativas.

Se supone que el resto de los conceptos de costo son sensiblemente parecidos y no presentan diferencias significativas.

	Lagunas Laterales, \$		Lagunas de Infiltración en cauce del río, S
Excavación	3.931.200.000	Excavación	1.738.346.617
Hormigón Vertederos	396.765.222	Hormigón Vertederos	1.322.550.741
Gaviones	2.096.640.000		
Bocatoma con compuerta y obra de descarga	3.870.000.000	Obras de enlace río a lagunas	228.479.919
	10.294.605.222		3.289.377.277

### III.1.3 SELECCIÓN DE MÉTODO DE INFILTRACIÓN

#### III.1.3.1 Antecedentes Históricos de Infiltración

En el año 1987 la D.G.A en su estudio SIT N° 30 realizó tres tipos de modelos en el marco del proyecto “Evaluación de los Recursos Hidrogeológicos del Valle del Río Copiapó, III Región”.

**a).**- Modelos Hidrogeológicos de los seis sectores acuíferos del valle del río Copiapó. Dividiendo el sector 3 en dos subsectores y el sector 4 en dos subsectores. En total 8 modelos calibrados con datos de terreno y estadísticas de niveles piezométricos y caudales.

**b).**- Modelo Hidrológico a nivel anual. Consistió en una modelación de los recursos de agua superficial y subterránea, integrando los modelos hidrogeológicos en él.

**c).**- Modelo Hidrológico a nivel mensual para el período 1983 – 1987, coincidiendo con la época de máximas crecidas en el río.

Los modelos se hicieron considerando los datos de caudales y piezométricos entre los años 1962 y 1987.

Las calibraciones permitieron reproducir el comportamiento hidrológico e hidrogeológico del valle, basado en mediciones de terreno.

Dentro de los modelos hidrológicos tanto a nivel anual como mensual, fue posible establecer la relación río-acuífero, en sus aspectos de infiltraciones y recuperaciones. Un resumen de sus resultados se encuentra en los cuadros adjuntos.

**d).**- El sector hidrogeológico 3, según se puede apreciar en las tablas adjuntas, disponen de una elevada capacidad de infiltración como recarga natural, siendo dentro del conjunto de los seis sectores el que presentó una mayor recarga natural en el período 1983-1981. Ello unido a que es el sector que presenta menos facilidades para la ubicación y construcción de las lagunas. Por estas razones se ha descartado como objeto de recarga artificial.

Considerando luego los resultados del modelo se ha determinado realizar las recargas artificiales en los sectores 4 y 5.

**TABLA III.1-6 RESUMEN DEL MODELO HIDROLÓGICO AÑO 1987  
 INFILTRACIONES DESDE EL RÍO COPIAPÓ A LA NAPA  
 PARA LOS AÑOS 83/84; 84/85; 85/86; 86/87 Mayo/Abril**

Nº	Sector	Año	Año	Año	Año	TOTAL
		1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	
		Mm <sup>3</sup> /año	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	
1	M+J+P - Pastillo	47	37	0	6	90
2	Pastillo - E. Lautaro	24	15	16	15	70
3	E. Lautaro - Sn. Antonio	0	0	0	0	0
4	San Antonio - La Puerta	0	0	0	0	0
5	La Puerta - Mal Paso	71	61	20	16	168
6	Mal Paso - Copiapó	20	25	22	19	86
7	Copiapó - Piedra Colgada	15	66	25	12	118
8	Piedra Colgada - Angostura	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>177</b>	<b>204</b>	<b>83</b>	<b>68</b>	<b>532</b>

\*M+J+P = MANFLAS + JORQUERA + PULIDO

**TABLA III.1-7 RECUPERACIÓN DESDE EL RÍO COPIAPÓ Mm<sup>3</sup>**

Nº	Sector	Año	Año	Año	Año	TOTAL
		1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	
		Mm <sup>3</sup> /año	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	
1	M+J+P - Pastillo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Pastillo - E. Lautaro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	E. Lautaro - Sn. Antonio	54,0	74,0	58,0	35,0	221,0
4	San Antonio - La Puerta	26,0	37,0	31,0	34,0	128,0
5	La Puerta - Mal Paso	18,0	20,0	19,0	20,0	77,0
6	Mal Paso - Copiapó	6,0	16,0	20,0	19,0	61,0
7	Copiapó - Piedra Colgada	0,8	7,0	12,0	11,0	30,8
8	Piedra Colgada - Angostura	3,0	3,3	3,1	3,1	12,5
<b>TOTAL</b>		<b>107,8</b>	<b>157,3</b>	<b>143,1</b>	<b>122,1</b>	<b>530,3</b>

\*M+J+P = MANFLAS + JORQUERA + PULIDO

**TABLA III.1-8 INFILTRACIÓN Y RECUPERACIÓN POR SECTORES  
 PARA EL PERÍODO 83/84 – 86/87**

Nº	Sector	Infiltrac. Mm <sup>3</sup>	Recuper. Mm <sup>3</sup>	I-R
1	M+J+P - Pastillo	90	0,0	90
2	Pastillo - E. Lautaro	70	0,0	70
3	E. Lautaro - Sn. Antonio	0	221,0	- 221
4	San Antonio - La Puerta	0	128,0	- 128
5	La Puerta - Mal Paso	168	77,0	91
6	Mal Paso - Copiapó	86	61,0	25
7	Copiapó - Piedra Colgada	118	30,8	87,2
8	Piedra Colgada - Angostura	0	12,5	- 12,5
<b>TOTAL</b>		<b>532</b>	<b>530,3</b>	

\*M+J+P = MANFLAS + JORQUERA + PULIDO

Del análisis de los resultados es posible conocer la reacción del acuífero frente a las grandes avenidas del río Copiapó. De ello se puede comentar lo siguiente:

Con respecto a las infiltraciones:

a.- Entre Manflas+Jorquera+Pulido y Pastillo:

La infiltración máxima se produjo el año 83/84 con 47Mm<sup>3</sup>, el año siguiente fue de 37Mm<sup>3</sup> para después descender a cero y 6Mm/año, lo que indicaría una colmatación del lecho del río.

b.- Entre Pastillo y E. Lautaro:

Las infiltraciones fueron muy regulares durante los 4 años de análisis con un leve aumento el primer año. Lo que indica que la superficie del lecho no alcanzó a colmatarse.

En todo el sector aguas arriba del E. Lautaro se infiltraron 160Mm<sup>3</sup> en los 4 años de los cuales 71Mm<sup>3</sup> lo fue el primer año y 52Mm<sup>3</sup> en el segundo año.

Esto indica la conveniencia de escarificar el fondo del lecho al menos una vez al año en época de crecida para aumentar la recarga natural, restituyendo la permeabilidad en el lecho del cauce. Con esto se lograría infiltrar hasta 60 ó 70Mm<sup>3</sup> al año en los años de crecidas, sin mayores obras de recarga artificial.

La crecida del año 1987 – 1988, que no fue modelada en el estudio del año 1987 comienza en Septiembre de 1987 y termina en Enero de 1989 significó los siguientes caudales en los ríos Jorquera, Manflas y Pulido.

**TABLA III.1-9 CAUDALES EN m<sup>3</sup>/s**

Río	1987							1988								
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Jorquera	0,94	1,15	4,34	8,48	7,34	5,5	4,47	3,19	3,11	3,06	2,43	2,51	2,39	2,08	1,56	1,27
Pulido	2,71	3,79	7,89	11,9	10,38	-	-	4,64	4,22	3,49	2,91	2,50	2,17	1,71	1,21	1,12
Manflas	1,46	2,49	-	-	-	-	-	-	-	1,37	1,19	1,02	0,9	0,80	0,67	0,58
TOTAL	5,11	7,43	-	-	-	-	-	-	-	7,92	6,53	6,03	4,65	4,59	3,44	2,97
La Puerta	6,03	5,60	9,08	25,4	26,63	17,99	13,59	12,78	12,52	9,69	7,05	6,77	5,79	4,77	3,20	2,95

Este cuadro muestra que los meses de Octubre a Diciembre de 1987 hubo infiltraciones entre La Junta y E. Lautaro. En cambio el año 1988 entre Junio y Octubre hubo recuperaciones.

c.- Entre E. Lautaro y La Puerta

Entre los años 1983 y 1987 de máximas crecidas, no se produjeron infiltraciones en el cauce del río Copiapó, debido a la posición de la napa, cercana al río. Ello indica que este sector 2 hidrogeológico no es adecuado para obras de infiltración en iguales épocas de avenidas y que bastaría con la infiltración natural que eventualmente puede producirse, si los niveles están muy deprimidos entre La Puerta y San Antonio.

d.- Entre La Puerta y Mal Paso

Se aprecian volúmenes anuales de infiltración en el río, de 71 y 61Mm<sup>3</sup> en los años 1983 y 1984; los valores de 20 y 16Mm<sup>3</sup> en los años 1985 y 1986 sugieren la necesidad de escarificar el lecho del río, sin necesidad de efectuar otra recarga artificial. El total de la infiltración de 168Mm<sup>3</sup> en los cuatro años, se puede comparar con la capacidad de almacenamiento del acuífero en los primeros 100 metros equivalentes a 160Mm<sup>3</sup> para S = 5% y 330Mm<sup>3</sup> para S = 10%.

e.- Entre Mal Paso y Copiapó

Los valores de infiltración calculados en la modelación del año 1987 varían entre 19 y 25Mm<sup>3</sup>/año, lo que indica un valor casi constante, y más reducido que en el sector 3. Esto permite concluir que es necesario y conveniente, construir lagunas de infiltración en el cauce o bien construir baterías de pozos de infiltración para incluir recarga artificial.

f.- Entre Copiapó y Piedra Colgada

Las infiltraciones anuales varían entre 15Mm<sup>3</sup>; 66Mm<sup>3</sup>; 25Mm<sup>3</sup> y 12Mm<sup>3</sup> para los años 1983 al 1987. La infiltración del año 1984 de 66Mm<sup>3</sup> en comparación con las restantes, indica asimismo la necesidad de recarga artificial mediante pozos y/o lagunas.



g- Entre Piedra Colgada y Angostura

Los valores de infiltración para los años 1983 a 1987 son nulos a efectos prácticos debido a la elevada posición de la napa en esa época. Es probable que los descensos al año 2011 permitan una infiltración, lo que analizará en la modelación con la estructuras del Modelo SERNAGEOMIN. De obtenerse resultados positivos, se recomienda, efectuar escarificación en el sector aguas abajo de Piedra Colgada en 10Km de cauce.

### **III.1.3.2 Selección de Métodos de Infiltración. (Resumen de Resultados del Análisis)**

Para el valle de Copiapó, con miras de aumentar su recarga en épocas de crecidas serían convenientes y necesarias las siguientes acciones:

- En el sector de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, efectuar escarificaciones del río para aumentar su recarga natural.
- Entre La Puerta y Mal Paso, se recomienda asimismo un perfilaje y escarificación del río.
- Entre Mal Paso y Copiapó se recomienda lagunas de infiltración en los sectores de Tierra Amarilla y Punta Negra, que permitan una combinación de uso del cauce con el proyecto urbanístico en marcha.
- Entre Copiapó y Piedra Colgada, En el sector de Toledo se recomienda hacer lagunas de infiltración.
- Entre Piedra Colgada y Angostura, se recomienda una escarificación del lecho del río entre Piedra Colgada y Hacienda Margarita.

El análisis realizado se basa en datos históricos para el período 1983 – 1987 y tiene por objeto poner en evidencia la capacidad de recarga natural del río Copiapó. Estos valores son una referencia para calibrar y/o corroborar lo que indique el modelo.

## **III.2 MODELACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**

<b>III.2.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL MODELO .....</b>	<b>2</b>
<b>III.2.2</b>	<b>EMPLEO DEL MODELO DE SERNAGEOMIN .....</b>	<b>2</b>
<b>III.2.2.1</b>	<b>ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>2</b>
<b>III.2.2.2</b>	<b>DESCRIPCION GENERAL DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO .....</b>	<b>3</b>
<b>III.2.2.3</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO .....</b>	<b>5</b>
III.2.2.3.1	Área de Modelación .....	5
III.2.2.3.2	Discretización Espacial y Temporal .....	6
III.2.2.3.3	Propiedades Hidrogeológicas .....	6
III.2.2.3.4	Condiciones de Borde .....	7
III.2.2.3.5	Acciones Externas (Recargas y Descargas) .....	8
III.2.2.3.6	Capacidad del Modelo para Simular Recarga Artificial .....	9
<b>III.2.3</b>	<b>UTILIZACIÓN DEL MODELO .....</b>	<b>10</b>
<b>III.2.4</b>	<b>MODIFICACIONES INTRODUCIDAS AL MODELO SERNAGEOMIN .....</b>	<b>12</b>
<b>III.2.5</b>	<b>SIMULACIÓN DE LA RECARGA ARTIFICIAL .....</b>	<b>16</b>
<b>III.2.5.1</b>	<b>ANÁLISIS DE RECARGA NATURAL .....</b>	<b>16</b>
<b>III.2.5.2</b>	<b>SECTORES DE RECARGA ARTIFICIAL A MODELAR .....</b>	<b>18</b>
<b>III.2.5.3</b>	<b>ALTERNATIVAS DE SIMULACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>III.2.5.4</b>	<b>VOLUMEN DE RECARGA .....</b>	<b>22</b>
<b>III.2.6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>III.2.6.1</b>	<b>BALANCE POR SECTORES .....</b>	<b>24</b>
III.2.6.1.1	Sector 3 .....	24
III.2.6.1.2	Sector 4 .....	28
III.2.6.1.3	Sector 5 .....	31
<b>III.2.7</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>37</b>

### **III.2.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL MODELO**

En las etapas anteriores de este estudio se ha determinado la existencia de volúmenes de escorrentía del río Copiapó que se vierten al mar cada 10 o 20 años, los que en principio servirán para paliar el déficit que se ha generado con el uso de los embalses subterráneos, los que serán incorporados al acuífero por medio de la recarga artificial.

El presente acápite tiene por objetivo revisar, analizar críticamente y dar uso al modelo implementado en el estudio hidrogeológico realizado por SERNAGEOMIN “Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca Del Río Copiapó, con Énfasis en la Cuantificación, Dinámica y Calidad Química de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos” presentado al XII concurso CORFO de proyectos de Innovación de Interés Público, por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) como entidad beneficiaria responsable ejecutora y con el apoyo de la Dirección General de Aguas (DGA), Junta de Vigilancia del río Copiapó (JVRC) y la Asociación de Productores y Exportadores del Valle de Copiapó (APECO), como entidades asociadas. Posterior a su revisión, este se ha utilizado para modelar las diferentes alternativas de recarga artificial propuestas, evaluando y delimitando las auténticas posibilidades de aplicación que presentan dichas técnicas.

### **III.2.2 EMPLEO DEL MODELO DE SERNAGEOMIN**

#### **III.2.2.1 ANTECEDENTES GENERALES**

El consultor ha sido provisto de una versión preliminar de dicho estudio, asumiendo esta como entrega definitiva por parte de SERNAGEOMIN, por lo que este será utilizado para la evaluación de las obras de recarga artificial propuestas por esta consultoría, pese a no contar aún con la aprobación a dicho trabajo por parte de las autoridades, tales como DGA, JVRC y APECO, entidades asociadas a tal proyecto.

A pesar de lo anterior, con el objeto de poder dar cumplimiento al contrato del presente estudio, se analizó la versión recibida oficialmente a fin de continuar con los avances, siempre atentos y a la espera de la aprobación del estudio de SERNAGEOMIN y la recepción oficial de dicho estudio.

Dentro de los antecedentes recibidos correspondientes a dicho estudio se encuentra el Informe Complementario Técnico Final correspondiente al estudio “Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca Del Río Copiapó, con Énfasis en la Cuantificación, Dinámica y Calidad Química de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos” emitido por SERNAGEOMIN, junto a todos los anexos de sus 17 capítulos, entre ellos el modelo hidrogeológico en Visual Modflow correspondiente al anexo 14. Los capítulos del informe mencionado son los siguientes:

	CAPÍTULO	PÁGINA
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	13
3.	CARTOGRAFÍA Y MODELOS DE ELEVACIÓN DIGITAL	35
4.	GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ	53
5.	LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	110
6.	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	243
7.	NIVELES PIEZOMÉTRICOS	258
8.	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	330
9.	HIDROQUÍMICA E ISOTOPIA DE LAS AGUAS	356
10.	GEOFÍSICA	418
11.	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	476
12.	VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS	481
13.	BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA	482
14.	MODELO HIDROGEOLÓGICO	526
15.	DIFUSIÓN	662
16.	CONCLUSIONES	665
17.	REFERENCIAS	669

### III.2.2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO

El modelo hidrogeológico desarrollado por SERNAGEOMIN se elaboró sobre la base de información recopilada, como la modelación hídrica realizada por DICTUC-DGA 2010 SIT N°211 entre otros, y de información levantada en terreno. Se utilizó el software Visual MODFLOW, software comercial basado en diferencias finitas para la simulación del flujo de agua subterránea en tres dimensiones en medios porosos tradicionales, el cual ya ha sido utilizado antes en la cuenca. Su interfaz gráfica se divide en tres módulos separados: Input, Run y Output, asociados a las opciones de ingreso de parámetros, de ejecutar el programa y de desplegar los resultados de simulación, respectivamente.

A continuación se describe la metodología aplicada para la elaboración del modelo.

- Revisión y evaluación de los modelos numéricos existentes en la cuenca. Se destacan el modelo realizado para la DGA en 2003 (“Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó”), el cual se encuentra compuesto por 2 modelos interrelacionados por medio de una condición de borde común, los modelos corresponden a: Modelo 1: Embalse Lautaro – Copiapó y Modelo 2: Copiapó – Angostura; y el realizado para la DGA en 2009 (“Actualización de la Modelación del Acuífero del Valle del Río Copiapó, Tramo La Puerta – Angostura”), el cual es un único modelo que abarca desde la

- Puerta hasta Angostura. Además se revisaron modelos más locales, como el realizado por SITAC (“Modelo Hidrogeológico Cuenca Río Copiapó, Sector Ramadillas – La Puerta”) para el Proyecto Caserones.
- Revisión y evaluación de los antecedentes disponibles para la elaboración de un modelo numérico de aguas subterráneas de la cuenca. Se revisaron y evaluaron informes previos realizados en la zona, los cuales permitieron realizar una caracterización hidrogeológica del sector en estudio. La información que se revisó incluye: geología, geomorfología, mapa hidrogeológico, modelo de elevación digital, parámetros hidráulicos de los acuíferos, inventario de captaciones, datos hidrometeorológicos, mediciones de niveles estáticos, entre otros.
- Revisión y evaluación del modelo conceptual del acuífero del río Copiapó. Se analiza la información recabada, la cual permitirá elaborar el modelo conceptual del sistema hídrico y definir los elementos necesarios para la construcción del modelo de simulación.
- Construcción del modelo numérico de aguas subterráneas, que se realizó en base a las conclusiones obtenidas en la etapa anterior. Se elaboró una malla topográfica y estratigráfica que representa el sistema que se quiere modelar. En esta malla se deben representar las características físicas a describir y las condiciones de borde, recarga y descarga. Para la realización del modelo se utilizó el software Visual MODFLOW Premium.
- Calibración en régimen estacionario y transiente del modelo numérico. Se realizó el ajuste de los parámetros hidráulicos para que los resultados del modelo reproduzcan las mediciones de niveles de aguas subterráneas realizadas en terreno. Se realizó tanto en régimen estacionario (para ajustar transmisividad o conductividad hidráulica) y transiente (para también ajustar el coeficiente de almacenamiento) para el período 1993 al 2006.
- Validación y análisis de sensibilidad del modelo numérico de aguas subterráneas. Se verificó la reproducción de datos históricos de niveles con los parámetros previamente calibrados. Posteriormente, se analizó la sensibilidad del sistema ante cambios en algunos parámetros hidrogeológicos.

Al igual que para la elaboración del balance hídrico, se trabajó considerando la división del valle del río Copiapó en los seis sectores definidos por la DGA:

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

Cabe destacar que esta división se realizó basándose fundamentalmente en análisis de antecedentes, levantamiento hidrogeológico del valle, niveles de pozos, análisis químico de las aguas, aforos del río y vertientes, inventarios de puntos acuíferos, prospecciones geofísicas, prospecciones mecánicas, medición de niveles estáticos y conductividades, actualización de catastro de pozos y volúmenes bombeados.

La información hidrogeológica analizada permitió sectorizar el acuífero del valle del río Copiapó en dos modelos numéricos ubicados secuencialmente: Modelo Sector Bajo y Modelo Sector Alto, los cuales se conectan entre sí a través de los flujos subterráneos en sus límites. La separación entre ambos sectores ocurre en el sector de La Puerta, el que desde un punto vista hidrogeológico es también un sector en el que se produce un estrangulamiento de la cuenca y un afloramiento de la mayor parte de los recursos hídricos subterráneos que fluyen a través de dicho sector. Desde un punto de vista puramente matemático la división del acuífero en los dos submodelos definidos, permite una mejor operación de ellos en términos de costos computacionales. Además corresponde a un punto de aforo de aguas superficiales que cuenta con una estadística de largo registro correspondiente a la Estación La Puerta.

Para efectos del presente estudio, se trabajará solo con el Modelo Sector Bajo dado que es en este en donde se plantean las obras de infiltración artificial.

Los Sectores 1 y 2 del acuífero, correspondientes al Modelo Sector Alto, no presentan tendencias sostenidas en el tiempo de disminución de sus niveles de saturación. Lo mismo sucede con el Sector 6 en el Modelo Sector Bajo.

### **III.2.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO**

#### **III.2.2.3.1 Área de Modelación**

El área de modelación del Modelo del Sector Bajo corresponde al tramo del acuífero que se encuentra ubicado entre La Puerta y Angostura. La zona de interés para la modelación está comprendida entre las coordenadas 6.889.800 – 6.993.800 Norte y 309.000 – 411.000 Este (DATUM WGS 84), encontrándose la zona activa del modelo entre las coordenadas 6.923.600 – 6.993.800 Norte y 309.000 – 411.000 Este. La Figura 14.19 muestra el área seleccionada para la modelación incluyendo la definición de las zonas activas e inactivas del mismo.

Según la división administrativa del acuífero de Copiapó realizada por Álamos y Peralta (1987), el área de modelación del Modelo del Sector Bajo abarca los sectores acuíferos del 3 al 6 ambos incluidos. DICTUC en el año 2010 realizó una subdivisión dentro de los mismos sectores DGA, con el fin de obtener subsectores donde se agrupan series de niveles de los pozos con comportamiento similar.

Bajo este planteamiento el sector 3 (DGA) se subdividió en dos: sector 3a (La Puerta -Pabellón) y sector 3b (Pabellón - Mal Paso); los sectores 4 (DGA) y 5 (DGA) se mantuvieron (Mal Paso - Copiapó) y (Copiapó - Piedra Colgada), mientras que el sector 6 (DGA), se subdividió en dos: sector 6a (Piedra Colgada – Valle Fértil) y sector 6b (Valle Fértil - Angostura).

#### **III.2.2.3.2 Discretización Espacial y Temporal**

El modelo del Sector Bajo del sistema acuífero del valle del río Copiapó se ha discretizado horizontalmente mediante una malla de diferencias finitas con elementos regulares, cuyo tamaño es de 200 x 200 m<sup>2</sup>, dando un total de 520 filas y 510 columnas.

Para representar el sistema acuífero en sentido vertical, se consideró el relieve superficial del terreno obtenido del modelo de elevación digital (DEM) del USGS y el basamento rocoso fue definido a partir de información recopilada en el marco de este estudio.

El sistema, en todo su espesor está constituido por un único acuífero no confinado. El espacio de separación entre la superficie y la roca está compuesto principalmente por estratos de carácter grueso a nivel superficial, y a medida que desciende hacia el basamento varía de grueso a fino y nuevamente a grueso. Sin embargo, se define un acuífero monocapa, puesto que los estratos finos identificados no corresponden a la clasificación de granulometría impermeable o a estructuras impermeables.

Temporalmente, el modelo empleado incorpora un período de Calibración (1993-2000) y Validación (2000-2006) de 14 años, abarcando desde Enero de 1993 hasta Diciembre de 2006. En el período de simulación (1993-2041), la discretización temporal en intervalos o períodos de estrés, están determinados por la reglas de bombeo y recargas, siendo estas variables constantes en cada intervalo. Los períodos de estrés incorporados son 48, los que tienen una frecuencia anual. Cada uno de estos intervalos fue subdividido en 2 pasos de tiempo, los cuales corresponden a pasos de cálculos internos del modelo.

Las características geométricas de los sectores de interés del modelo se muestran en las Figuras 1, 2 y 3 presentadas en el Anexo III.2.

#### **III.2.2.3.3 Propiedades Hidrogeológicas**

Los valores de conductividades hidráulicas y de coeficientes de almacenamiento utilizados como iniciales en el Modelo del Sector Bajo, corresponden a los obtenidos de la calibración del modelo del año 2009, los que posteriormente fueron calibrados para lograr el ajuste de los niveles de agua subterránea medidos y simulados.

Los valores de conductividad hidráulica horizontal ( $K_x$  y  $K_y$ ) utilizados una vez calibrado el modelo fluctúan entre los 0.5 y 300 m/d en tanto que las verticales ( $K_z$ ) corresponden solo al 10% de estos. Por otro lado los valores para los coeficientes de almacenamiento utilizados van desde el 1% al 20%. Dichas Conductividades utilizadas se presentan en Figura III.2.1.

#### **III.2.2.3.4 Condiciones de Borde**

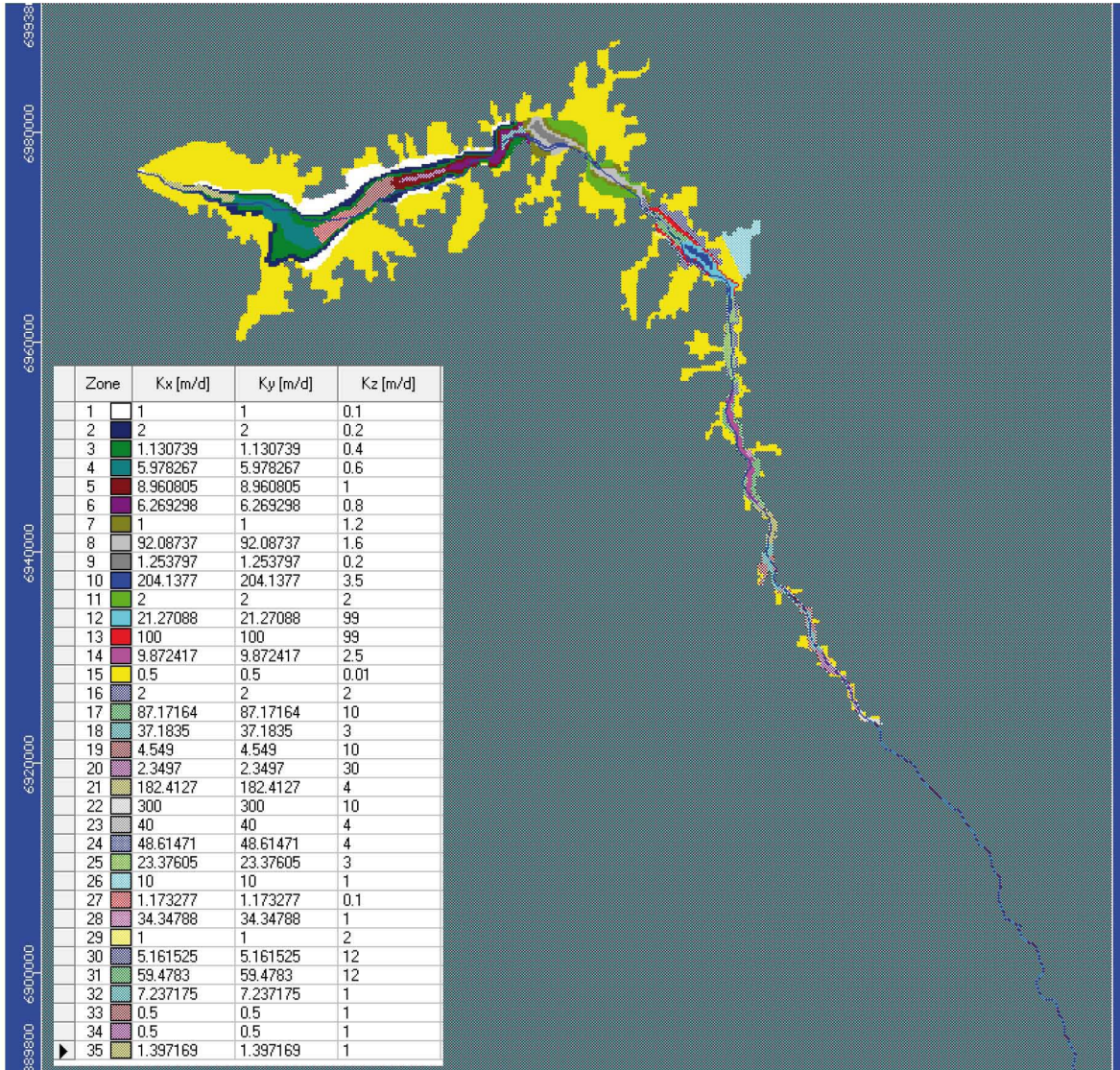
La condición de borde utilizada para representar el funcionamiento de los cauces superficiales es de tipo dren con la finalidad de modelar las descargas del acuífero hacia el río. Se supone que todas las recargas hacia el sistema acuífero son calculadas por el modelo de simulación superficial (Aquatools, Dictuc 2010), de tal manera que no se incorpora de manera explícita un sistema de evaluación para la recarga específica que provendría de infiltración a través del lecho de los cauces principales. Los parámetros relevantes utilizados para caracterizar esta condición de borde corresponden a la conductancia del lecho de los cauces, y el nivel conocido utilizado en cada celda corresponde al nivel de terreno en la celda.

El flujo de entrada subterráneo proveniente del Modelo del Sector Alto se representó mediante tres pozos de inyección, los cuales ingresan al modelo en conjunto un flujo constante de 50 l/s durante todo el período de simulación. En la Figura 14.40 se presenta la ubicación de los pozos de inyección.

Para su operación en régimen transiente, el modelo de simulación requiere la definición de una condición inicial del nivel de agua subterránea en todo el dominio del modelo. Esta información se obtuvo a partir de la interpolación de los niveles de los pozos de observación para el período de Enero de 1993.



**Figura III.2.1: Conductividades Hidráulicas del Modelo**



**III.2.2.3.5 Acciones Externas (Recargas y Descargas)**

Para determinar la recarga sobre el sistema acuífero del modelo se utilizó la información generada en el estudio “Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del Río Copiapó”, DICTUC (2010), específicamente las salidas entregadas por la modelación de Aquatools, el cual indica las tasas de recargas en la cuenca del río Copiapó. Los valores estimados para las recargas fueron incorporados a los modelos considerando un valor anual para cada período de estrés.

La información de los volúmenes de descarga por bombeo del acuífero que fue utilizada para la elaboración del modelo numérico está basada en el catastro de pozos de bombeo elaborado por el DICTUC (2010). Las tasas de bombeo de los pozos son asignadas según el tipo de uso de cada pozo. Para efectos del modelo de simulación hidrogeológico el bombeo total desde los seis sectores y entre los años 1993 y 2006 ha sido determinado como parte de la operación del modelo AQUATOOL.

### **III.2.2.3.6 Capacidad del Modelo para Simular Recarga Artificial**

Recibido y analizado el modelo en su construcción y funcionamiento se puede observar las siguientes deficiencias de éste, las que se deben tomar en consideración respecto de los resultados que arroja, las que se describen a continuación:

- El modelo se plantea con una discretización temporal de carácter anual, lo que para efectos de una cuantificación de los recursos puede ser suficiente, pero no para efectos de la simulación de la recarga artificial, la que al presentar un carácter estacional asume que el total del agua disponible durante el periodo anual es infiltrada, pudiendo en la realidad esto no ser correcto al presentarse un volumen de mayor magnitud que el sistema no fuese capaz de absorber, no siendo posible simular adecuadamente las variaciones diarias y horarias y mensuales (peak).
- El modelo funde todas las variables hidrológicas en una sola, consideradas todas estas a través de la recarga impuesta, omitiendo parámetros como evapotranspiración, escurrimientos superficiales, precipitación, etc. Utiliza solo la variable de recarga distribuida homogéneamente por sector en las superficie correspondiente al área de riego, en circunstancia que la recarga principal se produce en la zona del río y no en la zona de riego como resultado de la eficiencia agrícola predial y extrapredial alcanzada en los diferentes sectores, lo que no refleja la realidad actual del valle, en que la mayoría de los canales principales se encuentran revestidos y el riego predial está tecnificado.
- Una de las principales debilidades del modelo recibido para ser empleado en la simulación de la recarga artificial, es que este se desarrolla a partir del año 1993 en adelante, utilizando el periodo de 1993 a 2006 como periodo de calibración y validación. Durante este periodo la realidad del acuífero presenta un descenso sostenido en el tiempo salvo por la crecida y recarga durante los años 1998-2000, el cual no se refleja claramente en la calibración y corresponde a un solo evento durante todo el periodo. De esta forma, el modelo no incluye periodos históricos de recarga fuera del evento de 1998, habiéndose omitido el periodo de 1980 al 1990, lapso en que el acuífero del valle de Copiapó presentó grande eventos de recarga, llegando incluso a colmarse durante los años 1987-1988. De haberse incorporado dicho periodo en el modelo este podría representar de mejor manera el efecto de la recarga natural en el acuífero.

Dicho lo anterior, y entendiendo todas las debilidades descritas anteriormente como simplificaciones del modelo para un menor tiempo de ejecución o mejor convergencia de éste, y a que la modificación o mejoramiento de dichas debilidades significaría prácticamente la elaboración de un nuevo modelo. Por lo que éstas no pueden ser corregidas y se trabajó con el modelo recibido. Al modelo sí se le introdujeron cambios operacionales, lo que serán descritos más adelante y corresponden básicamente a datos de entrada, pero sin alterar el periodo inicial o de calibración y validación (1993-2006).

### III.2.3 UTILIZACIÓN DEL MODELO

De acuerdo a la descripción del modelo ya realizado respecto a su construcción y operación se puede señalar lo siguiente:

- Las obras de recarga artificial corresponden a obras en sectores a lo largo del valle, las que técnicamente debiesen ser modeladas en su funcionamiento en forma detallada considerando el tratamiento de flujo no saturado, situación que Visual Modflow no incluye sino por medio de la asignación de recarga mediante un volumen que se incorpora instantáneamente sobre el nivel de saturación del acuífero. Dado que lo que se busca es poder cuantificar las respuestas del acuífero a nivel general y areal producto de la incorporación o realización de obras que incrementan la recarga del acuífero, y a pesar de que este modelo es muy amplio, se ha podido representar en forma general dichas respuestas.
- De la misma forma que la discretización espacial es bastante amplia para la representación de las obras en el modelo, puede pensarse que la discretización temporal, establecida en periodos anuales, es igualmente amplia. Pese a eso, de la revisión del estudio “Análisis y Evaluación de los Recursos Hidrogeológicos Valle del Río Copiapó III Región – Modelación de los Recursos Hídricos” elaborado por Álamos y Peralta (Diciembre de 1987), se observó que de un profundo análisis de infiltración en el río realizado para los distintos sectores acuíferos, no existen diferencias significativas si la infiltración se analiza o modela en forma anual en vez de mensual, obteniéndose resultados muy similares en  $Mm^3/año$  para cada caso, año y sección de análisis. Por esta razón se aceptará como suficiente el desarrollo de un modelo de discretización anual para el caso de la infiltración natural.
- Dado que el modelo SERNAGEOMIN se encuentra aceptablemente calibrado y validado para los años entre 1993 y 2006, y con un periodo de modelación hasta el 2041, no se alterará el modelo en forma significativa, introduciéndole solo los cambios relativos a las nuevas recargas producto de las obras planteadas y acortando el periodo de modelación al 2020, modificaciones que serán planteadas a continuación.

Expresado lo anterior, para poder modelar las diferentes alternativas de obras a implementar en el río Copiapó, ha sido necesario llevar a cabo algunas modificaciones al modelo recibido, las que tienen que ver principalmente con los datos de entrada de recarga del acuífero y los periodos a modelar.

Respecto del periodo a modelar, y entendiendo que el modelo ya se encuentra calibrado y validado, se escogió modelar el período 2011 al 2020 bajo las mismas condiciones de construcción existentes, sólo modificando la condición de recarga para ese período, simulando la situación de años lluviosos que debiera generar un aumento del volumen almacenado en forma natural en el acuífero. Por esta razón, el período de simulación ejecutados es de 1993 al 2020 modificando las características de la recarga del 2011 al 2020 de acuerdo con la situación hidrológica del río ocurrida durante los años 1980 al 1988.

Para la situación anterior se plantea el desarrollo de 3 escenarios de modelación. El primero correspondería a la "Condición Base" o Escenario 0, el cual consiste en correr el modelo sin obras de infiltración o condición actual del río. El escenario 1, 2 y 3 correspondería a 3 escenarios con obras de infiltraciones diferentes entre ellos, siendo el Escenario 1 la implementación de lagunas de infiltración solo en el Sector 4, el Escenario 2 con lagunas de infiltración solo en el Sector 5 y el Escenario 3 lagunas en ambos sectores.

Para el análisis de los resultados de estos escenarios, el modelo de simulación requiere la definición de una condición inicial del nivel de agua subterránea en todo el dominio del modelo. Esta información se obtuvo de los niveles piezométricos del acuífero modelados a la fecha 2011, los que en primera instancia son bastante coincidentes con la situación actual del acuífero en ciertos sectores, utilizando esos niveles como dato de condición inicial del modelo para la comparación de resultados.

La forma de implementar las obras de infiltración en el modelo consistirá en un aumento de la recarga impuesta al modelo, la que se detallará en capítulo posterior.

#### **III.2.4 MODIFICACIONES INTRODUCIDAS AL MODELO SERNAGEOMIN**

Como se señaló anteriormente el modelo se desarrolló de los años 1993 al 2020, donde el periodo 1993 al 2011 permaneció inmutable respecto del modelo SERNAGEOMIN, introduciéndole cambios en la recarga a partir del 2012 en adelante.

Al analizar en detalle los datos de entrada de la recarga utilizada en el modelo SERNAGEOMIN y los resultados obtenidos en AQUATOOLS por DICTUC en 2010, se pudo observar que la recarga utilizada en el modelo a partir del año 2007 en adelante, posterior al periodo de calibración-validación, corresponde a la recarga obtenida por AQUATOOLS desde el año 1972 en adelante para cada uno de los sectores. Con esto, a partir de 2007 al 2041 se repite la secuencia de recargas obtenidas por la modelación de DICTUC desde 1972, siendo en 2041 la misma recarga utilizada para el año 2006.

Dado que lo anterior, que corresponde a un criterio arbitrario y no significa que la secuencia de recarga utilizada a partir de 2007 en adelante vaya a ocurrir, es que se modificó los datos de entrada de 2012 en adelante, utilizando la recarga obtenida de AQUATOOLS para los años 1980 a 1988. Es en este periodo en que se observaron algunos de los niveles más bajos del acuífero (1980) anteriores a la condición actual del acuífero. Así mismo se produjeron los periodos con mayores excedentes posibles de infiltrar (1984 al 1988).

En las Tabla III.2.1 y Tabla III.2.2 queda graficado lo anteriormente explicado expresado en mm/año, unidad utilizada por el modelo. A esta última tabla, para cada uno de los escenarios a modelar, se le ha debido incorporar los volúmenes anuales excedentes disponibles para infiltrar artificialmente de acuerdo a lo calculado previamente, los que se presentan en la Tabla III.2.3. La combinación para cada escenario se presenta en el Anexo III.2.

El modelo SERNAGEOMIN considera una condición de borde del tipo dren para representar el funcionamiento de los cauces superficiales con la finalidad de modelar las descargas del acuífero hacia el río. Esto no ocurre en el sector 4, por lo que fue introducida esta condición en dicho sector. Esta modificación permite que en el modelo cuando se producen niveles de saturación sobre el fondo del dren producto de la recarga artificial, el río pueda recibir los caudales correspondientes.

**Tabla III.2.1: Recargas Originales Modelo Sernageomin**

Año	Periodo		Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	Sector 5	Sector 6a	Sector 6b	Año Modelo AQUATOOLS
	Inicio (d)	Final (d)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	
1993	0	365	666.4	1292.44	573.05	215.23	53.07	0.82	1993
1994	365	730	482.75	971.68	456.86	11.79	1.65	0.15	1994
1995	730	1095	493.49	949.24	517.42	168.84	14.11	0.27	1995
1996	1095	1460	401.63	833.1	409.35	3.45	0.6	0.09	1996
1997	1460	1825	606.91	1102.04	577.26	395.92	140.33	37.09	1997
1998	1825	2190	945.37	1522.25	809.63	904.55	329.34	80	1998
1999	2190	2555	567.21	1179.69	582.17	14.66	2.42	0.24	1999
2000	2555	2920	498.13	1016.31	425.65	13.31	1.76	0.15	2000
2001	2920	3285	541.35	1122.18	522.16	11.92	1.96	0.19	2001
2002	3285	3650	624.07	1223.04	576.34	205.59	53.17	5.63	2002
2003	3650	4015	800.24	1354.71	731.02	564.29	168.93	24.49	2003
2004	4015	4380	539.77	1119.02	518.43	20.01	2.67	0.21	2004
2005	4380	4745	494.19	994.65	508.89	9.32	1.58	0.15	2005
2006	4745	5110	473.73	971.24	491.92	10.78	1.59	0.18	2006
2007	5110	5475	478.3	999.98	385.54	7.46	0.99	0.1	1972
2008	5475	5840	757.2	1341.73	658.33	497.57	144.75	22.18	1973
2009	5840	6205	481.54	962.4	404.57	59.17	7.84	0.07	1974
2010	6205	6570	468.76	899.05	437.06	212.77	19.84	0.45	1975
2011	6570	6935	388.86	802.2	329.83	5.88	1.03	0.15	1976
2012	6935	7300	363.54	764.71	272.3	5.85	1.17	0.18	1977
2013	7300	7665	349.88	732.81	257.99	5.12	1.14	0.18	1978
2014	7665	8030	365.89	713.08	356.09	97.6	1.39	0.19	1979
2015	8030	8395	348.79	657.37	282.17	129.84	3.3	0.13	1980
2016	8395	8760	662.16	1195.7	575.7	415.64	84.62	10.3	1981
2017	8760	9125	408.22	823.4	352.82	52.91	5.73	0.24	1982
2018	9125	9490	739.02	1525.63	601.61	373.29	127.78	26.91	1983
2019	9490	9855	1120.84	1849.72	1016.23	1265.9	447.45	103.46	1984
2020	9855	10220	870.89	1369.99	817.15	678.79	215.59	38.84	1985
2021	10220	10585	610.75	1219.57	540.95	68.87	18.12	1.35	1986
2022	10585	10950	1007.1	1680.87	897.17	967.03	372.43	102.09	1987
2023	10950	11315	1270.8	2119.68	1246.72	1281.1	517.47	148.55	1988
2024	11315	11680	684.53	1215.85	616.11	207.68	43.22	0.64	1989
2025	11680	12045	597.58	1202.48	526.01	18.39	3.74	0.49	1990
2026	12045	12410	589.68	1149.76	577.53	167	33.86	0.88	1991
2027	12410	12775	520.1	1002.19	504.14	128.7	13.76	0.36	1992
2028	12775	13140	666.4	1292.44	573.05	215.23	53.07	0.82	1993
2029	13140	13505	482.75	971.68	456.86	11.79	1.65	0.15	1994
2030	13505	13870	493.49	949.24	517.42	168.84	14.11	0.27	1995
2031	13870	14235	401.63	833.1	409.35	3.45	0.6	0.09	1996
2032	14235	14600	606.91	1102.04	577.26	395.92	140.33	37.09	1997
2033	14600	14965	945.37	1522.25	809.63	904.55	329.34	80	1998
2034	14965	15330	567.21	1179.69	582.17	14.66	2.42	0.24	1999
2035	15330	15695	498.13	1016.31	425.65	13.31	1.76	0.15	2000
2036	15695	16060	541.35	1122.18	522.16	11.92	1.96	0.19	2001
2037	16060	16425	624.07	1223.04	576.34	205.59	53.17	5.63	2002
2038	16425	16790	800.24	1354.71	731.02	564.29	168.93	24.49	2003
2039	16790	17155	539.77	1119.02	518.43	20.01	2.67	0.21	2004
2040	17155	17520	494.19	994.65	508.89	9.32	1.58	0.15	2005
2041	17520	17885	473.73	971.24	491.92	10.78	1.59	0.18	2006

**Tabla III.2.2: Recargas Natural Modificada Modelo Copiapó**

Periodo		Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	Sector 5	Sector 6a	Sector 6b	Año	
Año	Inicio (d)	Final (d)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Modelo AQUATOOLS
1993	0	365	666.4	1292.44	573.05	215.23	53.07	0.82	1993
1994	365	730	482.75	971.68	456.86	11.79	1.65	0.15	1994
1995	730	1095	493.49	949.24	517.42	168.84	14.11	0.27	1995
1996	1095	1460	401.63	833.1	409.35	3.45	0.6	0.09	1996
1997	1460	1825	606.91	1102.04	577.26	395.92	140.33	37.09	1997
1998	1825	2190	945.37	1522.25	809.63	904.55	329.34	80	1998
1999	2190	2555	567.21	1179.69	582.17	14.66	2.42	0.24	1999
2000	2555	2920	498.13	1016.31	425.65	13.31	1.76	0.15	2000
2001	2920	3285	541.35	1122.18	522.16	11.92	1.96	0.19	2001
2002	3285	3650	624.07	1223.04	576.34	205.59	53.17	5.63	2002
2003	3650	4015	800.24	1354.71	731.02	564.29	168.93	24.49	2003
2004	4015	4380	539.77	1119.02	518.43	20.01	2.67	0.21	2004
2005	4380	4745	494.19	994.65	508.89	9.32	1.58	0.15	2005
2006	4745	5110	473.73	971.24	491.92	10.78	1.59	0.18	2006
2007	5110	5475	478.3	999.98	385.54	7.46	0.99	0.1	1972
2008	5475	5840	757.2	1341.73	658.33	497.57	144.75	22.18	1973
2009	5840	6205	481.54	962.4	404.57	59.17	7.84	0.07	1974
2010	6205	6570	468.76	899.05	437.06	212.77	19.84	0.45	1975
2011	6570	6935	388.86	802.2	329.83	5.88	1.03	0.15	1976
2012	6935	7300	348.79	657.37	282.17	129.84	3.3	0.13	1980
2013	7300	7665	662.16	1195.7	575.7	415.64	84.62	10.3	1981
2014	7665	8030	408.22	823.4	352.82	52.91	5.73	0.24	1982
2015	8030	8395	739.02	1525.63	601.61	373.29	127.78	26.91	1983
2016	8395	8760	1120.84	1849.72	1016.23	1265.9	447.45	103.46	1984
2017	8760	9125	870.89	1369.99	817.15	678.79	215.59	38.84	1985
2018	9125	9490	610.75	1219.57	540.95	68.87	18.12	1.35	1986
2019	9490	9855	1007.1	1680.87	897.17	967.03	372.43	102.09	1987
2020	9855	10220	1270.8	2119.68	1246.72	1281.1	517.47	148.55	1988

**Tabla III.2.3: Excedentes para Recargas Artificial a utilizar en Modelo Copiapó**

	Volumen Mensual Disponible para Infiltración (m3)												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	764208	764208
1984	1923696	3531168	4954176	4637952	4400784	5692032	5560272	6825168	8379936	11752992	11963808	12411792	82033776
1985	7642080	8511696	7088688	6324480	12200976	6271776	4374432	2055456	1660176	1291248	0	0	57421008
1986	0	0	0	263520	158112	0	0	0	0	0	0	0	421632
1987	0	0	0	0	0	1106784	395280	2819664	7694784	10435392	48145104	60873120	131470128
1988	20179571	25508736	29151373	33894733	23828269	10350275	8215763	6614352	3686645	1148947	1180570	711504	164470738

Otra modificación importante que debió ser introducida en el modelo es la función de “Rewetting” o “rehumedecer”, ya que el modelo al no considerar dicho fenómeno, una vez que la celda se seca esta queda inactiva, pudiendo incluso desconectar sectores acuíferos pese a que exista recarga. Para ello no solo se activo el “rewetting”, sino que además se impuso como condición que aunque la celda se seque siempre deje un remanente de 10 cm de agua al interior de esta para evitar el secado completo de la celda y permitir el efecto de la recarga, tanto natural como artificial. Ese criterio se definió de esta forma porque la característica principal de dicha función es rehumedecer las celdas desde abajo hacia arriba cuando el modelo es multicapa y el nivel de la napa sube mojando la celda de arriba con el aumento de nivel de la celda de abajo, lo cual no es el caso de este modelo dado que es monocapa, pero también rehumedeciendo las celdas desde una contigua que contenga niveles freáticos superiores. El hecho que la celda nunca se seque del todo permite una mejor representatividad del fenómeno de recarga.

Por último, se debió modificar las zonas de infiltración del modelo para introducir las obras de recarga artificial. Para dar cumplimiento a dicho objetivo, en las zonas donde se definieron las obras de recarga artificial, correspondientes a lagunas de infiltración en la zona del cauce natural en los sectores acuíferos 4 y 5, se definieron nuevos sectores de recarga compuesto por un número de celdas que el conjunto representan un área de 152 Hás. De acuerdo a lo definido en la etapa anterior según los excedentes disponibles para infiltrar artificialmente. En la Tabla III.2.9 se detalla la cantidad de celdas a utilizar en recarga artificial en cada sector, las que para cada uno de los escenarios deberá infiltrar la cantidad definida previamente adicionando los excedentes disponibles para cada periodo distribuidos en dichas celdas. Los valores de recarga asignados a esas celdas se presentan en los anexos en las tablas de recarga por sectores para cada escenario (Tablas 1 a 4 de Anexo III.2).

Dado que todas las modificaciones realizadas al modelo no son estructurales y corresponden a un periodo posterior al 2006 el modelo se considera calibrado, por lo tanto una vez hechas las modificaciones se ejecutan los diferentes escenarios definidos los que se describen más adelante.



### III.2.5 SIMULACIÓN DE LA RECARGA ARTIFICIAL

#### III.2.5.1 ANÁLISIS DE RECARGA NATURAL

De acuerdo a lo señalado por SERNAGEOMIN en su capítulo 14 de su Informe Final referente a la recarga del modelo, plantea que a partir de la modelación realizada por DICTUC en Aquatools se obtienen los valores de recarga natural promedio del valle de Copiapó entre los años 1993-2006, correspondiente al periodo de Calibración-Validación del modelo, para cada uno de los sectores acuíferos se presentan en la Tabla III.2.4.

**Tabla III.2.4: Recargas Anual Promedio por Sector en Modelo Copiapó (1993-2006)**

**(Fuente: Sernageomin basado en Dictuc 2010)**

Infiltracion Total			
	Sector	Caudal (l/s)	Caudal (Mm3/año)
1	Arriba Embalse Lautaro	1076	33.92
2	Embalse Lautaro - La Puerta	166	5.23
3	La Puerta - Mal Paso	1039	32.78
4	Mal Paso - Copiapó	683	21.54
5	Copiapó - Piedra Colgada	185	5.84
6	Piedra Colgada - Angostura	120	3.79

Estos valores, corresponden a la sumatoria de los tres factores de recarga que provienen de: la percolación en Canales, la recarga por riego e infiltración de las aguas del río Copiapó para cada uno de los 6 sectores acuíferos. En la Tabla III.2.5, Tabla III.2.6 y Tabla III.2.7 se presentan los valores desglosados para cada una de los tipos de recarga antes señaladas para dicho periodo de tiempo, detallando a qué porcentaje del total de la recarga corresponde, observándose que la recarga principal proviene del río. Por esto mismo y dado que el río presenta recargas y descargas en su recorrido, no sería correcto sumar las cantidades recargadas en cada sector como el total de recarga del valle ya que se estaría contabilizando parte de los recursos más de una vez.

**Tabla III.2.5: Recargas Promedio de Canales por Sector en Modelo Copiapó**  
**(Fuente: Sernageomin basado en Dictuc 2010)**

Infiltracion Canales				
	Sector	Caudal (l/s)	Caudal (Mm3/año)	% del Total
1	Arriba Embalse Lautaro	97	3.05	9%
2	Embalse Lautaro - La Puerta	52	1.64	31%
3	La Puerta - Mal Paso	41	1.31	4%
4	Mal Paso - Copiapó	27	0.84	4%
5	Copiapó - Piedra Colgada	0	0	0%
6	Piedra Colgada - Angostura	0	0	0%

**Tabla III.2.6: Recargas Promedio por Riego por Sector en Modelo Copiapó**  
**(Fuente: Sernageomin basado en Dictuc 2010)**

Infiltracion Riego				
	Sector	Caudal (l/s)	Caudal (Mm3/año)	% del Total
1	Arriba Embalse Lautaro	56	1.76	5%
2	Embalse Lautaro - La Puerta	94	2.97	57%
3	La Puerta - Mal Paso	128	4.04	12%
4	Mal Paso - Copiapó	325	10.25	48%
5	Copiapó - Piedra Colgada	0	0	0%
6	Piedra Colgada - Angostura	0	0	0%

**Tabla III.2.7: Recargas Promedio por Río por Sector en Modelo Copiapó**  
**(Fuente: Sernageomin basado en Dictuc 2010)**

Infiltracion Río				
	Sector	Caudal (l/s)	Caudal (Mm3/año)	% del Total
1	Arriba Embalse Lautaro	923	29.11	86%
2	Embalse Lautaro - La Puerta	20	0.62	12%
3	La Puerta - Mal Paso	870	27.43	84%
4	Mal Paso - Copiapó	331	10.45	49%
5	Copiapó - Piedra Colgada	185	5.84	100%
6	Piedra Colgada - Angostura	120	3.79	100%

### III.2.5.2 SECTORES DE RECARGA ARTIFICIAL A MODELAR

Del análisis preliminar de selección de alternativas a partir de la ubicación de estas y las cantidades de obra asociadas, se descartó la infiltración artificial por pozos entre otras alternativas, probando que la alternativa más factible de implementar tanto técnicamente como en términos de costos de dichas obras corresponde a las lagunas de infiltración.

Estas lagunas fueron proyectadas en el lecho del río en los sectores acuíferos 4 y 5, debido a que son los que presenta las mayores depresiones y por lo tanto las condiciones necesarias para la recarga artificial. Además, el lecho del río es el lugar que presenta las mejores características de conductividad hidráulica así como espacio suficiente para la implementación de dicha solución. Sin embargo, el Sector 3 que también cuenta con condiciones hidrogeológicas favorables para la recarga artificial, presenta el problema de ser un tramo del valle sumamente angosto y de un desarrollo agrícola importante, con un ancho medio del cauce que no supera los 40 metros, por lo que no presenta extensiones de terreno suficiente para desarrollar obras de estas características debido a que las plantaciones han confinado el lecho del río al mínimo, lo que significaría expropiar y disminuir el área productiva.

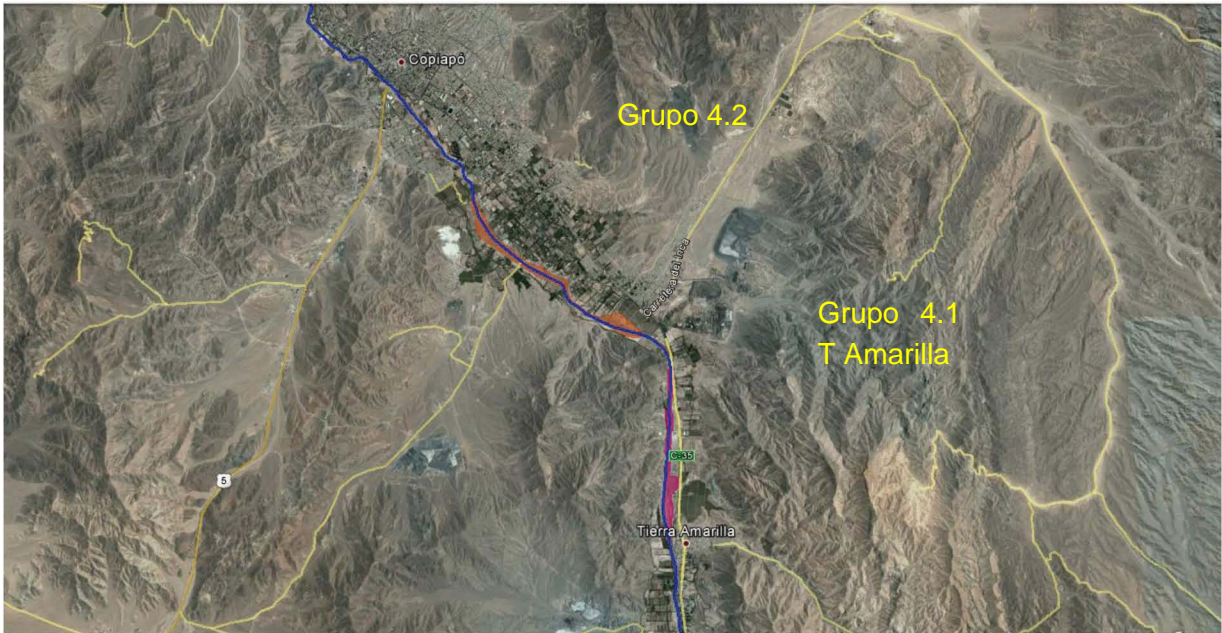
Por lo tanto se han proyectado dos zonas de infiltración en el sector 4 y una en el sector 5, las que totalizan del orden de **300 ha**. Acordes con lo calculado previamente como área requerida para infiltración.

En la Figura III.2.2 se señalan la ubicación de los dos grupos de lagunas del sector 4 las que se ubican entre Tierra Amarilla y Copiapó, en tanto que en la Figura III.2.3 se muestran los grupos de lagunas del sector 5 ubicados entre Copiapó y Piedra Colgada.

El grupo 4.1, ubicado en la zona de Tierra Amarilla está compuesta por aproximadamente 15 lagunas con una superficie total aproximada de **52 ha**, mientras que el grupo 4.2 en la localidad de Viñita Azul se compone de aproximadamente 10 lagunas, cubriendo una superficie aproximada de **92 ha**, totalizando entre ambos grupo una superficie de recarga de **150 ha**.

El grupo 5, ubicado en la zona entre el Cerro Pichincha y la localidad de Toledo está compuesta por aproximadamente 15 lagunas totalizando una superficie de recarga del orden de las **152 ha**.

**Figura III.2.2: Sectores Disponibles para Recarga Artificial del Sector 4**



**Figura III.2.3: Sectores Disponibles para Recarga Artificial del Sector 5**



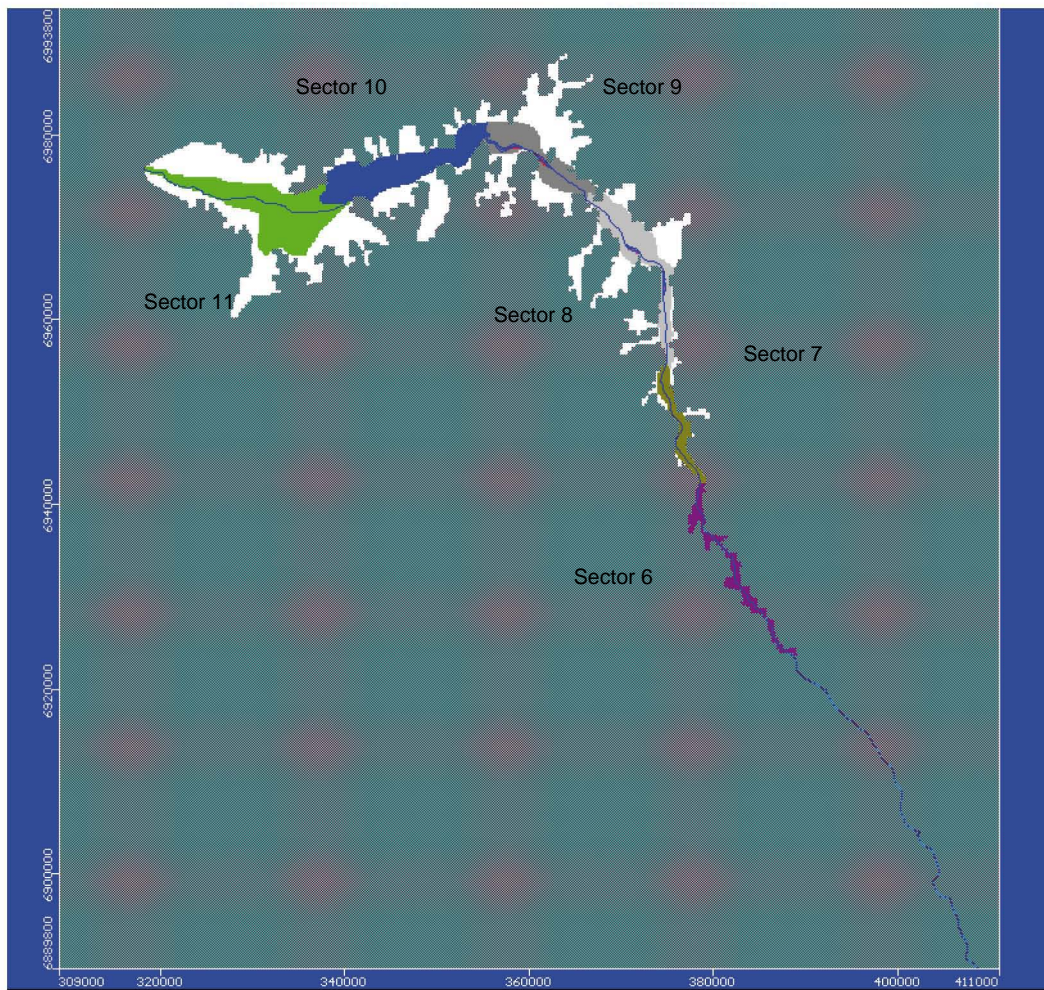
En la Figura III.2.4 se muestran las zonas de recarga natural del modelo, las que se encuentran definidas principalmente por los sectores acuíferos de este, desarrollándose 6 áreas de recarga natural compuestas por los sectores 3a (Magenta), 3b (ocre), 4 (gris claro), 5 (gris oscuro), 6a (azul) y 6b (verde). Las dos alternativas de obras ya descritas en los sectores 4 y 5 se introdujeron en el modelo como nuevas área de recarga en sus respectivos sectores, tal como se ilustra en la Tabla III.2.9.

Por lo tanto, estas nuevas celdas que consideran recarga artificial serán definidas como la “recarga natural” o recarga propia del sector en el que se encuentran, más la recarga artificial de acuerdo a los excedentes calculados disponibles para recarga artificial. Los volúmenes a recargar artificialmente o la cantidad adicional a la recarga natural de cada celda dependerá del escenario de modelación, lo que serán explicados más adelante.

**Tabla III.2.8: Distribución de Celdas de Recarga en Modelo Copiapó**

Sector VM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Celdas
Sector	Celdas Inactivas	Sector 1b	Sector 1c	Sector 1d	Sector 2	Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	Sector 5	Sector 6a	Sector 6b	Embalse	
Nº de Celdas	257869	48	204	226	904	627	408	980	802	1383	1706	43	265200
Area (Ha)	1,031,476	192	816	904	3,616	2,508	1,632	3,920	3,208	5,532	6,824	172	1,060,800

**Figura III.2.4: Sectores de Recarga del Modelo**



### **III.2.5.3 ALTERNATIVAS DE SIMULACIÓN**

De acuerdo a los sectores de recarga artificial definidos previamente se modelaron diferentes escenarios de infiltración artificial, los que se describen a continuación:

#### **Escenario 0**

Este escenario considera las modificaciones de la recarga natural de acuerdo a lo descrito en el capítulo III.2.4. Posterior al año 2011 se utilizan las “recargas naturales” determinadas por DICTUC a través de AQUATOOLS para los años 1980 al 1988 implementadas entre los años 2011 al 2020. Este escenario, considerado como el escenario base, no incluye recarga artificial, por lo que pretende representar lo que ocurriría en el acuífero en los eventos de crecida o recarga natural histórica, como fue aquel periodo, sin considerar los excedentes disponibles calculados. El detalle de los datos de entrada de recarga para cada sector del modelo en este escenario se presentan en el Anexo III.2 en la Tabla 1.

#### **Escenario 1**

Este escenario presenta las mismas modificaciones bases a la recarga que el escenario anterior, con la diferencia que solo considera recarga artificial en el sector 4, por lo que pretende representar lo que ocurriría en el acuífero en los eventos de crecida o recarga natural histórica, como fue aquel periodo (1980-1988), considerando la infiltración de los excedentes disponibles aplicados en dicho sector. El detalle de los datos de entrada de recarga para cada sector del modelo en este escenario se presentan en el Anexo III.2 en la Tabla 2.

#### **Escenario 2**

Este escenario presenta las mismas modificaciones bases a la recarga que el escenario anterior, con la diferencia que solo considera recarga artificial en el sector 5, por lo que pretende representar lo que ocurriría en el acuífero en los eventos de crecida o recarga natural histórica, como fue aquel periodo (1980-1988), considerando la infiltración de los excedentes disponibles aplicados en dicho sector. El detalle de los datos de entrada de recarga para cada sector del modelo en este escenario se presentan en el Anexo III.2 en la Tabla 3.

### Escenario 3

Este escenario presenta las mismas modificaciones bases a la recarga que todos los escenarios anteriores, con la diferencia que considera recarga artificial de los excedentes en los sectores 4 y 5 repartidos en partes iguales, por lo que pretende representar lo que ocurriría en el acuífero en los eventos de crecida o recarga natural histórica, como fue aquel periodo (1980-1988), considerando la infiltración de los excedentes disponibles calculados en ambos sectores. El detalle de los datos de entrada de recarga para cada sector del modelo en este escenario se presentan en el Anexo III.2 en la Tabla 3.

**Tabla III.2.9: Celdas para Recargas Artificial**

Sector VM	Escenario 0		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	14	13	14	13	14	13	14	13
Sector	ZR Sector 4	ZR Sector 5	ZR Sector 4	ZR Sector 5	ZR Sector 4	ZR Sector 5	ZR Sector 4	ZR Sector 5
Nº de Celdas	0	0	38	0	0	38	13	25
Area (Ha)	0	0	152	0	0	152	52	100
Area (m2)	-	-	1,520,000	-	-	1,520,000	520,000	1,000,000

#### III.2.5.4 VOLUMEN DE RECARGA

De acuerdo a los escenarios antes descritos se presenta los valores de la recarga para ambos sectores donde se aplica esta y para cada uno de los escenarios ya descritos. Estos volúmenes se presentan en Mm<sup>3</sup> al año en la Tabla III.2.10.

**Tabla III.2.10: Volúmenes para Recargas Artificial por Escenario**

Año	Total	Escenario 0 (Mm3/año)		Escenario 1 (Mm3/año)		Escenario 2 (Mm3/año)		Escenario 3 (Mm3/año)	
	Excedentes a Infiltrar (m3/año)	Sector 4	Sector 5	Sector 4	Sector 5	Sector 4	Sector 5	Sector 4	Sector 5
2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	764,208.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.76	0.38	0.38
2016	82,033,776.00	0.00	0.00	82.03	0.00	0.00	82.03	41.02	41.02
2017	57,421,008.00	0.00	0.00	57.42	0.00	0.00	57.42	28.71	28.71
2018	421,632.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.42	0.21	0.21
2019	131,470,128.00	0.00	0.00	131.47	0.00	0.00	131.47	65.74	65.74
2020	164,470,737.60	0.00	0.00	164.47	0.00	0.00	164.47	82.24	82.24

### III.2.6 RESULTADOS

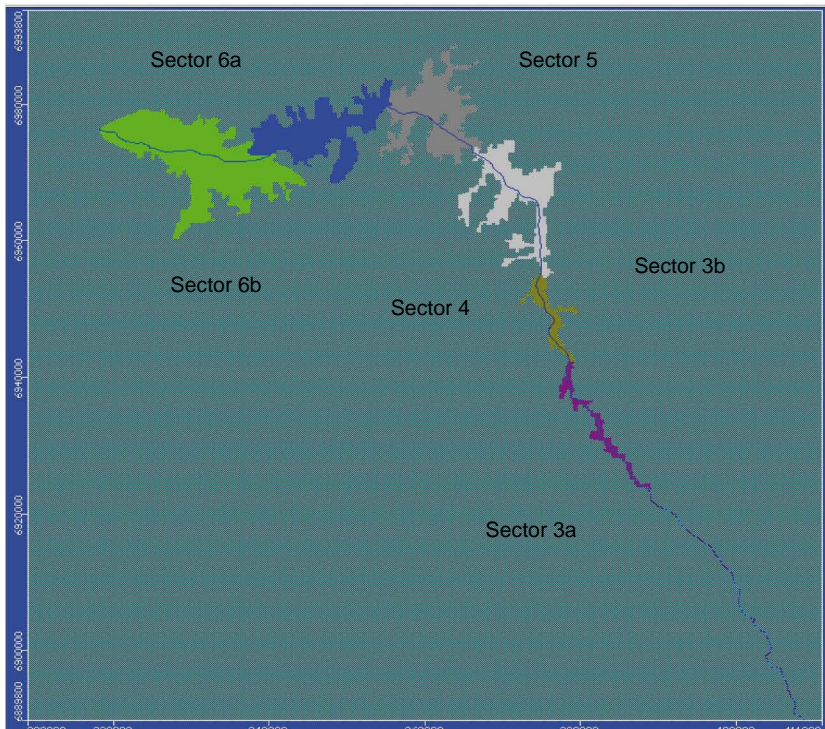
Ejecutados los diferentes escenarios es posible obtener el balance hídrico para cada uno de los sectores para cada escenario presentado, siendo posible cuantificar los flujos de entrada, salida y la variación del almacenamiento del sistema acuífero, y por ende conocer el balance hídrico del sistema.

Para esto se hace uso de las herramientas de análisis que el modelo de simulación posee para evaluar los balances hídricos, en este caso se recurrió a la herramienta Zone Budget, la que permite calcular los caudales pasantes al definir zonas específicas para la realización de dichos balances.

La información resumida del balance hídrico anual integrado de los sectores acuíferos de interés 3, 4 y 5 del Modelo se presentan en la Tabla III.2.11 a Tabla III.2.26, las cuales contienen la información del balance hídrico para el lapso entre los años 2011 a 2020, correspondiente al periodo de interés en donde se implementa la recarga artificial.

La figura III.2.5 contiene las zonas de balance (Zone Budget) utilizadas para realizar el balance hídrico anual integrado de los diferentes sectores del Modelo.

**Figura III.2.5: Zonas de Balance del Modelo**





### III.2.6.1 BALANCE POR SECTORES

A continuación se presentan los distintos balances de cada escenario modelado por sector acuífero de interés. Dichas tablas de balance presentan para los años de interés del modelo un resumen con las entradas y las salidas de agua de cada sector acuífero expresados en Mm<sup>3</sup>/año, con lo que se puede observar que es lo que ocurre para cada período con el almacenamiento.

A continuación se presentan los resultados por sector modelado.

#### III.2.6.1.1 Sector 3

El sector 3, tanto el 3a como el 3b, al encontrarse aguas arriba de las zonas de recarga artificial se ven poco influenciadas por este fenómeno, viéndose reflejado en la variación del almacenamiento entre cada uno de los escenarios, lo que prácticamente no presentan variación entre escenarios y siendo aún más claro en el cuadro resumen presentada en la

Tabla III.2.27, en la cual la variación acumulada es la misma para todos los escenarios.

Esto significa que para el sector 3 la recarga artificial propuesta en los sectores 4 y 5 no presenta ninguna influencia, por lo que como se verá más adelante, dentro del capítulo de obras propuestas, dado que no es posible realizar obras como las indicadas para los sectores 4 y 5 debido al poco espacio disponible, se plantea un mejoramiento de las condiciones del cauce en caso de querer obtener mejoras en este sector acuífero, mejoras que no son posibles de modelar a priori.

**Tabla III.2.11: Balance Hídrico Sector 3a - Escenario 0**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	9.74	1.58	19.85	0.00	2.92	11.32	22.78	-11.46
2012	8.73	1.58	19.85	0.00	2.17	10.31	22.02	-11.71
2013	16.58	1.58	19.85	0.00	2.05	18.16	21.91	-3.74
2014	10.22	1.58	19.85	0.00	1.74	11.80	21.60	-9.80
2015	18.50	1.58	19.85	0.00	1.69	20.09	21.54	-1.45
2016	28.07	1.58	19.85	0.00	3.09	29.65	22.94	6.71
2017	21.81	1.58	19.85	0.00	3.75	23.39	23.61	-0.22
2018	15.29	1.58	19.85	0.00	3.24	16.88	23.09	-6.22
2019	25.22	1.58	19.85	0.00	3.74	26.80	23.60	3.21
2020	31.82	1.58	19.85	0.00	4.89	33.40	24.75	8.66
<b>Total</b>	<b>185.98</b>	<b>15.82</b>	<b>198.55</b>	<b>0.00</b>	<b>29.29</b>	<b>201.80</b>	<b>227.84</b>	<b>-26.03</b>

**Tabla III.2.12: Balance Hídrico Sector 3a - Escenario 1**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	9.74	1.58	19.85	0.00	2.93	11.32	22.78	-11.46
2012	8.73	1.58	19.85	0.00	2.13	10.31	21.98	-11.67
2013	16.58	1.58	19.85	0.00	2.03	18.16	21.88	-3.72
2014	10.22	1.58	19.85	0.00	1.76	11.80	21.62	-9.82
2015	18.50	1.58	19.85	0.00	1.68	20.09	21.53	-1.45
2016	28.07	1.58	19.85	0.00	3.10	29.65	22.96	6.69
2017	21.81	1.58	19.85	0.00	3.75	23.39	23.61	-0.22
2018	15.29	1.58	19.85	0.00	3.23	16.88	23.09	-6.21
2019	25.22	1.58	19.85	0.00	3.76	26.80	23.62	3.18
2020	31.82	1.58	19.85	0.00	4.89	33.40	24.74	8.66
<b>Total</b>	<b>185.98</b>	<b>15.82</b>	<b>198.55</b>	<b>0.00</b>	<b>29.26</b>	<b>201.80</b>	<b>227.81</b>	<b>-26.01</b>

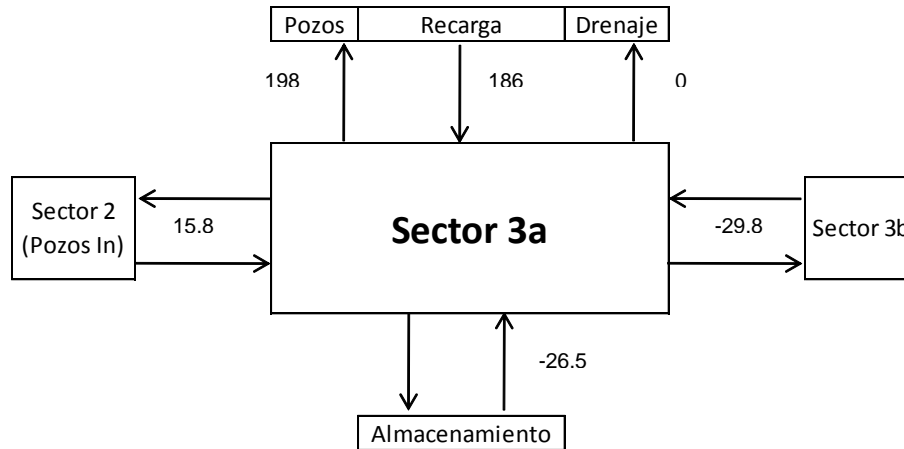
**Tabla III.2.13: Balance Hídrico Sector 3a - Escenario 2**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	9.74	1.58	19.85	0.00	2.98	11.32	22.84	-11.52
2012	8.73	1.58	19.85	0.00	2.31	10.31	22.16	-11.85
2013	16.58	1.58	19.85	0.00	2.12	18.16	21.97	-3.81
2014	10.22	1.58	19.85	0.00	1.78	11.80	21.63	-9.83
2015	18.50	1.58	19.85	0.00	1.71	20.09	21.56	-1.47
2016	28.07	1.58	19.85	0.00	3.13	29.65	22.99	6.66
2017	21.81	1.58	19.85	0.00	3.79	23.39	23.64	-0.25
2018	15.29	1.58	19.85	0.00	3.28	16.88	23.13	-6.26
2019	25.22	1.58	19.85	0.00	3.81	26.80	23.67	3.14
2020	31.82	1.58	19.85	0.00	4.94	33.40	24.79	8.61
<b>Total</b>	<b>185.98</b>	<b>15.82</b>	<b>198.55</b>	<b>0.00</b>	<b>29.84</b>	<b>201.80</b>	<b>228.39</b>	<b>-26.59</b>

**Tabla III.2.14: Balance Hídrico Sector 3a - Escenario 3**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	9.74	1.58	19.85	0.00	2.98	11.32	22.84	-11.52
2012	8.73	1.58	19.85	0.00	2.31	10.31	22.16	-11.85
2013	16.58	1.58	19.85	0.00	2.12	18.16	21.97	-3.81
2014	10.22	1.58	19.85	0.00	1.78	11.80	21.63	-9.83
2015	18.50	1.58	19.85	0.00	1.70	20.09	21.56	-1.47
2016	28.07	1.58	19.85	0.00	3.13	29.65	22.99	6.66
2017	21.81	1.58	19.85	0.00	3.78	23.39	23.64	-0.25
2018	15.29	1.58	19.85	0.00	3.27	16.88	23.13	-6.25
2019	25.22	1.58	19.85	0.00	3.81	26.80	23.67	3.13
2020	31.82	1.58	19.85	0.00	4.94	33.40	24.79	8.61
<b>Total</b>	<b>185.98</b>	<b>15.82</b>	<b>198.55</b>	<b>0.00</b>	<b>29.83</b>	<b>201.80</b>	<b>228.38</b>	<b>-26.57</b>

**Figura III.2.6: Esquema de Balance Hídrico del Sector 3a – Escenario 3 (Mm<sup>3</sup>/año)**



En resumen el sector 3a recibe una recarga natural de 186 Mm<sup>3</sup> frente a una salida de 198 Mm<sup>3</sup>, lo que representa un desbalance de solo 12 Mm<sup>3</sup> en 10 años. Por otra parte las entradas y salidas laterales suponen una disminución de almacenamiento de 13 Mm<sup>3</sup>, con lo que el desbalance total alcanza a 25 Mm<sup>3</sup> en 10 años. Lo que se puede considerar como una virtual estabilización de los niveles. Si se considera una mejora en la infiltración desde el río de un 15% de los 177 Mm<sup>3</sup>, se producirá un equilibrio entre entradas y salidas.

**Tabla III.2.15: Balance Hídrico Sector 3b - Escenario 0**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	13.06	2.93	27.31	0.00	3.71	15.99	31.02	-15.04
2012	10.70	2.17	27.31	0.00	2.65	12.87	29.96	-17.08
2013	19.47	2.05	27.31	0.00	2.83	21.52	30.14	-8.62
2014	13.40	1.75	27.31	0.00	2.53	15.16	29.84	-14.68
2015	24.84	1.69	27.31	0.00	2.99	26.53	30.30	-3.77
2016	30.11	3.09	27.31	0.00	3.43	33.20	30.74	2.46
2017	22.30	3.76	27.31	0.00	3.47	26.06	30.78	-4.72
2018	19.85	3.24	27.31	0.00	1.38	23.09	28.69	-5.60
2019	27.36	3.74	27.31	0.00	2.55	31.10	29.86	1.24
2020	34.51	4.89	27.31	0.00	2.90	39.40	30.21	9.19
<b>Total</b>	<b>215.61</b>	<b>29.31</b>	<b>273.10</b>	<b>0.00</b>	<b>28.44</b>	<b>244.93</b>	<b>301.54</b>	<b>-56.62</b>

**Tabla III.2.16: Balance Hídrico Sector 3b - Escenario 1**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	13.06	2.93	27.31	0.00	3.74	15.99	31.05	-15.06
2012	10.70	2.13	27.31	0.00	2.62	12.83	29.93	-17.10
2013	19.47	2.03	27.31	0.00	2.84	21.49	30.15	-8.65
2014	13.40	1.77	27.31	0.00	2.55	15.18	29.86	-14.68
2015	24.84	1.68	27.31	0.00	2.99	26.52	30.30	-3.79
2016	30.11	3.11	27.31	0.00	3.44	33.22	30.75	2.47
2017	22.30	3.75	27.31	0.00	3.43	26.06	30.74	-4.69
2018	19.85	3.23	27.31	0.00	1.66	23.09	28.97	-5.89
2019	27.36	3.76	27.31	0.00	2.59	31.13	29.90	1.23
2020	34.51	4.89	27.31	0.00	2.92	39.39	30.23	9.16
<b>Total</b>	<b>215.61</b>	<b>29.29</b>	<b>273.10</b>	<b>0.00</b>	<b>28.79</b>	<b>244.90</b>	<b>301.89</b>	<b>-56.99</b>

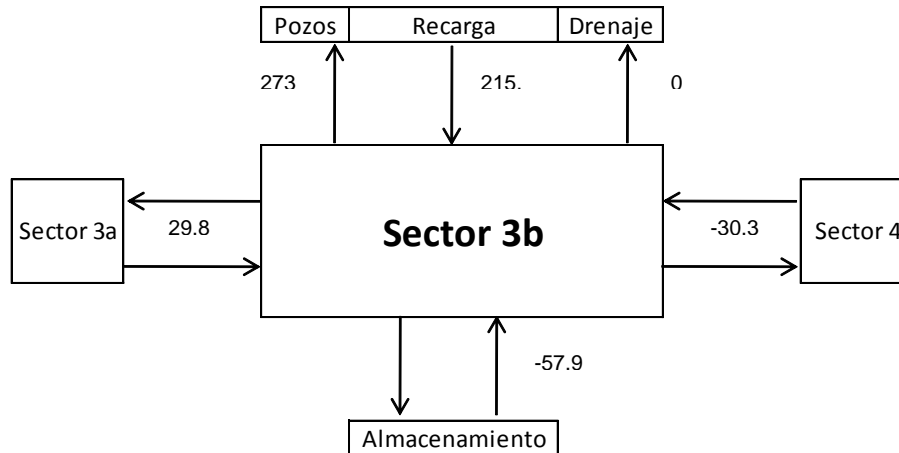
**Tabla III.2.17: Balance Hídrico Sector 3b - Escenario 2**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	13.06	2.99	27.31	0.00	3.88	16.05	31.19	-15.14
2012	10.70	2.31	27.31	0.00	2.65	13.01	29.96	-16.95
2013	19.47	2.12	27.31	0.00	2.80	21.59	30.11	-8.52
2014	13.40	1.78	27.31	0.00	2.56	15.19	29.87	-14.68
2015	24.84	1.71	27.31	0.00	3.02	26.55	30.33	-3.79
2016	30.11	3.14	27.31	0.00	3.42	33.25	30.73	2.52
2017	22.30	3.79	27.31	0.00	3.46	26.09	30.77	-4.68
2018	19.85	3.28	27.31	0.00	3.24	23.14	30.55	-7.42
2019	27.36	3.81	27.31	0.00	2.44	31.18	29.75	1.42
2020	34.51	4.94	27.31	0.00	2.84	39.45	30.15	9.30
<b>Total</b>	<b>215.61</b>	<b>29.86</b>	<b>273.10</b>	<b>0.00</b>	<b>30.30</b>	<b>245.48</b>	<b>303.40</b>	<b>-57.92</b>

**Tabla III.2.18: Balance Hídrico Sector 3b - Escenario 3**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	13.06	2.99	27.31	0.00	3.88	16.05	31.19	-15.14
2012	10.70	2.31	27.31	0.00	2.65	13.01	29.96	-16.95
2013	19.47	2.12	27.31	0.00	2.80	21.59	30.11	-8.52
2014	13.40	1.78	27.31	0.00	2.56	15.19	29.87	-14.68
2015	24.84	1.71	27.31	0.00	3.02	26.54	30.33	-3.79
2016	30.11	3.13	27.31	0.00	3.42	33.24	30.73	2.51
2017	22.30	3.78	27.31	0.00	3.46	26.09	30.77	-4.68
2018	19.85	3.27	27.31	0.00	3.24	23.13	30.55	-7.42
2019	27.36	3.81	27.31	0.00	2.44	31.18	29.75	1.43
2020	34.51	4.94	27.31	0.00	2.84	39.45	30.15	9.30
<b>Total</b>	<b>215.61</b>	<b>29.85</b>	<b>273.10</b>	<b>0.00</b>	<b>30.29</b>	<b>245.46</b>	<b>303.39</b>	<b>-57.93</b>

**Figura III.2.7: Esquema de Balance Hídrico del Sector 3b – Escenario3 (Mm<sup>3</sup>/año)**



El sector 3b, representa una recarga natural de 215 Mm<sup>3</sup> frente a una extracción por bombeo de 273 Mm<sup>3</sup> mientras que las entradas y salidas laterales son iguales. Así la variación del almacenamiento resulta de 56 Mm<sup>3</sup> que se debería compensar por un aumento de 20% de las infiltraciones en el lecho del río, mediante su acondicionamiento.

#### III.2.6.1.2 Sector 4

El sector 4 al constituirse como una de las zonas de recarga artificial se ve directamente influenciada por este fenómeno, viéndose reflejado en la variación del almacenamiento, principalmente en los escenarios 1 y 3. En dichos escenarios, en los cuales este sector presenta recarga artificial, se aprecia que la variación del almacenamiento para los años en que existe recarga de excedentes presentan un balance positivo significativo, sobre todo en el escenario 1 en el cual se recargan todos los excedentes en este sector, siendo aún más claro en el cuadro resumen presentada en la

Tabla III.2.27.

A su vez, es importante observar como con el aumento de la recarga también aumenta el volumen de drenaje, por lo tanto hay una cantidad importante del agua infiltrada que vuelve a “aflorar” o que simplemente no es capaz de ingresar al acuífero, siendo incapaz este de rellenar toda su extensión o capacidad, como se aprecia en las figuras de isoprofundidad e isopiezométricas de cada escenario presentadas en el Anexo III.2, correspondientes a las Figuras 22 a la 30. En ellas, específicamente en la Figura 28 y 40 se puede observar cómo se genera una especie de cono de recarga en torno a las obras de infiltración al final del periodo modelado. Este fenómeno también se aprecia en los perfiles longitudinales del acuífero, tanto el perfil conjunto de los 3 sectores

acuíferos presentados en las Figuras 8 a la Figura 12 del Anexo III.2, como en los perfiles del sector 4 presentados en las Figuras 47 a la Figura 51 del mismo anexo.

**Tabla III.2.19: Balance Hídrico Sector 4 - Escenario 0**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	12.92	3.78	38.07	1.17	2.78	16.69	42.02	-25.32
2012	11.05	2.71	38.07	0.65	2.64	13.76	41.36	-27.61
2013	22.54	2.89	38.07	0.58	2.67	25.43	41.32	-15.88
2014	13.82	2.59	38.07	0.27	2.62	16.40	40.96	-24.55
2015	23.56	3.05	38.07	0.23	2.61	26.61	40.91	-14.29
2016	39.80	3.51	38.07	0.57	2.63	43.31	41.27	2.04
2017	32.00	3.55	38.07	0.70	2.75	35.55	41.52	-5.97
2018	21.18	1.45	38.07	0.51	2.77	22.64	41.35	-18.71
2019	35.13	2.64	38.07	0.75	2.72	37.77	41.54	-3.77
2020	48.82	2.99	38.07	1.58	2.89	51.81	42.54	9.28
<b>Total</b>	<b>260.82</b>	<b>29.16</b>	<b>380.66</b>	<b>7.03</b>	<b>27.08</b>	<b>289.98</b>	<b>414.77</b>	<b>-124.79</b>

**Tabla III.2.20: Balance Hídrico Sector 4 - Escenario 1**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	12.92	3.80	38.07	1.20	2.79	16.72	42.06	-25.34
2012	11.05	2.68	38.07	0.68	2.65	13.73	41.40	-27.66
2013	22.54	2.90	38.07	0.61	2.67	25.44	41.35	-15.90
2014	13.82	2.61	38.07	0.29	2.62	16.42	40.98	-24.55
2015	24.32	3.05	38.07	0.25	2.61	27.38	40.93	-13.56
2016	121.83	3.55	38.07	1.07	2.66	125.38	41.79	83.59
2017	89.42	3.55	38.07	4.88	2.92	92.97	45.87	47.10
2018	21.61	1.72	38.07	4.89	3.10	23.33	46.06	-22.73
2019	166.60	2.66	38.07	54.82	3.19	169.27	96.07	73.19
2020	213.30	3.00	38.07	118.63	3.57	216.30	160.26	56.04
<b>Total</b>	<b>697.41</b>	<b>29.53</b>	<b>380.66</b>	<b>187.32</b>	<b>28.78</b>	<b>726.94</b>	<b>596.76</b>	<b>130.18</b>

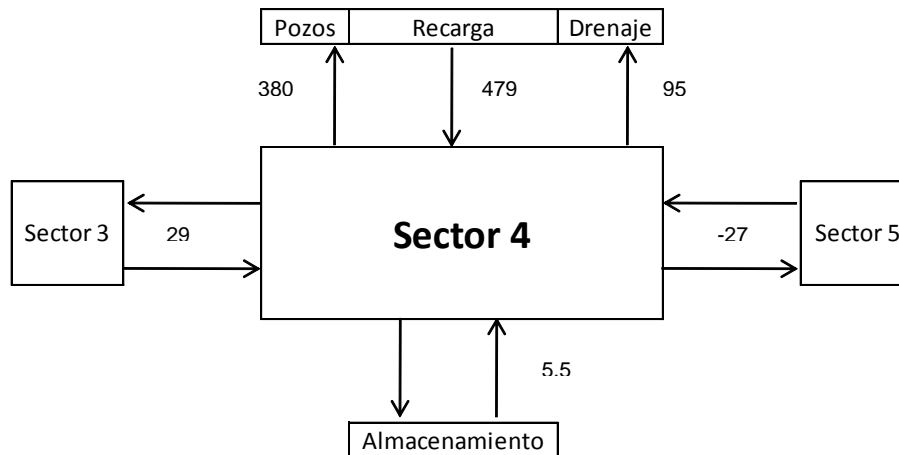
**Tabla III.2.21: Balance Hídrico Sector 4 - Escenario 2**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	12.92	3.94	38.07	1.17	2.78	16.86	42.02	-25.16
2012	11.05	2.71	38.07	0.65	2.64	13.76	41.36	-27.61
2013	22.54	2.86	38.07	0.58	2.67	25.41	41.32	-15.91
2014	13.82	2.61	38.07	0.27	2.62	16.43	40.96	-24.52
2015	23.56	3.08	38.07	0.23	2.61	26.64	40.91	-14.27
2016	39.80	3.49	38.07	0.58	2.63	43.29	41.27	2.02
2017	32.00	3.54	38.07	0.71	2.75	35.54	41.53	-5.99
2018	21.18	3.32	38.07	0.51	2.77	24.50	41.35	-16.85
2019	35.13	2.52	38.07	0.76	2.72	37.66	41.55	-3.89
2020	48.82	2.93	38.07	1.60	2.89	51.76	42.56	9.20
<b>Total</b>	<b>260.82</b>	<b>31.01</b>	<b>380.66</b>	<b>7.07</b>	<b>27.07</b>	<b>291.83</b>	<b>414.80</b>	<b>-122.97</b>

**Tabla III.2.22: Balance Hídrico Sector 4 - Escenario 3**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	12.92	3.78	38.07	1.17	2.78	16.69	42.02	-25.32
2012	11.05	2.70	38.07	0.65	2.64	13.75	41.36	-27.61
2013	22.54	2.89	38.07	0.58	2.67	25.44	41.32	-15.88
2014	13.82	2.59	38.07	0.27	2.62	16.41	40.95	-24.55
2015	23.94	3.05	38.07	0.23	2.61	26.99	40.91	-13.91
2016	80.81	3.50	38.07	0.58	2.63	84.31	41.27	43.04
2017	60.71	3.55	38.07	5.24	2.75	64.27	46.06	18.21
2018	21.40	1.40	38.07	0.57	2.78	22.80	41.41	-18.61
2019	100.87	2.63	38.07	31.22	2.74	103.50	72.03	31.47
2020	131.06	2.98	38.07	54.32	2.94	134.04	95.33	38.72
<b>Total</b>	<b>479.11</b>	<b>29.08</b>	<b>380.66</b>	<b>94.83</b>	<b>27.15</b>	<b>508.19</b>	<b>502.65</b>	<b>5.55</b>

**Figura III.2.8: Esquema de Balance Hídrico del Sector 4 (Mm<sup>3</sup>/año)**



Si se comparan los resultados de los escenarios 0 y 3 se puede apreciar que la recarga natural de 260 Mm<sup>3</sup>, pasa a 479 Mm<sup>3</sup> como recarga total natural más artificial, por lo que se ha introducido un volumen de 219 Mm<sup>3</sup> al acuífero, quedando al final con un mayor volumen de 5.5 Mm<sup>3</sup>. Los flujos laterales de entrada y salida prácticamente no varían.

Además de lo anterior se produce una salida superficial al río de 95 Mm<sup>3</sup>, concentrado casi toda en el año 2020. Este caudal se puede emplear en forma superficial en el sector 5 mediante las redes de canales existentes tales como Bodega, La Chimba y Chamonate lo que debería producir una disminución de la explotación de agua subterránea en el sector 5.

### III.2.6.1.3 Sector 5

El sector 5 al constituirse también como una de las zonas de recarga artificial se ve directamente influenciada por este fenómeno, viéndose reflejado en la variación del almacenamiento, principalmente en los escenarios 2 y 3. En dichos escenarios, en los cuales este sector presenta recarga artificial, se aprecia que la variación del almacenamiento para los años en que existe recarga de excedentes presentan un balance positivo significativo y mayor a los presentados en el sector 4, sobre todo en el escenario 2 en el cual se recargan todos los excedentes en este sector, siendo aún más claro en el cuadro resumen presentada en la

Tabla III.2.27, el cual presenta una variación positiva acumulada de 230 Mm<sup>3</sup>.

A su vez, es importante observar como con el aumento de la recarga, al igual que en el sector 4 pero en menor medida, también aumenta el volumen de drenaje, por lo tanto hay una cantidad importante del agua infiltrada que vuelve a "aflorar" o que simplemente no es capaz de ingresar al acuífero, siendo incapaz este de rellenar toda su extensión o capacidad, como se aprecia en las



figuras de isoprofundidad e isopiezométricas de cada escenario presentadas en el Anexo III.2, correspondientes a las Figuras 31 a la 39. En ellas, específicamente en la Figura 38 y 39 se puede observar cómo se genera una especie de cono de recarga en torno a las obras de infiltración al final del periodo modelado. Este fenómeno también se aprecia en los perfiles longitudinales del acuífero, tanto el perfil conjunto de los 3 sectores acuíferos presentados en las Figuras 8 a la Figura 12 del Anexo III.2, como en los perfiles del sector 5 presentados en las Figuras 53 a la Figura 57 del mismo anexo.

**Tabla III.2.23: Balance Hídrico Sector 5 - Escenario 0**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	0.19	3.37	29.18	0.00	0.52	3.56	29.70	-26.14
2012	4.17	3.22	29.18	0.00	0.53	7.39	29.70	-22.32
2013	13.33	3.09	29.18	0.00	0.60	16.42	29.78	-13.35
2014	1.70	3.24	29.18	0.00	0.48	4.94	29.65	-24.72
2015	11.97	3.14	29.18	0.00	0.53	15.12	29.70	-14.58
2016	40.61	2.70	29.18	0.00	0.87	43.31	30.05	13.26
2017	21.78	2.88	29.18	0.00	0.77	24.65	29.95	-5.30
2018	2.21	3.23	29.18	0.00	0.56	5.44	29.74	-24.30
2019	31.02	2.85	29.18	0.00	0.79	33.87	29.96	3.91
2020	41.10	2.95	29.18	0.00	1.15	44.04	30.32	13.72
<b>Total</b>	<b>168.08</b>	<b>30.67</b>	<b>291.77</b>	<b>0.00</b>	<b>6.79</b>	<b>198.75</b>	<b>298.57</b>	<b>-99.82</b>

**Tabla III.2.24: Balance Hídrico Sector 5 - Escenario 1**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	0.19	3.37	29.18	0.00	0.52	3.56	29.70	-26.14
2012	4.17	3.23	29.18	0.00	0.52	7.39	29.70	-22.31
2013	13.33	3.09	29.18	0.00	0.60	16.43	29.78	-13.35
2014	1.70	3.24	29.18	0.00	0.48	4.94	29.66	-24.71
2015	11.97	3.15	29.18	0.00	0.53	15.12	29.70	-14.58
2016	40.61	2.72	29.18	0.00	0.88	43.33	30.06	13.28
2017	21.78	3.04	29.18	0.00	0.78	24.81	29.95	-5.14
2018	2.21	3.56	29.18	0.00	0.57	5.77	29.74	-23.98
2019	31.02	3.31	29.18	0.00	0.79	34.33	29.97	4.36
2020	41.10	3.62	29.18	0.00	1.16	44.72	30.33	14.39
<b>Total</b>	<b>168.08</b>	<b>32.33</b>	<b>291.77</b>	<b>0.00</b>	<b>6.82</b>	<b>200.41</b>	<b>298.59</b>	<b>-98.18</b>

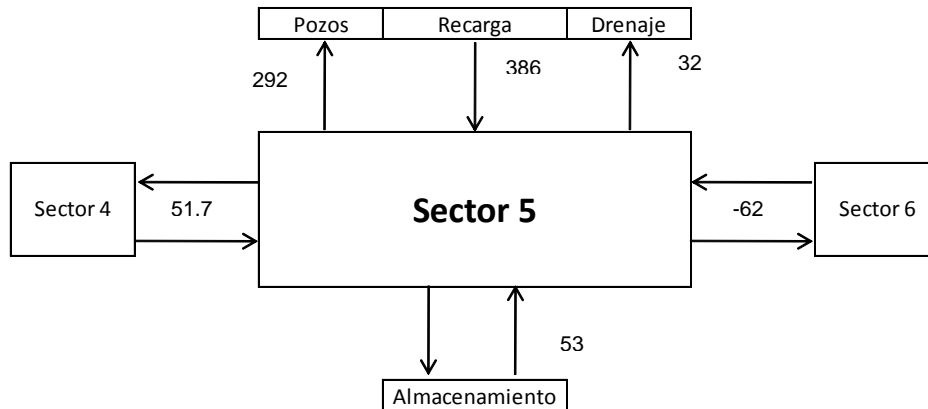
**Tabla III.2.25: Balance Hídrico Sector 5 - Escenario 2**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	0.19	3.37	29.18	0.00	0.52	3.56	29.70	-26.14
2012	4.18	3.22	29.18	0.00	0.53	7.40	29.70	-22.31
2013	13.37	3.08	29.18	0.00	0.60	16.45	29.78	-13.32
2014	1.70	3.24	29.18	0.00	0.47	4.94	29.65	-24.71
2015	12.77	3.03	29.18	0.00	0.52	15.80	29.69	-13.90
2016	122.75	11.43	29.18	3.66	21.85	134.18	54.69	79.49
2017	79.25	8.69	29.18	7.47	17.57	87.94	54.21	33.73
2018	2.64	2.99	29.18	0.00	4.43	5.62	33.61	-27.99
2019	162.57	12.09	29.18	46.59	30.50	174.66	106.26	68.40
2020	205.67	11.24	29.18	82.47	37.24	216.91	148.88	68.03
<b>Total</b>	<b>605.08</b>	<b>62.38</b>	<b>291.77</b>	<b>140.18</b>	<b>114.22</b>	<b>667.45</b>	<b>546.18</b>	<b>121.28</b>

**Tabla III.2.26: Balance Hídrico Sector 5 - Escenario 3**

Año	Entrada (Mm3/Año)		Salida (Mm3/Año)			Entrada Total (Mm3/Año)	Salida Total (Mm3/Año)	Variación Almacenamiento (Mm3/Año)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Volumen Bombeo	Volumen Dren	Flujo Subterráneo			
2011	0.19	3.37	29.18	0.00	0.53	3.56	29.70	-26.14
2012	4.17	3.22	29.18	0.00	0.53	7.39	29.70	-22.31
2013	13.35	3.09	29.18	0.00	0.60	16.44	29.77	-13.34
2014	1.70	3.25	29.18	0.00	0.47	4.95	29.65	-24.70
2015	12.37	3.06	29.18	0.00	0.48	15.43	29.66	-14.23
2016	81.68	7.20	29.18	0.00	9.91	88.87	39.09	49.79
2017	50.51	6.15	29.18	0.00	9.24	56.67	38.42	18.25
2018	2.42	2.80	29.18	0.00	2.71	5.23	31.89	-26.67
2019	96.80	9.73	29.18	6.48	16.92	106.53	52.57	53.95
2020	123.38	9.85	29.18	25.38	20.38	133.23	74.94	58.30
<b>Total</b>	<b>386.57</b>	<b>51.71</b>	<b>291.77</b>	<b>31.86</b>	<b>61.76</b>	<b>438.29</b>	<b>385.39</b>	<b>52.90</b>

**Figura III.2.9: Esquema de Balance Hídrico del Sector 5 ( $Mm^3/año$ )**



La recarga artificial permite almacenar un volumen de 386  $Mm^3$  por sobre los 168  $Mm^3$  de la recarga natural sin infiltración artificial, es decir un total adicional de 218  $Mm^3$ , lo que produce un aumento del volumen almacenado de 53  $Mm^3$  al final del período. Esto se refleja en una estabilización de niveles y/o recuperación de éstos.

Si se suman las variaciones del almacenamiento para cada sector en cada uno de los escenarios se tiene la variación total del almacenamiento de dicho sector acuífero para cada alternativa modelada. Si a su vez se suman las variaciones de todos los sectores de interés para cada escenario, se puede obtener cual es el escenario que presenta mayores beneficios en términos de una mejora en el almacenamiento o que maximiza el agua recargada en el acuífero.

En la

Tabla III.2.27 se presentan dichos valores, observándose que el escenario que presenta una mayor variación positiva del almacenamiento corresponde al Escenario 3, lo que significa que en dicho escenario se maximiza el agua infiltrada al distribuirla en dos sectores de recarga, evitando que esta escurra por incapacidad del acuífero de recibirla o por afloramiento o “rebalse” del acuífero si se infiltra en un solo sector, como se aprecia en los planos de isoprofundidades presentadas en el Anexo III.2.

**Tabla III.2.27: Variaciones Totales de Almacenamiento por Escenario**

<b>Variación Final Almacenamiento (Mm3)</b>					
<b>Escenarios</b>	<b>Sector 3a</b>	<b>Sector 3b</b>	<b>Sector 4</b>	<b>Sector 5</b>	<b>Total</b>
Escenario 0	-26.03	-56.62	-124.79	-99.82	-307.26
Escenario 1	-26.01	-56.99	130.18	-98.18	-51.00
Escenario 2	-26.59	-57.92	-122.97	121.28	-86.20
Escenario 3	-26.57	-57.93	5.55	52.90	<b>-26.06</b>

Del mismo modo anterior, utilizando el mismo criterio que para el balance del almacenamiento de los distintos sectores acuíferos, es posible sumar las salidas totales por drenaje, correspondiendo a la cantidad de agua que salió por el drenaje ubicado en el río. En la Tabla III.2.28 de los tres escenarios con recarga artificial, es nuevamente el Escenario 3 el que presenta una menor salida de agua por el drenaje, demostrando que esta alternativa representa un uso más eficiente de la recarga artificial dada su distribución.

**Tabla III.2.28: Salidas Totales por Drenaje por Escenario**

<b>Salidas por Drenaje (Mm3)</b>					
<b>Escenarios</b>	<b>Sector 3a</b>	<b>Sector 3b</b>	<b>Sector 4</b>	<b>Sector 5</b>	<b>Total</b>
Escenario 0	0.00	0.00	7.03	0.00	7.03
Escenario 1	0.00	0.00	187.32	0.00	187.32
Escenario 2	0.00	0.00	7.07	140.18	147.26
Escenario 3	0.00	0.00	94.83	31.86	<b>126.69</b>

Por otro lado se tiene que en la

Tabla III.2.29 los tres escenarios con recarga artificial presentan la misma cantidad de recarga, es decir del orden de 437 Mm3, lo que podría indicar que el agua que sale por los drenajes constituiría la reaparición de las vertientes en el acuífero, situación que se ha perdido debido a las sequías y al aumento de demanda en el valle de Copiapó. Dicha agua sería aprovechada en forma superficial por el sector 6 como ha ocurrido en los años en que eso es posible.

**Tabla III.2.29: Entradas Totales por Recarga por Escenario**

Entrada por Recarga (Mm3)					
Escenarios	Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	Sector 5	Total
Escenario 0	185.98	215.61	260.82	168.08	830.49
Escenario 1	185.98	215.61	697.41	168.08	1267.08
Escenario 2	185.98	215.61	260.82	605.08	1267.50
Escenario 3	185.98	215.61	479.11	386.57	<b>1267.28</b>

Adicionalmente, de cada escenario ejecutado se determinó la profundidad media, mínima y máxima del acuífero en cada sector presentada en la Tabla III.2.30, con la finalidad de poder realizar una estimación de los beneficios por un menor costo de bombeo producto del incremento del nivel del acuífero en la etapa de análisis correspondiente. De la misma forma se presenta en la Tabla III.2.31, las áreas beneficiadas producto del incremento del nivel acuífero, considerando como área beneficiada aquellos sectores donde el incremento del nivel freático respecto del escenario 0 es mayor a 5 metros. Las figuras que representan el área beneficiada para los sectores 4 y 5 para cada escenario se presentan en el Anexo III.2

**Tabla III.2.30: Profundidades de la Napa en Sectores 4 y 5 por Escenario**

	Profundidades Acuífero por Escenario(m)					
	Sector 4			Sector 5		
	Media	Minima	Máxima	Media	Minima	Máxima
Escenario 0	96.4	42.1	200.0	91.0	35.7	157.6
Escenario 1	75.4	0.0	200.0	90.8	35.5	157.4
Escenario 2	96.4	42.1	200.0	73.1	0.0	142.7
Escenario 3	87.2	0.0	200.0	78.4	0.0	144.6

**Tabla III.2.31: Área Beneficiada en Sectores 4 y 5 por Escenario**

Área Beneficiada por Escenario (Ha.)		
	Sector 4	Sector 5
Escenario 0	0.0	0.0
Escenario 1	5,140.0	536.0
Escenario 2	44.0	4,788.0
Escenario 3	2,640.0	4,492.0

### III.2.7 CONCLUSIONES

Como conclusión preliminar se puede decir que:

- El modelo desarrollado por SERNAGEOMIN es suficiente para llevar a cabo una modelación de las diferentes alternativas de obras de infiltración para recarga artificial en el río Copiapó, pese a la generalidad espacial y temporal de este modelo.
- Se utilizará el Modelo Sector Bajo, que comprende desde el sector acuífero 3 al 6, entendiendo que las obras de infiltración propuestas se encuentran en los sectores acuíferos 4 y 5 y con la finalidad de intervenir lo menos posible el modelo original en términos de su construcción
- Para llevar a cabo la modelación de las obras se trabaja con un periodo de tiempo total más corto que el utilizado por el modelo original del SERNAGEOMIN, modelando solo de los años 1993 al 2020, donde el periodo de interés y análisis es del 2011 al 2020, periodo en que se simula la recarga artificial.
- Si bien el modelo cumple con el objetivo de análisis del fenómeno de recarga artificial, esta herramienta cumple un rol principalmente de análisis cualitativo más que cuantitativo, dado que en opinión del consultor esta herramienta no representa fielmente el fenómeno de recarga natural en los periodos de mayor disponibilidad debido a las debilidades estructurales que este presenta y cuyas modificaciones serían objeto de una nueva modelación.
- Entendiendo las limitaciones del presente modelo, y siendo representada adecuadamente la recarga artificial en este, se puede observar claramente el efecto que dicha recarga tiene sobre el almacenamiento en cada sector acuífero.
- De los escenarios analizados se desprende que la mejor alternativa de obras corresponde al Escenario 3, en cuyo caso los recursos disponibles para recarga artificial se distribuyen entre el sector 4 y 5. Esto porque de un análisis conjunto de la variación del almacenamiento de todos los sectores de interés es el que presenta un mejor balance con  $-26 \text{ Mm}^3$ , presentando un beneficio conjunto del acuífero y no un solo sector.
- En el período simulado desde el 2011 al 2020, asumiendo que se repite el ciclo hidrológico entre los años 1980-1989, ha indicado que la recarga natural alcanzó a un valor de  $800 \text{ Mm}^3$  y que la recarga artificial permitió infiltrar un volumen de  $436 \text{ Mm}^3$  adicionales.
- Al final del período se obtuvo un aumento del volumen de almacenamiento del acuífero de  $68 \text{ Mm}^3$  equivalentes a  $6.8 \text{ Mm}^3/\text{año}$ .
- Este valor si bien puede aparecer modesto, ha significado además que se detiene la tendencia de descenso de los niveles en los sectores acuíferos recargados y que además se abastece la demanda establecida al año 2011, durante todo el período de simulación.

- El resultado realizado ha permitido identificar las zonas más favorables de recarga, y la reacción del acuífero frente a la recarga natural y artificial.
- Los sectores beneficiados han sido los Nº 4 y 5 principalmente, además se producirán descargas superficiales en las partes bajas de los sectores 4 y 5, las que pueden ser empleadas en ambos casos para regadío mediante la red de canales existentes en el sector 5. Los volúmenes descargados al río en el sector 4 alcanzan a 46,2 Mm<sup>3</sup> y en el sector 5 (Piedra Colgada) alcanzan a 5 Mm<sup>3</sup>, estos volúmenes harán disminuir la extracción de agua subterránea en una cantidad similar.
- Los resultados del modelo servirán para elaborar el anteproyecto de obras de recarga artificial, y determinar su costo a este nivel.
- Antes de la ejecución del proyecto definitivo es necesario realizar un proyecto piloto de recarga artificial en lagunas de 1 a 2 há en cada uno de los 4 sectores elegidos, con el fin de precisar la capacidad real de infiltración del acuífero. Además se deberán construir piezómetros aguas abajo y hacia los lados de las lagunas pilotos para monitorear en forma regular la forma y evolución de la recarga en la zona no saturada y saturada.
- Los antecedentes obtenidos en el proyecto piloto permitirán la elaboración de un modelo más detallado de recarga artificial y permitirán efectuar los ajustes correspondientes y precisar los volúmenes a infiltrar y su distribución espacial y temporal en los sectores acuíferos.
- En caso de concretarse la ejecución de las plantas desalinizadoras de agua de mar para abastecer total o parcialmente las demandas mineras y de agua potable del sector 4, el volumen de bombeo en el acuífero será considerablemente menor con lo que se producirá un aumento de los niveles en el sector 4 y una mayor descarga superficial para ser empleada en el sector 5.

### III.3 ANÁLISIS AMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS DE RECARGA

Se presenta a continuación las Conclusiones del Estudio de Análisis Ambiental. En el Volumen II se consigna extensamente todos los antecedentes relativos a esta materia.

El informe presentado responde a la necesidad de conocer la realidad ambiental de los sectores de emplazamiento de las obras de infiltración de agua subterránea, proyectadas en el estudio de prefactibilidad de ingeniería, encargado por la Comisión Nacional de Riego (CNR) al consultor. La principal función de las lagunas proyectadas, se relaciona directamente con la escasez hídrica de la Región de Tarapacá y la necesidad de la población que habita la cuenca del Río Copiapó. Fueron analizadas seis alternativas de recarga iniciales, ubicadas en los Sectores Hidrogeológicos N°3, N°4 y N°5 definidos por la Dirección General de Aguas. Para estos seis sectores, se realizó un levantamiento de Línea de Base, el cual, permitió discriminar finalmente, las mejores alternativas desde el punto de vista ambiental, las que corresponden a las denominadas Sector 4-A, Sector 4-B, Sector 5-A y Sector 5-B.

Desde el punto de vista hidrológico, el Río Copiapó, específicamente el sector de estudio, presenta sus máximos caudales en el período estival, razón por la cual la realización de las alternativas de recargas, permitiría generar un almacenamiento para una posterior recarga de acuífero importante. Lo anterior debido principalmente a la necesidad de agua considerada para actividades agrícolas en la zona. Respecto de los impactos ambientales que podrían generarse debido a las obras, se presentarían exclusivamente durante la etapa de construcción, debido al ingreso de maquinaria al sector de cauce. Cabe destacar que el Río Copiapó presenta actualmente, interferencias producto de actividades de explotación de áridos y depósitos de basura y escombros. La presencia de las obras, podría tender a generar un orden relación a la situación actual. Se propone para lo anterior, previa a la implementación del proyecto, se diseñe un programa de intervención de cauce que minimice los efectos no deseados de dichas labores. En relación a la calidad de aguas es posible concluir que las aguas, superficiales y subterráneas presentan parámetros de calidad de aguas que superan los valores límites establecidos en la Norma Chilena NCh 1333 Of78 para uso en riego, debido principalmente a la característica de los suelos, las escasas precipitaciones y alta radiación solar. En los Sectores Hidrogeológicos N°4 y N°5, lugares de intervención directa, no se registró escurrimiento superficial, razón por la cual no se proyectaron impactos ambientales sobre el componente.

El medio biótico, será el más afectado debido a la implementación de las obras de recarga. En el caso del componente Flora y Vegetación Terrestre, debido principalmente a la presencia de dos especies amenazadas de conservación, de acuerdo a la normativa legal vigente, correspondientes a *Prosopis chilensis* en categoría "Vulnerable" y *Pintoa chilensis* en categoría "En Peligro", junto a la existencia de formaciones xerofíticas en el Sector N°4.



Se debe considerar además en el Sector N°5, la posible corta de individuos de *Acacia caven*, *Porlieria chilensis* y *Geoffroea decorticans*, regulados por el DS N° 366/1944, asociados a la presencia de bosque nativo de conservación. En base a estas características, es que se propone la realización de un nuevo levantamiento de Línea de Base, asociado a los polígonos exactos afectos a la implementación de las lagunas de recarga, además de una capacitación exhaustiva a los trabajadores acerca del tipo, características y valor de la flora y vegetación del área del proyecto, a modo de que acaten las medidas de mitigación de impactos relacionados con el recurso. Se propone además la realización de procedimientos específicos ante CONAF como son un Plan de Manejo de Obras Civiles y Plan de Trabajo de Formaciones Xerofíticas, junto a medidas complementarias como el rescate de individuos de *Pintoa chilensis*.

Respecto del componente de Fauna Terrestre y el estado de conservación de los reptiles identificados, destaca la presencia de 3 especies con problemas de conservación (*Philodryas chamissonis*, *Liolaemus atacamensis* y *Liolaemus platei*), las que tienen especial importancia al tratarse de especies de baja movilidad, que son consideradas como beneficiosas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales y beneficiosas para la agricultura. Para lo anterior, es que se propone que el contratista, una vez adjudicadas las obras, realice los procedimientos para un programa de relocalización que considerará el rescate y relocalización de individuos, principalmente especies de baja movilidad como reptiles ubicados en los sectores donde se ubicarán las lagunas de recarga. En relación a la Biota Acuática, se identifica como pobre en términos de riqueza taxonómica, debido a la baja disponibilidad del recurso hídrico, principalmente en los Sectores Hidrogeológicos N°4 y N°5. Lo anterior permite sugerir que las alternativas propuestas en dichos sectores, corresponden a las zonas más propicias a ser utilizadas para la realización del proyecto. La representación de la Biodiversidad en la zona de emplazamiento de las lagunas, no será afectada de manera directa debido a que no afectan directamente a áreas legalmente protegidas bajo protección oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, SNASPE. Sin embargo destaca el hecho de que si se encuentran insertas dentro del Sitio Prioritario de la Comuna de Copiapó denominado Desierto Florido.

Los asentamientos humanos emplazados en los sectores propuestos para la realización de las lagunas de recarga, no se verán afectados debido a que actualmente ya presentan una alta intervención producto de la intervención a causa de actividades de extracción de áridos y actividades industriales, con lo que se concluye que todos los sectores son óptimos desde el punto de vista social para llevar a cabo el proyecto. Pese a lo anterior, igualmente se recomienda efectuar un estudio de expropiaciones que considere específicamente a aquellos propietarios que podrían ver su predio afectado y a los cuales se les debiera aplicar un catastro social para caracterizar el tipo de población que se estaría afectando. Finalmente, respecto al patrimonio arqueológico y cultural, no registraron evidencias arqueológicas, descartándose la presencia en superficie de cualquier sitio arqueológico o elementos relevantes del patrimonio cultural en el área del proyecto.

### **III.4 ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS**

<b>III.4.1 Costos unitarios</b>	<b>III.4-2</b>
<b>III.4.1.1 Instalación de Faenas</b>	<b>III.4-2</b>
<b>III.4.1.2 Costos de excavación</b>	<b>III.4-6</b>
<b>III.4.1.3 Costos de construcción de los vertederos</b>	<b>III.4-6</b>
<b>III.4.2 Costo de las obras a construir</b>	<b>III.4-7</b>
<b>III.4.2.1 Volúmenes y costos de excavación</b>	<b>III.4-8</b>
<b>III.4.2.2 Volúmenes y costos de hormigón en vertederos</b>	<b>III.4-8</b>
<b>III.4.3 Costo total de las lagunas de infiltración</b>	<b>III.4-9</b>
<b>III.4.4 Costo de las alternativas de infiltración seleccionadas</b>	<b>III.4-10</b>

### III.4 ANÁLISIS DE COSTOS DE ALTERNATIVAS DE INFILTRACIÓN

#### INTRODUCCIÓN

##### III.4.1 Costos unitarios

Los antecedentes de costos unitarios considerados para la determinación de los costos de la construcción de las lagunas de infiltración se han obtenido de la base de datos de la consultora teniendo en cuenta la información acumulada durante el estudio del embalse en el río Pulido de la cuenca del Copiapó el año 2010. Para el mencionado proyecto se determinaron los valores unitarios de los distintos conceptos de costo y se adecuaron a la Región de Atacama.

Los ítems de costos que se determinaron para valorizar la inversión en las lagunas de infiltración son: **Instalación de faenas, Costos de excavación, Costos de construcción de los vertederos de hormigón.** Como el objetivo en esta etapa es comparar las alternativas entre sí y ver cuál es la de menor costo, no se consideraron gastos generales, utilidades, provisiones, ni IVA. Estos ítems sí se considerarán en la etapa 5 para la evaluación y sobre la base de un anteproyecto de obras que incluya un levantamiento topográfico.

##### III.4.1.1 Instalación de faenas

La fecha de recopilación de datos fue enero 2010. Estos datos fueron ajustados a la Región de Atacama con un factor obtenido de las estadísticas de remuneraciones INE, precios de combustibles obtenidos directamente, precio de hormigón en la planta Readymix Atacama. Todos los valores fueron al 30 de junio del 2012. Los valores resultantes se confirmaron con contratistas de construcción actualmente en actividad.

El listado de los costos de los insumos se encuentran en el Capítulo 5 tabla V.5-1

Valor UF al Diciembre 2009      20.942,88      Valor UF al 30-06-2012 22.627,36

**Tabla III. 4-1 Instalación de faenas**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>Materiales</b>				0
oficinas	m <sup>2</sup>	100	326.831	32.683.071
vestidores obreros	m <sup>2</sup>	300	118.848	35.654.260
baños obreros	m <sup>2</sup>	100	326.831	32.683.071
comedor obreros	m <sup>2</sup>	400	237.695	95.078.026
bodega	m <sup>2</sup>	150	118.848	17.827.130
pañoles	c/u	1	950.780	950.780
bodega explosivos	m <sup>2</sup>	25	118.848	2.971.188
bodega combustible	m <sup>2</sup>	40	71.309	2.852.341
taller equipos y maquinaria	m <sup>2</sup>	150	148.559	22.283.912
equipamiento taller	gl	1	4.753.901	4.753.901
Instalaciones servicios básicos	c/u	1	5.942.377	5.942.377
Instalación teléfono e internet	c/u	1	297.119	297.119
construcción caminos	Km	15	29.711.883	445.678.245
mantenimiento caminos	mes	20	5.348.139	106.962.779
laboratorios	c/u	1	14.261.704	14.261.704
<b>Total</b>	<b>\$</b>			<b>820.879.903</b>

**III.4.1.2 Costo unitario para la excavación de las lagunas de infiltración.**

**Tabla III.4- 2 Costo unitario de excavación con equipo mecanizado**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>Mano de obra</b>				
Operador	HD	0,0055	42.191	232
Capataz	HD	0,0009	46.945	40
Jornal	HD	0,0020	15.747	31
Cardcheck	HD	0,0019	20.798	40
	Subtotal			343
<b>Equipos y herramientas</b>				
Camión tolva 15 m3	HM	0,0350	22.581	790
Bulldozer tipo D9	HM	0,0000	53.481	0
Excavadora	HM	0,0150	30.900	464
Herramienta menor	c/u	0,5000	12	6
	Subtotal			1.260
combustible	lt	0,9000	616	554
	Subtotal			554
<b>Precio unitario neto (\$)</b>	<b>m<sup>3</sup></b>			<b>2.157</b>

### III.4.1.3 Costo unitario para la construcción de los vertederos de las lagunas.

**Tabla III.4- 3 Costo unitario de recubrimiento de hormigón reforzado**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>Mano de obra</b>				
Capataz (hormigón)	HD	0,0333	46.945	1.563
Maestro de 1ª (albañil)	HD	0,1665	28.523	4.749
Concretero	HD	0,3333	20.798	6.932
Jornal	HD	0,3333	14.575	4.858
	Subtotal			18.102
Equipos menores	c/u	15,0000	119	1.783
Herramientas menores	c/u	50,0000	12	594
	Subtotal			2.377
<b>Materiales</b>				
				0
Suministro H25	m3	1,0500	74.444	78.166
material menor	c/u	150,0000	12	1.783
Refuerzo de Acero A 63-42H	kg	48,84	494	24.127
	Subtotal			104.076
<b>Precio unitario neto (\$)</b>	<b>m3</b>			<b>124.555</b>

### III.4.2 Costos de las obras a construir

El costo de las obras de construcción de las lagunas de infiltración se hizo para las alternativas seleccionadas en el Capítulo III.2 Modelación de las alternativas y depende de:

- La pendiente del sector de emplazamiento
- El largo del sector de emplazamiento
- El ancho de las lagunas
- El número de lagunas

La Tabla III.4- 4 contiene las características de los sectores seleccionados y de las lagunas consideradas:

**Tabla III. 4-4 Características de sectores seleccionados**

Número	Nombre Sector	Pendiente	L espejo m	L recarga m	Nº de Lagunas	Ancho Laguna m	ha
4-1	Tierra Amarilla	0,250%	267	4000	15	130	52
4-2	Punta Negra	0,700%	305	6100	20	151	92
5-1	Cerro Pichincha	0,650%	305	6100	20	246	150
5-2	Toledo	0,500%	317	3800	12	260	99
							393

Donde:

Pendiente: Pendiente promedio del sector

L espejo es: Largo del espejo de agua de cada laguna

L recarga es: Largo total del sector

Nº de lagunas: Cantidad de lagunas en cada sector

Ancho Laguna: Es el ancho promedio de las lagunas del sector

Establecidas las dimensiones de las lagunas se puede calcular, en una primera aproximación el costo de excavación de las lagunas y del hormigón de los vertederos.

Para estos efectos se ha tabulado el cálculo de las variables que determinan los costos.

#### III.4.2.1 Volúmenes y costos de excavación

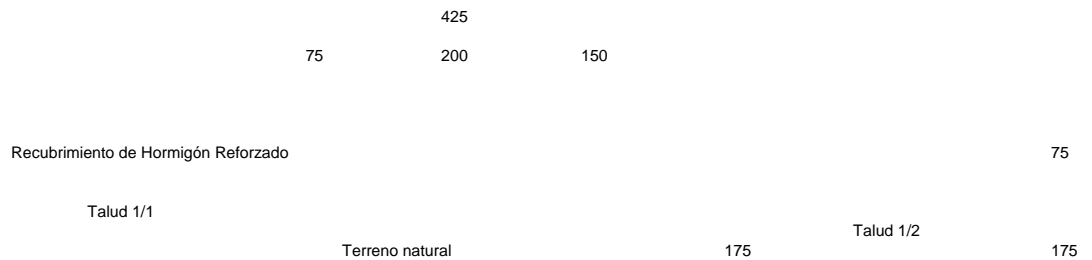
Se ha definido una excavación de 2,5 m de profundidad para retirar el material colmatado de la superficie del cauce del río, además es necesario absorber el volumen necesario para dejar horizontal el fondo de las lagunas y asegurar una profundidad de 1,5 m uniforme.

**Tabla III.4- 5 Costo de Excavación de las Lagunas**

Número	Nombre Sector	Ancho Laguna m	Vol. exc/ laguna m <sup>3</sup>	Nº de Lagunas	Vol. Total/ Sector m <sup>3</sup>	Costo Unitario \$/m <sup>3</sup>	Costo Total miles \$
4-1	Tierra Amarilla	130	125.031	15	1.875.467	2.157	4.045.400
4-2	Punta Negra	151	166.210	20	3.324.190	2.157	7.170.310
5-1	Cerro Pichincha	246	252.694	20	5.053.875	2.157	10.901.258
5-2	Toledo	260	300.997	12	3.611.963	2.157	7.791.040

### III.4.2.2 Volúmenes y costos del hormigón de los vertederos.

En una primera aproximación se ha supuesto que todos los vertederos tendrán un largo de 75 m. Esta aproximación será resuelta en la etapa en que se elijan las áreas definitivas de infiltración. Las dimensiones del vertedero se rescatan de la Figura III.4 – 1 siguiente



**Figura III.4 = 1**

La construcción de los vertederos se hará aprovechando las barreras de terreno natural que separarán las lagunas, la Figura indica esquemáticamente la disposición que tomará el vertedero con respecto a la barrera y su recubrimiento.

Se excavará 95 cm en la parte superior y 20 cm en los costados en una longitud de 75 m. Sobre la superficie así obtenida se aplicará una capa de hormigón de 20 cm reforzada con una malla de  $\Phi 12 @ 20$

**Tabla III.4- 6 Costo del vertedero de Hormigón (H-25)**

Número	Nombre Sector	Sección Transvers	L vertedero	Volumen Hormigón Vertedero	Costo Unitario	Nº de Lagunas	Costo Total
		m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>		miles \$
4-1	Tierra Amarilla	2,13	75	159	124.555	15	297.905
4-2	Punta Negra	2,13	75	159	124.555	20	397.206
5-1	Cerro Pichincha	2,13	75	159	124.555	20	397.206
5-2	Toledo	2,13	75	159	124.555	12	238.324

### III.4.3 Costo total de las Lagunas de Infiltración

El costo total de las Lagunas de Infiltración está compuesto por la instalación de faenas, el costo de excavación y el costo del vertedero. El costo de la instalación de faenas se le ha asignado a cada sector según vaya a combinarse en las alternativas seleccionadas, así a los sectores 4.1, 4.2 y 5.2 se les asigna el 50% del costo total ya que participan combinadamente de a pares en las alternativas seleccionadas.

**Tabla III.4- 7 Costo total de las Lagunas de Infiltración.**

Número	Nombre Sector	Instalación de Faenas miles \$	Costo Excavación miles \$	Costo Vertedero miles \$	Costo Total miles \$
4-1	Tierra Amarilla	410.440	4.045.400	297.905	4.753.745
4-2	Punta Negra	410.440	7.170.310	397.206	7.977.956
5-1	Cerro Pichincha	820.880	10.901.258	397.206	12.119.344
5-2	Toledo	410.440	7.791.040	238.324	8.439.804

### III.4.4 Costo de las alternativas de infiltración seleccionadas.

En el capítulo III.2 se definieron las alternativas viables para ser consideradas en la evaluación de las soluciones. En las tablas siguientes se señalan las características y costos de cada una de ellas.

**Tabla III.4- 8 Escenario 1**

Número	Nombre Sector	L recarga m	Nº de Lagunas	Has	Costo Total M\$	miles \$/ ha
4-1	Tierra Amarilla	4.000	15	52	4.753.745	91.418
4-2	Punta Negra	6.100	20	92	7.977.956	86.717
				144	12.731.701	88.415

**Tabla III.4 -9 Escenario 2**

Número	Nombre Sector	L recarga M	Nº de Lagunas	Has	Costo Total M\$	miles \$/ ha
5-1	Cerro Pichincha	6.100	20	150	12.119.344	80.796

**Tabla III.4 -10 Escenario 3**

Número	Nombre Sector	L recarga m	Nº de Lagunas	Has	Costo Total M\$	miles \$/ ha
4-1	Tierra Amarilla	4.000	15	52	4.753.745	91.418
5-2	Toledo	3.800	12	99	8.439.804	85.423
				151	13.193.548	87.490



### III.5 ELECCION DE LOS LUGARES DE INFILTRACIÓN.

En el Capítulo II se hizo una selección preliminar de las zonas más adecuadas para construir obras para infiltrar crecidas del río Copiapó en sus acuíferos. Al no disponerse de la modelación ni de los antecedentes técnicos del estudio de SERNAGEOMIN, las estimaciones preliminares de volúmenes de recarga se hizo sobre la base de datos de parámetros hidrogeológicos y otra información obtenida de informes realizados anteriormente para la DGA por el ingeniero Fernando Peralta, quien es el asesor principal del grupo profesional que realiza el estudio. Las zonas identificadas como las más adecuadas fueron unas 400has elegidas con los datos hidrogeológicos mencionados, levantamientos del IGM 1:25000, fotos satelitales, información local proveniente de otros proyectos y reconocimiento del terreno de la totalidad del valle.

Cuando se pudo disponer del estudio SERNAGEOMIN, con posterioridad a lo programado al iniciar los estudios, se pudo avanzar en la modelación de las alternativas identificadas, en un Estudio Preliminar de Análisis Ambiental respecto de ellas, y en un Estudio para Comparar los Costos entre ellas.

En cuanto a la Modelación hubo necesidad de ajustar el modelo al objetivo de recarga de acuíferos que es el objetivo de este estudio. Se procesaron varios escenarios preliminares para llegar a finalmente a las alternativas que se proponen aquí.

En cuanto al Análisis Ambiental Preliminar se identificaron las restricciones ambientales y se estableció las restricciones para evitar las medidas de mitigación.

En cuanto a los costos se plantearon perfiles de las soluciones de lagunas que fueron las elegidas respecto de otras alternativas consideradas, porque las lagunas resultan de menor costo.

A partir de la Modelación, del Análisis Ambiental Preliminar y de los Costos de las tres alternativas seleccionadas, se propone avanzar en el estudio de prefactibilidad y anteproyecto de las obras de **la alternativa 3 identificada conforme a valores del cuadro III.5-1**. La alternativa 3 tiene un costo similar por m<sup>3</sup> que la demás alternativas. Sin embargo presenta la ventaja de que al final del período de infiltración se obtiene el mayor volumen remanente almacenado en los acuíferos lo que representa un mejor cumplimiento del objetivo del proyecto que es mejorar la gestión de las aguas subterráneas.

También sugerimos encauzar la investigación de parámetros hidrogeológicos más precisos en la etapa de factibilidad, sobre la base de proyectos piloto de infiltración que serían ubicados en las vecindades de las áreas de infiltración propuestos en los sectores 4 y 5.

**CUADRO III.5-1 COMPARACIÓN ALTERNATIVAS**
**Escenario 1**

Número	Nombre Sector	ha	Costo Total miles\$	miles\$/ ha	Hm3 infiltrados	Costo por m3
4-1	Tierra Amarilla	52	4.753.745	91.418		
4-2	Punta Negra	92	7.977.956	86.717		
		144	12.731.701	88.415	437	29

**Escenario 2**

Número	Nombre Sector	ha	Costo Total miles\$	miles\$/ ha	Hm3 infiltrados	Costo por m3
5-1	Cerro Pichincha	150	12.119.344	80.796	437	28

**Escenario 3**

Número	Nombre Sector	ha	Costo Total miles\$	miles\$/ ha	Hm3 infiltrados	Costo por m3
4-1	Tierra Amarilla	52	4.753.745	91.418		
5-2	Toledo	99	8.439.804	85.423		
		151	13.193.548	87.490	437	30

## **CAPITULO IV**

### **ESTUDIOS AGRONÓMICOS**

#### **CONTENIDO**

**IV.1 AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

**IV.2 DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS**

**IV.3 ENCUESTA AGROPECUARIA SITUACIÓN ACTUAL**

**IV.4 ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD AGRÍCOLA**

**IV.5 MERCADO, COMERCIALIZACIÓN Y PRECIOS**

**IV.6 PREDIOS TIPO**

**IV.7 SITUACIÓN ACTUAL AGROPECUARIA**

## IV.1 AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

### IV.1.1 Sectores de Infiltración

El acuífero del valle de Copiapó, ha sufrido una sobre explotación de sus aguas en los últimos 20 años, la que se ha acentuado en la última década. La extracción actual de 130-150 Mm<sup>3</sup>/año que produce un desbalance anual de 40 a 50Mm<sup>3</sup> y presenta un total acumulado de 500 Mm<sup>3</sup> según el último informe de SIT D.G.A N° 211.

La depresión de los niveles estáticos y dinámicos es el producto de la suma de dos causas a saber: una extracción de agua subterránea superior a la recarga y una disminución de la recarga debido al proceso de aumento de la eficiencia de riego tanto a nivel extra predial (canales unificados y revestidos) como a nivel predial (riego por goteo).

Las mayores depresiones y desembalses se han producido en el sector hidrogeológico 4. entre Mal Paso y Copiapó con depresiones entre 7,4 y 40,16 metros (ver informe Capitulo 2) seguidos de los sectores 3 y 5 con depresiones comprendidas entre 12,2 y 45,77 metros para el sector 3 y entre 2,17 y 34,39 para el sector 5 (en informe Capitulo 2).

Los desembalses volumétricos, en millones de m<sup>3</sup> (Mm<sup>3</sup>), acumulados en los 3 sectores mencionados alcanzan a:

- Sector 3...85,5 Mm<sup>3</sup> para un descenso medio de 36,4m
- Sector 4...88,1 Mm<sup>3</sup> para un descenso medio de 20,5m
- Sector 5..102,6 Mm<sup>3</sup> para un descenso medio de 7,35m

Los volúmenes calculados con respecto al máximo histórico registrado en los años 1987 – 1988 se determinan por el modelo hidrogeológico.

Los sectores 1, 2 no tienen depresiones sostenidas ni desembalses de largo plazo, debido a la recarga casi permanente durante las épocas de deshielo.

El sector 6 es el que menos depresiones y desembalses representa, con depresiones acumuladas medias de 3,3 metros en los últimos 10 años (del informe Capitulo 2). Esta circunstancia hace que no pueda ser objeto de recarga artificial debido a la falta de espacio no saturado del acuífero.

El sector 3 tiene un cauce del río muy estrecho y definido por la ocupación de terrenos aledaños con plantaciones en plena producción y servidos por canales de aguas superficiales en operación.

**De acuerdo con lo expresado en los párrafos anteriores, los sectores acuíferos susceptibles y necesitados de un proceso de recarga artificial son los N° 4 y 5.** De ellos el sector 4 se riega solamente con aguas superficiales. No hay riegos con aguas subterráneas, salvo en unas pocas ha regadas con agua superficial que se apoya con pozos en casos de extrema emergencia debido al costo de la energía por la gran altura de elevación necesaria.

La recarga artificial en este sector con fines agrícolas solo tiene justificación si se hace con el objeto de aumentar las salidas subterráneas desde el sector 4 para que el agua sea aprovechada en el sector 5.

Si se desea hacer recarga artificial en el sector 4 esta iniciativa puede provenir de los sectores mineros y de Servicios Sanitarios. Es necesario considerar que la situación de desembalse del acuífero, ha sido creada por la extracción de aguas para fines mineros y de agua potable, los que si bien han hecho uso de sus legítimos derechos de aprovechamiento de aguas, no deja de constituir un deterioro de la fuente natural lo que representa la creación de un pasivo ambiental, existiendo opinión que debería ser revertido o mitigado por quienes lo han causado. Dentro de este deterioro se sitúa la eliminación de las vertientes de la localidad de San Fernando que permitían la existencia de un caudal de base del río Copiapó en el sector de la ciudad y que posteriormente eran utilizados para el regadío del sector 5, mediante los canales Bodega, Chamonate y La Chimba principalmente.

Siguiendo el objetivo de este estudio que es de mejoramiento del riego, el Estado también podría asumir la iniciativa de recarga al sector 4, basado en los beneficios agrícolas que genere, pero con la condición de que el agua recargada solo podría ser usada en la agricultura y que ésta constituya un volumen de agua destinado al uso agrícola, que podría ser en el sector 5. Siguiendo esta línea de pensamiento, los volúmenes recargados en el sector 4, pueden ser empleados en agricultura de dos formas; directamente por el escurrimiento superficial que se genere en Copiapó o bien mediante bombeo y su transporte mediante acueducto al sector 5 o una combinación de ambos.

#### IV.1.2 BENEFICIARIOS

Los sectores hidrogeológicos beneficiados por el proyecto de recarga de acuíferos son los sectores 4 y 5. No existía Rol de Regantes de aguas subterráneas con datos de los predios en ninguno de los dos sectores al inicio de esta Consultoría. Este Rol de Regantes lo tuvo que construir el Consultor. Para ello identificó la población elegible, que son los tenedores de derechos de agua, sobre la base de los siguientes antecedentes:

- Informe Técnico S.D.T. 327 de Marzo 2012, que contiene el listado de todos los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de los sectores 4 y 5. Este es el documento que da validez legal a los titulares de derechos de agua subterránea para extraer recursos subterráneos.
- Base de Datos proporcionado por el Programa CNR-UC de apoyo a los usuarios de agua subterránea, en desarrollo. En esta Base de Datos se identifica los usuarios de agua subterránea para la agricultura. Define los potenciales beneficiados por el proyecto de recarga.
- Listado de socios de la Comunidad de Aguas Subterránea; CASUB

Se considera que serán beneficiarios todos aquellos usuarios de agua subterránea, localizados en los sectores 4 y 5 que tienen derechos constituidos, que están calificados como usuarios agrícolas y que harían uso del volumen de agua de recarga artificial para riego. La lista extensa de los usuarios identificados como población potencialmente beneficiada por el proyecto de recarga se muestra en la Tabla IV.1- 1.

Respecto de las fuentes de información se indica lo siguiente:

El listado referencial base está en el DGA SDT 327-2012. Este listado contiene todos los derechos legalmente constituidos en los sectores hidrogeológicos 4 y 5. Este es el documento legal que define a los titulares de derechos de agua debidamente constituidos en los sectores 4 y 5. El estudio se refiere a almacenar recursos infiltrados en los sectores hidrogeológicos 4 y 5, los cuales pueden ser extraídos por los titulares de derechos en esos sectores, por lo cual se definieron estos titulares como elegibles para la utilización de las aguas infiltradas. Estos titulares podrían extraer agua sin el trámite de solicitar nuevos derechos hasta la satisfacción de sus derechos o bien extraer la prorrata que les correspondiera.

Programa CNR.UC. En Agosto de 2012 se tuvo la autorización de la CNR para utilizar la base de datos del programa CNR-UC de fortalecimiento de las organizaciones de agua subterránea donde se pudo actualizar la titularidad de los derechos e identificar los roles de las propiedades regadas por los pozos de estos derechos. La mayoría de los titulares identificados en el SDT 327-2012

resultaron inubicables porque existen transacciones de estos derechos que no están inscritas ni registradas en la DGA en el catastro CPA. Por ese motivo el listado de los potenciales beneficiados se logró cruzando ambas fuentes de información.

CASUB: Se tuvo en cuenta también un listado de asociados a la CASUB que cubre el sector 5, que resultó información escasa e incompleta, la cual estuvo superada por la información del Programa CNR-UC.

Lo que se denomina “Rol de Regantes” para este proyecto es entonces el listado de titulares de derechos de agua subterránea del SDT 327-2012, en que figuran todas las Resoluciones de la DGA que los asignan.

Esto es equivalente a un registro de derechos del “Rol de Regantes” de una organización de riego de aguas superficiales. La diferencia está en que la asignación del agua, en el primer caso, es al titular del derecho del pozo, y en el segundo, es un derecho de aguas superficiales asociado a la identificación de un predio con obras de captación claramente determinado en la organización. Igual el documento legal que respalda la condición de elegible es el SDT 327-2012.

Por otra parte se consideró los roles de regantes de la Junta de Vigilancia, pero la información no corresponde porque se trata de los derechos de agua superficiales que no es de los beneficiarios del proyecto de infiltración, ya que el derecho de agua superficial no permite extraer agua de acuífero.

Por lo tanto no hay otro antecedente de roles de potenciales beneficiados del proyecto que los consignados en el SDT 327 actualizado por el programa CNR-UC y que fue el utilizado por el Consultor y ampliado en la información a través de la encuesta.

La información sobre los predios que acceden al agua de estos pozos fue obtenida en la encuesta que cubre aproximadamente un 80% de los derechos elegibles.

Por lo demás, lo correcto es considerar los titulares de los derechos de los pozos como potenciales beneficiarios. Sería equivocado considerar los titulares de derechos de aguas superficiales y sus predios como beneficiarios del proyecto de aguas subterráneas ya que no pueden extraerla.

Sobre la base de los antecedentes enumerados se identificó la población objetivo de la encuesta (se muestra en la Tabla Iv.1-1 que se realizó a un 84 % de los derechos identificados. Para esa población objetivo se construyó el Rol de Regantes solicitado por la CNR y que se consigna en la Tabla IV.3-1 y Tabla IV.3-2, en que se identifican los roles y las superficies de los predios servidos por los pozos posibles de utilizar para extraer agua infiltrada según este proyecto.

**TABLA IV.1- 1. BASE DE DATOS DE LOS POTENCIALES BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE RECARGA**

**Fuente: CNR, Programa CNR-UC de fortalecimiento organizaciones agua subterránea en Copiapó**

**Esta tabla se encuentra en versión digital con información ampliada a 48 columnas**

PROGRAMA UC										SDT 327	
Rev	Identificación			ID	Titular	Antecedentes DGA		RES en SDT 327	Código inscripción CPA	Código inscripción CPA	
	ID SIG	ID PUC	ID			Titular del Derecho	Código inscripción CPA				RESOL
1	OK	547	332	P01-03	MARCELO DEPETRIS DEFLORIAN	ND-0302-578	1	1	MARCELO DEPETRIS DEFLORIAN	ND-0302-578	
2	OK	351	217	98	AGRÍCOLA BUENAVENTURA LTDA.		3	3	LUIS ALBERTO LAMPEREIN ALARCON	ND-0302-848	
3	OK	555	340	118	LUIS ALBERTO LAMPEREIN ALARCÓN	ND-0302-848	3	4	PATRICIA VERONICA MANRIQUEZ ALVAREZ	ND-0302-849	
4	OK	540	325	P05-02	VILMA ELIANA ROJAS ALFARO	ND-0302-579	5	5	VILMA ELIANA ROJAS ALFARO	ND-0302-579	
5	OK	553	337	337	JACQUELINE ISABEL ESCOBAR GALLARDO	ND-0302-869	7	7	JACQUELINE ISABEL ESCOBAR GALLARDO	ND-0302-869	
6	OK	556	341	119	JUAN ADRIÁN BENAVIDES VARGAS	ND-0302-909	8	8	JUAN ADRIAN BENAVIDES VARGAS	ND-0302-909	
								12	CAMILO FERNANDO AGUIRRE ERAZO	ND-0302-1024	
								12	CAPEL LTDA.	ND-0302-665	
7	OK	562	346	346	GINO PAOLO VECCHIOLA ARELLANO	ND-0302-1254	13	13	GINO PAOLO VECCHIOLA ARELLANO	ND-0302-1254	
8	OK	571	355	355	DANIEL RICARDO ÁLVAREZ ASPEÉ	UA-0302-811803	13	14	AGROFARMACOS LTDA.	ND-0302-1256	
9	OK	558	343	121	DANIEL RICARDO ÁLVAREZ ASPEÉ	ND-0302-1257	15	15	DANIEL RICARDO ALVAREZ ASPEE	ND-0302-1257	
								16	DANIEL RICARDO ALVAREZ ASPEE	ND-0302-1258	
10	OK	549	334	P18-03	AGRÍCOLA SAN ESTEBAN LTDA.	ND-0302-625	18	18	AGRICOLA SAN ESTEBAN LTDA.	ND-0302-625	
								18	FRANCISCO MARIO PORCILE RISI	ND-0302-919	
11	OK	550	335	P20-03	OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO	ND-0302-658	20	20	OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO	ND-0302-658	
12	OK	543	328	P25-02	JOAQUIN OLATE FREDES	ND-0302-591	25	25	JOAQUIN OLATE FREDES	ND-0302-591	
13	OK	544	329	P26-02	DOMINGA INES SUAREZ SALAZAR	ND-0302-598	26	26	DOMINGA INES SUAREZ SALAZAR	ND-0302-598	
14	OK	551	336	P27-03	FERNANDO CARDENAS CONTRERAS	ND-0302-681	27	27	FERNANDO CARDENAS CONTRERAS	ND-0302-681	
15	OK	495	310	115	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI AGRI COPIAPÓ LTDA.	ND-0302-145	31	31	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI COPIAPO LTDA.	ND-0302-145	
16	OK	541	326	P36-02	SOCIEDAD AGRÍCOLA DEL NORTE S.A.	ND-0302-637	36	36	SOCIEDAD AGRICOLA DEL NORTE S.A.	ND-0302-637	
17	OK	542	327	P40-02	ARIO HUMBERTO LAFERTTE VIDELA	ND-0302-654	40	40	ARIO HUMBERTO LAFERTTE VIDELA	ND-0302-654	
18	OK	545	330	P41-02	WILLIAMS GONZALEZ BOSOM	ND-0302-587	41	41	WILLIAMS GONZALEZ BOSOM	ND-0302-587	
19	OK	481	304	58	ANA MARÍA FIGARI BARRERA	ND-0302-1060	51	51	ANA MARIA FIGARI BARRERA Y OTROS	ND-0302-1060	



20	OK	482	304	59	GUILLERMO ROJAS SAEZ	ND-0302-1060	51		
21	OK	483	304	60	JUAN PATRICIO ROJAS SAÉZ	ND-0302-1060	51		
22	OK	484	304	61	LUIS EDUARDO REYES LÓPEZ Y FOOD AMERICA TRADE AND SERVICES S.A.		51		
23	OK	485	304	61	ERIKA ISABEL ROJAS ARAYA		51		
								69	ADIB ASSED MERLEZ QUINTAR ND-0302-335
								71	CARLOS IVAN RUIZ DETTORI ND-0302-258
								82	VECCHIOLA S.A. ND-0302-309
24	OK	360	223	26	MANUEL ANTONIO RIVADENEIRA SARRIA	ND-0302-948	86	86	MANUEL ANTONIO RIVADENEIRA SARRIA ND-0302-948
								87	FERNANDO SANTELICES LOYOLA ND-0302-949
25	OK	344	210	9	AGRÍCOLA CAMPOS DE CERRILLOS LTDA.		90		
26	OK	350	216	15	VASANGEL S.A. - CHILE. Y COMPAÑÍA LTDA.	UA-0302-21	108	108	VASANGEL S.A CHILE Y CIA. LIMITADA UA-0302-21
								121	FRANCISCO VALENZUELA NARANJO Y OTROS ND-0302-952
								121	FRANCISCO VALENZUELA NARANJO Y OTROS ND-0302-952
27	OK	529	319	85	SERGIO GROSSI TORNINI	ND-0302-380	122	122	SERGIO ROQUE GROSSI TORNINI ND-0302-380
								135	DOMINGO EDUARDO GUGGIANA GUGIANNA ND-0302-292
28	OK	499	311	73	FRANCISCO JULIO MARIO PORCILE RISI		145		
29			307	67	LORETO VIVIANA GROSSI GALEB		169		
								181	SOC EMILIO SILVA Y CIA LTDA UA-0302-805840
30	OK	530	320	86	ERNESTO GUERRA GONZALEZ	ND-0302-361	190	190	ERNESTO DEL CARMEN GUERRA GONZALEZ ND-0302-361
								197	Ricardo Vallejos Choydeng 5° TRANS.
								204	JOSE RAMON TAGLE LARRAIN Y OTROS UA-0302-6
31	OK	343	209	7	VASANGEL S.A. - CHILE. Y COMPAÑÍA LTDA.		222	222	JUAN DIAZ DIAZ Y OTRO UA-0302-809197
32	OK	605	374	87	XIMENA ISABEL MORENO PROHENS	ND-0302-356	228	228	XIMENA ISABEL MORENO PROHENS ND-0302-356
								239	SOCIEDAD AGRICOLA VALLE DORADO LTDA. ND-0302-992
								241	MARIO PORCILE RISI Y OTROS ND-0302-270
33	OK	339	207	4	GUILLERMO STEIN , HANS WALTER Y RENATO STEIN VON UNGER	M-3-061	243	243	GUILLERMO STEIN Y OTROS M-3-061
34	OK	340	207	5	GUILLERMO STEIN , HANS WALTER Y RENATO STEIN VON UNGER	M-3-061	243		
								252	FISHER SOUTH AMERICA S.A. ND-0302-332
								263	PEDRO ALDO GROSSI TORNINI ND-0302-49
35	OK	347	213	12	VASANGEL S.A. - CHILE. Y COMPAÑÍA LTDA.	UA-0302-807903	270	270	SOC.VASANGEL S.A. CHILE Y CIA.LTDA. UA-0302-807903
36	OK	352	217	98	AGRÍCOLA BUENAVENTURA LTDA.		272		
								279	GABRIELA PORCILE UA-0302-

								279	RENATO PORCILE RISSI	NR-0302-18
								280	ANA MARIA FIGARI BARRERA	ND-0302-999
37	OK	370	227	33	ANA MARÍA FIGARI BARRERA	UA-0302-6	284			
38	OK	371	227	34	JUAN PATRICIO ROJAS SAÉZ	UA-0302-6	284			
39	OK	345	211	211	RENATO PORCILE RISSI	UA-0302-805789	285	285	RENATO PORCILE RISI	UA-0302-805789
								292	JOSE VERGOTTINI VERGOTTINI Y OTROS	ND-0302-932
								296	JUAN PATRICIO ROJAS SAEZ	ND-0302-1003
40	OK	380	231	39	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	ND-0302-1005	297	297	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI COPIAPO LTDA.	ND-0302-1005
41	OK	381	231	41	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	ND-0302-1005	297	297	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI COPIAPO LTDA.	ND-0302-1005
								298	MARIA TERESA PONCE ARIAS Y OTROS	ND-0302-108
42	OK	506	313	76	GUILLERMO CONCHA BUSTOS	ND-0302-253	301	301	GUILLERMO CONCHA BUSTOS	ND-0302-253
43	OK	382	232	40	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	ND-0302-1009	304	304	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRO COPIAPO LTDA.	ND-0302-1009
44		421	251		SOCIEDAD AGRÍCOLA Y COMERCIAL LOS GIRASOLES (AGRÍCOLA LOS GIRASOLES S.A.)		317			
								358	SOCIEDAD GUSTAVO MORALES Y HNOS LTDA	ND-0302-957
								371	MARIA ANGELICA ARAYA ROJAS	ND-0302-357
								374	SOC. AGRIC. CHAMONATE LTDA.	ND-0302-935
								397	RAFAEL MULET BOU	UA-0302-802924
								397	RAFAEL MULET BOU	UA-0302-802925
								422	AGRICOLA SANTA TERESA LTDA.	ND-0302-1016
								426	SOCIEDAD AGRICOLA ROSAEX LTDA.	ND-0302-1062
								451	DOMINGO GUGGIANA GUGGIANA	ND-0302-1031
								451	DOMINGO GUGGIANA GUGGIANA	ND-0302-1031
45	OK	493	308	71	AGRÍCOLA LA CANTERA (JUAN FERNANDO SILVA)	ND-0302-27	481	481	AGRICOLA LA CANTERA	ND-0302-27
								513	SOC AGR SAN FRANCISCO SA.	ND-0302-314
46	OK	358	221	24	GUILLERMO ROJAS SAEZ	ND-0302-938	610	610	GUILLERMO ROJAS SAEZ	ND-0302-938
47	OK	364	224	29	SOCIEDAD AGRÍCOLA VALLE DORADO S.A.		699			
48	OK	374	228	36	SOCIEDAD AGRÍCOLA VALLE DORADO		699			
49	OK	375	228	36	SOCIEDAD AGRÍCOLA VALLE DORADO		699			
								714	SOCIEDAD AGRICOLA PICHINCHA LIMITADA	NR-0302-109
								714	SOCIEDAD AGRICOLA PICHINCHA LIMITADA	NR-0302-109

50	OK	509	315	81	HÉCTOR BLADIMIR MARTINOVIC OLIVOS	ND-0302-288	807	807	HECTOR MARTINOVIC OLIVOS	ND-0302-288
51	OK	403	247	543	JUAN ADRIAN BENAVIDES VARGAS		809			
52	OK	361	224	28	SOCIEDAD AGRÍCOLA VALLE DORADO LTDA.		971			
53	OK	373	228	36	SOCIEDAD AGRÍCOLA VALLE DORADO		973			
54	OK	464	288	535	AGRÍCOLA LOS GIRASOLES LTDA.	5° TRANS.	1907	1907	AGR Los Girasoles LTDA	5° TRANS.
86	OK	564	348	505	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5° TRANS.	1907	1907	Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	5° TRANS.
87	OK	565	349	506	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5° TRANS.	1907	1907	Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	5° TRANS.
88	OK	566	350	507	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5° TRANS.	1907	1907	Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	5° TRANS.
89	OK	567	351	509	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5° TRANS.	1907	1907	Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	5° TRANS.
90	OK	568	352	544	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5° TRANS.	1907	1907	Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	5° TRANS.
91	OK	569	353	545	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5° TRANS.	1907	1907	Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	5° TRANS.
55	OK	466	290	537	ALBERTO Y JAIME PESENTI OVIEDO	5° TRANS.	1907	1907	Alberto Y Jaime Pesenti Oviedo	5° TRANS.
56	OK	452	276	516	CARLOS ENRIQUE VALLEJO CORTEZ	5° TRANS.	1907	1907	Carlos Enrique Vallejo Cortés	5° TRANS.
57	OK	400	245	534	CARLOS IVÁN RUÍZ DETTORI	UA-0302-811814	1907	1907	Carlos Iván Ruiz Dettori	UA-0302-811814
58	OK	453	277	518	CARMEN AZUCENA NACIFF CATALANO	5° TRANS.	1907	1907	Carmen Azucena Naciff Catalán	5° TRANS.
59	OK	460	284	529	CARMEN AZUCENA NACIFF CATALANO	5° TRANS.	1907	1907	Carmen Azucena Naciff Catalán	5° TRANS.
92	OK	563	347	347	CÍTRICOS UNIAGRI S.A.	5° TRANS.	1907	1907	Cítricos Uni Agri LTDA	5° TRANS.
60	OK	457	281	524	CLAUDIO ANDRÉS CONCHA GROSSI	5° TRANS.	1907	1907	Claudio Andrés Concha Grossi	5° TRANS.
61	OK	392	240	515	DELCI GROSSI TORNINI	UA-0302-811798	1907	1907	Delci Grossi Tornini	UA-0302-811798
62	OK	447	271	503	ELEODORO NEIRA TAMBLAY	5° TRANS.	1907	1907	Eleodoro Neyra Tamblay	5° TRANS.
63	OK	454	278	519	FLAVIO ALEJANDRO NACIFF CATALANO	5° TRANS.	1907	1907	Flavio Alejandro Naciff Catalán	5° TRANS.
64	OK	461	285	530	FLAVIO ALEJANDRO NACIFF CATALANO	5° TRANS.	1907	1907	Flavio Alejandro Naciff Catalán	5° TRANS.
65	OK	451	275	511	GUILLERMO ROJAS SAEZ	5° TRANS.	1907	1907	Guillermo Rojas Sáez	5° TRANS.
66	OK	396	242	523	GUILLERMO SEGUNDO CONCHA BUSTOS	5° TRANSITORIO	1907	1907	Guillermo Segundo Concha Bustos	5° TRANS.
67	OK	398	243	525	HÉCTOR MARTINOVIC OLIVOS	5° TRANSITORIO	1907	1907	Héctor Martinovic Olivos	5° TRANS.
68	OK	459	283	527	HUMBERTO ALEJANDRO CAMPILLAY VITALI	5° TRANS.	1907	1907	Humberto Alejandro Campillay Vitali	5° TRANS.
69	OK	458	282	526	HUMBERTO CAMPILLAY VITALI, JOSÉ ADELSDORFER SANTELICES	5° TRANS.	1907	1907	Humberto Alejandro Campillay Vitali	5° TRANS.
70	OK	475	298	550	IVÁN MANUEL RODRÍGUEZ GODOY	5° TRANS.	1907	1907	Iván Manuel Rodríguez Godoy	5° TRANS.
71	OK	462	286	531	JEAN PIERRE NACIFF CATALANO	5° TRANS.	1907	1907	Jean Pierre Naciff Catalán	5° TRANS.
72	OK	448	272	504	JOSÉ ANTONIO PÉREZ ALCOTA	5° TRANS.	1907	1907	José Antonio Pérez Alcota	5° TRANS.
73	OK	470	294	119	JUAN ADRIÁN BENAVIDES VARGAS	5° TRANS.	1907	1907	Juan Adrián Benavides Vargas	5° TRANS.
74	OK	478	301	553	JULIO CÉSAR MORALES NEYRA	5° TRANS.	1907	1907	Julio César Morales Neyra	5° TRANS.

75	OK	479	302	512	LORETO VIVIANA GROSSI GALEB	UA-0302-811815	1907	1907	Loreto Viviana Grossi Galeb	UA-0302-811815
76	OK	449	273	273	MANUEL JESÚS CASTRO VERGARA	5° TRANS.	1907	1907	Manuel Jesús Castro Vergara	5° TRANS.
77	OK	402	246	539	MARÍA INÉS CATALANO GÓMEZ	5° TRANSITORIO	1907	1907	María Inés Catalano Gómez	5° TRANS.
93	OK	570	354	528	MARÍA INÉS CATALANO GÓMEZ	5° TRANS.	1907	1907	María Inés Catalano Gómez	5° TRANS.
								1907	María Inés Catalano Gómez	5° TRANS.
78	OK	477	300	552	PROPIETARIO PARCERLA N°44	5° TRANS.	1907	1907	Propietario Parcela 44	5° TRANS.
79	OK	455	279	521	PROPIETARIO PARCELA N°22	5° TRANS.	1907	1907	Propietario Parcela 22	5° TRANS.
80	OK	446	270	502	RICARDO VALLEJO CHOYDENG	5° TRANS.	1907			
81	OK	450	274	510	SOCIEDAD AGRÍCOLA LOS TRONCOS LTDA.	5° TRANS.	1907	1907	SOC AGR Los Troncos S.A.	5° TRANS.
82	OK	471	295	546	SOCIEDAD AGRÍCOLA V Y V LTDA.	5° TRANS.	1907	1907	SOC AGR V y C LTDA	5° TRANS.
83	OK	472	295	547	SOCIEDAD AGRÍCOLA V Y V LTDA.	5° TRANS.	1907	1907	SOC AGR V y C LTDA	5° TRANS.
84	OK	433	262	577	VASANGEL S.A. CHILE Y COMPAÑÍA LTDA.	-	1907			
85	OK	553	338	585	WALDO VICENTE ASTORGA BRITO	-	1907			
								1907	Propietario Parcela 41	5° TRANS.
								1907	Sergo Grossi Tornini	UA-0302-811806
								1907	Víctor Hugo Lutz Castro	UA-0302-811776
								1907	Daniel Ricardo Álvarez Aspee	UA-0302-811803
								1907	José Mauricio Rosales	UA-0302-811806
								1907	Jorge Armando Soto Díaz	UA-0302-811804
94	OK	559	344	122	DANIEL RICARDO ÁLVAREZ ASPEÉ	ND-0302-1258	4T			
95	OK	560	344	123	PATRICIA VERÓNICA MANRÍQUEZ ÁLVAREZ	ND-0302-849	4T			
									<b>SECTOR HIDROGEOL 5</b>	<b>80</b>
									<b>SECTOR HIDROGEOL 4</b>	<b>9</b>
									<b>TOTAL ELEGIBLES 4+5</b>	<b>89</b>

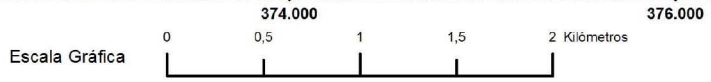
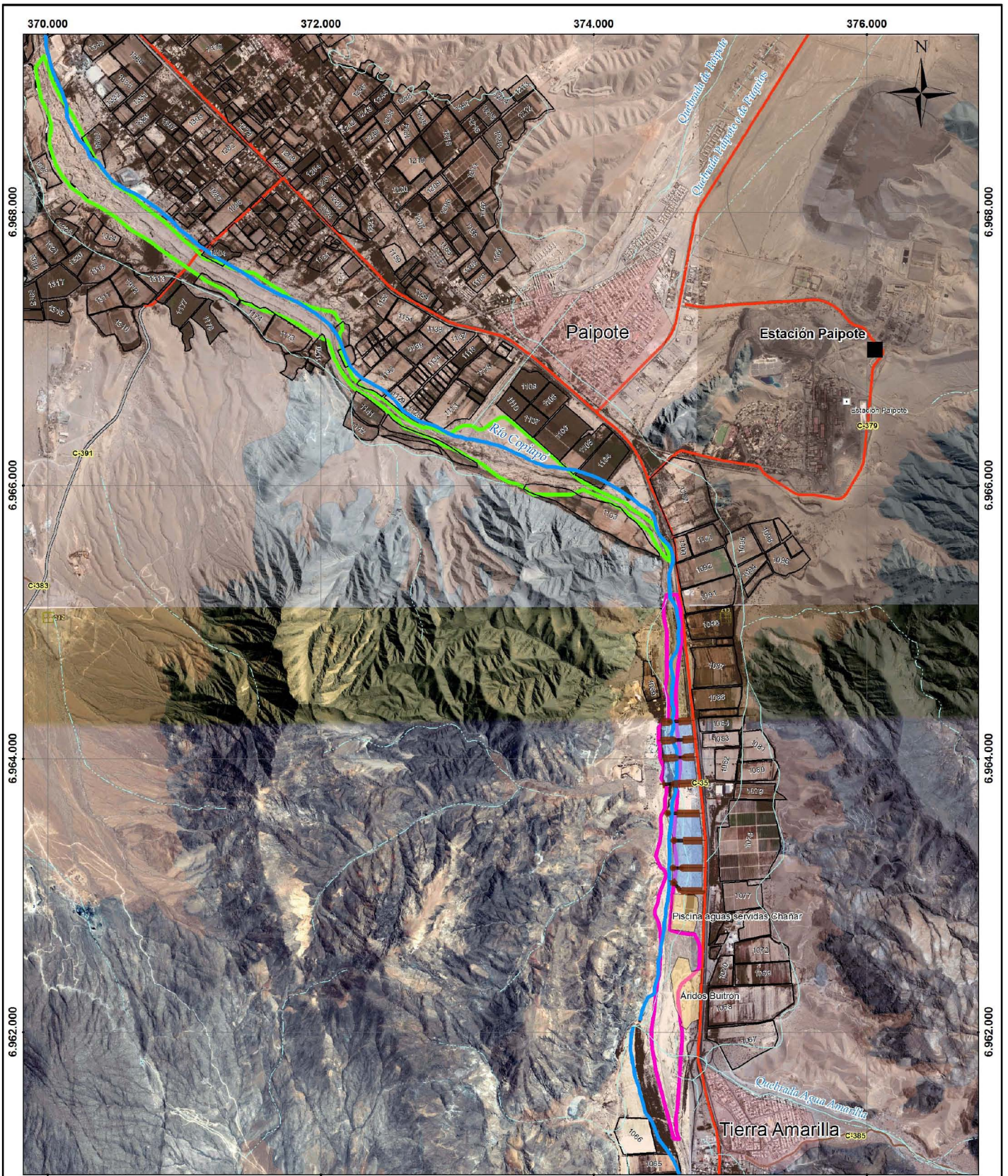
### **IV.1.3 MAPAS**

A continuación se presentan la ubicación de las obras de recarga en los sectores beneficiados por este proyecto y los predios aledaños a las obras sobre una plano 1:25.000 del IGM con fotografía satelital actualizada.

VER ARCHIVOS

SECTOR TIERRA AMARILLA \_FOTO

SECTOR TOLEDO\_FOTO



Hidrología	Vialidad	Centros Poblados	Leyenda	Ingeniería	Sectores Estudio
Río Copiapó	Pavimento	● Ciudad	Muro	Vertederos	Sector Hidrogeológico N°5
Quebrada Permanente	Estabilizado	■ Caserio	Vertederos	Lagunas de Recarga	Sector Hidrogeológico N°4
Quebrada Intermitente	Ripio	■ Centros Urbanos	Lagunas de Recarga	Servicios	Sector Hidrogeológico N°3
Lago	Tierra		Servicios		Límite Predial
	Rol				Zonas de Recarga Sector 4-A
					Zonas de Recarga Sector 4-B



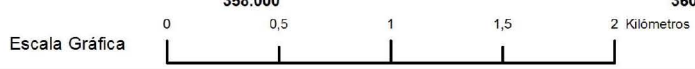
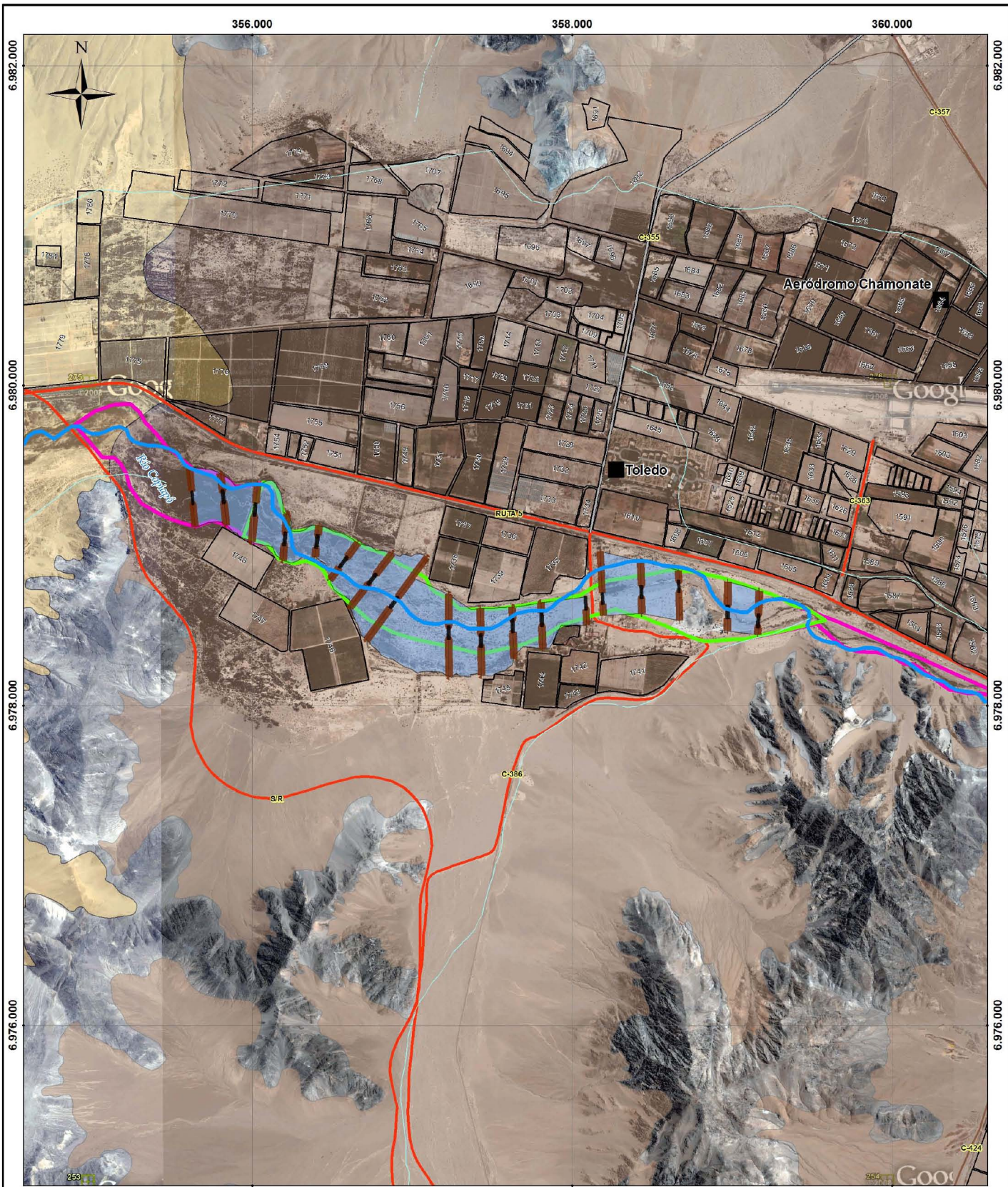
DATOS GEOESFÉRICOS	
Elipsoidal:	GRS80
Datum:	WGS84
DATOS CARTOGRAFICOS	
Proyección:	UTM, huso 19
Fuente de información:	Cartografía IGM (1:50.000 / 1:250.000) - Mitplan 2003 - División de Ingeniería Hidráulica y Ambiental - DCTUC S.A. ANÁLISIS INTEGRADO DE GESTIÓN - ELABORADO POR: BLO. COPAPO, N°10.281.0

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MEJORAMIENTO SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA SU USO EN RIEGO RIO COPIAPO

**LAGUNAS DE RECARGA SECTOR N°4**  
**PROVINCIA DE COPIAPO**  
**COMUNA DE COPIAPO**

Contenido:  
Escala: 1:40.000 Aprox.  
Fecha: Diciembre de 2012  
Anexo A-1-2

GOBIERNO DE CHILE  
Ministerio de Agricultura  
Comisión Nacional de Riego



Hidrología	Vialidad	Centros Poblados	Leyenda	Ingeniería	Sectores Estudio
<ul style="list-style-type: none"> <li>Río Copiapó</li> <li>Quebrada Permanente</li> <li>Quebrada Intermitente</li> <li>Lago</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pavimento</li> <li>Estabilizado</li> <li>Ripio</li> <li>Tierra</li> <li>Rol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciudad</li> <li>Casero</li> <li>Centros Urbanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muro</li> <li>Vertederos</li> <li>Lagunas de Recarga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sector Hidrogeológico N°6</li> <li>Sector Hidrogeológico N°5</li> <li>Límite Predial</li> <li>Zonas de Recarga Sector 5-A</li> <li>Zonas de Recarga Sector 5-B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sector Hidrogeológico N°4</li> <li>Sector Hidrogeológico N°3</li> </ul>



DATOS GEOGRÁFICOS	
Elipsoidal:	GRS80
Datum:	WGS84
DATOS CARTOGRAFICOS	
Proyección:	UTM, huso 19
Fuente de información:	Cartografía IGN (1:50.000 / 1:250.000) Mapas 2003
	División de Ingeniería Hidráulica y Ambiental DICTUC S.A. ANÁLISIS INTEGRADO DE GESTIÓN ELABORADO EN: SIO, COPAPO, AÑO 2012

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MEJORAMIENTO SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA SU USO EN RIEGO RIO COPIAPO



Contenido:	<b>LAGUNAS DE RECARGA SECTOR N°5</b> <b>PROVINCIA DE COPIAPO</b> <b>COMUNA DE COPIAPO</b>
Escala:	1:40.000 Aprox.
Fecha:	Diciembre de 2012
	Anexo A-1-3



## **IV.2 DISTritos AGROCLIMÁTICOS**

### **Introducción**

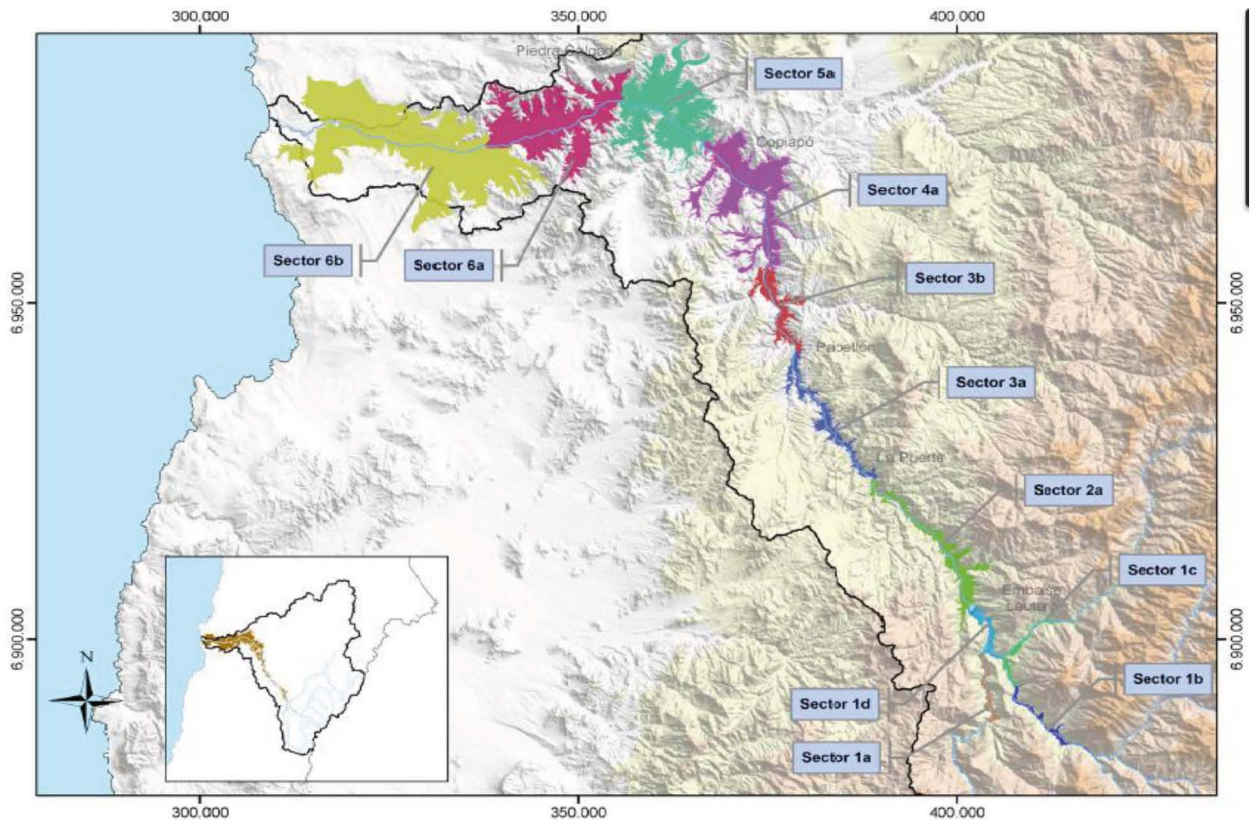
La presente Consultoría tiene por objeto estudiar la posibilidad de recargar los acuíferos del valle del río Copiapó. Por ello, los acuíferos existentes en el valle son necesariamente el elemento central para definir los sectores que se utilizarán para definir la estrategia de recarga y para estimar sus costos y sus beneficios.

La primera sectorización del valle la hizo la Junta de Vigilancia para la distribución de las aguas superficiales y definió la existencia de nueve distritos desde el nacimiento del río hasta la ciudad de Copiapó, del uno al nueve. En 1985 la DGA estableció la existencia de seis sectores hidrogeológicos numerados del 1 al 6. El SIT 211 de la DGA de 2010 mantuvo las denominaciones de los sectores y subdividió algunos identificando en total 11 sectores acuíferos. Esta clasificación se mantiene en el estudio de la modelación realizada por SERNAGEOMIN en 2012. La Tabla IV.2-1 muestra los once sectores acuíferos y presenta la correspondencia entre ellos y la sectorización administrativa del río, las correspondientes cuencas aportantes, los sectores de riego, y los distritos de riego de la Junta de Vigilancia del Río Copiapó. Los acuíferos están representados en la Figura IV.2-1

Sobre la base del estudio de SERNAGEOMIN, y procesando los escenarios posibles de recarga se ha identificado las opciones más conveniente para situar las obras de recarga y las correspondientes áreas de influencia del proyecto. En todos los escenarios estudiados resultan los sectores 4 y 5 como los más apropiados para el mejoramiento del riego por la utilización de aguas subterráneas provenientes de la infiltración por las obras de recarga.

Esta Consultoría valida y adopta como propios tanto los acuíferos como sus sectores analíticos para el estudio de la ejecución de la recarga y para la gestión de los recursos recargados, ya que la infiltración y la explotación de los recursos se hará considerando estos sectores. Sobre cada uno de estos sectores existe información para alimentar el modelo SERNAGEOMIN en el contexto de las alternativas que se procesaron.





**FIGURA IV. 2.1 SECTORES DEL ACUÍFERO DEL VALLE DEL RÍO COPIAPÓ**

*FUENTE: INFORME FINAL – TOMO 4. PÁG. 18. FIGURA 3.3. SIT 211 DGA. ENERO 2010*

Los sectores de riego del valle de Copiapó se generaron inicialmente por la distribución de las aguas superficiales y luego por las determinaciones de los estudios hidrogeológicos, entre otros, los realizados por la DGA a partir de 1985. Estos estudios determinaron las características y dimensiones de los acuíferos del valle reconociendo la separación entre ellos con hechos relevantes como son los lugares en que su profundidad disminuye facilitando los afloramientos, por ejemplo en La Puerta. Con el tiempo estos sectores se han consolidado principalmente por la gestión del reparto de las aguas superficiales y luego por el ordenamiento de las extracciones subterráneas.

La Comunidad de Aguas subterráneas recientemente formada justamente tiene un ámbito de acción en los sectores 5 y 6 y se ha iniciado la convocatoria para formar comunidades de agua subterránea en toda la cuenca.

El ordenamiento de la gestión del agua, el ordenamiento de la adjudicación de derechos, el desarrollo de las plantaciones, la investigación de los parámetros hidrogeológicos, se ha ordenado durante muchos años por los sectores del 1 al 6.

### **Distrito Agroclimático de Sectores 4 y 5**

Desde el punto de vista de las condiciones climáticas se han identificado 4 distritos agroclimáticos que se presentan como información complementaria a la sectorización hidrológica del estudio SIT 211 2010 DGA en LA TABLA IV.2.1 Debe tenerse en cuenta que la totalidad del área beneficiada por el proyecto está en el Distrito Agroclimático 03 08 “Copiapó-Hornito” cuyos parámetros agroclimáticos se encuentran en la Tabla IV.2.3 “PARAMETROS AGROCLIMÁTICOS”. La ubicación geográfica y el área de influencia del Distrito Agroclimático están en la FIG. IV.2.2

**TABLA IV.2.1 RESUMEN DE ACUÍFEROS, SUBCUENCAS, SECTORES DE RIEGO Y DISTRITOS DE LA JUNTA DE VIGILANCIA DE LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ**

*El área del proyecto de recarga de acuíferos está en los sectores DGA 4 y 5, Distrito agroclimático Copiapó-Hornito, que se destaca en esta Tabla*

SECTORES HIDRO GEOLOGICO DGA	ACUIFERO	CUENCA	SECTOR DE RIEGO	DISTRITO Riego Superficial JVRC	DISTRITOS AGROCLIM ÁTICOS		
	-----	Manflas	-----	-----			
1	1a. Manflas	Intermedia Manflas - Junta	R1a – 01. Manflas	-----	04 Potrerillos - Manflas		
	1b. Pulido	Pulido	R1b – 02. Pulido	-----			
	1c. Jorquera	Jorquera	R1c – 03. Jorquera	-----			
	1d. Junta -- Lautaro	Intermedia Junta - Lautaro	R1d – 04. Junta -- Lautaro	1			
2	2.a Lautaro -- La Puerta	Intermedia Lautaro – La Puerta	R2a – 05. Lautaro – La Capilla	1	09 Los Loros - Puente Jorquera		
			R2a – 06. La Capilla -- San Antonio	2			
			R2a – 07. San Antonio – La Puerta	3			
			R3 a – 08. La Puerta – La Turbina	3			
3	3.a La Puerta - Pabellón	Intermedia La Puerta Pabellón	R3 a – 09. La Turbina – El Yeso	4			
			R3 a – 10. El Yeso Comp. Negras	4			
			R3 a – 11. Pabellón	5			
			R3 a – 12. Pabellón -- Cerrillos	5			
4	3.b Pabellón – Mal Paso	Intermedia Pabellón Mal Paso	R3 a – 13 .Cerrillos – Mal Paso	6	08 Copiapó - Hornito		
			-----	-----			
			4a. Mal Paso -- Copiapó	Intermedia Mal Paso -- Copiapó		R4a – 14. Mal Paso -- Palermo	6
						R4a – 15. Palermo – La Florida	7
5	5.a Copiapó – Piedra Colgada	Intermedia Copiapó Piedra Colgada	R4a – 16. La Florida -- Copiapó	8,9			
			-----	-----			
						R5a – 17. Copiapó -- Chamonate	-----
						R5a – 18.Chamonate – Piedra Colgada	-----
6	6a. Piedra Colgada – Valle Fértil	Intermedia Piedra Colgada – Valle Fértil	R6a. – 19. Piedra Colgada Valle Fértil	-----	07 Chañaral - Hiasco		
	6b. Valle Fértil -- Angostura	Intermedia Valle Fértil -- Angostura	R6b. –20. Valle Fértil -- Angostura	-----			

FUENTE: SIT 211 2010 DGA. ANÁLISIS INTEGRADO DE GESTIÓN ENCUENCA DEL RÍO COPIAPÓ INFORME FINAL – TOMO I.  
 Pág. 51 Tabla 2-11

**TABLA IV.2-2 LOCALIZACIÓN DE LOS DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS**

CODIGO	NOMBRE DEL DISTRITO AGROCLIMÁTICO	LOCALIZACION
03.04	POTRERILLOS – MANFLAS	Se ubica a lo largo de toda la región en la ladera occidental de la cordillera Central al norte de Copiapó y al sur en la Depresión Intermedia. Se emplaza generalmente entre las cotas 1.500 y 2.000.
03.07	CHAÑARAL – HUASCO	Se ubica al poniente de la cordillera de La Costa, en toda la región, alcanzando mayor amplitud en los sectores de las desembocaduras de los ríos Copiapó y Huasco.
03.08	COPIAPÓ - HORNITO	Se ubica en torno al río Copiapó, desde el sector de San Pedro hasta aproximadamente 60 Km aguas arriba.
03.09	LOS LOROS – PUENTE JORQUERA	Se encuentra en torno al río Copiapó, desde el distrito 3-8 hacia aguas arriba hasta las zonas terminales de los ríos Maflas, Pulido y Jorquera.

**TABLA IV.2-3 PARÁMETROS AGROCLIMÁTICOS**

DISTRITO	T máx med anual (°C)	T min med anual (°C)	T media anual (°C)	Rad. Solar media anual (cal/cm2/día)	ETP total anual (mm)	Precip anual (mm)	Hum. Relat. media anual (%)
03.04	21,1	7,4	13,6	469	1533	48	39
03.07	21,1	10,6	15,1	382	1242	29	75
03.08	24,6	9,4	16,2	453	1447,1	18	64
03.09	27,3	10,3	17,9	480	1619,2	48	42

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile, Ciren-Corfo

DISTRITO	Período libre de heladas días	Suma térmica anual días grados	Horas de frío N° de horas	Déficit hídrico anual mm	Número de meses secos N°	Número de meses húmedos N°
03.04	248	1543	1072	1483	12	0
03.07	356	1901	231	1214	12	0
03.08	356	2276	244	1430	12	0
03.09	365	2869	111	1571	12	0

Distrato	Índice de humedad invernal	Índice de humedad estival	Fecha de primera helada	Fecha de última helada	Número de heladas N°
03.04	0,15	0	11-may	16-sep	11
03.07	0,13	0	11-jun	16-ago	0
03.08	0,07	0	21-jun	06-ago	0
03.09	0,15	0			0

**EN LAS PÁGINAS SIGUIENTES:**

**En la FIG. IV.2-2 DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS COPIAPÓ. REGION DE ATACAMA**

- Se muestra que la totalidad del área del proyecto está en el distrito agro climático “O3 08 COPIAPO HORNITO”, y que los suelos se clasifican con “LIGERAS LIMITACIONES PARA TODOS LOS CULTIVOS DE LA ZONA”.



**En la FIG. IV.2-3 APTITUD DE RUBROS EN EL DISTRITO GROCLIMATICO 03 08**

- Se muestra la amplia gama de rubros susceptibles de explotación.










*Fuente de Información: Programa de Agencias Regionales de Desarrollo Productivo. Atacama. Gobierno de Chile.2012*



#### DISTRITOS AGROCLIMATICOS

	ALTA CORDILLERA DE LOS ANDES
	ALTO DEL CARMEN - EL TRANSITO
	CHAÑARAL - HUASCO
	COPIAPÓ - HORNITOS
	DIEGO DE ALMAGRO - PAJONALES
	HDA. CASTILLA - YERBAS BUENAS
	INCA DE ORO - CARRERA PINTO
	LOS LOROS - PUENTE JORQUERA
	MOSTAZAL - LA GUARDIA
	PLACILLA - DOMEYKO
	POTRERILLOS - MANFLAS
	SALAR DE PEDERNALES Y MARICUNGA
	VALLENAR - MAITÉN

#### SUELOS

	SIN LIMITACIONES PARA TODOS LOS CULTIVOS DE LA ZONA, CLASE I DE CAPACIDAD DE USO.
	LIGERAS LIMITACIONES PARA TODOS LOS CULTIVOS DE LA ZONA, CLASE II DE CAPACIDAD DE USO.
	MODERADAS LIMITACIONES PARA LOS CULTIVOS DE LA ZONA. CLASE III <sub>s</sub> , III <sub>e</sub> y III <sub>w</sub> DE CAPACIDAD DE USO.
	NO CORRESPONDE.
	SEVERAS LIMITACIONES PARA LOS CULTIVOS DE LA ZONA. CLASE IV <sub>s</sub> y IV <sub>e</sub> DE CAPACIDAD DE USO.
	SIN APTITUD AGRICOLA NI FORESTAL. CLASE VIII DE CAPACIDAD DE USO.
	SIN INFORMACION.
	SUELOS DE APTITUD PREFERENTEMENTE FORESTAL. CLASE VIII DE CAPACIDAD DE USO.
	SUELOS PREFERENTEMENTE PARA PRADERAS. CLASE VI <sub>s</sub> Y VI <sub>e</sub> DE CAPACIDAD DE USO. SE INCLUYEN TAMBIEN SUELOS DE CLASE VII MAL DRENADOS O DELGADOS.

COD. Y NOMBRE DISTRITO	8 - COPIAPO / HORNITOS	
	APTITUD CLIMATICA	APTITUD DE SUELO
<u>Naranjos</u>	■	■ ■
<u>Clementinos (tempranos)</u>	■	■ ■
<u>Satsumas (intermedias)</u>	■	■ ■
<u>Híbridos (tardías)</u>	■	■ ■
<u>Pomelos</u>	■	■ ■
<u>Higuera</u>	■	■ ■
<u>Chirimoyo</u>	■	■ ■
<u>Guayaba</u>	■	■ ■
<u>Granado</u>	■	■ ■
<u>Jojoba</u>	■	■ ■
<u>Olivo</u>	■	■ ■
<u>Mango</u>	■	■ ■
<u>Lúcuma</u>	■	■ ■
<u>Uva de mesa</u>	■	■ ■
<u>Vid vinifera</u>	■	■ ■

**Simbología:**

- = Sin limitaciones climáticas, salvo aquellas de carácter leve que en forma específica se indiquen en la ficha del cultivo.
- = Limitaciones climáticas de baja o mediana importancia, que se indican en las observaciones de las fichas de cultivo.
- = Limitaciones climáticas severas que impiden el cultivo de las especies o variedades indicadas.
- = Suelo no agrícola.
- = No se informa aptitud de suelo dado que no existe aptitud climática.

**FIG. IV.2-3 APTITUD DE RUBROS EN EL DISTRITO GROCLIMATICO 03 08**



### **IV.3 ENCUESTA AGROPECUARIA**

#### **Introducción**

##### **Formulario de la encuesta**

Un primer formulario de la encuesta se sometió a los dirigentes de los regantes de agua subterránea, CASUB. Ellos hicieron observaciones al formato y a algunas preguntas del formulario. El Consultor trabajó con ellos y se generó en conjunto una nueva versión del formulario que contó con el consenso de la CASUB y la CNR. Este fue el formulario utilizado en todas las encuestas y se presenta al final de este numeral.

En una primera etapa de terreno se hizo una pre encuesta que no dio resultados satisfactorios, por lo cual se diseñó una segunda campaña de terreno de dos meses de duración con tres profesionales, ingenieros agrónomos, con dedicación exclusiva.

##### **Población elegible para la encuesta**

De común acuerdo con la CNR y la autoridad regional se utilizó la base de datos generada por el Programa CNR-UC de apoyo a los usuarios del agua subterránea, en realización, pero que ya había generado una base de datos de los regantes con agua subterránea en los sectores hidrogeológicos 4 y 5 que son los beneficiados con este proyecto. Una copia resumida de esta Base de Datos está en la Tabla IV.1-1 y una versión extensa está como archivo digital.

En una primera fase se calculó un tamaño de muestra que resultó de un 85% del tamaño de la población. Considerando la experiencia de dificultades para ubicar a los sujetos de la encuesta en la etapa de pre encuesta, se decidió encuestar un 100% de la población. Los resultados se detallan a continuación. Por otra parte se tienen datos del 100% de los casos en cuanto a la tenencia de derechos de agua subterránea a través de la información obtenida de la DGA y del Programa CNR-UC, que define a los potenciales interesados en este proyecto.

##### **Trabajos de campo**

El objetivo de la encuesta fue identificar a los posibles beneficiarios agrícolas del proyecto “Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su Utilización en Riego en la cuenca del Río Copiapó”, definir su perfil y registrar información sobre sus costos de operación y rentabilidad.

La primera lista incluía 107 pozos con derechos legalizados e inscritos en la DGA. (95 del sector 5 y 12 del sector 4). Se determinó que 36 son registros duplicados, con personas con más de un pozo, ya que la encuesta está orientada a predios y no a pozos, así se reduce la lista a 53.

Se obtuvieron 40 encuestas, 35 del sector 5 y 5 del sector 4. Estos resultados se obtuvieron a raíz de distintas situaciones, como por ejemplo; la existencia de más de un propietario de derechos de agua subterránea en un mismo predio, más de un pozo, bienes familiares. Cabe destacar que para el caso de las encuestas no realizadas se hicieron reiterados intentos para lograr la entrevista, obteniendo escasos resultados. En una planilla en la versión digital (“Listado Seleccionados Encuestas”) se señalan los motivos del porqué algunos de los seleccionados no se pudieron encuestar. Desde el punto de vista de la población objetivo identificada se consiguió encuestar un 75%. Esto es 40 explotaciones encuestadas sobre un total de 54. Desde el punto de vista de los derechos de agua subterráneas se pudo encuestar un 84% de los derechos. Esto es un total de titulares de derechos encuestados por 1666 l/s de un total de 1988 l/s de derechos existentes en el sector beneficiado, tomando datos de la encuesta UC-CNR.

### Base de datos encuesta.

**Tabla IV.3-1.** Antecedentes obtenidos previamente de la DGA versus identificación de predios obtenida en terreno.

ENCUESTA UC						ENCUESTA UCHILE					
Nº ENCUESTA	Titular del Derecho	Antecedente	Ubicación	Sector Geográfico	Coordenadas iniciales CPA		ROL	UBICACIÓN	DERECHOS DE AGUA		
					Caudal Final (l/s)	Sector Hidrológico			Norte	Este	AGUA SUBTERRÁNEA
								CAUDAL (L/S)	VOLUMEN (m3/ha/año)	TURNOS (HRS/SEMANA)	
1	1	AGRÍCOLA BUENAVENTURA LTDA.	5	PIEDRA COLGADA	-	-					
1		AGRÍCOLA BUENAVENTURA LTDA.	5	PIEDRA COLGADA	-	-					
2	2	AGRÍCOLA CAMPOS DE CERRILLOS LTDA.	5	FUNDO CHAMONATE	-	-	511-07	CHAMONATE	63		
2		AGRÍCOLA CAMPOS DE CERRILLOS LTDA.					511-01	CHAMONATE	80		
3		RENATO PORCILE RISSI	5		6977850	361450					
4	3	AGRÍCOLA LA CANTERA (JUAN FERNANDO SILVA)	5	HACIENDA TOLEDO	6977829	361645	512-05	CHAMONATE	80		
4		AGRÍCOLA LA CANTERA (JUAN FERNANDO SILVA)								15,400	
5	4	AGRÍCOLA SAN ESTEBAN LTDA.	5		6978548.86	352656.96	521-16	PIEDRA COLGADA	90		180
5		AGRÍCOLA SAN ESTEBAN LTDA.						PIEDRA COLGADA	50		
6	5	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5		6979143	359878	511-013	CHAMONATE	40		
6		AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5		6976680	362300					
6		AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5	HACIENDA TOLEDO	6976680	362300					
6		AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5		6976680	362300					
6		AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5		6976680	362300					
6		AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	5		6976680	362300					
7	6	ARIO HUMBERTO LAFERTTE VIDELA	5		6979356	352617	510-11	PIEDRA COLGADA	2		
8	7	CARMEN AZUCENA NACIFF CATALANO	5		6976680	362300	511-08	CHAMONATE	7.5		12
8		CARMEN AZUCENA NACIFF CATALANO	5		6975519	365280		CHAMONATE			
9		JEAN PIERRE NACIFF CATALANO	5		6977850	361450					
10		FLAVIO ALEJANDRO NACIFF CATALANO	5		6977850	361450					
10		FLAVIO ALEJANDRO NACIFF CATALANO	5		6976680	362300					
11	8	DANIEL RICARDO ÁLVAREZ ASPEÉ	5		6976680	362300	512-103	TOLEDO	6		
11		DANIEL RICARDO ÁLVAREZ ASPEÉ	5	HACIENDA TOLEDO	6979513	359735					
11		DANIEL RICARDO ÁLVAREZ ASPEÉ	5	HACIENDA TOLEDO	6979654	359145					
12	9	DELICI GROSSI TORNINI	5		6976680	362300	512-8	CHAMONATE	3.8		24
13	10	DOMINGA INES SUAREZ SALAZAR	5		6979435	352405	510-4	PIEDRA COLGADA	3.5		
14	11	ERNESTO GUERRA GONZALEZ	5	HACIENDA TOLEDO	6980000	358870	512-168	TOLEDO	4		
15	12	FERNANDO CARDENAS CONTRERAS	5		6979120	353649	521-197	PIEDRA COLGADA	5.4		

ENCUESTA UC							ENCUESTA UCHILE					
Nº ENCUESTA	Titular del Derecho	Antecedente	Ubicación	Sector Geográfico	Coordenadas iniciales CPA		ROL	UBICACIÓN	DERECHOS DE AGUA			
					Caudal Final (l/s)	Sector Hidrológico			Norte	Este	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUPERFICIAL
									CAUDAL (L/S)	VOLUMEN (m3/ha/año)	(HRS/SEMANA)	
16	13	GUILLERMO CONCHA BUSTOS	31	5	HACIENDA TOLEDO	6979160	360060	512-13	CHAMONATE	40		24
16		GUILLERMO SEGUNDO CONCHA BUSTOS	5.33	5		6979550	358940					
17		CLAUDIO ANDRÉS CONCHA GROSSI	3	5	HACIENDA TOLEDO	6976680	362300					
18	14	GUILLERMO STEIN , HANS WALTER Y RENATO STEIN VON UNGER	60	5	HACIENDA TOLEDO	6979229	356542	512-1	TOLEDO		15,388	
18		GUILLERMO STEIN , HANS WALTER Y RENATO STEIN VON UNGER							TOLEDO	60		
18		GUILLERMO STEIN , HANS WALTER Y RENATO STEIN VON UNGER	60	5	HACIENDA TOLEDO	6979229	356542		TOLEDO	90		
19	15	HÉCTOR BLADIMIR MARTINOVIC OLIVOS	22	5	HACIENDA TOLEDO	6979650	359300	512-14	PIEDRA COLGADA	50		5.55
19		HÉCTOR MARTINOVIC OLIVOS	8.34	5		6977850	361450			8.3		
20	16	JACQUELINE ISABEL ESCOBAR GALLARDO	2	5		6979325	360814	5030-23	CHAMONATE	0	-	0
21	17	JOAQUIN OLATE FREDES	5	5		6979547	352695	510-7	PIEDRA COLGADA	5		
22	18	JOSÉ ANTONIO PÉREZ ALCOTA	6	5		6976680	362300	38254	BODEGA			
23	19	LORETO VIVIANA GROSSI GALEB	9	5	HACIENDA TOLEDO	-	-	512-6	CHAMONATE	12		14
23		LORETO VIVIANA GROSSI GALEB	8.33	5		6977850	361450					
24	20	LUIS ALBERTO LAMPEREIN ALARCÓN	2	5	HACIENDA TOLEDO	6979766	360321	5004-20	CHAMONATE	2		2
24		LUIS ALBERTO LAMPEREIN ALARCÓN										
25	21	MANUEL JESÚS CASTRO VERGARA	6	5		6977850	361450	502-13	BODEGA	18		12
26	22	MARCELO DEPETRIS DEFLORIAN	1	5		6980834	352680		PIEDRA COLGADA	1		
27	23	MARÍA INÉS CATALANO GÓMEZ	15	5	HACIENDA TOLEDO	-	-	512-22	TOLEDO			6
27		MARÍA INÉS CATALANO GÓMEZ	0.5	5	HACIENDA TOLEDO	-	-					
28	24	OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO	10	5		6978658	353887	503-12	PIEDRA COLGADA	10		
28		OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO							PIEDRA COLGADA			
28		OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO							PIEDRA COLGADA			
29	25	PATRICIA VERÓNICA MANRÍQUEZ ÁLVAREZ	2	5	HACIENDA TOLEDO	6979680	360205	5004-19	CHAMONATE	2		0.5
31	26	SERGIO GROSSI TORNINI	8.5	5	HACIENDA TOLEDO	6978230	361480		CHAMONATE	8.5		12
32	27	SOCIEDAD AGRÍCOLA LOS TRONCOS LTDA.	6	5		6974859	364879	502-69	BODEGA	35		38.16
33	28	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	60	5	HACIENDA BODEGA	6976966	361866	512-034	BODEGA	80		
33	29	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	120	5	HACIENDA BODEGA	6976908	361676	502-9	BODEGA	60		
33		SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	120	5	HACIENDA BODEGA	6977248	361593	512-029		100		
33		SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	100	5	HACIENDA BODEGA	6976811	362084			120		
33		SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.								80		
33		SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.								120		
33		SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.								46		

ENCUESTA UC							ENCUESTA UCHILE				
Nº ENCUESTA	Titular del Derecho	Antecedente	Ubicación	Sector Geográfico	Coordenadas iniciales CPA		ROL	UBICACIÓN	DERECHOS DE AGUA		
					Caudal Final (l/s)	Sector Hidrológico			CAUDAL (L/S)	VOLUMEN (m3/ha/año)	AGUA SUPERFICIAL TURNO (HRS/SEMANA)
34	CÍTRICOS UNIAGRI S.A.	6	5	HACIENDA TOLEDO	6976680	362300					
35	30 SOCIEDAD AGRÍCOLA Y COMERCIAL LOS GIRASOLES (AGRÍCOLA LOS GIRASOLES S.A.)	6.664	5		-	-	512-018	TOLEDO	6.64		24
35	AGRÍCOLA LOS GIRASOLES LTDA.	6.7	5		6979143	359878					
36	31 VASANGEL S.A. - CHILE . Y COMPAÑÍA LTDA.	60	5	HACIENDA TOLEDO	6979188	358425	511-6	CHAMONATE	80		37.6
36	VASANGEL S.A. - CHILE . Y COMPAÑÍA LTDA.	50	5	FUNDO CHAMONATE PARCELA 2	6980250	361280				15,400	
36	VASANGEL S.A. - CHILE . Y COMPAÑÍA LTDA.	90	5	HACIENDA TOLEDO	6978620	356930					
36	VASANGEL S.A. CHILE Y COMPAÑÍA LTDA.	120	5		6974859	364879					
37	32 ANGELO GHIGLINO	22.5	4	CALLEJÓN PAIPOSE	6957000	375300	552-122	SAN FERNANDO	45		30
37	ANGELO GHIGLINO						552-120				
37	ANGELO GHIGLINO						552-144				
37	ANGELO GHIGLINO						552-145				
37	ANGELO GHIGLINO						552-123				
38	33 ANÍBAL PÉREZ PÉREZ Y MANGLIO GALLI HEREDIA	20.00	4	PUEBLO MANUEL ANTONIO MATTA	6971220	368235	601-2	SAN FERNANDO	6		2
38	ANÍBAL PÉREZ PÉREZ Y MANGLIO GALLI HEREDIA						601-1				
39	34 MIGUEL GONZALO MOLL ARCE	54	4					SAN FERNANDO	5		1
39	MIGUEL GONZALO MOLL ARCE							SAN FERNANDO			
40	35 ANGEL VICTTORIO REVELLO VALENCIA, TERESA PATRICA REVELLO VALENCIA, LUIS EDGARDO REVELLO VALENCIA, GIANNINA ADELINA REVELLO VALENCIA	20	4		6968299	371461	561-4	VIÑITA AZUL	22		24
40	ANGEL VICTTORIO REVELLO VALENCIA, TERESA PATRICA REVELLO VALENCIA, LUIS EDGARDO REVELLO VALENCIA, GIANNINA ADELINA REVELLO VALENCIA							VIÑITA AZUL			
41	36 XIMENA ISABEL MORENO PROHENS	38	5	SAN PEDRO	6976560	362950		SAN PEDRO	38		
41	XIMENA ISABEL MORENO PROHENS										
42	37 GUILLERMO ROJAS SAEZ	50	5	HACIENDA BODEGA	6975810	363970					
42	GUILLERMO ROJAS SAEZ	60	5		6975519	365280					
42	GUILLERMO ROJAS SAEZ	19.98	5	HACIENDA BODEGA	6975160	365480					
43	38 HUMBERTO ALEJANDRO CAMPILLAY VITALI	5.42	5		6976680	362300					
43	HUMBERTO CAMPILLAY VITALI, JOSÉ ADELSDORFER SANTELICES	0.92	5		6976680	362300					
44	39 SOCIEDAD ANÓNIMA CEMENTERIO PARQUE DE COPIAPÓ	18	4	SECTOR EX FUNDO PALERMO	6971598.709	368209.981	100-35	EL PALOMAR	18		
45	40 SOCIEDAD AGRÍCOLA V Y C LTDA.	10	5		6977850	361450	511-25	CHAMONATE	18		4
45	SOCIEDAD AGRÍCOLA V Y C LTDA.	10	5		6977850	361450					
<b>TOTAL</b>		<b>1666.154</b>							<b>1621.64</b>	<b>46,188</b>	<b>452.81</b>

Respecto a la disposición y ánimo de los entrevistados a ser encuestados surgieron cuestionamientos a la misma encuesta, siendo el principal obstáculo del formulario de preguntas el ítem de costos e ingresos, generando rechazo o simplemente evasión de los productores a las preguntas como: “Total Ingresos” y “Margen Bruto”. Otras situaciones a las que se refirieron los encuestados son las siguientes:

- La problemática asociada al uso del recurso hídrico por la minería y la sobre extracción que éstos realizarían
- El conflicto con la empresa sanitaria Aguas Chañar en el canal Toledo y la venta de derechos de ésta a Minera Candelaria sobre las aguas tratadas.
- Los consumos de agua en los sectores altos que afecta la cantidad de agua que llega a los sectores bajos
- Los altos valores que estarían pagando algunas empresas mineras por los derechos

Además respecto a la posibilidad de recargar las napas, los encuestados manifiestan dudas sobre las precipitaciones en el Valle y por consiguiente de dónde se obtendría el agua para efectuar un proyecto de estas características, por otro lado, los grandes costos que esto podría involucrar y el riesgo de la inversión.

## **Resultados**

### **Sección I. Identificación del Predio**

Se generó una base de datos con la información básica del predio que incluye: el rol de la propiedad; nombre del predio y sector geográfico donde se ubica; nombre del propietario; total de hectáreas del rol; total de hectáreas de riego cultivadas actualmente; nombre de la persona entrevistada, su relación con el predio, teléfono y correo electrónico; dirección de gerencia u oficina; si pertenece a alguna organización de aguas subterráneas o superficiales y por ultimo si participa en algún proyecto o programa en relación a la explotación del predio (Tabla IV.3-2).

**Tabla IV.3-2**

Nº	Propietario Derechos de Agua Subterránea	ROL	Nombre del predio	Sector Geográfico	Nombre del propietario del Predio	Total ha del rol	Total de ha de riego cultivadas	Nombre persona entrevistada y relación con el predio	Fono y correo electrónico	Organización de Aguas Superficiales	Organización de Aguas Subterráneas	Proyecto o Programa en que participa
1	AGRÍCOLA BUENAVENTURA LTDA.		Fundo Buenaventura	Bodega	Soc. Agrícola Buenaventura Ltda.	150	150	Guillermo Baez, Administrador Agrícola Verterra Ltda.	92356150		CASUB	Uchilecrea, Sales Copiapó (U. de Chile)
2	AGRÍCOLA CAMPOS DE CERRILLOS LTDA.	511-07	Parcela n°5	Chamonte	Agrícola Campos de Cerrillos Ltda.	76	-	Renato Porcile, Dueño	91286151		CASUB	
		511-01	Parcela n°1			60	-					
3	AGRÍCOLA LA CANTERA (JUAN FERNANDO SILVA)	512-05	Fundo La Tranquera	Chamonte	Agrícola La Cantera	68.7	42	Julio Galaz, Administrador				
4	AGRÍCOLA SAN ESTEBAN LTDA.	521-16	Fundo Sta. Luisa	Piedra Colgada	Agrícola San Esteban S.A.	400	20	Leopoldo Escudero, Administrador	84095218		CASUB	
5	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	511-013	Agrovinificadora Sol Naciente	Chamonte	José Perez	100	61	José Perez, Dueño	95426115		CASUB	
6	ARIO HUMBERTO LAFERTTE VIDELA	510-11	Parcela 9B, Lote 3B	Piedra Colgada	Ario Lafertte	1	0.5	Ario Lafertte, Dueño	65061798		CASUB	
7	CARMEN AZUCENA NACIFF CATALANO	511-08	Parcela 6	Chamonte	Carmen Naciff, Flavio Naciff, Jean Pierre Naciff, Cristian Palavicino	75	23	Jean Pierre Naciff, Dueño	98403895	x	CASUB	
8	DANIEL RICARDO ÁLVAREZ ASPEE	512-103	Parcela 27, Lote 28 y 29	Piedra Colgada	Daniel Alvarez	50	1	Daniel Alvarez, Dueño	052-219967		CASUB	
									<a href="mailto:agrofarmacos@agrofarmacos.cl">agrofarmacos@agrofarmacos.cl</a>			
9	DELICI GROSSI TORNINI	512-8	Parcela 19	Chamonte	Delzy Grossi	20	3	Delzy Grossi, Dueña	98874407		CASUB	
10	DOMINGA INES SUAREZ SALAZAR	510-4	Parcela 14	Piedra Colgada	Dominga Suarez	1.5	0.8	Dominga Suarez, Dueño	73788902		CASUB	INDAP, Uchilecrea
11	ERNESTO GUERRA GONZALEZ	512-168	Lote 2, Parcela 30	Toledo	Ernesto Guerra	2	1.5	Ernesto Guerra, Dueño	88778768		CASUB	INDAP
12	FERNANDO CARDENAS CONTRERAS	521-197	Parcela C1	Piedra Colgada	Fernando Cardenas	3.6	0.3	Fernando Cardenas, Dueño	74515782		CASUB	
13	GUILLERMO CONCHA BUSTOS	512-13	Parcela 24	Chamonte	Guillermo Concha	35	33	Claudio Concha, Hijo Dueño	95467005	Canal Toledo	CASUB	
14	GUILLERMO STEIN, HANS WALTER Y RENATO STEIN VON UNGER	512-1	Hacienda Toledo	Toledo	Guillermo Stein	509	57	Juan Díaz, Administrador	73988623		CASUB	Uchilecrea, GEA
									<a href="mailto:astein@norme.x.cl">astein@norme.x.cl</a>			
15	HÉCTOR BLADIMIR MARTINOVIC OLIVOS	512-14	Parcela 25	Piedra Colgada	Hector Martinovic	5	-	Hector Martinovic, Dueño	98279646		CASUB	
16	JACQUELINE ISABEL ESCOBAR GALLARDO	5030-23	Parcela 21, Lote 23	Chamonte	Jacqueline Escobar	0.5	-	Jacqueline Escobar, Dueña	62260064			
17	JOAQUIN OLATE FREDRES	510-7	La Puntilla	Piedra Colgada	Joaquín Olate	2.38	2	Joaquín Olate, Dueño			CASUB	
18	JOSÉ ANTONIO PÉREZ ALCOTA	38254		Bodega	José Perez	10	-	José Perez, Dueño	95426115			
19	LORETO VIVIANA GROSSI GALEB	512-6	Parcela 17	Chamonte	Loreto Grossi	19.8	-	Loreto Grossi, Dueña	79791626		CASUB	
20	LUIS ALBERTO LAMPEREIN ALARCÓN	5004-20	Lote 2H, pasaje El Manzano	Chamonte	Luis Lamperein	0.5	0.35	Luis Lamperein, Dueño	052-238702			
21	MANUEL JESÚS CASTRO VERGARA	502-13	Parcela 8	Bodega	Manuel Castro	22	18	Hector Castro, Sucesión		x		
22	MARCELO DEPETRIS DEFLORIAN			Piedra Colgada	Marcelo Depetris	0.5	-	Marcelo Depetris, Dueño	052-212917			
23	MARÍA INÉS CATALANO GÓMEZ	512-22	Parcela 33	Toledo	Maria Inés Catalano	18	-	Jean Pierre Naciff, Sucesión	98403895			
24	OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO	503-12	La Rinconada	Piedra Colgada	Oscar Aguirre	13	2	Oscar Aguirre, Dueño	93420767		CASUB	INDAP
25	PATRICIA VERÓNICA MANRÍQUEZ ÁLVAREZ	5004-19	Parcela 22, Lote 2F	Chamonte	Patricia Manríquez	0.5	0.3	Patricia Manríquez, Dueña				
26	SERGIO GROSSI TORNINI		Parcela 18	Chamonte	Sergio Grossi	12.5	10	Sergio Grossi, Dueño	92283308			
27	SOCIEDAD AGRÍCOLA LOS TRONCOS LTDA.	502-69	Soc. Agrícola Los Troncos	Bodega	José Perez	130	120	José Perez, Dueño	95426115		CASUB	
28	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI AGRI COPIAPÓ LTDA.	512-034	Fundo Bramador	Bodega	Soc. Agrícola Uni Agri Copiapó Ltda.	475.75	128	Heraldo Ceballos, Encargado	91640060		CASUB	Sales Copiapó (U. de Chile)
		512-029				292.31						



Nº	Propietario Derechos de Agua Subterránea	ROL	Nombre del predio	Sector Geográfico	Nombre del propietario del Predio	Total ha del rol	Total de ha de riego cultivadas	Nombre persona entrevistada y relación con el predio	Fono y correo electrónico	Organización de Aguas Superficiales	Organización de Aguas Subterráneas	Proyecto o Programa en que participa
29	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	502-9	Fundo Gibraltar	Bodega	Soc. Agrícola Uni Agri Copiapó Ltda.	71.88	62	Heraldo Ceballos, Encargado	91640060		CASUB	Sales Copiapó (U. de Chile)
30	SOCIEDAD AGRÍCOLA Y COMERCIAL LOS GIRASOLES (AGRÍCOLA LOS GIRASOLES S.A.)	512-018	Parcela 29	Toledo	Vecchiola S.A.	29.3	5	Ramón Sanchez, Dueño de derechos de agua sup. Y sub.	98490555	x		
31	VASANGEL S.A. - CHILE . Y COMPAÑÍA LTDA.	511-6	Vasangel	Chamonate	Vasangel S.A.	62.8	32	Juan Díaz, Administrador	73988623		CASUB	Uchilecrea, GEA
32	ANGELO GHIGLINO	552-122 552-120 552-144 552-145 552-123	Ex Fundo Sn. Miguel	San Fernando	Angelo Ghiglino	50	18	Angelo Ghiglino, Dueño	95490155	Canal Punta Negra		
33	ANÍBAL PÉREZ PÉREZ Y MANGLIO GALLI HEREDIA	601-2  601-1	La Palma	San Fernando	Manglio Galli	4  2	3.5	Manglio Galli, Dueño		Comunidad de aguas superficiales de Sn. Fernando		INDAP
34	MIGUEL GONZALO MOLL ARCE		Los Grillos, Punta Negra	San Fernando	Invermoll, Miguel Moll	2.4	2	Miguel Moll, Dueño		x		
35	ANGEL VICTORIO REVELLO VALENCIA, TERESA PATRICA REVELLO VALENCIA, LUIS EDGARDO REVELLO VALENCIA, GIANNINA ADELINA REVELLO VALENCIA	561-4	Viñita Azul sin numero	San Fernando	Soc. Revello Valencia	258	12	Luis Revello, Dueño		x		
36	XIMENA ISABEL MORENO PROHENS		Mallorquina	San Pedro Bodega	Ximena Moreno Prohens	56	53	Javier Garay, Ing. Agronomo	85002613		CASUB	
37	GUILLERMO ROJAS SAEZ				Guillermo Rojas			Guillermo Rojas, Dueño				
38	HUMBERTO ALEJANDRO CAMPILLAY VITALI				Luis Gutierrez Farias			Humberto Campillay, ex dueño	88193532			
39	SOCIEDAD ANÓNIMA CEMENTERIO PARQUE DE C	100-35	Cementerio parque	El Palomar	S.A. Cementerio Parque de Copiapó	2.3	1.8	Patricio Díaz, Gerente	052-354600			
40	SOCIEDAD AGRÍCOLA V Y C LTDA.	511-25	Parcela nº6	Chamonante	Alicanto	15	2	Alejandro Perez, Administrador	94407656	Canal Chamonate	CASUB	Revestimiento canal Chamonate, telemetría
									<a href="mailto:alepemo@gmail.com">alepemo@gmail.com</a>			
<b>TOTAL</b>						3108.22	865.05					

En cuanto al rol, en 5 casos este no fue informado por los siguientes motivos; no contaron los documentos donde verificarlo, desconocimiento del administrador y en un caso el entrevistado estimó que no era necesario para el fin de la encuesta. Además una persona que no accedió a dar información personal y otra que vendió la propiedad.

El nombre del predio está dado por el número de parcela y número de lote, en otros casos el nombre del fundo. Los sectores del Valle que abarcó la encuesta fueron el 4 y 5, dentro de ellos se identificó 7 subsectores: en el sector 4 San Fernando, Viñita Azul y El Palomar, y en el sector 5 San Pedro, Piedra Colgada, Toledo, Chamonate y Bodega.

En cuanto al total de hectáreas de las propiedades encuestadas con uso agrícola (3108,22 ha), versus el total de hectáreas cultivadas (869,43 ha), solamente un 28% de la superficie informada se encuentra efectivamente cultivada en la actualidad (Tabla IV.3-3 y IV.3-4).

**Tabla IV.3-3** Uso de la superficie agrícola informada y tasa de variación por cultivo desde la temporada anterior sector 4.

ESPECIE	Superficie Cultivada (ha) 2011	Superficie Cultivada (ha) 2012	Tasa de Variación	Porcentaje Superficie Cultivada*
Uva de mesa	10.6	10.6	0.0%	3.33%
Hortalizas	30.9	24.9	-10.41%	7.81%
Otros	1.8	1.8	0.0%	0.56%
Sin Cultivo	275.4	281.4	2.18%	88.29%
<b>Total</b>	<b>318.7</b>	<b>318.7</b>	-	100%

**Tabla IV.3-4.** Uso de la superficie agrícola informada y tasa de variación por cultivo desde la temporada anterior sector 5.

ESPECIE	Superficie 2011 (ha)	Superficie 2012 (ha)	Tasa de Variación	Porcentaje Superficie Cultivada*
Uva de mesa	423.5	382	-9.8%	13.69%
Granado	184.5	190	2.9%	6.81%
Olivo	148.6	148.1	-0.03%	5.30%
Uva Pisquera	84	84	0.0%	3.01%
Hortalizas	26.35	24.73	-6.15%	0.89%
Otros	4.3	3.3	-23.3%	0.11%
Sin Cultivo	1919.67	1957.39	2.04%	70.17%
<b>Total</b>	<b>2789.52</b>	<b>2789.52</b>	-	100.00%

El 66% de las personas consultadas en el sector 5 pertenecen a la Comunidad de Aguas Subterráneas CASUB, y el 22% (sector 4 y 5) indican pertenecer a alguna comunidad de aguas superficiales o junta de vigilancia, estas últimas ubicadas en Toledo, Chamonate, Bodega, San Fernando y Viñita Azul donde todavía pueden hacer uso de aguas superficiales (Tabla IV.3-2).

De los proyectos o programas desarrollados en el Valle para el sector agrícola, 4 personas informan participar en proyectos de INDAP y 6 en proyectos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, como Uchilecrea y Sales Copiapó, del Grupo de Estudios del Agua (GEA) (Tabla IV.3-2).

### Sección II. Tenencia de la Tierra

Se registra un total de 40 roles y 3108.22 hectáreas en los sectores 4 y 5, de un total de 40 encuestados solo 1 dice ser arrendatario y el resto es propietario del predio (Tabla IV.3-5).

**Tabla IV.3-5.** Tenencia de la tierra.

TENENCIA DE LA TIERRA	Sector 4		Sector 5	
	Nº ENCUESTADOS	PORCENTAJE	Nº ENCUESTADOS	PORCENTAJE
<b>PROPIA</b>	5	100%	31	89%
<b>ARRENDADA</b>	0	0%	1	3%
<b>EN MEDIERÍA</b>	0	0%	0	0%
<b>OTRA</b>	0	0%	1	3%
<b>NO RESPONDE</b>	0	0%	2	6%
<b>TOTAL</b>	5	100%	35	100%

### Sección III. Superficie del Predio

La idea fue cuantificar el número de hectáreas que son regadas en cada predio y el tipo de agua utilizada. Para ello se presentaron las siguientes alternativas: Riego permanente con agua superficial, riego permanente con agua subterránea, riego eventual con agua superficial, riego eventual con agua subterránea y riego mixto (agua superficial y agua subterránea) (ver archivo Word, "Formulario para encuesta en terreno").

Se obtuvo que el 56% del total de la superficie regada, el riego se efectúa de forma permanente con agua subterránea, en el 26% es eventual con aguas subterráneas, en el 15% es mixto y sólo en un 2,5% el riego es eventual con agua superficial, el detalle por sector hidrogeológico se presenta en la Tabla 6.

**Tabla IV.3-6** Tipo de agua para riego sectores 4 y 5.

Tipo de agua que utiliza para riego	Sector 4		Sector 5	
	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje
Riego Permanente con agua superficial	2	5%	0	0%
Riego Permanente con agua subterránea	1,8	5%	485,88	59%
Riego eventual con agua superficial	21,5	58%	0,3	0%
Riego eventual con agua subterránea		0%	227,9	28%
Riego mixto (agua superficial y agua subterránea)	12	32%	114,35	14%
No riega		0%		0%
No responde		0%		0%
TOTAL	37,3	100%	828,43	100%

El 99% de la superficie regada exclusivamente con agua superficial, ya sea de forma eventual o permanente se encuentra en el sector 4, esto dado que los pozos en este sector se encuentran en su mayoría secos. De los entrevistados en la zona solo uno puede extraer agua subterránea de un pozo de 175m, y su propietario sólo hace uso de él en las faenas agrícolas si es que no cuenta con agua superficial para regar sus parrones. También hay una persona en el sector que ocupa solo agua subterránea en sus riegos y esto es debido a que compra agua subterránea por m<sup>3</sup>, dado que su pozo también se secó hace un año y medio.

#### Sección IV. Derechos de Agua

- **Derechos de Agua Superficial**

El total de derechos de agua superficial declarados en el sector 4 y 5 son 452.8 hrs a la semana.

Los turnos otorgados en el sector de Piedra Colgada (185.55 hrs/semana), no se ocupan dado que no existe agua superficial a esa altura del Valle.

En el caso de Chamonate (130.1 hrs/semana) y Toledo (30 hrs/semana) los turnos en general son ocupados y se extraen las aguas tratadas por Aguas Chañar, que son devueltas al cauce. Los riegos que se efectúan en este sector en general son mixtos, con aguas subterráneas y superficiales.

En el sector 4 (57 hrs/semana) el riego solo se efectúa con aguas superficiales dado que los pozos en el sector se encuentran secos a 130 metros (Tabla IV.3-7).

- **Derechos de Agua Subterránea**

El total de derechos de agua subterránea informados en el sector 4 y 5 son 1621.44 litros por segundo.

En el sector de Piedra Colgada (225.2 l/s) y San Pedro (38 l/s) el riego es efectuado exclusivamente con aguas subterráneas.

En el sector 4 la situación de los pozos es crítica, en San Fernando y El Palomar indican que hace dos años aproximadamente que los pozos se encuentran secos al menos hasta los 130 metros y en el sector de Viñita Azul se registra tan sólo un pozo a 175 metros, su propietario indica que el espejo de agua llega a los 105 metros de profundidad, por lo que en su mayoría se efectúa el riego con aguas superficiales (Tabla IV.3-7).

**Tabla IV.3-7.** Derechos de agua declarados.

Sector hidrogeológico	Localidad	Agua Subterránea		Agua Superficial	
		N° de pozos activos	Caudal total(l/s)	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Turno (hrs/semana)
5	Bodega	5	659	0	50,2
	Chamonate	10	436,8	30800	130,1
	Piedra Colgada	6	225	0	185,6
	Toledo	4	166,6	15388	30
	San Pedro	1	38	0	0
	San Fernando	0	56	0	33
4	Viñita Azul	1	22	0	24
	El Palomar	0	18		
Total		27	1621,44	46188	452,81

- **Mercado del Agua**

En el ítem mercado del agua se realizaron las siguientes preguntas, de respuestas sí o no:

1. ¿Usted conoce lo que es mercado del agua?
2. ¿Usted conoce lo que es un banco del agua?
3. ¿Usted ha comprado derechos de agua Superficial?
4. ¿Usted ha comprado derechos de agua Subterránea?
5. ¿Usted ha comprado m<sup>3</sup> de agua superficial?
6. ¿Usted ha comprado m<sup>3</sup> de agua subterránea?
7. En el futuro si usted necesitara, compraría m<sup>3</sup> de agua
8. ¿Usted ha vendido derechos de agua Superficial?
9. ¿Usted ha vendido derechos de agua Subterránea?
10. ¿Usted ha vendido m<sup>3</sup> de agua superficial?
11. ¿Usted ha vendido m<sup>3</sup> de agua subterránea?
12. En el futuro usted vendería o arrendaría m<sup>3</sup> de agua (Ver archivo Word, formulario encuesta)

Con respecto al mercado del agua, un 53% de los consultados sabe de lo que se trata aun cuando el 73% no sabe lo que es un banco de agua.

En cuanto a la compra o arriendo de agua el 10% reconoce haber comprado derechos de agua superficial, un 10% ha comprado derechos de aguas subterráneas, 3% ha comprado m<sup>3</sup> de agua superficial, y un 8% ha comprado m<sup>3</sup> de agua subterránea, mientras que un 45% manifiesta que si en el futuro lo necesitara compraría m<sup>3</sup> de agua

En tanto la venta o arriendo de agua sólo un 5% ha vendido derechos de agua superficial y un 20% de agua subterránea. El 3% manifiesta haber vendido m<sup>3</sup> de agua superficial y solo un 8% ha vendido m<sup>3</sup> de agua subterránea. El 50% de los consultados manifiesta que en el futuro vendería o arrendaría m<sup>3</sup> de agua (Tabla IV.3-8).

**Tabla IV: 3-8.** Mercado del agua.

PREGUNTAS	SI	NO	NO RESPONDE	TOTAL	% SI	% NO
¿Conoce lo que es el mercado del agua?	21	15	4	40	53%	38%
¿Conoce lo que es un banco del agua?	7	29	4	40	18%	73%
¿Ha comprado derechos de agua superficial?	4	31	5	40	10%	78%
¿Ha comprado derechos de agua subterránea?	4	31	5	40	10%	78%
¿Ha comprado m <sup>3</sup> de agua superficial?	1	34	5	40	3%	85%
¿Ha comprado m <sup>3</sup> de agua subterránea?	3	32	5	40	8%	80%
¿En el futuro si usted necesitara, compraría m <sup>3</sup> de agua?	18	17	5	40	45%	43%
¿Ha vendido derechos de agua superficial?	2	33	5	40	5%	83%
¿Ha vendido derechos de agua subterránea?	8	27	5	40	20%	68%
¿Ha vendido m <sup>3</sup> de agua superficial?	1	34	5	40	3%	85%
¿Ha vendido m <sup>3</sup> de agua subterránea?	3	32	5	40	8%	80%
¿En el futuro usted vendería o arrendaría m <sup>3</sup> de agua?	20	15	5	40	50%	38%

Como se señaló previamente, el sector 4 es el más crítico en la disponibilidad de agua, donde los pozos en su mayoría se encuentran secos. Allí se presenta un caso en el sector de Viñita Azul; donde existe un pozo a 175 metros de profundidad, del cual aún se extrae agua, pero dado los buenos precios de la venta de ésta, ya no se destina a labores agrícolas, lo que saca del pozo se vende en camiones aljibes para regar las áreas verdes de la ciudad de Copiapó.

Los cultivos del propietario los abastece con agua superficial para el riego y sólo en casos excepcionales hace uso del pozo.

Así también se presenta un caso en el que el pozo se secó a 80 metros luego de una baja considerable de la napa estimada por el informante en más de 20 metros el último año (2011) y decidieron asumir los grandes costos que tiene comprar m<sup>3</sup> de agua.

#### **Sección V. Superficie que actualmente riega**

En este ítem se consulta al productor por los riegos efectuados la temporada anterior por cultivo:

1. Número de hectáreas regadas la temporada 2011-2012
2. Fuente de agua, superficial o subterránea
3. Método de riego, presurizado (goteo, micro aspersores o cinta)
4. Tradicional (tendido o surco) u otro
5. Volumen de agua utilizado al año en m<sup>3</sup> por hectárea; eficiencia del riego (%)
6. Y el costo del riego al año en pesos por hectárea.

De esta sección se desprende la variación que ha presentado la superficie cultivada desde la temporada anterior a la actualidad. Se registra en la encuesta una disminución de un 9.8% en las hectáreas cultivadas de uva de mesa, 12.5% en hortalizas y una disminución en la superficie cultivada total de un 5% anual. El detalle por sector se presenta en las Tablas IV.3-3 y IV.3-4.

La principal fuente de agua utilizada es de origen subterráneo con un 94% de la superficie encuestada, tan sólo un 6% lo hace con aguas superficiales (Tabla IV.3-9).

**Tabla IV.3-9. Fuente de Agua.**

<b>FUENTE DE AGUA</b>	<b>N° Encuestados</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Sector 5</b>			
<b>Superficial</b>	1	0.3	0.03%
<b>Subterránea</b>	28	802.6	92.46%
<b>Mixta</b>	6	65.15	7.51%
<b>TOTAL</b>	35	868.05	
<b>Sector 4</b>			
	<b>N° Encuestados</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Superficial</b>	3	29.5	68.13%
<b>Subterránea</b>	1	1.8	4.16%
<b>Mixta</b>	1	12	27.71%
<b>TOTAL</b>	5	43.3	

El principal método de riego utilizado es por goteo, siendo el 92% de las hectáreas consultadas regadas de esta forma, el 8% restante se reparte entre aspersión (para césped), microaspersión, riego tradicional por tendido y surco. En la Tabla IV.3-10 se presentan los resultados por sector.

**Tabla IV.3-10.** Método de riego.

<b>Método de Riego</b>	<b>Sistema</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje (ha)</b>
<b>Sector 5</b>				
<b>Presurizado</b>	Aspersión	0	1.8	0.21%
	Goteo	26	831	95.73%
	Micro aspersión	2	24	2.76%
	Cinta	1	1	0.12%
<b>Tradicional</b>	Tendido	5	9.25	1.06%
	Surco	1	1	0.12%
<b>Otro</b>		0	0	0.0%
<b>TOTAL</b>		<b>35</b>	<b>868.05</b>	<b>100.0%</b>
<b>Sector 4</b>				
<b>Presurizado</b>	<b>Sistema</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje (ha)</b>
	Aspersión	1	1,8	4.16%
	Goteo	5	39.5	91.22%
<b>Tradicional</b>	Tendido	1	2	4.62%
<b>Otro</b>		0	0	0.0%
<b>TOTAL</b>		<b>7</b>	<b>43.3</b>	<b>100.0%</b>

**Sólo 15 personas contaban con un registro o noción de la cantidad de agua que se aplica en el riego y en promedio el volumen de agua utilizado al año por hectárea es de 9064 m<sup>3</sup>.**

La estimación del costo del riego entregado por los encuestados se basó en general en el consumo de electricidad por el uso de las bombas como costo más fuerte, muy pocos sumaban en esta consulta el costo por concepto de mantención y otros asociados al riego. En un caso en particular los costos en este ítem suben considerablemente dado que deben comprar agua por m<sup>3</sup> a camiones aljibe, informando un costo total al año de \$75 millones, esto hace subir el promedio del costo \$2.277.255. Sin considerar este dato excepcional, el promedio de los costos informados por concepto de riego es de \$762.278 por hectárea al año.



## Sección VI. Requerimientos Infraestructura Extrapredial e Intrapredial

- **Sistema de riego presurizado**

La información que se desprende de este ítem es el estado del sistema de impulsión y conducción, y de los dispositivos de aplicación en los casos en que se ocupan sistemas de riego presurizado como goteo, cinta, microaspersión u otro. Las alternativas que se daban a estas preguntas eran si se encontraban en bueno, regular o mal estado las obras de riego (ver archivo Word, "Formulario para encuesta en terreno").

En los predios con sistema de riego por goteo, para el caso de las estructuras de impulsión y conducción, en el 63% de los casos lo califican en bueno, el 30% regular y sólo un 7% en mal estado.

El estado de los dispositivos de aplicación, en este caso los goteros un 37% los encuentra en regular estado, básicamente dado por los problemas de sales de la zona lo que requiere el mantenimiento de estos regularmente. De todas formas, el 52% los califica en buen estado, debido a que indican realizar un buen manejo y limpieza periódica de éstos.

Sólo se registra un caso de riego por cinta el cual se encuentra en buen estado el sistema de impulsión y conducción, y en regular estado las salidas de agua.

Existen dos productores que ocupan microaspersores, uno se encuentra en buen estado en general y el otro en estado regular.

Hay solo un sistema instalado de aspersores para riego de césped, el cual se encuentra en buen estado (Tabla IV.3-11).

**Tabla IV.3-11.** Estado de sistemas de riego.

Sistemas de riego	Estructuras	Estado		
		Bueno	Regular	Malo
<b>Goteo</b>	Impulsión y conducción	63%	30%	7%
	Dispositivos de aplicación	52%	37%	11%
<b>Cinta</b>	Impulsión y conducción	100%	0%	0%
	Dispositivos de aplicación	0%	100%	0%
<b>Microaspersión</b>	Impulsión y conducción	50%	50%	0%
	Dispositivos de aplicación	50%	50%	0%
<b>Otros</b>	Impulsión y conducción	100%	0%	0%
	Dispositivos de aplicación	100%	0%	0%

- **Estado de las obras para riego intrapredial**

El estado de las obras intraprediales como:

1. Pozo profundo propio, pozo profundo comunitario,
2. Bombas de pozo profundo
3. Sistema eléctrico
4. Tranque de regulación
5. Marcos repartidores

Se calificó de bueno, regular, necesita reparación, necesita profundización o limpieza.

Según los resultados obtenidos el 43% de los encuestados califican sus pozos profundos en buen estado, otro 43% cree que necesita reparación, un 11% que está en regular estado y sólo un 4% necesita profundización o limpieza.

De los encuestados que disponen de pozos profundos comunitarios, el 75% de estos necesita reparación y el 25% restante los encuentra en buen estado.

Las bombas utilizadas en los pozos en un 72% se encuentran en buen estado, un 14% regular y otro 14% necesitan reparación

Respecto al sistema eléctrico, en el 72% de los casos es calificado como bueno, mientras que un 24% lo encuentra regular y un 3% indica que necesita reparación. Las personas que indican tener algún tipo de problema con el sistema eléctrico están ubicadas principalmente en el sector de piedra colgada, donde tienen disponible solo la red domiciliaria, sufren problemas constantes con el voltaje y los costos por el uso de las bombas de los pozos.

Sólo 11 de los entrevistados cuenta con tranques de regulación, de ellos 7 se encuentran en buen estado, 2 están en regular estado y 2 necesitan reparación (Tabla IV.3-12).

**Tabla IV.3-12.** Estado de las obras para riego intrapredial

OBRAS PARA RIEGO	Porcentaje			
	Bueno	Regular	Necesita Reparación	Necesita Profundización o Limpieza
Pozo profundo propio	43%	11%	43%	4%
Pozo profundo comunitario	25%	0%	75%	0%
Bombas de pozo profundo	72%	14%	14%	0%
Sistema eléctrico	72%	24%	3%	0%
tranque de regulación	64%	18%	18%	0%
Marcos repartidores	75%	0%	25%	0%

- **Sistema de bombeo en los pozos**

Se identifica el tipo de bomba que se ocupa en el predio, bombas con motor en superficie y bombas sumergidas, su potencia (HP), su fuente de energía: gasolina, diesel, eléctrica o energía alternativa; y costo mensual.

De las bombas relacionadas con la extracción en los pozos, el 65% es sumergible y el 35% es de superficie.

De las bombas sumergidas el 62% posee una potencia de entre 1 y 30 HP, el 15% es de entre 30 y 90 HP y un 23% es de más de 90 HP. De las bombas en superficie el 86% posee potencia de entre 1 y 3 HP, el resto es de más de 30 HP. El detalle por sector se encuentra en la tabla IV.3-13.

**Tabla IV.3-13.** Sistema de bombeo.

	Frecuencia			Porcentaje		
	Sumergida	En Superficie	Total	Total	Sumergida	En Superficie
<b>Sector 5</b>						
Tipo de bomba	26	10	36	100%	100%	<b>100%</b>
Potencia, entre 1 y 30 HP	16	8	24	66.7%	61.54%	<b>80%</b>
Potencia, entre 30 y 90 HP	4	1	5	13.9%	15.4%	<b>10%</b>
Potencia, más de 90 HP	6	1	7	19.4%	23.06%	<b>10%</b>
<b>Sector 4</b>						
Tipo de bomba	0	4	4	100%	100%	<b>100%</b>
Potencia, entre 1 y 30 HP	0	4	4	100%	0%	<b>100%</b>
Potencia, entre 30 y 90 HP	0	0	0	0%	0%	<b>0%</b>
Potencia, más de 90 HP	0	0	0	0%	0%	<b>0%</b>

La fuente de energía de la totalidad de las bombas registradas en la zona es eléctrica.

El costo promedio mensual en energía bordea los \$54.000.

Además en este ítem se consulta por trabajos hechos en el pozo en los últimos 10 años;

1. Si ha necesitado realizar un cambio en el punto de captación, cuantas veces y cuantos metros
2. Si ha necesitado profundizar el pozo, cuantas veces y cuantos metros.

En el 42% de los casos se ha necesitado hacer un cambio en el punto de captación en los últimos 10 años, de estos el 60% lo ha hecho solo una vez y el 40% lo ha movido entre 1 y 10 metros. El 58% de los consultados ha necesitado profundizar su pozo en los últimos 10 años, el 43% ha profundizado entre 21 y 60 metros. En promedio los consultados han profundizado 49 metros sus pozos (Tabla IV.3-14 y IV.3-15).

**Tabla IV.3-14.** Pozos sector 5.

<b>Cambio en el punto de captación</b>	<b>N° Encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
Si, 1 vez	9	29%
Si, 2 o más veces	3	9.7%
No	19	61.3%
<b>Cuántos metros</b>		
1 a 10 m	5	41.7%
11 a 100 m	2	16.7%
más de 100 m	1	8.3%
No sabe cuanto	4	33.3%
<b>Profundización</b>		
<b>N° Encuestados</b>		
Si, 1 vez	16	51.63%
Si, 2 o más veces	2	6.44%
No	13	41.93%
<b>Cuántos metros</b>		
1 a 20 m	6	33.3%
21 a 60 m	7	38.9%
más de 60m	5	27.8%

**Tabla IV.3-15.** Pozos sector 4

<b>Cambio en el punto de captación</b>	<b>N° Encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
Si, 1 vez	0	0%
Si, 2 o más veces	3	60%
No	2	40%
<b>Cuántos metros</b>		
1 a 10 m	1	20%
11 a 100 m	0	0%
más de 100 m	2	40%
No sabe cuanto	0	0%
<b>Profundización</b>		
<b>Frecuencia</b>		
Si, 1 vez	0	0%
Si, 2 o más veces	3	60%
No	2	40%
<b>Cuántos metros</b>		
1 a 20 m	0	0%
21 a 60 m	2	40%
más de 60m	1	20%

## **Sección VII. Disponibilidad de agua y rendimientos**

La forma en que se recabó esta información, fue por medio de 11 preguntas con alternativas (ver archivo Word, "Formulario para encuesta en terreno"). Considerando ambos sectores en conjunto se puede describir que:

A la pregunta, cuenta con suficiente agua para regar, el 41% indica que no, de este porcentaje un 31% aplica menos agua por hectárea, un 15% restringe cultivos y protege otros, un 8% riega menos superficie y un 46% realiza otras alternativas como: no riega, abandona agricultura, abandona cultivos o compra agua.

Del 31% que señalan aplicar menos agua por hectárea cuando no les alcanza para efectuar el riego completo, en promedio presentan una baja del 40% en sus rendimientos.

A la pregunta ¿está bajando el nivel de agua en su pozo?, el 94% responde que afirmativamente. De ellos, el 44% indica que ésta baja corresponde varía entre 0.5 y 3 metros por año y el 38% entre 3.1 y 6 metros.

Cuando se les consulta por el volumen de agua superficial, 29% personas afirman que está disminuyendo y en promedio creen que la disminución es de un 51% al año.

En cuanto a la calidad del agua subterránea un 38% cree que ha cambiado y un 22% estima que este cambio viene hace más de 2 años. El principal problema que presentan las aguas subterráneas de la zona es su alto contenido de sales.

La mayor parte de los encuestados que utilizan aguas superficiales en la actualidad, creen que la calidad de éstas se ha mantenido.

Ante el posible escenario de que el nivel de agua en sus pozos este bajando o siga bajando, el 41% indica que deja la agricultura, un 31% está dispuesto a pagar un mayor costo de bombeo y un 9% abandonaría algunos cultivos. De las personas dispuestas a pagar mayor costo de bombeo, en promedio pagarían más del doble de lo que pagan actualmente.

A la pregunta si sus pozos se quedaran en seco qué haría, un 34% responde que los profundizaría, un 25% cambia de rubro y un 19% perforaría uno nuevo.

Además de los problemas con el abastecimiento de agua, el 81% de los encuestados presenta dificultades con la disponibilidad de mano de obra. El 66% manifiesta tener bajos márgenes o utilidades, el 41% se ve afectado por el precio del dólar, un 13% no dispone de asesoría técnica e información suficiente y un 9% tampoco cuenta con acceso a capital o crédito. Sólo un 6% dice no tener la adecuada disponibilidad de mercado.

El detalle por sector se describe en las Tablas IV.3-16 y IV.3-17.

**Tabla IV.3-16.** Disponibilidad de agua y rendimientos, sector 5.

<b>DISPONIBILIDAD DE AGUA Y RENDIMIENTOS</b>	<b>N° Encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>1. ¿Cuenta con suficiente agua para regar?</b>		
Si	17	63%
No	10	37%
<b>2. ¿Cuándo no le alcanza el agua que hace?</b>		
Riega menos superficie	1	10%
Aplica menos agua por ha	3	30%
Restringe cultivos y protege otros	1	10%
Otros	5	50%
<b>3. Si aplica menos agua por hectárea, ¿se han resentido los rendimientos?</b>		
Si, hasta un 30%	1	33%
Si, más de un 30%	2	67%
No	0	0%
<b>4. ¿Está bajando el nivel de agua en su pozo?</b>		
Si, entre 0.5 y 3 m	14	51,85%
Si, entre 3.1 y 20 m	8	29,63%
Si, no sabe cuanto	4	14,81%
No	1	3,70%
No responde	0	0%
<b>5. ¿Está disminuyendo el nivel de agua superficial?</b>		
Si, hasta un 30%	0	0%
Si, más de un 30%	8	29,63%
No	1	3,70%
No responde	18	66,67%
<b>6. ¿Ha notado un cambio en la calidad del agua subterránea?</b>		
Si, hace menos de 2 años	3	11,11%
Si, hace 2 años o más	4	14,81%
Si, no sabe hace cuanto	3	11,11%
No	15	55,56%
No responde	2	7,41%
<b>7. ¿Ha notado un cambio en la calidad del agua superficial?</b>		
Si, hace menos de 2 años	1	3,70%
Si, hace 2 años o más	1	3,70%
Si, no sabe hace cuanto	1	3,70%
No	8	29,63%
No responde	16	59,26%
<b>8. ¿Si el nivel de agua en su pozo está bajando o sigue bajando, que hace?</b>		
Paga mayor costo de bombeo	10	37,04%
Cambia de cultivos	1	3,70%
Abandona algunos cultivos	3	11,11%

Deja la Agricultura	13	48,15%
Otros	0	0%
<b>9. Si paga mayor costo de bombeo, ¿cuánto tendrían que subir los costos para que abandonara algún cultivo?</b>		
Hasta un 50% adicional	3	30%
Más de un 50% adicional	3	30%
No sabe	4	40%
<b>10. ¿Si su pozo se quedará en seco que haría?</b>		
Profundizarlo	11	40,74%
Perforaría uno nuevo	6	22,22%
Compra m <sup>3</sup> de agua	1	3,70%
Cambia de rubro	8	29,63%
Otros	0	0,00%
No responde	1	3,70%
<b>11. Aparte de la disponibilidad de agua, ¿qué otros problemas o restricciones tiene?</b>		
Disponibilidad de asesoría técnica e información	3	11,11%
Bajos márgenes o utilidades	17	62,96%
Precio del dólar	13	48,15%
Disponibilidad de mano de obra	22	81,48%
Disponibilidad de capital o crédito	3	11,11%
Disponibilidad de mercado	2	7,41%
Otros	4	14,81%
Ninguno	1	3,70%
No responde	0	0,00%

**Tabla IV.3-17.** Disponibilidad de agua y rendimientos, sector 4.

DISPONIBILIDAD DE AGUA Y RENDIMIENTOS	N°	
	Encuestados	Porcentaje
<b>1. ¿Cuenta con suficiente agua para regar?</b>		
Si	2	40%
No	3	60%
<b>2. ¿Cuándo no le alcanza el agua que hace?</b>		
Riega menos superficie	0	0 %
Aplica menos agua por ha	1	20%
Restringe cultivos y protege otros	1	20%
Otros	1	20%
<b>3. Si aplica menos agua por hectárea, ¿se han resentido los rendimientos?</b>		
Si, hasta un 30%	1	100%
Si, más de un 30%	0	0%
No	0	0%
<b>4. ¿Está bajando el nivel de agua en su pozo?</b>		

Si, entre 0.5 y 3 m	0	0%
Si, entre 3.1 y 20 m	4	80%
Si, no sabe cuanto	0	0%
No	0	0%
No responde	1	20%

**5. ¿Está disminuyendo el nivel de agua superficial?**

Si, hasta un 30%	2	40%
Si, más de un 30%	0	0%
No	2	40%
No responde	1	20%

**6. ¿Ha notado un cambio en la calidad del agua subterránea?**

Si, hace menos de 2 años	0	0%
Si, hace 2 años o más	1	20%
Si, no sabe hace cuanto	1	20%
No	2	40%
No responde	1	20%

**7. ¿Ha notado un cambio en la calidad del agua superficial?**

Si, hace menos de 2 años	0	0%
Si, hace 2 años o más	0	0%
Si, no sabe hace cuanto	1	20%
No	3	60%
No responde	1	20%

**8. ¿Si el nivel de agua en su pozo está bajando o sigue bajando, que hace?**

Paga mayor costo de bombeo	0	0%
Cambia de cultivos	0	0%
Abandona algunos cultivos	0	0%
Deja la Agricultura	0	0%
Otros	5	100%

**9. Si paga mayor costo de bombeo, ¿cuánto tendrían que subir los costos para que abandonara algún cultivo?**

Hasta un 50% adicional	0	0%
Más de un 50% adicional	0	0%
No sabe	0	0%

**10. ¿Si su pozo se quedará en seco que haría?**

Profundizarlo	0	0%
Perforaría uno nuevo	0	0%
Compra m <sup>3</sup> de agua	0	0%
Cambia de rubro	0	0%
Otros	5	100%
No responde	0	0%

**11. Aparte de la disponibilidad de agua, ¿qué otros problemas o restricciones tiene?**



Disponibilidad de asesoría técnica e información	0	0%
Bajos márgenes o utilidades	4	80%
Precio del dólar	0	0%
Disponibilidad de mano de obra	4	80%
Disponibilidad de capital o crédito	0	0%
Disponibilidad de mercado	0	0%
Otros	0	0%
Ninguno	0	0%
No responde	1	20%

### **Sección VIII. Recarga artificial de Acuíferos**

Se formulan siete preguntas para saber la opinión de los posibles beneficiarios ante el proyecto.

A la pregunta: ¿ha oído sobre la posibilidad de recargar las napas?, el 53% responde que si, lo que refleja el manejo de información y el interés de los productores en el tema.

Al ser consultados por los beneficios o inconvenientes que pudieran presentarse 19 personas (47,5%) ven solo beneficios en esta posibilidad, creen que habrá más agua disponible y estable, que podrán sacar agua a menor profundidad y así bajar los costos de bombeo y la visualizan como una posibilidad real de acumular agua.

A su vez hay 10 personas (25%) que sólo ve inconvenientes en esta iniciativa, se ve como una solución poco practica, poco real y a muy largo plazo, se cuestiona la factibilidad operativa del proyecto dada las condiciones de la zona, las dudas surgen sobre si se va a contar efectivamente con el agua suficiente para infiltrar, si no ocurren precipitaciones serían recursos perdidos. Por otro lado se cree que es una alternativa poco viable económicamente por el alto costo de construcción y el riesgo de fracaso dadas las condiciones climáticas. También se plantea que las empresas mineras y sanitarias serian más beneficiadas que la propia agricultura. Y un 15% ve tanto beneficios como inconvenientes, en general lo encuentra una buena iniciativa, siempre y cuando funcione, y de todas formas surgen las mismas dudas con respecto al agua, a los costos y a si serán los agricultores los beneficiarios efectivos.

En cuanto a quien debería llevar a cabo el financiamiento y construcción, 57,5% responden que debería ser el estado, el gobierno directamente o alguna institución pública como: la DGA, el gobierno regional o la CNR. Un 12,5% cree que debería financiar las obras tanto el estado como los privados beneficiarios de éste, incluyendo a las mineras. Y un 17,5% opina que tendrían que ser algún privado que se hiciera cargo de esto, pueden ser los agricultores, las mineras o alguien que esté dispuesto a invertir.

En cuanto a si estarían dispuestos a contribuir al financiamiento de las obras de recarga, el 60% se manifiesta positivamente ante la idea, se plantean algunas dudas en este punto sobre los costos que podría tener, y la capacidad real de aportar.

Respecto a quien debería administrar las obras un 37.5% cree debiera ser el estado directamente o mediante una institución pública como: la DGA, el ministerio de agricultura, el SAG, INDAP, que se creara alguna superintendencia del agua o ente fiscalizador, e incluso las fuerzas armadas. El 40% cree que la administración tiene que estar a cargo de los entes privados involucrados o beneficiarios, se nombran organismos como la CASUB, junta de vigilancia, los mismos agricultores, una nueva asociación de usuarios, o simplemente la empresa dispuesta a hacer la inversión. Un 10% responde que la administración tendría que ser en conjunto el estado con los privados beneficiarios.

Si estarían dispuestos a contribuir al financiamiento de la administración de las obras, un 63% responde que sí (Tabla IV.3-18)

**Tabla IV.3-18.** Recarga artificial de acuíferos

	N°	
	Encuestados	Porcentaje
<b>¿Ha oído sobre la posibilidad de recargar las napas?</b>		
Si	21	53%
No	14	35%
no responde o no sabe	5	13%
<b>¿Estaría dispuesto a contribuir al financiamiento de las obras?</b>		
Si	24	60%
No	10	25%
no responde o no sabe	6	15%
<b>¿Estaría dispuesto a contribuir al financiamiento de la administración de las obras?</b>		
Si	25	63%
No	9	23%
No responde o no sabe	6	15%

Al consultarles por otras acciones que se deberían tomar para disminuir el déficit de agua en el Valle la mayoría apunta a controlar el sector minero; se plantea que se les debe prohibir la extracción de agua y que se abastezcan de agua desalinizada, que inviertan incluso en sus propias plantas desalinizadoras, o al menos restringir los pozos que estas tienen, también que no extraigan agua del Valle para faenas ubicadas en otras regiones y que incluso ellos mismos aporten agua tratada al Valle.

En general los productores plantean que debe haber más fiscalización de la extracción y uso del agua, mediante el uso de caudalímetros con telemetría y así controlar especialmente a las empresas mineras y a Aguas Chañar, evitando que se extraiga más agua de la que cada usuario tiene otorgada por derecho. Se plantea la idea de realizar un estudio de la capacidad actual del acuífero para limitar la otorgación de derechos, y quizás reasignar derechos de acuerdo a la capacidad real de extracción del valle.

La idea de aumentar la eficiencia del uso del agua también es recurrente en los agricultores, lo cual se puede lograr mejorando los equipos de riego y capacitando al personal. Se plantea que debe existir un programa de educación en el uso del agua en la población.

Promover el bombardeo de nubes, desalinizar agua de mar, revestir canales y el tranque Lautaro, encausar afluentes de la alta cordillera hacia el río Copiapó, son otras propuestas que surgen de los encuestados.

### Sección IX. Nivel Tecnológico de la explotación

La metodología para esta sección fue consultar por la utilización de equipos tecnológicos en la producción. Fueron 9 aspectos los escogidos:

1. Medición de caudales con telemetría en tiempo real
2. Dispositivos programadores de riego
3. Utilización de estaciones meteorológicas
4. Fertirrigación
5. Tecnología para eficiencia de riego
6. Maquinas cosechadoras
7. Packing
8. Cámaras de frío
9. Y utilización de buenas prácticas agrícolas

(Ver archivo Word, "Formulario para encuesta en terreno")

Y la frecuencia en que estos se utilizaban, con alternativas: "sí", "no" o "a veces". Para la interpretación se asignó un puntaje por respuesta, si la respuesta es "sí" un punto, "a veces" medio punto y a la respuesta "no" cero, dando un puntaje máximo de 9. Entre 0 y 3 puntos se considera un nivel básico, entre 3.5 y 6 puntos un nivel medio y entre 6.5 y 9 puntos un nivel avanzado.

Según esto, de los 27 consultados en este ítem, el 63% calificó en un nivel medio, un 22% en nivel medio y 15% avanzado (Tabla IV.3-19).

**Tabla IV.3-19.** Nivel Tecnológico

<b>NIVEL TECNOLÓGICO</b>	<b>N° Encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
Básico	6	22%
Medio	17	63%
Avanzado	4	15%
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>100%</b>

**(Básico: 0-3 pts., Medio: 3.5-6 pts., Avanzado: 6.5-9 pts.)**

## Sección X. Nivel Empresarial de la explotación

Siguiendo el mismo método ocupado para estimar el nivel tecnológico de la explotación, en este caso se realizaron 10 preguntas, se le consulto si:

1. Tiene oficina
2. Tiene computador
3. Disponibilidad de internet
4. Nivel computacional (básico, medio o avanzado)
5. Lleva registros de costos
6. Lleva registros contables
7. Contrata servicios de asistencia técnica
8. Participación en días de campo
9. Participación en viajes de captura tecnológica
10. Y si participa en seminarios

(Ver archivo Word, "Formulario para encuesta en terreno"). En este caso se asigno un puntaje máximo de 10, entre 0 y 3 puntos se considera un nivel básico, entre 3.5 y 6 puntos un nivel medio y entre 6.5 y 10 puntos un nivel avanzado.

Los resultados totales fueron, un 59% de los productores consultados se encuentran en un nivel empresarial avanzado, un 26% medio y tan solo un 15% corresponde a un nivel básico.

**Tabla IV, 3-20.** Nivel empresarial ambos sectores.

<b>NIVEL EMPRESARIAL</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Básico	4	15%
Medio	8	26%
Avanzado	17	59%
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>100%</b>

**(Básico: 0-3 pts., Medio: 3.5-6 pts., Avanzado: 6.5-10 pts.)**

En el sector 5 un 56% de los productores consultados se encuentran en un nivel empresarial avanzado, un 28% medio y tan solo un 16% corresponde a un nivel básico.

**Tabla IV.3-21.** Nivel empresarial sector 5.

<b>NIVEL EMPRESARIAL</b>	<b>Nº Encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
Básico	4	16%
Medio	7	28%
Avanzado	14	56%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>

**(Básico: 0-3 pts., Medio: 3.5-6 pts., Avanzado: 6.5-10 pts.)**

En el sector 4 un 75% de los productores consultados se encuentran en un nivel empresarial avanzado, un 25% medio y ninguno de los que responde este ítem corresponde a un nivel básico.

**Tabla IV.3-22.** Nivel empresarial sector 4.

<b>NIVEL EMPRESARIAL</b>	<b>Nº Encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
Básico	0	0%
Medio	1	25%
Avanzado	3	75%
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>

**(Básico: 0-3 pts., Medio: 3.5-6 pts., Avanzado: 6.5-10 pts.)**

### **Sección XI. Nivel educacional de los principales actores**

Como era de esperar los gerentes de empresas son los que presentan un mayor nivel educacional, siendo el 77% de los casos universitarios, en el caso de los administradores también toma importancia la preparación que estos tengan, siendo en un 47% universitario y en igual medida técnicos. En el cargo de jefe de campo la proporción de universitarios disminuye a un 12% y la mayoría llega a nivel técnico en un 47% y cuarto medio 35%, los encargados de riego en su mayoría tiene cuarto medio, en general se da en las empresas grandes que el encargado de riego sea una persona más capacitada, universitario o técnico. Los encargados de packing en su mayoría son técnicos al igual que los bodegueros, destaca el bajo nivel educacional en los trabajadores de los predios, siendo en un 88% de nivel básico.

**Tabla IV.3-23.** Nivel educacional

<b>CARGOS</b>	<b>Universitario</b>	<b>Técnico</b>	<b>Cuarto Medio</b>	<b>Básico</b>	<b>Nº Informantes</b>
Dueños	44%	24%	12%	20%	25
Gerente	77%	23%	0%	0%	13
Administradores	47%	47%	7%	0%	15
Jefes de Campo	12%	47%	35%	6%	17
Encargados de riego	12%	24%	47%	18%	17
Encargadas de Packing u otra instalación	0%	70%	10%	20%	10
Bodeguero	0%	64%	27%	9%	11
Trabajadores (mano de obra)	0%	0%	12%	88%	26

Se realiza un análisis de la distribución de los cargos según género, lo que confirma la marcada participación de los hombres en este rubro en relación versus las mujeres, tan solo se presentaron 3 casos donde una mujer es dueña del predio, no se registra en este estudio ninguna mujer en

altos mandos, tanto gerente como administrador, sólo se observa igualdad de género en el caso del trabajo de temporada (Tabla IV.3-24).

**Tabla IV.3-24.** Distribución de cargos por género

<b>CARGOS</b>	<b>Nº Mujeres</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Nº Hombres</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Nº Total Informado</b>
Dueños	3	12%	22	88%	25
Gerente	0	0%	16	100%	16
Administradores	0	0%	15	100%	15
Jefes de campo	1	6%	16	94%	17
Encargados de riego	1	6%	16	94%	17
Encargadas de packing u otra instalación	4	40%	6	60%	10
Bodeguero	2	18%	9	82%	11

## Sección XII. Datos Económicos

Se presenta un cuadro resumen por cultivo donde se solicitan los siguientes datos económicos: jornadas hombre por hectárea, costo de la mano de obra, costo de insumos, costo de bombeo, total de costos de producción, total de ingresos y margen bruto (ver archivo Word, "Formulario para encuesta en terreno").

En este ítem se obtienen pocos datos por falta de conocimiento de los encuestados o reserva de la información.

**Tabla IV-3-25.** Datos Económicos por cultivo y sector.

<b>CULTIVO</b>	<b>Sector 5*</b>	<b>Promedio Sector 5**</b>	<b>Sector 4*</b>	<b>Promedio Sector 4**</b>	<b>Total*</b>	<b>Promedio Total**</b>
<b>UVA DE MESA</b>	<b>6</b>		<b>1</b>		<b>7</b>	
Jornadas hombre	1	100	1	150	2	<b>125</b>
Costo mano de obra	4	\$ 4.454.167	1	\$ 2.300.000	5	<b>\$ 4.023.333</b>
Costo insumos	5	\$ 2.133.333	1	\$ 4.000.000	6	<b>\$ 2.444.445</b>
Costo Bombeo	5	\$ 790.138	1	\$ 500.000	6	<b>\$ 741.782</b>
Costo Total	4	\$ 9.583.333	1	\$ 5.000.000	5	<b>\$ 8.666.667</b>
Ingreso Total	2	\$ 9.000.000	1	\$ 9.500.000	3	<b>\$ 9.166.667</b>
Margen bruto	3	\$ 1.250.000	1	\$ 4.500.000	4	<b>\$ 2.062.500</b>
<b>OLIVO</b>	<b>3</b>		<b>S/I</b>		<b>3</b>	
Jornadas hombre	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Costo mano de obra	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Costo insumos	2	\$ 300.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 300.000</b>
Costo Bombeo	1	\$ 210.526	S/I	S/I	1	<b>\$ 210.526</b>
Costo Total	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Ingreso Total	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I

Margen bruto	1	\$ 8.000.000	S/I	S/I	1	<b>\$ 8.000.000</b>
<b>GRANADO</b>	<b>2</b>		S/I		<b>2</b>	
Jornadas hombre	2	142	S/I	S/I	2	<b>142</b>
Costo mano de obra	2	\$ 3.500.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 3.500.000</b>
Costo insumos	2	\$ 500.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 500.000</b>
Costo Bombeo	2	\$ 1.000.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 1.000.000</b>
Costo Total	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Ingreso Total	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Margen bruto	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
<b>UVA PISQUERA</b>	<b>4</b>		S/I		<b>4</b>	
Jornadas hombre	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Costo mano de obra	2	\$ 400.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 400.000</b>
Costo insumos	2	\$ 277.778	S/I	S/I	2	<b>\$ 277.778</b>
Costo Bombeo	3	\$ 622.222	S/I	S/I	3	<b>\$ 622.222</b>
Costo Total	2	\$ 1.361.111	S/I	S/I	2	<b>\$ 1.361.111</b>
Ingreso Total	2	\$ 2.777.778	S/I	S/I	2	<b>\$ 2.777.778</b>
Margen bruto	2	\$1.416.667	S/I	S/I	2	<b>\$ 1.416.667</b>
<b>HORTALIZAS (TOMATE INV.)</b>	<b>4</b>		S/I		<b>4</b>	
Jornadas hombre	1	576	S/I	S/I	1	<b>576</b>
Costo mano de obra	1	\$ 10.800.000	S/I	S/I	1	<b>\$ 10.800.000</b>
Costo insumos	1	\$ 6.000.000	S/I	S/I	1	<b>\$ 6.000.000</b>
Costo Bombeo	2	\$ 3.875.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 3.875.000</b>
Costo Total	2	\$ 26.900.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 26.900.000</b>
Ingreso Total	2	\$ 36.500.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 36.500.000</b>
Margen bruto	2	\$ 10.000.000	S/I	S/I	2	<b>\$ 10.000.000</b>
<b>HORTALIZAS</b>	S/I		<b>2</b>		<b>2</b>	
Jornadas hombre	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Costo mano de obra	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Costo insumos	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Costo Bombeo	S/I	S/I	1	\$ 80.000	1	<b>\$ 80.000</b>
Costo Total	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	<b>\$ -</b>
Ingreso Total	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Margen bruto	0	\$ -	1	\$ 914.285	1	<b>\$ 914.285</b>
<b>OTROS</b>	<b>1</b>		<b>1</b>		<b>2</b>	
Jornadas hombre	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Costo mano de obra	1	\$ 10.000.000	S/I	S/I	1	<b>\$ 10.000.000</b>
Costo insumos	1	\$ 1.500.000	S/I	S/I	1	<b>\$ 1.500.000</b>
Costo Bombeo	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Costo Total	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I



Ingreso Total	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Margen bruto	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I

(\*)Número de informantes. (\*\*)Valores por hectárea al año.

**Tabla IV.3-26. Margen Bruto**

Cultivo	Nº Respuestas	Margen Bruto Promedio*
Uva de mesa	4	\$ 2.062.500
Olivo	1	\$ 8.000.000
Granado	0	\$ -
Uva pisquera	2	\$ 1.416.667
Tomate inv.	2	\$ 10.000.000
Hortalizas	1	\$ 914.285
Otros	0	\$ -
<b>Total</b>	<b>10**</b>	

(\*)Valores por hectárea al año.

(\*\*)Se obtienen pocos valores por la evasión a la pregunta o por falta de conocimiento.

### Sección XIII. Uso mano de obra

Con la información proporcionada por los encuestados en cuanto al número de trabajadores permanentes y temporales que tienen se puede ver cómo este varía con el tamaño de la explotación (Tabla IV.3-27), así a mayor superficie cultivada incrementa la necesidad de la mano de obra de ambos tipos.

**Tabla IV.3-27. Distribución de la mano de obra según superficie cultivada**

Tamaño explotación (ha)	Nº Trabajadores permanentes	Nº Temporeros
<5	5,5	6,1
5- 50	10,3	37
> 50	27,6	156

En la Tabla IV.3-28 se presenta un resumen con la información referente al uso de mano de obra según género, se desprende el predominio del sexo masculino como fuerza laboral que sólo es equiparado en el caso de los trabajos de temporada donde la mujer toma importancia, sobre todo en las labores de packing.

**Tabla IV.3-28.** Distribución de la mano de obra por género.

<b>TRABAJADORES PERMANENTES</b>	<b>Nº</b>	<b>Porcentaje</b>
Nº de mujeres	40	15,81%
Nº de hombres	213	84,19%
Total Informado	253	100%
<b>TEMPOREROS</b>	<b>Nº</b>	<b>Porcentaje</b>
Nº de mujeres	494	46%
Nº de hombres	591	54%
Total Informado	1085	100%

Respecto al número de jornadas totales el promedio entre los informantes es 213 JH/año por hectárea, cabe destacar que para este cálculo se eliminó un informante, de los 8 totales, debido a que el valor entregado discrepaba demasiado (1500 JH).

**Tabla IV.3-29.** Tipificación de predios.

<b>CULTIVO</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Total ha</b>	<b>Porcentaje ha</b>
Uva de Mesa	6	381,5	48.0%
Olivos	7	94,6	11.9%
Vid Pisquera	5	79	9.9%
Hortalizas	12	48,83	6.1%
Granado	2	190	23.9%
Otros	2	1,5	0.2%
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>795,43</b>	<b>100.0%</b>

**TAMAÑO EXPLOTACIÓN**

Menos de 5 ha	11	16,43	2%
Entre 5 y 50 ha	10	258	32%
Más de 50 ha	5	521	65%
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>795,43</b>	<b>100%</b>

**CULTIVO SEGÚN TAMAÑO DE EXPLOTACIÓN**

Más de 50 ha con Uva de Mesa	3	331	41.6%
Entre 5 y 50 ha con Uva de Mesa	2	49	6.2%
Menos de 5 ha con Uva de Mesa	1	1,5	0.2%
Más de 50 ha con Granado	2	190	23.9%
Entre 5 y 50 ha con Olivos	3	92	11.6%
Menos de 5 ha con Olivos	4	2,6	0.3%
Entre 5 y 50 ha con vid pisquera	4	76	9.6%
Menos de 5 ha con vid pisquera	1	3	0.4%
Entre 5 y 50 ha con Hortalizas	4	41	5.2%

Menos de 5 ha con Hortalizas	6	7,83	1.0%
Menos de 5 ha con otros	2	1,5	0.2%
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>795,43</b>	<b>100.0%</b>

**SECTOR**

Bodega	6	478	60%
Chamonate	9	204,65	26%
Piedra Colgada	10	26,78	3%
Toledo	5	64.5	8%
San Fernando	2	21,5	3%
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>795,43</b>	<b>100%</b>

## FORMULARIO PARA ENCUESTA EN TERRENO

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO

INFO PREVIA

INFO TERRENO

#### ROL o ROLES

**Nombre del Predio Y Sector Geográfico**

**Nombre del Propietario Predio**

**Total Ha del Rol**

**Total Ha de Riego Cultivadas**

**Nombre Persona Entrevistada, Relación con el Predio, Fono y Correo Electrónico**

**Si la dirección o gerencia de la empresa está en otro lugar, favor indicar nombre de la persona responsable, correo y teléfono**

**Organización que Pertenece de:**

*Aguas Subterráneas:*

*Aguas Superficiales:*

**Proyecto o Programa que Participa en relación con la explotación del predio**

### 2. TENENCIA DE LA TIERRA

Ítem	Rol (____) Ha	Rol (____) Ha	Rol (____) Ha	Rol (____) Ha
Superficie Propia				
Superficie arrendada				
Superficie en mediería				
Otros				

### 3. SUPERFICIE DEL PREDIO

**TIPO DE AGUA QUE UTILIZA PARA EL RIEGO**

**HECTÁREAS**

Riego permanente con agua superficial

Riego permanente con agua subterránea

Riego eventual con agua superficial

Riego eventual con agua subterránea

Riego Mixto (Agua Superficial y Agua Subterránea)

**TOTAL**

**4. DERECHOS DE AGUA**
**4 A) DERECHOS DE AGUA SUPERFICIAL \_\_\_\_\_ (Acciones) =Equivalencia \_\_\_\_\_ l/s**  
**Derechos Perfeccionados Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_**

¿Cuál es su turno de ordenanza? \_\_\_\_\_

¿Está sometido a turnos? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Cuál es su turno actual? \_\_\_\_\_

¿Tiene obras de acumulación? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Propias: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Capacidad en m3: \_\_\_\_\_ Con revestimiento SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Comunitarias: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Capacidad en m3: \_\_\_\_\_ Con revestimiento SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Otras: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ ¿Cuáles? \_\_\_\_\_ Capacidad en m3: \_\_\_\_\_

Comentarios: \_\_\_\_\_

**4 B) DERECHOS DE AGUAS SUBTERRANEA**

Pozos	Cant. de Ha	l/s	Volumen Anual	Derecho Original Otorgado	Derecho Transado o Herencia
	M3/ha/año	Cod. 51			
Pozo N° 1					
Pozo N° 2					
Pozo N° 3					
Pozo N° 4					
Pozo N° 5					

**MERCADO DEL AGUA**

¿Usted conoce lo que es mercado del agua? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Usted conoce lo que es un banco del agua? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

**4 C) COMPRA O ARRIENDO DE AGUA.**

¿Usted ha comprado derechos de agua Superficial? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Usted ha comprado derechos de agua Subterránea? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Usted ha comprado m3 de agua superficial? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Usted ha comprado m3 de agua subterránea? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

En el futuro si usted necesitara, compraría m3 de agua SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

**4 D) VENTA O ARRIENDO DE AGUA.**

¿Usted ha vendido derechos de agua Superficial? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Usted ha vendido derechos de agua Subterránea? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Usted ha vendido m3 de agua superficial? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Usted ha vendido m3 de agua subterránea? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

En el futuro usted vendería o arrendaría m3 de agua SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

**5. SUPERFICIES QUE ACTUALMENTE RIEGA**

	Hectáreas Temporada 2011-12	Fuente de Agua		Método de Riego (*)			Volumen de agua utilizado M3/ha/año	Costo del Riego \$/ha/año
		Sup.	Sub-	presurizado	tradicional	Otros		
		<b>Cultivo/Plantación</b> <i>Uva de mesa - 1</i>						
<b>Cultivo/Plantación</b> <i>Frutas/verduras - 2</i>								
<b>Cultivo/Plantación</b> <i>Frutas/verduras - 3</i>								
<b>Cultivo/Plantación</b> <i>Frutas/verduras - 4</i>								

(\*) T = tendido; S = surco; A = aspersión; G = goteo; M = micro aspersores; C = cinta; O = otro (especificar)

**6. REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA EXTRAPREDIAL E INTRAPREDIAL**
**6 A) SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO**

Sistema de Riego	Nº has	Impulsión y Conducción (*)	Dispositivo de Aplicación (*)
Goteo			
Cinta			
Micro-aspersión			
Otro			
Otro			

(\*) M= Malo; (R)= Regular; (B)= Bueno

**6 B) ESTADO DE LAS OBRAS DE RIEGO EXTRAPREDIAL**

Obra	Bueno	Regular	Necesita reparación	
Bocatoma				
Obras de Arte Relacionada				
Entregas Prediales				
Obra	Km	Revestimiento Tierra (Km)	Revestimiento Hormigón (Km)	Revestimiento Tubería (Km)
Canal				
Estado del Canal (*)				

(\*) (B)= Bueno; (R)=Regular; (M)= Malo

**6 C) ESTADO DE LAS OBRAS PARA RIEGO INTRAPREDIAL**

	Bueno	Regular	Necesita Reparación	Necesita Profundización o Limpieza
Pozo profundo propio				
Pozo profundo comunitario				
Bombas de pozo profundo				
Sistema Eléctrico				
Tranque de regulación				
Marcos repartidores				
<b>Obra</b>	<b>m</b>	<b>Revestimiento Tierra (m)</b>	<b>Revestimiento Hormigón (m)</b>	<b>Revestimiento Tubería (m)</b>
Canal				
Estado del Canal (*)				
(*)	(B)= Bueno; (R)=Regular; (M)= Malo			

**6 D) SISTEMA DE BOMBEO EN LOS POZOS**

	BOMBA CON MOTOR EN SUPERFICIE (HP/l/s)	BOMBA SUMERGIDA (HP; l/s)
Gasolina		
Diesel		
Eléctrica		
Energía Alternativa		
Horas de operación/mes		
Costo mensual	\$	\$

• ¿HA NECESITADO REALIZAR UN CAMBIO DE PUNTO DE CAPTACION EN LOS ULTIMOS 10 AÑOS? \_\_\_\_\_  
 ¿CUÁNTAS VECES? \_\_\_\_\_ ¿CUÁNTOS METROS? \_\_\_\_\_

• ¿HA NECESITADO PROFUNDIZAR SU POZO EN LOS ÚLTIMOS DIEZ AÑOS? \_\_\_\_\_ ¿CUÁNTAS VECES? \_\_\_\_\_  
 ¿CUÁNTOS METROS? \_\_\_\_\_

**7. DISPONIBILIDAD DE AGUA Y RENDIMIENTOS**

¿Cuenta con suficiente agua para regar? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- Cuando no le alcanza el agua, qué hace:

Riega Menos Superficie	Aplica Menos Agua por Ha	Restringe Cultivos y Protege Otros	Otros
------------------------	--------------------------	------------------------------------	-------

Si aplica menos agua por hectárea.

Se han Resentido los Rendimientos		En Cuanto %
Si	No	

- Nivel del agua en su(s) pozo(s)

Esta Bajando Nivel de Agua del Pozo		En cuantos metros por Año
Si	No	

- Esta disminuyendo el volumen de agua superficial

Esta disminuyendo Nivel de Agua Superficial		En % por Año
Si	No	

- Ha notado un cambio en la calidad del agua.

	Si	No
Subterránea		
Superficial		

¿Desde cuándo? \_\_\_\_\_

- Si el nivel del agua en su(s) pozo(s) está bajando o sigue bajando, qué hace:

Paga Mayor Costo de Bombeo	Cambia de Cultivos	Abandona Algunos Cultivos	Deja la Agricultura	Otros
-------------------------------	-----------------------	------------------------------	---------------------	-------

- Si paga el mayor costo del bombeo.

¿Cuánto tendrían que subir los costos de bombeo para tener que abandonar algún cultivo?

---



Si su(s) pozo(s) se quedaran en seco ¿qué haría?

Profundizarlos      Perforaría uno Nuevo      Compra m3 de Agua      Cambia de Rubro      Otro

- Si cambiaría de cultivos o plantaciones ¿qué nuevos cultivos o plantaciones elegiría?

\_\_\_\_\_

- Aparte de la disponibilidad de agua, ¿qué otros problemas o restricciones tiene?:

Disponibilidad de asesoría técnica e información

Bajos márgenes o utilidades

Precio del dólar

Disponibilidad de mano de obra

Disponibilidad de capital o crédito

Disponibilidad de mercado

Otros (explicar) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 8. RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS

¿Ha oído sobre la posibilidad de recargar las napas? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Qué beneficios o inconvenientes podrían presentarse? \_\_\_\_\_

¿Quién tendría que llevarlo a cabo el financiamiento y construcción de las obras de recarga?

\_\_\_\_\_

¿Estaría dispuesto a contribuir al financiamiento de las obras? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Quién debería administrar esas obras? \_\_\_\_\_

¿Estaría dispuesto a contribuir al financiamiento de la administración de esta obra? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Aparte de la recarga de acuíferos, qué acciones cree usted se deben tomar para disminuir el déficit del agua del valle?-

\_\_\_\_\_

## 9. NIVEL TECNOLÓGICO DE LA EXPLOTACIÓN

UTILIZACIÓN DE:	FRECUENCIA		
	Si	No	A veces
Medición de caudales con telemetría en tiempo real			
Dispositivo programadores de Riego			
Utiliza estaciones meteorológicas			
Fertirrigación			
Utiliza tecnología para eficiencia de riego			
Máquinas cosechadoras			
Packing			
Cámara de frío			
Utiliza buenas prácticas agrícolas			
otro:			
otro:			

## 10. NIVEL EMPRESARIAL DE LA EXPLOTACIÓN

UTILIZACIÓN DE:	FRECUENCIA		
	Si	No	A Veces
Tiene oficina			
Tiene computador			
Disponibilidad de Internet			
Nivel Computacional (Básico; Medio o Avanzado)			
Lleva registro de costos			
Lleva registros contables			
Contrato de servicios de asistencia técnica			
Participación en días de campo			
Participación en viajes de captura tecnológica			
Participa en seminarios			





#### IV.4 ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD AGRÍCOLA

La estructura de la propiedad agrícola se ha estudiado teniendo en cuenta los siguientes antecedentes:

- **DGA SDT 327 – 2012 “**
- **Base de datos del Programa CNR –Universidad Católica**
- **Encuesta del consultor**

Se ha tenido en cuenta que la única manera de obtener agua del proyecto de recarga es extraerla del acuífero para lo cual es imprescindible hacerlo por los pozos existentes. En consecuencia los únicos posibles beneficiarios son los titulares de derechos de aprovechamiento de las aguas subterráneas, los cuales están identificados en la DGA SDT 327-2012. Este documento oficial de la DGA, que es muy reciente, marzo 2012, define los usuarios habilitados legalmente para extraer agua del acuífero. Por ese motivo se definió esta población estadística como la potencialmente beneficiada. La encuesta estuvo dirigida a la totalidad de esta población complementando la información del SDT 327 con los datos obtenidos por el Programa CNR- Universidad Católica e incluyendo la identificación de los roles de propiedad de los titulares de aguas subterráneas encuestados. Se tuvo en cuenta también la Información CIREN-CORFO del Rol Extracto Agrícola del Servicio Impuestos Internos, y el censo agropecuarios 2007.

Se ha construido sobre la base de la encuesta del consultor la estratificación de propiedades de la Tabla IV.4-1 y en la Tabla IV.4-2 se muestra el Rol de Regantes con roles de propiedades obtenidos en la encuesta, y que ha servido para estructurar la información que no existe en otra fuente al nivel de Situación Actual .

**Tabla IV.4-1 Estratificación de Propiedades**

Denominación	% en número	Tamaño promedio
Pequeño, de 0,5 a 9,9 ha	35	256
Mediano, de 10 a 99,9 ha	45	40,6
Grande, más de 100 ha	20	2,0

**Tabla IV.4-2 Regantes de Agua Subterránea, superficies de sus predios en el área del proyecto**

Nº	Propietario Derechos de Agua Subterránea	ROL	Nombre del predio	Sector Geográfico	Nombre del propietario del Predio	Total ha del rol	Total de ha de riego cultivadas
1	AGRÍCOLA BUENAVENTURA LTDA.		Fundo Buenaventura	Bodega	Soc. Agrícola Buenaventura Ltda.	150	150
2	AGRÍCOLA CAMPOS DE CERRILLOS LTDA.	511-07	Parcela n°5	Chamonate	Agrícola Campos de Cerrillos Ltda.	76	-
		511-01	Parcela n°1			60	-
3	AGRÍCOLA LA CANTERA (JUAN FERNANDO SILVA)	512-05	Fundo La Tranquera	Chamonate	Agrícola La Cantera	68.7	42
4	AGRÍCOLA SAN ESTEBAN LTDA.	521-16	Fundo Sta. Luisa	Piedra Colgada	Agrícola San Esteban S.A.	400	20
5	AGROVINIFICADORA DEL SOL NACIENTE S.A.	511-013	Agrovinificadora Sol Naciente	Chamonate	José Perez	100	61
6	ARIO HUMBERTO LAFERTTE VIDELA	510-11	Parcela 9B, Lote 3B	Piedra Colgada	Ario Lafertte	1	0.5
7	CARMEN AZUCENA NACIFF CATALANO	511-08	Parcela 6	Chamonate	Carmen Naciff, Flavio Naciff, Jean Pierre Naciff, Cristian Palavicino	75	23
8	DANIEL RICARDO ÁLVAREZ ASPEÉ	512-103	Parcela 27, Lote 28 y 29	Piedra Colgada	Daniel Alvarez	50	1
9	DELCI GROSSI TORNINI	512-8	Parcela 19	Chamonate	Delzy Grossi	20	3
10	DOMINGA INES SUAREZ SALAZAR	510-4	Parcela 14	Piedra Colgada	Dominga Suarez	1.5	0.8
11	ERNESTO GUERRA GONZALEZ	512-168	Lote 2, Parcela 30	Toledo	Ernesto Guerra	2	1.5
12	FERNANDO CARDENAS CONTRERAS	521-197	Parcela C1	Piedra Colgada	Fernando Cardenas	3.6	0.3
13	GUILLERMO CONCHA BUSTOS	512-13	Parcela 24	Chamonate	Guillermo Concha	35	33
14	GUILLERMO STEIN , HANS WALTER Y RENATO STEIN VON UNGER	512-1	Hacienda Toledo	Toledo	Guillermo Stein	509	57
15	HÉCTOR BLADIMIR MARTINOVIC OLIVOS	512-14	Parcela 25	Piedra Colgada	Hector Martinovic	5	-
16	JACQUELINE ISABEL ESCOBAR GALLARDO	5030-23	Parcela 21, Lote 23	Chamonate	Jacqueline Escobar	0.5	-
17	JOAQUIN OLATE FREDES	510-7	La Puntilla	Piedra Colgada	Joaquín Olate	2.38	2
18	JOSÉ ANTONIO PÉREZ ALCOTA	38254		Bodega	José Perez	10	-
19	LORETO VIVIANA GROSSI GALEB	512-6	Parcela 17	Chamonate	Loreto Grossi	19.8	-
20	LUIS ALBERTO LAMPEREIN ALARCÓN	5004-20	Lote 2H, pasaje El Manzano	Chamonate	Luis Lamperein	0.5	0.35
21	MANUEL JESÚS CASTRO VERGARA	502-13	Parcela 8	Bodega	Manuel Castro	22	18
22	MARCELO DEPETRIS DEFLORIAN			Piedra Colgada	Marcelos Depetris	0.5	-
23	MARÍA INÉS CATALANO GÓMEZ	512-22	Parcela 33	Toledo	María Inés Catalano	18	-
24	OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO	503-12	La Rinconada	Piedra Colgada	Oscar Aguirre	13	2
25	PATRICIA VERÓNICA MANRÍQUEZ ÁLVAREZ	5004-19	Parcela 22, Lote 2F	Chamonate	Patricia Manríquez	0.5	0.3
26	SERGIO GROSSI TORNINI		Parcela 18	Chamonate	Sergio Grossi	12.5	10
27	SOCIEDAD AGRÍCOLA LOS TRONCOS LTDA.	502-69	Soc. Agrícola Los Troncos	Bodega	José Perez	130	120
28	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI AGRI COPIAPÓ LTDA.	512-034	Fundo Bramador	Bodega	Soc. Agrícola Uni Agri Copiapó Ltda.	475.75	128
		512-029				292.31	

Nº	Propietario Derechos de Agua Subterranea	ROL	Nombre del predio	Sector Geográfico	Nombre del propietario del Predio	Total ha del rol	Total de ha de riego cultivadas
29	SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.	502-9	Fundo Gibraltar	Bodega	Soc. Agrícola Uni Agri Copiapó Ltda.	71.88	62
30	SOCIEDAD AGRÍCOLA Y COMERCIAL LOS GIRASOLES (AGRÍCOLA LOS GIRASOLES S.A.)	512-018	Parcela 29	Toledo	Vecchiola S.A.	29.3	5
31	VASANGEL S.A. - CHILE . Y COMPAÑÍA LTDA.	511-6	Vasangel	Chamonte	Vasangel S.A.	62.8	32
32	ANGELO GHIGLINO	552-122 552-120 552-144 552-145 552-123	Ex Fundo Sn. Miguel	San Fernando	Angelo Ghiglino	50	18
33	ANÍBAL PÉREZ PÉREZ Y MANGLIO GALLI HEREDIA	601-2  601-1	La Palma	San Fernando	Manglio Galli	4  2	3.5
34	MIGUEL GONZALO MOLLARCE		Los Grillos, Punta Negra	San Fernando	Invermoll, Miguel Moll	2.4	2
35	ANGEL VICTORIO REVELLO VALENCIA, TERESA PATRICA REVELLO VALENCIA, LUIS EDGARDO REVELLO VALENCIA, GIANNINA ADELINA REVELLO VALENCIA	561-4	Viñita Azul sin numero	San Fernando	Soc. Revello Valencia	258	12
36	XIMENA ISABEL MORENO PROHENS		Mallorquina	San Pedro	Ximena Moreno Prohens	56	53
37	GUILLERMO ROJAS SAEZ			Bodega	Guillermo Rojas		
38	HUMBERTO ALEJANDRO CAMPILAY VITALI				Luis Gutierrez Farias		
39	SOCIEDAD ANÓNIMA CEMENTERIO PARQUE DE C	100-35	Cementerio parque	El Palomar	S.A. Cementerio Parque de Copiapó	2.3	1.8
40	SOCIEDAD AGRÍCOLA V Y C LTDA.	511-25	Parcela nº6	Chamonte	Alicanto	15	2
<b>TOTAL</b>						<b>3108.22</b>	<b>865.05</b>

## **IV.5 ESTUDIO DE MERCADO, COMERCIALIZACIÓN Y PRECIOS**

El Consultor deberá realizar un análisis de precios de retorno al productor, considerando series actualizadas de precios. Los valores se expresarán en moneda de diciembre de 2010 o posterior. Los precios de los productos agropecuarios que estén destinados al consumo interno se basarán en las series de precios en mercados mayoristas preparadas por ODEPA, considerando los meses de cosecha, corregidos por los costos de transporte y comercialización. Los precios de productos destinados a exportación se basarán en series estadísticas disponibles, de FEDEFruta u otras, considerando las fechas de llegada de estos productos a los mercados externos.

El Consultor deberá ponderar cuidadosamente la cantidad de producción que puede ser colocada a determinados precios, puesto que no toda ella podrá ser vendida al mejor precio. Deberá además explicitar, si en algún rubro el aumento de producción generado por el proyecto podría ser importante respecto a la producción nacional, determinando si no se producirá una disminución de los precios por esta mayor oferta.

### **IV.5.1 INTRODUCCIÓN**

De acuerdo a estimaciones sobre uso actual de suelo efectuadas por el Consultor, en base a datos del censo agropecuario 2007, a los antecedentes del catastro frutícola 2011 y antecedentes del Consultor, el 79,3% de la superficie cultivable se encuentra concentrada en sólo dos tipos de especies frutales: Parronales que representan un 67,8% de la superficie total; y Olivos que representan un 11,5% de ella. De estas dos especies, la superficie plantada de parronales (uva de mesa) presenta un crecimiento de +18,7% en el período 1997-2011, y la superficie plantada de olivos presenta un crecimiento de +201% en el mismo período.

Durante este mismo período, la superficie total plantada de frutales en el valle pasó de 6.951,5ha a 6.873,4ha (estimación del Consultor) con una disminución de la superficie total plantada de 1,1% (78ha). La única especie frutal nueva que se incorpora durante este período, y que muestra una superficie plantada significativa dentro del análisis, es el granado con 215,5ha. Esta variedad presenta gran interés para la agricultura de la zona debido al potencial de mercado con que cuenta y que se encuentra asociado a las propiedades antioxidantes recientemente descubiertas en él.

De acuerdo a lo anterior, el análisis solicitado por la CNR en los TR del presente estudio será efectuado considerando las dos especies frutales principales presentes en el valle (uva de mesa, y olivos), y se agregará a ellos el Granado en su calidad de plantación emergente en el valle. El total de hectáreas presentes en el valle de estas 3 especies frutales corresponde a un 81,4% de la superficie total plantada del valle y a nivel de sectores beneficiarios estas plantaciones representan el 55,8% de la superficie plantada del sector 4, y un 82,8% de la superficie total plantada en el sector 5.



En relación con los aumentos de producción, producto del proyecto no se adicionaran hectáreas de nuevo riego y sólo se mejorará la seguridad de riego de las plantaciones y cultivos existentes. No se espera un aumento de producción generado por el proyecto.

**TABLA IV.5-1 PROYECCIÓN DEL USO ACTUAL DEL SUELO POR TIPO DE CULTIVOS Y POR SECTOR CORREGIDAS DE ACUERDO A LOS ANTECEDENTES DEL CATASTRO FRUTICOLA 2011 Y DATOS DEL CENSO AGROPECUARIO 2007**

SECTOR	PARRONALES												TOTAL	
	(1)		OLIVOS (2)		HORTALIZAS (3)		GRANADOS (4)		OTROS (5)		S/I			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	1.189,1	17,3	0,0	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0	66,8	5,5	0,0	0,0	1.256,8	12,4
2	1.739,0	25,3	0,0	0,0	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.740,9	17,9
3	2.433,2	35,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	5,7	2.445,2	25,1
4	460,5	6,7	72,1	6,2	109,6	23,8	0,0	0,0	288,9	23,8	24,0	11,3	955,1	8,8
5	1.031,0	15,0	80,3	6,9	149,3	32,4	202,4	93,9	40,1	3,3	82,0	38,7	1.585,1	19,0
6	20,6	0,3	1.010,9	86,9	199,0	43,2	13,1	6,1	176,0	14,5	94,0	44,3	1.513,6	14,7
S/I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	642,2	52,9	0,0	0,0	642,2	2,0
<b>TOTAL</b>	<b>6.873,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1.163,3</b>	<b>100,0</b>	<b>460,7</b>	<b>100,0</b>	<b>215,5</b>	<b>100,0</b>	<b>1.214,0</b>	<b>100,0</b>	<b>212,0</b>	<b>100,0</b>	<b>10.138,9</b>	<b>100,0</b>
<b>% DE</b>														
<b>SUPERFICIE</b>	<b>67,8</b>		<b>11,5</b>		<b>4,5</b>		<b>2,1</b>		<b>12,0</b>		<b>2,1</b>		<b>100,0</b>	
<b>SOBRE EL</b>														
<b>TOTAL</b>														

FUENTE: Estudio DGA SIT 211, Enero 2010

FUENTE: Figura 3-9 Pág. 32 Tomo 2 Estudio DGA SIT 211, Enero 2010. Catastro Frutícola 2011. Censo Agropecuario 2007

(1) (2) y (4) Catastro Frutícola

(3) Cifras del Censo Agropecuario 2007 reducidas en 31,17% conforme a contracción de la superficie total de hortalizas de la Región en el período 2007 a 2010

(5) Cifras censo Agropecuario incluye: Forrajes (245,7 ha), papas, flores y almácigos 21,2 ha); cultivos industriales permanentes (28,6 ha); otros frutales y huertos caseros (640,5 ha); vid vinífera y pisquera (275,3 ha)

**TABLA IV.5-2 PROYECCIÓN DEL USO ACTUAL DEL SUELO POR TIPO DE CULTIVOS Y POR SECTOR CORREGIDAS DE ACUERDO A LOS ANTECEDENTES DEL CATASTRO FRUTICOLA 2011 Y DATOS DEL CENSO AGROPECUARIO 2007. ESTIMACIÓN DEL CONSULTOR.**

SECTOR	HORTALIZAS												TOTAL	
	PARRONALES (1)		OLIVOS (2)		(3)		GRANADOS (4)		OTROS (5)		S/I			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	1.189,1	17,3	0,0	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0	66,8	5,5	0,0	0,0	1.256,8	12,4
2	1.739,0	25,3	0,0	0,0	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.740,9	17,9
3	2.433,2	35,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	5,7	2.445,2	25,1
4	460,5	6,7	72,1	6,2	109,6	23,8	0,0	0,0	288,9	23,8	24,0	11,3	955,1	8,8
5	1.031,0	15,0	80,3	6,9	149,3	32,4	202,4	93,9	40,1	3,3	82,0	38,7	1.585,1	19,0
6	20,6	0,3	1.010,9	86,9	199,0	43,2	13,1	6,1	176,0	14,5	94,0	44,3	1.513,6	14,7
S/I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	642,2	52,9	0,0	0,0	642,2	2,0
<b>TOTAL</b>	<b>6.873,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1.163,3</b>	<b>100,0</b>	<b>460,7</b>	<b>100,0</b>	<b>215,5</b>	<b>100,0</b>	<b>1.214,0</b>	<b>100,0</b>	<b>212,0</b>	<b>100,0</b>	<b>10.138,9</b>	<b>100,0</b>
<b>% DE</b>														
<b>SUPERFICIE</b>	<b>67,8</b>		<b>11,5</b>		<b>4,5</b>		<b>2,1</b>		<b>12,0</b>		<b>2,1</b>		<b>100,0</b>	
<b>SOBRE EL</b>														
<b>TOTAL</b>														

**FUENTE:** Estudio DICTUC **FUENTE:** Figura 3-9 Pág. 32 Tomo 2 Estudio DGA SIT 211, Enero 2010. Catastro Frutícola 2011. Censo Agropecuario 2007 (1) (2) y (4) Catastro Frutícola  
 (3) Cifras del Censo Agropecuario 2007 reducidas en 31,17% conforme a contracción de la superficie total de hortalizas de la Región en el período 2007 a 2010  
 (5) Cifras censo Agropecuario incluye: Forrajes (245,7 ha), papas, flores y almácigos 21,2 ha); cultivos industriales permanentes (28,6 ha); otros frutales y huertos caseros (640,5 ha); vid vinífera y pisquera (275,3 ha)

#### IV.5.2 PRECIOS DE RETORNO AL PRODUCTOR

Siendo esta una materia fundamental y estratégica para los productores, no fue posible encontrar números oficiales sobre liquidaciones a productores o series de precios de las mismas. FEDEFRUTA (nombrado en los TR como posible fuente) no cuenta con información al respecto en la III Región y sus estadísticas se encuentran referidas sólo a la zona centro/sur las cuales no son representativas ni extrapolables a la realidad de la III Región (fuente Departamento de Estudios FEDEFRUTA). Anexo a esto la información e FEDEFRUTA sólo es para uso de sus asociados y no venden información estadística de sus asociados.

En el caso de la SNA, esta institución mantiene información (fichas técnicas) de plantaciones y cultivos a nivel país, pero no está referenciada para la III Región. También indican que esta información sólo es posible conseguir de forma puntual en la medida que un productor a una exportadora estuviera dispuesta a compartir esta información por sus propios medios. Sin embargo aún cuando lo hiciera, esta sería información parcial a nivel de sus propios productores (fuente Departamento de Estudios SNA).

En los sitios web del Banco Central, ODEPA, ASOEX, y CHILEOLIVA tampoco se consigna información respecto de series de precios de retorno al agricultor o similares. La información que se encuentra de forma puntual corresponde a precios y volúmenes en destino sin series estadísticas sobre ellos.

Siendo todo esto válido para la producción de uva de mesa, que representa más de un tercio de lo exportado por la industria a nivel nacional, la información de precios de retorno productor para Olivos y Granado es prácticamente inexistente.

No obstante lo anterior el Consultor ha recopilado de fuentes privadas confidenciales, incluyendo productores y especialistas, información relevante sobre precios que se presenta en los párrafos siguientes.

#### IV.5.3 REPRESENTATIVIDAD DE PRECIOS A NIVEL NACIONAL

La zona de Copiapó presenta diferencias de costo y precios sustanciales en relación al resto del país. Por una parte recibe precios significativamente más altos que el resto de las Regiones por acceder antes a los mercados con fruta tempranera (por ejemplo: las primeras uvas de mesa que se exportan en el país vienen de este valle), y por otra parte presenta costos que también está muy por sobre el promedio nacional en:

- Costos de Energía
- Costos de Mano de Obra
- Costos de Transporte

También es necesario indicar que la situación de productor temprano le ha generado durante los últimos años a Copiapó, una fuerte competencia por productores de otros países ansiosos de acceder a la misma ventana de precios. Un ejemplo de esto fue la caída en los precios de exportación de uva de mesa durante la temporada 2011-2012 producto del aumento de de la superficie de la uva tardía en California y de la uva tempranera en Perú (fuente Revista del Campo).

**TABLA IV.5-3 SUPERFICIE PLANTADA DE FRUTALES PROVINCIA DE COPIAPO (ha)**

ESPECIE	1997 (Censo)	1999 (Catastro)	2005 (Catastro)	2007 (Censo)	2009 (DICTUC)	2011 (Catastro)
ARÁNDANO	0	0	0	0		2
AMERICANO						
CHIRIMOYO	36,6	18	6,4	0		0
GRANADO	0	0,8	31,6	0	1.234	215,5
LIMA	0	6,4	5,6	0		0
LIMONERO	51,7	82,9	93,5	102		4

MANDARINO	47,7	79,6	67,5	10,4	0
MANGO	0	0	0	0	0,3
NARANJO	38,7	29,8	68,9	24,6	0
OLIVO	577	661,5	1.312,60	1.261,10	1.233
POMELO	0,1	0	1	0	0
TUNA	0,1	0	0	0	1,7
VID DE MESA	5.787,90	5.882,90	6.775,50	7.635,60	9.004
SUB TOTAL	6.539,80	6.761,90	8.362,60	9.033,70	8.260,30
OTROS FRUTALES	13,7	ND	ND	642,8	ND
VIDES VINÍFERAS Y PISQUERAS	371,7	ND	ND	275,3	ND
HUERTOS CASEROS	26,3	ND	ND	43,6	ND
<b>TOTAL</b>	<b>6.951,50</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>9.995,40</b>	<b>ND</b>

**FUENTE:** Años 1997 y 2007: Censos Agropecuarios respectivos  
 Años 1999, 2005 y 2011: Catastros frutícolas de esos años  
 Año 2009: Informe DGA SIT 211, Enero 2010.

#### IV.5.4 PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACION DE PARRONALES



En la Región de Atacama, crece la uva temprana de Chile. Esta uva cuenta con características únicas dadas las favorables condiciones climáticas de la zona para su cultivo. Las altas temperaturas de la Región de Atacama protegen la uva de la presencia de hongos y otras enfermedades, y a esto se suma que la diferencia entre las elevadas temperaturas del día y la frescura de su noche permite que la fruta alcance niveles óptimos de azúcar y sabor, junto a una mejor relación acidez-dulzor.

Chile ha logrado posicionarse como el mayor exportador mundial de uva de mesa, y al año 2012 la uva de mesa es la especie con mayor valor exportado en la industria frutícola nacional, generando más de un tercio del valor total exportado por la industria (fuente ODEPA).

A nivel regional el 82,2% de la producción se destina a exportación en fresco, y el 16,5% a agroindustria. Al añadir las mermas, se puede observar que el 98,9% de la producción total se comercializa a través de estos dos canales (fuente Catastro Frutícola julio 2011).

Las principales variedades presentes en la zona corresponden a Red Globe (27,3%); Flame seedless (24,2%); Thompson seedless (23,8%); y Superior seedless (16,3%). En su conjunto estas variedades representan un 91,6% de la superficie plantada (fuente Catastro Frutícola julio 2011). El principal destino de exportación es EEUU (70%), seguido por el Lejano Oriente (9%). Fuente SAG.

## INFORMACIÓN DE PRECIOS PARRONALES

“Mediocre”. Así de claro y empleando una sola palabra, el asesor privado, Martín Silva, define el escenario de la uva de mesa chilena en 2011. Una definición sencilla y dura hecha en el Encuentro Regional de Buin, organizado por FEDEFruta, pero a la que adhiere la industria en su conjunto. Mediocre por dos aspectos claves: porque los costos de producción han aumentado y porque la rentabilidad ha disminuido. “Los productores deben gastar cerca de US\$20.000/ha para recoger US\$2.000, 3.000 o 4.000/ha, e incluso hay gente que saca números negativos”, precisa.

Para un huerto comercial de la variedad Thompson Seedless el horizonte de producción es bastante alto, si se compara con 1994. “En ese entonces saltábamos en una pata si producíamos 2.200 cajas/ha, pero teníamos un costo de alrededor de US\$4,40/caja. Si calculamos los costos totales por el número de cajas por hectárea que sacábamos hace 17 años (2.200), nos da una diferencia de US\$8.800/ha, que es lo que ganábamos antes. Esa es la gran diferencia con lo que recibimos hoy”. Y esos US\$7,1/caja, diferencia que se explica por el alza en los costos del recurso humano, por los costos de packing, etc. “Sólo el costo del frigorífico ha subido mucho, que antes era US\$0,20/caja y hemos pasado a US\$0,60/caja”, grafica.

**TABLA IV.5-4 MÁRGENES DEL NEGOCIO DE LA UVA DE MESA EN 2011**

(Casos en huertos de Red Globe)

Variedad	nº de cuartel	ha	cajas/ha	costo precosecha	cosecha packing	total	US\$ FOB	Ing. Exp.	Ing M.I.	Total	Margen
Red Globe	3	4,82	2.483	7.458	2,45	15.740	11,00	14.895	1.951	16.846	1.106
Red Globe	9	2,55	1.851	7.458	2,54	14.354	11,00	11.108	2.681	13.789	-564
Red Globe	16	2,67	2.814	7.458	2,46	16.592	11,00	16.883	2.667	19.550	2.959

Fuente: Extracto de diapositiva presentada por Martín Silva en Encuentro Regional de Buin (junio 2011).

En un análisis realizado para un productor de la VI Región en 2010, Silva concluyó que los costos productivos de éste eran de US\$17.500/ha para un huerto de Thompson, pero sus ingresos fueron de US\$15.000. Sin embargo, los números se volvieron azules cuando se analizaron las variedades Crimson y Red Globe, que tienen un costo productivo de US\$19.000/ha y el productor obtuvo ingresos por US\$22.000, “Viendo estos valores, es indudable que el negocio está cada vez más apretado”, afirma.

**TABLA IV.5-5 COSTOS DE PRODUCCIÓN (2011)**

Variedad	Administ. (130,92 ha)	Gastos grales.	Maquinaria	Energía y Riego	Insumos	MO Precosecha	MO Cosecha y packing	Otros costos	Total
Flame	2.109	877	1.297	505	2.490	4.887	5.653	185	18.003
Thompson S.	2.109	878	1.299	814	2.124	5.339	5.825	252	18.640
Black	2.109	879	1.301	939	2.443	5.273	6.494	300	19.736
Red Globe	2.109	877	1.299	848	2.252	4.443	8.882	426	21.136
Ralli	2.109	875	1.295	644	2.375	6.256	6.128	238	19.928
Midnight B.	2.109	878	1.299	459	1.971	5.077	4.807	174	16.774

Fuente: Presentación de Martín Silva en Encuentro Regional de Buín (junio 2011).

Según un estudio para el diagnóstico de la situación de la industria de exportación –encargado a iQconsulting por ASOEX en conjunto con Fedefruta y que fuera presentado a la mesa de Competitividad del ministerio de Agricultura en septiembre del 2011– cerca del 44% de la superficie plantada en Copiapó obtuvo resultados operacionales negativos durante la temporada 2010/11. Sólo el 22% de la superficie alcanzó resultados operacionales iguales o superiores a los 7.000 USD/HA (fuente Portal Frutícola).

Los costos asociados a producir uva de mesa en Atacama se indican a continuación (Fuente: APECO)

**TABLA IV.5-6 COSTOS DE PRODUCCIÓN (2011)**

Mano de obra directa	Mano de obra cosecha/packing	Agroquímicos y Fertilizantes	Maquinaria	Energía y Riego	Otros costos directos	Costos indirectos
44%	11%	15%	6%	13%	5%	6%

Costo de producción uva de mesa en Atacama : USD 22.000 a USD 30.000/ha

Promedio de producción uva de mesa Atacama : 1.600 cajas/ha

Costo por caja : USD 13,8/caja

El margen operacional por hectárea por variedad estimado por DOLE para Atacama en la temporada 2011, se presenta a continuación

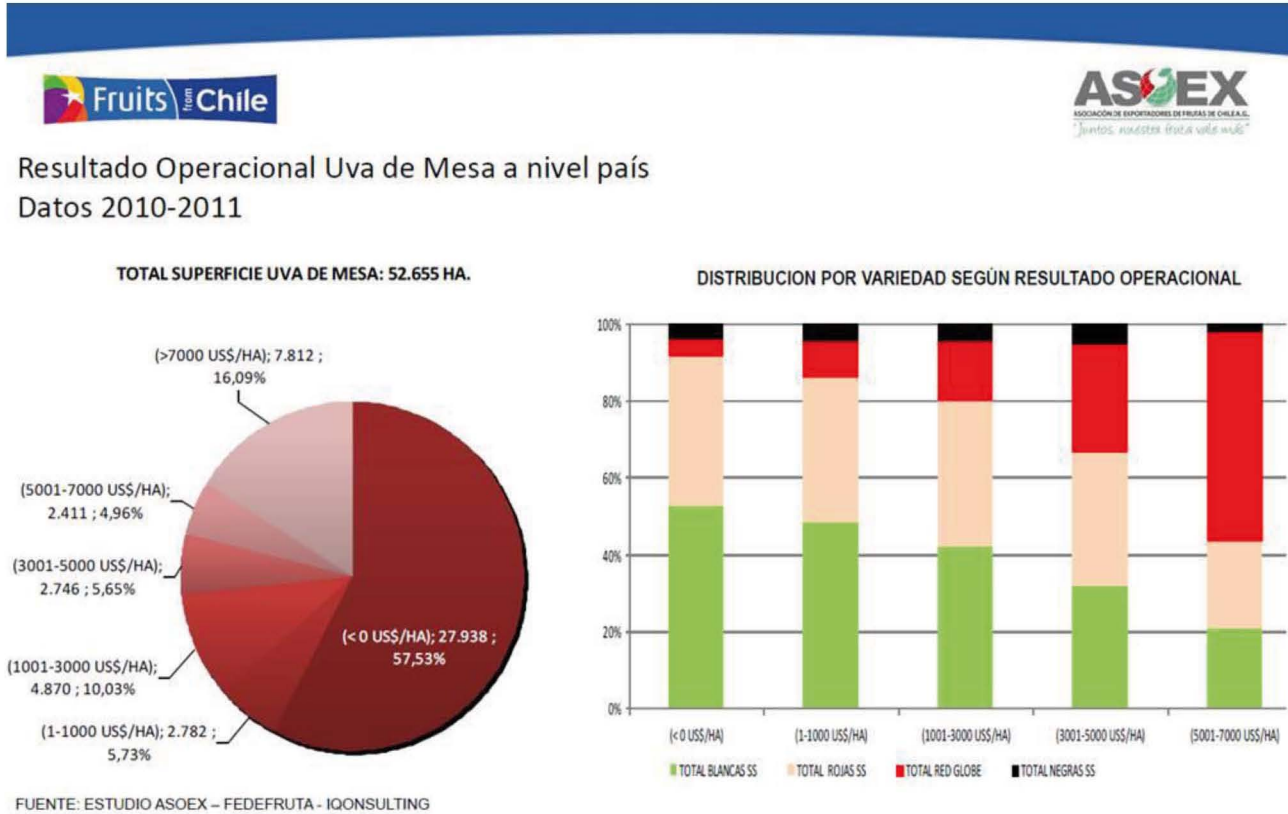
**TABLA IV.5-7 MARGEN OPERACIONAL POR HA (2011)**

	NETO X CAJA (PROMEDIOS)	CAJAS X HA	COSTO OPERACIONAL US&s/ha	COSTO X CAJA	MARGEN OPERACIONAL X HA
A ROYAL	9,5	2.500	22.700	9,1	1.288
BLACK	8,5	2.400	21.900	9,1	-1.214
CRIMSON	9,0	2.600	22.100	8,5	1.466
FLAME S	9,0	2.200	22.200	10,1	-1.968
RED GLOBE	8,5	3.800	25.300	6,7	7.429
SUGRAONE	8,5	2.300	22.400	9,7	2.618
THOMPSON S	9,0	2.500	22.400	9,0	357

(Fuente: Presentación DOLE – Seminario UVA DE MESA APECO):

Los resultados operacionales a nivel país de uva de mesa para la temporada 2010-11, se presentan en a continuación (Fuente ASOEX):

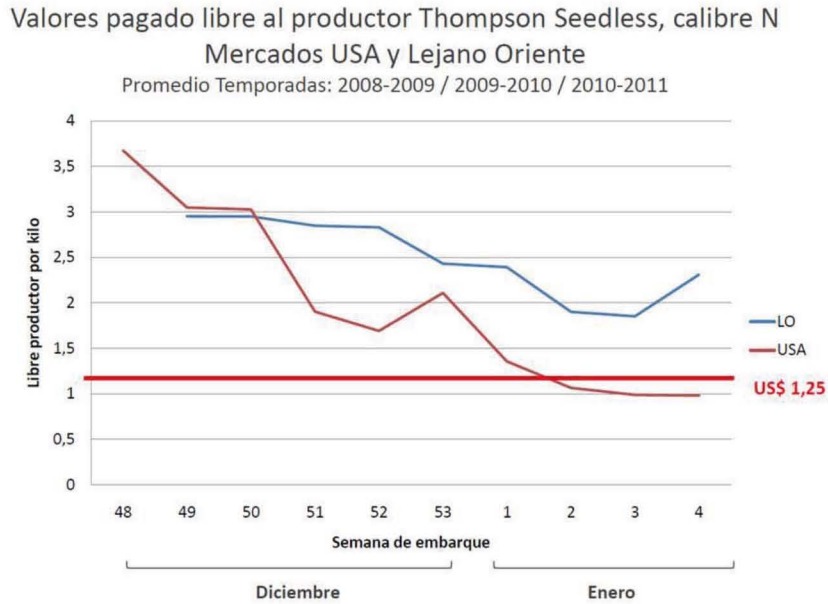
**FIGURA IV.5-1 RESULTADOS OPERACIONALES UVA DE MESA A NIVEL PAIS**



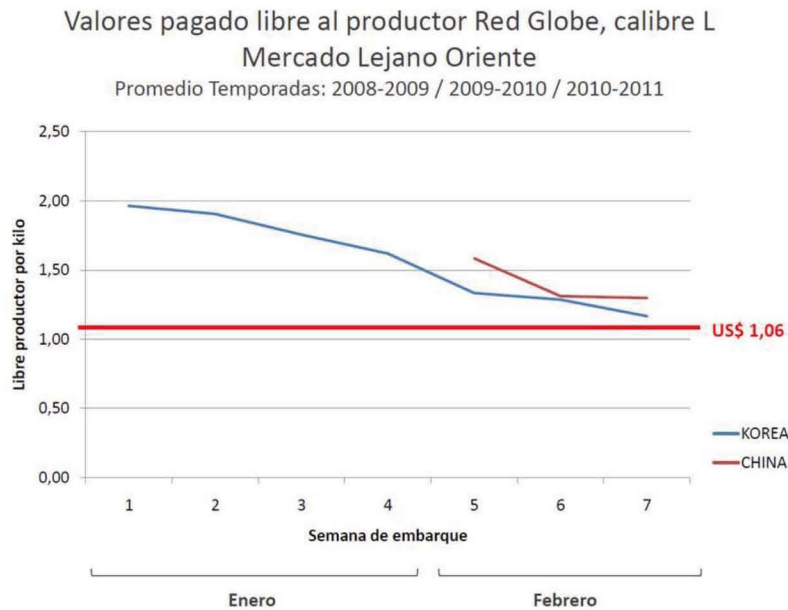
Resultados de ingresos menos costos. (no considera inversión ni depreciación) pero sí considera costo de financiamiento anual.

Los retornos libre a productor para los mercados de USA y Lejano Oriente se presentan a continuación (Thompson y Red Globe, fuente APECO, Abril 2012):

**FIGURA IV.5-2 RETORNOS THOMPSON SEEDLESS LIBRE A PRODUCTOR (USA Y LEJANO ORIENTE)**



**FIGURA IV.5-3 RETORNOS RED GLOBE LIBRE A PRODUCTOR (LEJANO ORIENTE)**





La estructura de producción y costos por hectárea del valle de Copiapó se presentan a continuación (Thompson y Red Globe, fuente APECO, Abril 2012):

**FIGURA IV.5-4 PRODUCCION Y COSTOS POR HECTAREA UVA DE MESA COPIAPO (2011)**

## Producción y costos por hectárea

	Thompson	2.000	2.500	Red Globe
<b>Cajas 8.2 kilos por hectárea</b>	<b>1.500</b>	<b>2.000</b>	<b>2.500</b>	<b>3.000</b>
<b>ITEM</b>	<b>Costos por Hectárea (USD)</b>			
Mano de Obra Operación	8.545	8.545	8.545	8.545
Mano de Obra Cosecha	1.344	1.792	2.240	2.688
Packing	2.166	2.888	3.610	4.332
Colación y movilización	1.400	1.470	1.540	1.750
Maquinaria	1.050	1.050	1.050	1.050
Energía y Agua	2.644	2.644	2.644	2.644
Generales de Operación	620	620	620	620
Gastos de Administración	1.500	1.500	1.500	1.500
<b>Total</b>	<b>19.269</b>	<b>20.509</b>	<b>21.749</b>	<b>23.129</b>
<b>Costo por caja (eq 8.2 K)</b>	<b>12,85</b>	<b>10,25</b>	<b>8,70</b>	<b>7,71</b>
<b>Costo por kilo</b>	<b>1,57</b>	<b>1,25</b>	<b>1,06</b>	<b>0,94</b>
<i>Interés Capital de Trabajo (por kilo)</i>	<i>0,06</i>	<i>0,05</i>	<i>0,04</i>	<i>0,04</i>
<i>Depreciación parrón (por kilo)</i>	<i>0,22</i>	<i>0,16</i>	<i>0,13</i>	<i>0,11</i>
<b>Costo total por kilo</b>	<b>1,85</b>	<b>1,46</b>	<b>1,23</b>	<b>1,09</b>

Antecedentes recopilados en estudios de productividad laboral (UC – Subsole) y actualizados a costos 2011

Tipo de Cambio \$500 / USD

#### IV.5.5 PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE OLIVOS

De la olivicultura de la zona se desprenden dos productos: la aceituna de mesa y el aceite de oliva. La buena imagen del país, el clima y las condiciones fitosanitarias adecuadas para la producción de olivos, junto a la adopción de técnicas de cultivo modernas y el esfuerzo por potenciar la calidad del producto podrían permitir que el aceite y la aceituna de mesa de la región sean reconocidas por los consumidores nacionales y extranjeros.

A nivel regional el 90,4% de la producción se destina a agroindustria y el 9,6% a consumo interno. El 100,0% de la producción se comercializa a través de estos dos canales (fuente Catastro Frutícola julio 2011).

Las principales variedades presentes en la zona corresponden a Sevillano (54,9%); Kalamata (15,4%); y Frantoio (14,7%). En su conjunto estas variedades representan un 85,0% de la superficie plantada (fuente Catastro Frutícola julio 2011).

### INFORMACIÓN DE PRECIOS OLIVOS

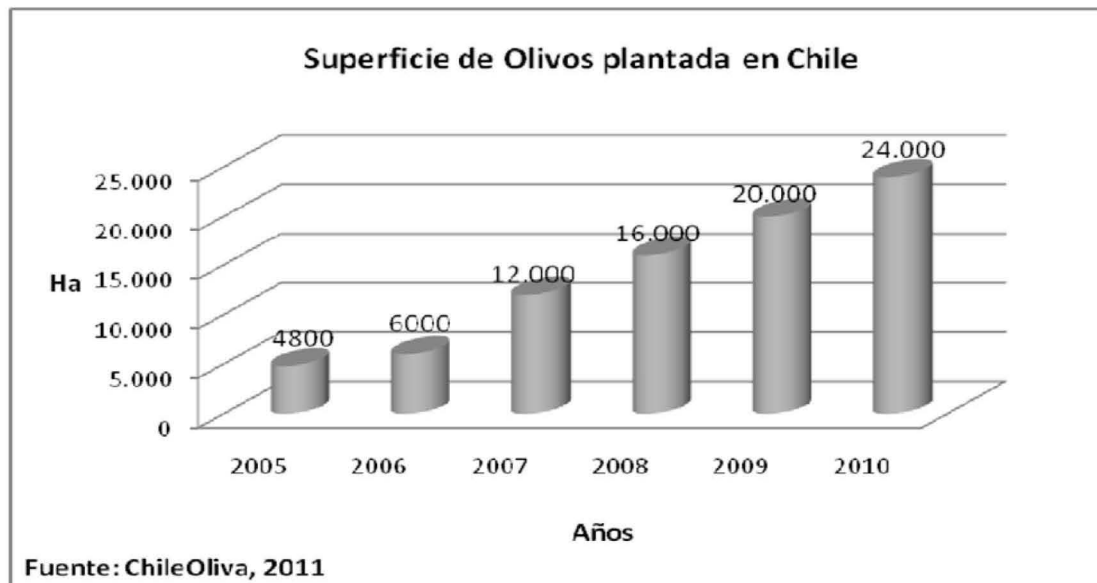
La industria olivícola nacional se ha desarrollado firmemente en los últimos años, ha habido un aumento progresivo en cuanto a superficie plantada de olivos, volúmenes de producción y exportación a distintos países del mundo.

Los empresarios olivícolas han implementado y desarrollado diferentes tecnologías en sus campos y plantas de proceso, de manera de hacer más eficiente el proceso productivo obteniendo la mejor calidad en los aceites de oliva extra virgen. Así mismo han capacitado a sus equipos profesionales mediante viajes al extranjero y contratación de asesores especializados, capturando tecnologías de países con tradición e investigación avanzada en aceite de oliva.

El desarrollo de cada empresa se ha concretado en el aumento de la producción y exportación de este producto a mercados como Estados Unidos, Italia, Canadá y España entre otros, abordando nuevos consumidores gracias a su excelente calidad, la cual ha sido reconocida en concursos internacionales de países como Italia donde se han obtenido medallas de oro y grandes menciones.

Evolución superficie plantada para la producción de aceite 2005-2010:

**FIGURA IV.5-5 PRODUCCION Y COSTOS POR HECTAREA UVA DE MESA COPIAPO (2011)**



Fuente: elaborado por CHILEOLIVA con información propia y de ODEPA.

La producción mundial de aceite de oliva se concentra principalmente en la Comunidad Económica Europea (75,3%), España (39,3%), Italia (21,0%), y Grecia (13%). La producción de Chile al año 2010 representaba tan solo el 0,3% de la producción mundial.

**FIGURA IV.5-6 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACEITE DE OLIVA 2004-2010 (MILES DE TONELADAS):**

Temporada	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/2010	%
Mundo	3.013	2.572	2.767	2.713	2.669	3.024	100
CE	2.357	1.928	2.031	2.118	1.939	2.245	75,3
España	989	826	1.111	1.236	1.030	1.396	39,3
Italia	879	636	490	510	540	460	21,0
Grecia	435	424	370	327	305	320	13,0
Túnez	130	220	160	170	160	150	5,9
Turquía	145	112	165	72	130	147	4,6
Siria	175	100	154	100	130	150	4,8
Argentina	18	23	15	27	23	16	0,7
Australia	5	9	9	12	15	18	0,4
Chile			5	6,5	8,5	12	0,3

Fuente: International Olive Council 2011

Los principales destinos de exportación de los productores Chilenos son: EEUU, España, Italia, Brasil, Canadá, Colombia, y México.

Los principales compradores de aceite embotellado (36% del aceite de oliva que se exporta) son: EEUU, Canadá, y Brasil. En aceite a granel (64% del aceite de oliva que se exporta) los principales países compradores son: EEUU, Italia, y España (Fuente Servicio Nacional de Aduanas).

**TABLA IV.5-8 PRINCIPALES DESTINOS DE EXPORTACION DE ACEITE DE OLIVA 2010**

Pais Destino	Cantidad de Mercancia (kilos)	% kilos	Valor FOB	% FOB	Precio (US\$/kg)
U.S.A.	1.094.016	36	5.049.190	41	4,6
ITALIA	950.659	31	2.691.961	22	2,8
CANADA	245.047	8	1.397.830	11	5,7
ESPANA	323.275	11	801.260	6	2,5
BRASIL	146.067	5	751.710	6	5,1
COLOMBIA	95.504	3	420.055	3	4,4
MEXICO	65.491	2	363.767	3	5,6
TAIWAN (FORMOSA)	40.175	1	272.109	2	6,8
ALEMANIA	25.652	1	157.484	1	6,1
JAPÓN	12.208	0	116.339	1	9,5
VENEZUELA	8.337	0	80.981	1	9,7
TERR.BRIT.EN AS	14.910	0	53.545	0	3,6
CHINA	6.192	0	44.402	0	7,2
DINAMARCA	4.110	0	27.252	0	6,6
COSTA RICA	3.576	0	26.939	0	7,5
GUATEMALA	3.230	0	25.433	0	7,9
COREA DEL SUR	1.456	0	20.460	0	14,1
PANAMA	3.272	0	15.962	0	4,9
PARAGUAY	1.800	0	12.000	0	6,7
BOLIVIA	3.130	0	10.579	0	3,4
URUGUAY	3.847	0	10.400	0	2,7
REPUBLICA CHECA	524	0	7.867	0	15,0
INGLATERRA	600	0	4.731	0	7,9
SINGAPUR	433	0	4.014	0	9,3
ARGENTINA	539	0	3.588	0	6,7
MALASIA	405	0	3.470	0	8,6
BELGICA	382	0	3.423	0	9,0
NIGERIA	471	0	3.142	0	6,7
HONDURAS	540	0	2.916	0	5,4
NUEVA ZELANDIA	407	0	2.043	0	5,0
REP.DOMINICANA	385	0	1.997	0	5,2
HOLANDA	150	0	1.528	0	10,2
PERU	264	0	975	0	3,7
POLONIA	15	0	750	0	50,0
AUSTRALIA	61	0	458	0	7,5
TERR.BRIT.EN AM	13	0	119	0	9,0
<b>Total</b>	<b>3.057.143</b>	100	<b>12.390.680</b>	100	<b>100</b>

Fuente y Servicio Nacional de Aduanas y Chileoliva

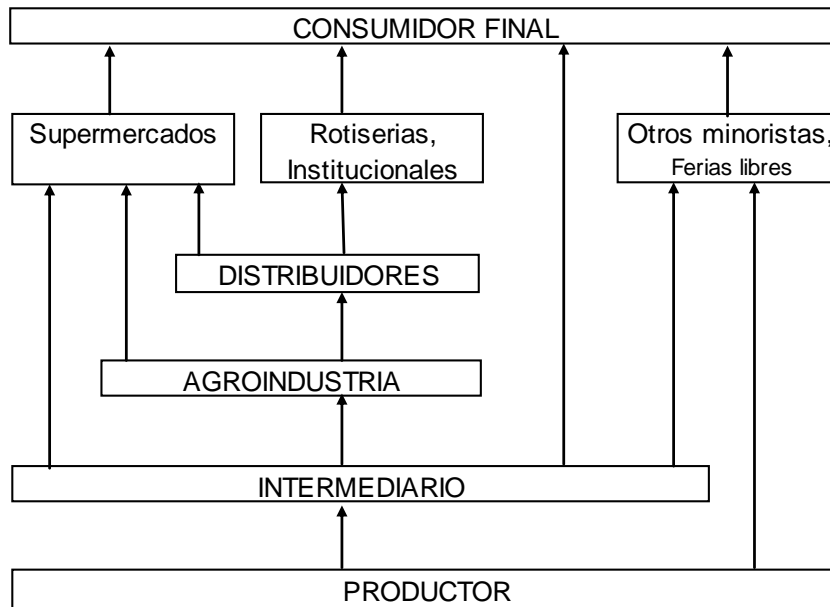
Tal como se mencionó en el punto 9.5.3, el 90,4% de la producción de olivos se vende desde los productores a la agroindustria, sin embargo no es posible definir los precios a través de la cadena de distribución ya que son precios de transacciones privadas y en algunos casos corresponden sólo a precios de transferencia de compañías integradas o asociadas en la cadena de producción de aceite de oliva.

De acuerdo a estimaciones de INIA/CIREN del año 2010, el precio como materia prima para la producción de aceite de oliva varía, según zona geográfica, entre \$220 y \$260 por kilo.

## CONSUMO INTERNO

El 9,6% del volumen restante que corresponde a consumo interno, generalmente corresponde a ventas minoristas efectuadas a través de pequeñas producciones de aceitunas para consumo directo (de mesa).

**FIGURA IV.5-7 CANALES DE DISTRIBUCION DE OLIVOS PARA CONSUMO INTERNO EN ATACAMA**



Fuente INDAP y Asagrín

El precio de venta estimado por el Consultor en base a fuentes privadas confidenciales para el precio de venta a intermediarios está entre \$260 y \$400 por kg.

### IV.5.6 PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE GRANADO

Hace algunos años las Universidades de Texas y la U. de California descubrieron que las Granadas tenían altas concentraciones de antioxidantes (50% más que el vino tinto) y se descubrió que los antioxidantes de Granadas previenen cáncer de la próstata, de las mamas, enfermedades coronarias y otras (Alzheimer).

De la producción de Granado se desprenden tres productos: Jugo (de fruto completo y arilos); Arilos; y Fruta fresca. Sus antioxidantes son muy estables y permite que se pueda industrializar de diferentes maneras.

A nivel regional el 80,0% de la producción de Granado se destina a exportación y el 20,0% a agroindustria. Se puede observar que el 100,0% de la producción total se comercializa a través de estos dos canales (fuente Catastro Frutícola julio 2011).

Las principal variedad presente en la zona corresponden a la variedad Wonderful, que representa el 100,0% de la superficie plantada (fuente Catastro Frutícola julio 2011).

## INFORMACIÓN DE PRECIOS GRANADOS

El granado es conocido desde muy antiguo, su cultivo se ha realizado tradicionalmente en la zona de Oriente próximo, extendiéndose por el resto de Asia y el Mediterráneo. Actualmente, ya extendido por los cinco continentes, presenta unas excepcionales expectativas de cultivo debido a su rentabilidad y a la posibilidad de cultivo en zonas áridas y con menores requerimientos hídricos que otros cultivos, siendo capaz de vegetar y producir en condiciones en las que otros frutales más importantes no lo harían de manera rentable.

La selección de nuevas variedades capaces de dar abundantes cosechas y frutos de calidad, unido al descubrimiento de sus numerosas propiedades alimenticias, farmacológicas, funcionales y cosméticas, ha hecho que este frutal sea cada día más demandado por los consumidores y está produciendo un incremento de las plantaciones de la especie en todos los países en los que es posible su cultivo.

### FIGURA IV.5-8 NUEVAS VARIETADES DE GRANADO

Varietal

Wonderful.

Arilos de bajo color  
y láminas gruesas.



Nuevas variedades

Arilos de rojo  
intenso y láminas  
delgadas.



En Chile durante los últimos tres años el crecimiento de las exportaciones Chilenas ha pasado desde las 2.570 ton (2010) a las 5.894 ton (2012) con un crecimiento de +229% (Fuente: privadas). No obstante este crecimiento, EL volumen de producción de Granado aún es marginal en comparación a las principales frutas de exportación del país.

En cuanto a precios, de acuerdo a fuentes privadas del Consultor, los productores esperan retornos por fruta fresca en el rango entre USD 1 a USD 1,5 por kilo, y en el caso de arilos un retorno cercano a USD 0,20 por kilo. Es importante destacar que la producción de arilos para exportación sólo corresponde al desecho de la fruta fresca, ya que la fruta fresca es la que presenta el mayor retorno para el productor.

**FIGURA IV.5-8 EXPORTACIONES DE GRANADO EN FRESCO DESDE CHILE 2010-2011**

EXPORTADORA	2010			2011			2012		
	CAJAS	TON	%	CAJAS	TON	%	CAJAS	TON	%
UNIFRUTTI LTDA	366.816	1.679	62,56%	610.582	2.889	56,01%	668.702	3.138	53,42%
RIO BLANCO LTDA	140.700	561	24,00%	239.125	968	21,93%	300.870	1.427	24,03%
EXP.SUBSOLE	18.145	73	3,09%	82.205	375	7,54%	74.347	344	5,94%
VITAL BERRY M.	21.910	88	3,74%	36.550	146	3,35%			0,00%
COM.FRUTICOLA	4.579	18	0,78%	8.295	33	0,76%	39.680	159	3,17%
AGRICOM LTDA.			0,00%			0,00%	38.550	154	3,08%
ALQUIMIA			0,00%	13.248	53	1,22%	23.184	93	1,85%
VALLE CENTRAL L	3.200	13	0,55%	27.239	105	2,50%			0,00%
COMEXPORT LTDA.	6.383	24	1,09%			0,00%	18.768	75	1,50%
EXP.SANTA CRUZ			0,00%	5.112	20	0,47%	19.000	76	1,52%
PRIMA AGROTRADI	5.940	36	1,01%	12.520	64	1,15%	5.200	83	0,42%
LAFRUT LTDA.	10.800	43	1,84%	11.020	44	1,01%			0,00%
RUIZ TAGLE S.			0,00%	9.820	65	0,90%	11.682	98	0,93%
ZURGROUP S.A.			0,00%			0,00%	19.549	125	1,56%
PROEXPORT LTDA.	908	7	0,15%	6.560	28	0,60%	10.400	42	0,83%
DOLE-CHILE S.A.			0,00%	13.610	54	1,25%			0,00%
PLAZA VIEJA LTD	4.760	19	0,81%	7.410	30	0,68%			0,00%
EVERFRESH S.A.			0,00%			0,00%	10.870	39	0,87%
FRUTAM S.A.	2.190	9	0,37%	2.030	7	0,19%	3.800	14	0,30%
TYT EXPORT S.A.			0,00%	3.800	15	0,35%			0,00%
POLAR FRUIT INT			0,00%			0,00%	3.650	14	0,29%
TEMPO FRUIT S.A			0,00%			0,00%	3.600	14	0,29%
STAR FRUIT LTDA			0,00%	1.038	6	0,10%			0,00%
<b>Grand Total</b>	<b>586.331</b>	<b>2.570</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.090.164</b>	<b>4.904</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.251.852</b>	<b>5.894</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Privadas



#### **IV.5.7 CONCLUSIONES DEL CAPITULO**

- a. A pesar que es posible acceder a información de exportaciones desde diferentes fuentes de forma puntual, no es posible encontrar estadísticas o series históricas de precios de retorno al productor que se puedan acceder públicamente en los rubros indicados y referida al valle de Copiapó.
- b. De acuerdo a información de APECO, la uva de mesa presenta precios de retorno a productor entre USD 1,25 (Thompson seedless USA) y USD 1,02 (Red Globe Lejano Oriente).
- c. De acuerdo a estimaciones de INIA/CIREN del 2010, el precio como materia prima para la producción de aceite de oliva (90,4% de la producción total) varía entre \$220 y \$260 por kilo.
- d. De acuerdo a información de fuentes privadas, en el caso de granado los exportadores esperan retornos entre USD 1 y USD 1,5 por kilo en fresco, y de USD 0,20 por kilo de Arilos.

#### **IV.5.8 COMENTARIOS DEL CONSULTOR**

En las 3 variedades analizadas se encuentra representado el 81,4% de la superficie plantada por lo que variaciones en sus condiciones actuales de comercialización pueden presentar un alto impacto en el desarrollo del valle, siendo necesario crear sistemas que permitan monitorear/proyectar su evolución.

En uva de mesa, Chile se ha posicionado como el principal país exportador a nivel mundial y la especialización del valle en esto y en la producción de fruta temprana han sido hasta ahora una fortaleza para el desarrollo de los diferentes mercados en que participa, sin embargo el mayor retorno recibido durante la primera etapa de la temporada también ha desarrollado el interés de otros actores por acceder a esta ventana de precios. En esta posición Perú aparece como una amenaza clara como proveedor en la misma época que el valle del Copiapó, lo que hace pensar que a futuro se puede esperar una mayor competencia en los mercados y fluctuaciones a la baja en los precios dado los menores costos de producción que es posible encontrar en ese país. De forma emergente, este mismo interés se puede observar en California con el desarrollo de variedades tardías para exportación.

Anexo a lo anterior, dado los altos costos de producción de la zona y el interés de las mineras por acceder a derechos de agua, en opinión de este Consultor se ha generado un desincentivo al desarrollo agrícola del valle basado en la posibilidad de vender o arrendar derechos de agua a precios que permiten pensar en eliminar las operaciones productivas existentes y simplemente rentar con los derechos de agua disponibles.

Las variables relevantes para caracterizar los predios tipo se señalaron anteriormente: sector hidrogeológico, suelos, clima, niveles tecnológicos, uso de suelos, disponibilidad de aguas, gestión económico-productiva. Se consigno la diferencia entre los sectores hidrogeológicos 4 y 5. A partir de la estratificación por tamaños de la Tabla IV.4-1 se puede decir que hay una gran homogeneidad en cuanto a clima, suelos, como se muestra en el numeral IV.2 “Distritos Agroclimáticos”. La aptitud de los suelos es muy parecida también para todos los estratos, pero su uso se diferencia en los predios Pequeños. Los predios Grandes y Medianos se diferencian de los pequeños en el uso del suelo, pero limitados solamente a tres explotaciones principales: uva, granado y olivos. También sus niveles tecnológicos son superiores a los predios pequeños. En cuanto a la disponibilidad de aguas, la escasez alcanza a todos los estratos. La diferencia más importante está en la variable gestión productiva donde entra a importar la escala de las explotaciones.

En resumen si quisieramos representar predios tipo el área del proyecto, ellos serían los siguientes:

Predio promedio Grande frutícola con 256 ha con plantaciones de uva, granados, olivos, buen nivel de gestión, buen nivel tecnológico.

Predio promedio Mediano frutícola con 41 ha con plantaciones de uva granado, olivos, buen nivel de gestión, buen nivel tecnológico.

Predio promedio pequeño de 2,0 ha hotalicero y con pequeña cantidad de frutales, nivel tecnológico bajo y gestión productiva regular.

En la Situación Actual, debido a la escasez de agua para la agricultura los valores de ha efectivamente regadas han disminuido por lo menos a la mitad considerando la fuga de recursos desde la agricultura hacia las mineras y hacia el agua potable de Copiapó y otras ciudades de la región.

## IV.6 PREDIOS TIPO

Para la obtención de los predios tipo se investigó para cada estrato por tamaño de predio, de manera representar las variables que participan al interior de las tipologías prediales (sectores, suelos, clima, niveles tecnológicos, uso de suelos, disponibilidad de agua), procediendo posteriormente a seleccionar un predio promedio, el cual es la resultante del cociente entre el área de cada subdivisión predial y el número de predios que representa.

En los sectores hidrogeológicos 4 y 5 que son los sectores potencialmente beneficiados por este proyecto, no existe un “Rol de Regantes”. Lo que hay es un rol de regantes de las aguas superficiales. Los regantes de aguas superficiales no tienen acceso a este proyecto, ya que los únicos habilitados para extraer aguas subterráneas son los titulares de derechos de agua subterránea que han sido identificados dentro del trabajo de este estudio.

De tal manera que el Consultor ha construido un “Rol de Regantes con identificación de predios” que no existía en el área del proyecto. Lo más cercano es el listado de la Base de Datos CNR-UC y el listado de socios de la Comunidad de Aguas Subterráneas CASUB que tiene un rol de titulares de derechos de agua subterránea, pero no tienen identificados los roles de sus propiedades. Por otra parte en los dos últimos años, según lo muestra la encuesta del consultor se está produciendo una fuerte baja de la superficie regada debido a la utilización de muchos de los pozos en la minería y en el agua potable de ciudad. Estas dos actividades en fuerte crecimiento y en consecuencia demandando mucho más agua que antes. Además el mejoramiento de la eficiencia de aplicación del agua y el revestimiento de canales que conducen las aguas superficiales han disminuido sustancialmente la infiltración y la utilización de los pozos.

**El sector hidrogeológico 4** prácticamente no tiene riego por agua subterránea. Según la encuesta hay 12 pozos clasificados por la Base de Datos CNR-UC que se utilizan para regar. En el proceso de la encuesta no se encontró ningún predio en explotación con aguas subterráneas. La casi totalidad no extrae agua subterránea porque el nivel del pozo está a más de 130 metros de profundidad lo cual no lo hace rentable para la explotación agrícola. Se identificaron solamente dos pozos que se utilizan eventualmente cuando hay una escasez puntual e importante de las aguas superficiales. Desde el punto de vista de un predio tipo, no existe ninguno que sea de explotación agrícola con aguas subterráneas.

**En el sector hidrogeológico 5** En este sector la encuesta se ha aplicado a un 84% de los derechos de agua subterránea y en un 75% de la superficie agrícola. Los predios están estratificados en la Tabla IV.4-1 “Estratificación de predios por tamaños” y, además en la encuesta misma se han tomado datos útiles para realizar la identificación de predios tipo, en especial se menciona la Tabla IV.3-29 “Tipificación de Predios”.

#### **IV.7 SITUACION ACTUAL AGROPECUARIA**

La información principal en este capítulo proviene de la encuesta realizada por el consultor, cuyos resultados se consignan en el numeral IV.3

Este es un proyecto diferente a los proyectos que se han hecho anteriormente en Chile. La mayoría de los proyectos identifica nuevos recursos de agua para incorporar suelos de secano sin riego a suelos regados o bien para mejorar la seguridad de riego. Siempre en el contexto de aguas superficiales y de embalses para almacenar este tipo de recursos.

En este caso en cambio se trata de un proyecto que no incorpora nuevos suelos al riego, tampoco mejora la seguridad del riego asociado a una probabilidad de disponibilidad de recursos hídricos superficiales, sino se trata de la sobreexplotación de un enorme embalse subterráneo existente que recibe recursos discontinuos separados por largos períodos de sequía, que a veces como ocurre actualmente pueden durar más de 10 años. . Tampoco hay obras de riego nuevas de captación y distribución al interior del área de riego, ya que ellas existen, así como los derechos de aprovechamiento para extraer aguas de los acuíferos.

Por los motivos indicados este proyecto es especial y diferente a los proyectos realizados hasta ahora y es necesario tener un enfoque riguroso pero flexible respecto de las metodologías a aplicar.

El área del proyecto existe bajo explotación con un alto porcentaje de frutales y viñas en un proceso de disminución de la superficie regada, de tal manera que las características de los suelos son conocidas y se tiene la información de su comportamiento exitoso en la producción de rubros también conocidos. De todas manera se incluye la información climática y de suelos existente que es segura por la confirmación de la experiencia.

El análisis de la población objetivo del área de influencia se subdividió en dos sectores de riego sobre la base de la heterogeneidad que éstos presentan, de la situación actual y potencial de riego: el sector 4 con el acuífero prácticamente agotado y con escasa o casi nula actividad agrícola con riego de agua subterránea y el sector 5 con actividad agrícola en base a un 95% de riego por pozos.

La determinación de los estratos de tamaño se efectuó sobre la base de la aplicación de la encuesta y representa la situación que actualmente enfrenta la zona.

Con respecto a la determinación del universo de usuarios, se realizó sobre la base de un reciente catastro de usuarios de aguas subterráneas de la Dirección General de Aguas, una Base de Datos generada por un programa CNR-UC en el valle de Copiapó y por la encuesta del consultor. También se utilizó información del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y listados de usuarios de una organización de usuarios de aguas subterráneas.

Se analizaron también r los mercados con el objeto de estimar la evolución de los precios de los productos.

La determinación de los cultivos en este caso corresponde a los existentes en la zona y amenazados por la falta de agua y son los mismos en las situaciones de cultivo CP y SP.

Se realizó la estratificación por tamaño predial con base en la información recopilada en la encuesta.

También se ha tenido en cuenta la información proporcionada por las encuestas censales del último censo nacional agropecuario disponible de 2007 (INE), y el catastro de frutales de ODEPA, CORFO, APECO y CIREN, información que se compara con la recogida en la encuesta.

La estructura de cultivos se conoció por la encuesta del Consultor, la cual entregó información para la caracterización de la situación actual.

Para la obtención de los predios promedio se identificó predios tipo por tamaño de predios , de manera que puedan ser representadas al máximo todas las variables que participan al interior de las tipologías prediales (sectores, suelos, clima, niveles tecnológicos, uso de suelos, disponibilidad de agua.

Los rubros productivos que se identificaron en el área de proyecto se caracterizaron por medio de fichas de cultivo que se consignan en el anexo V.6 “Excell Evaluación Económica”

#### IV.7.1 Área Regada

El área regada al año 2011 conforme a la información cruzada de diversas fuentes en cuadro elaborado por el consultor es la indicada en el cuadro siguiente:

**TABLA IV.7-1 PROYECCIÓN DEL USO ACTUAL DEL SUELO POR TIPO DE CULTIVOS Y POR SECTORES 4 Y 5 CORREGIDAS DE ACUERDO A LOS ANTECEDENTES DEL CATASTRO FRUTICOLA 2011 Y DATOS DEL CENSO AGROPECUARIO 2007**

SECTOR	PARRONALES (1)		OLIVOS (2)		HORTALIZAS (3)		GRANADOS (4)		OTROS (5)		S/I		TOTAL	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
4	460,5	48,2	72,1	7,5	109,6	11,5	0,0	0,0	288,9	30,3	24,0	2,5	955,1	100
5	1.031,0	65,0	80,3	5,1	149,3	9,4	202,4	12,8	40,1	2,5	82,0	5,2	1.585,1	100

**FUENTE:** Estudio DICTUC **FUENTE:** Figura 3-9 Pag 32 Tomo 2 Estudio DGA SIT 211, Enero 2010. Catastro Fruticola 2011. Censo Agropecuario 2007

(1) (2) y (4) Catastro Frutícola

(3) Cifras del Censo Agropecuario 2007 reducidas en 31,17% conforme a contracción de la superficie total de hortalizas de la Región en el período 2007 a 2010

(5) Cifras censo Agropecuario incluye: Forrajes (245,7 ha), papas, flores y almácigos 21,2 ha); cultivos industriales permanentes (28,6 ha); otros frutales y huertos caseros (640,5 ha); vid vinífera y pisquera (275,3 ha)

En los sectores beneficiados del proyecto en consecuencia existen en la temporada 2009/2010 las siguientes superficies regadas:

Sector 4 955,1 ha

Sector 5 1585,1 ha

Los valores obtenidos en la encuesta acusan una importante disminución en la superficie y son los siguientes para el sector 5:

**TABLA IV.7-2 RESULTADOS DE LA ENCUESTA DEL CONSULTOR**

SECTOR	PARRONALES (1)		OLIVOS (2)		HORTALIZAS (3)		GRANADOS (4)		OTROS (5)		S/I		TOTAL	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
5	423,5	48,9	148,6	17,1	26,3	3,0	184,5	21,3	84	9,7	-	-	867	100

Si se expanden las hectáreas de la encuesta al total de derechos disponibles en el sector 5 se llega a un total de 1190 ha en Situación Actual de diciembre 2012

Comparando con los valores obtenidos en la encuesta con valores de la Tabla se ve lo siguiente:

Bajan sustancialmente las hectáreas regadas totales

En valores de importancia relativa, bajan los parronales y las hortalizas, y la vid vinífera que es el principal componente de “OTROS”

Suben proporcionalmente los olivos y los granados

La encuesta realizada por el consultor identifica ventas y arrendamientos de agua subterránea realizados recientemente a las compañías mineras que estarían afectando al descenso de los valores indicados.

Respecto al **Área Regada** no existe actualización de la información entregada por el catastro frutícola. Apeco no posee información adicional o que modifique dichos valores. En el sector 4 se estima que ha habido una reducción en la superficie principalmente por la venta de derechos de agua a usos no agrícolas. Los encuestados además señalan, la mayoría, estarían interesados en vender los predios si cambia el uso de suelo para objetivos inmobiliarios.

#### **IV.7.2 Caracterización Económica y Productiva de la Situación Actual**

El 97% lo constituyen los tres rubros de frutales predominantes, uva de mesa, olivos, granado, y un 3% las hortalizas según datos de la encuesta frutícola. Nuestra encuesta indica una cantidad mucho menor de hortalizas respecto a los valores caracterizados al 2007 y al 2010.

La caracterización se obtiene del Censo Agropecuario, de la encuesta Frutícola de CIREN- ADECO-ODEPA y de la encuesta realizada por el consultor.

Los resultados de la encuesta del Consultor se encuentra in extenso en la sección IV.3

#### **IV.7.3 Situación Actual Mejorada**

No existe la “Situación Actual Mejorada” por la realización de este proyecto. Siguiendo la tendencia de los últimos años existiría una “Situación Actual Desmejorada”, ya que continuaría aumentando la demanda por agua y en consecuencia la sobre explotación de los recursos y no hay posibilidades de que por este proyecto de recarga se solucione el déficit que se ha acumulado durante muchos años. Por efecto de estas obras para la recarga, y siempre que no aumentara la tasa de sobre explotación, podría ser que disminuyera la sobre explotación pero seguiría aumentando el déficit. El aumento del déficit no puede ser indefinido ya que los recursos se agotarían o el costo de extracción llegaría a valores inaceptables para la agricultura.

La única manera de llegar a un desarrollo sustentable, es sobre la base de un equilibrio entre disponibilidades y demandas. La manera de conseguir ese equilibrio está fuera del alcance de esta consultoría, pero sin duda los recursos aportados por las obras de recarga, aunque no son la solución, son un aporte, una parte de las medidas posibles, en la dirección de conseguir ese equilibrio.

En el NUMERAL V.8 “EVALUACION ECONÓMICA “ se hacen consideraciones adicionales sobre este tema.

#### **IV.7.4 Situación Futura Agrícola sin proyecto**

En la encuesta realizada por el consultor se ha preguntado por la intención del productor en caso que continúe la escasez de agua. Entre las opciones presentadas una mayoría ha declarado que de no haber agua suficiente, simplemente dejarán de explotar sus predios.

No se obtienen de las encuestas ni de los comentarios recibidos ideas de propuesta atractivas de Producción Futura. En general se mantendrían los cultivos que manejan actualmente y adicionalmente señalan que si los pozos siguieran bajando dejarían la agricultura.

El valle del río Copiapó sufre una significativa sobre-explotación de sus recursos hídricos en el sector hidrológico 4. La recarga natural del acuífero permite regular las disponibilidades de agua superficial de manera multianual, pero la extracción es superior a esa recarga natural. Hay períodos en que no todo el escurrimiento de aguas superficiales se logra infiltrar y por lo tanto el excedente se vacía en el mar. Este estudio apunta al aprovechamiento de estos excedentes. Entre los diversos usuarios – principalmente agricultura, minería y agua potable – se estima que se utilizan, en los últimos años en una creciente sobre explotación de 40 millones de metros cúbicos anuales en exceso sobre lo disponible. Como la disponibilidad de aguas superficiales es limitada, la demanda adicional ha sido satisfecha con agua subterránea extrayéndola y vaciando parcialmente el acuífero subyacente. Como resultado, los niveles estáticos y dinámicos de éste han ido descendiendo sostenidamente, en especial en el sector 4 en las pasadas décadas. Se han estudiado recientemente proyectos para proveer a algunas empresas mineras y a la sanitaria con agua de mar desalinizada. Los volúmenes que están siendo estudiados, resolverán el problema de empresas mineras y sanitarias en el sector 4, constituyendo un aporte global al sistema hídrico de la cuenca. También se han aplicado diversas medidas para mejorar las eficiencias de utilización del agua, existiendo la percepción de que no hay medidas nuevas que sean significativas para este mejoramiento, ya que la eficiencia de la agricultura y minería es de las más altas a nivel nacional e internacional. Todas las alternativas estudiadas de nuevos recursos, desalación, carretera hídrica, embalses superficiales, tienen costos que no son posibles de soportar por la actividad agrícola. Sin proyecto y/ u otras medidas de intervención del Estado que requerirían el cambio de políticas públicas en vigencia,, el proceso de disminución de la superficie regada se acentuará al continuar la sobre explotación y el traslado de la propiedad de los derechos actualmente usados en la agricultura hacia actividades de mayor rentabilidad como son las actividades mineras, de agua



potable y industrial. La tendencia en ese caso será conseguir un equilibrio sustentable entre demandas y disponibilidades.

En el NUMERAL V.8 “EVALUACION ECONOMICA “ se hacen consideraciones adicionales sobre este tema.

#### **IV.7.5 Uso futuro del suelo**

No hay ninguna posibilidad de aumentar la superficie de riego. En los últimos años debido a la escasez de agua, ha existido un proceso de abandono de plantaciones, principalmente de uva de mesa y una notable disminución de los cultivos de hortalizas.

No hay limitaciones de clima, de disponibilidad de suelos aptos, ni de capacidad empresarial. Lo que ocurre es que los retornos del agua disponible aplicados a la minería, negocio inmobiliario y agua potable son mucho mayores que los obtenidos por su uso en agricultura y resulta más favorable para el agricultor vender o arrendar sus derechos de aprovechamiento que explotar sus plantaciones y siembras.

O sea la tendencia es a disminuir la superficie de plantaciones y siembras, incluso resulta económicamente mejor abandonar plantaciones existentes para aprovechar el precio alternativo del agua, sobre lo cual existe un poder de compra.

En el numeral IV.5 se describen amenazas en cuanto a los mercados, comercialización y precios que agregan incertidumbres al desarrollo de agricultura en el valle. Los precios posibles de pagar por el agua en el sector minero, inmobiliario y de agua potable superan en el pronóstico los precios que puedan soportar la producción agrícola.

#### **IV.7.6 Caracterización Productiva y Económica FUTURA**

La situación futura de la producción agropecuaria tiende a situarse en torno a los tres principales rubros, a saber **uva de mesa, olivos y granados**. No hay proposiciones por ahora de nuevos rubros que cuenten con la seguridad que éstos tienen respecto a adaptación al clima y suelos de la zona, preparación de la mano de obra, tecnología, servicios de apoyo, y la organización, experiencia para el manejo de la cosecha, producción, y comercialización, como también para la gestión del financiamiento, comercialización y acceso a los mercados. No se ven actualmente rubros que puedan a corto plazo reemplazar los indicados. Lo que ha ocurrido y puede seguir ocurriendo es un aumento de las plantaciones que requieren menos agua, olivos y granados, y una disminución de la uva de mesa. Esta tendencia está clara en los últimos años, si se compara el uso del suelo de los datos de 2007-2011 con la información obtenida por la encuesta del consultor y presentados ambos antecedentes en el IV.7.1, se puede ver que se está dando de una manera natural la disminución de las plantaciones más exigentes en agua (parronales) por plantaciones que requieren menos riego como son los olivos y granados. También la disminución de las hortalizas que resultan de una rentabilidad discutible al regarse con agua que se extrae de pozos de nivel cada vez más profundo.

Este cambio en el uso del suelo no tiene que ver con el proyecto de recarga, sino con la creciente escasez de agua, y la tendencia seguirá ya sea que se construya o no las obras propuestas para la infiltración.

#### **IV.7.7 Puesta en Riego**

Los resultados de la encuesta del Consultor ilustran sobre las principales necesidades de los agricultores en cuanto a puesta en riego.

Este proyecto no incorpora superficies nuevas de riego. Sino que podría aumentar las cantidades de agua disponible para plantaciones actualmente abandonadas o con déficit de riego. En general esas plantaciones disponen de sistema de riego de buena tecnología y en funcionamiento. Sin embargo es posible mejorar algunas situaciones de sistemas con defectos. Los agricultores indican en sus respuestas que el estado de sus sistemas de riego es satisfactorio por lo cual no hubiera demanda urgente por este concepto. Asociado a este tema se puede señalar que algunos encuestados indican la necesidad de profundizar sus pozos y que no lo harían por el alto costo de ello.

En el marco de la encuesta es factible Identificar las necesidades más frecuentes de los agricultores respecto de la puesta en riego, para que la CNR considere en futuros concursos de la Ley de Fomento del Riego.

- (a) Sistemas de medición de caudales y niveles del agua en los pozos, transmisión de datos y procesamiento de la información para optimizar el uso del agua y predecir las disponibilidades
- (b) Integrar los sistemas de medición y control de las aguas subterráneas con los sistemas de las aguas superficiales y establecer protocolos para el uso optimizado de ambos recursos en conjunto.
- (c) Apoyo para la renovación de los sistemas tecnificados de riego en cuanto estén llegando a la obsolescencia, o bien para apoyar mejoramientos por defectos.
- (d) Apoyo para profundizar pozos que puedan secarse por descenso del nivel del agua.

## **CAPITULO V: DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE RECARGA**

**V.1 TRABAJOS DE TOPOGRAFIA**

**V.2 DISEÑOS PRELIMINARES**

**V.3 INTERFERENCIAS**

**V.4 EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRES**

**V.5 P. UNITARIOS, PRESUPUESTOS, M&O**

**V.6 EVALUACIÓN ECONOMICA**

**V.7 EVALUACION DE ASPECTOS LEGALES**

## **V.1 TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA**

### **LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EN SECTORES RIO COPIAPO**

#### **Generalidades**

Se trata del levantamiento topográfico de dos sectores ubicados en la Cuenca del Río Copiapó, para el estudio de Prefactibilidad del “Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su utilización en riego en la Cuenca del Río Copiapó”. Estos levantamientos identificarán de mejor forma el estado en que se encuentra el cauce natural del río y sectores aledaños en sectores que podrían construirse lagunas para la recarga de los acuíferos.

#### **Sistema de referencia.**

El aporte de coordenadas para la medición se generó por medio de equipos GPS en el proceso utilizando como base una estación geodésica llamada Aeropuerto Copiapó Chamonate, ubicada en el interior de la cancha de aterrizaje del aeropuerto Chamonate.

#### **Metodología del levantamiento**

Una vez realizado el recorrido y reconocimiento de los sectores de trabajo, se realiza la materialización y construcción de los puntos topográficos, los cuales estarán confeccionados en hormigón con un fierro de 12 mm, con un cajón de 30x30x10cm de altura. Posteriormente se realiza el trabajo de posicionamiento en postproceso para generar o ligar en coordenadas UTM en Datum WGS84, todos los puntos monumentados en terreno.

Una vez obtenida la información y calculado cada uno de los puntos en gabinete, se inicia la toma de la información en tiempo real, de cada uno de los puntos de relleno, bordes, patas, cercos, caminos, canales, cámaras, postes y todo aquel punto que sea necesario para confeccionar y representar de la mejor forma posible el estado actual del cauce y sectores aledaños del río Copiapó.

IGM 7.5-4.0.1  
Revisión : 4

**CERTIFICADO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS  
PLANAS Y ALTURA**

Fecha, 24 de mayo de 2012  
OT N° 659 - 12

Solicitadas por : MINVU - COPIAPÓ  
Datum : SIRGAS  
Elipsoide : GRS-80  
Unidad : N, E y Altura en metros.

Nombre de la Estación	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Altura Elipsoidal	Altura NMM	Zona
	Latitud	Longitud	Norte	Este			
AERÓPUERTO COPIAPO CHAMONATE (CHAM)	27° 17' 51,2188"	70° 24' 51,1175"	6 979 814,265	360 052,856	329,3398	---	19

**NOTA :** Las coordenadas entregadas en este certificado estan referidas a la época: 2002.0  
Los Valores de coordenadas son vigentes hasta el 26 de Febrero de 2010



**PEDRO VEGA VERA**  
Asesor Técnico  
Sub Dirección Comercial

**Aporte de coordenadas.**

Para dar coordenadas a los sectores de trabajo se generan cuatro puntos creados con GPS postproceso doble frecuencia, puntos calculados en el Datum WGS84, los cuales tuvieron un tiempo de toma de 60 minutos, y desde el cual se inicia el trabajo colocando puntos de control en sectores que el relieve permitiera



Project Report

Project name: AMARRE RIO-PROYECTO.ttp

Project folder: I:\TOPOGRAFIA\RIO COPIAPO\TOPOGRAFIA-RIO COPIAPO\AMARRE

Creation time: 27-09-2012 10:25:00

Created by:

Comment:

Linear unit: Meters

Angular unit: DMS

Projection: UTMSouth-Zone\_19 : 72W to 66W

Datum: WGS84

Geoid: EGM96

## Point Summary Report

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
C-2	6979961.96	355132.256	306.922	CHA-2
C-3	6979554.08	355961.356	311.895	CHA-3
C-4	6979307.23	356977.974	317.759	CHA-4
C-5	6979067.523	357981.428	322.969	CHA-5
CHAMONATE	6979814.285	360052.856	329.339	CHAMONATE

## GPS Obs Report

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
C-2-CHAMONATE	-147.676	4920.6	22.824	0.003	0.005
C-3-CHAMONATE	260.205	4091.5	17.788	0.002	0.003
C-4-CHAMONATE	507.055	3074.882	11.843	0.013	0.028
C-5-CHAMONATE	746.762	2071.428	6.552	0.003	0.007

## Project Report

Project name: AMARRE TAMARILLA.ttp  
 Project folder: I:\TOPOGRAFIA\TOPOGRAFIA-RIO COPIAPO\AMARRE TIERRA AMARILLA  
 Creation time: 27-09-2012 20:41:52  
 Created by:  
 Comment:  
 Linear unit: Meters  
 Angular unit: DMS  
 Projection: UTMSouth-Zone\_19 : 72W to 66W  
 Datum: WGS84  
 Geoid: EGM96

## Point Summary Report

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
KAUKARI-01	6971776.084	367985.576	410.664	KAUKARI-01
TA-01	6964246.316	374678.376	483.901	TA-01

## GPS Obs Report

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
KAUKARI-01-TA-01	-7529.768	6692.800	73.779	0.009	0.017



**APORTE DE COORDENADAS A LAS ESTACIONES DE TRABAJO**



## Project Report

Project name: AMARRE TAMARILLA.ttp

Project folder: I:\TOPOGRAFIA\TOPOGRAFIA-RIO COPIAPO\AMARRE TIERRA AMARILLA

Creation time: 27-09-2012 20:41:52

Created by:

Comment:

Linear unit: Meters

Angular unit: DMS

Projection: UTMSouth-Zone\_19 : 72W to 66W

Datum: WGS84

Geoid: EGM96

## Point Summary Report

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
KAUKARI-01	6971776.084	367985.576	410.664	KAUKARI-01
TA-01	6964246.316	374678.376	483.901	TA-01

## GPS Obs Report

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
KAUKARI-01-TA-01	-7529.768	6692.800	73.779	0.009	0.017

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GPS TOPCOM GR-3****SEGUIMIENTO****Señales**

<b>Número de canales</b>	72 canales Universales
<b>GPS</b>	L1, L2, & L5 portadora, CA, L1 P, L2 P, L2C
<b>GLONASS</b>	L1, L2, & L5 portadora, L1CA, L2CA, L1 P, L2 P
<b>GALILEO</b>	E2-L1-E1, E5
<b>WAAS/EGNOS</b>	SI
<b>Antena</b>	Integrada Micro-Centrada
<b>COMUNICACIÓN</b>	
<b>RTK/cinemático</b>	H: 10mm+1ppm V: 15mm+1ppm
<b>Post proceso Estático</b>	H: 3mm+0.5ppm V: 5mm+0.5ppm
<b>Radio</b>	UHF Digital Integrada Tx/Rx
<b>Radio Base</b>	1 Watt
<b>Comunicación por celular</b>	Integrada vía tarjeta SIM, GSM/GPRS
<b>Comunicación sin cables</b>	Bluetooth integrado version 1.2
<b>DATA &amp; MEMORIA</b>	
<b>Memoria</b>	Interna, Tarjeta SD extraíble
<b>Readquisición</b>	1 – 20Hz Regulable
<b>Salida Datos RTK</b>	TPS, RTCM SC104, CMR, CMR+
<b>Salida ASCII</b>	NMEA 0183 versión 3.0
<b>Control &amp; Display</b>	Computadora Móvil
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
<b>Envoltura</b>	Carcasa de aluminio

<b>Temperatura de trabajo</b>	-40 a 60 °C
<b>Especificaciones ambientales</b>	IP66 resistente al agua y al polvo
<b>Resistencia</b>	Resiste caídas desde 2 metros

## V.2 DISEÑOS PRELIMINARES

### V.2.1 Diseño de Lagunas

Con la aplicación del Modelo de SERNAGEOMIN, se seleccionaron los sectores que componen la Alternativa 3 con obras de infiltración en los sectores hidrogeológicos 4 y 5. Luego de realizados los levantamientos topográficos Dichas áreas fueron caracterizadas según los datos que se indican en la Tabla V.2 - 1

**Tabla V.2 – 1 Alternativa 3. Sectores 4.1 Tierra Amarilla y 5.2 Toledo**

Sector	Nombre Sector	L espejo promedio	L recarga	Nº de Lagunas	Ancho Laguna promedio	ha
		m	m		m	
4	Tierra Amarilla	350	2.000	6	200	23
5	Toledo	350	5.000	14	200	119
						142

A partir del levantamiento topográfico realizado en ambos sectores se procedió a definir y dibujar el número de lagunas sobre el plano de cada sector.

El criterio utilizado para trazar las lagunas en planta fue el siguiente:

- Las lagunas se desarrollan sobre el lecho del río. En una etapa preliminar nse estudió el largo más adecuado de las lagunas con el fin de equilibrar costos de excavación y costos de vertederos así se llegó a los valores utilizados
- Se evita interferir con:
  - El puente Toledo
  - La planta de Hormigones Readimix
  - La extracción de áridos Buitron
  - Las piscinas de aguas servidas de Aguas Chañar
  - En el Sector 4 todas las lagunas están dentro del cauce del río y no interfieren con las plantaciones existentes

El criterio utilizado para definir el perfil longitudinal de las lagunas fue el siguiente:

- La excavación se hace de modo que el fondo de las lagunas sea horizontal
- La excavación se hace de modo que las barreras estén formadas por el terreno natural de tal manera de llegar al nivel adecuado de profundidad para infiltrar. El talud aguas arriba de cada barrera es H:V = 1:1 y el talud aguas abajo es H:V = 2:1
- La excavación se hace de modo que el perfil lateral de las lagunas sea un talud de H:V = 2:1
- Las huellas y senderos existentes no son importantes..

Los detalles de las lagunas, sus dimensiones y su ubicación están señalados en los planos topográficos Sector Tierra Amarilla y Sector Toledo.

## V.2.2 El diseño de Vertederos

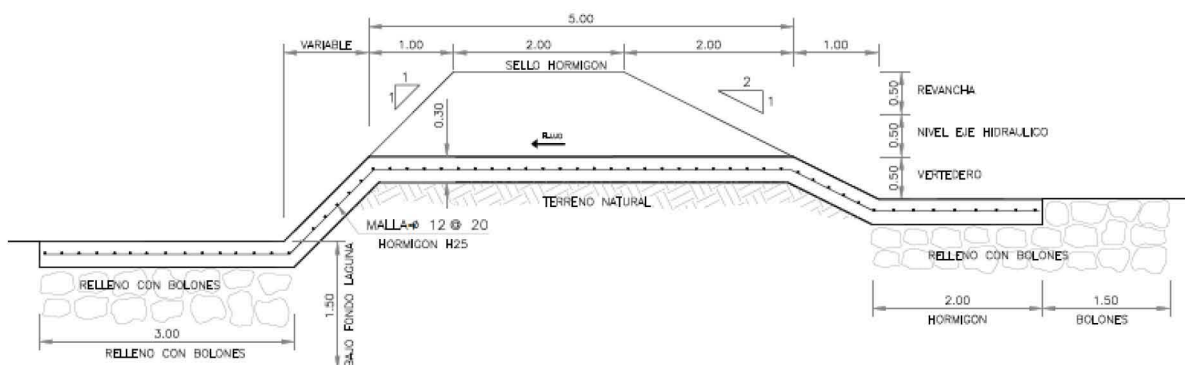
### Introducción

En este numeral se verifica y justifica el diseño de los vertederos para las lagunas de recarga artificial ubicadas en el río Copiapó. Para ello se consideró un vertedero tipo para 3 escenarios de operación distintos, los cuales se encuentran definidos por distintos caudales, dentro de los cuales se encuentran un caudal nominal de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  correspondiente a una crecida con un periodo de retorno de 5 años, un caudal de diseño de  $57 \text{ m}^3/\text{s}$  correspondiente a la máxima crecida registrada en Mal Paso y el caudal de verificación de  $115 \text{ m}^3/\text{s}$  equivalente a un Caudal de Crecida de periodo de retorno de 100 años en Copiapó.

El diseño fue realizado de modo que el vertedero no sea sobrepasado en su revancha en ninguno de los 3 casos y que el resalto que se forma en la caída del vertedero no genere socavaciones aguas abajo de este dimensionando adecuadamente las estructuras de refuerzo a los pies del vertedero.

### Memoria Técnica

A continuación se presenta el vertedero considerado en el diseño de la obra



**Fig. V.2- 1: Perfil típico del vertedero**

### Idea conceptual

Para el diseño de la obra se determinó el ancho del vertedero, de modo que para el caudal de verificación de  $115 \text{ m}^3/\text{s}$  no se sobrepasara la revancha del vertedero. Para ello, primero se determinó la altura crítica del flujo en un canal rectangular con un ancho de 100 metros y luego se verificó con la ecuación de diseño de cresta de vertedero que no sobrepasara la altura de la revancha.

Para efectos de la obra y considerando que las distancias que recorre el flujo son relativamente pequeñas comparadas con el ancho del vertedero, los cálculos en cada tramo asumen que no existirá un ensanchamiento de flujo.

Luego, a partir de la ecuación de altura conjugada de resalto, se determinó en qué tramo del vertedero se debiera formar el resalto. Con lo que se concluyó que el resalto para los 3 casos

se forma después del cambio de pendiente. Finalmente, para determinar la altura y la longitud del resalto, se utilizó el programa Hcanales V 3.0.

Para llevar a cabo lo antes mencionado es necesario desarrollar una serie de cálculos a partir de las formulas correspondientes al caso, las cuales se explican a continuación:

Número de Froude (F)

Corresponde a la relación que existe entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales, cuando este número de Froude es menor que 1, se dice que el flujo es subcrítico o de río y si es mayor que 1, el flujo es supercrítico o de torrente.

A continuación se presenta la fórmula del número de Froude para canales de sección rectangular.

$$F^2 = \frac{q^2}{g * h^3} \quad (1)$$

Donde:

q= Caudal (m<sup>3</sup>/s)

g= aceleración de gravedad = 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

h= Altura del escurrimiento (m)

Altura crítica (h<sub>c</sub>)

Se produce cuando el flujo circula con energía mínima y con velocidad crítica, la cual se da cuando el número de Froude es igual a 1.

A continuación se presenta la fórmula que define la altura crítica para canales de sección rectangular

$$h_c = \left( \frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

Altura normal en canal rectangular

Los flujos dentro de un canal tienden a la altura normal, si esta altura del flujo es menor que la altura crítica, se dice que el flujo es supercrítico o de torrente y si es mayor, se dice que el flujo es subcrítico o de río.

Para determinar el tipo de flujo se determinó la altura normal para cada caudal a partir de la ecuación de Manning, la cual se muestra adaptada a canales rectangulares.

$$(h_n * B) * \left( \frac{h_n * B}{B + 2 * h_n} \right)^{\frac{2}{3}} = n * \frac{Q}{\sqrt{S}} \quad (3)$$

Donde:

h<sub>n</sub> = Altura normal (m)

B = Ancho basal de la sección de escurrimiento (m)

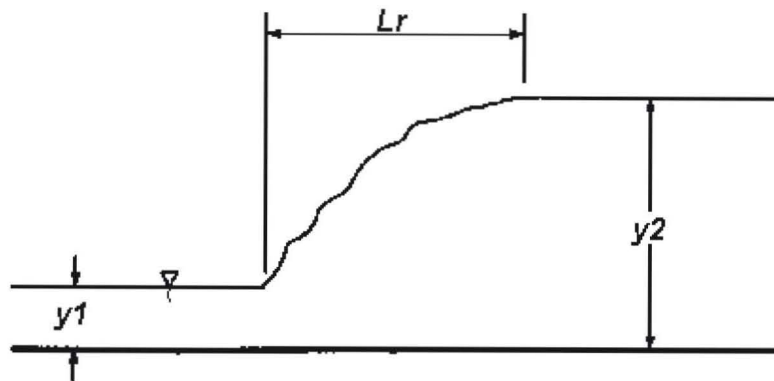
Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

n = coeficiente de Manning (adimensional)

S = pendiente de fondo del escurrimiento

### Altura conjugada de resalto

El resalto hidráulico es un fenómeno que se produce cuando un flujo pasa de torrente a río, donde el torrente se destaca por ser un flujo de gran velocidad y altura menor a la altura crítica y el río por ser un flujo de mayor altura a la altura crítica y de menor velocidad.



**Fig. V.2-2 Esquema de Resalto Hidráulico**

En la imagen se puede observar que el flujo con altura  $y_1$  corresponde a un torrente y el flujo con altura  $y_2$  a un río. En la imagen, el resalto es de altura  $y_2 - y_1$  con un largo de  $L_r$ .

En un resalto hidráulico, la altura del río  $y_2$  se encuentra determinada por solo una altura de torrente  $y_1$  y viceversa. A continuación se presenta la fórmula de alturas conjugadas que determina la altura de torrente conociendo la altura de río o la del río conociendo la del torrente y luego las relaciones derivadas de dicha ecuación, donde  $h_r$  es la altura del río,  $h_t$  es la altura de torrente y los  $X$  son coeficientes que relacionan dichas alturas con la altura crítica.

$$\frac{h_r}{h_t} = \frac{1}{2} * \left( -1 + (1 + 8 * F^2)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (4)$$

$$h_r = X_r * h_c \quad (5)$$

$$h_t = X_t * h_c \quad (6)$$

$$X_r = \left( \frac{X_t^2}{4} + \frac{2}{X_t} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{X_t}{2} \quad (7)$$

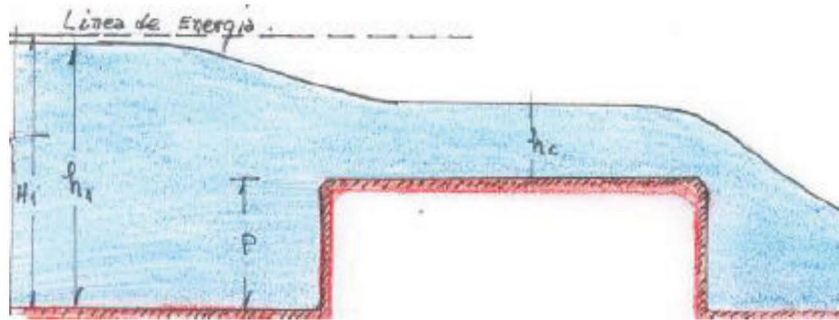
$$X_t = \left( \frac{X_r^2}{4} + \frac{2}{X_r} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{X_r}{2} \quad (8)$$

### Diseño de cresta de vertedero

La cresta de un vertedero se diseña para maximizar la descarga de forma segura y a un mínimo costo. En un vertedero, la descarga máxima se obtiene al considerar que la energía del flujo corresponde a la energía crítica, es decir, un flujo con energía mínima.

A continuación se presenta la ecuación de diseño de cresta de vertedero, con una ilustración explicativa.

$$h_c = \frac{2}{3} * (H - P) \quad (9)$$



**Fig V.2-2: Diseño de cresta de vertedero**

Donde,

- $h_c$  = Altura crítica (m)
- $h_n$  = Altura normal (m)
- $Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )
- $B$  = Ancho de vertedero (m)
- $F$  = Número de Froude
- $q$  = Caudal por unidad de ancho ( $m^3/s/m$ )
- $g$  = Constante de gravedad ( $9.81 m/s^2$ )
- $n$  = Constante de Manning
- $S$  = Pendiente de fondo
- $h_t$  = Altura de torrente (m)
- $h_r$  = Altura de río (m)
- $H$  = Altura de agua desde el fondo (m)
- $P$  = Altura de vertedero (m)

A continuación se presenta una tabla con las variables de terreno consideradas para cada tramo, donde el primer tramo corresponde al flujo que circula a través del vertedero, el segundo tramo al flujo que baja del vertedero y el tercer tramo a la entrada de la laguna.

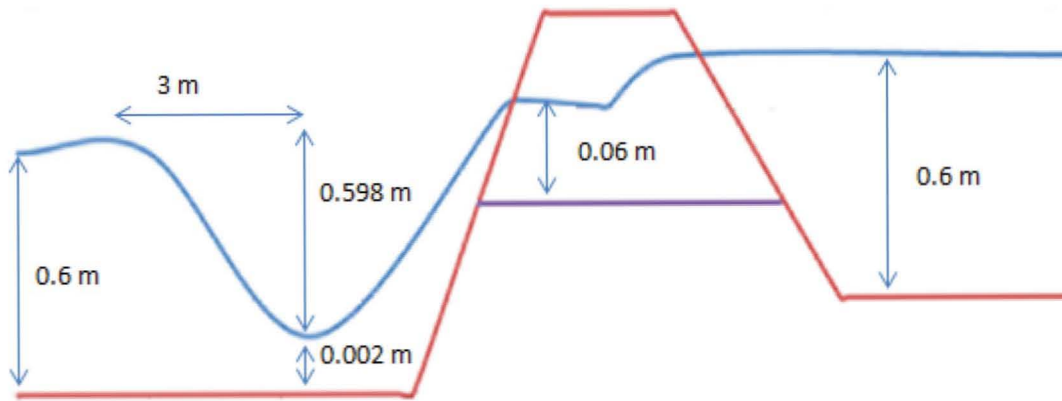
**Tabla V.2-2: Valores principales asociados al terreno**

tramo	Pendiente (m/m)	n-Manning	Ancho (m)
1	0.001	0.013	100
2	1	0.013	100
3	0.001	0.013	100



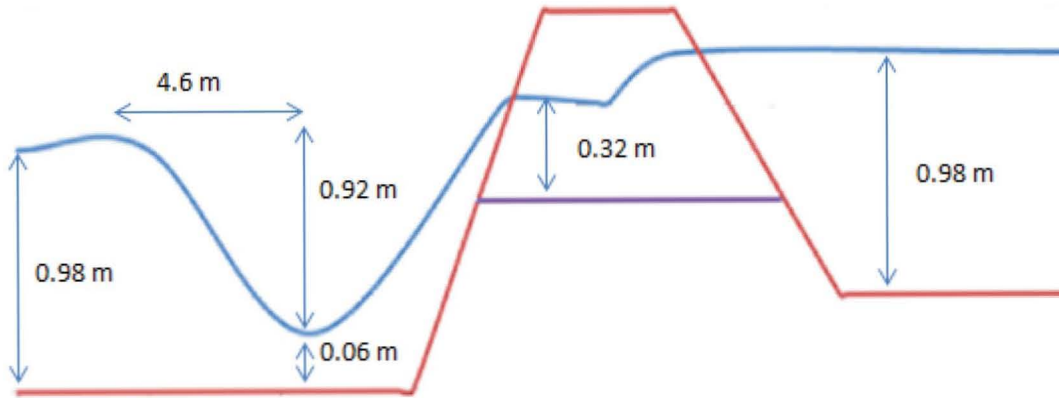
**Resultados**

A continuación se presentan los ejes hidráulicos para cada caudal de acuerdo a lo presentado en la introducción, evaluando la obra tipo para caudales de 5, 57 y 115 m<sup>3</sup>/s. En forma iterativa se obtuvo que para la crecida de 100 años de periodo de retorno un ancho de vertedero de 100 metros permite evacuar la crecida sin comprometer la revancha. En las ilustraciones que se presentan a continuación se observan los valores de altura obtenidos para cada uno de los tramos de la obra y que se resumen para cada caso en la tabla que le sigue.



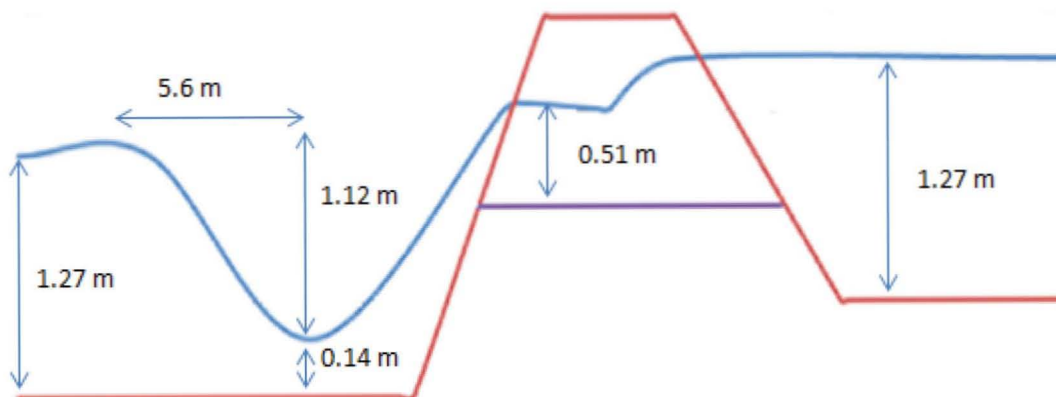
**Fig.V.2- 3: Perfil de vertedero para el caudal de 5 m<sup>3</sup>/s**

II



**Fig.V.2-4: Perfil de vertedero para el caudal de 57 m<sup>3</sup>/s**

IIIF



Ilu

**Fig.v.2- 5: Perfil de vertedero para el caudal de 115 m<sup>3</sup>/s**

Finalmente, se presenta la tabla con los valores principales asociadas al eje hidráulico que resume las medidas recién presentadas.

**Tabla V.2-3: Valores principales asociados al eje hidráulico**

Q (m <sup>3</sup> /s)	hc (m)	h inicial (m)	h resalto (m)	L resalto (m)
5	0.063	0.6	0.6	3
57	0.321	0.98	0.92	4.6
115	0.513	1.27	1.12	5.6

### Conclusiones

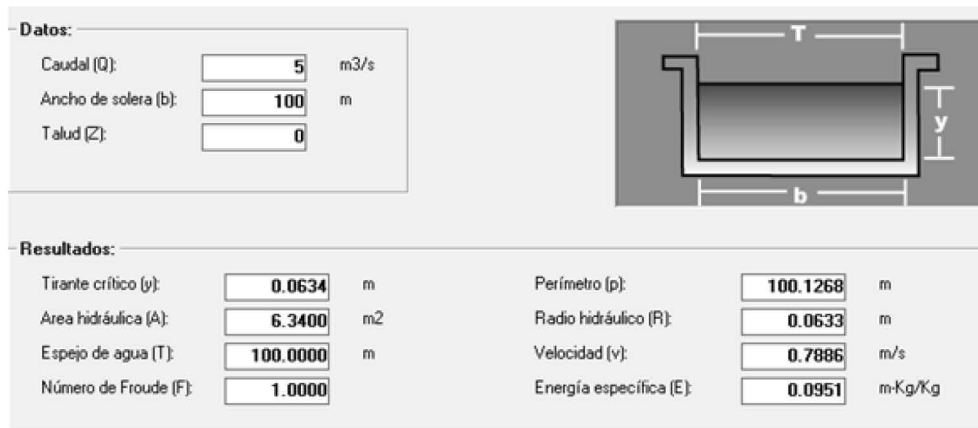
De acuerdo al análisis desarrollado y conforme al plano adjunto de diseño de la solución tipo de muro y vertedero para las lagunas de infiltración artificial a ejecutar en el río Copiapó se concluye lo siguiente:

- Se adopta un vertedero de pared gruesa de 100 metros de largo para cada una de las lagunas dada la capacidad de este de evacuar una crecida para periodo de retorno de 100 años a fin de evitar inundación con el caudal de verificación y asegurando que no se rebasará la revancha de este para dicha crecida, quedando libre del orden de 23 cm. Con el fin de asegurar una revancha mínima de 50 cm se incluye una protección de 27 cm de altura en las zonas aledañas al vertedero hasta que la topografía iguale el valor de 50 cm. Esta obra está considerada en el ítem de costo "Obras complementarias menores" de la Tabla V.5-10 "Costo Total de Construcción de Lagunas" .
- Para el caudal de diseño de 57 m<sup>3</sup>/s se tiene que aguas arriba del vertedero las lagunas funcionarán con una carga de 98 cm de agua, mientras que para un caudal del orden de 5 m<sup>3</sup>/s las lagunas trabajarán con una carga aproximada de 60 cm. sobre el fondo de la laguna.
- Para todos los casos se da que el vertedero trabaja libre, es decir no ahogado, generándose un resalto hidráulico aguas abajo de este, posterior al cambio de pendiente del evacuador. El largo del resalto es variable y dependiente del caudal descargado, pero para la mayor parte de los casos este presenta longitudes mayores a

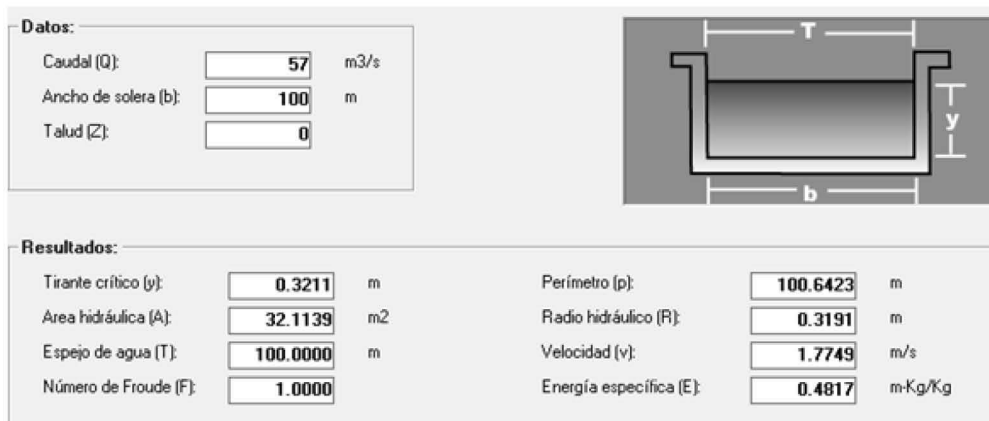
3 metros, por lo que el área de refuerzo aguas abajo del vertedero para evitar socavaciones se ha dispuesto de una longitud de 5 m.

- El refuerzo del hormigón se obtiene aplicando la cuantía mínima para el Acero A 63-42H igual a 0,0018 kg de fierro/m<sup>3</sup> de hormigón según los Términos de Referencia.

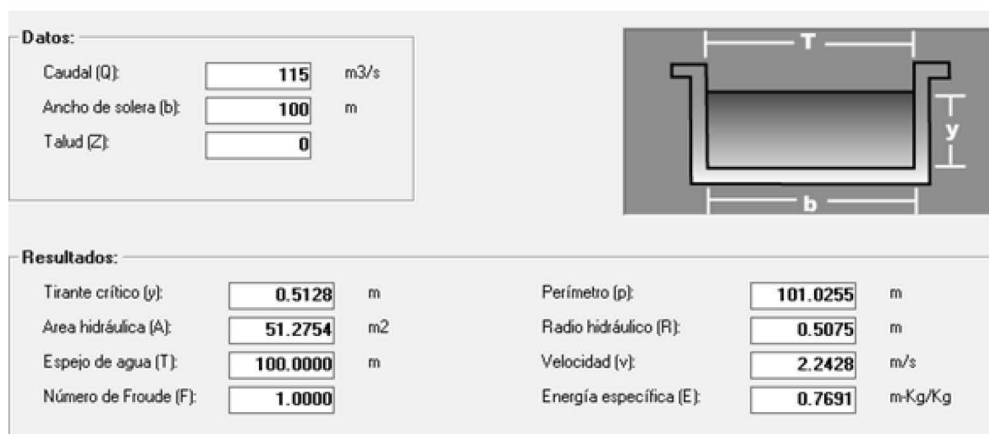
A continuación se presentan los resultados obtenidos del programa Hcanales V 3.0:



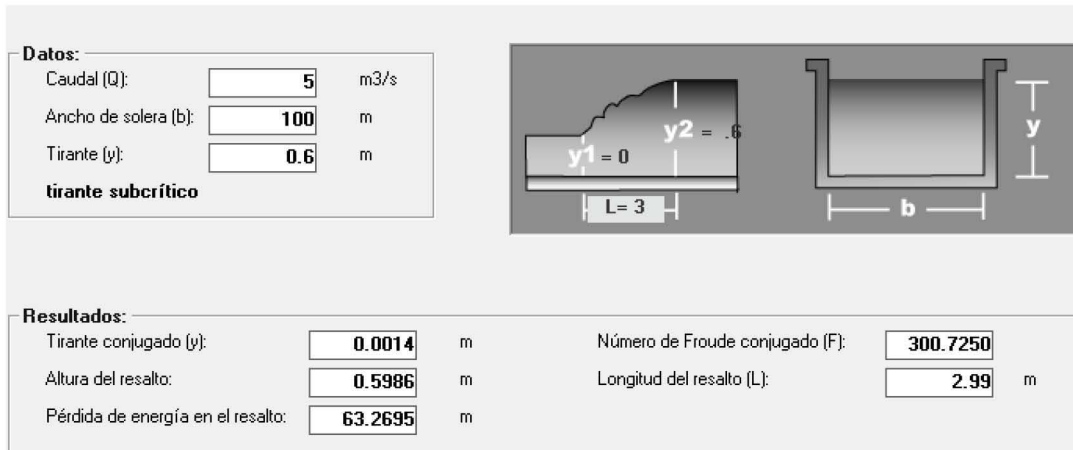
**Fig.V.2-6: Altura crítica para el caudal nominal de 5 m<sup>3</sup>/s**



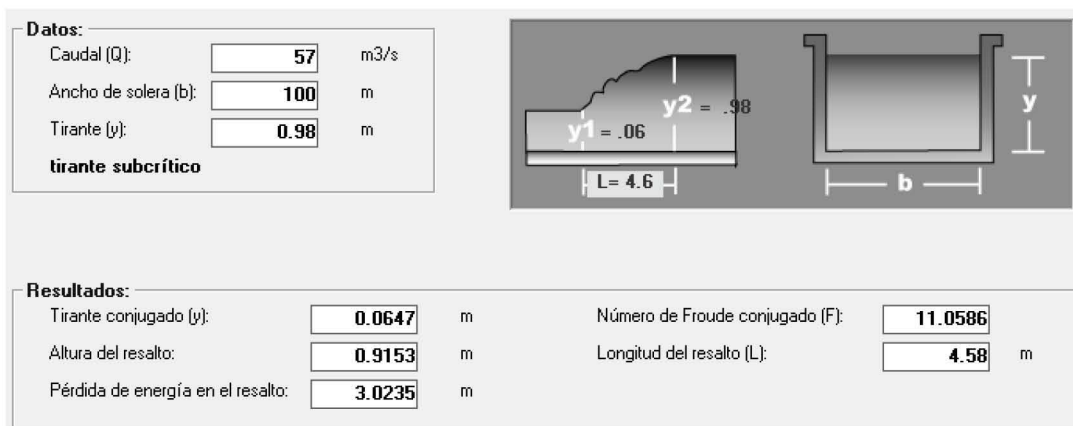
**Fig.V.2-8: Altura crítica para el caudal de diseño de 57 m<sup>3</sup>/s**



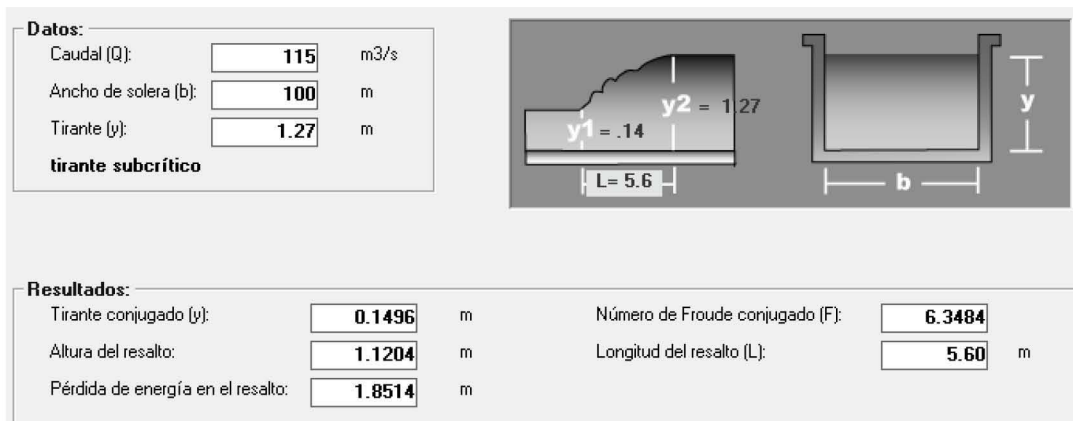
**FigV.2-7: Altura crítica para el caudal de verificación de 115 m<sup>3</sup>/s**



**Fig.V.2-8: Resalto hidráulico para el caudal nominal de 5 m<sup>3</sup>/s**



**Fig.V.2- 9: Resalto hidráulico para el caudal de diseño 57 m<sup>3</sup>/s**



**Fig.V.2-10: Resalto hidráulico para el caudal de verificación de 115 m<sup>3</sup>/s**

### V.2.3 Sector 4, Tierra Amarilla.

#### V.2.3.1 Las Lagunas en Tierra Amarilla.

En la **Tabla V.2 – 4** se consignan los valores rescatados de los planos topográficos y los valores calculados para el sector 4

Se trazaron 6 lagunas de infiltración en el Sector 4 que están consignadas en el Plano de Obras del Sector Tierra Amarilla. y cuyas características y variables de cálculo están en la **Tabla V.2 – 4**. En la tercera columna se indica el origen del dato:

T : Del plano topográfico      C : Calculado      D : Dato

**Tabla V.2 – 4. Datos de Lagunas del Sector 4**

			L 4.1	L 4.2	L 4.3	L 4.4	L 4.5	L 4.6
1	Largo	T m	169	200	200	190	130	134
2	Ancho inicial Laguna	T m	212	218	212	248	218	230
3	Ancho final Laguna	T m	218	212	247	218	230	240
4	Ancho promedio Laguna	T m	215	215	229,5	233	224	235
5	i	T %	0,64	0,64	0,83	0,83	0,83	0,55
6	$\Delta h = i \times \text{Largo}/100$	C m	1,082	1,28	1,66	2,00	2,00	2,00
7	h barrera	D m	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
8	hm profundidad promedio	C m	2,050	2,140	1,580	2,500	2,500	2,500
9	S Laguna	T ha	3,63	4,30	4,59	4,43	2,91	3,15
10	V	C m <sup>3</sup>	74.486	92.020	72.522	110.675	72.800	78.725
11	Largo Barrera Inicial	T m	0	218	212	0	218	230
12	Largo Barrera Final	T m	218	212	247	218	230	240
13	Largo Promedio Barrera	C m	109	215	229,5	109	224	235
14	Vol 50% Barrera ag.abajo	C m <sup>3</sup>	409	806	861	409	840	881
15	Vol 50% Barrera ag.ariba	C m <sup>3</sup>	206	482	667	382	784	823
16	Largo Vertedero	D m	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0
17	Descuento por barrera	C m <sup>3</sup>	615	1288	1527	790	1624	1704
18	Descuento lateral	C m <sup>3</sup>	710,2	915,9	499,3	1187,5	812,5	837,5
19	Volumen Exc Final	C m <sup>3</sup>	73.161	89.816	70.495	108.697	70.364	76.184

**Tabla V.2 – 5 Descripción de los campos en la Tabla V.2 – 4**

1	Largo	m	Es la distancia medida entre los puntos centrales de las barreras
2	Ancho inicial Laguna	m	Ancho de la barrera de aguas arriba de la Laguna
3	Ancho final Laguna	m	Ancho de la barrera de aguas abajo de la Laguna
4	Ancho promedio Laguna	m	Promedio del ancho inicial y el final
5	i	%	Pendiente de la Laguna
6	$\Delta h = i \times \text{Largo}/100$	m	Diferencia de nivel debido a la pendiente
7	h barrera inicial	m	Altura de la barrera aguas arriba de la Laguna
8	h barrera final	m	Altura de la barrera aguas abajo de la Laguna
9	$h_m$ barreras	m	Altura promedio de las barreras inicial y final
10	$S_{Laguna}$	ha	Superficie de la Laguna Obtenido por software desde los planos
11	V	m <sup>3</sup>	Volumen geométrico considerando $S_{Laguna}$ y $h_m$
12	Largo Barrera Inicial	m	Largo de la barrera de aguas arriba de la Laguna
13	Largo Barrera Final	m	Largo de la barrera de aguas abajo de la Laguna
14	Largo Promedio Barrera	m	Promedio del largo inicial y el final
15	Vol 50% Barrera ag.abajo	m <sup>3</sup>	50% del Volumen total de la barrera de aguas abajo sin considerar el vertedero
16	Vol 50% Barrera ag.ariba	m <sup>3</sup>	50% del Volumen total de la barrera de aguas arriba sin considerar el vertedero
17	Largo Vertedero	m	Largo del Vertedero. 150 m para todos los Vertederos
18	Descuento por barrera	m <sup>3</sup>	Volumen de la barrera a descontar de V
19	Descuento lateral	m <sup>3</sup>	Volumen a descontar por perfil a 45° de los bordes laterales de la barrera.
20	Volumen Exc Final	m <sup>3</sup>	Volumen efectivo a remover en la laguna = V-Descuento por barrera- Descuento lateral

**Tabla V.2 – 6 Resumen de las características de las Lagunas del Sector 4 Tierra Amarilla**

		L 4.1	L 4.2	L 4.3	L 4.4	L 4.5	L 4.6
Largo	m	169	200	200	190	130	134
Ancho promedio Laguna	m	215	215	229,5	233	224	235
i	%	0,64	0,64	0,83	0,83	0,83	0,55
$\Delta h = i \times \text{Largo}/100$	m	1,082	1,28	1,66	2,00	2,00	2,00
$h_m$ profundidad promedio	m	2,050	2,140	1,580	2,500	2,500	2,500
$S_{Laguna}$	ha	3,63	4,30	4,59	4,43	2,91	3,15
Volumen Exc Final	m <sup>3</sup>	73161	89816	70495	108697	70364	76184

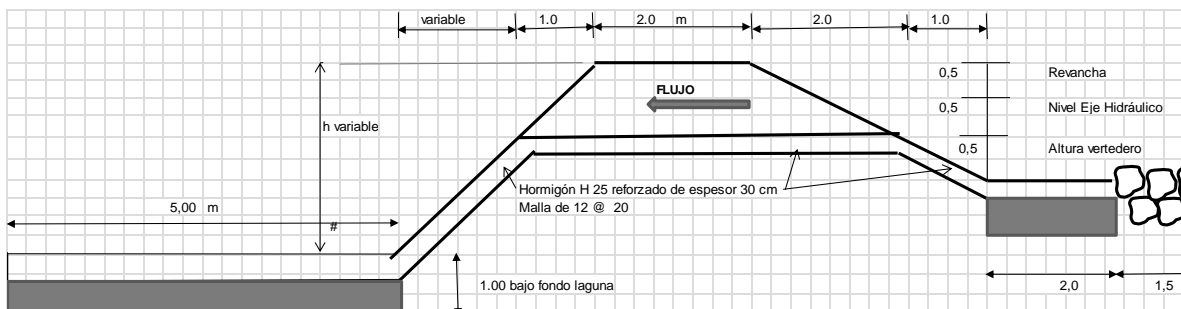
En este Sector se observa la existencia de 3 áreas en el lecho del río donde se desarrollan actividades de distinta índole:

- Área de trabajo Áridos Buitrón
- Piscina de aguas servidas de Aguas Chañar y
- Planta de Hormigones Readymix

En la ubicación de las lagunas de infiltración se evitó interferir con estas tres actividades evitando la superposición de áreas y manteniendo las diferencias de cotas que protegen las instalaciones que operan en el sector.

### V.2.3.2 Los vertederos en el sector Tierra Amarilla

Construido como un recubrimiento de hormigón armado con espesor 30 cm y reforzado con una malla de  $\Phi 12 @ 20$ . El talud aguas abajo es H:V = 1:1. El talud aguas arriba es H:V = 2:1. El volumen de hormigón es igual al producto de la sección transversal del vertedero por su largo que es de 100 m para todos los casos. El cálculo del volumen de hormigón se hace para cada uno de las barreras dado que la longitud del manto de aguas abajo es variable y depende de la pendiente "i", y de la longitud de la laguna



**Fig.V.2-13 Esquema de vertedero tipo.**

**Tabla V.2 – 7 Cálculo del volumen de hormigón de vertederos en Sector Tierra Amarilla.**

		L 4.1	L 4.2	L 4.3	L 4.4	L 4.5	L 4.6
Ancho Vertedero	m	5	5	5	5	5	5
Inclinación a 45°	$\sqrt{2}$	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Largo perfil a 45°		5,81	6,22	3,71	7,83	7,83	7,83
Inclinación 1:2	$\sqrt{5}$	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24
h+i*L	m	2,582	2,780	3,160	3,077	2,579	2,237
		5,773	6,216	7,066	6,880	5,767	5,002
Talón aguas arriba	m	2	2	2	2	2	2
Talón aguas abajo	m	5	5	5	5	5	5
Desarrollo total vertedero	m	23,58	30,87	29,59	33,44	31,83	30,72
<b>Espesor Vertedero</b>	<b>m</b>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Volumen Vertedero m <sup>3</sup> /m		7,07	9,26	8,88	10,03	9,55	9,22
Largo Vertedero	m	100	100	100	100	100	100
Volumen Total Vertedero	m <sup>3</sup>	707	926	888	1003	955	922

## V.2.4 Sector 5, Toledo.

### V.2.4.1 Las Lagunas en el Sector Toledo.

En la **Tabla V.2 – 8** se consignan los valores rescatados de los planos topográficos y los valores calculados para el Sector 5

Se trazaron 15 lagunas de infiltración en el Sector 5 Toledo que están consignadas en el Plano Topográfico Sector Toledo y cuyas características y variables de cálculo están en la **Tabla V.2 – 8**. En la tercera fila se indica el origen del dato:

T : Del plano topográfico      C : Calculado      D : Dato

#### Tabla V.2 – 8 Datos de Lagunas de Infiltración Sector 5 Toledo.

Por razones de espacio la Tabla V.2 – 8 se organizó con el formato transpuesto de la Tabla V.2 - 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Largo	Ancho inicial Laguna (Ag.Arriba)	Ancho final Laguna (Ag.Abajo)	Ancho promedio Laguna	i	$\Delta h =$ i x Largo	Altura barrera h	Altura promedio hm	Superficie Lagunas	V =S*hm*10.0 00	Largo Barrera Inicial	Largo Barrera Final	Largo Promedio	Vol 50% Barrera ag.abajo	Vol 50% Barrera ag.arriba	Largo Vertedero	Descuento por barrera	Descuento lateral	Volumen Exc Final
	T	T	T	T	T	C	D	C	T	C	T	T	C	C	C	D	C	C	C
	m	m	m	m	%	m	m	m	ha	m3	m	m	m	m3	m3	m	m3	m3	m3
L 5.1	200	308	308	308	0,590	1,18	1,50	2,09	5,80	121.220	308	308	308	809	3.038	100	3.846	874	116.500
L 5.2	240	308	330	319	0,780	1,87	1,50	2,44	7,60	185.136	308	330	319	866	4.541	100	5.407	1.424	178.305
L 5.3	240	330	400	365	0,780	1,87	1,50	2,44	9,05	220.458	330	400	365	1.050	4.865	100	5.915	1.424	213.119
L 5.4	270	185	310	248	0,780	2,11	1,50	2,55	5,80	148.074	185	310	248	814	3.073	100	3.886	1.760	142.428
L 5.5	200	310	310	310	0,550	1,10	1,50	2,05	4,90	100.450	310	310	310	814	2.902	100	3.715	841	95.894
L 5.6	200	310	410	360	0,550	1,10	1,50	2,05	8,08	165.640	310	410	360	1.076	2.902	100	3.978	841	160.822
L 5.7	200	410	530	470	0,550	1,10	1,50	2,05	8,94	183.270	410	530	470	1.391	3.838	100	5.229	841	177.201
L 5.8	390	530	628	579	0,500	1,95	1,50	2,48	20,99	519.503	530	628	579	1.649	8.137	100	9.785	2.389	507.328
L 5.9	200	628	400	514	0,500	1,00	1,50	2,00	11,00	220.000	628	400	514	1.050	5.495	100	6.545	800	212.655
L 5.10	200	400	280	340	0,500	1,00	1,50	2,00	7,21	144.200	400	280	340	735	3.500	100	4.235	800	139.165
L 5.11	220	280	190	235	0,500	1,10	1,50	2,05	4,75	97.375	280	190	235	499	2.621	100	3.120	925	93.331
L 5.12	200	190	290	240	0,625	1,25	1,50	2,13	4,10	87.125	190	290	240	761	1.959	100	2.721	903	83.501
L 5.13	200	290	354	322	0,625	1,25	1,50	2,13	7,50	159.375	290	354	322	929	2.991	100	3.920	903	154.552
L 5.14	200	354	306	330	0,625	1,25	1,50	2,13	6,20	131.750	354	306	330	803	3.651	100	4.454	903	126.393
L 5.15	200	306	320	313	0,625	1,25	1,50	2,13	6,61	140.463	306	320	313	840	3.156	100	3.996	903	135.564

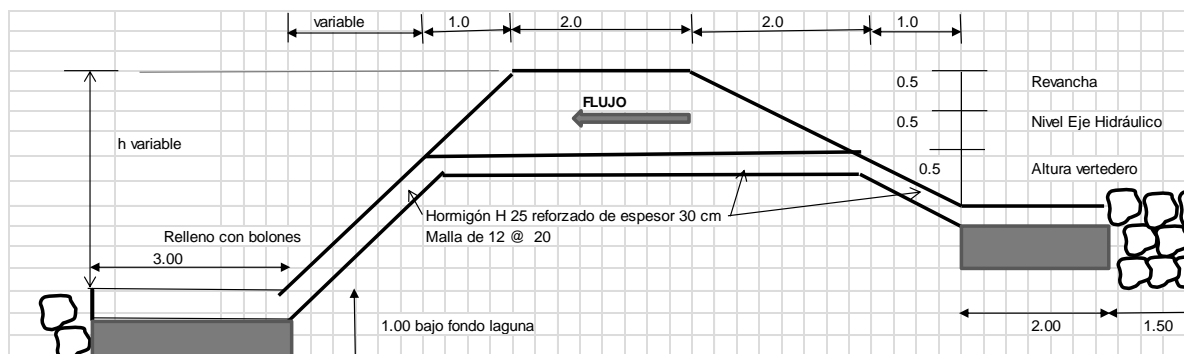


**Tabla V.2 – 9 Resumen de las características de las Lagunas del Sector 5 Toledo**

Laguna	Largo	i	$\Delta h = i \times$ Largo	S	Volumen Descuento por barrera	Volumen Descuento lateral	Volumen Excavación Final
	m	%	m	ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
L 5.1	200	0,59	1,18	5,78	1.403	359	75.690
L 5.2	240	0,78	1,872	7,8	2.020	682	128.806
L 5.3	240	0,78	1,872	8,9	4.469	682	144.903
L 5.4	270	0,78	2,106	3,1	2.079	878	52.937
L 5.5	200	0,55	1,1	5,8	2.722	338	72.340
L 5.6	200	0,55	1,1	7,3	3.161	338	91.401
L 5.7	200	0,55	1,1	9,4	4.127	338	117.735
L 5.8	390	0,5	1,95	17	7.311	1160	284.779
L 5.9	200	0,5	1	10,3	4.305	313	124.133
L 5.10	200	0,5	1	6,8	2.848	313	81.840
L 5.11	220	0,5	1,1	4,9	2.063	372	61.265
L 5.12	200	0,625	1,25	4,1	2.258	378	53.739
L 5.13	200	0,625	1,25	7,9	3.029	378	105.218
L 5.14	200	0,625	1,25	6,2	3.104	378	81.768
L 5.15	200	0,625	1,25	6,8	2.944	378	90.178
Totales				112,1	47.841	7285	1.566.731

En el Sector 5 no se observa la existencia de interferencias con propiedades o actividades que se desarrollen en el lecho del río

**V.2.4.2 Vertederos en sector Toledo**



**Figura V.2 – 14 Esquema de vertedero tipo.**

Construido como un recubrimiento de hormigón armado con espesor 30 cm y reforzado con una malla de  $\Phi 12 @ 20$ . El talud aguas abajo es H:V = 1:1. El talud aguas arriba es H:V = 2:1. El volumen de hormigón es igual al producto de la sección transversal del vertedero por su largo que es de 100 m para todos los casos. El cálculo del volumen de hormigón se hace para cada uno de las barreras dado que la longitud del manto de aguas abajo es variable y depende de la pendiente "i", y de la longitud de la laguna.



### V.3 INTERFERENCIAS.

La estrategia para ubicar las Lagunas de Infiltración fue utilizar el cauce natural del río (que incluye las áreas inundadas en las crecidas), que se conoce que por allí se realiza la infiltración natural, que son los mejores sitios para realizar la infiltración. Complementariamente la propiedad del suelo es fiscal y se puede evitar interferir con otras actividades y propiedades de alto valor como son los sectores con plantaciones. Además si las lagunas se alejan del eje del río las excavaciones para llegar a los estratos permeables aumentan de una manera considerable.

#### V.3.1 Interferencias en el Sector 4.1 Tierra Amarilla.

Para la determinación y ubicación de las interferencias se ha recurrido al plano topográfico Levantamiento Sector Tierra Amarilla. Preliminarmente se había elegido los lugares apoyados por imágenes satelitales recientes

Estudiando las características del Levantamiento del Sector Tierra Amarilla y con el recorrido del terreno, se estableció el criterio de ubicar las lagunas sin interferir con obras existentes.

Interferencias que se evitaron:

**Con obras viales de atraveso del río Copiapó** Ubicación en Coordenadas UTM (aproximadas)

374 575 m E y  
6 961 304 m S.

- **Interferencias evitadas con obras de explotación en el lecho del río.**
  - La planta de Hormigones Redimix
  - La extracción de áridos Buitron
  - Las piscinas de aguas servidas de Aguas Chañar

Que fueron evitadas ubicando las Lagunas en sitios que no se superpusieran con las faenas mencionadas.

- **Interferencia con obras de explotación en el lecho del río.**

Existen además otras interferencias que se relacionan con obras de explotación arenera en el lecho del río y con vías de acceso a las explotaciones en el cauce que no han sido consideradas dado que están ubicadas en el cauce del río Copiapó, terreno fiscal. Por su naturaleza y ubicación estas actividades en el cauce del río están expuestas al riesgo de la crecida y, por lo tanto no se consideran medidas de protección ni mitigación.

### **V.3.2 Interferencias en el Sector 5.2 Toledo.**

Del mismo modo en el Sector 5.2 aparecen interferencias y eventuales servidumbres de paso.

Estudiando las características topográficas del plano podemos concluir que existen cuatro interferencias las cuales se agrupan en dos tipos:

- **Interferencias con obras viales**

Puente Toledo, vía C-386 sobre el río

Ubicación en Coordenadas UTM (aproximadas)

358 133 m E y

6 978 672 m S.

Esta interferencia ha sido evitada dejando el puente y la carretera entre las lagunas L 5.3 y L 5.4 con una franja holgada de 150 metros de la laguna más próxima aguas arriba del puente.

### **V.3.3 Tratamiento de las interferencias.**

Se ha tenido cuidado de ubicar las lagunas de infiltración de tal manera de evitar interferir con obras, propiedades, y otras actividades existentes dentro del cauce o aledañas a él. Las necesidades de hormigones para las obras de recarga pueden ser obtenidas de los proveedores locales existentes y no requieren de ningún permiso especial para extraer áridos.

Los datos más recientes sobre propiedades son del SIT 211 del 2010, y según ellos no hay propiedades que puedan interferir con las obras propuestas. Sin embargo, es necesario que en la etapa siguiente de factibilidad se verifique que efectivamente no se hayan constituido roles de propiedades nuevos en el cauce inundable del río, ya que Bienes Nacionales no tiene información pública que proporcionar al respecto.

El Proyecto de Recarga para construirse requerirá previamente la aprobación de la Dirección General de Aguas, de la Dirección de Obras Hidráulicas y de la Municipalidad de Copiapó. En este estudio no está incluido solicitar los permisos a estas entidades, ya que el nivel de "pre factibilidad" está muy por debajo de los requisitos exigidos por estas entidades para pronunciarse sobre una autorización. El nivel exigido es de "proyecto" y su alcance y contenidos están definidos en la información disponible en esas entidades. De acuerdo al DFL 1123 la Comisión Nacional de Riego debe evaluar sobre la base del estudio de pre factibilidad si se hace el anteproyecto de las obras, el cual corresponde hacerlo a la DOH. El anteproyecto necesariamente debería someterse a los interesados los cuales se pronunciarían sobre él. Si hubiera un pronunciamiento positivo de un 33%, entonces la DOH podría programar el diseño final de ingeniería de las obras.

#### **V.4 Estudio de expropiaciones o servidumbres de paso.**

##### **V.4.1 Expropiaciones.**

Basados en los planos de los levantamientos topográficos de los Sectores Tierra Amarilla y Toledo se observa que en el contorno de los sectores 4 y 5 seleccionados para obras no existen cercos que delimiten propiedades. Se ha tenido en cuenta las propiedades que aparecen en planos del SIT 211 de la DGA aledañas al río, y se ha tenido el cuidado de que las obras no interfieran con ellas. En los planos que se adjuntan se ve que las obras no interfieren con esas propiedades.

##### **V.4.2 Servidumbres**

Por otra parte se debe considerar que hay huellas en el cauce del río mientras este está seco, y por la facilidad de circular en esas condiciones. Pero en el caso de crecidas no hay obstáculo para el acceso a las propiedades por los puentes y caminos existentes

## **V.5 PRECIOS UNITARIOS, PRESUPUESTO**

### **V.5.1 Costos unitarios**

En el Capítulo 3 se hizo una estimación preliminar de los costos de las lagunas para comparar estas obras con otras posibles para cumplir este mismo fin. Esa comparación consideró solamente los costos directos y se utilizaron esquemas de obras preliminares. En este capítulo se cuenta con planos de anteproyectos de obras diseñadas sobre la base de topografía 1: 2.000 de los sitios elegidos. Los precios unitarios son en, general, los mismos utilizados en el Capítulo 3, pero ahora las cantidades de obras son diferentes, hay más detalles constructivos y se han agregado otros ítems, gastos generales y utilidades

El consultor utilizó como referencial su propia base de datos generada en enero 2011 en relación con el diseño de un embalse en el río Pulido. Estos datos fueron revisados y ajustados a la Región de Atacama. Estos datos se verificaron y ajustaron sobre la base estadística de remuneraciones del INE, los precios de combustibles obtenidos directamente, el precio de hormigón en la planta Readimix Atacama. Todos los valores fueron ajustados al 30 de junio del 2012. Los valores resultantes se confirmaron con contratistas de construcción actualmente en actividad en la misma región.

Se consideró:

Valor UF al 30-Junio-2012	\$ 22.627,36
Valor del US\$ al 30-Junio - 2012	\$ 509,73

Los Términos de Referencia (10.2) indican que la cantidad de refuerzo del Hormigón Armado puede estimarse aplicando cuantía según el tipo de obra. En este caso se adoptó el criterio de la cuantía mínima para el Acero A 63-42 H igual a  $0,0018 \text{ kg/m}^3$ .

Los conceptos considerados en los costos directos de las lagunas de infiltración son:

#### **Instalación de faenas**

#### **Costos directos de excavación**

#### **Costos directos de construcción de los vertederos y enlaces, de hormigón reforzado, del río a la laguna**

A continuación **Tabla V.5 – 1 Precios de Insumos**
**Tabla V.5 – 1 Precios de Insumos**

familia	descripción	unidad	Precio unitario (\$) región	
mano de obra	jornal	hd	18.948	
	ayudante	hd	25.025	
	concretero	hd	25.025	
	maestro 2ª	hd	27.170	
	maestro 1ª	hd	34.320	
	maestro mayor	hd	40.040	
	operador	hd	50.765	
	capataz	hd	56.485	
	cardcheck	hd	25.025	
equipos	herramientas menores	c/u	14	
	equipos menores	c/u	143	
	excavadora	hm	37.180	
	camión tolva 15 m3	hm	27.170	
	grúa autopropulsada 30 ton	hm	60.060	
	cargador frontal	hm	37.895	
	bulldozer tipo d6	hm	38.610	
	bulldozer tipo d9	hm	64.350	
	camión algibe	hm	13.585	
	compresor	hm	20.020	
	martillo hidráulico	hm	11.440	
	motoniveladora	hm	32.175	
	rodillo 10ton	hm	21.450	
	generador 400 a	hm	13.585	
	compresor	hm	20.020	
	scoop 2 yd3	hm	41.113	
	shocretera	hm	17.160	
	plataforma levante	hm	20.020	
	camión con pluma	hm	22.880	
	camión plano	hm	12.870	
	retroexcavadora	hm	17.160	
	materiales	material menor	c/u	14
		combustible	lt	791
manguera		ml	894	
cable eléctrico		ml	3.575	
moldaje deslizando		m2	25.025	
resina		c/u	3.146	
perno l=4,2 m		c/u	15.015	
planchuela		c/u	1.859	
suministro marco reticulado		c/u	643.500	
malla electrosoldada		kg	1.073	
puente adherencia mortero		kg	1.788	
fierro construcción		kg	661	
malla alambre		kg	4.290	
h-5		m3	42.900	
h25		m3	67.210	
h30		m3	78.650	
h60		m3	107.250	
cable conexión		ml	7.150	



**Tabla V.5-2 Costo de la Instalación de faenas**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (\$)	TOTAL (\$)
oficinas	m2	100	393.250	39.325.000
vestidores obreros	m2	200	143.000	28.600.000
baños obreros	m2	80	393.250	31.460.000
comedor obreros	m2	300	286.000	85.800.000
bodega	m2	150	143.000	21.450.000
pañoles	c/u	2	1.144.000	2.288.000
bodega combustible	m2	60	85.800	5.148.000
taller equipos y maquinaria	m2	100	178.750	17.875.000
equipamiento taller	gl	1	7.300.000	7.300.000
Instalaciones servicios básicos	c/u	1	25.750.000	25.750.000
Instalación teléfono e Internet	c/u	2	357.500	715.000
construcción caminos	Km	5	35.750.000	178.750.000
mantenimiento caminos	mes	36	4.345.000	156.420.000
laboratorio	c/u	1	17.160.000	17.160.000
<b>Precio unitario neto (\$)</b>				<b>\$ 651.782.075</b>

**Tabla V.5- 3 Costos unitarios directos de excavación**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>Mano de obra</b>				
Operador	hd	0,0066	50.765	335
Capataz	hd	0,0009	56.485	48
Jornal	hd	0,0020	18.948	38
Cardcheck	hd	0,0019	25.025	48
Subtotal				469
<b>Equipos y herramientas</b>				
Camión tolva 15 m3	hm	0,0350	27.170	951
Bulldozer tipo D9	hm	0,0100	64.350	644
Excavadora	hm	0,0150	37.180	558
Herramienta menor	c/u	0,5000	14	7
Subtotal				2.159
<b>Materiales</b>				
combustible	lt	1,0800	791	855
Subtotal				855
<b>Precio unitario neto (\$) al 31-12.2010</b>				<b>3.482</b>
<b>Precio unitario neto (UF) al 31 – 12 -2010</b>				<b>0,1623</b>
<b>Precio unitario neto (\$) al 30 – 06 - 2012</b>				<b>3.684</b>

**Tabla V.5 -4 Costo Unitario directo de elaboración de refuerzo de acero para hormigón**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>Mano de obra</b>				
Operador	hd	0,0002	50.765	8
Capataz	hd	0,0002	56.485	12
Maestro de 2ª	hd	0,0032	27.170	86
Ayudante	hd	0,0032	25.025	79
	Subtotal			186
<b>Equipos y herramientas</b>				
Herramientas menores	c/u	2,0000	14	29
camión con pluma	hm	0,0015	22.880	34
	Subtotal			63
<b>Materiales</b>				
Acero A 63 - 42 H	Kg	1,0300	661	680
material menor	c/u	7,5000	14	107
petróleo	lt	0,0270	791	21
preparación fierro	kg	1,0000	358	358
	Subtotal			1.167
			<b>Precio unitario neto (\$/kg) 31 – 12 -2010</b>	<b>1.415</b>
			<b>Precio unitario neto (UF/kg) 31 – 12 -2010</b>	<b>0,0660</b>
			<b>Precio unitario neto (\$/kg) 30 – 06 -2012</b>	<b>1.492</b>

**Tabla V.5-5 Costos Unitarios directos de construcción de hormigón armado**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>Mano de obra</b>				
Capataz (hormigón)	hd	0,0333	56.485	1.881
Maestro de 1ª (albañil)	hd	0,1665	34.320	5.714
Concretero	hd	0,3333	25.025	8.341
Capataz (moldaje)	hd	0,0833	56.485	4.707
Maestro 2 (moldaje)	hd	0,6250	27.170	16.981
Jornal	hd	0,3333	18.948	6.315
	Subtotal			43.939
Equipos menores	c/u	15,0000	143	2.145
Herramientas menores	c/u	50,0000	14	715
	Subtotal			2.860
<b>Materiales</b>				
Acero A 63-42H	kg	30,0000	1.492	44.774
Suministro hormigón H-25	m3	1,0500	67.210	70.571
material menor	c/u	150,0000	14	2.145
Moldaje industrial	m <sup>2</sup>	5,0000	13.585	67.925
	Subtotal			140.641
			<b>Precio unitario neto (\$/m<sup>3</sup>) al 31-12.2010</b>	<b>232.214</b>
			<b>Precio unitario neto (UF/m<sup>3</sup>) al 31 – 12 -2010</b>	<b>10,8228</b>
			<b>Precio unitario neto (\$/m<sup>3</sup>) al 30 – 06 - 2012</b>	<b>244.892</b>

## V.5.2 Costos directos de las obras a construir

### V.5.2.1 Sector 4 Tierra Amarilla

**Tabla V.5 - 6 Costo Excavaciones**

Número	Superficie de Laguna ha	Altura Promedio m	Volumen Total m <sup>3</sup>	Costo Unitario \$/m <sup>3</sup>	Costo total Excavación \$
Laguna 4.1	3,51	2,04	68.396	3.684	251.996.135
Laguna 4.2	4,35	2,14	89.327	3.684	329.113.897
Laguna 4.3	4,60	2,33	102.659	3.684	378.234.927
Laguna 4.4	4,49	2,29	98.075	3.684	361.346.476
Laguna 4.5	2,99	2,04	57.824	3.684	213.047.069
Laguna 4.6	3,12	1,87	55.534	3.684	204.608.114
	23,06	2,12	471.815		1.738.346.617

**Tabla V.5- 7 Costo de hormigón reforzado de vertederos**

Número	Sección Transv. Hormigón Vertedero m <sup>2</sup>	L vertedero m	Volumen vertedero m <sup>3</sup>	Costo Unitario \$/m <sup>3</sup>	Costo Total \$
Laguna 4.1	7,1	100	707	244.892	173.255.620
Laguna 4.2	9,3	100	926	244.892	226.768.713
Laguna 4.3	8,9	100	888	244.892	217.362.717
Laguna 4.4	10,0	100	1003	244.892	245.658.022
Laguna 4.5	9,5	100	955	244.892	233.818.286
Laguna 4.6	9,2	100	922	244.892	225.687.383
			5401		

**Tabla V.5-8 Costo del enlace de alimentación del río Copiapó a la Laguna L 4.1.**

El detalle de los costos del enlace de descarga a la laguna 4.1 está en el ANEXO V

1	Costo muros de contención de gaviones	\$	13.934.364
2	Costo de la descarga de hormigón	\$	214.545.555
3	Costo total del enlace	\$	228.480.829

**V.5.2.2 Costos Directos de construcción de Lagunas Sector 5 Toledo**
**Tabla V.5 - 9 Costo Excavaciones**

Número	Superficie de Laguna ha	Altura Promedio m	Volumen Total m <sup>3</sup>	Costo Unitario \$/m <sup>3</sup>	Costo total Excavación \$
L 5.1	5,80	2,090	121.220	3.684	446.620.829
L 5.2	7,60	2,436	185.136	3.684	682.111.812
L 5.3	9,05	2,436	220.458	3.684	812.251.566
L 5.4	5,80	2,553	148.074	3.684	545.561.233
L 5.5	4,90	2,050	100.450	3.684	370.096.208
L 5.6	8,08	2,050	165.640	3.684	610.281.094
L 5.7	8,94	2,050	183.270	3.684	675.236.754
L 5.8	20,99	2,475	519.503	3.684	1.914.045.845
L 5.9	11,00	2,000	220.000	3.684	810.564.118
L 5.10	7,21	2,000	144.200	3.684	531.287.936
L 5.11	4,75	2,050	97.375	3.684	358.766.732
L 5.12	4,10	2,125	87.125	3.684	321.001.813
L 5.13	7,50	2,125	159.375	3.684	587.198.438
L 5.14	6,20	2,125	131.750	3.684	485.417.375
L 5.15	6,61	2,125	140.463	3.684	517.517.557
	118,53	2,214	2.624.038	3.684	9.667.959.310

**Tabla V.5 - 10 Costo de hormigón reforzado de vertederos**

Número	Sección Transv m <sup>2</sup>	L vertedero m	Vol vertedero m <sup>3</sup>	Costo Unitario \$/m <sup>3</sup>	Costo Total \$
L 5.1	6,03	100	603	244.892	147.772.325
L 5.2	6,50	100	650	244.892	159.140.379
L 5.3	6,50	100	650	244.892	159.140.379
L 5.4	6,66	100	666	244.892	162.984.490
L 5.5	5,98	100	598	244.892	146.458.099
L 5.6	5,98	100	598	244.892	146.458.099
L 5.7	5,98	100	598	244.892	146.458.099
L 5.8	6,55	100	655	244.892	160.421.749
L 5.9	5,91	100	591	244.892	144.815.317
L 5.10	5,91	100	591	244.892	144.815.317
L 5.11	5,98	100	598	244.892	146.458.099
L 5.12	6,08	100	608	244.892	148.922.273
L 5.13	6,08	100	608	244.892	148.922.273
L 5.14	6,08	100	608	244.892	148.922.273
L 5.15	6,08	100	608	244.892	148.922.273
	92,31		9231	244892	2.260.611.442

**Tabla A.V-10 Costo total del enlace en Sector 5 Toledo.**

El detalle de los costos del los enlace de descarga a la laguna 5.1 está en al ANEXO V

1	Costo muros de contención de gaviones	\$	16.721.237
2	Costo de la descarga de hormigón	\$	345.322.312
3	Costo total del enlace	\$	362.043.549

**V.5.2.3 Costo directo Total de la construcción de Lagunas Sectores 4 y 5.**

En el cálculo de los costos del proyecto de Lagunas de Infiltración se ha considerado:

Excavaciones donde se incluye la remoción del material del fondo del río hasta llegar a la profundidad de infiltración, su distribución en las zonas inmediatas del cauce y su traslado a botadero.

Hormigón Armado de vertederos y enlaces donde se incluye el volumen de una placa de 0,30 m de espesor con refuerzo de acero.

**Tabla V.5- 10 Costo Total de construcción de Lagunas Sectores Tierra Amarilla y Toledo**

	T. AMARILLA	TOLEDO	TOTAL		
	\$	\$	\$	US\$	
1	Instalación de faena	325.890.000	325.890.000	651.780.000	1.278.677
2	Excavaciones	1.738.346.617	9.667.959.310	11.406.305.928	22.377.152
3	Hormigón Vertederos	1.322.550.741	2.260.611.442	3.583.162.182	7.029.530
4	Obras enlace río a lagunas	228.480.829	362.043.549	590.524.378	1.158.504
5	Obras complementarias menores (1)	117.935.287	407.987.788	525.923.075	1.031.768
6	Lagunas experimentales y otros estudios (2)	176.902.931	611.981.681	788.884.612	1.547.652
7	Costos ambientales	96.035.031	397.591.690	493.626.721	968.408
8	SUBTOTAL	4.006.141.436	14.034.065.461	18.040.206.896	34.113.015
9	45% G.Generales, imprevistos y utilidad	1.802.763.646	6.315.329.457	8.118.093.103	15.926.261
10	VALOR TOTAL	5.808.905.082	20.349.394.918	26.158.300.000	51.317.953

(1) Dispositivos de control y seguimiento, caminos interiores, iluminación, cercos, seguridad, revancha.

(2) Actualización del monitoreo de los acuíferos, análisis de factibilidad y diseños

### V.5.3 Costo de operación y mantenimiento del sistema de infiltración.

Dado que el sistema no tiene componentes mecánicos ni móviles el costo de operación se reduce al mantenimiento que hay que hacer a las lagunas. Este mantenimiento, básicamente, consiste en la remoción periódica del fondo de las lagunas como medio para evitar la colmatación del terreno y mantener su capacidad de infiltración. El mantenimiento se realizará haciendo periódicamente un escarificado con máquina bulldozer y revolviendo y esparciendo el árido removido con moto niveladora.

Su valorización se ha hecho como una provisión anual considerando que la colmatación se produce ocasionalmente a raíz de la crecida, que es cuando la infiltración se produce. Como criterio se ha tomado una periodicidad tri anual.

**Tabla V.5-11 Costo del Mantenimiento de las Lagunas.**

La ejecución del mantenimiento de las lagunas tiene un costo que se detalla en la Tabla V.5-11.

**Tabla V.5 - 11Mantenimiento de Lagunas**

Costos unitarios				
Bulldozer D-9		64.350	\$/hr	
Motoniveladora		32.175	\$/hr	
Operadores		50.765	\$/hr	
Ayudantes		25.025	\$/hr	
Capataz		56.485	\$/hr	
Item de costo	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Superficie	ha	135		
Rendimiento bulldozer	ha/d	1,594		
Días Bulldozer	Días	85		
Horas máquina bulldozer	hm	678	64.350	43.599.749
Horas Operador bulldozer	hh	678	6.346	4.299.420
Horas Ayudante bulldozer	hh	678	3.128	2.119.432
Rendimiento moto niveladora	ha/día	2,7		
Días moto niveladora	Días	51		
Horas máquina moto niveladora	hm	408	32.175	13.112.830
Horas Operador moto niveladora	hh	408	6.346	2.586.142
Horas Ayudante moto niveladora	hh	408	3.128	1.274.858
Horas Capataz	hh	408	7.061	2.877.538
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>\$</b>			<b>69.853.038</b>
Frecuencia del mantenimiento		<b>Tri Anual</b>		
<b>Provisión \$/año</b>		<b>\$/año</b>		<b>23.284.346</b>

**Costos de administración.**

Adicionalmente se consideran gastos de administración del sistema de lagunas por un monto de \$ 18.500.000 anuales que cubren: Arriendo de oficina, secretaría, comunicaciones y pago de honorarios a un profesional Part time.

**Provisión para gastos de control y mitigación de los efectos de las crecidas.**

Las crecidas generan costos asociados al manejo de las lagunas para los que se hace una provisión anual de \$ 28.068.692. Estos costos están asociados a movimiento de máquinas, manejo de personal eventual, materiales para mitigar los efectos de las crecidas.

**Provisión para Imprevistos**

Por otra parte se ha considerado una provisión de un 2,5 ‰, aproximadamente, de la inversión inicial, para reparaciones de deterioro del sistema por eventos catastróficos como sismos y avalanchas. Esta cantidad asciende a la suma de \$ 64.145.811 anuales.

Tanto el Mantenimiento de Lagunas como la Provisión para Imprevistos están incorporados en el Flujo de Costos del Proyecto.

## **V.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO**

### **V.6.1 Los Costos y Beneficios del Proyecto**

El Valle del río Copiapó ha venido sufriendo por años extracciones de agua subterránea superiores a la recarga natural, con la consiguiente reducción en el nivel freático (el acuífero es no-confinado). El proyecto consiste en captar las aguas excedentarias de los años de alta precipitación y consiguiente escorrentía (en promedio, uno de cada veinte) e infiltrarlos para recargar el acuífero mediante su infiltración en piscinas de recarga. Este proceso se llevará a cabo en los Sectores 4 (entre Mal Paso y San Fernando) y 5 (entre la ciudad de Copiapó y Piedra Colgada).

El costo del proyecto incluye las obras civiles (construcción de las lagunas de recarga, con sus respectivos vertederos), más las necesarias expropiaciones, interferencias y servidumbres, que fue estimado en los capítulos correspondientes de este Informe, además de los costos anuales de operación y mantención, y una provisión frente a posibles daños de una escorrentía torrencial.

El beneficio del proyecto es poder retener en el valle, en el enorme embalse subterráneo disponible bajo los Sectores 4 y 5, las aguas excedentarias de escorrentía que, en los años de intensa precipitación, superen la capacidad de captación de los canales y la capacidad natural de infiltración del cauce del río y, por lo tanto, egresen de la parte agrícola del valle (Angostura). El volumen total recargado en los Sectores 4 y 5 será, en promedio, de 436,58 Hm<sup>3</sup> cada 20 años, o sea, 21,83 Hm<sup>3</sup> por año. El monto del beneficio del proyecto es el valor económico – en términos de oportunidad – del agua así recargada.

### **V.6.2 Enfoque Metodológico: Determinación del Valor Económico del Agua Recargada**

La evaluación del proyecto fue realizada de acuerdo a lo establecido en las normativas publicadas por el Ministerio de Desarrollo Social (MDS) y en particular, la “Metodología para la Formulación y Evaluación Socioeconómica de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas con Fines Múltiples”, y la “Metodología de Valoración de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas en Uso”, así como los “Precios Sociales para la Evaluación de Proyectos”, los tres del año 2011.

En particular, ambas metodologías disponen que la evaluación de un proyecto de generación de agua cruda deberá determinar el valor económico del agua así hecha disponible – en el caso de este proyecto, del agua recargada. Ambas metodologías presentan diversas opciones metodológicas para estimar el valor de oportunidad del agua, y establecen que “la elección del método a utilizar para valorar el agua en un proyecto en particular estará determinada por varios factores, entre ellos, las características del uso del agua a valorar y especialmente, disponibilidad de información”.



Adicionalmente, las metodologías advierten que “los métodos (presentados en ellas) para la estimación del valor del agua embalsada requieren datos que eventualmente pueden ser de escasa disponibilidad o requerir de sofisticada modelación económica. Por ello, recomiendan realizar la valoración aplicando el mayor número de métodos posible, ya que de esta forma los resultados se pueden contrastar, ofreciendo al tomador de decisiones un set más completo de antecedentes relacionados con la evaluación socio-económica del proyecto”.

En consecuencia, la valoración de los beneficios del proyecto fue realizada de acuerdo a cinco enfoques metodológicos presentados en dichas metodologías, a saber:

- Método del Valor Residual (o del Producto Marginal, o de la Productividad Marginal), habitualmente llamado Método del Presupuesto
- Liberación de Recursos (o de Ahorro de Costos, o de Reducción de Costos)
- Enfoque Costo-Eficacia
- Valoración según el Mercado del Agua, y
- Valoración según el Mercado de la Tierra

Es importante notar que estos cinco enfoques constituyen maneras alternativas de aproximarse a la determinación del valor económico del agua a ser recargada, y que cumplen así con la sugerencia del MDS arriba reproducida de “aplicar el mayor número de métodos posibles”. Los resultados de su aplicación pueden ser comparados, tabulados y contrastados, pero no pueden ser acumulados o agrupados de ninguna manera, ya que están midiendo con distintos criterios e instrumentos un mismo efecto del proyecto.

### **V.6.3 Método del Valor Residual (o Método del Presupuesto)**

#### **V.6.3.1 Descripción del Enfoque Metodológico**

El proyecto de recarga del acuífero del río Copiapó proyecta infiltrar 436 Hm<sup>3</sup> cada 20 años, o sea, 21,83 Hm<sup>3</sup> por año. El primer enfoque metodológico consiste en estimar el valor económico de ese volumen de agua, que iría a paliar parcialmente el progresivo agotamiento del acuífero por la actual sobre-explotación.

El **método de Valor Residual o Marginal** y sus técnicas relacionadas (cambio en el ingreso neto y la función de producción) se aplican para valorar el agua cuando ésta es utilizada como insumo intermedio en la producción de otro bien. Estos métodos se basan en el principio que un individuo (u organización en este caso) maximiza sus beneficios utilizando el agua (y cualquier factor productivo) hasta el punto en que el ingreso neto obtenido de contratar (o consumir) una unidad adicional es exactamente igual al costo marginal de obtener dicha unidad.

El método supone que si todos los mercados son competitivos, excepto el del agua, el valor total de producción es exactamente igual a los costos de oportunidad de todos los insumos. Cuando los costos de oportunidad de los otros insumos, distintos del agua, están determinados por su precio de mercado (o precio sombra), entonces el *precio sombra del agua* es igual a la diferencia (residuo) entre el valor de la producción y los costos de todos los insumos distintos del agua.

Habitualmente se conoce a éste como *Método del Presupuesto*, donde en el caso de los embalses y obras hidráulicas anexas, la disponibilidad de mayor cantidad de agua permite que los agricultores aumenten su producción y/o rentabilidad neta de la misma. El beneficio de tener más agua está dado por el valor de la producción agrícola adicional; es decir, el beneficio neto del agua es igual a la diferencia entre los márgenes brutos agrícolas de las Situaciones Con y Sin Proyecto.

En la Situación Sin Proyecto el valor del producto generado por el agua adicional es cero.

En la Situación Con Proyecto, se estima el valor marginal del producto que el agua recargada generaría al ser usada (virtualmente) para regar una estructura de cultivos similar a la actual (*ceteris paribus*).

El presente proyecto de recarga no genera “más agua” sino sólo repone una parte del agua (aproximadamente un 40%) que los regantes (y otros usuarios) sobre-extraen del acuífero cada año. Por lo tanto, el proyecto y su consiguiente recarga no provocan cambios en el uso del suelo, ni en la estructura productiva o en los métodos de conducción y aplicación del agua, ni en la eficiencia en su uso.

### **V.6.3.2 Supuestos e información utilizados**

Para cuantificar el valor económico de la masa de agua a ser infiltrada se determinó qué superficie incremental virtual podría ser regada con el volumen de agua recargada. El volumen total infiltrado en el período de análisis de la modelación hidráulica en los Sectores 4 y 5 (que serán los Sectores en los cuales se construirán las lagunas de recarga) es de 436,58 Hm<sup>3</sup> (Cuadro III.4.27; Escenario 3), o sea, 21,83 Hm<sup>3</sup>/año sobre la base de un ciclo de recarga de 20 años

La modelación hidrológica del acuífero consideró un período de diez años, definiendo la recarga del 2011 al 2020 en función de la situación hidrológica del río ocurrida durante los años 1980 al 1988 (Capítulo III.4). Con ello, el período decenal 2011-20 incluyó los cinco primeros años secos y los cinco siguientes de recarga <sup>1</sup>. Como el ciclo de recarga se estima en 20 años, se agregó al decenio modelado otro período de diez años con cero recarga. Luego de veinte años, se repitió el

<sup>1</sup> Los porcentajes acumulados de recarga según el modelo, y por lo tanto, de acumulación de beneficios en la forma de hectáreas virtuales a ser abastecidas de agua, son: año 1 = 0,0%; año 2 = 0,0%; año 3 = 0,0%; año 4 = 0,0%; año 5 = 0,0%; año 6 = 19,0%; año 7 = 31,9%; año 8 = 32,0%; año 9 = 62,3%; y año 10 = 100,0%

ciclo bidecenal a contar del año 21. Se utilizó este ciclo para modelar los beneficios en términos de margen bruto total de la superficie virtual regable por la recarga.

La tasa promedio de riego para ambos Sectores fue estimada en el Capítulo II en 13.144 m<sup>3</sup>/ha/año (Tabla II.4.3-14) sobre la base de información secundaria disponible sobre los aspectos agrícolas, climáticos, e hidrológicos del valle. La encuesta, sin embargo, reportó una cifra actual de 9.064 m<sup>3</sup>/ha/año (numeral IV.3, Encuesta Agropecuaria). Con dicha tasa de riego, la recarga promedio anual de 21,83 Hm<sup>3</sup> permitiría regar 2.408,4 ha virtuales.

Luego se determinó el margen bruto de los cultivos que se podrían suponer (virtualmente) regadas por la recarga. Para ello se consideró que la estructura productiva porcentual de uso de la tierra de estas hectáreas virtuales sería similar a la de la situación actual (Cuadro II.4.2-11), ya que es esa la superficie que está siendo regada en la actualidad.

Los márgenes brutos promedios de la uva de mesa y de las hortalizas y papas<sup>2</sup>, se obtuvieron de las Fichas Técnicas elaboradas y validadas por el Estudio de Prefactibilidad del Mejoramiento del Embalse Lautaro, DOH, Mayo 2009. Para el olivo se utilizó la información elaborada por el estudio de INDAP, “Estrategias Regionales por Rubros, III Región, noviembre 2007”; y para el granado, la presentada en el estudio de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, “El Granado, 2008”. Para ambas especies, la información disponible no está presentada en el formato habitual de las Fichas Técnicas.

Se contó con Fichas Técnicas para dos niveles tecnológicos en el caso de cuatro cultivos: cebolla, con 13,5 ha; lechuga, con 21,4 ha; papa, con 19,3 ha; y tomate al aire libre, con 152,7 ha, de un total de 445,7 ha de hortalizas y 10.138 ha de cultivos totales, todas las cifras según el VII Censo Agropecuario del 2007. Se estimó que, en general, cuando se presentan dos niveles tecnológicos distintos, alrededor de un 50% de los productores están usando un nivel y el otro 50%, el otro.

Los márgenes brutos utilizados, provenientes de las fuentes indicadas, se encuentran, en general y ponderando unos casos y otros, en un rango similar al de los resultados obtenidos de la Encuesta. En algunos casos los unos son más altos; en otros, los otros; en otros, muy cercanos. Lamentablemente, las respuestas de los entrevistados en materias de costos y precios fueron pocas y, en general, esquivas, incompletas (por ejemplo, daban costos pero no ingresos, o viceversa, o costos para algunos ítems y no para otros) o poco precisas<sup>3</sup>. Destaca, aún sí, el creciente costo de la mano de obra en el valle. Además, el número de casos en que se contó con respuestas satisfactorias en estas materias fue muy limitado: 6 casos en uva de mesa; 3 en olivo; 2

<sup>2</sup> Cebolla, haba, lechuga, melón, papa, sandía, tomate aire libre, tomate invernadero, zanahoria, y zapallo.

<sup>3</sup> “Respecto a la disposición y ánimo de los entrevistados a ser encuestados surgieron cuestionamientos a la misma encuesta, siendo el principal obstáculo del formulario de preguntas el ítem de costos e ingresos, generando rechazo o simplemente evasión de los productores a las preguntas como: “Total Ingresos” y “Margen Bruto”. IV.3, Encuesta

en granado, y 4 en tomate de invernadero. Por ello, se estima que los márgenes brutos utilizados representan satisfactoriamente la realidad actual del valle.

Luego se computó un promedio ponderado por hectárea para hortalizas y papas usando las superficies del VII Censo de 2007 para la Comuna de Copiapó (que abarca prácticamente la totalidad de los Sectores 4 y 5) como ponderador. Para la uva de mesa se utilizó el promedio simple del margen bruto de las tres variedades principales cultivadas en el valle: Flame, Thompson Seedless, y Red Globe, y se consideró una tasa de replantación anual del 5% (vida útil = 20 años) todos los años.

Los márgenes brutos de cada uno de ellos fueron computados a precios de mercado, y luego convertidos a precios sociales utilizando los parámetros establecidos por el MDS<sup>4</sup>. Los resultados fueron convertidos a **moneda de valor de junio del 2012** utilizando la UF como deflactor. En el caso del olivo y del granado, en que no se contó con información en el formato habitual de Fichas Técnicas, los márgenes brutos a precios sociales fueron determinados aplicando la misma proporción entre margen bruto a precios de mercado y a precios sociales determinados para la uva de mesa.

Los costos de inversión del proyecto, sus costos de operación y mantención, y la provisión para casos de bajadas torrenciales del río, se tomaron del Capítulo III.3, suponiéndose un período de construcción de dos años.

Se consideró el valor residual de la inversión en un 80% del monto de la inversión inicial, al año 30.

### V.6.3.3 Resultados de la Evaluación

Los resultados sobre un período de 30 años son:

#### a. A precios de mercado

TIR	11,5%
VAN al 12%	<b>-\$1.473.947.078</b>
IVAN	<b>-0,067</b>

#### b. A precios sociales

TIR	13,4%
VAN al 6%	<b>\$39.998.190.757</b>
IVAN	<b>1,679</b>

<sup>4</sup> "Precios Sociales para la Evaluación de Proyectos", diciembre 2011.

Bajo el primer enfoque evaluativo **el proyecto es rentable a precios sociales** al ser analizado de acuerdo a los criterios y factores de ajuste determinados por el Ministerio de Desarrollo Social. **A precios de mercado, sin embargo, y pese a mostrar una tasa interna de retorno de un 11,5%, el proyecto no sería económicamente rentable** a la tasa de actualización de 12% requerida en los términos de referencia del Estudio.

#### V.6.3.4 Sensibilidad hidrológica

Las series históricas de precipitaciones y flujos hídricos analizadas y utilizadas en esta Consultoría cubren más de un siglo, por lo que no se realizó un análisis de sensibilidad respecto del monto recargable. Sin embargo, permanece la incógnita respecto del momento en que aparecerían los flujos recargables (año de alta precipitación, o “año-evento”) respecto del momento de la realización de la inversión en el proyecto. Por ello se re-estimó la rentabilidad del proyecto en dos alternativas plausibles: una, que los cinco años de recarga comenzaran de inmediato, al año siguiente de la construcción de las lagunas de infiltración; y otra, en que comenzaran recién diez años después.

Los resultados sobre un período de 30 años son:

##### a. A precios de mercado

Comienzo de la recarga inmediata:

TIR	15,2%
VAN al 12%	\$7.646.894.699
IVAN	0,346

Comienzo de la recarga en el año 10:

TIR	7,9%
VAN al 12%	-\$11.217.484.709
IVAN	-0,507

##### b. A precios sociales

Comienzo de la recarga inmediata:

TIR	15,3%
VAN al 6%	\$40.386.167.681
IVAN	1,695

Comienzo de la recarga en el año 10:

TIR	8,0%
VAN al 6%	\$10.457.359.329
IVAN	0,439

**A precios sociales, la rentabilidad del proyecto es robusta** al considerar distintas posibilidades temporales de presentación del evento de recarga hasta alrededor del año 15 de iniciación del proyecto. Si el primer evento de recarga se retrasa más allá de los 15 años de haber construido las obras del proyecto, éste ya no sería rentable con los parámetros actualmente exigidos por el Ministerio de Desarrollo Social. **A precios de mercado, el proyecto se transforma en rentable** si, y solo si, el primer evento de recarga se produjera dentro de los primeros cuatro años de la iniciación del proyecto.

Se simuló también la sensibilidad de los indicadores de rentabilidad del proyecto bajo este primer enfoque evaluativo, el método del valor residual o método del presupuesto, **en el caso en que los eventos de recarga, manteniendo sus volúmenes, ocurrieran cada 40 años en lugar de cada 20**, como fue modelado en función de los análisis hidrológicos. Con ello, la recarga promedio anual sería de 10,92 Hm<sup>3</sup>/año, y la superficie virtual que podría ser regada, de 1.204,2 ha.

Los resultados sobre un período de 30 años son:

**a. A precios de mercado**

TIR	6,7%
VAN al 12%	-\$11.866.415.340
IVAN	-0,537

**b. A precios sociales**

TIR	8,1%
VAN al 6%	\$9.103.389.151
IVAN	0,382

**A precios sociales, el proyecto sigue siendo rentable** si el ciclo de recarga fuera de 40 años en lugar de los 20 años que fueron modelados. Al igual que en el caso del ciclo de 20 años, este resultado es robusto a cambios en el momento de aparición del primer año-evento de recarga. Si éste se produjera inmediatamente después de terminadas las obras, la rentabilidad del proyecto se elevaría a TIR = 15,3% y VAN al 6% = \$40.386,2 millones. Si éste se produjera diez años después, el proyecto seguiría siendo rentable con una TIR = 8,0% y un VAN al 6% de 10.457,4 millones.

**A precios de mercado, sin embargo**, y pese a mostrar una tasa interna de retorno de un 6,7%, **el proyecto no sería económicamente rentable** a la tasa de actualización de 12% requerida en los términos de referencia del Estudio. Esta conclusión no cambia al considerar el momento de

aparición el primer año-evento de recarga, excepto que la TIR del proyecto bajaría bajo 6% si la primera recarga se produjera el año 7 del proyecto o posterior.

#### V.6.3.5 Sensibilidad económica

Como es habitual en el análisis de rentabilidad de los proyectos de inversión que afectan recursos hídricos, se analizó también la sensibilidad de los indicadores de rentabilidad utilizados frente a un aumento y/o disminución de los costos y de los beneficios en un 20% cada uno, ocurriendo ambos eventos individual o conjuntamente.

Los resultados para la **tasa interna de retorno del proyecto (TIR)** sobre un período de 30 años son:

##### a. A precios de mercado

Costos del Proyecto	Beneficios del Proyecto		
	Más 20%	0	Menos 20%
Más 20%	11,5%	10,1%	8,5%
0	12,9%	11,5%	9,8%
Menos 20%	14,9%	13,3%	11,5%

##### b. A precios sociales

Costos del Proyecto	Beneficios del Proyecto		
	Más 20%	0	Menos 20%
Más 20%	13,4%	11,9%	10,1%
0	15,0%	13,4%	11,5%
Menos 20%	17,1%	15,4%	13,4%

Los resultados para el **valor actual neto del proyecto (VAN)** sobre un período de 30 años son:

##### a. A precios de mercado

Costos del Proyecto	Beneficios del Proyecto		
	Más 20%	0	Menos 20%
Más 20%	-1.768.736.493	-5.925.723.798	-10.082.711.103
0	2.683.040.227	-1.473.947.078	-5.630.934.383
Menos 20%	7.134.816.948	2.977.829.643	-1.179.157.662

**b. A precios sociales**

Costos del Proyecto	Beneficios del Proyecto		
	Más 20%	0	Menos 20%
Más 20%	47.997.828.909	35.639.908.266	23.281.987.624
0	52.356.111.400	39.998.190.757	27.640.270.115
Menos 20%	56.714.393.891	44.356.473.248	31.998.552.606

Nuevamente, **el proyecto es rentable a precios sociales en todos los casos analizados, y dicha rentabilidad es robusta** al considerar diversas variaciones en sus costos y beneficios, manteniendo su rentabilidad positiva frente a cambios en unos u otros de un + 20%; cero; y - 20%, considerados individualmente o combinados. **A precios privados**, en cambio, y con la requerida tasa de actualización de un 12%, **el proyecto sólo sería rentable si** sus costos fueran un 20% inferior a lo actualmente estimado y sus beneficios similares o superiores en un 20%; o si sus costos fueran similares a lo estimado y sus beneficios un 20% mayor.

**V.6.4 Liberación de Recursos (o Ahorro o Reducción de Costos)**

**V.6.4.1 Descripción del Enfoque Metodológico**

El proyecto de recarga del acuífero del río Copiapó pronostica infiltrar 436 Hm<sup>3</sup> cada 20 años, o sea, 21,83 Hm<sup>3</sup> por año. Independientemente del valor económico que este volumen de agua tenga en sí mismo, analizado bajo el primer enfoque metodológico presentado en el numeral anterior (V.6.3), la recarga va a elevar transitoriamente el nivel de la napa freática al paliar parcialmente el progresivo agotamiento del acuífero por sobre-explotación.

El segundo enfoque metodológico consiste, por lo tanto, en estimar el ahorro o reducción de costos efectivos en que incurren los regantes al elevarse el nivel de la napa y, por lo tanto, la reducción en el costo unitario y total de bombeo para todos los usuarios de agua subterránea.

En términos dinámicos, el nivel absoluto de la napa ha venido descendiendo durante los pasados lustros, ya que las extracciones para todos los usos (agricultura, minería, agua potable, industria) han sido superiores a la recarga. Por ello, la recarga generada por el proyecto elevará temporalmente el nivel de la napa en lo que corresponda al volumen recargado y dependiendo de la conformación del vaso del acuífero, pero a contar del año siguiente dicho nivel continuará bajando a la misma tasa histórica – a menos que otros proyectos no relacionados al presente proyecto (desalinización de agua de mar; transporte de agua dulce desde otras cuencas), o nuevos desarrollos (costo de la electricidad o de la mano de obra, reducción de la rentabilidad de la



minería, etc.) eleven la oferta a nivel de cuenca o reduzcan la demanda agregada por agua subterránea.

Es posible, entonces, estimar el beneficio económico del proyecto en términos de la reducción de los costos de bombeo del agua subterránea por la menor profundidad de la napa como resultado de la recarga. Esta reducción de costos tiene dos componentes. El primero, la reducción en los costos mismos de bombeo, y el segundo, el no tener que profundizar los pozos existentes al no seguir bajando la napa a profundidades crecientemente inalcanzables.

#### **V.6.4.2 Supuestos e información utilizados**

La profundidad de la napa fue estimada sobre la base de la información presentada en las Figuras 51 (Sector 4) y 57 (Sector 5), Anexo III.4, págs. 54 y 60, tanto para la situación de nivel freático inicial (2011) como final (2020) después de la recarga modelada. El Sector 4 mostró niveles longitudinales de profundidad de la napa decreciendo a tasas relativamente uniformes a lo largo del valle, por lo que las profundidades fueron estimadas linealmente cada 2,5 km a contar de un punto ubicado inmediatamente aguas arriba de la laguna de infiltración, hasta donde alcanzarían los efectos de la recarga sobre el nivel de la napa. El Sector 5 mostró, en cambio, niveles longitudinales variables de profundidad de la napa, por lo que las estimaciones fueron realizadas por tramo y luego ponderadas y promediadas.

Para la Situación Con Proyecto, los años intermedios fueron simulados considerando el porcentaje de la recarga total que el modelo entregó para cada uno de los diez años <sup>5</sup>.

Para la Situación Sin Proyecto, se supuso que la napa seguiría descendiendo a una tasa de 3,0 m lineales por año en el Sector 4, y de 1,5 m lineales por año en el Sector 5.

Ello permitió contar con información sobre la profundidad promedio de la napa con y sin recarga año por año durante los diez años modelados. Esta secuencia se extendió por diez años más sin efectuarse recarga en el período año 10 al 20, y la secuencia completa de 20 años se repitió a contar del año 21. La diferencia entre la profundidad promedio de la napa con la recarga y la que hubiera presentado sin ella fue multiplicada por el volumen anual de extracción de ambos Sectores (Tablas III.4.22 y 26, respectivamente) y por el costo de elevar 1 m<sup>3</sup> por 1 m lineal (estimado en \$0,41 a precios de mercado, a partir de: energía \$0,30; amortización del pozo \$0,05, y amortización de la bomba y equipo eléctrico \$0,60; y en \$0,414 a precios sociales) para determinar el costo total anual de extraer el volumen determinado en las citadas Tablas 22 y 26 para cada uno de los dos Sectores con y sin recarga. La diferencia entre ambas cifras constituye el ahorro que perciben los productores como resultado del proyecto.

<sup>5</sup> De hecho, para los cinco últimos años ya que en la recarga modelada comenzaría el año 6. Los porcentajes anuales de recarga se resumen en la nota al pie 1.

El costo de profundizar un pozo (se supuso, a 75 m) se estimó en \$37.500.000 a precios de mercado (Capítulo III.3 pág. 14; se supuso que sólo se perforaba el nuevo pozo pero no se cambiaba ni la bomba ni el equipo eléctrico) y en \$37.875.000 a precios sociales. Se estimó que, a la tasa actual de descenso del nivel de la napa, sería necesario profundizar anualmente un 5% de los pozos existentes.

#### V.6.4.3 Resultados de la Evaluación

Los resultados sobre un período de 30 años son:

##### a. A precios de mercado

TIR	4,6%
VAN al 12%	-\$15.373.626.253
IVAN	-0,695

##### b. A precios sociales

TIR	4,6%
VAN al 6%	-\$5.171.445.888
IVAN	-0,217

Bajo el segundo enfoque evaluativo **el proyecto no es rentable ni a precios sociales ni a precios de mercado**, independientemente de la tasa de actualización utilizada.

#### V.6.4.4 Sensibilidad hidrológica

Como se explicó anteriormente (V.6.3.4), también se realizó un análisis de sensibilidad respecto de dos alternativas plausibles de tiempo de espera hasta el primer evento de recarga: una, que los cinco años de recarga comenzaran de inmediato, al año siguiente a la construcción de las lagunas de infiltración; y la otra, que comenzaran recién diez años después.

Los resultados sobre un período de 30 años son:

##### a. A precios de mercado

Comienzo de la recarga inmediata:

TIR	5,9%
VAN al 12%	-\$12.210.817.675
IVAN	-0,552

Comienzo de la recarga en el año 10:

TIR	3,0%
VAN al 12%	-\$18.665.664.849
IVAN	-0,844

**b. A precios sociales**

Comienzo de la recarga inmediata:

TIR	6,0%
VAN al 6%	-\$134.263.581
IVAN	-0,006

Comienzo de la recarga en el año 10:

TIR	3,0%
VAN al 6%	-\$11.323.684.160
IVAN	-0,475

**Tampoco es rentable el proyecto, ni a precios sociales ni a precios de mercado**, ni siquiera cuando se acorta el período de presentación del primer año-evento de recarga al año inmediato a la terminación de su construcción.

**V.6.4.5 Sensibilidad económica**

Se analizó también la sensibilidad de los indicadores de rentabilidad utilizados frente a un aumento y/o disminución de los costos y de los beneficios en un 20% cada uno, apareciendo individualmente y conjuntamente.

Los resultados **para la tasa interna de retorno del proyecto (TIR)** sobre un período de 30 años son:

**a. A precios de mercado**

Costos del Proyecto	Beneficios del Proyecto		
	Más 20%	0	Menos 20%
Más 20%	4,6%	3,8%	2,9%
0	5,4%	4,6%	3,6%
Menos 20%	6,7%	5,7%	4,6%

**b. A precios sociales**

Costos del Proyecto	Beneficios del Proyecto		
	Más 20%	0	Menos 20%
Más 20%	4,6%	3,8%	3,0%
0	5,5%	4,6%	3,7%
Menos 20%	6,8%	5,7%	4,6%

Los resultados para el **valor actual neto del proyecto (VAN)** sobre un período de 30 años son:

**a. A precios de mercado**

Costos del Proyecto	Beneficios del Proyecto		
	Más 20%	0	Menos 20%
Más 20%	-18.448.351.504	-19.825.402.974	-21.202.454.444
0	-13.996.574.783	-15.373.626.253	-16.750.677.723
Menos 20%	-9.544.798.063	-10.921.849.533	-12.298.901.003

**b. A precios sociales**

Costos del Proyecto	Beneficios del Proyecto		
	Más 20%	0	Menos 20%
Más 20%	-6.205.735.065	-9.529.728.379	-12.853.721.692
0	-1.847.452.574	-5.171.445.888	-8.495.439.201
Menos 20%	2.510.829.917	-813.163.396	-4.137.156.710

**Tampoco es rentable el proyecto, bajo ambas condiciones de precio,** frente a variaciones en sus costos y beneficios, salvo el caso excepcional en que, medido a precios sociales, sus costos fuesen un 20% inferior y sus beneficios un 20% superior a lo estimado en la evaluación.

## **V.6.5 Enfoque Costo – Eficacia**

### **V.6.5.1 Descripción del Enfoque Metodológico**

Según se especifica en las Metodologías del MDS arriba mencionadas, los beneficios de una obra hidráulica también pueden medirse sobre la base de “el costo en que debería incurrirse, pública o privadamente, para obtener el agua mediante la alternativa disponible de menor costo”. O sea, entre proyectos alternativos se estima como el más conveniente económica y socialmente aquel que provee el mismo volumen de agua cruda en el mismo lugar y temporalidad, a un menor costo.

En este caso particular, aparte de la recarga del acuífero mediante lagunas de infiltración <sup>6</sup>, existen otros métodos para aportar al valle del río Copiapó los mismos volúmenes de agua. Una opción alternativa es construir un embalse en las cabeceras del valle de una capacidad equivalente al embalse subterráneo que subyace los Sectores 4 y 5. Otra es desalar agua de mar – de hecho, Aguas Chañar y algunas empresas mineras ya han manifestado su interés en llevar a cabo proyectos de desalación. Adicionalmente, el Gobierno ha anunciado la existencia de propuestas para captar agua en la desembocadura de ríos en la zona central (como el Maipo, Rapel o Maule) y llevarla hasta Copiapó mediante un ducto sea submarino (propuesta francesa) o terrestre (propuesta española), a las que se le ha llamado “Carretera del Agua”.

### **V.6.5.2 Supuestos e información utilizados**

Idealmente se debiera contar con información completa y detallada sobre los costos de inversión, operación y mantención de cada alternativa de proyecto durante el período de análisis a fin de computar el costo anual equivalente, o el costo anual actualizado, de cada opción alternativa. Sin embargo, ello no es así en este caso porque:

- para el caso del proyecto de recarga del acuífero, este estudio generó toda la información requerida
- para el caso del embalse, existe una descripción a nivel de idea de un posible embalse en el sector del río Pulido, de tamaño no especificado. Sus posibles costos de inversión fueron estimado sobre la base de parámetros de ingeniería y costos de embalses relativamente similares construidos en los dos últimos decenios en los valles del Huasco, Elqui y Limarí
- para el caso de la desalación, se cuenta con estimaciones proporcionadas por las firmas proveedoras de plantas y equipo para llevarla a cabo, pero no se cuenta con estimaciones

<sup>6</sup> Como parte de este mismo estudio de Prefactibilidad, se descartó las alternativas de recarga mediante pozos gravitacionales o pozos presurizados por resultar más caros de construir y operar que la alternativa de las lagunas.

del costo de inversión en ductos y plantas de bombeo para conducir el agua desalada desde la orilla del mar a la zona del proyecto; y

- para el caso de la “Carretera del Agua” sólo existen declaraciones de prensa que prometen poner el agua en Copiapó a un costo no superior al de la alternativa de desalación.

Sin embargo esta carencia de información de calidad y precisión comparables no resultó ser, en el caso particular de este proyecto, un inconveniente, ya que las diferencias de costo entre las cuatro alternativas son tan abismales que soportarían márgenes de variación de gran magnitud en los costos estimados.

### V.6.5.3 Resultados de la Evaluación

Los resultados disponibles están expresados en términos de la inversión inicial por m<sup>3</sup> de agua utilizable en un plazo de 30 años, excepto en el caso del embalse superficial que no existe factibilidad física de construcción. Los valores a precios de mercado (y sociales, en el caso de las lagunas de recarga) son los siguientes:

Recarga del acuífero	\$ 59 por m <sup>3</sup> embalsado, puesto bajo los Sectores 4 y 5
Embalse superficial	\$ 2.500 por m <sup>3</sup> embalsado (con recursos de agua similares) puesto en las cabeceras del valle, para una disponibilidad de embalse mucho menor.
Carretera del agua	\$ 400 por m <sup>3</sup> puesto en la desembocadura del río Copiapó
Agua desalada	\$ 400 por m <sup>3</sup> puesto en Caldera o algún punto intermedio entre éste puerto y la desembocadura del río Copiapó.

En los dos últimos casos habría que agregar la infraestructura para conducirla hasta las cercanías de Copiapó (ductos, plantas de bombeo/presurización, equipo eléctrico), cuyo costo podría ser igual o superior al indicado.

En resumen, se concluye que **el proyecto es, de lejos, la alternativa de menor costo** (o más costo-eficaz) para proveer al valle de 436 Hm<sup>3</sup> de agua en un período de veinte años. Las alternativas de la Carretera del Agua y la desalación de agua marina requieren una inversión inicial 6,8 veces superior a la de la recarga – sin contar que, además, ambas tienen una alta demanda de energía para operar y de mantención para mantenerse activas, a diferencia de la recarga que es pasiva y, por lo tanto, neutra en términos de energía. La alternativa del embalse tiene un costo inicial 42,5 veces superior a la de la recarga, con costos de operación y mantención en proporción.

En el caso de este enfoque no se calculan indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, IVAN), y dada la abismal diferencia de costos entre las alternativas existentes en este caso, tampoco se hizo análisis de sensibilidad frente a variaciones en los costos anticipados de las alternativas consideradas.

## **V.6.6 Valor según Mercado del Agua**

### **V.6.6.1 Descripción del Enfoque Metodológico**

Según se especifica en las Metodologías emitidas por el MDS arriba mencionadas, los beneficios de una obra hidráulica también pueden medirse comparando los costos del proyecto con el precio del agua en el mercado. En efecto, “en condiciones ideales son las fuerzas del mercado las que determinan los precios y estos serán óptimos para la sociedad (maximización del bienestar). En el caso de los recursos hídricos no existen en general mercados formales y eficientes, y en muy pocos países la legislación permite una libre transacción de aguas (entre las excepciones está Chile)”.

“Una aproximación al precio del agua se obtiene analizando las transacciones de derechos de aprovechamiento en mercados “relativamente” competitivos, en los cuales no existan importantes asimetrías de información. El concepto de precio del agua ha de entenderse, en un contexto de mercados, formales o informales, como la compensación monetaria asociada a un intercambio de agua (valor de intercambio del agua)”.

“Cuando se dice que el precio del agua es de una cierta magnitud, en general se está considerando el costo del servicio de entregar el agua desde una fuente de abastecimiento hasta donde se la utilizará. Esto implica, en la mayoría de los casos, que debería haber una infraestructura para la captación y conducción del agua” desde el lugar donde es comprada hasta el punto de utilización por el comprador, con los costos asociados.

“Dada la condición de activo del derecho de uso, que determina que su demanda dependa de decisiones de largo plazo, en el corto plazo su valor está ligado con el valor que los distintos usuarios le otorguen a disponer del insumo agua cruda para sus actividades, es decir, al VPMg del agua”.

### **V.6.6.2 Supuestos e información utilizados**

Existe un estudio relativamente “antiguo” (considerando el alto dinamismo que han mostrado recientemente los mercados del agua en Copiapó) de la CNR sobre el precio del agua en el valle del río Copiapó (Cristián Rodríguez, “Valoración Económica del Agua en la Región Centro-Norte de Chile, CNR, Sept. 2011”), que estimó una mediana de UF 220/l/s a precios de mercado y de UF 420/l/s a precios sociales para el período 2007-2008, equivalentes a \$ 5.000.000/l/s, y \$ 9.500.000/l/s, respectivamente, en moneda de valor de diciembre de 2012.

Durante las visitas de la Consultora a Copiapó, las entrevistas realizadas, el trabajo de campo, y en el contexto de la realización de la Encuesta, se detectó que los precios de mercado actuales del

agua en el valle son del orden de \$15.000.000 a \$30.000.000/l/s, habiéndose detectado incluso un caso de US\$80.000/l/s, o sea, unos \$38.000.000/l/s.

El período normal de riego es del orden de 2.500 a 3.500 horas al año. Por ello, la recarga anual de 21,83 Hm<sup>3</sup> equivale a 2.425 l/s en el primer caso, y a 1.733 l/s en el segundo.

### **V.6.6.3 Resultados de la Evaluación**

El costo del proyecto es de \$26.158,3 millones (en moneda de valor de junio 2012) a precios privados y de \$25.985,7 millones a precios sociales. Por lo tanto, el costo de inversión del proyecto por litro/segundo es de \$10,8 millones/l/s a \$15,1 millones /l/s a precios de mercado, y de \$10,7 millones/l/s a \$15,0 millones a precios sociales.

Estos valores se comparan favorablemente con los precios de mercado del litro/segundo de agua detectados en Copiapó. Por lo tanto, **el proyecto aporta agua a un costo inferior a los actuales precios de mercado del agua en el valle** y, por lo tanto, es **“rentable”** de acuerdo con este cuarto enfoque evaluativo tanto a precios de mercado como sociales.

### **V.6.7 Valor según Mercado de la Tierra**

#### **V.6.7.1 Descripción del Enfoque Metodológico**

Según se especifica en las Metodologías del MDS arriba mencionadas, los beneficios de una obra hidráulica también pueden medirse comparando los costos del proyecto con el cambio en el precio de la tierra ocasionado por el proyecto. En efecto, “el precio de un bien es función directa de la cantidad de atributos que dicho activo o bien posee. Si se incrementa la cantidad de un atributo sin variar la cantidad del resto, el resultado esperado es el incremento del precio del bien x. . . . Dado que lo único que cambió fue la cantidad del atributo *zi*, el incremento del precio de *x* es atribuible íntegramente a la mayor cantidad de *zi*, lo que entrega el precio del atributo *zi*.”

“Entre los atributos del bien tierra agrícola, se pueden señalar: i) calidad del suelo en términos de capacidad productiva; ii) aptitud del suelo en términos del riego; iii) localización en función de la red vial; iv) tamaño del predio; v) condiciones climáticas de la zona; vi) infraestructura de riego intrapredial; vii) construcciones; ix) inversión en plantaciones de largo plazo como frutales; x) disponibilidad y seguridad de agua para riego; x) salinidad del agua subterránea; xi) proximidad a centros de abastecimiento y mercados; entre otros. . . . Para efectos de la valoración, es relevante considerar que los proyectos de riego buscan modificar solamente el atributo correspondiente a la disponibilidad y/o seguridad de agua para riego”, lo que conlleva que, *ceteris paribus*, el aumento del precio de la tierra que en virtud de un proyecto de riego pasa de seco a riego es un beneficio atribuible al proyecto. El beneficio del proyecto medido en esta forma no es acumulativo con los analizados con anterioridad, ya que el precio de la tierra es la capitalización que hace el mercado del flujo futuro de ingresos que ésta generaría con y sin el proyecto.



En el caso del presente proyecto, la realización del proyecto permitirá conservar la calidad (atributo) de los suelos de estar regados, pero en la situación sin proyecto una proporción creciente – y probablemente progresiva – de los suelos irá perdiendo su fuente de agua de riego y pasarán de ser terrenos de riego (y por lo tanto valiosos) a ser de seco (y por lo tanto, de muy bajo valor). Por lo tanto, el evitar la pérdida de valor de los suelos de los Sectores 4 y 5 – o sea, el valor de los terrenos que no pasarían de riego a seco como consecuencia del proyecto – puede ser acreditado como un beneficio del proyecto.

#### **V.6.7.2 Supuestos e información utilizados**

Durante las visitas de la Consultora a Copiapó, las entrevistas realizadas, el trabajo de campo y la realización de la Encuesta, se detectó que los precios de mercado actuales de la tierra en el valle son del orden de \$15.000.000 a \$25.000.000/ha regada para suelos propiamente agrícolas, situados al menos a 200 metros de la carretera y del antiguo aeropuerto de Chamonate, y suficientemente lejos del área urbana de Copiapó y entidades de población cercanas para no ser afectados por la existencia de otro atributo, que es la susceptibilidad de pasar a uso urbano según el plano regulador de Copiapó. Para los efectos de la evaluación se supuso un precio promedio de \$20.000.000/ha. El valor de mercado de los suelos de seco es de unos \$200.000/ha.

En la Encuesta también quedó claramente expuesto que una importante mayoría de los productores anticipan abandonar la agricultura si sus pozos se secan o si el costo de bombeo se eleva más allá de lo rentable, y que muchos de ellos ya han estado reduciendo su área de cultivo por no contar con suficiente agua.

No existe suficiente información hidrogeológica para estimar con alguna precisión la cantidad de pozos que podrían quedar secos cada año en la Situación Sin Recarga, ni menos la superficie que dejaría de regarse. Menos aún se pudo contar con información que permitiera definir una curva progresiva de agotamiento de pozos. Por ello, se adoptó un enfoque asintótico, estimando que cada año un 5% de la diferencia en la superficie regada entre la Situación Con Recarga y la Situación Sin Recarga dejaría de estarlo – o sea, en 20 años sin recarga la agricultura de riego se reduciría a un tercio de su superficie actual, y en 30 años a un quinto de ella.

La superficie estimada para la Situación Actual sobre la base del Censo Agropecuario 2007, el Catastro Frutícola 2011 y el estudio del DICTUC, es de 2.468,7 ha para los Sectores 4 y 5 (Tabla II.4.2-11). A su vez, los resultados directos de la Encuesta sin expandir muestran que en la actualidad se riegan 832,1 ha en ambos Sectores.

#### **V.6.7.3 Resultados de la Evaluación**

El valor actual neto del flujo de pérdida de valor de la tierra agrícola regada en el área del proyecto, según la superficie medida en la encuesta, en los próximos 30 años, es de \$4.811

millones actualizado al 12% como lo indican los términos de referencia del estudio para precios de mercado, y de \$7.209 millones actualizado al 6%, como lo indica las metodologías del MDS para precios sociales. Ambos valores son significativamente inferiores al valor neto actual del costo de inversión del proyecto, que es de \$22.104 millones a precios de mercado (actualizado al 12%) y \$23.821 millones a precios sociales (actualizado al 6%).

Si alternativamente se usa el valor actual neto del flujo de pérdida de valor de la tierra agrícola regada en el área del proyecto, medida en la situación actual, en los próximos 30 años, es de \$14.273,5 millones a precios de mercado y de \$21.388 millones a precios sociales. También estos valores actuales netos son inferiores al valor neto actual del costo del proyecto, aunque el valor a precios sociales es ya significativamente cercano.

Por lo tanto, de acuerdo a este indicador, **el proyecto no sería rentable.**

## **V.6.8            Resumen de Conclusiones**

### **a.            A Precios Sociales**

Valorado y evaluado a precios sociales, computados de acuerdo a la metodología, criterios y factores de corrección establecidos por el MDS, **el proyecto es encontrado entre rentable y muy rentable** al ser medido según tres de los enfoques evaluativos que se utilizaron: Método del Valor Residual (o del Producto Marginal, o de la Productividad Marginal), habitualmente llamado Método del Presupuesto; Enfoque Costo-Eficacia, y Valoración según el Mercado del Agua. **El proyecto sigue siendo rentable** si el ciclo de recarga fuera de 40 años en lugar de los 20 años que fueron modelados.

**Pero el proyecto no sería rentable** bajo los otros dos enfoques evaluativos: Liberación de Recursos (o de Ahorro de Costos, o de Reducción de Costos), y Valoración según el Mercado de la Tierra, aunque en este segundo caso por un pequeño margen en el caso en que la mejor estimación de la superficie cultivada en los Sectores 4 y 5 sea la computada para la situación actual y no la informada por los resultados de la encuesta.

### **b.            A Precios de Mercado**

Valorado a precios de mercado, **el proyecto es encontrado rentable** medido según dos de los cinco enfoques evaluativos utilizados: Enfoque Costo-Eficacia, y Valoración según el Mercado del Agua.

**El proyecto no sería rentable** bajo el primer enfoque evaluativo: Método del Valor Residual (o del Producto Marginal, o de la Productividad Marginal), **pero sí lo sería bajo ciertas condiciones**

objetivas, como que el primer año-evento de recarga ocurriera dentro de los primeros cuatro años luego de la construcción del proyecto; o que sus costos fueran un 20% inferiores a lo actualmente estimado y sus beneficios similares o superiores en un 20%; o que sus costos fueran similares a lo estimado y sus beneficios un 20% mayores. También hubiera resultado rentable si sus flujos de fondos hubieran sido actualizados a tasas inferiores al 12% establecido en los términos de referencia. **El proyecto tampoco sería económicamente rentable** a la tasa de actualización de 12% si el ciclo de recarga fuera de 40 años en lugar de los 20 años que fueron modelados.

Y finalmente, y al igual que en el caso de la valoración a precios sociales, el proyecto valorado a precios de mercado **no sería rentable** bajo los otros dos enfoques evaluativos: Liberación de Recursos (o de Ahorro de Costos, o de Reducción de Costos), y Valoración según el Mercado de la Tierra.

## **V.7 EVALUACIÓN DE ASPECTOS LEGALES**

### **Antecedentes**

En el contexto del presente estudio de prefactibilidad que se ha venido desarrollando, en particular en este caso sobre “Mejoramiento del sistema de aguas subterráneas, para su utilización en riego en la cuenca del Río Copiapó” se ha concluido que se pueden infiltrar de las obras de recarga alrededor de 437 millones de m<sup>3</sup> de las crecidas del río que ocurren más o menos cada veinte años, es decir, con una probabilidad estadística de 0,05 por ciento, lo cuales serían extraídos por los usuarios de los sectores 4 y 5 (principalmente de este último) y destinadas a la actividad agrícola de aquellos que son titulares de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Se ha estimado además que podrían extraerse alrededor de 21,8 millones de m<sup>3</sup> anuales provenientes de los recursos infiltrados. En el numeral II.3.1 se ha hecho una completa descripción de la situación actual de los derechos de agua y de las organizaciones de usuarios del agua para riego en el valle de Copiapó.

Actualmente hay una sobreexplotación que ha ido creciendo los últimos años, lo que hace impensable la posibilidad de aumentar el área regada. Así, las cosas, cabe advertir que la probabilidad estadísticas referida en el primer párrafo de 0,05 podría ser mucho menor conforme a la información estadística disponible.

### **Organizaciones de Usuarios**

En la zona objeto de estudio, existen dos organizaciones de usuarios, a saber, la Junta de Vigilancia del Río Copiapó, que reúne a los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y la Comunidad de las Aguas Subterráneas [CASUB] . Conforme este estudio se ha determinado que a futuro para efectos de la aplicabilidad del mismo se requerirá considerar e incorporar activamente a estas organizaciones, a través de un modelo participativo o de gestión a definir por la autoridad.

### **Derechos de Agua**

La situación actual en la cuenca del Copiapó, es que ésta se encuentra cerrada para el otorgamiento de cualquier nuevo derecho de aprovechamiento de agua cualquiera fuera su tipo. Lo anterior así ha sido determinado por la autoridad competente, esta es, la Dirección General de Aguas, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, que conforme lo dispone el Código de Aguas, en sus artículos 299 y siguientes, tienen entre otras atribuciones precisamente planificar el desarrollo del recurso que se encuentra en fuentes naturales, además de investigar y medir el recurso.

En lo que respecta a cualquier nuevo recurso disponible, como sería el caso de la recarga de los acuíferos por el hecho eventual de las crecidas del río debiera considerarse la situación vigente respecto de los derechos y destinarse a satisfacer las demandas de los derechos de aprovechamiento de agua ya existentes. Si hubiera que incurrir en costos para la captura y transporte de estos nuevos recursos, estos serían de cargo de los usuarios como lo es hasta ahora con los recursos disponibles (art 9 del C de A).

Las aguas a utilizar para la recarga, de acuerdo con el estudio de derechos de agua, deberían corresponder a derechos eventuales. Sin embargo no se tiene conocimiento de quien tiene la propiedad de los derechos eventuales de las aguas de la crecida del río Copiapó. Para realizar el proceso de recarga artificial se requiere que el titular disponga de derechos de agua. Por lo tanto hay que aclarar sobre la propiedad de los derechos eventuales correspondiente. Hay opinión de que los derechos eventuales estarían dentro de la proporcionalidad de los derechos ya otorgados de aguas superficiales y hay opinión que serían calificables de eventuales y podrían solicitarse. En el caso de presentarse estas opciones la corresponde a la DGA definir esta situación.

Existen entonces las siguientes opciones sobre los derechos de agua de las crecidas:

- a).- Que lo solicite la Junta de Vigilancia del Río Copiapó, por tratarse de aguas superficiales íntimamente relacionadas con ésta.
- b).- Que lo solicite la DOH, de acuerdo con la Ley N° 1123.

Por otra parte considerando que la disponibilidad del recurso subterráneo es muy inferior a la demanda existente y considerando que en su mayoría los derechos de aprovechamiento de agua existentes son de ejercicio permanente sería aplicable el artículo 17 del Código de Aguas, el cual prescribe:

*ARTICULO 17°- Los derechos de aprovechamiento de ejercicio permanente facultan para usar el agua en la dotación que corresponda, salvo que la fuente de abastecimiento no contenga la cantidad suficiente para satisfacerlos en su integridad, en cuyo caso el caudal se distribuirá en partes alícuotas”.*

La opción de distribuir el caudal en partes alícuotas es factible gracias a que el 90% de los usuarios del sector que serían beneficiados por la recarga del acuífero están organizados en una Comunidad de Aguas Subterráneas (CASUB) que está instalando, con subsidios de la Comisión Nacional de Riego (CNR), un sistema de control de las extracciones de los pozos de sus usuarios asociados.

En concreto, dado que en la distribución de aguas provenientes de una futura recarga, existe la posibilidad de litigios entre los distintos usuarios y beneficiarios, últimos que pueden paralizar el uso del agua, es necesario generar instancias de acuerdo y/o mesas de trabajo entre las partes, a saber: Dirección General de Aguas, titulares de derechos de aprovechamiento de agua superficial, titulares de derechos de aprovechamiento de agua subterránea, terceros inversionistas en la construcción de las obras que fueren necesarias.

### **Obras de infraestructura a implementar por iniciativa privada o por iniciativa pública**

Es preciso analizar los escenarios que pueden ocurrir según si las obras se realizan por iniciativa privada o pública.

Si es **por iniciativa privada** se requiere el acuerdo de los titulares de los derechos de aprovechamiento de agua, de los que financian, y de los usuarios dispuestos a pagar por litros de agua que requisiesen y se encontrase disponibles para tal transacción.

Si es por **iniciativa pública** se aplicaría el DFL 1123 que “Establece normas sobre la ejecución de obras de riego por el Estado.” A través de este tipo de normativa se logra que los costos sean del Estado, correlativo a obligaciones de la partes por ejemplo para la gestión y/o mejor operación del recurso.

Si es por iniciativa pública el mecanismo jurídico a aplicar es precisamente el contenido en el **DFL 1123 en particular el artículo 1 del DFL 1123** que exige que las obras sean previamente evaluadas y aprobadas por la Comisión Nacional de Riego con la colaboración del Ministerio de Obras Públicas, en particular la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) de manera que sea incluido en su programa de construcciones. Esta última, haría el anteproyecto de las obras (art. 2 del DFL N° 1123) y convocaría a los interesados. Luego, la misma DOH haría el proyecto definitivo con el 33% de aprobación de los interesados (art 3 del DFL N° 1123)). Así, una vez terminado el proyecto definitivo, con un 50% que represente los derechos de agua (art 7).

Lo referido en el párrafo precedente se consolidaría a través de “carta compromiso” a la cual concurrirían: CASUB, la Junta de Vigilancia, los titulares de derechos aprovechamiento de ambas entidades interesados en el proyecto y el Ministerio de Obras Públicas por la otra a través de DGA y DOH.. Este protocolo debe ser consensuado entre las partes para asegurarse que no habrá oposición de los titulares de derechos existentes que no suscriban el compromiso. El DFL 1123 define como contraparte para traspasar el dominio de las obras , entre otros, a la Juntas de Vigilancia y Asociaciones de Canalistas.

La “carta compromiso” mencionada debe entonces incluir un acuerdo respecto de la gestión de los recursos infiltrados con soluciones técnicas para medir los niveles de infiltración en eventos de crecidas de las aguas y para la medición de los recursos y cantidad puesta a disposición de quienes resulten beneficiados.

**Respecto de la categoría de beneficiarios**, se propone asociarla al siguiente concepto:

*"Serán elegibles como **Beneficiarios del proyecto** todos aquellos titulares de derechos de agua subterránea que la utilicen en riego, localizados en cada uno de los dos Sectores en que se llevaría a cabo la recarga, que harían uso del volumen de recarga artificial de los acuíferos en que se producirá la recarga. Obviamente no habrá beneficios ni beneficiarios aguas arriba ni aguas abajo de los sectores de recarga".*

Esta ejecución del proyecto por el MOP y su presentación a los interesados pasa necesariamente por la aprobación de la Dirección General de Aguas. Esta aprobación del proyecto por parte de la DGA significa que dentro del proceso se establecerán las condiciones administrativas y legales que permitan la construcción de las obras.

#### **Aspectos legales de la ubicación de las obras en el cauce del río.**

Las obras se encuentran ubicadas en el cauce del río Copiapó, y alcanzan entre 100 y 200 metros en el ancho total, ocupando en el sentido longitudinal unos 1500 m en el sector de Tierra Amarilla y unos 4000 m en el sector de Chamonate. El cauce del río se ha estimado con una apreciación técnica de la definición del art 30 del Código de Aguas:

*"ARTICULO 30°- Álveo o cauce natural de una corriente de uso público es el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas. Este suelo es de dominio público y no accede mientras tanto a las heredades contiguas, pero los propietarios riberaños podrán aprovechar y cultivar ese suelo en las épocas en que no estuviere ocupado por las aguas. "*

Las obras de recarga se ubicarían donde a nuestro entender técnico está el cauce del río y además sin ocupación, ni obras construidas. Hemos excluido y respetado, sectores ocupados del cauce, como pozos de lastre en explotación, unas instalaciones de aguas servidas y una planta de concreto existente en la zona. Este tipo de ocupación del cauce viene de períodos de más de diez años en que efectivamente no han ocurrido crecidas e inundaciones que cubran la totalidad del cauce.

**En lo que se refiere a las consideraciones con el otorgamiento y ejercicio del derecho en el sentido (se pueden o no otorgar nuevos derechos, se pueden condicionar):**

i.- Los derechos a surgir con la recarga que serían eventuales su otorgamiento es posible en atención a condiciones que determinase la autoridad competente para la constitución de derechos de aprovechamiento, esta es, la Dirección General de Aguas.

ii.- DGA puede efectivamente otorgar estos derechos de aprovechamiento bajo determinadas condiciones a fijar por DGA en función de sus potestades técnica.

iii.- Cabe hacer presente que la cuenca del Copiapó se encuentra cerrada por DGA para el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento.

**Disposiciones del Código de Aguas y el Reglamento, relacionadas con recarga y construcción de obras:**

**ARTICULO 34º RESOLUCION 425 sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas.**

**Artículo 34º. Para los efectos de lo dispuesto en los artículos 66 inciso segundo y 67 inciso primero parte final, ambos del Código de Aguas, quienes deseen ejecutar obras de recarga artificial de acuíferos, deberán entregar una memoria técnica que contenga, a lo menos, lo siguiente:**

- a) Descripción del sistema de recarga artificial.**
- b) Descripción de la naturaleza física y situación jurídica del agua a utilizar en la recarga artificial.**
- c) Descripción del sitio de recarga.**
- d) Características geológicas e hidrogeológicas del sector.**
- e) Características de la zona no saturada.**
- f) Características de acuífero.**
- g) Velocidad y dirección del flujo.**
- h) Comportamiento histórico de los niveles de agua en el sector.**
- i) Calidad del agua.**
- j) Impactos asociados a la obra de recarga artificial, área de influencia de la recarga artificial, impactos calculados, análisis de domos e impacto sobre la calidad del agua.**
- k) Plan de monitoreo, que contemple al menos:**
  - 1. Monitoreo del nivel de las aguas.**
  - 2. Monitoreo de la calidad de las aguas.**
  - 3. Control del caudal de recarga.**
  - 4. Control de extracciones.**
- l) Plan de contingencia, que contemple al menos:**
  - 1. Medidas de protección del acuífero.**
  - 2. Planes de alerta ante impactos no deseados**



**ARTÍCULOS Nº 66 - 67 Y 129 BIS 3 DEL CÓDIGO DE AGUAS.**

**Art. 66.** *La Dirección General de Aguas podrá otorgar provisionalmente derechos de aprovechamiento en aquellas zonas que haya declarado de restricción. En dichas zonas, la citada Dirección limitará prudencialmente los nuevos derechos pudiendo incluso dejarlos sin efecto en caso de constatar perjuicios a los derechos ya constituidos. Sin perjuicio de lo establecido en el inciso primero del artículo 67, y no siendo necesario que anteriormente se haya declarado área de restricción, previa autorización de la Dirección General de Aguas, cualquier persona podrá ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, teniendo por ello la preferencia para que se le constituya un derecho de aprovechamiento provisional sobre las aguas subterráneas derivadas de tales obras y mientras ellas se mantengan.*

**Art.67.** *Los derechos de aprovechamiento otorgados de acuerdo al artículo anterior, se podrán transformar en definitivos una vez transcurridos cinco años de ejercicio efectivo en los términos concedidos, y siempre que los titulares de derechos ya constituidos no demuestran haber sufrido daños. Lo anterior no será aplicable en el caso del inciso segundo del artículo 66, situación en la cual subsistirán los derechos provisionales mientras persista la recarga artificial.*

**Art.129 bis 3.** *La Dirección General de Aguas deberá establecer una red de estaciones de control de calidad, cantidad y niveles de las aguas tanto superficiales como subterráneas en cada cuenca u hoya hidrográfica. La información que se obtenga deberá ser pública y deberá proporcionarse a quien la solicite.*

**Cómo se ejecuta e implementa legalmente un proyecto de recarga).**

**El mecanismo jurídico que se desprende del Código de Aguas es que se establecen tres propietarios que son los siguientes:**

- **El dueño de los derechos de agua superficiales para efectuar la recarga.**
- **El dueño del predio donde se instalarán las obras de infiltración.**
- **El dueño del proyecto de recarga artificial propiamente tal.**

**En el caso del estudio preliminar de recarga artificial en el acuífero del río Copiapó, la situación es la siguiente:**

- **El dueño de los derechos eventuales de las aguas superficiales correspondientes a las crecidas, debe ser determinado por la D.G.A. de acuerdo con las disposiciones del Código de Aguas, ya que en la actualidad no se ha identificado su propietario, salvo dos derechos eventuales consuntivos por 400 l/s en una quebrada sin nombre y 3l/s en el río Copiapó (Anexo II.4.1 del Informe Etapa II).**
- **Los predios donde se efectuará la recarga artificial, comprenden según la información obtenida a bienes nacionales de uso público. En caso de hacerse el proyecto se deberá convenir con el Ministerio de Bienes Nacionales el permiso de empleo de tales terrenos.**
- **EL dueño del proyecto es el organismo público o privado que agrupa a los dueños de los derechos de aprovechamiento, al dueño de la superficie de las obras de infiltración, y a quien financia, construye y administra la obra de infiltración. En este caso no están determinados y debe ser una tarea que se acometa después de finalizar el presente estudio.**

## ANEXOS

### VOLUMEN I

- ANEXO I BIBLIOGRAFIA (digital y papel) Págs. I.1-1 a I.1-4
- ANEXO II.1 HIDROLOGIA (digital y papel) Págs. II.1-1 a II.1-40
  - Anexo II.1 - A Precipitaciones
  - Anexo II.1 - B Caudales
  - Anexo II.1 - C Comparación Caudales
  - Anexo II.1 - D Infiltración
- ANEXO II.3.1 DERECHOS A, B, C, D (digital y papel) Págs. II.3.1-1 a II.3.1-14
- ANEXO III.2 MODELACIONES (digital y papel) Págs. III.2-1 a III.2-40
- ANEXO IV.1 DGA SDT 327 – 2012 (digital)
- ANEXO IV.3 BASE DE DATOS CNR-UC (digital)
- ANEXO V.5.1 PLANOS TOPOGRÁFICOS (digital y papel)
- ANEXO V 5.1 PLANOS DE OBRAS (digital y papel)
- ANEXO V.5.2 ENLACES RIO-LAGUNAS (digital)
- ANEXO V.6 EXCEL EVALUACION ECONOMICA (digital)
- LÉEME.docx

## **ANEXO I.**

### **BIBLIOGRAFIA**

El objeto de esta actividad fue contar con la información existente y disponible en la materia atinente al propósito del estudio. Consistió en recopilación y estudio de las publicaciones existentes.

Los antecedentes recopilados y analizados, para realizar el estudio se refieren a las siguientes materias:

- Hidrología, uso del agua, tanto superficial como subterránea.
- Hidrología, demanda de agua en agricultura.
- Hidrogeología, pozos acuíferos, derechos de agua subterránea.
- Derechos de agua superficial.
- Calidad química de las aguas.
- Modelo hidrológico e hidrogeológico del valle del río Copiapó.
- Estudios para incorporar nuevos recursos de agua al valle del río Copiapó.

Separadamente en el Volumen II “Estudio de Análisis Ambiental” se presenta la bibliografía utilizada para los Aspectos Ambientales.

Los principales estudios considerados son los siguientes:

1. Análisis y Evaluación de los Recursos Hidrogeológicos del valle del río Copiapó, III Región – D.G.A 1987, realizado por Álamos y Peralta Ingenieros Consultores.
2. Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos del río Copiapó, III Región – D.G.A 1995, realizado por Álamos y Peralta Ingenieros Consultores.
3. Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del valle del río Copiapó – D.G.A 2004, realizado por CADE-IDEPE.
4. Estudio Hidrogeológico del valle del río Copiapó Segmento Embalse Lautaro – Piedra Colgada, SERNAGEOMIN 1999.

5. Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Copiapó y Proposición de un Modelo de Explotación Sustentable – GOLDER ASSOCIATE 2006.
6. Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó – D.G.A SIT N° 211, realizado por DICTUC S.A
7. Informe Final. “Diagnóstico de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Copiapó y proposición de un modelo de explotación sustentable”. Golder Associates S.A. Providencia – Santiago. Julio 2006
8. Informe Final. Mejoramiento Embalse Lautaro Tierra Amarilla” SMI Limitada. Dirección de Obras Hidráulicas. MOP. 2009
9. “Derechos de aguas subterráneas y explotación de acuíferos” Ingeniero Pedro Rivera. Dirección General de Aguas. Revista ALHSUD 2010
10. “Situación de las Aguas Subterráneas del acuífero de Copiapó” Ingeniero Fernando Peralta. Revista ALHSUD Diciembre 2007.
11. Copiapó Valley Groundwater Overdraft Report; Dr. Charles M. Burt, P.E. June 2008. Informe Preparado para y Financiado por el Gobierno Regional de Atacama.
12. Perfil generalizado del basamento rocoso indiferenciado e impermeable del valle del río Copiapó de Álamos y Peralta. Informe DGA 1985.
13. Jorquera y Asociados S.A. Prefactibilidad Embalse Río Pulido. Diciembre 2010
14. CÓDIGO DE AGUAS. 1981. Decreto con Fuerza de Ley Número 1.122. Publicado en el Diario Oficial de Chile de 29.10.81
15. DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. 2012. Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados en la cuenca del Río Copiapó. Informe Técnico. Departamento de Gestión de Recursos Hídricos. Santiago, Chile.

16. PRISMA INGENIERÍA LTDA., 2002. Análisis de Zona de Inundación del Río Copiapó en comunas de Tierra Amarilla y Copiapó, III Región.
17. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN. 2011. Transferencia de capacidades para mejorar la gestión del riego en Copiapó, Región de Atacama, componente catastro legal de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. Informe Final. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Departamento de Recursos Hídricos. Concepción, Chile.
18. COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE-DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. 2009. Plan de Gestión para la cuenca del río Copiapó. Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas.
19. DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. 2004. Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Copiapó. CADE-IDEPE.
20. INE Chile. Censo Nacional Agropecuario 2006-2007
21. “Desarrollo de la viticultura y servicios para la producción en el valle de Copiapó (Chile) en el contexto de la mundialización económica”. Severino Escolano Utrilla y Jorge Ortiz Véliz. Departamento de Geografía, Universidad de Chile, 2010.
22. Catastro frutícola CIREN CORFO ODEPA APECO *En el caso de Copiapó* (Región de Atacama) se tuvieron en cuenta los catastros de 2005 y 2010

## **ANEXO II.1 HIDROLOGIA**

### **ANEXO II.1.A Precipitaciones**

#### **A.1 Tablas de Series de Precipitaciones Mensuales Rellenadas**

#### **A.2 Tabla de Series de Precipitación Anual en Copiapó**

### **ANEXO II.1.B Series de caudal**

### **ANEXO II.1.C Comparación de Caudales**

### **ANEXO II.1.D Infiltración**

#### **D.1 Tablas de Series de Infiltraciones Mensuales**







1980

1981

1982

ESTACION: Conay en Albaricoque

1983

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1960												
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		0,47	0,00	0,00	29,54	0,00	163,26	8,27	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	5,28	0,00	0,00	14,62	46,52	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	157,15	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	18,02
1992	0,00	0,00	27,74	0,00	56,91	40,70	0,00	16,28	0,00	0,00	0,00	0,00
1993	0,00	18,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	0,00	16,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	202,12	0,00	143,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	10,10	0,00	0,00	11,00	4,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	11,50	15,00	69,00	41,80	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
2001	2,50	3,70	8,90	3,30	0,00	1,00	1,00	27,00	0,00	1,00	0,00	2,00
2002	0,00	0,00	0,00	28,80	47,50	16,00	82,50	24,50	0,00	0,00	0,00	0,10
2003	0,00	0,30	0,00	0,00	1,60	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	46,00	0,00	0,00	0,00	16,50	0,00
2005	0,00	0,00	7,00	17,00	6,50	4,10	4,50	22,10	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	39,20	6,50	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	0,00									

2000

2001

2002

2003

2004

2005

2006

2007

2008

0,00	0,00	10,10	0,00
0,00	0,00	11,50	15,00
2,50	3,70	8,90	3,30
0,00	0,00	28,80	47,50
0,00	0,30	0,00	1,00
0,00	0,00	4,00	0,00
0,00	0,00	7,00	17,00
0,00	0,00	0,00	4,50
0,00	0,00	0,00	8,00
0,00	0,00	0,00	

ESTACION: Copiapó

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1960												
1961												
1962												
1963												
1964												
1965												
1966												
1967												
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,95	0,00	0,00	0,00	0,00
1970	0,00	0,00	0,00	0,00								
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	6,50	1,60	1,40	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,20	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	3,50	0,00	0,00	32,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,00	4,00	11,50	0,50	0,00	0,00	0,00
1984	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	4,00	17,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,40	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	0,00	0,00	3,50	0,00	0,30	0,00	57,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	0,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,10	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10
1992	0,00	0,00	5,00	0,10	25,80	11,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,70	0,00	72,20	0,80	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	23,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	23,50	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2002	0,00	0,00	0,00	1,50	1,00	0,00	5,30	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	10,20	6,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	0,00	0,00										

1999		0,00			0,00			25,00		0,00		
2000		0,00			0,00			0,00		0,00		
2001		0,00			0,00			0,00		0,00		
2002		0,00			0,00			0,00		1,50		
2003		0,00			0,00			0,00		0,00		
2004		0,00			0,00			0,00		0,00		
2005		0,00			0,00			0,00		1,80		
2006		0,00			0,00			0,00		0,00		
2007		0,00			0,00			0,00		0,00		
2008		0,00			0,00							

1980	0,00	0,00	0,00	17,03	0,
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,

JORQUERA Y ASOCIADOS S.A. ESTUDIO PREFACTIBILIDAD  
 MEDICIONES Y SONAJOS SUBTERRANEOS CONSULTA  
 ANEXOS II PAG. II.1 - 6

**1983 ESTACION: El Totoral**

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1960												
1961												
1962												
1963												
1964												
1965												
1966												
1967												
1968												
1969												
1970												
1971	6.59	0.00	0.00	0.00	0.00	15.57	0.00	4.92	0.00	0.00	0.00	0.00
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00
1973	0.00	0.00	0.00	2.09	0.00	15.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	0.00	0.00	0.00
1975	0.00	0.00	4.52	0.00	10.79	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	0.00	13.99	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	10.31	0.00	2.04	3.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1978	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1979	0.00	0.00	3.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00
1980	0.00	0.00	0.00	17.03	0.00	0.00	25.88	1.29	1.55	10.36	0.04	0.00
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.17	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.17	0.00	0.00	0.00
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	8.39	52.29	4.14	27.40	0.00	0.00	0.00	0.00
1984	0.00	0.00	11.01	0.00	0.00	7.88	49.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.76	5.42	0.00	0.00	0.00	0.00
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	0.00	5.03	4.53	0.00	1.32	0.00	0.00
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	0.00	87.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.20	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	6.00	1.50	19.10	20.10	0.00	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	108.00	0.00	60.90	0.00	0.00	0.00	0.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	40.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	10.00	19.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	6.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	0.00	0.00										

1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	13,
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	18,
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,
2004	0,00	0,00	0,00	0,00	3,
2005	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	0,
2008	0,00	0,00			



**ESTACION: Hacienda Manflas**

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1960												
1961												
1962												
1963												
1964												
1965												
1966							0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00
1967	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	48,80	0,00	0,00	0,00	0,00
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
1971	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,50	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	60,50	17,00			0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	1,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	11,50	0,00	16,50	21,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	0,00	0,00	8,50	1,00	0,00	0,00	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	16,40	0,00	0,00	13,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	33,40	0,00	0,00	27,50	9,00	7,00	12,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,19	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	9,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	14,00	6,00	63,50	13,50	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	10,00	106,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	4,50	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	0,00	2,50	0,00	0,00	15,50	0,00	82,00	55,50	0,00	6,00	0,00	0,00
1988	0,00	0,00	0,00	3,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	4,50	8,50	49,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,00	15,50	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00
1992	0,00	0,00	16,00	10,00	35,00	29,50	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1993	0,00	1,00	0,00	0,00	3,50	0,00	3,50	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	110,60	0,00	95,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	11,50	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	29,00	0,00	0,00	2,50	1,50	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	2,50	22,00	40,50	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001	0,00	0,00	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	0,50	0,00	0,50
2002	0,00	0,50	0,00	14,50	33,00	0,50	20,00	30,50	0,00	0,00	0,00	0,00
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	32,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	22,50	0,00	0,00	11,00	4,10	1,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	0,10	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	3,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
2008	0,00	0,00	0,00									

2000	0,00	0,00	0,00	2,50	22,00
2001	0,00	0,00	7,50	0,00	0,00
2002	0,00	0,50	0,00	14,50	33,00
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	22,50	0,00
2006	0,00	0,10	0,00	0,00	0,90
2007	0,00	0,00	0,00	11,00	3,00
2008	0,00	0,00	0,00		













1980	0,00	10,00	0,00	22,00	1,00									
1981	0,00	10,50	0,00	0,00	0,00									
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
1983	ESTACION: Pastos Grandes					8,50								
1984	ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	0,00
1985	1960													0,00
	1961													0,00
	1962													0,00
	1963													0,00
	1964													0,00
	1965													0,00
1986	1966								0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
	1967	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	45,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
	1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00
	1970										0,00	0,00	0,00	0,00
	1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	22,00
1988	1972	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	9,00	10,00	9,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1973	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989	1975	0,00	0,00	19,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1976	0,00	0,00	0,00	0,00	9,50	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1977	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1979	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1980	0,00	10,50	0,00	22,00	4,00		44,00		0,00	17,00			0,00
1991	1981	0,00	10,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1983	0,00	0,00	0,00	0,00	8,50	50,50	8,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992	1984	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	10,00	137,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00
	1986	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	3,00	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1987	0,00	20,00	17,00	0,00	22,00	0,00	85,00	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1993	1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50
	1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,50	32,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
	1992	0,00	0,00	1,30	15,00	17,00	10,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1993	0,00	3,00	0,00	0,00	3,50	0,00	3,00	10,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	1994	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1995	0,00	0,00	0,00	0,00	19,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,50
	1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,50	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	1997	0,00	0,00	31,50	0,00	4,50	47,00	0,00	50,00	11,50	0,00	0,00	0,00	0,00
	1998	0,00	17,00	0,00	0,00	0,00	7,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1999	0,00	0,00	1,50	7,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00
1997	2000	0,00	0,00	0,00	1,00	9,00	17,00	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2001	0,00	0,00	10,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	3,50	4,50
	2002	0,00	0,00	0,00	8,00	17,00	8,00	27,00	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2005	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	3,00	5,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	2007	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	2,00	0,00		10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2008	0,00	0,00	0,00										0,00
2000		0,00				0,00			0,00		1,00			9,00
2001		0,00				0,00			10,00		1,00			0,00
2002		0,00				0,00			0,00		8,00			17,00
2003		0,00				0,00			0,00		0,00			0,00
2004		0,00				0,00			0,00		0,00			0,00
2005		0,00				0,00			0,00		11,00			0,00
2006		0,00				0,00			0,00		0,00			0,00
2007		0,00				0,00			0,00		0,00			8,00
2008		0,00				0,00			0,00					

**A.2 Tabla de Series de Precipitación Anual en Copiapó (Construida Diversas Fuentes)**

**Precipitación Anual en Copiapó (Diversas Fuentes)**

Año	(mm)	Año	(mm)	Año	(mm)	Año	(mm)	Año	(mm)	Año	(mm)
1869	0	1894	38	1919	50	1944	24	1969	19	1994	
1870	2	1895	0	1920	6	1945	0	1970	0	1995	0.7
1871	29	1896	0	1921	18	1946	33	1971	5	1996	0
1872	0	1897	45	1922	30	1947	2	1972	15	1997	137.7
1873	7	1898	20	1923	15	1948	7	1973	8	1998	3.5
1874	0	1899	31	1924	0	1949	43	1974	3	1999	26.5
1875	5	1900	87	1925	7	1950	17	1975	3	2000	37.9
1876		1901	8	1926	43	1951	0	1976	3	2001	0
1877		1902	59	1927	95	1952	28	1977	12	2002	18.2
1878		1903	40	1928	45	1953	21	1978	0	2003	0.5
1879		1904	50	1929	85	1954	17	1979	15	2004	12.5
1880		1905	51	1930	73	1955	7	1980	29	2005	18
1881		1906	6	1931	31	1956	4	1981	5	2006	0
1882	14	1907	5	1932	44	1957	5	1982	1	2007	0
1883	20	1908	2	1933	0	1958	7	1983	43	2008	10
1884	3	1909	22	1934	26	1959	6	1984	27	2009	4.4
1885	29	1910	0	1935	33	1960	0	1985	4	2010	
1886	19	1911	13	1936	24	1961	12	1986	10		
1887	27	1912	9	1937	12	1962	29	1987	61		
1888	67	1913	0	1938	41	1963	14	1988	2		
1889	5	1914	27	1939	28	1964	0	1989	17		
1890	34	1915	8	1940	74	1965	20	1990	0		
1891		1916	3	1941	37	1966	4	1991	59.2		
1892	0	1917	3	1942	57	1967	18	1992	38.7		
1893	0	1918	21	1943	34	1968	0	1993	0		

Fuentes: Almeyda<sup>1</sup> (1869-1946), DGAC (Estación Copiapó en Chamonate, 1933-1985) y DGA (Estación Copiapó BNA 03450004-5, de 1971 en adelante)

<sup>1</sup> “Pluviometría de las zonas del desierto y las estepas cálidas de Chile”, E. Almeyda, Edit. Universitaria, 1948.

## **ANEXO II.1.B: SERIES DE CAUDAL**

### **B.1 Tablas de Series de Caudales Medios Mensuales**

- **Río Jorquera en Vertedero**
- **Río Pulido en Vertedero**
- **Río Manflas en Vertedero**
- **Río Copiapó en Lautaro**
- **Río Copiapó en San Antonio**
- **Río Copiapó en Pastillo**
- **Río Copiapó en La Puerta**
- **Río Copiapó en Mal Paso aguas arriba canal**
- **Mal Paso después de Bocatoma**
- **Río Copiapó en Mal Paso aguas abajo canal**
- **Río Copiapó en Ciudad de Copiapó**
- **Río Copiapó en Angostura**

### **B.2 Tablas de Caudales Máximos Instantáneos**

- **Estación Río Copiapó en la Puerta**
- **Estación Río Copiapó en Mal Paso Aguas Arriba Canal**
- **Estación Río Copiapó en Ciudad De Copiapó**

**B.1.1 Río Jorquera en Vertedero**

<b>CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)</b>																
<b>PERIODO: 1949 - 2011</b>																
Estación : RIO JORQUERA EN VERTEDERO																
Código BNA: 03404001-K																
Altitud : 1250 msnm																
Cuenca : R. Copiapo																
Latitud S : 28 02 00																
Longitud W : 69 57 00																
SubCuenca : Río Jorquera																
UTM Norte : 6897615 mts																
UTM Este : 405969 mts																
Área de Drenaje : 4150 km2																
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC				
1949		1,5 *	1,43 *	1,52 @	1,38 @	1,51 @	1,28 @	1,4 @	1,49 @			1,42 @				
1950		1,63 @	1,35 @													
1964		0,7 %	0,74	0,73 @		0,98 @	0,97	1	1	0,83	0,6	0,48				
1965	0,46	0,41	0,44	0,55	0,58 @	0,69	0,7	0,68 %	0,68	0,77	0,96	1,04				
1966	0,94	0,9	0,9	0,92	0,97	0,84	0,97	0,6	0,93 @	0,79 %	0,67	0,52				
1967	0,45 @	0,4	0,43	0,49	0,58	0,56	0,66	0,71	0,72	0,67 %	0,57	0,5				
1968	0,45 %	0,41	0,46	0,52	0,58	0,59	0,65	0,62	0,62	0,62 %	0,5 %	0,38 %				
1969	0,32	0,33	0,33	0,35	0,43	0,45	0,45	0,52	0,5	0,47	0,39	0,31				
1970	0,19	0,26	0,24	0,23	0,25	0,24	0,23	0,23	0,22 @	0,21	0,19	0,17				
1971	0,22	0,24	0,18	0,18	0,17	0,14	0,17	0,16	0,18	0,15	0,1	0,07				
1972	0,19	0,31	0,19	0,16	0,18 %	0,31	0,57	0,83	1	1,49	1,55	1,55				
1973	1,55	1,55	1,55	1,46	1,31	1,23	1,11	0,99	0,83	0,71	0,48	0,41				
1974	0,5	0,6 *	0,38	0,39	0,57 %	0,54	0,47	0,42	0,44	0,46	0,29	0,17				
1975	0,23	0,4	0,41	0,34	0,37	0,4	0,4	0,36	0,35	0,26	0,18	0,15				
1976	0,24	0,22	0,21	0,3	0,37	0,44	0,38	0,37	0,4	0,36	0,26	0,21				
1977	0,23	0,3	0,42	0,52	0,59	0,61	0,51	0,33	0,36	0,28	0,17	0,16				
1978	0,24 %	0,3	0,3	0,28	0,3	0,31	0,31	0,33	0,34	0,25	0,16	0,11				
1979	0,18	0,28	0,31	0,26	0,24	0,25	0,24	0,22	0,21	0,18	0,15	0,1				
1980	0,11	0,21	0,23	0,33	0,41	0,44	0,48	0,5	0,52	0,5	0,51	0,6				
1981	0,73	0,84	0,87	0,82	0,81	0,78	0,75	0,76	0,75 %	0,71 *	0,58	0,45				
1982	0,38 %	0,35	0,34	0,39	0,47	0,53	0,56	0,57	0,58	0,58	0,57	0,61				
1983	0,66	0,63	0,55	0,56	0,61	0,63	0,58	0,72	0,8	0,86	0,95	1,14				
1984	1,49	1,33	1,27 %	1,24	1,23	1,11	1,02	1,28	1,34	1,5	2,11	1,93				
1985	1,61	1,38	1,25	1,2	1,19	1,21	1,11	1,16	1,15	1,27	1,06	0,88				
1986	0,75	0,69	0,66	0,74	0,83	0,89	0,89	0,96	0,84	0,82	0,69	0,58				
1987	0,46	0,48	0,52 @	0,6 *	0,69 @	0,71 *	0,62 %	0,85	0,94 %	1,15	4,34 *	8,48 %				
1988	7,14 %	5,5 %	4,47	3,19	3,11	3,06	2,43 @	2,51	2,39	2,08	1,56	1,27				
1989	1,08	0,79	1,05	1,16	1,19	1,25	1,3	1,37	1,29	1,36	1,2	0,88				
1990	0,77	0,83	0,88	0,98	1,04	1,22	1,19	1,18	1	0,83	0,67	0,6				
1991	0,55	0,5	0,56 %	0,61	0,72	0,62	0,79	0,87	0,78	0,68	0,57 @	0,43				
1992	0,34	0,36	0,37	0,51	0,62	0,74	0,99 %	0,93	0,87	0,8	0,86	0,94				
1993	1,08	0,83	0,74	0,83	0,92	1,07	1,05	1,09 %	0,99 %	0,89	0,61	0,42				
1994	0,25	0,19	0,29	0,36	0,54	0,62	0,72	0,72	0,68	0,51	0,29	0,19				
1995	0,25 *		0,21 %	0,26	0,23	0,32	0,4	0,49	0,44	0,37	0,25	0,18				
1996	0,17	0,1	0,12	0,26	0,34	0,47	0,45	0,52	0,54	0,36	0,1	0,15				
1997	0,09	0,05	0,04	0,09 %	0,2	0,49	0,63	0,85	0,63 %	0,61 @	0,99	2,21				
1998	2,44 @	1,59 %	1 %	1,32	1,22	1,17	1,25 %	1,46 *	1,53 @	1,18	1,02	0,68				
1999	0,55	0,45	0,68	0,85	0,86	1,18	1,01	0,87	0,9	0,8	0,8	0,78				
2000	0,5	0,44	0,36	0,64	0,74	0,65	0,62	0,66	0,56	0,37	0,15	0,29				
2001	0,26 %	0,23	0,4	0,59	0,72	0,61	0,5	0,57	0,66	0,58	0,47	0,48				
2002	0,32	0,23	0,21	0,53	0,69	0,81	0,76	0,79	0,85	0,81	1,04	1,22				
2003	1,07	1,08	0,96	0,94	1,03	1,17	1,1	1,11	0,96	0,79	0,74	0,49				
2004	0,54	0,49	0,51	0,8	0,81	0,99	1,07	1,1	0,68	0,61	0,48	0,4				
2005	0,37	0,19	0,34	0,49	0,73	0,83	0,81	0,72	0,72	0,51	0,43	0,37 %				
2006	0,39	0,3	0,32	0,41	0,46	0,57	0,59	0,66	0,56	0,53	0,27	0,2				
2007	0,07	0,08	0,12	0,18	0,27	0,39	0,49	0,6	0,71	0,61	0,69	0,8				
2008	0,93	0,92	0,76	0,7	0,84	0,92	0,95	0,98	0,96	0,92	0,61	0,4				
2009	0,25	0,31	0,22	0,35	0,55	0,66	0,62	0,58	0,48 %	0,55 *	0,39	0,3				
2010	0,19	0,23	0,23	0,3	0,5	0,61	0,61	0,6	0,51	0,46	0,28	0,2				
2011	0,12	0,13	0,15	0,27	0,37	0,49	0,5									
<b>INDICADORES MESES INCOMPLETOS:</b>																
* : 1 - 10 Días con Informacion en el Mes																
@ : 11 - 20 Días con Informacion en el Mes																
% : Más de 20 Días con Informacion en el Mes																

### B.1.2 Río Pulido en Vertedero

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																	
PERIODO: 1964 - 2011																	
Estación : RIO PULIDO EN VERTEDERO																	
Código BNA: 03414001-4			Latitud S : 28 05 00			UTM Norte : 6892888			mts								
Altitud : 1310 msnm			Longitud W : 69 56 00			UTM Este : 407562			mts								
Cuenca : R. Copiapo			SubCuenca : Río Pulido			Área de Drenaje : 2108			km2								
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC					
1964		1,82 %	1,27	1,06 %	0,96 @	1,04	0,95	0,81	0,6	0,59	0,55	0,4					
1965	0,57	0,58	0,81	0,97	0,87	0,76	0,73 %	0,95	1	1,44	2,26	3,82					
1966	3,77	2,68	1,98	1,7	1,33	1,19	1,07	0,89	0,71	0,54	0,59	0,47					
1967	0,52	1,07	0,69	0,59	0,65	0,78	0,73	0,71	0,68	0,54	0,61	0,74					
1968	0,99	1,3	1,33	1,03	0,98	0,91	0,77	0,64	0,53	0,57	0,43	0,46					
1969	0,89	1,02	1,09	0,68	0,7	0,58	0,53	0,49	0,43	0,42	0,31	0,31					
1970	0,36	0,57	0,5	0,46	0,53	0,54	0,45	0,4	0,32	0,32	0,3	0,3					
1971	0,42	0,49	0,46	0,47	0,43	0,53	0,51	0,4	0,42	0,34	0,34	0,3					
1972	1,02	1,03 %	0,64	0,46 %	0,53	0,76 %	0,76 %	0,7 %	0,79	0,88	0,87	3,36					
1973	6,93 %	7	3,79	2,65	1,93	1,78	1,46	1,13	0,92	0,82 %	0,59 *	0,71					
1974	1,23	1,28	1	0,95	0,94	0,87	0,8 @	0,68	0,74	0,68	0,47	0,41					
1975	0,7	1,18	1,09	0,97 %	0,92	1,06	0,97	0,78	0,71	0,71	0,59	0,84					
1976	1,15	0,9	0,79	0,74	0,8 @	0,78 @	0,68	0,6	0,57	0,51	0,55	0,68					
1977	0,92	0,96	1,09	0,96	0,85	0,82	0,74	0,66	0,61	0,56	0,65 %	0,89					
1978	1,15	1,1	0,93	0,79	0,77	0,74	0,71	0,61	0,56	0,5	0,52	0,62					
1979	1,06 %	1,27	1,15	1,02	0,83	0,76	0,66	0,53	0,49	0,46	0,4	0,32					
1980	0,29	0,34	0,41	0,93	0,71	0,74	0,73 %	0,57 @	0,65	0,68	0,65	3,02					
1981	6,36	7,59	5,01	3,22	2,36	1,8	1,46	1,46 %	1,03 %	0,85	0,54	0,64					
1982	1,24	1,43	0,98	0,85	0,89 %	0,82	0,8 @	0,77 @	0,66	0,78	0,9	2,6					
1983	4,46	4,64	3,56	2,79	2,03	1,96	2,02 %	1,9	1,76 %	1,99	2,74	7,01					
1984	9,65	6,25	4,23	3,07	2,63	2,42	2,61	2,28	2,67	2,98	4,27	7,22					
1985	5,78	4,21	3,77	2,64	2,24	1,97	1,8	1,6	1,29	1,06	0,9	1,14					
1986	1,53 *			1,25 @	1,35	1,45	1,47	1,37	1,17	0,9	0,79	2,1					
1987	2,69 %	2,48 %	2,28	1,98	1,95 @	1,69	1,57	2,57	2,71	3,79	7,89	11,89 @					
1988	10,38 *			4,64 @	4,22	3,49 %	2,91	2,5	2,12	1,71 %	1,21	1,12					
1989	1,32	1,93	1,58	1,38	1,63	1,47	1,33	1,3	1,3 %	0,91	0,84	1,15					
1990	1,58	1,55	1,29	1,18	1,19	1,16	1,1	0,84	0,75 %	0,49 *	0,5	0,54					
1991	0,86	0,92	1,13	0,92	0,94	1,04	1,12	0,97	0,75	0,72 *	0,41 @	0,62					
1992	0,96	1,15	1,13	1,22	1,15	1,37	1,34	1,23	1,09	0,93 %	1,16	2,36					
1993	5,1	4,27	3,2	2,68	2,18	1,93	1,51	1,35	1,03	0,77	0,6	0,54					
1994	1,27	1,19	1,08	0,85	0,78	0,8	0,75	0,7	0,47	0,41	0,51	1					
1995	2,28	1,58	0,86	0,7	0,67	0,62	0,59	0,57	0,48	0,52	0,46	0,54					
1996	0,75	0,69	0,76	0,65	0,86	0,79	0,65	0,52	0,64	0,63	0,46	0,54					
1997	1,97	1	1,05	0,63	0,55	1,06	1,06	2,06	2,17 %	2,32	3,32	8,19 %					
1998	12,36	6,9 %	4,49	3,24	2,62	2,32	2,23	1,89	1,47	1,25	1,23	1,68					
1999	3,04	2,94	2,32	1,96	1,39	1,32	1,41	1,05	0,95	1,05	1,04 %	1,33					
2000	1,71	1,9	1,51	1,51	1,32	1,21	1,27	1,04	0,85	0,74	0,8	1,77					
2001	2,25	3,01	3,43 %	2,3 @	2,04	1,54	1,4	1,35	1,11	0,81	0,77	1,23					
2002	1,53	1,79	1,68	1,45	1,77	1,72	1,46	1,37	1,36	1,5	2,63	4,6					
2003	6,62	6,9	3,69	2,7	2,34	1,87	1,6	1,45	1,25	0,92	1,4	1,62					
2004	2,49	2,44	1,37	1,18	1,19	1,08	1,21	1,12	0,74	0,49	0,4	0,69					
2005	1,59	1,19	1,06	1,11	1,44	1,09	1,02	0,75	0,64	0,56	0,82	1,88					
2006	3,55	3,24	1,96	1,37	1,33	1,31	1,15	0,98	0,73	0,54	0,49	0,5					
2007	1,05	0,82	0,75	0,72	0,93	0,89	0,83	0,77	0,7	0,64	1,29	3					
2008	4,67	2,69	2,1 @	1,52	1,34	1,34	1,19	0,98	0,61	0,46	0,4	0,4					
2009	0,55	0,76	0,65	0,63	0,7	0,7	0,68	0,61	0,5	0,48 @	0,41 %	0,5					
2010	0,92	1,06	1,01	1,01	0,82	0,82	0,66	0,55	0,58	0,41	0,37	0,55					
2011	0,82	1,28	0,98	0,71	0,73	0,77	0,86										

**INDICADORES MESES INCOMPLETOS:** \* : 1 - 10 Días con Información en el Mes  
@ : 11 - 20 Días con Información en el Mes  
% : Más de 20 Días con Información en el Mes

**B.1.3 Río Manflas en Vertedero**

<b>CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)</b>																	
<b>PERIODO: 1964 - 2011</b>																	
Estación : RIO MANFLAS EN VERTEDERO																	
Código BNA: 03421001-2			Latitud S : 28 08 00			UTM Norte : 6885984			mts								
Altitud : 1550 msnm			Longitud W : 69 59 00			UTM Este : 402405			mts								
Cuenca : R. Copiapo			SubCuenca : Río Manflas			Área de Drenaje : 1180			km2								
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC					
1964		0,28 %	0,26	0,2 @	0,23 %	0,18 @	0,16	0,15	0,2	0,19	0,14	0,11					
1965	0,09	0,08	0,08	0,12	0,14	0,18	0,14	0,18 %			1,02 *	0,98 *					
1966	0,85 @	0,67	0,52	0,45	0,46	0,4	0,37	0,34	0,31	0,27	0,22	0,16					
1967	0,13	0,29	0,2	0,18	0,2	0,22	0,22	0,22	0,25	0,24	0,16	0,13					
1968	0,11	0,13	0,15 %	0,16	0,18	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07					
1969	0,2	0,32	0,4	0,21	0,2	0,17	0,16	0,19 %	0,18	0,11	0,08	0,07					
1970	0,08	0,16	0,15	0,13	0,15	0,14	0,13	0,13	0,11 @	0,11	0,1	0,08					
1971	0,15	0,19	0,1	0,09	0,11	0,12	0,14	0,13	0,14	0,12	0,08	0,05					
1972	0,15	0,23	0,16	0,13	0,15 %	0,23	0,39	0,58	0,72	1,57	1,88	2,3					
1973	1,53	1,56	1,2	1,01	0,86	0,79	0,69	0,59	0,48	0,4	0,26	0,22					
1974	0,28	0,35 *	0,2	0,21	0,26 *	0,28 %	0,25	0,22	0,23	0,25	0,15	0,09					
1975	0,12	0,21	0,21	0,18	0,2	0,22	0,21	0,19	0,19	0,14	0,1	0,08					
1976	0,13	0,12	0,11	0,16	0,2	0,19 @	0,2	0,2	0,21	0,19	0,14	0,11					
1977	0,12	0,16	0,23	0,29	0,32	0,33	0,28	0,17	0,19	0,15	0,1	0,09					
1978	0,13 %	0,16	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,18	0,18	0,13	0,08	0,06					
1979	0,1	0,14	0,16	0,14	0,14	0,15	0,14	0,13	0,12	0,09	0,07	0,03					
1980	0,04	0,05	0,03	0,26	0,56	0,5	0,36	0,45	0,59	0,56 %	1,06	1,43					
1981	1,37 @	1,5 *			0,77 @	0,64	0,55	0,6	0,59	0,52	0,37	0,26					
1982	0,41	0,46	0,3	0,29	0,33	0,34	0,39	0,53	0,58	0,6	0,61	0,55					
1983	0,56	0,63	0,53	0,63	0,71	0,69	0,61	0,71	0,73	2,32 @							
1984											3,81 @	3,7					
1985	2,51	1,99	1,97 *														
1986						0,38 *	0,54 %	0,56	0,56	0,53	0,47	0,47					
1987	0,67	0,84 %	0,93	0,77	0,77	0,78	0,56	1,23	1,46 %	2,49 *							
1988						1,37 %	1,19	1,02	0,9	0,8	0,67	0,58					
1989	0,63	0,8	0,66	0,75	0,61	0,54	0,48	0,59	0,67	0,51	0,42	0,35					
1990	0,42	0,45	0,41	0,43	0,39	0,39	0,38	0,34	0,3	0,23	0,17	0,18					
1991	0,29	0,27	0,38	0,35	0,32	0,33	0,49	0,41	0,45	0,32	0,26	0,24					
1992	0,21	0,22	0,28	0,75	0,56	0,74	0,7	0,66 %	0,61 %	0,66	1,06	1,07					
1993	1,12	1	0,8	0,71	0,69	0,68	0,63	0,56	0,48	0,34	0,22	0,13					
1994	0,35	0,39	0,31	0,28	0,27	0,26	0,23	0,27	0,24	0,16	0,12	0,27					
1995	0,65	0,35	0,28	0,29	0,28	0,26	0,23	0,24	0,26	0,21	0,17	0,13					
1996	0,15	0,16	0,18	0,17	0,22	0,22	0,22	0,24	0,23	0,21	0,14	0,13					
1997	0,6	0,4	0,3	0,27	0,3	0,48	0,83	0,89	1,03 %	2,68	7,24 %	5,81 %					
1998	5,27 %	4,23	1,86	1,54	1,49	2,45 %	3,14	2,01	0,57	0,54	0,52	0,3					
1999	0,47 @	0,69 %	0,53	0,73	0,6	0,67	0,67 %	0,49 *	0,48	0,45	0,34	0,23					
2000	0,21	0,21	0,21	0,29	0,39	0,32	0,36	0,47	0,45	0,45	0,39	0,37					
2001	0,41	0,52	0,58	0,55	0,49	0,5	0,55	0,53	0,36	0,33	0,31	0,23					
2002	0,22	0,25	0,35	0,44	0,47	0,5	0,5	0,76	1,46	1,95	2,5	2,28					
2003	1,93	1,84	1,45	1,12	1,01	1,02	0,8	0,7	0,55	0,42	0,43 @	0,34 %					
2004	0,69	0,73	0,51	0,43	0,38	0,37	0,32	0,36	0,36 *	0,24 @	0,36	0,25					
2005	0,41	0,38	0,37	0,41	0,45	0,41	0,39	0,37	0,32	0,26	0,24	0,23 *					
2006		0,47 @	0,41	0,38	0,4	0,35	0,29	0,29	0,25	0,18	0,17	0,13					
2007	0,3	0,24	0,27	0,24	0,23	0,21	0,27	0,29	0,37 @	0,63 %	0,63	0,64 *					
2008		0,66 *	0,72	0,62	0,49	0,43	0,44	0,44 @		0,43 *	0,42 %	0,15 *					
2009	0,15	0,16	0,18	0,17	0,21	0,26	0,22	0,19	0,17	0,13	0,08	0,09					
2010	0,18	0,2	0,2	0,17	0,23	0,31	0,21	0,21	0,24	0,25	0,26	0,19					
2011	0,22	0,39	0,38	0,27	0,32	0,3	0,3										
<b>INDICADORES MESES INCOMPLETOS:</b> * : 1 - 10 Días con Información en el Mes																	
@ : 11 - 20 Días con Información en el Mes																	
% : Más de 20 Días con Información en el Mes																	



### B.1.4 Río Copiapó en Lautaro

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																	
PERIODO: 1931 - 2011																	
Estación : RIO COPIAPO EN LAUTARO																	
Código BNA: 03430001-1																	
Altitud : 1200 msnm																	
Cuenca : R. Copiapó																	
Latitud S :			27 58 00			UTM Norte :			6905153			mts					
Longitud W :			69 59 00			UTM Este :			401866			mts					
SubCuenca :			R. Copiapó Medio			Área de Dren:			8348			km2					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC					
1931																	
1932	5,07	4,87	3,7	3,63	3,82	4,23	4,35	4,11	4,46 *	5,04	4,57	3,09					
1933	0,69 %	2,86 %	0,98 %	0,62 %	1,36 %	2,72 %	1,83 %	7,23 %	5,82 %	5,02 %	5,81 %	3,45 %					
1934	4,37 %	8,39 %	7,46 %	7,24 %	9,34	2,44 %	1,9	1,86 %	1,7 %	1,69 %	1,76 %	2,14 %					
1935	2,92 %	2,93 %	3,19 %	3,27 %	2,49 %	2,36 %		2,35 %		1,22 %	0,53	0,35					
1936	0,65	1,06	0,45	0,53	0,65 %	0,83 %	0,96 %	0,46	0,39 %	0,41 %							
1937	2,17 @	1,02		2,3 @	2,71	2,71	1,92	2,58	1,02 %	0,76	0,71	0,67					
1938	0,65 %	0,93	2,4		1,5												
1947										0,68 @	1,68 @						
1948	1,92 @	2,74 @	1,85 @	1,61 @	0,68 @	0,88 @	0,99 @	1,29 @	1,74 @	1,83 @	1,62 @	2,31 @					
1949	2,72					0,94	0,97	0,97	2,17	1,98	2,64	3,23					
1950	3,48	3,28	3,4	2,09	1,53	1,53 %	1,19 %	1,19	1,17	1,79	2,05	2,27					
1951	2,32	1,87	1,36	0,94	1,53	1,43	1,21	1,07	0,94	1,22	1,3	1,34					
1952	1,63	2,89	2,26	1,61	1,13	0,93	0,98	1,07	1,57	2,16	1,96	2,43					
1953	3,12	3,72	2,65	2,07	1,66	0,97 %	1,07	0,98 %	1,35	1,89	2,47	2,35					
1954	2,39	2,64	3,43	1,88	1,07	0,87	1,1	1,15	1,29	2,42	2,25	1,92					
1955	0,69	1,1	1,46	0,84	0,69	0,75	0,66 @	0,6 @	0,61	0,89	0,91	0,87					
1956	0,66	0,95	0,53	0,37	0,77	0,72	0,6	0,51	0,64	0,63	0,63	0,5					
1957	0,47	0,64	0,61	0,62	0,75	0,46	0,4	0,78	0,65	0,65	0,5	0,24					
1958	0,9	1,28	1,37	0,99	1,15	1,13	1,19 %		1,04	0,87	0,72	0,71					
1959	1,13	1,72	2,27	1,17	1,11	1,27	1,09	0,93 %	0,88	0,67	0,6	0,68					
1960	1,78	1,61	0,81	0,62	1,4	0,9	1,01	1,03	0,92	0,68	0,83	0,71					
1961		1,01	0,92	0,98		1,08	0,82	0,9	1	0,95	1,34	1,28					
1962	1,19	1,22	0,92	0,87	0,92	1,04	1,26	0,92	1,26	1,53		1,74					
1963	2,07				0,83 @	0,99	0,8	0,68	0,6 %			0,71				0,71 @	
1964	0,66	0,72	0,79	0,66	0,82	0,85	0,89	0,65	0,72	0,65	0,71	0,63					
1965	0,66	0,67	0,74	0,83	0,85	1,34	0,99 %	1,28 %	1,22	1,63	3,34	3,74					
1966	3,48	2,84	2,53	2,49	2,44	2,36	1,92	1,7	1,62	1,35	1,01	0,73					
1967	0,72 @	1,27	0,82	0,76	0,97	1,15	1,19	1,34 %	1,27	0,99	0,93	0,83 %					
1968	0,94	1,29	1,42	1,2	1,26	1,32 %	1,08 %	0,95	0,89	0,89	0,73	0,62					
1969	0,91	1,04	1	0,72	0,82	0,79	0,77	0,78 %	0,7	0,6	0,46	0,45 %					
1970	0,44	0,62	0,58	0,57	0,63	0,68	0,66	0,59	0,57	0,55	0,49	0,44					
1971	0,46	0,43	0,51	0,53	0,55	0,6	0,45	0,46	0,66	0,58	0,47	0,39					
1972	1,13	0,79	0,42	0,32 %	0,52 @	0,63	0,51	0,85	1,24	1,94	2,2	3,29					
1973	4,43	3,69	2,59	1,78	1,4	1,04	2,06	0,67	0,94	1,01	1,08	1,02					
1974	1	1,68	1,35	1,39	1,52	1,04	0,94	0,97	0,98	1,01	0,91	0,71					
1975	0,8 %	1,2 %	1,23 %	0,99	0,82	0,78	0,85	0,84	0,83	0,83	0,81	0,83					
1976	1,05	0,99	0,87	0,83	0,73	0,91	0,92	0,92	0,9	0,78	1,03	0,77					
1977	0,87	0,9	0,99	0,93	0,77	0,69	0,55	0,78	0,82	0,86	0,99	1,15					
1978	1,22	1,14	1,01	0,95	1,03	0,67	0,56	0,64 %				0,73 @					
1979	0,92	1,08	0,99 %	0,99 %	1,05	0,57	0,71	0,68 %	0,71 %	0,7	0,63	0,47					
1980	0,29	0,27	0,35	0,59	0,61	0,62 %	0,5 @	0,52 %	1,15	1,26	1,64	3,54					
1981	4,52	3,37	2,38	2,05 %	1,04 *	1,03	0,86 %	1,34	1,14	1,33 %	1,67 @	1,16					
1982	1,37	1,4 %	1,19	1,16	1,11	0,68	0,36	0,85	0,92	1,09	1,38	2,02					
1983	2,42	2,49	2,04	1,4	0,48 *	0,42	0,06	0,12	0,63	1,9	2,75	3,66					
1984	3,7	3,61	4,03	3,3	2,74	2,07	2,78	3,55	4,41 %		6,56 *	7,16					
1985	6,48	3,93	4,41	2,96	1,58	4,15	1,99	2,02 %	1,3	1,63	1,96	1,06					
1986	1,28	1,31	0,97	0,3	0,23	0,25 %	0,24	0,6	1,51	1,49	1,47	1,59					
1987	1,84	1,83	1,39	0,83	0,23	0,25	0,31	1,52	3,97	5,97	7,11	6,46					
1988	8,94	9,22	9,57	9,49	10,4	6,46	4,94	4,67	3,23	2,33	1,43	1,3					
1989	1,27	1,27	1,19	0,51	0,98	1,48	0,62	0,68	1,72	0,75	1,15	1,83					
1990	1,52	1,67	0,92	0,46	0,39	0,32	0,36	0,37	0,49	1,05	1,19	1,12					
1991	1,07	0,98	0,85	0,29	0,18	0,2	3,26	0,97	1,43	1,5	1,04	0,56					
1992	0,82	1,02	0,72	1,15	0,39	0,14	0,26	0,39	0,73	1,04	1,56	1,99					
1993	2,28	2,3	1,81	0,92	0,09	0,14	0,15	0,22	0,55	0,89	1,02	0,92					
1994	0,69	0,88	0,84	0,22	0,03	0,1	0,12	0,16	0,19	0,44	0,24	0,18					
1995	1,52	1,15	0,54		0,06 @	0,1	0,13	0,1	0,11	0,85	0,86	0,83					
1996	0,81	0,76	0,29	0,29 %	0,08 *	0,08 %	0,07	0,08	0,56	0,75	0,97	0,58					
1997	1,35	1,08	0,65	0,49	0,04	0,01	0,02	0,31	0,39	1,91	2,3	2,32					
1998	4,89	0,14	0,06	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05	0,57	1,39	1,18					
1999	0,83	0,59	0,5	0,1	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,61	0,96	0,91					
2000	0,76	0,85	0,67	0,18	0,08	0,28	0,06	0,08	0,36	1,03	1,07	0,83					
2001	0,71	0,63	0,5	0,13	0,05	0,07	2,23	3	2,53	0,29	0,69	0,79					
2002	0,59	0,74	0,68	0,37	0,06	0,22	0,08	0,04	0,07	0,96	1,25	2,46					
2003	2,6	0,51	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,01	0,14	0,65	0,84	0,84					
2004	0,86	0,55	0,33	0,11	0,05	0,08	0,12	0,16	0,18	0,82	0,98	1,02					
2005	0,97	0,88	0,82	0,15	0,04	0,12	0,1	0,11	0,11	0,77	0,97	0,97					
2006	0,77	1,22	1,24	0,11	0,1	0,12	0,08	0,1	0,38	1,02	0,85	0,71					
2007	1,02	1,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,27	1,45	1,5	1,76					
2008	1,54	1,56	1,34	0,42	0,04	0,04	0,1	0,08	0,1	0,71	1,21	0,85					
2009	0,79	0,61	0,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,27	0,88	1,04	1					
2010	0,57	0,77	0,61	0,24	0,09	0,01	0,01	0,01	0,06	0,84	0,9	0,57					
2011	0,73	1,16	1	0,51	0,21	0,15	0,1										

**INDICADORES MESES INCOMPLETOS:** \* : 1 - 10 Dias con Informacion en el Mes  
@ : 11 - 20 Dias con Informacion en el Mes  
% : Más de 20 Dias con Informacion en el Mes

### B.1.5 Río Copiapó en San Antonio

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																									
PERIODO: 1927 - 1988																									
Estación : RIO COPIAPO EN SAN ANTONIO																									
Código BNA: 03430002-K		Latitud S : 27 52 00				UTM Norte : 6917067				mts															
Altitud : 850 msnm		Longitud W : 70 04 00				UTM Este : 394986				mts															
Cuenca : R. Copiapo		SubCuenca : R. Copiapo Medio				Área de Dren: 7816				km2															
AÑO	ENE	I	FEB	I	MAR	I	ABR	I	MAY	I	JUN	I	JUL	I	AGO	I	SEP	I	OCT	I	NOV	I	DIC	I	
1927																									
1928	3,99	%	3,78	%	3,35	%	3	%	3,89		3,75		3,51	%	1,97		1,55	%	1,5	%	1,76	%	2,1	%	
1929	2,39	%	2,15	%	1,73	%	1,83	%	2,48		3,49	@													
1968											0,98	*	1	%	0,72	*	0,65	%	0,65		0,44	%	0,44		
1969	0,67		0,79		0,77		0,63		0,66	%	0,66		0,62	%	0,69	%	0,62		0,53		0,39		0,39		0,39
1970	0,39		0,44		0,36		0,29		0,37		0,47		0,41		0,39		0,39		0,32		0,3		0,23		%
1971	0,25	%	0,26		0,25		0,29		0,37		0,45		0,53		0,55		0,5		0,43		0,35	%	0,24		@
1972	0,82		0,7		0,35		0,33		0,42		0,64		0,39		0,59		0,82		1,41		2,51		2,65		
1973	2,71		2,69		2,19		1,55		1,27		1,27		1,84		1,06		1,39		1,41		1,39		1,34		
1974	1,4		1,6		1,52	%	1,54	@	1,67		1,33		1,17		1,21		1,36		1,52		1,28		1,08		
1975	1,1		1,29		1,46	@	1,37	@	1,1		0,82		0,83		0,88		0,87		0,97		1		0,88		
1976	0,81		0,74		0,85		0,82		0,77	%	0,8		0,9		0,83		0,83		0,75		0,68		0,66		
1977	0,71		0,68		0,71		0,73		0,55	%	0,45	%	0,36		0,47		0,55		0,51		0,67		0,71		
1978	0,71		0,71		0,67		0,74		0,68		0,46		0,63		0,44		0,52		0,45		0,4		0,4		
1979	0,5	%	0,57		0,51		0,64		0,64		0,38		0,43		0,55		0,52		0,37		0,28		0,16		
1980	0,1		0,06		0,09		0,38		0,37		0,36		0,18		0,33		0,71		1,1	%	1,3		2,05		
1981	3,37		2,62		1,87		1,69		1,59	%	1,44		1,48		1,46		1,49		1,62		1,97		1,58		
1982	1,69		1,76		1,61		1,45	%	1,49		1,31		0,92		0,97		1,14		1,34		1,67		1,98		
1983	2,3		2,58		2,4	%	2,05		1,48		1,67		1,5		1,47		1,91		3,15		4,17		5,08		
1984	4,61	@	5,13	%	5,72	%	4,83		4,44		3,93		4,98		5,16		6,27		6,62		7,24	%	8	@	
1985	7,78		6,19		6,46		4,83		4,03		5,84		3,82	%	3,52		2,87		3,11		3,12		1,76	%	
1986	1,89	%	1,9	%	1,75	@	1,54				1,71	@	1,56	%	1,89	%	2,31	%	2,27		2,11		2,27		
1987	2,54		2,54		2		1,75	@	1,27	%	1,58		1,66		2,38		4,28		6,93		11,12		23,67		
1988	25,46	@																							
<b>INDICADORES MESES INCOMPLETOS:</b>																									
* : 1 - 10 Días con Informacion en el Mes																									
@ : 11 - 20 Días con Informacion en el Mes																									
% : Más de 20 Días con Informacion en el Mes																									

### B.1.6 Río Copiapó en Pastillo

<b>CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)</b>															
<b>PERIODO: 1927 - 2011</b>															
Estación : RIO COPIAPO EN PASTILLO															
Código BNA: 03430003-8				Latitud S : 28 00 00				UTM Norte : 6902341				mts			
Altitud : 1300 msnm				Longitud W : 69 58 00				UTM Este : 404156				mts			
Cuenca : R. Copiapó				SubCuenca : R. Copiapó Medio				Área de Drena : 7467				km2			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC			
1927										3,25 @	3,12 %	2,7			
1928	3,53	2,97	2,49 @	2,43 %	2,92 %	3,9 %	3,92 %	3,18 %	2,88 %	2,4 %	2,59 %	2,95 %			
1929	3,03 %	3,09 %	2,74 %	2,65 %	3,18 %	2,99 %	2,62 %	2,36 %	2,29 %	2,33 %	2,97 %	4,19 %			
1930	6,09 %	4,89 %	3,37 %	2,98 %	3,12 %	3,44 @	3,49 %	6,66 %	9,2 %	9,3 %	10,52 %	10,14 %			
1952								1,95 @	2,17 @	1,96 @	2,08 @	3,72 @			
1953	4,97 @	5,79 @	4,84 @	2,78 @	2,73 @	3,46 @		6,4 *	4,68 @	2,73 @	3,03 @	4,69 @			
1954	4,4 @	6,01 @	2,91 @	2,45 @	3,41 @	3,68 @	3,99 @	3,5 @	2,54 @	2,31 @	1,86 @	1,65 @			
1955	2,74 @	3,5 @		1,72 @	1,99 @	2,23 @	2,12 @	1,41 @	1,34 @	1,88 @	1,14 @	1,07 @			
1956	1,03 @	1,03 @	0,78 *	1,07 @	1,37 @	1,43 @	1,28 @	1,02 @	0,99 @	1,02 @	0,94 @	0,82 @			
1957	0,9 @	0,84 @	0,86 @	0,92 @	0,89 @	1,03 @	1,19 @	1,02 @	1,03 @		0,88 @	0,89 @			
1958	1,31 @	1,64 @	1,68 @	1,34 @	1,62 @	1,46 @	1,21 @	1,34 @	1,18 @	1,01 @	1,11 @	0,72 @			
1959	0,72 @	1,85 @			1,17 @			1,06 @	0,89 @	0,89 @		0,85 @			
1960	2,28 @	1,77 @	0,89 @	0,83 @	0,94 @	0,88 @	0,95 @	0,9 @	0,85 @		0,79 @	0,73 @			
1961	1,04 @	1,03 @									0,9 @				
1962	1,24 @														
1963		1,64	0,98 %	1,59	1,32 %	1,94	1,81	1,61	1,45	1,24	1,3	1,73			
1964	1,77 @	2,03	2,06	1,62	1,49	1,59	1,73	1,57	1,23	1,14	1,05	0,81 %			
1965	1,06	1,01	1,22	1,62	1,61	1,56	1,64	1,74 %	1,13 *	2,59	4,3	4,72			
1966	4,45	3,58	2,77	2,61	2,47	2,2 %	2,18	1,94	1,62	1,37	1,15	0,83			
1967	0,69	1,4	1,01	1,02	1,19	1,39	1,45 %	1,33 @	1,37	1,1 %	0,99	0,98 %			
1968	1,17	1,41	1,56	1,26	1,33	1,33	1,23	1,03	0,87 %	0,92	0,73	0,71			
1969	1,1	1,23	1,4	0,97	1,03	1,01	0,99	1,11	0,93	0,82	0,72	0,64 %			
1970	0,63	0,79	0,74	0,72	0,85	0,86	0,82	0,81	0,72	0,7	0,63	0,56			
1971	0,59 @	0,69	0,68	0,7	0,67	0,87	0,97	0,98	0,96	0,83 %	0,65 %	0,54			
1972	1,32	1,17 %	0,82	0,62 @	0,82	1,11 %	1,29 %	1,54	1,79	2,73	3,19	5,88			
1973	7,52	6,72 *	5,31 %	3,98 %	3,45	3,14	2,81	2,37	2,06	1,87	1,32	1,05 @			
1974	1,56	1,97	1,55	1,57	1,6	1,71	1,67	1,41	1,41	1,55 @	0,92 %	0,71 %			
1975	0,99 %	1,9 *	1,64	1,39	1,37	1,45	1,39	1,29	1,22	1,13	0,95 %	1,12 @			
1976	1,36	1,18	1,07	1,03	1,17 %	1,33	1,23	1,22	1,13	1,01 %	1	1,06			
1977	1,23	1,25	1,45	1,39	1,38	1,27	1,16	1,12	1,01	1,1 *	0,8 %	1,11			
1978	1,3	1,39	1,29	1,12	1,12	1,18 @	1,16	1,08	1,07	0,87	0,9	0,93			
1979	1,25	1,24	1,22	1,23	1,28	1,33	1,22	1,1	1,02	0,88	0,74	0,51			
1980	0,36	0,37	0,5	1,3	1,24	1,31	1,33	1,42	1,61	1,53	2,28	4,98			
1981	6,19 %				3,83 *	3,42	2,76	2,7	2,11	1,81 %	1,48	1,27			
1982	1,68	1,81	1,46	1,37	1,53	1,54	1,64	1,73	1,74	1,79	1,82	3,34			
1983	4,15	4,34	3,59	3,3	2,53	2,04	2,61 %	2,61	3,03	4,56 %	6,39 @	7,9			
1984	10,23 %	5,69 *					4,94 @	4,56	5,53	6,58	7,28	9,05 @			
1985								3,75 %	3,14	2,78	2,88	5,08			
1986	3,23	3,34	2,41	2,23	2,38	2,45	2,29	2,38	2,23	1,8	1,46	2,53			
1987	3,28	3,39	3,3	2,89	2,84	2,81	2,82 %								
1991				1,6 %	1,69	1,5	1,74 *			0,79 @	0,71 %	0,72 %			
1992	1,2	1,41	1,35	2,29	2,13	2,68	2,63	2,21	1,81	1,49	1,91	3,11			
1993	4,67	4,68	3,83	3,44	3,07	2,78	2,15	1,69	1,24	0,88	0,65	0,65			
1994	1,32	1,44	1,23	1,07	1,26	1,41 %	1,53	1,59	1,02	0,66	0,44	1,05			
1995	2,2	1,28	0,85	0,94	1,17	1,17	1,13	1,17	1,12 %	1,03 %	0,67	0,76			
1996	1,03	0,58	0,5	0,66	0,92	0,92	0,86	0,78	0,92	0,67	0,34	0,48			
1997	2,08	1,42	1,42	0,75	0,82	1,76	1,95	2,64 %	5,07	4,56	5,01 %	13,11			
1998	17,36 *			4,2 *	4,6	5,15	4,88	4,41	3,83 @	3,49	3,13	3,12			
1999	3,47	3,67	3,16	3,41	2,47	2,65	3,25	2,6	2,26	1,94	1,56	1,65			
2000	1,5 %	1,36	1,29	1,89	2,2	3,04	2,85	2,3	1,32	1,2	0,8 %	1,74 %			
2001	2,12	4,01	4,46	3,49	3,32	2,99	2,56	2,42	1,79	1,29	1,12	1,44			
2002	1,62	2,13	2,02	2,26	2,88	3,3	2,6	3,64	3,24	4,51	6,93	7,43			
2003	6,63	9,13	5,39	4,68	3,89	3,46	3,32	2,96	1,94	1,39	1,79	1,81			
2004	3,63	4,54	2,44	1,96	2,17	2,11	2,09 %	2,25	1,29	0,94	0,66	0,76			
2005	1,59	1,05	1,15	1,52	2,41	1,71	1,89	1,54	1,27	1,04	1,19	2,31			
2006	4,65	4,09	2,59	1,92	1,94	2,02	1,93	1,48	1,02	0,71	0,44	0,33			
2007	1,34	0,36	0,53	0,71	1,27	1,49	1,44	1,58	1,4	1,36	1,87	3,97			
2008	3,67	3,49	2,39	2,13	2,27	2,26	2,14	1,96	1,45	0,96	0,63	0,55			
2009	0,66	0,84	0,74	0,92	1 %	1,42 *	1,54 %	1,25 *	1,17 @						
2010		1 @	0,86	0,72	1	1,09	1,1	0,91	0,78	0,62	0,44	0,51			
2011	0,73	1,33	2,17	1,38	1,53	1,45	1,33								

**INDICADORES MESES INCOMPLETOS:** \* : 1 - 10 Días con Informacion en el Mes  
@ : 11 - 20 Días con Informacion en el Mes  
% : Más de 20 Días con Informacion en el Mes

**B.1.7 Río Copiapó en La Puerta**

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																
PERIODO: 1927 - 2011																
Estación :	RIO COPIAPO EN LA PUERTA															
Código BNA:	03431001-7			Latitud S :	27 48 00			UTM Norte :	6923908			mts				
Altitud :	915 msnm			Longitud W :	70 07 00			UTM Este :	388987			mts				
Cuenca :	R. Copiapó			SubCuenca :	R. Copiapó Medio			Área de Dren:	8348			km2				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC				
1927										3,89 @	3,86 %	3,95				
1928	4,27	4,08	3,54 %	3,61	4,32 %	5,22 %	5,02 %	4,08	3,08	3,18 %	3,25	3,23 %				
1929	3,2	3,14 %	2,94	2,97	3,9 %	4,57 %	4,4 %	4,01 %	3,8 %	3,82	4,29	5,37				
1930	9,61 %	6,95	6,62 %	7,17 %	7,55 %	6,82 %										
1947							2,19 *	2,44	2,23	2,07	2,36	2,42				
1948	2,78		2,41	2,06	1,9	2,07	2,17	2,33	2,41	2,31	2,41	2,71				
1949	4,16	4,41	3,84	3,43	3	2,42	2,39	2,36	2,99	3,12	3,43	3,95				
1950	4,18	5,44	5,08	4,14	3,8	3,72	3,12	2,71	2,51	3,17	3,11	4,19				
1951	3,1	2,93	2,57	2,47	2,47	2,18	2,08	2,09	1,83	1,88	2,16 %	2,03				
1952	2	2,46	2,59	2,22	2,1	1,53	1,4	1,97	3,1	3,09	2,28	2,04				
1953	2,8	3,98	3,13	2,19	2,11	1,98	1,88	2,07	2,03	2,16	2,11	2,61				
1954	2,7	5,4	3,12	2,71	2,54	2,06	2,18	1,79	2,04	2,82	2,41	2,01				
1955	2,1	2,49	2,57	2,17	2,18	1,99	1,68	1,74	1,97	1,92	1,94	1,71				
1956	1,79	1,74	1,54	1,5	1,77	1,96 %	1,75	1,36	1,47	1,4	1,33	1,27 %				
1957	1,24	1,18	1,17	1,2	1,37	1,61	1,36	1,44	1,36	1,37	1,23	1,03				
1958	1,42	1,63	1,79	1,48	1,51	1,62	1,73	1,85 %	1,56	1,4	1,2	1,03				
1959	1,13	1,41	1,78	1	1,11	1,19	1,2	1,32	1,2	0,92	0,87	0,89				
1960	1,85	1,19	0,93	0,87	0,99	1,3 *	1,34	1,27	1,06	1,02 %	0,92	0,98				
1961	1,4	1,43	1,09	1,03	1,21		1,38	1,25	1,29	1,37	1,38	1,43				
1962	1,32	1,61	1,23	1,26	1,27	1,39	1,49	1,48	1,37	1,65	2,07	1,81				
1963	1,92	1,89	1,85	1,82	1,82	1,88	1,89	1,35	1,23	1,06	2,12	1,21 *				
1964	0,91	1,15	1,58	1,75	1,59	1,63	1,58	1,56	1,46	1,61	1,29	0,96				
1965	0,9	1,03	1,18	1,41	1,6	1,63	1,54	1,74	1,65	1,85	2,12	2,94				
1966	3,23	2,34	1,97	2,4	2,36	2,2	2,32	2,28	2,1	1,86 %	1,49 %	1,28				
1967	1,2	1,48	1,31	1,38	1,59	1,64 %	1,76	1,7	1,4	1,34 %	1,34	1,23				
1968	1,28	1,44	1,55	1,39	1,36	2 @										
1973													1,62 @			
1974	1,63	2,19	2,15	2,06	2,14	1,93	1,83	1,75	1,76	1,86	1,68	1,39				
1975	1,36 %	1,56	1,6	1,45	1,33 @	1,46 @	1,55 @	1,55	1,55	1,44	1,31	1,35				
1976	1,37	1,37	1,45	1,31	1,24 @	1,43	1,43	1,38	1,37	1,26	0,96	0,99				
1977	1,05	1,04	1,24	1,23	0,81	0,71	0,9 @	1	0,99	0,94	0,98	1,07				
1978	1,32	1,28	1,12	1,19	1,19	0,84	1 %	0,76 %	0,81	0,82	0,79	0,82				
1979	1,02	1,02	1	0,99	1,06	0,9	0,97	1,03	0,94	0,79	0,66	0,5 %				
1980	0,51 %	0,5	0,56	0,79	0,85	0,86	0,75	0,89	1,16	1,42	1,57	2,23				
1981	3,75	3,19	2,55	2,25	2,23	2,11	2,12 %	1,96 %	2,14	2,63	2,94	2,46				
1982	2,47	2,49	2,37	2,22	2,27	1,97	1,68	1,82	1,93	1,97	2,13 %	2,49 %				
1983	2,88	3,17	3,13	2,8	2,26	2,22	2,3	2,01	2,31	3,37	3,98 @	5,62				
1984	6,32	6,15	6,32	5,19 @	5,57	4,96	5,81	6,21	7,09	5,87 %	8,25	10,26				
1985	8,51	6,6	6,74	5,84	5,02	7,34 %	3,55 *	4,81	3,63	3,93	3,67	2,86				
1986	2,84	3,03	2,9	2,33	2,57	2,63	2,45	2,75	3,12	2,93	2,78	2,79				
1987	3,35	3,22	3	2,8	2,31	2,48	2,89	4,21	6,03	5,6	9,08	25,4				
1988	26,63	17,99	13,59	12,78	12,52	9,69 @	7,05	6,77	5,79	4,77	3,2	2,95				
1989	3,19	3,22	3,35	3	3,5	4,17	3,17	3,24	3,94	2,61	2,92	3,74				
1990	3,15	3,06	2,65	2,38	2,35	2,05	2,12	2,03	2,07	2,29	2,27	2,26				
1991	2,29	2,15	2,22	1,96	1,79	1,8	3,83	2,36	2,38	2,1	1,75	1,58				
1992	1,68 *	1,88	1,51	1,95	1,61	1,45	1,32	1,42	1,57	1,61	1,66	1,98				
1993	2,48	2,9	2,87	2,33	2,11	1,94	1,97	2,11	2,12	2,2	2,11	2,2				
1994	1,88	2,34	2,58 %	1,69	1,64	1,49	1,41	1,56	1,37	1,27 %	0,99	1,05				
1995	1,69	2,08	1,42	1,5	1,39	1,12 @	1,1	1,28	1,09	1,27	1,35	1,3				
1996	1,28	1,09	0,76	0,97	1,1	0,96	0,82 %	0,68	0,93	0,97	1,06	0,87				
1997	1,43	1,47	1,04	1,06	0,87	1,45	0,6	2,06 %	1,16	3,59	2,5	2,45				
1998	13,31	13,28 @	7,92 %	6,24	6,24	5,07	4,94	3,71	2,98	2,32	3,28	3,26				
1999	2,62	2,41	2,57	2,64	2,69	2,76	2,76	2,75	2,47	2,52	2,81	2,49				
2000	2,21	2,02	2,34	1,78	1,62	1,97	2,07	1,91	1,95 %	2,1 %	2,08	2,01				
2001	1,91	1,77	1,75	1,8	1,85	1,76	1,75	1,74	1,74	1,68	1,68	1,89				
2002	1,87	1,87	1,93	1,83	1,75	1,79	1,86	2,01	1,96	2,19	2,58	3,98				
2003	4,9	6,69	4,94	4,19	4,02	3,84	3,56	2,86	2,11	2,16	2,12	2,1				
2004	2,04	1,99	2,06	2,05	2,11	2,13	2,09	2,29	2,07	1,84	1,99	2,19				
2005	1,8	1,84	1,83	1,51	1,88	1,79	1,85	1,91	1,53	1,53	1,64	1,73				
2006	1,7	2,1	2,17	1,98	1,81	1,71	1,81	1,67	1,64	1,57	1,33	1,3				
2007	1,28 %	1,32	1,26 %	1,13	1,07	0,97	0,99	1,01	0,91	1,17	1,31	1,6				
2008	1,39	1,64	1,92	1,56	1,56	1,46	1,63	1,6	1,53	1,49	1,66	1,6				
2009	1,52	1,25	1,2	1,23	1,11	1,07	0,94	0,95	1,11	1,16	1,17	1,16				
2010	0,95	1,28	0,74	0,59	0,54	0,51	0,68	0,61	0,96	1,04	0,84	0,73				
2011	0,68	0,74	0,94	0,78	0,89	0,69 %	0,65									
<b>INDICADORES MESES INCOMPLETOS:</b>																
* : 1 - 10 Días con Información en el Mes																
@ : 11 - 20 Días con Información en el Mes																
% : Más de 20 Días con Información en el Mes																

**B.1.8 Río Copiapó en Mal Paso aguas arriba canal**

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																								
PERIODO: 1929 - 1988																								
Estación : RIO COPIAPO EN MAL PASO AGUAS ARRIBA CANAL																								
Código BNA: 03434001-3			Latitud S : 27 31 00			UTM Norte : 6954792			mts															
Altitud : 431 msnm			Longitud W : 70 16 00			UTM Este : 374685			mts															
Cuenca : R. Copiapo			SubCuenca : R. Copiapo Medio			Área de Drena: 10186			km2															
AÑO	ENE	I	FEB	I	MAR	I	ABR	I	MAY	I	JUN	I	JUL	I	AGO	I	SEP	I	OCT	I	NOV	I	DIC	I
1929													1,93	*	2,18		2,79		2,26		2,74		5,46	
1930	7,47		4,54		5,12		5,26		5,51		4,04		4,15	*										
1947																			1,05	%	1,19		1,17	
1948	1,72		1,55	%	1,64		1,52		1,14		1,08		1,27		1,46		1,37		1,17		1,12		1,21	%
1949	1,89		1,92		1,95	@	1,66	@	1,84	@	1,22	@	1,3	@	1,51	@	1,61	@	1,44	@	1,7	@	1,89	@
1950	2,17	@	2,16	@	2,38	@	1,86	@	1,94	@	2,4	@	2,08	@	1,85	@	1,56	@	1,57	@	1,67	@	1,99	@
1951	2,12	@	1,81	@	1,59	@	1,27	@	1,35	@	1,52	@	1,56	@	1,17	@	1,17	@	1,03	@	1,16	@	1,24	@
1952	1,13		1,38	%	1,38	%	1,6	%	1,17		0,79		0,86		0,81	%	1,22		1,51		1,01		0,81	
1953	1,05		1,63		1,5		1,66		1,66	%	3,96		0,64	%	0,71		1,04		1,19	%	1,27	%	1,61	
1954	1,5		2,27		2,03		1,84		1,88		1,52		1,82		1,35		1,42		1,73	%	1,44		1,38	
1955	1,23		1,4		1,4		1,37		1,37		1,35	%	1,13		1,07	%	1,21		1,16	%	1,21	%	1,07	
1956	0,89		0,92		0,86		0,91		1,01	%	0,96		1,05	%	1,01		1,07		1,05	%	0,63		0,65	%
1957	0,68		0,68		0,7		0,69	%	0,67		0,7	%	0,67		0,77		0,71		0,77		0,72		0,6	
1958	0,74	%	0,86		1,03		0,98	%	1,04		0,94		0,76	%	0,88		0,77	%	0,63		0,55		0,53	
1959	0,68		0,78		0,73		0,57		0,57		0,56		0,71		0,63	%	0,61		0,49		0,45		0,44	
1960	0,76		0,62	%	0,48		0,5		0,46		0,55		0,64		0,67		0,6		0,53		0,51		0,54	
1961	0,6		0,6		0,52		0,59	%	0,62		0,67		0,69				0,7	%	0,64		0,73		0,76	
1962	0,72										0,99	%	0,83		0,87		0,71		0,73		1,01		1,1	
1963	1,04		0,95		0,7	%	0,6	*	0,79	%	0,92		0,92		0,69		0,71		0,69		0,7		0,91	
1964	1,03	*	0,64	*	0,31	*	0,78		0,88		1,17	*	0,87		0,8		0,68		0,68		0,6		0,48	
1965	0,47		0,47		0,54	%	0,6	%	0,78		0,75		0,68		0,72		0,77		0,81		1		1,16	
1966	1,32	%	1,54		1,34		1,3		1,35	%	1,71	*	1,26		1,27		2,08	*	1,15		0,88		0,6	
1967	0,57		0,93		0,77		0,82		0,94		0,96	%	0,97		1,09	@	1,04	%	0,98	@	0,8		0,57	
1968	0,66		0,74	%	0,9		0,83		0,75		0,79		0,75		0,71		0,68	@	0,59		0,49		0,44	
1969	0,61		0,67		0,75		0,68		0,64		0,6		0,63		0,65		0,49	%	0,46	%	0,43	%	0,27	%
1970	0,22		0,24		0,38		0,46		0,42		0,47		0,52		0,43	%	0,39		0,32	%	0,28		0,26	
1971	0,25		0,23		0,24		0,24		0,27		0,35		0,43		0,43		0,39		0,32		0,24		0,23	
1972	0,43		0,6		0,52		0,46		0,53		0,69		0,64	%	0,66		0,69		0,77		0,93		0,97	
1973	1,15		1,08	%	1,04	%	0,95		0,76		0,87	%	0,87	%	0,64		0,65		0,62		0,79		0,8	
1974	0,78		0,87		0,88		0,83		0,97	%	0,92		0,81		0,76		0,77		0,75		0,68		0,62	
1975	0,69		0,59		0,51		0,58		0,62	%	0,6		0,61		0,62		0,55		0,53		0,5		0,43	
1976	0,42		0,39		0,41		0,45		0,4	%	0,47		0,5		0,48		0,42		0,32		0,29		0,29	
1977	0,31		0,37		0,36		0,38		0,35		0,43		0,32		0,37		0,35		0,32		0,29	%	0,31	
1978	0,35		0,33	%	0,31	%	0,34		0,38	%	0,39	*	0,4		0,33	%	0,31		0,27		0,21		0,16	
1979	0,2		0,22		0,24		0,3		0,39	%	0,3		0,28		0,33		0,31		0,25	%	0,17	%	0,14	%
1980	0,1	%	0,09	%	0,11	%	0,31	%	0,35	*	0,36	*	0,35		0,38		0,37		0,38		0,41		0,48	
1981	0,83		1,02		1,03		0,96		1,03		1,01		0,95		0,82		0,8		0,8		0,88		0,74	
1982	0,8		0,79		0,82		0,83		0,89		0,89		0,68		0,65		0,63		0,59		0,6		0,7	
1983	0,79		0,82		0,92		1,02		1,24		1,29		1,4		1,03		1,09		1,36		1,52		1,8	
1984	2,25		2,66		3,25		3,79		3,67		3,58		4,06		4,01		4,48		5,18		6,46	%	6,54	%
1985	6,72		4,9		5,23		4,69		4,4		6,63		4,39		3,66		2,78		2,63		2,5		1,58	
1986	1,7		1,81		1,93	@	1,83		2,1		2,06		1,75	%	1,55	%	1,85		1,92		1,6		1,54	
1987	1,69		1,8		1,92		1,94		1,88		1,78		2,42	%	2,15		3,07	%	4,92	%	5,96	%	20,27	%
1988	25,1	@																						

**INDICADORES MESES INCOMPLETOS:** \* : 1 - 10 Días con Informacion en el Mes  
 @ : 11 - 20 Días con Informacion en el Mes  
 % : Más de 20 Días con Informacion en el Mes

**B.1.9 Mal Paso después de Bocatoma**

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																			
PERIODO: 1988 - 2011																			
Estación : CANAL MAL PASO DESPUES DE BOCATOMA																			
Código BNA: 03434002-1																			
Latitud S : 27 30 00																			
UTM Norte : 6955873 mts																			
Altitud : 431 msnm																			
Longitud W : 70 15 00																			
UTM Este : 375113 mts																			
Cuenca : R. Copiapo																			
SubCuenca : R. Copiapo Medio																			
Área de Drenaje : 0 km2																			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC							
1988	xx																		
1989	1,16 %	0,99	0,8	0,57 %			0,56 @	0,56 @	0,71 @	1,13 %	1,25	1,29							
1990	1,24	1,44	1,24	1,35	1,37	1,08	1,06	1,03	0,95	1,05	0,97	0,82							
1991	0,9	0,78	0,87	0,88	1 @	0,89	1,01	0,63	0,69	0,72	0,29	0,22 %							
1992	0,47 @	0,89	0,7	0,94	0,83 %	0,86 *	0,62	0,66	0,62	0,57	0,49	0,55							
1993	0,67	0,83	1,13	1,23	1,11	0,95	0,97	0,84	0,67	0,61	0,52	0,48							
1994	0,34	0,35	1,18	1,01	1,1 %	0,86 @	0,66 %	0,68	0,42	0,23	0,1	0,11							
1995	0,17	0,26	0,26	0,37	0,34	0,27	0,37	0,45	0,31	0,27	0,31	0,33							
1996	0,3	0,25 %	0,18 %	0,21 @	0,25	0,23	0,19	0,18	0,2	0,17	0,14	0,1							
1997	0,16	0,24 %	0,28	0,31	0,26	0,28 %	0,25 %	0,47 @	0,55 @	0,76	1,16	1,79 @							
1998	1,07	0,6	0,41	0,48	0,42	0,5	0,54	0,95	1,1	0,96 *	1,1	1,42							
1999	1,36	1,2 %	1,33	1,4	1,53	1,49	1,7	1,5	1,13	1,24	1,36	1,33 %							
2000	1,03 *	1,03	1,19	1 %	1,3	0,97	1,3	0,99 %	0,71 %	0,86 @	0,67	0,57							
2001	0,55	0,57	0,51	0,46	0,48	0,52	0,09	0,6	0,61	0,54	0,51	0,63							
2002	0,56 @	0,58	0,72	0,57	0,73 %	0,72 *	0,7 %	0,28	0,66	0,62 *	0,79	1,05							
2003	1,67 %	1,73	1,63	1,77	2,04	1,45	0,69	0,4 %	1,15	0,93	0,81	0,92							
2004	0,78 @	0,76 %	0,74	0,7	0,71	0,8	0,71	0,93	0,76	0,73 %	0,64 *	0,61							
2005	0,77	0,87	0,76	0,72 @	0,6 @	0,58	0,55 %	0,59	0,55	0,43	0,47	0,49							
2006	0,47	0,39	0,49	0,73	0,72	0,72	0,51	0,52	0,51	0,53	0,46 %	0,41							
2007	0,39	0,39	0,47	0,52	0,48	0,43	0,37	0,45	0,34	0,43	0,27 @	0,67 @							
2008	0,59	0,68	0,66	0,55	0,48	0,6	0,54	0,57 @			0,55 *	0,52							
2009	0,56	0,57	0,51	0,38 %				0,49 *		0,52 @		0,51 *							
2010	0,35	0,43 %	0,38	0,31	0,27	0,24	0,25	0,21	0,19	0,32	0,22	0,19							
2011	0,24	0,31	0,33	0,27	0,19	0,06	0,25												
<b>INDICADORES MESES INCOMPLETOS:</b> * : 1 - 10 Días con Informacion en el Mes																			
@ : 11 - 20 Días con Informacion en el Mes																			
% : Más de 20 Días con Informacion en el Mes																			

**B.1.10 Río Copiapó en Mal Paso aguas abajo canal**

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																		
PERIODO: 1988 - 2011																		
Estación : RIO COPIAPO EN MAL PASO AGUAS ABAJO CANAL																		
Código BNA: 03434003-K			Latitud S : 27 30 00			UTM Norte : 6955719			mts									
Altitud : 431 msnm			Longitud W : 70 15 00			UTM Este : 375087			mts									
Cuenca : R. Copiapo			SubCuenca : R. Copiapo Medio			Área de Drenaje : 0			km2									
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC						
1988								6,07 *	4,32	3,03	1,61	1,22						
1989	1,11	1,33	1,68	1,89	2,36	2,56	1,7	1,65	1,8 %	0,31 @	0,45	0,88						
1990	0,74	0,48	0,58	0,7	0,78 @	0,24	0,25	0,19 %										
1998	8,96 %	9,53 @	4,63 %	5,37 %	10,41	11,1	4,14	3,09 @	0,43 @	0,12 *	0,11	0,03						
1999	0,02	0,03 %					0,27 *	0,19	0,13	0,14 %	0,1 *	0,07 %	0,01 %					
2000	0,01 *	0,01	0,01	0,01	0,04 %	0,32 *	0,13 %	0,55 *	0,01 *	0,04	0,08 %							
2001	0,01 @	0,02	0,09	0,15 %	0,01	0,02 %	0,88 %	0,01 @	0,07 *									
2002	0,01 *	0,01	0,01	0,01	0,01 *			0,01 %	0,79	0,26	0,01	0,01	0,01					
2003	0,69	3,51	1,42	1,09	1,24	1,58	2,37	1,95 %	0,01 %	0,01 %	0,01 @	0,01						
2004	0,01	0,01	0,01	0,01 %	0,03	0,01	0,64	0,1 %	0,29	0,02								
2005		0,01 @	0,01	0	0 @	0	0	0	0	@								
2006		0 *	0	0	0	0	0 *					0 *	0					
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 @	0 @						
2008	0 %		0,13 *	0,01	0	0	0 %	0 @		0 *	0	0						
2009	0	0	0	0	0	0	0 %	0 *	0 %	0 %	0 *	0 @						
2010	0	0 *	0 *		0 @	0	0	0	0	0	0	0						
2011	0	0	0 %	0	0	0	0,09 %											
<b>INDICADORES MESES INCOMPLETOS:</b> * : 1 - 10 Días con Informacion en el Mes																		
@ : 11 - 20 Días con Informacion en el Mes																		
% : Más de 20 Días con Informacion en el Mes																		

**B.1.11 Río Copiapó en Ciudad de Copiapó**

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																									
PERIODO: 1983 - 2011																									
Estación : RIO COPIAPO EN CIUDAD DE COPIAPO																									
Código BNA: 03450001-0					Latitud S : 27 21 00					UTM Norte : 6972537					mts										
Altitud : 0 msnm					Longitud W : 70 20 00					UTM Este : 367552					mts										
Cuenca : R. Copiapo					SubCuenca : R. Copiapo Bajo					Área de Drenaje : 0					km2										
AÑO	ENE	I	FEB	I	MAR	I	ABR	I	MAY	I	JUN	I	JUL	I	AGO	I	SEP	I	OCT	I	NOV	I	DIC	I	
1983	0,07	@	0,07	@	0,09	@	0,09	@	0,25	@	0,39	@	0,99	@	0,48	@	0,77	*							
1984	0,65	%	0,86		1,65		2,47		2,75		3,08		3,82		3,53		4,19		4,61		4,04		5,1		
1985	7,19		4,17		4,98		4,52		4,94		6,23		4,07		3,11		2,25		1,97	%	1,77		0,88	%	
1986	0,99		0,98		1,18	%	1,25		1,52		1,8		1,64		1,25		1,33		1,49		1,11		0,98		
1987	0,85		0,78		0,9		1,08		1,17	@	1,17		1,96		2,91		2,75	@	3,73		4,44		17,62		
1988	19,21		19,98		10,26		5,73		6,3		4,61	*	7,19	*	5,92		3,49		2,18		1,75	%			
1989	1,26	@			1,46		1,61		2,08		2,51		1,76		1,37		1,88		1,21	@	1,17		1,13		
1990	1,15	%	1,02	%	1,06	@	1,12		1,21		0,98	%	1,14	%	1,09		1,09		1,08		0,99		0,76		
1991	0,8		0,75		0,56		0,74		0,75		1,13		1,83		0,72		0,45	@	0,66		0,63		0,62		
1992	0,71		0,51		0,51		0,51		0,55		0,65		0,51		0,56		0,51		0,41		0,41		0,41		
1993	0,36		0,33		0,35		0,36		0,4	@	0,4	%	0,47		0,42		0,37	@	0,38		0,36		0,35	@	
1994	0,37	%	0,33		0,21	@	0,23	@	0,25		0,26	@	0,28	@	0,29		0,31		0,24	@	0,17		0,1		
1995	0,1	%			0,11	%	0,1		0,07		0,07		0,08		0,08		0,07	*	0,04	@	0,02		0,01	@	
1997																			0,3	*	0,34	@			
1998	8,02	%			6,55	*	5,76	@	3,1		3,16	@	2,91	%	1,26		0,65	%	0,24	%	0,38		0,34		
1999	0,25		0,15		0,21		0,58		0,88		0,43		0,73		0,65		0,16		0,15		0,2	@			
2000																					0,13	*	0,09		
2001	0,08	@																							
2002																								0 %	
2003	0,01		0,15		0,61		0,32		1,36		0,44		0,55		0,38		0,22		0,24		0,17		0,18		
2004	0,09		0,04		0,04		0,04		0,02	@	0,04		0,08		0,05		0,03		0,02		0,01		0,01		
2005																									
2006		*		*	0		0								0										
2007			0		0								0								0 %				
2008									%												%		0		
2009	0		0						*						*		%				@				
2010	0			@		%																			
2011													0,1												
<b>INDICADORES MESES INCOMPLETOS:</b> * : 1 - 10 Días con Informacion en el Mes																									
@ : 11 - 20 Días con Informacion en el Mes																									
% : Más de 20 Días con Informacion en el Mes																									



### B.1.12 Río Copiapó en Angostura

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																									
PERIODO: 1963 - 2011																									
Estación : RIO COPIAPO EN ANGOSTURA																									
Código BNA: 03453001-7		Latitud S : 27 19 00				UTM Norte : 6976801				mts															
Altitud : 48 msnm		Longitud W : 70 50 00				UTM Este : 318130				mts															
Cuenca : R. Copiapo		SubCuenca : R. Copiapo Bajo				Área de Dren: 18324				km2															
AÑO	ENE	I	FEB	I	MAR	I	ABR	I	MAY	I	JUN	I	JUL	I	AGO	I	SEP	I	OCT	I	NOV	I	DIC	I	
1963							0,1 *		0,09		0,11		0,14		0,19		0,19		0,22		0,15		0,13		%
1964	0,11 *		0,09 *		0,11 @		0,13		0,1		0,13		0,14		0,18		0,2		0,2		0,11		0,09		
1965	0,09 %		0,09		0,08 %		0,08		0,1		0,13		0,16		0,14		0,13		0,13		0,12		0,1		
1966	0,09		0,09		0,08		0,11		0,13		0,14		0,14		0,14		0,16		0,14		0,13		0,11		
1967	0,1		0,1		0,1		0,12		0,13		0,14		0,15		0,16 %		0,15		0,14		0,13		0,1		
1968	0,1		0,09		0,1		0,12		0,16		0,18		0,19		0,2		0,19		0,18		0,15		0,12		
1969	0,09		0,09		0,08		0,09		0,12		0,14		0,15		0,17		0,16		0,13		0,11		0,09		
1970	0,07		0,1 %		0,09		0,11		0,13		0,14		0,16		0,17		0,15		0,12		0,11		0,09		
1971	0,07		0,08		0,09		0,12 @		0,15		0,15		0,17		0,18		0,17		0,14		0,11		0,09 %		
1972	0,09		0,09		0,1		0,11		0,13		0,15		0,16		0,19		0,18		0,14		0,11		0,1		
1973	0,09		0,09 %		0,11		0,13		0,14		0,16		0,16		0,23		0,11		0,11		0,12		0,1		
1974	0,09		0,08		0,08		0,09		0,12		0,13		0,16		0,17		0,15		0,13		0,11		0,1		
1975	0,07		0,07 %		0,08 @		0,09		0,13 %		0,14		0,14		0,14		0,14		0,12		0,12		0,1		
1976	0,09		0,08 %						0,09 %		0,12		0,14		0,15		0,16		0,13		0,12		0,1		
1977	0,09 %		0,1		0,1 %		0,1		0,11		0,1		0,15		0,13		0,13		0,13		0,11		0,09		
1978	0,08		0,08		0,12		0,14		0,14		0,14 %		0,17		0,17		0,14		0,14		0,11		0,11		
1979	0,09 %		0,08 @		0,08		0,1		0,14		0,15		0,16		0,15		0,15		0,14		0,11		0,1		
1980	0,1		0,09		0,1		0,12		0,13		0,15		0,17		0,19		0,16		0,13		0,12 %		0,1 @		
1981	0,08		0,07		0,08		0,09		0,11		0,11		0,14		0,16		0,16		0,13		0,1		0,09		
1982	0,07		0,06		0,06		0,07		0,11		0,13		0,16		0,16		0,15		0,1		0,1		0,1		
1983	0,09		0,08		0,09 %		0,1		0,12		0,13		0,25		0,16		0,15		0,13		0,11		0,08		
1984	0,06		0,06		0,09		0,12 %		0,12		0,14		0,7		1,03		1,16		1,78		2,43		3,11		
1985	3,52		1,88		1,88		1,94		2,44		4,18		3,4		1,65		0,89		0,23		0,16		0,18		
1986	0,09 %		0,07		0,08		0,11		0,13		0,2		0,19		0,18		0,16		0,13		0,11		0,08		
1987	0,11		0,09		0,1		0,11		0,12		0,15		0,71		1,31		0,92		1,8		3,1		14,07		
1988	17,82		13,62		9,78		8,73		9,92		7,15		5,33		4,29		2,72		1,84		0,95		0,53		
1989	0,28		0,26		0,39		0,49 @		0,95 @		1,37		1,29		1,05		0,86		0,31		0,14 @		0,16 %		
1990	0,08		0,12		0,13		0,15		0,19		0,22		0,23		0,26		0,21		0,2		0,16		0,13		
1991	0,1		0,11		0,14		0,18		0,25		0,62		1,62		0,9		0,35		0,15		0,17		0,16		
1992	0,09		0,1		0,15		0,22		0,18		0,27		0,24		0,24		0,24		0,24		0,13		0,08		
1993	0,08		0,05		0,12		0,21		0,17		0,19		0,22		0,23		0,2		0,17		0,14		0,13		
1994	0,09		0,1		0,14		0,17		0,21		0,21		0,24		0,24		0,21		0,18		0,16		0,09		
1995	0,05 @		0,08 @		0,1		0,14		0,18		0,19		0,22		0,24		0,22		0,24		0,13		0,1 %		
1996	0,33 %		0,24		0,26		0,15		0,19		0,22		0,22 %		0,19 %		0,16		0,09 %		0,1 %		0,1		
1997	0,1		0,08		0,06		0,12		0,18 @		1,91 @		0,16 @		0,25 @				0,11 @		0,12		0,09		
1998	4,49		5,33		4,3 %		2,82 *		3,37		2,61		2,64		1,38		0,53 %		0,14		0,08		0,04		
1999	0,05		0,05		0,09		0,19		0,2		0,1		0,13		0,17		0,12		0,12		0,06		0,02		
2000	0,02		0,02		0,03		0,08		0,13		0,14 %		0,21		0,15		0,14		0,14		0,11		0,08		
2001	0,06		0,05		0,05		0,06		0,12		0,13 %		0,17 %		0,16		0,16		0,15		0,15		0,12		
2002	0,09		0,05		0,05		0,09		0,12		0,17		0,17		0,16		0,16		0,13		0,13		0,11		
2003	0,07		0,08		0,07		0,1		0,14		0,15		0,14		0,14		0,17		0,17		0,11		0,08		
2004	0,06		0,07		0,09		0,13		0,14		0,18		0,14		0,18		0,16		0,12		0,11		0,08		
2005	0,05		0,06		0,05		0,06		0,1		0,14		0,17		0,17		0,13		0,12		0,09		0,07		
2006	0,08		0,09		0,06		0,1		0,13		0,12		0,15		0,12		0,14		0,11		0,09		0,09		
2007	0,06		0,05		0,06		0,09		0,13		0,16		0,17		0,19		0,11		0,12		0,09		0,11 @		
2008	0,05		0,04		0,03		0,09		0,21		0,12		0,15		0,09 %				0,12 %		0,13		0,07		
2009	0,05 @		0,01		0,01		0,02 @		0,13		0,13		0,12		0,1		0,13		0,09		0,1		0,06		
2010	0,04		0,04		0,05 %		0,04 %		0,14		0,15		0,12		0,14		0,17		0,1		0,08		0,05		
2011	0,04		0,03		0,03		0,03		0,05		0,12		0,31												

**INDICADORES MESES INCOMPLETOS:** \* : 1 - 10 Días con Informacion en el Mes  
@ : 11 - 20 Días con Informacion en el Mes  
% : Más de 20 Días con Informacion en el Mes

**B.2.1 Caudales máximos instantáneos anuales Estación Río Copiapó en la Puerta**

Año Hidrológico	Pluvial			Nival		
	Q <sub>mi</sub> Anual m³/s	Día	Mes	Q <sub>mi</sub> Anual m³/s	Día	Mes
1964/1965	2,40	21	7	2,20	21	10
1965/1966	2,55	18	7	4,23	20	12
1966/1967	3,15	25	4	2,73	3	10
1967/1968	2,31	1	7	2,01	3	3
1968/1969	2,33	4	6	1,81	11	11
1969/1970	1,87	23	8	1,48	1	10
1970/1971	1,51	18	8	1,16	5	10
1971/1972	1,71	21	6	1,84	6	2
1972/1973	2,11	29	6	4,16	1	2
1973/1974	3,52	29	7	2,67	8	2
1974/1975	2,40	3	5	2,22	6	10
1975/1976	1,85	15	8	2,34	15	10
1976/1977	1,82	16	7	1,60	16	1
1977/1978	1,55	26	4	1,94	22	1
1978/1979	1,64	16	4	1,35	6	2
1979/1980	1,40	6	5	1,12	13	10
1980/1981	1,78	25	7	4,44	26	1
1981/1982	2,78	6	5	3,53	24	11
1982/1983	2,80	6	4	3,75	27	2
1983/1984	6,38	1	7	8,10	21	3
1984/1985	8,60	10	7	12,70	19	12
1985/1986	10,60	24	6	4,31	31	10
1986/1987	3,48	14	8			
1987/1988	11,70	25	7	54,90	3	12
1988/1989	13,70	4	5	6,37	6	10
1989/1990	5,09	21	8			
1990/1991	2,62	8	5	5,77	25	12
1991/1992	5,86	17	7	2,84	31	1
1992/1993	2,65	8	6	3,25	27	2
1993/1994	2,71	23	4	7,20	28	2
1994/1995	1,99	1	4	2,39	19	2
1995/1996	1,69	23	4	1,46	9	10
1996/1997	1,38	7	5	1,65	27	1
1997/1998	17,20	13	6	11,40	21	1
1998/1999	7,33	15	5	3,74	25	11
1999/2000	3,40	1	4			

Fuente: Entre los años 1964 y 1990 provienen de "Análisis de Eventos Hidrometeorológicos Extremos en el País Caudales Máximos y Mínimos. Volumen III". Entre los años 1991 y 2000 provienen de Banco Nacional de Aguas (D.G.A).

1995/1996	1,69	23
1996/1997	1,38	7
1997/1998	17,20	13
1998/1999	7,33	15
1999/2000	3,40	1

Fuente: Entre los años 1964 y 1990 provienen de "Análisis de Eventos Mínimos. Volumen III". Entre los años 1991 y 2000 pro

1963/1964	1,70	10
1964/1965	1,74	23
1965/1966	1,50	22
1966/1967	2,54	7

**B.2.2 Caudales Máximos Instantáneos Anuales Estación Río Copiapó en Mal Paso Aguas Arriba Canal**

Año Hidrológico	Pluvial			Nival			
	Q <sub>mi</sub> Anual m³/s	Día	Mes	Q <sub>mi</sub> Anual m³/s	Día	Mes	
1962/1963	2,06	27	7	2,00	30	11	16
1963/1964	1,76	16	7	1,88	31	12	3
1964/1965	1,74	23	8	1,28	21	10	13
1965/1966	1,50	22	8	2,50	21	2	13
1966/1967	2,54	7	8	2,13	1	10	18
1967/1968	1,95	16	9	1,63	17	3	18
1968/1969	1,48	3	4	1,37	19	1	8
1969/1970	1,38	13	5	0,87	10	10	8
1970/1971	0,95	18	6	0,65	9	11	8
1971/1972	0,78	8	9	1,47	10	2	8
1972/1973	1,84	29	6	1,82	15	1	29
1973/1974	1,53	9	4	1,22	30	11	29
1974/1975	1,27	8	6	1,23	3	11	9
1975/1976	0,93	2	6	0,98	25	11	9
1976/1977	0,75	3	7	0,63	23	1	9
1977/1978	1,22	29	4	0,81	1	1	8
1978/1979	0,69	16	7	0,72	21	1	8
1979/1980	0,77	8	6	0,49	13	10	8
1980/1981	14,90	6	4	1,62	8	3	2
1981/1982	1,86	6	8	1,25	24	1	2
1982/1983	1,13	30	5	1,40	30	1	3
1983/1984	7,88	1	7	3,88	30	3	3
1984/1985	5,18	20	9	8,25	13	1	3
1985/1986	9,45	15	6	3,23	2	10	29
1986/1987	2,31	3	5	2,30	19	10	29
1987/1988	113,00	25	7	28,80	25	12	16

Fuente: Entre los años 1962 y 1987 provienen de "Análisis de Eventos Hidrometeorológicos Extremos en el País Caudales Máximos y Mínimos. Volumen III".

1979/1980	0,77	8
1980/1981	14,90	6
1981/1982	1,86	6
1982/1983	1,13	30
1983/1984	7,88	1
1984/1985	5,18	20
1985/1986	9,45	15
1986/1987	2,31	3
1987/1988	113,00	25

Fuente: Entre los años 1962 y 1987 provienen de "Análisis de Eventos Hidrometeorológicos Extremos en el País Caudales Máximos y Mínimos. Volumen III".

### B.2.3 Caudales Máximos Instantáneos Anuales Estación Río Copiapó en Ciudad De Copiapó

Año Hidrológico	Pluvial			Nival		
	Q <sub>mi</sub> Anual m <sup>3</sup> /s	Día	Mes	Q <sub>mi</sub> Anual m <sup>3</sup> /s	Día	Mes
1985/1986	2,44	7	10			
1986/1987	3,07	21	7			
1987/1988	34,50	31	7			
1988/1989	29,70	22	1			
1989/1990	3,64	14	6			
1990/1991	1,73	23	1			
1991/1992	17,45	19	6	1,89	9	1
1992/1993	1,07	9	6	0,58	28	10
1993/1994	0,78	12	7	0,73	6	2
1994/1995	0,48	16	9	0,27	10	10
1995/1996	0,13	4	4	0,06	22	10
1996/1997						
1997/1998				14,87	19	1
1998/1999	6,82	20	4	1,09	28	11
1999/1998	4,48	26	7	1,22	31	3
2000/2001	11,30	24	6	1,50	23	10

Fuente: Entre los años 1985 y 2000 provienen de Banco Nacional de aguas (D.G.A) .

1989/1990	3,64	14	6	
1990/1991	1,73	23	1	
1991/1992	17,45	19	6	1,89
1992/1993	1,07	9	6	0,58
1993/1994	0,78	12	7	0,73
1994/1995	0,48	16	9	0,27
1995/1996	0,13	4	4	0,06
1996/1997				
1997/1998				14,87
1998/1999	6,82	20	4	1,09
1999/1998	4,48	26	7	1,22
2000/2001	11,30	24	6	1,50

Fuente: Entre los años 1985 y 2000 provienen de Banco Nacional

**ANEXO II.1.C: SERIES DE COMPARACIÓN DE CAUDALES**
**C.1 Tabla de Series de Volúmenes Escurridos Anualmente**

Volumenes Anuales Escurridos (Mm3)											
Año	RIO JORQUERA EN VERTEDERO (A)	RIO PULIDO EN VERTEDERO (B)	RIO MANFLAS EN VERTEDERO (C)	A+B+C	Pastillo	Embalse Lautaro	La Puerta	San Antonio	Mal Paso (Aguas Arriba)	Copiapó	Angostura
1970	4.6	8.3	2.6	15.5	15.7	12.1	19.5	11.5	8.3		2.9
1971	5.2	13.5	3.9	22.5	24.1	16.0	27.0	11.8	9.7		4.1
1972	22.0	31.1	23.1	76.1	58.7	36.5	40.0	30.6	21.1		4.1
1973	34.7	78.3	25.6	138.6	109.6	57.2	71.5	53.0	27.4		4.2
1974	13.8	26.5	7.5	47.7	46.5	35.6	58.9	44.0	25.8		3.9
1975	10.1	27.7	5.6	43.4	41.7	28.5	46.1	33.1	18.5		3.6
1976	9.9	23.1	5.3	38.2	36.3	28.2	41.0	24.9	13.1		3.2
1977	11.8	25.6	6.5	43.9	37.6	27.1	31.5	18.7	11.2		3.6
1978	8.5	23.7	4.6	36.8	35.3	27.7	31.4	17.9	10.2		4.1
1979	6.9	23.6	3.8	34.3	34.3	25.0	28.6	14.6	8.5		3.9
1980	12.8	25.6	15.7	54.1	48.0	29.9	31.9	18.5	9.9		4.2
1981	23.3	85.2	25.5	134.0	116.7	57.7	79.9	58.5	29.2		3.5
1982	15.6	33.5	14.5	63.7	56.5	35.7	68.0	45.7	23.8		3.3
1983	22.9	97.1	38.6	158.7	124.0	48.4	95.0	78.4	38.3	8.5	4.4
1984	44.4	132.5	62.3	239.2	190.6	127.3	205.5	176.4	133.6	96.9	29.6
1985	38.1	74.8	41.6	154.6	142.9	88.2	164.7	140.5	132.0	121.3	59.4
1986	24.6	42.9	13.4	80.9	75.7	29.6	87.3	55.9	57.0	40.9	4.2
1987	52.3	114.6	55.5	222.4	187.0	83.6	185.4	162.7	131.2	103.7	59.6
1988	102.0	118.0	65.3	285.4	246.1	189.7	326.1	67.1	99.9	228.3	217.7
1989	36.7	42.5	18.4	97.6	81.0	35.4	105.5		57.5	50.3	19.8
1990	29.5	32.1	10.8	72.3	60.1	26.0	75.6		36.3	34.9	5.5
1991	20.2	27.4	10.8	58.4	39.9	32.5	69.1			26.2	12.5
1992	22.0	39.8	19.8	81.5	63.8	26.9	51.7			16.5	5.7
1993	27.7	66.3	19.4	113.4	78.3	29.8	72.0			12.0	5.0
1994	14.1	25.9	8.0	48.0	36.9	10.8	50.8			8.0	5.5
1995	9.7	26.0	8.8	44.5	35.5	17.1	43.7			2.0	5.0
1996	9.4	20.9	6.0	36.3	22.8	14.0	30.3				5.9
1997	18.1	66.9	18.5	103.5	107.0	28.6	51.8			1.7	8.4
1998	41.8	109.8	44.8	196.4	209.8	22.6	191.2		118.6	85.3	73.0
1999	25.6	52.2	15.0	92.9	84.6	12.5	83.0		34.9	11.5	3.4
2000	16.0	41.2	10.9	68.0	56.6	16.5	63.4		32.2	0.6	3.3
2001	16.2	56.0	14.1	86.3	81.7	30.6	56.2		14.8	0.2	3.6
2002	21.8	60.2	30.8	112.8	112.2	19.8	67.5		22.0		3.7
2003	30.1	85.3	30.6	146.0	122.2	15.4	114.6		76.5	12.2	3.7
2004	24.3	43.9	13.2	81.3	72.9	33.0	65.5		24.6	1.2	3.8
2005	17.2	34.7	11.2	63.0	49.2	15.8	54.9		14.9		3.2
2006	13.9	45.2	8.7	67.9	60.9	17.7	54.8		11.7		3.4
2007	13.2	32.6	11.4	57.2	45.6	18.7	36.9		13.7		3.5
2008	26.1	46.6	12.6	85.4	63.0	21.1	50.2		13.7		2.9
2009	13.9	18.9	5.3	38.1	25.1	16.2	36.6		9.3		2.5
2010	12.4	23.1	7.0	42.5	23.8	12.3	25.0		8.0		3.0
2011	5.3	16.2	5.7	27.3	26.1	10.2	14.2		4.6		1.6
<b>Suma</b>	<b>928.9</b>	<b>2,019.2</b>	<b>762.7</b>	<b>3,710.8</b>	<b>3,186.6</b>	<b>1,467.6</b>	<b>3,103.4</b>	<b>1,063.7</b>	<b>1,302.4</b>	<b>862.2</b>	<b>611.6</b>

## **ANEXO II.I.D: INFILTRACION**

### **D.1 Tablas de Series de Infiltración Mensuales**

- **Caudales Medios Mensuales de Infiltración Sector 1**
- **Caudales Medios Mensuales de Infiltración Sector 2**
- **Caudales Medios Mensuales de Infiltración Sector 3**
- **Caudales Medios Mensuales de Infiltración Sector 4**
- **Caudales Medios Mensuales de Infiltración Sector 5**
- **Caudales Medios Mensuales Disponibles para Infiltración**
- **Área Requerida Mensualmente para Infiltración**

**D.1.1 Tabla de Series de Caudales Medios Mensuales de Infiltración Natural Sector 1**

	Infiltración Natural Sector 1 (m3/s)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1970	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.06	0.04	0.05	0.07	0.10
1971	0.10	0.13	0.00	0.00	0.00	0.03	-0.04	-0.18	-0.10	-0.10	-0.02	-0.01
1972	0.00	0.30	0.06	0.03	0.00	0.09	0.34	0.47	0.62	1.12	1.03	1.37
1973	2.47	3.30	1.12	1.01	0.54	0.56	0.36	0.24	0.04	0.00	0.00	0.19
1974	0.35	0.16	0.00	0.09	0.07	0.09	-0.04	0.03	0.00	-0.05	0.10	0.07
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.13	0.09	0.00	0.00	0.09	0.03	0.06
1976	0.06	0.00	0.00	0.06	0.10	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.05	0.05
1977	0.00	0.06	0.18	0.27	0.28	0.39	0.27	0.00	0.05	0.01	0.01	0.00
1978	0.11	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.03
1979	0.00	0.35	0.30	0.09	0.04	-0.06	-0.07	-0.11	-0.09	-0.04	-0.02	0.04
1980	0.00	0.12	0.07	0.13	0.35	0.28	0.14	0.00	0.06	0.11	0.03	0.00
1981	2.18	1.46	1.01	0.69	0.04	-0.12	0.00	0.06	0.20	0.17	0.00	0.00
1982	0.25	0.34	0.06	0.06	0.06	0.05	0.01	0.05	0.00	0.08	0.16	0.32
1983	1.44	1.47	0.96	0.58	0.74	1.15	0.50	0.63	0.20	1.11	0.96	2.14
1984	2.69	3.82	1.08	0.81	0.71	0.65	0.07	0.23	-0.17	0.58	3.35	3.75
1985	1.55	1.19	1.09	0.85	0.77	0.67	0.59	0.00	0.06	0.03	-0.35	-2.55
1986	-0.51	-0.62	-0.10	0.00	0.04	0.16	0.51	0.40	0.24	0.34	0.38	0.51
1987	0.44	0.31	0.32	0.35	0.46	0.26	0.04	0.68	0.76	1.15	2.89	4.67
1988	3.86	2.66	-1.36	1.64	1.52	1.23	1.00	0.91	0.82	0.67	0.47	0.39
1989	0.40	0.49	0.45	0.45	0.47	0.44	0.43	0.45	0.45	0.37	0.31	0.30
1990	0.36	0.39	0.33	0.33	0.33	0.37	0.34	0.30	0.24	0.15	0.11	0.11
1991	0.18	0.18	1.96	0.17	0.18	0.38	0.55	0.26	0.21	0.82	0.42	0.46
1992	0.20	0.21	0.33	0.09	0.09	0.06	0.29	0.50	0.66	0.80	1.06	1.15
1993	2.52	1.31	0.80	0.67	0.61	0.80	0.93	1.20	1.15	1.01	0.67	0.33
1994	0.42	0.20	0.34	0.31	0.22	0.17	0.06	0.00	0.29	0.27	0.37	0.30
1995	0.88	0.82	0.39	0.20	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.10	0.00
1996	0.00	0.26	0.45	0.31	0.39	0.46	0.35	0.39	0.38	0.42	0.26	0.24
1997	0.00	-0.21	-0.18	0.70	0.02	0.17	0.26	1.01	-2.16	-0.91	0.19	-0.39
1998	-1.93	-1.27	-3.91	1.79	0.62	-1.31	1.63	0.84	-0.15	-0.41	-0.25	-0.33
1999	0.41	0.24	0.19	0.00	0.20	0.35	-0.12	-0.14	0.10	0.20	0.50	0.64
2000	0.82	1.09	0.69	0.45	0.15	-0.75	-0.48	-0.02	0.44	0.26	0.43	0.59
2001	0.70	-0.14	0.07	0.07	0.04	-0.22	0.01	0.00	0.24	0.33	0.33	0.40
2002	0.35	0.03	0.11	0.06	0.00	-0.16	0.01	-0.61	0.32	-0.14	-0.65	0.56
2003	2.88	0.58	0.60	0.00	0.35	0.50	0.09	0.19	0.71	0.63	0.67	0.53
2004	0.00	-0.77	0.06	0.34	0.10	0.22	0.40	0.22	0.21	0.00	1.21	0.37
2005	0.67	0.60	0.51	0.38	0.10	0.51	0.22	0.19	0.30	0.18	0.19	0.06
2006	-0.60	0.03	0.00	0.13	0.14	0.10	0.00	0.34	0.41	0.45	0.39	0.38
2007	0.00	0.67	0.50	0.31	0.05	0.11	0.04	0.00	0.27	0.40	0.63	0.35
2008	1.82	0.67	1.08	0.60	0.29	0.32	0.33	0.33	0.01	0.74	0.69	0.29
2009	0.18	0.28	0.20	0.12	0.35	0.09	0.09	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00
2010	0.00	0.38	0.47	0.65	0.44	0.54	0.27	0.34	0.44	0.39	0.36	0.32
2011	0.32	0.36	-0.55	-0.02	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**D.1.2 Tabla de Series de Caudales Medios Mensuales de Infiltración Natural Sector 2**

Infiltración Natural Sector 2 (m3/s)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1970	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.07	-0.04	-0.07	-0.04	0.08	0.04	0.05
1971	0.03	0.12	0.13	0.14	-0.03	0.02	0.12	0.18	0.00	0.15	0.15	0.08
1972	0.00	0.00	0.00	0.04	0.14	0.19	0.19	0.27	0.11	0.75	1.09	3.49
1973	4.37	3.51	2.35	1.53	1.33	0.80	0.10	0.28	0.16	0.10	-0.53	-0.36
1974	0.14	-0.01	-0.39	-0.28	-0.33	-0.01	0.05	-0.13	-0.14	-0.10	-0.55	-0.47
1975	-0.16	0.14	0.00	0.15	0.00	0.20	0.05	-0.05	-0.12	-0.10	-0.15	-0.02
1976	0.20	0.02	-0.17	-0.07	0.14	0.11	0.01	0.05	-0.03	-0.04	0.00	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.35	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
1978	0.19	0.00	0.00	0.14	0.15	0.13	0.00	0.11	0.05	0.00	0.00	0.00
1979	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.22	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1980	0.06	0.08	0.15	0.30	0.18	0.24	0.37	0.32	0.24	0.00	0.50	2.54
1981	2.23	4.99	3.29	1.83	1.39	1.10	0.43	0.53	0.18	-0.61	-1.25	-0.98
1982	-0.58	-0.47	-0.69	-0.64	-0.53	-0.22	0.17	0.12	0.02	0.03	-0.10	0.64
1983	1.06	0.96	0.25	0.29	0.06	0.03	0.10	0.39	0.51	0.98	2.20	2.07
1984	3.70	-0.25	-0.22	-0.38	-1.22	-0.93	-0.66	-1.44	-1.35	0.50	-0.76	-1.00
1985	0.02	-0.11	-0.74	-0.95	-0.56	-3.28	0.07	-0.85	-0.28	-0.94	-0.58	2.01
1986	0.18	0.10	-0.28	0.11	0.02	0.03	0.05	-0.16	-0.68	-0.92	-1.11	-0.05
1987	0.14	0.00	0.09	0.00	0.33	0.12	0.14	-0.14	-1.58	0.36	4.12	-3.24
1988	-7.31	-2.87	-1.26	-3.97	-4.31	-2.90	-1.42	-1.54	-1.09	-0.75	-0.13	-0.27
1989	-0.46	-0.09	-0.40	-0.06	-0.44	-1.25	-0.39	-0.33	-1.03	-0.10	-0.67	-1.56
1990	-0.64	-0.51	-0.29	-0.02	0.04	0.03	0.00	0.14	-0.16	-0.79	-0.94	-0.95
1991	-0.67	-0.53	0.00	-0.15	0.11	-0.09	-1.88	-0.26	-0.50	-1.10	-0.83	-0.65
1992	-0.27	-0.26	0.05	0.13	0.31	1.02	1.10	0.58	0.03	0.10	0.04	0.92
1993	1.98	1.57	0.75	0.90	0.75	0.63	0.00	-0.21	-0.67	-1.10	-1.25	-1.34
1994	-0.35	-0.68	-1.14	-0.41	-0.17	0.13	0.00	0.00	-0.14	-0.40	-0.34	0.21
1995	0.30	-0.59	-0.36	-0.35	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	-0.03	-0.47	-0.33
1996	-0.04	-0.30	-0.05	-0.10	0.03	0.17	0.00	0.00	0.20	-0.09	-0.51	-0.18
1997	0.44	0.16	0.17	-0.10	0.16	0.10	1.14	0.38	3.71	0.76	2.30	10.45
1998	3.84	0.61	3.24	-1.83	-1.43	0.00	0.15	0.49	0.64	0.97	0.06	0.07
1999	0.64	1.05	0.38	0.56	-0.01	0.10	0.28	0.06	0.00	-0.37	-1.04	-0.63
2000	-0.50	-0.45	-0.84	0.00	0.37	0.86	0.57	0.18	-0.42	-0.69	-1.07	-0.06
2001	0.00	2.03	2.50	1.48	1.26	1.02	0.60	0.47	0.00	-0.18	-0.35	-0.24
2002	-0.04	0.05	0.00	0.22	0.92	1.30	0.53	1.43	1.07	2.11	4.14	3.24
2003	1.52	2.23	0.24	0.28	0.08	-0.17	-0.02	0.00	0.04	-0.56	-0.12	-0.08
2004	1.38	2.34	0.17	0.12	0.00	0.19	0.21	0.17	0.00	0.05	-0.67	-0.86
2005	0.00	-0.58	-0.47	0.00	0.32	0.14	0.00	-0.16	-0.05	-0.28	-0.24	0.37
2006	2.74	1.78	0.21	0.15	0.00	0.10	0.00	0.02	-0.41	-0.66	-0.68	-0.76
2007	0.00	-0.75	-0.51	-0.21	0.00	0.31	0.24	0.36	0.28	0.00	0.36	2.16
2008	2.07	1.64	0.26	0.36	0.50	0.59	0.30	0.15	0.13	-0.32	-0.82	-0.84
2009	-0.65	-0.20	-0.25	-0.10	0.10	0.14	0.39	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	0.00	-0.07	0.00	0.00	0.25	0.37	0.21	0.09	0.03	-0.21	-0.19	-0.01
2011	0.00	0.38	1.02	0.39	0.43	0.55	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00













## **ANEXOS II.3.1**

### **DERECHOS DE AGUA EXISTENTES, PERMANENTES Y EVENTUALES**

- ANEXO II.4.1 – A      Derechos De Agua Superficiales, Permanentes, Consuntivos y No Consuntivos**
- ANEXO II.4.1 – B      Derechos De Aguas Subterráneas, Permanentes y Consuntivas**
- ANEXO II.4.1 – C      Derechos De Agua Subterráneas, Permanentes, Consuntivos Y Provisionales**
- ANEXO II.4.1 – D      Listado De Regantes Del Área Del Proyecto y La Cantidad De Acciones De Cada Propietario y Propietaria**
  
- ANEXO II.4.1 – E      Organizaciones Existentes Ligadas a La Distribución Del Recurso Hídrico, Junta De Vigilancia Si La Hubiera, Asociaciones De Canalistas Y Comunidades De Agua, Y Entregará Un Catastro De Ellas**

## ANEXOS II.4.1

### DERECHOS DE AGUA EXISTENTES, PERMANENTES Y EVENTUALES

De acuerdo a información actualizada a febrero de 2012, facilitada por la Dirección General de Aguas Atacama, es posible identificar derechos de aguas superficiales y subterráneas, existiendo en el primer caso derechos de aprovechamiento de aguas tanto permanentes como eventuales y en el segundo [aguas subterráneas], sólo derechos permanentes, pudiendo ser continuos o provisionales.

#### ANEXO II.4.1 – A

#### Derechos De Agua Superficiales, Permanentes, Consuntivos Y No Consuntivos

Expediente	Nombre del Solicitantes	Comuna	Fuente	Q. SOL	UNI. Q. SOL	Q. OT	EDO	Nº Res	Fecha Resolución	F.Toma de razón
ND-0302-429	COMPañIA MINERA CASALE	Tierra Amarilla	Rio La Gallina	80	Lt/s	2	P/C	4	07-01-2002	
ND-0302-446	ALFONSO PROHENS ARIAS	Tierra Amarilla	Quebrada Estancilla	4	Lt/s	1	P/C	412	06-12-2007	28-12-2007
ND-0302-446	ALFONSO PROHENS ARIAS	Tierra Amarilla	Quebrada Estancilla	4	Lt/s	1	P/C	412	06-12-2007	28-12-2007
ND-0302-446	ALFONSO PROHENS ARIAS	Tierra Amarilla	Quebrada Estancilla	4	Lt/s	2	P/C	412	06-12-2007	28-12-2007
ND-0302-446	ALFONSO PROHENS ARIAS	Tierra Amarilla	Quebrada Estancilla	4	Lt/s	2	P/C	412	06-12-2007	28-12-2007
ND-0302-436	ALFONSO PROHENS ARIAS	Tierra Amarilla	Arroyo sin Nombre	350	Lt/s	350	P/C	758	28-12-2000	09-01-2001

#### Derechos de agua superficiales, eventuales, consuntivos y no consuntivos

Expediente	Nombre del Solicitantes	Comuna	Fuente	Q. SOL	UNI. Q. SOL	Q. OT	ED. O	Nº Res.	Fecha Resolución	F. Toma de razón
ND-0302-99	SOCIEDAD AGRICOLA ATACAMA S.A.	Copiapó	Río Copiapó	400	Lt/s	400	E/C	328	29-08-1988	13-09-1988
ND-0302-209	MINERA MANTOS DE ORO	Copiapó	Quebrada sin nombre	3	Lt/s	3	E/C	585	25-09-1990	09-10-1990

#### Nomenclatura

Q SOL	Gasto solicitado	E/C	Ejercicio del Derecho eventual y continuo
Uni Q SOL	Unidad Gasto solicitado	P/C	Permanente y Continuo
Q OT	Gasto Otorgado	P/C/Pr	Permanente y Continuo y Provisionales
ED O	Ejercicio del Derecho Otorgado		

## ANEXO II.4.1 - B

### DERECHOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, PERMANENTES Y CONSUNTIVAS

Expediente	Nombre solicitante	Comuna	Q. SOL	UNI. Q. SOL	Q. OT	EDO	Nº Res.	F. Res.	F.T. Razón
ND-0302-8	JEANNE MARIE DELARD GAETE	Tierra Amarilla	100	Lt/s	87	P/C	377	11-10-1991	25-10-1991
ND-0302-9	DELCY PIAZZOLI CABRERA	Copiapo	100	Lt/s	100	P/C	50	21-02-1989	06-03-1989
ND-0302-20	SOCIEDAD LEGAL MINERA FLORIDA UNA DE CARRERA PINTO	Copiapo	5	Lt/s	1,7000	P/C	469	07-11-1991	26-11-1991
ND-0302-20	SOCIEDAD LEGAL MINERA FLORIDA UNA DE CARRERA PINTO	Copiapo	5	Lt/s	4,4000	P/C	469	07-11-1991	26-11-1991
ND-0302-27	AGRICOLA LA CANTERA	Copiapo	80	Lt/s	80	P/C	481	19-06-1990	06-07-1990
ND-0302-49	PEDRO ALDO GROSSI TORNINI	Copiapo	100	Lt/s	50	P/C	263	03-04-1990	12-04-1990
ND-0302-50	ALFONSO PROHENS ARIAS	Tierra Amarilla	60	Lt/s	60	P/C	507	24-07-1990	06-08-1992
ND-0302-55	AGRO 7 AMIGOS S.A. CARLOS ELIACER TORRES	Tierra Amarilla	100	Lt/s	100	P/C	89	21-02-1991	08-03-1991
ND-0302-56	PEDREROS TURISMO Y HOTELES CABO DE	Tierra Amarilla	20	Lt/s	20	P/C	232	16-06-1989	06-07-1989
ND-0302-57	HORNOS S.A.	Tierra Amarilla	30	Lt/s	24	P/C	209	19-03-1990	03-04-1990
ND-0302-64	SOCIEDAD CID Y CID LTDA.	Copiapo	10	Lt/s	2,5000	P/C	17	05-01-1990	17-01-1990
ND-0302-84	UNIVERSIDAD DE ATACAMA	Copiapo	100	Lt/s	50	P/C	21	09-01-1990	24-01-1990
ND-0302-86	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	Tierra Amarilla	20	Lt/s	20	P/C	210	01-06-1989	15-06-1989
ND-0302-86	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	Tierra Amarilla	31	Lt/s	31	P/C	210	01-06-1989	15-06-1989
ND-0302-86	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A. COMPAÑIA MINERA MANTOS DE	Tierra Amarilla	30	Lt/s	30	P/C	210	01-06-1989	15-06-1989
ND-0302-90	ORO	Copiapo	10	Lt/s	10	P/C	453	21-11-1989	01-12-1989
ND-0302-91	CESAR OSVALDO MIRANDA LARA MARIA TERESA PONCE ARIAS Y	Copiapo	15	Lt/s	6,5000	P/C	456	05-06-1990	13-06-1990
ND-0302-108	OTROS CHEVRON MINERA CORPORATION	Copiapo	80	Lt/s	80	P/C	298	10-04-1990	17-12-1990
ND-0302-120	OF CHILE	Copiapo	11	Lt/s	5	P/C	29	23-01-1991	01-03-1991
ND-0302-124	ALDO RENE CICARDINI MORALES SOC. AGRICOLA SACRAMENTO Y	Copiapo	30	Lt/s	12	P/C	225	22-03-1990	04-04-1990
ND-0302-135	CIA LTDA. SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI	Tierra Amarilla	60	Lt/s	40	P/C	388	04-05-1990	15-05-1990
ND-0302-145	COPIAPO LTDA.	Copiapo	60	Lt/s	60	P/C	31	23-01-1991	05-02-1991
ND-0302-154	JUAN JOSE DIEGUEZ MANFREDINI COMPAÑIA CONTRACTUAL	Copiapo	80	Lt/s	80	P/C	288	10-04-1990	25-04-1990
ND-0302-158	MINERA CANDELARIA LUIS MODESTO PEPPY PORFIRI Y	Tierra Amarilla	150	Lt/s	150	P/C	26	22-01-1991	15-02-1991
ND-0302-159	OTROS COMPAÑIA CONTRACTUAL	Tierra Amarilla	32	Lt/s	32	P/C	673	04-12-1990	20-12-1990
ND-0302-162	MINERA CANDELARIA COMPAÑIA CONTRACTUAL	Tierra Amarilla	150	Lt/s	150	P/C	26	22-01-1991	15-02-1991
ND-0302-169	MINERA CANDELARIA COMPAÑIA CONTRACTUAL	Tierra Amarilla	150	Lt/s	150	P/C	26	22-01-1991	15-02-1991
ND-0302-170	MINERA CANDELARIA COMPAÑIA CONTRACTUAL	Tierra Amarilla	150	Lt/s	150	P/C	26	22-01-1991	15-02-1991
ND-0302-183	MINERA CANDELARIA	Tierra Amarilla	150	Lt/s	150	P/C	26	22-01-1991	15-02-1991
ND-0302-199	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	Tierra Amarilla	150	Lt/s	45	P/C	414	22-09-1992	06-10-1992
ND-0302-210	SOCIEDAD AGRICOLA RIO	Tierra Amarilla	100	Lt/s	100	P/C	444	08-07-1996	22-07-1996



	ESCONDIDO LTDA.								
ND-0302-215	AGRICOLA SANTA FE S.A.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	63	P/C	347	16-08-1993	01-09-1993
	COMPañIA MINERA MANTOS DE								
ND-0302-216	ORO	Copiapo	3,5000	Lt/s	1	P/C	588	07-12-1994	29-12-1994
	SOCIEDAD AGRICOLA RIO								
ND-0302-218	ESCONDIDO LTDA.	Tierra Amarilla	200	Lt/s	67,5000	P/C	475	12-07-1996	26-07-1996
	SOCIEDAD AGRICOLA RIO								
ND-0302-220	ESCONDIDO LTDA.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	100	P/C	437	08-07-1996	18-07-1996
ND-0302-221	PEDRO COMPAS RIVERA	Tierra Amarilla	40	Lt/s	40	P/C	404	16-09-1992	01-10-1992
ND-0302-222	EXPORTADORA RIO BLANCO LTDA.	Tierra Amarilla	120	Lt/s	120	P/C	28	23-01-1992	07-02-1992
	SUSANA PATRICIA PROHENS								
ND-0302-223	ESPINOSA Y OTROS	Tierra Amarilla	90	Lt/s	90	P/C	415	24-06-1996	15-07-1996
	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI								
ND-0302-229	COPIAPO LTDA.	Tierra Amarilla	130	Lt/s	76	P/C	349	25-07-1995	11-08-1995
	SUCESION DAVID DEL CURTO								
ND-0302-231	LIBERA (DELIBER S.A.)	Tierra Amarilla	100	Lt/s	49	P/C	212	25-05-1994	10-06-1994
	SUCESION DAVID DEL CURTO								
ND-0302-231	LIBERA (DELIBER S.A.)	Tierra Amarilla	50	Lt/s	50	P/C	212	25-05-1994	10-06-1994
ND-0302-232	ALFONSO PROHENS ESPINOSA	Tierra Amarilla	85	Lt/s	85	P/C	252	14-06-1995	30-06-1995
	COMPañIA MINERA OJOS DEL								
ND-0302-233	SALADO S.A.	Tierra Amarilla	150	Lt/s	135	P/C	453	29-10-1993	22-11-1993
ND-0302-235	SOC AGRICOLA EL HUERTO LTDA.	Copiapó	10	Lt/s	10	P/C	516	07-12-1993	16-12-1993
	FRUTICOLA Y EXPORTADORA								
ND-0302-239	ATACAMA LIMITADA.	Tierra Amarilla	90	Lt/s	58	P/C	554	24-11-1994	20-12-1994
ND-0302-240	ELISEO ALFREDO GROSSI GUAITA	Tierra Amarilla	80	Lt/s	63	P/C	898	16-11-1999	07-12-1999
ND-0302-244	NICASIO TORRES ALFARO	Tierra Amarilla	28	Lt/s	25	P/C	350	25-07-1995	07-08-1995
ND-0302-246	EMSSAT S.A.	Copiapó	100	Lt/s	100	P/C	625	07-11-2003	19-11-2003
ND-0302-246	EMSSAT S.A.	Copiapó	100	Lt/s	100	P/C	625	07-11-2003	19-11-2003
ND-0302-246	EMSSAT S.A.	Copiapó	100	Lt/s	100	P/C	625	07-11-2003	19-11-2003
ND-0302-246	EMSSAT S.A.	Copiapó	100	Lt/s	100	P/C	625	07-11-2003	19-11-2003
ND-0302-247	AGUAS CHAÑAR S.A.	Copiapó	80	Lt/s	80	P/C	477	11-11-1993	05-01-1994
ND-0302-247	AGUAS CHAÑAR S.A.	Copiapó	80	Lt/s	80	P/C	477	11-11-1993	05-01-1994
	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN								
ND-0302-252	LTDA.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	60	P/C	525	25-07-1996	31-07-1996
	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN								
ND-0302-252	LTDA.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	27	P/C	586	07-12-1994	29-12-1994
ND-0302-253	GUILLERMO CONCHA BUSTOS	Copiapó	50	Lt/s	48	P/C	301	25-07-1994	09-08-1994
	COMINOR INGENIERIA Y								
ND-0302-256	PROYECTOS S. A.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	100	P/C	44	24-01-1996	30-01-1996
	COMINOR INGENIERIA Y								
ND-0302-256	PROYECTOS S. A.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	100	P/C	44	24-01-1996	30-01-1996
ND-0302-258	CARLOS IVAN RUIZ DETTORI	Copiapó	60	Lt/s	49	P/C	71	25-01-1996	07-02-1996
	COMPañIA CONTRACTUAL								
ND-0302-264	MINERA OJOS DEL SALADO	Tierra Amarilla	40	Lt/s	40	P/C	549	31-07-1996	16-08-1996
ND-0302-268	CARMEN DEL ROSARIO OLIVARES	Tierra Amarilla	26	Lt/s	26	P/C	475	10-11-1993	25-11-1993
ND-0302-270	MARIO PORCILE RISI Y OTROS	Copiapó	*	*	*	P/C	241	07-07-1992	20-07-1992
	FRUTICOLA Y EXPORTADORA								
ND-0302-272	ATACAMA LIMITADA.	Tierra Amarilla	90	Lt/s	85,5000	P/C	397	18-06-1997	01-07-1997
	FRUTICOLA Y EXPORTADORA								
ND-0302-272	ATACAMA LIMITADA.	Tierra Amarilla	90	Lt/s	80	P/C	397	18-06-1997	01-07-1997
ND-0302-275	JAIME MORENO PROHENS	Copiapó	90	Lt/s	75	P/C	286	29-07-1992	06-08-1992
	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA								
ND-0302-282	COLORADA LTDA.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	20	P/C	550	31-07-1996	12-08-1996

ND-0302-283	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	Tierra Amarilla	58,5000	Lt/s	58,5000	P/C	537	17-12-1993	31-01-1994
ND-0302-284	DISTRIBUIDORA DE AGUAS VIÑITA AZUL LTDA.	Copiapó	70	Lt/s	65	P/C	569	25-11-1992	16-02-1993
ND-0302-285	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	Copiapó	80	Lt/s	80	P/C	317	01-08-1994	17-08-1994
ND-0302-287	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI COPIAPO LTDA.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	100	P/C	514	22-09-1995	16-10-1995
ND-0302-288	HECTOR MARTINOVIC OLIVOS FRUTICOLA Y EXPORTADORA	Copiapó	50	Lt/s	50	P/C	807	29-12-1995	16-01-1996
ND-0302-289	ATACAMA LIMITADA.	Tierra Amarilla	90	Lt/s	90	P/C	256	14-06-1995	04-07-1995
ND-0302-290	DELIBER S.A.	Tierra Amarilla	80	Lt/s	74	P/C	172	19-05-1995	02-06-1995
ND-0302-291	AGRICOLA SANTA SAVINA LTDA. DOMINGO EDUARDO GUGGIANA	Tierra Amarilla	85	Lt/s	45	P/C	1157	24-11-1998	14-12-1998
ND-0302-292	GUGIANNA	Copiapó	80	Lt/s	67,5000	P/C	135	08-02-1999	15-02-1999
ND-0302-293	FRANCISCO HAWAS ECHIBURU	Copiapó	90	Lt/s	54	P/C	462	10-07-1997	16-10-1997
ND-0302-293	FRANCISCO HAWAS ECHIBURU	Copiapó	90	Lt/s	72	P/C	462	10-07-1997	16-10-1997
ND-0302-295	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A. SOCIEDAD AGRICOLA EL FUERTE Y	Copiapó	120	Lt/s	36	P/C	373	28-07-1995	14-08-1995
ND-0302-296	CIA. LTDA. SOCIEDAD AGRICOLA EL FUERTE Y	Tierra Amarilla	14,4000	Lt/s	14,4000	P/C	191	11-03-1996	20-03-1996
ND-0302-296	CIA. LTDA. S.A. CEMENTERIO PARQUE DE	Tierra Amarilla	25	Lt/s	25	P/C	191	11-03-1996	20-03-1996
ND-0302-297	COPIAPO SOC.	Copiapó	20	Lt/s	18	P/C	437	18-08-1995	01-09-1995
ND-0302-298	BENILOP SFEIR ABORACHET SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI	Tierra Amarilla	80	Lt/s	80	P/C	586	23-08-1996	27-08-1996
ND-0302-301	COPIAPO LTDA.	Tierra Amarilla	80	Lt/s	30	P/C	416	29-04-1998	20-05-1998
ND-0302-302	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A. SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN	Tierra Amarilla	70	Lt/s	58,5000	P/C	422	16-09-1994	05-10-1994
ND-0302-303	LTDA.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	54	P/C	244	29-03-1996	24-04-1996
ND-0302-305	AGRICOLA MANFLAS LIMITADA	Tierra Amarilla	60	Lt/s	45	P/C	520	22-09-1995	03-10-1995
ND-0302-305	AGRICOLA MANFLAS LIMITADA	Tierra Amarilla	50	Lt/s	33,7500	P/C	520	22-09-1995	03-10-1995
ND-0302-307	SOC. AGRICOLA SACRAMENTO Y CIA LTDA.	Copiapó	10	Lt/s	10	P/C	243	29-03-1996	24-04-1996
ND-0302-308	COMINOR INGENIERIA Y PROYECTOS S. A.	Tierra Amarilla	200	Lt/s	90	P/C	226	17-04-1997	07-05-1997
ND-0302-309	VECCHIOLA S.A. GONZALO ALFONSO MORENO	Copiapó	21,6000	Lt/s	21,6000	P/C	82	25-01-1996	05-02-1996
ND-0302-311	PROHENS	Copiapó	100	Lt/s	72	P/C	608	27-12-1994	13-01-1995
ND-0302-312	LUIS ALEJANDRO YAÑEZ GARCIA EMPRESA NACIONAL DE MINERIA	Copiapó	30	Lt/s	10,8000	P/C	625	02-09-1996	23-09-1996
ND-0302-313	- ENAMI	Copiapó	80	Lt/s	50	P/C	240	29-03-1996	15-04-1996
ND-0302-314	SOC AGR SAN FRANCISCO SA. EMPRESA NACIONAL DE MINERIA	Copiapó	100	Lt/s	80	P/C	513	22-09-1995	05-10-1995
ND-0302-315	- ENAMI	Copiapó	110	Lt/s	17	P/C	884	17-09-1998	08-10-1998
ND-0302-316	DAVID DIAZ IBACETA	Tierra Amarilla	13	Lt/s	13	P/C	673	27-11-1995	15-12-1995
ND-0302-318	AGUAS CHAÑAR S.A. I. MUNICIPALIDAD DE TIERRA	Tierra Amarilla	80	Lt/s	70	P/C	445	08-07-1996	30-10-1996
ND-0302-319	AMARILLA SOC. COMERCIALIZADORA	Tierra Amarilla	108	Lt/s	30	P/C	353	23-05-1996	11-06-1996
ND-0302-324	CISTERNA Y CIA. LTDA.	Copiapó	20	Lt/s	9	P/C	293	26-04-1996	06-05-1996
ND-0302-325	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	Tierra Amarilla	9	Lt/s	9	P/C	81	25-01-1996	06-02-1996
ND-0302-326	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	Tierra Amarilla	80	Lt/s	40	P/C	174	01-04-1997	22-04-1997

	SOC.CONTRACTUAL MINERA SAN									
ND-0302-327	JOAQUIN.	Tierra Amarilla	30	Lt/s	4,5000	P/C	305	25-03-1998	08-04-1998	
	GONZALO ALFONSO MORENO									
ND-0302-329	PROHENS	Copiapó	90	Lt/s	90	P/C	416	24-06-1996	15-07-1996	
ND-0302-331	ANIBAL PEREZ PEREZ Y OTROS	Copiapó	40	Lt/s	40	P/C	446	08-07-1996	18-07-1996	
ND-0302-332	FISHER SOUTH AMERICA S.A.	Copiapó	30	Lt/s	25	P/C	252	21-04-1997	09-05-1997	
ND-0302-335	ADIB ASSED MERLEZ QUINTAR	Copiapó	30	Lt/s	28	P/C	69	25-01-1996	09-02-1996	
	DEL NORTE EXPORTADORA									
ND-0302-339	FRUTICOLA LIMITADA	Tierra Amarilla	80	Lt/s	21	P/C	352	13-09-2004	01-10-2004	
	DEL NORTE EXPORTADORA									
ND-0302-340	FRUTICOLA LIMITADA	Tierra Amarilla	70	Lt/s	54	P/C	530	10-10-2003	22-10-2003	
	DEL NORTE EXPORTADORA									
ND-0302-341	FRUTICOLA LIMITADA	Tierra Amarilla	90	Lt/s	40	P/C	874	29-10-1999	15-11-1999	
	DEL NORTE EXPORTADORA									
ND-0302-342	FRUTICOLA LIMITADA	Tierra Amarilla	90	Lt/s	60	P/C	467	10-07-1997	25-07-1997	
	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA									
ND-0302-344	COLORADA LTDA.	Tierra Amarilla	36	Lt/s	36	P/C	301	26-04-1996	17-05-1996	
	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN									
ND-0302-347	LTDA.	Tierra Amarilla	40	Lt/s	40	P/C	426	28-06-1996	18-07-1996	
	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA									
ND-0302-350	COLORADA LTDA.	Tierra Amarilla	100	Lt/s	81	P/C	296	26-04-1996	09-05-1996	
	XIMENA ISABEL DE LOURDES									
ND-0302-356	MORENO PROHENS	Copiapó	90	Lt/s	72	P/C	228	29-03-1996	22-04-1996	
ND-0302-357	MARIA ANGELICA ARAYA ROJAS	Copiapó	10	Lt/s	10	P/C	371	31-05-1996	21-06-1996	
	ERNESTO DEL CARMEN GUERRA									
ND-0302-361	GONZALEZ	Copiapó	4	Lt/s	4	P/C	190	11-03-1996	27-03-1996	
	SUCESION DAVID DEL CURTO									
ND-0302-364	LIBERA (DELIBER S.A.)	Tierra Amarilla	80	Lt/s	70	P/C	123	08-02-1999	22-02-1999	
	SOCIEDAD AGRICOLA AMANCAY									
ND-0302-365	LTDA.	Tierra Amarilla	80	Lt/s	80	P/C	861	11-11-1996	18-11-1996	
ND-0302-366	AGRO 7 AMIGOS S.A.	Tierra Amarilla	63	Lt/s	63	P/C	1001	31-12-1996	15-01-1997	
ND-0302-368	OSCAR PROHENS ESPINOSA	Tierra Amarilla	100	Lt/s	76	P/C	466	10-07-1997	22-07-1997	
ND-0302-372	FERNANDO PROHENS ESPINOSA	Tierra Amarilla	60	Lt/s	60	P/C	691	25-09-1996	03-10-1996	
ND-0302-374	JAIME PROHENS ESPINOSA	Tierra Amarilla	55	Lt/s	36	P/C	379	11-06-1997	30-06-1997	
ND-0302-380	SERGIO ROQUE GROSSI TORNINI	Copiapó	8,5000	Lt/s	8,5000	P/C	122	02-02-1996	22-02-1996	
ND-0302-381	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	Tierra Amarilla	80	Lt/s	29	P/C	534	26-05-1998	12-06-1998	
ND-0302-381	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	Tierra Amarilla	80	Lt/s	35	P/C	534	26-05-1998	12-06-1998	
ND-0302-382	ENDRAOS NICOLAS PATIÑO	Tierra Amarilla	18	Lt/s	18	P/C	350	16-05-1996	10-06-1996	
ND-0302-386	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	Copiapó	80	Lt/s	34	P/C	14	17-06-1996	26-06-1996	
ND-0302-386	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	Copiapó	80	Lt/s	40	P/C	14	17-06-1996	26-06-1996	
	SOCIEDAD AGRICOLA E									
	INVERSIONES AGROGENESIS									
ND-0302-432	LIMITADA	Copiapó	60	Lt/s	60	P/C	550	06-06-2002	25-06-2002	
	SOCIEDAD AGRICOLA E									
	INVERSIONES AGROGENESIS									
ND-0302-432	LIMITADA	Copiapó	70	Lt/s	70	P/C	550	06-06-2002	25-06-2002	
ND-0302-491	COMPAÑIA MINERA CASALE	Copiapó	47	Lt/s	47	P/C	37	18-01-2001	30-01-2001	
ND-0302-493	COMPAÑIA MINERA CASALE	Copiapó	30	Lt/s	30	P/C	97	02-02-2001	21-02-2001	
ND-0302-495	COMPAÑIA MINERA CASALE	Copiapó	43	Lt/s	43	P/C	88	02-02-2001	16-02-2001	
ND-0302-498	COMPAÑIA MINERA CASALE	Copiapó	130	Lt/s	130	P/C	89	02-02-2001	12-02-2001	
	EMPRESA DE TRANSPORTE									
ND-0302-696	FERROVIARIO S.A.	Copiapó	0,7000	Lt/s	7	P/C	397	30-11-2005	20-12-2005	

## ANEXO II.4.1 - C

### DERECHOS DE AGUA SUBTERRÁNEAS, PERMANENTES, CONSUNTIVOS Y PROVISIONALES

Expediente	Nombre solicitante	Comuna	Q. SOL	UNI. Q. SOL	Q. OT	EDO	Nº Res.	F. Res.	F.T. Razón
ND-0302-574	JULIO CESAR MORALES NEYRA	Copiapó	90	Lt/s	10	P/C/P r	2	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-577	OSCAR EDUARDO CABRERA CORTES	Copiapó	10	Lt/s	4	P/C/P r	4	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-578	MARCELO DEPETRIS DEFLORIAN	Copiapó	10	Lt/s	1	P/C/P r	1	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-579	VILMA ELIANA ROJAS ALFARO	Copiapó	5	Lt/s	1,60	P/C/P r	5	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-581	GUILLERMO DEL CARMEN CASTILLO LUNA	Copiapó	10	Lt/s	2,80	P/C/P r	6	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-582	LUIS FERNANDO COLLARTE RODRIGUEZ	Copiapó	15	Lt/s	3,80	P/C/P r	7	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-584	GUILLERMO DAVIU ESCOLA	Copiapó	25	Lt/s	10	P/C/P r	67	28-03-2002	
ND-0302-585	JUAN ADOLFO DIAZ CAMPILLAY	Copiapó	10	Lt/s	3,50	P/C/P r	8	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-586	NATIMAN JESUS FLORES DIAZ	Copiapó	15	Lt/s	10	P/C/P r	9	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-587	WILLIAMS GONZALEZ BOSOM	Copiapó	6	Lt/s	6	P/C/P r	41	10-12-2002	30-01-2003
ND-0302-589	NELSO ENRIQUE MONARDEZ ARREDONDO	Copiapó	5	Lt/s	5	P/C/P r	23	18-11-2002	27-11-2002
ND-0302-591	JOAQUIN OLATE FREDES	Copiapó	20	Lt/s	5	P/C/P r	25	18-11-2002	27-11-2002
ND-0302-592	OSCAR RODOLFO EDUARD ORELLANA TORO	Copiapó	15	Lt/s	4	P/C/P r	10	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-594	ARNALDO OMAR PIZARRO ALVAREZ	Copiapó	5	Lt/s	5	P/C/P r	12	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-596	VERONICA DEL CARMEN RIVERA GUERRA	Copiapó	5	Lt/s	3,50	P/C/P r	13	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-597	SERGIO RUBILAR LUFFI	Copiapó	5	Lt/s	3	P/C/P r	14	22-08-2002	16-09-2002
ND-0302-598	DOMINGA INES SUAREZ SALAZAR	Copiapó	12	Lt/s	3	P/C/P r	26	18-11-2002	27-11-2002
ND-0302-599	JOSE MANUEL VALLEJO GODOY	Copiapó	20	Lt/s	3,90	P/C/P r	27	18-11-2002	27-11-2002
ND-0302-600	RAFAEL VICTOR DAVIU ESCOLA Y OTROS	Copiapó	15	Lt/s	*	P/C/P r	28	18-11-2002	27-11-2002
ND-0302-601	CESAR DEL ROSARIO VALDIVIA JERALDO	Copiapó	20	Lt/s	4	P/C/P r	2	03-01-2003	
ND-0302-602	CRISTIAN SEPULVEDA VILLAGRAN Y OTR	Copiapó	10	Lt/s	4	P/C/P r	29	18-11-2002	27-11-2002
ND-0302-603	JORGE JAVIER VALDIVIA JERALDO	Copiapó	20	Lt/s	5	P/C/P r	3	03-01-2003	

ND-0302-606	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	Copiapó	18	Lt/s	18	P/C/P	r 16	30-08-2002	23-09-2002
ND-0302-606	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	Copiapó	29	Lt/s	29	P/C/P	r 16	30-08-2002	23-09-2002
ND-0302-606	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	Copiapó	17	Lt/s	17	P/C/P	r 16	30-08-2002	23-09-2002
ND-0302-607	SOC. MEDICA Y COMERCIAL LA PIRAMIDE LTDA.	Copiapó	20	Lt/s	4,83	P/C/P	r 30	18-11-2002	27-11-2002
ND-0302-608	SOCIEDAD MEDICA Y COMERCIAL MEDANES LTDA.	Copiapó	20	Lt/s	8,30	P/C/P	r 17	30-08-2002	23-09-2002
ND-0302-609	OSVALDO EDDIE CARVAJAL GALLARDO	Copiapó	6	Lt/s	5,40	P/C/P	r 18	30-08-2002	23-09-2002
ND-0302-611	FERNANDO ENRIQUE PIZARRO JARA	Copiapó	12	Lt/s	5,50	P/C/P	r 31	18-11-2002	28-11-2002
ND-0302-613	CLAUDIO ALEJANDRO CONSTANZO OVIEDO	Copiapó	20	Lt/s	5,50	P/C/P	r 19	30-08-2002	23-09-2002
ND-0302-614	JULIO ERNESTO SANTANDER NOEMI	Copiapó	60	Lt/s	10	P/C/P	r 20	30-08-2002	23-09-2002
ND-0302-617	HUMBERTO RICARDO PRADO MORALES	Copiapó	5	Lt/s	2	P/C/P	r 5	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-625	AGRICOLA SAN ESTEBAN LTDA.	Copiapó	85	Lt/s	10	P/C/P	r 128	17-05-2002	
ND-0302-631	ALIRO TORRES QUEIROLO Y OTROS MANUEL EDUARDO JORQUERA	Copiapó	15	Lt/s	5	P/C/P	r 7	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-635	GRENET MANUEL EDUARDO JORQUERA	Copiapó	100	Lt/s	10	P/C/P	r 83	04-04-2002	
ND-0302-635	GRENET ALBA DEL CARMEN PIZARRO	Copiapó	100	Lt/s	10	P/C/P	r 83	04-04-2002	
ND-0302-636	IRELAND SOCIEDAD AGRICOLA DEL NORTE	Copiapó	5	Lt/s	3	P/C/P	r 35	18-11-2002	29-11-2002
ND-0302-637	S.A.	Copiapó	50	Lt/s	10	P/C/P	r 36	18-11-2002	29-11-2002
ND-0302-638	JUAN RAMON OMON PINTO	Copiapó	7	Lt/s	2,80	P/C/P	r 9	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-639	MARIO ERIQUE ROBLES HERNAN ABRAHAM CARVAJAL	Copiapó	20	Lt/s	6,60	P/C/P	r 84	04-04-2002	
ND-0302-640	GALLARDO GUILLERMINA DEL CARM VERASAY	Copiapó	10	Lt/s	5,60	P/C/P	r 37	18-11-2002	29-11-2002
ND-0302-641	FUENTES MARIANA REGINA MAYORGA	Copiapó			4	P/C/P	r 38	18-11-2002	29-11-2002
ND-0302-650	MARCOS ARIO HUMBERTO LAFERTTE	Copiapó	20	Lt/s	5	P/C/P	r 39	18-11-2002	29-11-2002
ND-0302-654	VIDELA	Copiapó	2	Lt/s	2	P/C/P	r 40	18-11-2002	29-11-2002
ND-0302-655	NANCY ELIANA CORREA PIZARRO	Copiapó	20	Lt/s	2	P/C/P	r 11	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-657	JUAN ANIBAL DIAZ DIAZ	Copiapó	10	Lt/s	2,50	P/C/P	r 17	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-658	OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO	Copiapó	25	Lt/s	10	P/C/P	r 20	08-09-2003	16-09-2003
ND-0302-665	CAPEL LTDA. MARIA EUGENIA CUBILLO	Copiapó	10	Lt/s	10	P/C/P	r 12	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-669	ESPINOZA	Copiapó	45	Lt/s	10	P/C/P	r 13	11-03-2003	20-03-2003

ND-0302-670	SOCIEDAD ARAVENA NOEMI Y CIA. LTDA.	Copiapó	20	Lt/s	7	P/C/P r	14	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-671	LILIANA DE LOURDES BORDOLI BOWN	Copiapó	10	Lt/s	8	P/C/P r	15	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-672	WOLFGANG ALFRED HELMUT GRIEM	Copiapó	10	Lt/s	5	P/C/P r	16	11-03-2003	20-03-2003
ND-0302-675	ARAYA HERMANOS LTDA. FERNANDO CARDENAS	Copiapó	90	Lt/s	10	P/C/P r	1	15-01-2004	21-01-2004
ND-0302-681	CONTRERAS	Copiapó	15	Lt/s	5,40	P/C/P r	27	08-09-2003	08-09-2003
ND-0302-683	SOCIEDAD AGRICOLA V Y C	Copiapó	53	Lt/s	10	P/C/P r	3	06-05-2004	11-05-2004
ND-0302-684	SOCIEDAD AGRICOLA V Y C	Copiapó	80	Lt/s	19,37	P/C/P r	4	06-05-2004	11-05-2004

#### ANEXO II.4.1 - D

#### LISTADO DE REGANTES DEL ÁREA DEL PROYECTO Y LA CANTIDAD DE ACCIONES DE CADA PROPIETARIO Y PROPIETARIA.

La información aquí expuesta dice relación con aguas superficiales que es la generalidad de las aguas respecto de las cuales existen derechos de aprovechamiento constituidos en la zona, siendo la excepción los que corresponden a la Comunidad de Aguas Subterráneas de Copiapó - Piedra Colgada, Piedra Colgada Desembocadura [CASUB], que posee en la actualidad 6508,9 Lt/s asociados a su organización.

Luego, se entrega a continuación información actualizada de derechos de aguas asociadas a las comunidades existentes en la zona, en base a datos del Programa "Transferencia de capacidades para mejorar la gestión del riego en Copiapó, región de atacama, componente catastro legal de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales", dentro del cual la Universidad de Concepción en agosto de 2011 efectuó en la zona una actualización de los registros de los comuneros y sus derechos asociados.

- **Comunidades de Aguas del río Copiapó, número de comuneros actuales y acciones**

Distrito	N°	Nombre comunidad de aguas	Inscripción en CBR			N° comuneros actuales	N° de Acciones
			Fojas	N°	Año		
Río Jorquera	1	Comunidad de Aguas Canal El Quemado	107 vta	51	1987	3	65,0
	2	Comunidad de Aguas Canal Tres Chañares	106 vta	50	1987	2	128,0
	3	Comunidad de Aguas Canal Rodeo	108	52	1987	2	815,0
<b>Total Río Jorquera</b>						<b>7</b>	<b>1.008,0</b>
Río Pulido	4	Canal Carrizal Grande		Unitario		1	24,0
	5	Canal Carrizalillo		Unitario		1	15,0
	6	Canal Los Hornos		Unitario		1	24,0
	7	Canal Junta Montosa		Unitario		1	12,0
	8	Comunidad de Aguas Canal Iglesia Colorada	38	40	1990	3	27,0
	9	Comunidad de Aguas Canal Quebrada Seca	25 vta	30	1990	2	12,0
	10	Comunidad de Aguas Canal El Sauce	40	42	1990	2	6,0
	11	Comunidad de Aguas Canal Peña Negra	41 vta	16	1987	2	18,0
	12	Comunidad de Aguas Canal El Huerto y Molino	38 vta	14	1987	2	18,0
<b>Total Río Pulido</b>						<b>15</b>	<b>180,0</b>

Distrito	N°	Nombre comunidad de aguas	Inscripción en CBR			N° comuneros actuales	N° de Acciones
			Fojas	N° Unitario	Año		
Río Manflas	13	Canal Manflas		Unitario		1	144,0
		<b>Total Río Manflas</b>				<b>1</b>	<b>144,0</b>
	14	Comunidad de Aguas Canal Tarola	37	13	1987	2	27,0
	15	Comunidad de Aguas Canal Pastillo	51	21	1987	2	57,0
	16	Comunidad de Aguas Canal Punta Negra	32 vta	35	1990	2	34,5
	17	Comunidad de Aguas Canal Amolanas	74 vta	27	1987	7	154,5
Distrito I	18	Comunidad de Aguas Canal Amolanitas	40	15	1987	2	7,0
	19	Comunidad de Aguas Canal Goyo Díaz	20	26	1990	4	106,0
	20	Comunidad de Aguas Canal Hijueta Abello Sur	71 vta	60	1990	7	61,2
	21	Comunidad de Aguas Canal Hijueta Abello Norte	27 vta	45	1991	7	260,8
		<b>Total Distrito I</b>				<b>33</b>	<b>708,0</b>
	22	Canal El Carmen		Unitario		1	144,0
Distrito II	23	Comunidad de Aguas Canal La Capilla	21 vta	27	1990	8	432,0
	24	Comunidad de Aguas Canal Palo Blanco	44 vta	18	1987	2	144,0
		<b>Total Distrito II</b>				<b>11</b>	<b>720,0</b>
	25	Canal Santa Rosa		Unitario		1	108,0
	26	Canal Pirca Número Uno		Unitario		1	23,2
	27	Canal Pirca Número Dos		Unitario		1	91,2
	28	Canal Casa Blanca Número Uno		Unitario		1	38,1
	29	Canal Casa Blanca Número Dos		Unitario		1	9,5
Distrito III	30	Comunidad de Aguas Canal Los Loros	105 vta	49	1987	19	144,0
	31	Comunidad de Aguas Apachetas	4	3	1983	5	108,0
	32	Comunidad de Aguas Canal Bolsico	33 vta	36	1990	2	57,6
	33	Comunidad de Aguas Canal El Fuerte	37	39	1990	3	86,4
	34	Com. de Aguas Canal La Puerta Número Uno	105	48	1987	2	32,4
	35	Com. de Aguas Canal La Puerta Número Dos	104	47	1987	2	21,6
		<b>Total Distrito III</b>				<b>38</b>	<b>720,0</b>
	36	Comunidad de Aguas Canal El Sauce	24 vta	9	1987	2	30,0
	37	Comunidad de Aguas Canal El Naranja	26 vta	10	1987	2	42,0
Distrito IV	38	Comunidad de Aguas Canal Carrizo	46 vta	19	1987	12	281,0
	39	Comunidad de Aguas Canal La Cantera	49	20	1987	5	187,0
	40	Comunidad de Aguas Canal El Jardín	43	17	1987	4	180,0
		<b>Total Distrito IV</b>				<b>25</b>	<b>720,0</b>
	41	Comunidad de Aguas Canal Niágara	22 vta	28	1990	2	144,0
Distrito V	42	Comunidad de Aguas Canal Compuertas Negras	109	53	1987	8	1.296,0
		<b>Total Distrito V</b>				<b>10</b>	<b>1.440,0</b>



Distrito	N°	Nombre comunidad de aguas	Inscripción en CBR			N° comuneros actuales	N° de Acciones
			Fojas	N°	Año		
	43	Canal Compañía		Unitario		1	50,0
	44	Comunidad de Aguas Canal Cerrillos	45	46	1990	10	288,0
	45	Comunidad de Aguas Canal Urbina	39	41	1990	3	324,0
	46	Comunidad de Aguas Canal Nantoco	63 vta	58	1990	27	429,8
Distrito VI	47	Comunidad de Aguas Canal Mal Paso	48	48	1990	3	132,2
	48	Comunidad de Aguas Canal Las Arayas	46	47	1990	8	131,2
	49	Comunidad de Aguas Canal San Román	31	34	1990	16	108,0
		<b>Total Distrito VI</b>				<b>68</b>	<b>1.463,2</b>
	50	Canal Buitrón		Unitario		1	120,0
	51	Canal Alcaparrosa		Unitario		1	111,5
	52	Comunidad de Aguas Canal Cancha de Carrera	57	56	1990	29	9,0
	53	Comunidad de Aguas Canal Escorial	29 vta	33	1990	6	92,0
	54	Comunidad de Aguas Canal Palermo	26 vta	31	1990	8	238,8
	55	Comunidad de Aguas Canal Pedregal	28	32	1990	16	130,7
Distrito VII	56	Comunidad de Aguas Canal Los Patos	54	55	1990	35	25,6
	57	Comunidad de Aguas Canal Las Rojas	66	59	1990	80	243,1
	58	Comunidad de Aguas Canal Bellavista	43 vta	45	1990	2	268,5
	59	Com. de Aguas Canal Unificación Terawaki Ronseco	35	37	1990	3	108,0
	60	Comunidad de Aguas Canal Zavala	42	44	1990	7	108,4
	61	Comunidad de Aguas Canal Alto Meléndez	41	43	1990	2	38,0
	62	Comunidad de Aguas Canal La Florida	52 vta	54	1990	17	240,0
		<b>Total Distrito VII</b>				<b>205</b>	<b>1.733,6</b>
	63	Comunidad de Aguas Canal Viñitas	23 vta	29	1990	23	596,5
Distrito VIII	64	Comunidad de Aguas Canal Punta Negra	59 vta	57	1990	71	468,0
	65	Comunidad de Aguas Canal San Fernando	72 vta	61	1990	600	1.397,6
		<b>Total Distrito VIII</b>				<b>694</b>	<b>2.462,1</b>
Distrito IX	66	Comunidad de Aguas Canal de la Ciudad	2 vta	3	1990	10	771,5
		<b>Total Distrito IX</b>				<b>10</b>	<b>771,5</b>
		<b>Total Río Copiapó</b>				<b>1.119</b>	<b>12.046,4</b>

#### ANEXO II.4.1 – E

### ORGANIZACIONES EXISTENTES LIGADAS A LA DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, JUNTA DE VIGILANCIA SI LA HUBIERA, ASOCIACIONES DE CANALISTAS Y COMUNIDADES DE AGUA, Y ENTREGARÁ UN CATASTRO DE ELLAS.

A continuación se entrega un listado por comuna existente en la zona que es objeto de este estudio. La información ha sido obtenida de la autoridad que legalmente cuenta con la potestad de constituir estas organizaciones de usuarios, es decir, la Dirección General de Aguas, en este caso su Dirección Regional de Atacama. Se indica que todas las organizaciones mencionadas a continuación constituyen Comunidades de Aguas existentes en la zona. Luego, además de estas comunidades existen, en la Región de Atacama, dos Juntas de Vigilancia: a) Junta de Vigilancia del Río Copiapó y sus afluentes, autorizada por Decreto Supremo N° 523 de 1995 y b) Junta de Vigilancia del Río Huasco y sus afluentes, autorizada originalmente por Decreto Supremo N° 1059 de 31 de marzo de 2008 y luego modificada por Resolución Exenta de la DGA N° 555 de 28 de abril de 2005.

- **Comuna de Copiapó**

<b>Expediente</b>	<b>Organización de usuarios</b>	<b>Resolución aprobatoria</b>	<b>Fecha de resolución aprobatoria</b>
NC-0302-79	SAN PEDRO Y MARQUEZADO	2008	12-08-1997
NC-0302-80	BODEGA	2007	12-08-1997
NC-0302-81	CANAL PIEDRA COLGADA NORTE COMUNIDAD DE AGUAS CANAL	2006	12-08-1997
NC-0302-84	BELLAVISTA	263	30-01-1998
NC-0302-86	EL SAUCE	669	12-04-1990
NC-0302-87	PIEDRA COLGADA NORTE	2006	12-08-1997
NC-0302-88	BODEGA	2007	12-08-1997
NC-0302-89	SAN PEDRO Y MARQUEZADO	2008	12-08-1997
NC-0302-90	BELLAVISTA	263	30-01-1998
NC-0302-93	CANAL CHAMONATE	1797	16-07-1999
NC-0302-94	CANAL TOLEDO	1797	16-07-1999
NC-0302-95	LA CHIMBA	3291	13-12-1999
NC-0302-96	APACHETAS CANAL DE ULTIMAS AGUAS DE	666	15-06-1983
NC-0302-97	RAMADILLA	538	15-03-1985
NC-0302-98	CANAL EL NARANJO	82	14-01-1987
NC-0302-99	CANAL EL SAUCE	83	14-01-1987
NC-0302-100	PENA NEGRA	382	17-02-1987
NC-0302-101	EL HUERTO Y MOLINO	380	17-02-1987
<b>Expediente</b>	<b>Organización de usuarios</b>	<b>Resolución aprobatoria</b>	<b>Fecha de resolución aprobatoria</b>
NC-0302-102	EL JARDIN	381	17-02-1987

NC-0302-103	AMOLANITAS	379	17-02-1987
NC-0302-104	PALO BLANCO	383	17-02-1987
NC-0302-105	PASTILLO	378	17-02-1987
NC-0302-106	TAROLA	377	17-02-1987
NC-0302-107	LA CANTERA	397	18-02-1987
NC-0302-108	CARRIZO	396	18-02-1987
NC-0302-109	AMOLANAS	697	02-04-1987
NC-0302-110	CANAL COMPUERTAS NEGRAS	1395	20-07-1987
NC-0302-111	CANAL LA PUERTA N*2	1393	20-07-1987
NC-0302-112	CANAL LA PUERTA N*1	1394	20-07-1987
NC-0302-113	CANAL LOS LOROS	1396	20-07-1987
NC-0302-114	CANAL RODEO	1397	20-07-1987
NC-0302-115	CANAL EL QUEMADO	1398	20-07-1987
NC-0302-116	CANAL TRES CHAÑARES	1399	20-07-1987
NC-0302-117	CANAL HIJUELA AVELLO SUR	668	12-04-1990
NC-0302-118	CANAL NIAGARA	668	12-04-1990
NC-0302-119	CANAL LA CAPILLA	668	12-04-1990
NC-0302-120	CANAL GOYO DIAZ	668	12-04-1990
NC-0302-121	CANAL BOLSICO	669	12-04-1990
NC-0302-122	CANAL URBINA	669	12-04-1990
NC-0302-123	CANAL NANTOCO	669	12-04-1990
NC-0302-124	CANAL PALERMO	669	12-04-1990
NC-0302-125	CANAL PEDREGAL	669	12-04-1990
NC-0302-126	CANAL ESCORIAL	669	12-04-1990
NC-0302-127	CANAL UNIFICACION TERAWAKI- RONSECCO	669	12-04-1990
NC-0302-128	CANAL ALCAPAROSA	669	12-04-1990
NC-0302-129	CANAL SAN ROMAN	669	12-04-1990
NC-0302-130	CANAL IGLESIA COLORADA	669	12-04-1990
NC-0302-131	CANAL QUEBRADA SECA	669	12-04-1990
NC-0302-132	CANAL PUNTA NEGRA	669	12-04-1990
NC-0302-133	CANAL EL FUERTE	669	12-04-1990
NC-0302-134	CANAL ALTO MELENDEZ	690	17-04-1990
NC-0302-135	BELLAVISTA	690	17-04-1990
NC-0302-136	ZAVALA	690	17-04-1990
NC-0302-137	LA FLORIDA	690	17-04-1990
NC-0302-138	LOS PATOS	690	17-04-1990
NC-0302-139	CANCHA DE CARRERA	690	17-04-1990
NC-0302-140	VINITAS	698	18-04-1990
NC-0302-141	PUNTA NEGRA	698	18-04-1990
NC-0302-142	CANAL DE LA CIUDAD	698	18-04-1990
NC-0302-143	CERRILLOS	1124	26-06-1990
NC-0302-144	CANAL MAL PASO	1124	26-06-1990
NC-0302-145	CANAL LAS ARAYAS	1124	26-06-1990
NC-0302-146	CANAL LAS ROJAS	1124	26-06-1990
NC-0302-147	CANAL SAN FERNANDO	1124	26-06-1990
NC-0302-148	HIJUELA ABELLO NORTE	1194	24-06-1991
NC-0302-149	COM. AGUAS SUBT. COPIAPO-P. COLGADA- DESEMBOCADURA	304	15-03-2005

**Fuente:** Dirección General de Aguas Atacama, obtenido el 28.02.2012.

• **Comuna de Tierra Amarilla**

<b>Expediente</b>	<b>Organización de usuarios</b>	<b>Resolución aprobatoria</b>	<b>Fecha de la resolución aprobatoria</b>
NC-0302-86	EL SAUCE	669	12-04-1990
NC-0302-96	APACHETAS	666	15-06-1983
NC-0302-98	CANAL EL NARANJO	82	14-01-1987
NC-0302-99	CANAL EL SAUCE	83	14-01-1987
NC-0302-100	PENA NEGRA	382	17-02-1987
NC-0302-101	EL HUERTO Y MOLINO	380	17-02-1987
NC-0302-102	EL JARDIN	381	17-02-1987
NC-0302-103	AMOLANITAS	379	17-02-1987
NC-0302-104	PALO BLANCO	383	17-02-1987
NC-0302-105	PASTILLO	378	17-02-1987
NC-0302-106	TAROLA	377	17-02-1987
NC-0302-107	LA CANTERA	397	18-02-1987
NC-0302-108	CARRIZO	396	18-02-1987
NC-0302-109	AMOLANAS	697	02-04-1987
NC-0302-110	CANAL COMPUERTAS NEGRAS	1395	20-07-1987
NC-0302-111	CANAL LA PUERTA N°2	1393	20-07-1987
NC-0302-112	CANAL LA PUERTA N°1	1394	20-07-1987
NC-0302-113	CANAL LOS LOROS	1396	20-07-1987
NC-0302-114	CANAL RODEO	1397	20-07-1987
NC-0302-115	CANAL EL QUEMADO	1398	20-07-1987
NC-0302-116	CANAL TRES CHAÑARES	1399	20-07-1987
NC-0302-117	CANAL HIJUELA AVELLO SUR	668	12-04-1990
NC-0302-118	CANAL NIAGARA	668	12-04-1990
NC-0302-119	CANAL LA CAPILLA	668	12-04-1990
NC-0302-120	CANAL GOYO DIAZ	668	12-04-1990
NC-0302-121	CANAL BOLSICO	669	12-04-1990
NC-0302-122	CANAL URBINA	669	12-04-1990
NC-0302-123	CANAL NANTOCO	669	12-04-1990
NC-0302-124	CANAL PALERMO	669	12-04-1990
NC-0302-125	CANAL PEDREGAL	669	12-04-1990
NC-0302-126	CANAL ESCORIAL	669	12-04-1990
NC-0302-127	CANAL UNIFICACION TERAWAKI- RONSECCO	669	12-04-1990
NC-0302-128	CANAL ALCAPAROSA	669	12-04-1990
NC-0302-129	CANAL SAN ROMAN	669	12-04-1990
NC-0302-130	CANAL IGLESIA COLORADA	669	12-04-1990
NC-0302-131	CANAL QUEBRADA SECA	669	12-04-1990
NC-0302-132	CANAL PUNTA NEGRA	669	12-04-1990
NC-0302-133	CANAL EL FUERTE	669	12-04-1990
NC-0302-134	CANAL ALTO MELENDEZ	690	17-04-1990
NC-0302-135	BELLAVISTA	690	17-04-1990
NC-0302-136	ZAVALA	690	17-04-1990
NC-0302-137	LA FLORIDA	690	17-04-1990
NC-0302-138	LOS PATOS	690	17-04-1990

NC-0302-139	CANCHA DE CARRERA	690	17-04-1990
NC-0302-143	CERRILLOS	1124	26-06-1990
NC-0302-144	CANAL MAL PASO	1124	26-06-1990
NC-0302-145	CANAL LAS ARAYAS	1124	26-06-1990
NC-0302-146	CANAL LAS ROJAS	1124	26-06-1990
NC-0302-148	HIJUELA ABELLO NORTE	1194	24-06-1991

**Fuente:** Dirección General de Aguas Atacama, obtenido el 28.02.2012.

- **Comuna de Caldera**

Expediente	Organización de usuarios	Resolución aprobatoria	Fecha de la resolución aprobatoria
NC-0302-97	CANAL DE ULTIMAS AGUAS DE RAMADILLA	538	15-03-1985

**Fuente:** Dirección General de Aguas Atacama, obtenido el 28.02.201.

## **ANEXOS III.2**

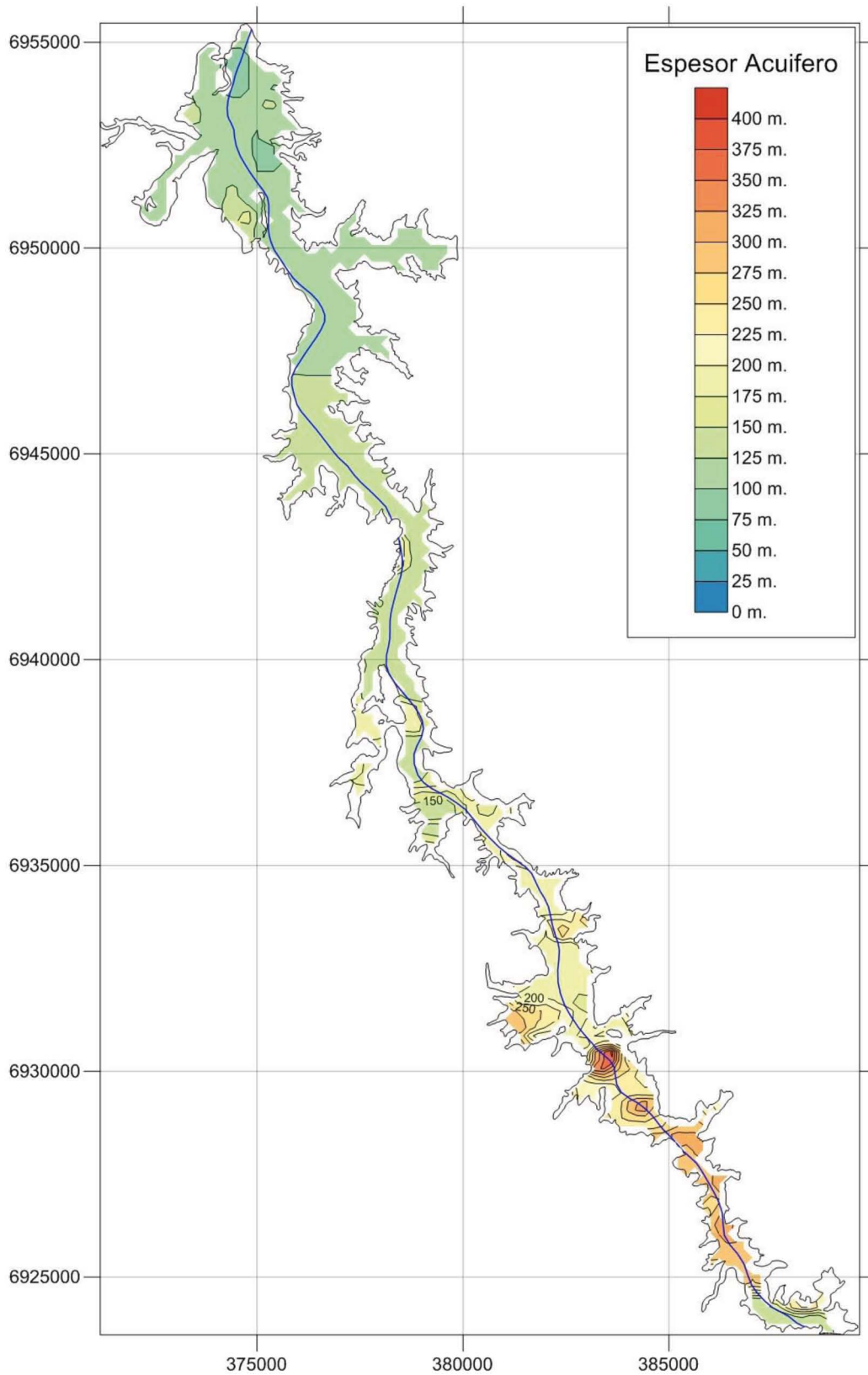
## INDICE DE FIGURAS ANEXAS

FIGURA 1: ISOPACAS SECTOR ACUÍFERO 3 .....	4
FIGURA 2: ISOPACAS SECTOR ACUÍFERO 4 .....	5
FIGURA 3: ISOPACAS SECTOR ACUÍFERO 5 .....	6
FIGURA 4: PERFIL LONGITUDINAL DE BASAMENTO SECTORES 3, 4 Y 5 .....	7
FIGURA 5: PLANO ISOPROFUNDIDADES ANTES DE RECARGA SECTOR ACUÍFERO 3 .....	8
FIGURA 6: PLANO ISOPROFUNDIDADES ANTES DE RECARGA SECTOR ACUÍFERO 4 .....	9
FIGURA 7: PLANO ISOPROFUNDIDADES ANTES DE RECARGA SECTOR ACUÍFERO 5 .....	10
FIGURA 8: PERFIL LONGITUDINAL SECTORES 3, 4 Y 5 CONDICIÓN INICIAL (2011 ANTES DE RECARGA ARTIFICIAL) .....	11
FIGURA 9: PERFIL LONGITUDINAL SECTORES 3, 4 Y 5 CONDICIÓN FINAL ESCENARIO 0 (2020 SIN RECARGA ARTIFICIAL) .....	12
FIGURA 10: PERFIL LONGITUDINAL SECTORES 3, 4 Y 5 CONDICIÓN FINAL ESCENARIO 1 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 4) .....	13
FIGURA 11: PERFIL LONGITUDINAL SECTORES 3, 4 Y 5 CONDICIÓN FINAL ESCENARIO 2 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 5) .....	14
FIGURA 12: PERFIL LONGITUDINAL SECTORES 3, 4 Y 5 CONDICIÓN FINAL ESCENARIO 3 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTORES 4 Y 5) .....	15
FIGURA 13: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 3 ANTES DE RECARGA .....	16
FIGURA 14: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 0 .....	17
FIGURA 15: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 1 .....	18
FIGURA 16: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 2 .....	19
FIGURA 17: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 3 .....	20
FIGURA 18: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 0 .....	21
FIGURA 19: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 1 .....	22
FIGURA 20: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 2 .....	23
FIGURA 21: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 0 .....	24
FIGURA 22: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 4 ANTES DE RECARGA ARTIFICIAL .....	25
FIGURA 23: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 0 .....	26
FIGURA 24: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 1 .....	27
FIGURA 25: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 2 .....	28
FIGURA 26: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 3 .....	29
FIGURA 27: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 0 .....	30
FIGURA 28: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 1 .....	31
FIGURA 29: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 2 .....	32
FIGURA 30: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 3 .....	33
FIGURA 31: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 5 ANTES DE RECARGA ARTIFICIAL .....	34
FIGURA 32: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 0 .....	35
FIGURA 33: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 1 .....	36
FIGURA 34: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 2 .....	37
FIGURA 35: PLANO ISOPIEZOMÉTRICAS SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 3 .....	38
FIGURA 36: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 0 .....	39
FIGURA 37: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 1 .....	40

FIGURA 38: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 2 .....	41
FIGURA 39: PLANO ISOPORFUNDIDADES SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 3 .....	42
FIGURA 40: PERFIL LONGITUDINAL BASAMENTO SECTOR 3 .....	43
FIGURA 41: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 3 ANTES DE RECARGA ARTIFICIAL (2011 MODELADO) .....	44
FIGURA 42: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 0 (2020 SIN RECARGA ARTIFICIAL) .....	45
FIGURA 43: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 1 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 4).....	46
FIGURA 44: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 2 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 5).....	47
FIGURA 45: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 3 FINAL ESCENARIO 3 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 4 Y 5).....	48
FIGURA 46: PERFIL LONGITUDINAL BASAMENTO SECTOR 4 .....	49
FIGURA 47: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 4 ANTES DE RECARGA ARTIFICIAL (2011 MODELADO) .....	50
FIGURA 48: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 0 (2020 SIN RECARGA ARTIFICIAL) .....	51
FIGURA 49: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 1 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 4).....	52
FIGURA 50: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 2 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 5).....	53
FIGURA 51: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 4 FINAL ESCENARIO 3 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 4 Y 5).....	54
FIGURA 52: PERFIL LONGITUDINAL BASAMENTO SECTOR 5 .....	55
FIGURA 53: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 5 ANTES DE RECARGA ARTIFICIAL (2011 MODELADO) .....	56
FIGURA 54: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 0 (2020 SIN RECARGA ARTIFICIAL) .....	57
FIGURA 55: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 1 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 4).....	58
FIGURA 56: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 2 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 5).....	59
FIGURA 57: PERFIL LONGITUDINAL SECTOR 5 FINAL ESCENARIO 3 (2020 CON RECARGA ARTIFICIAL EN SECTOR 4 Y 5).....	60
FIGURA 58: ÁREA BENEFICIADA (AUMENTO NAPA >5 M.) SECTOR 4 ESCENARIO 1 .....	61
FIGURA 59: ÁREA BENEFICIADA (AUMENTO NAPA >5 M.) SECTOR 4 ESCENARIO 2 .....	62
FIGURA 60: ÁREA BENEFICIADA (AUMENTO NAPA >5 M.) SECTOR 4 ESCENARIO 3 .....	63
FIGURA 61: ÁREA BENEFICIADA (AUMENTO NAPA >5 M.) SECTOR 5 ESCENARIO 1 .....	64
FIGURA 62: ÁREA BENEFICIADA (AUMENTO NAPA >5 M.) SECTOR 5 ESCENARIO 2 .....	65
FIGURA 63: ÁREA BENEFICIADA (AUMENTO NAPA >5 M.) SECTOR 5 ESCENARIO 3 .....	66
FIGURA 64: SECTORES DE RECARGA ARTIFICIAL DEL MODELO ESCENARIO 1.....	67
FIGURA 65: SECTORES DE RECARGA ARTIFICIAL DEL MODELO ESCENARIO 2.....	68
FIGURA 66: SECTORES DE RECARGA ARTIFICIAL DEL MODELO ESCENARIO 3.....	69
TABLA 1: RECARGA POR SECTORES ESCENARIO 0 (DATOS DE ENTRADA MODELO) .....	70
TABLA 2: RECARGA POR SECTORES ESCENARIO 1 (DATOS DE ENTRADA MODELO) .....	71
TABLA 3: RECARGA POR SECTORES ESCENARIO 2 (DATOS DE ENTRADA MODELO) .....	72
TABLA 4: RECARGA POR SECTORES ESCENARIO 3 (DATOS DE ENTRADA MODELO) .....	73
TABLA 5: DATOS DE SALIDA BALANCE SECTOR 3A .....	74
TABLA 6: DATOS DE SALIDA BALANCE SECTOR 3B .....	75
TABLA 7: DATOS DE SALIDA BALANCE SECTOR 4.....	76
TABLA 8: DATOS DE SALIDA BALANCE SECTOR 5.....	77



Figura 1: Isopacas Sector Acuífero 3



**Figura 2: Isopacas Sector Acuífero 4**

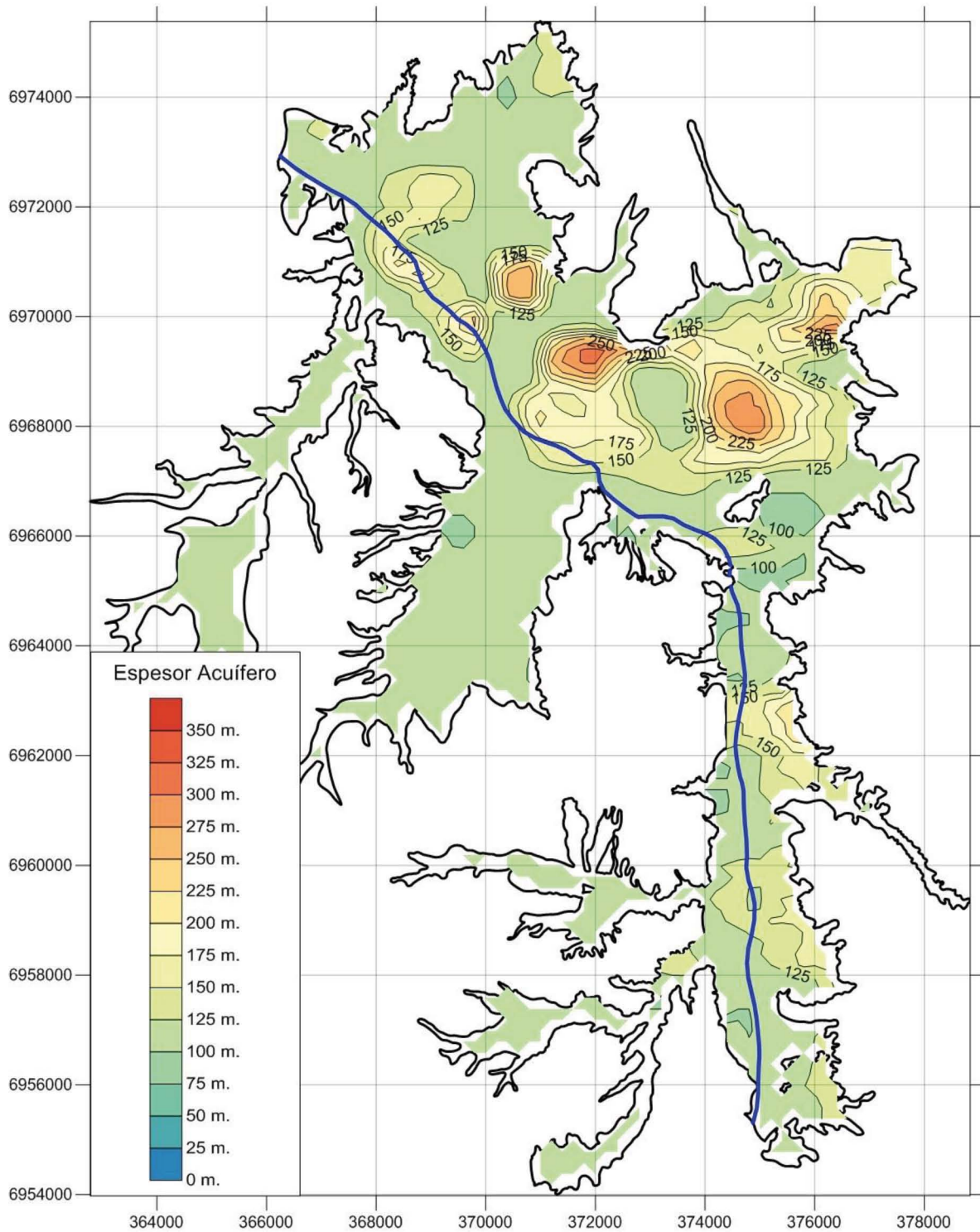


Figura 3: Isopacas Sector Acuífero 5

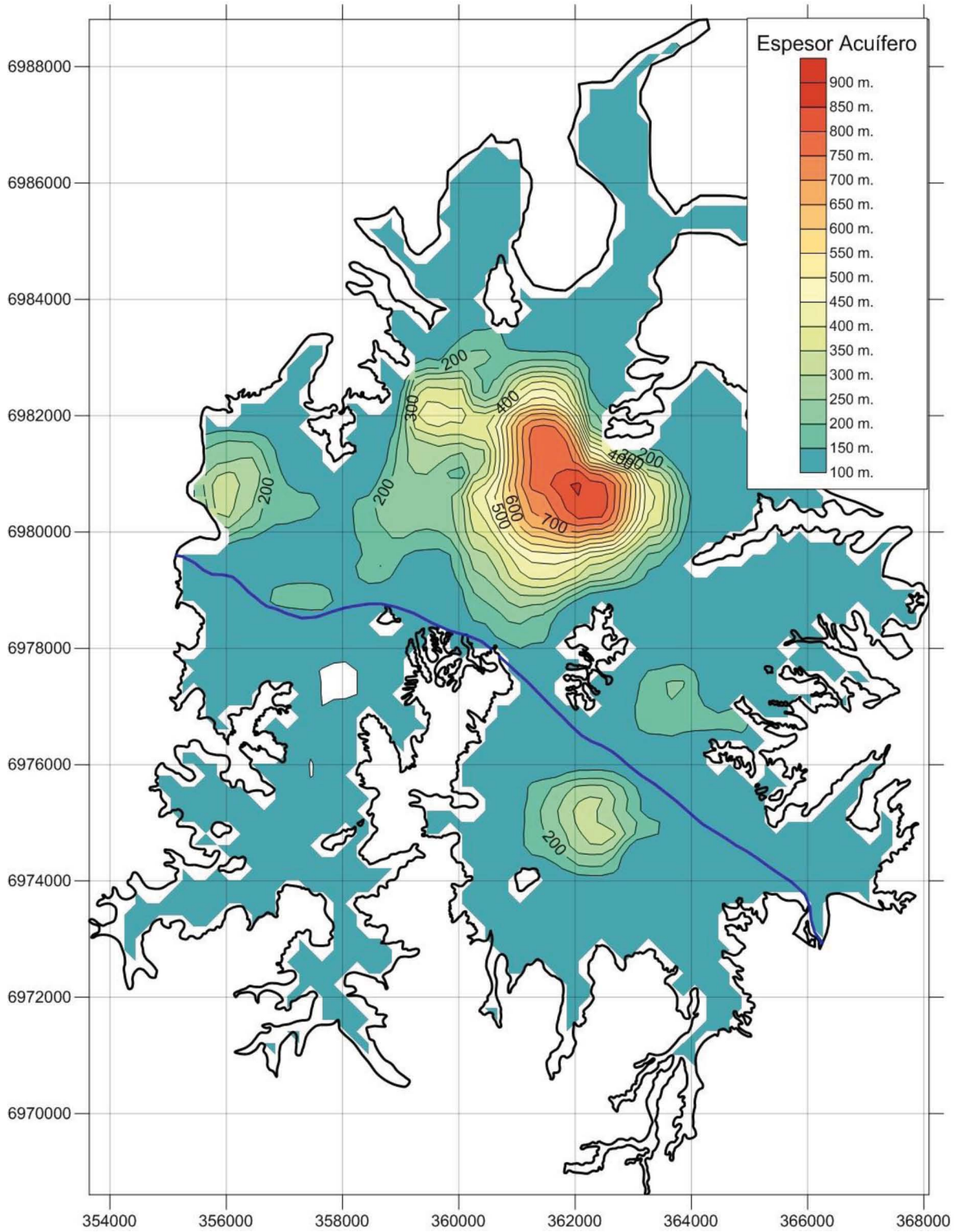


Figura 4: Perfil Longitudinal de Basamento Sectores 3, 4 y 5

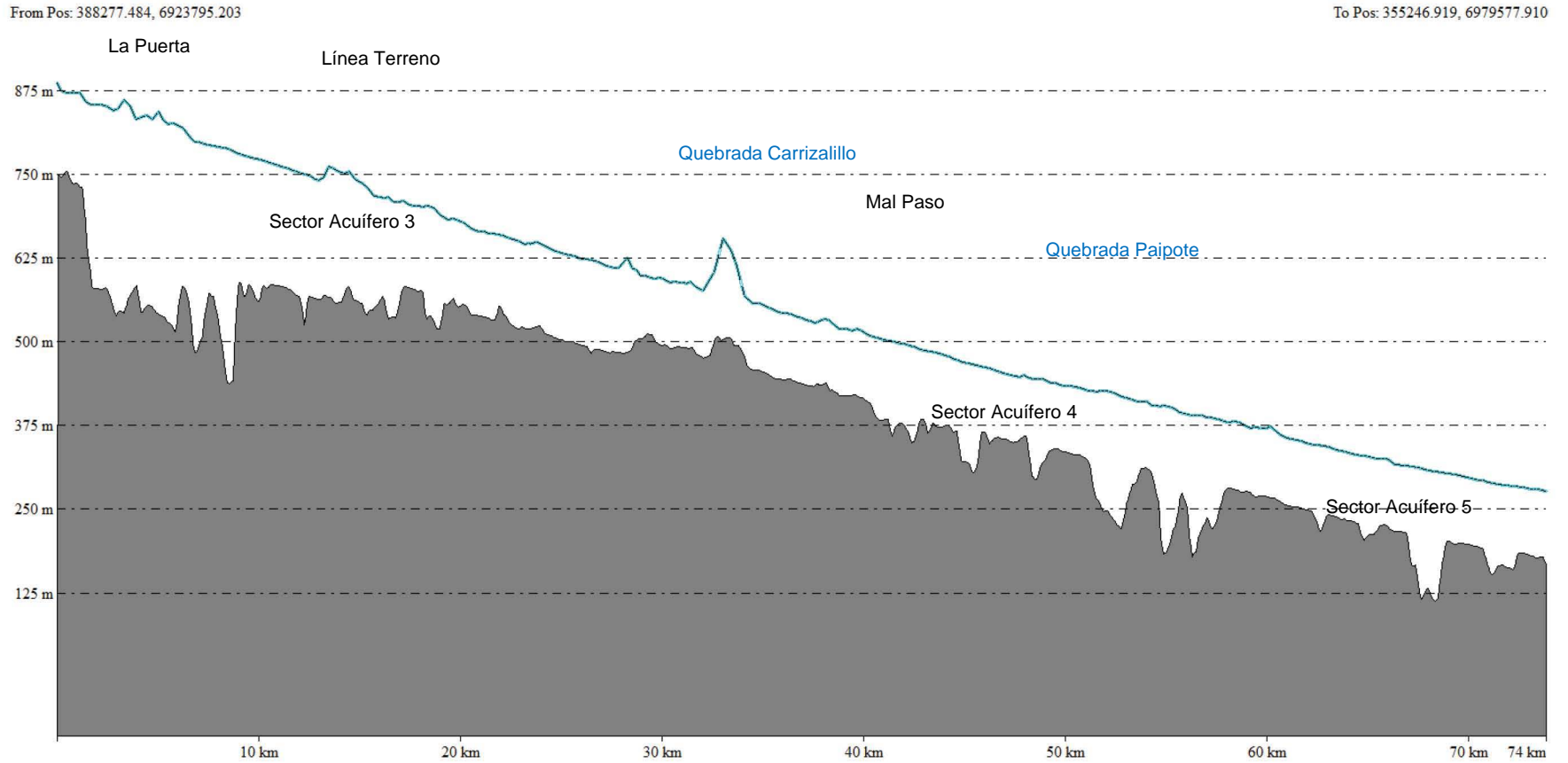


Figura 5: Plano Isopropfundidades antes de Recarga Sector Acuífero 3

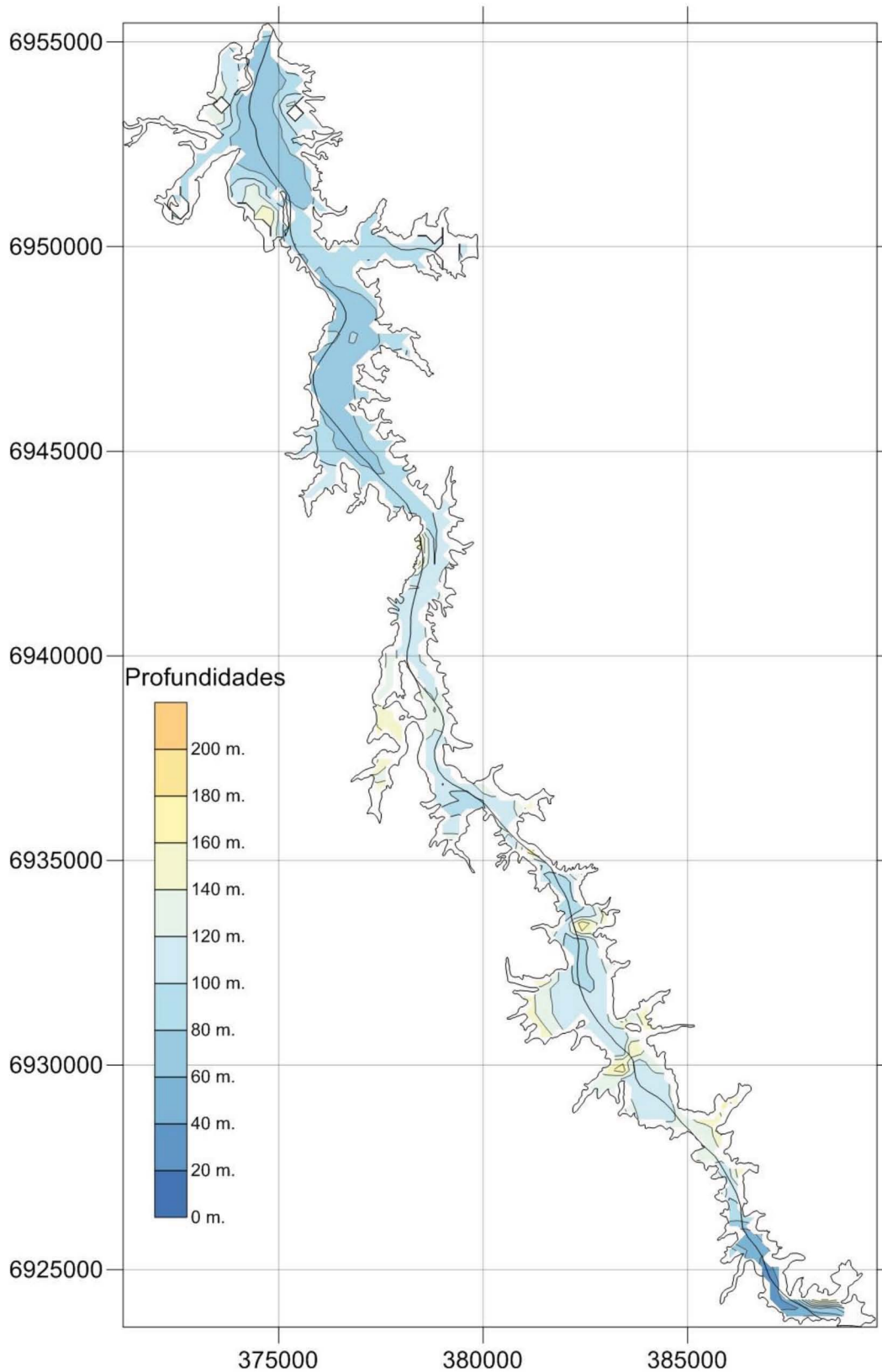


Figura 6: Plano Isopropfundidades antes de Recarga Sector Acuífero 4

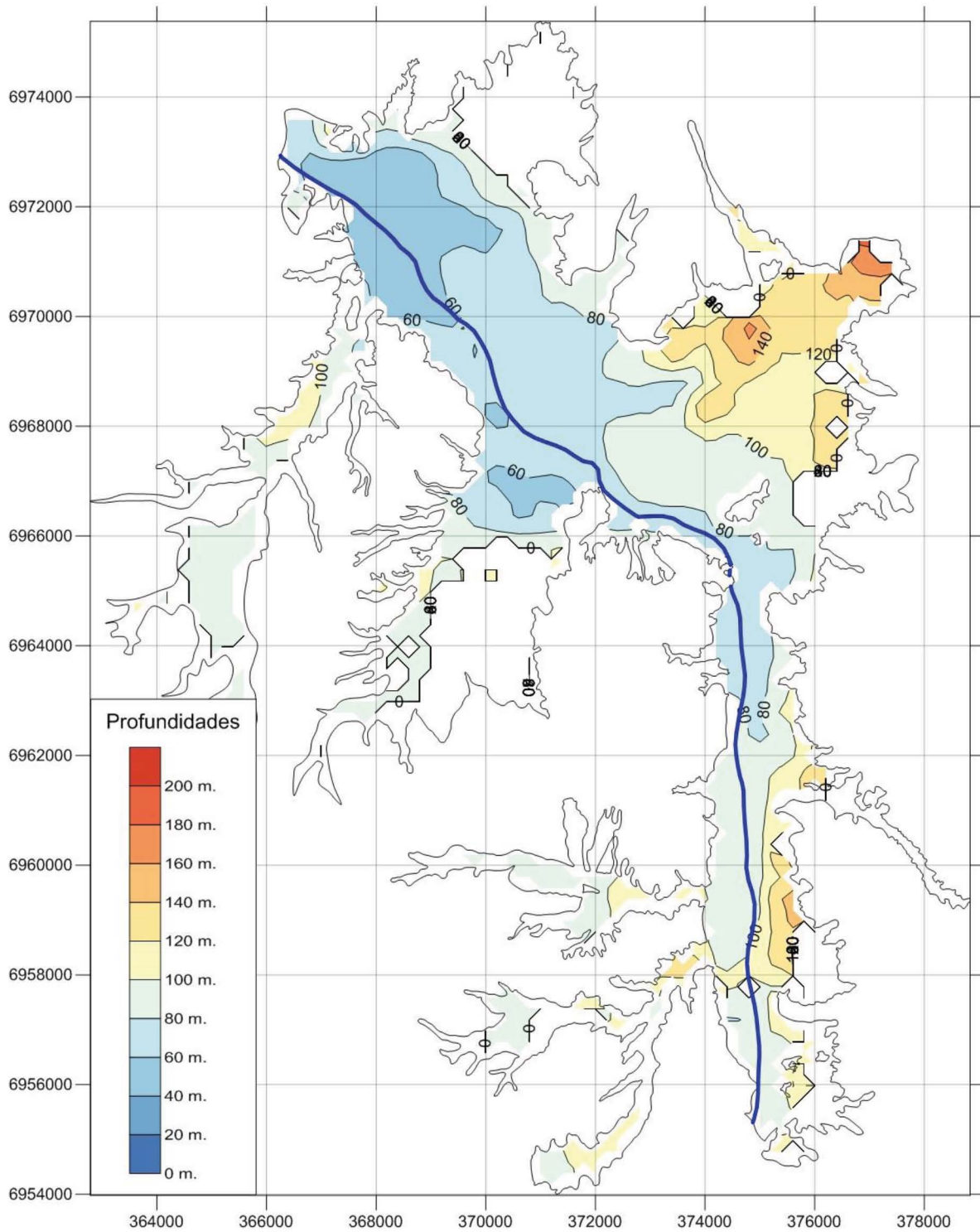


Figura 7: Plano Isopropfundidades antes de Recarga Sector Acuífero 5

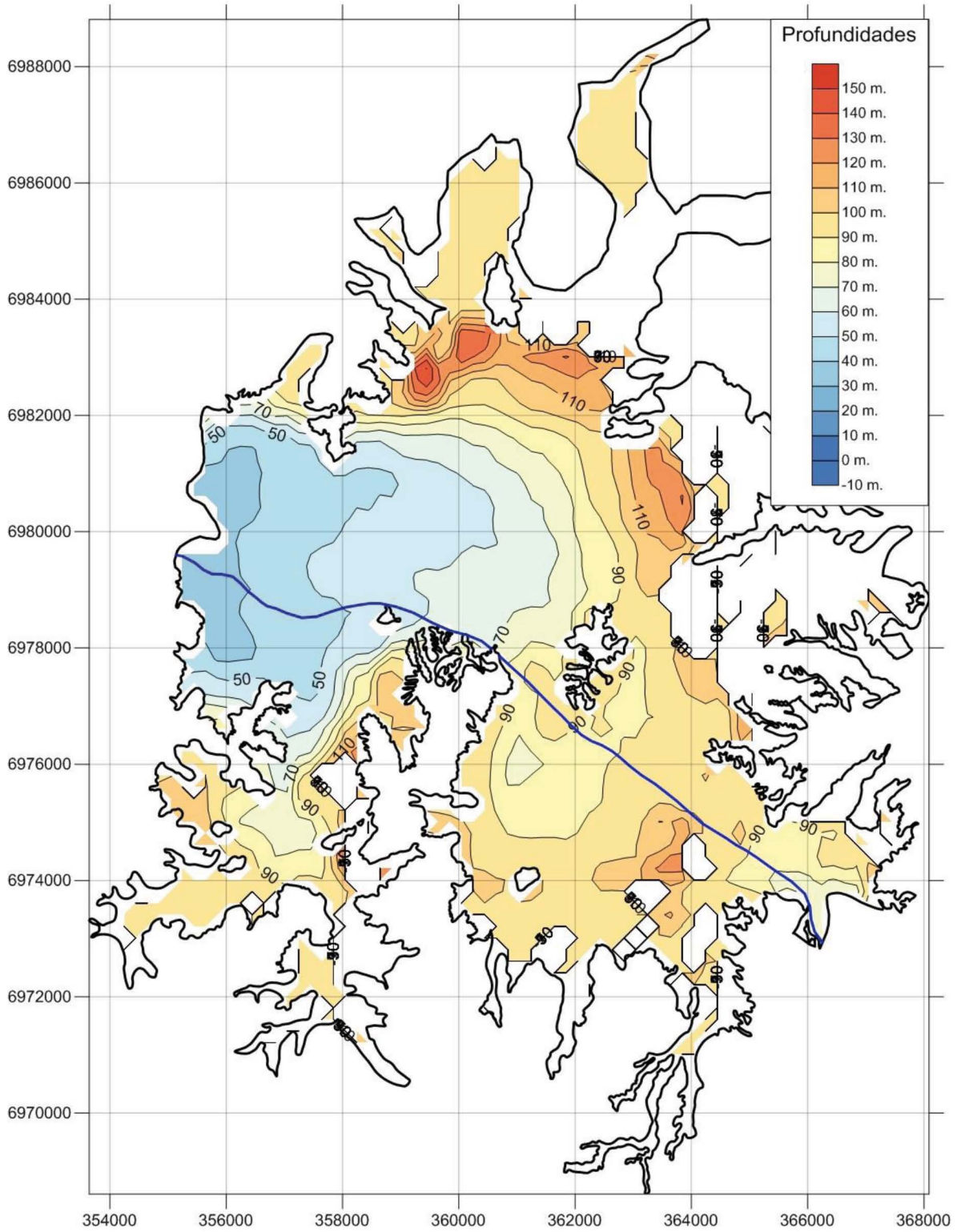


Figura 8: Perfil Longitudinal Sectores 3, 4 y 5 Condición Inicial (2011 antes de Recarga Artificial)

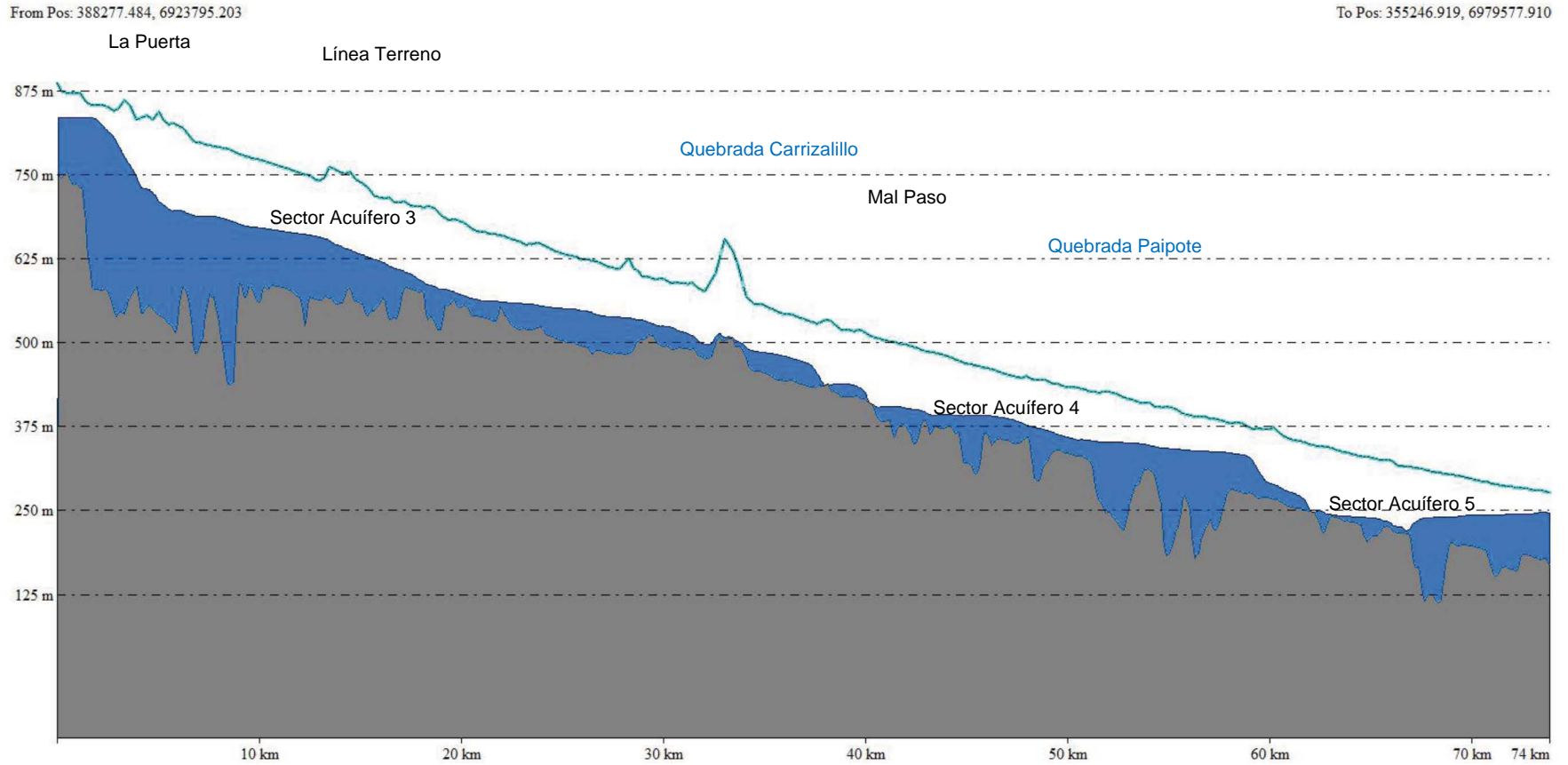




Figura 9: Perfil Longitudinal Sectores 3, 4 y 5 Condición Final Escenario 0 (2020 sin Recarga Artificial)

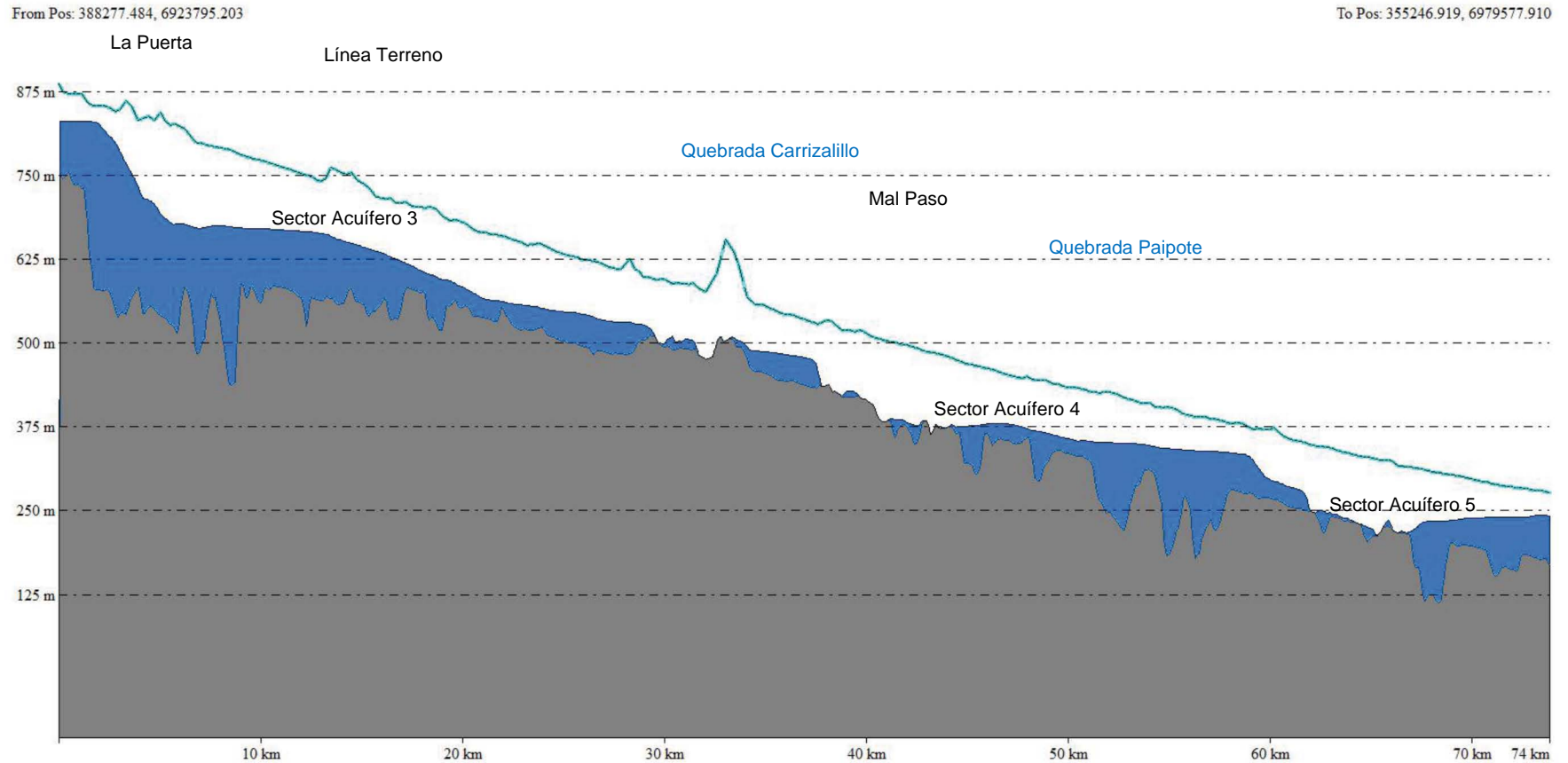


Figura 10: Perfil Longitudinal Sectores 3, 4 y 5 Condición Final Escenario 1 (2020 con Recarga Artificial en Sector 4)

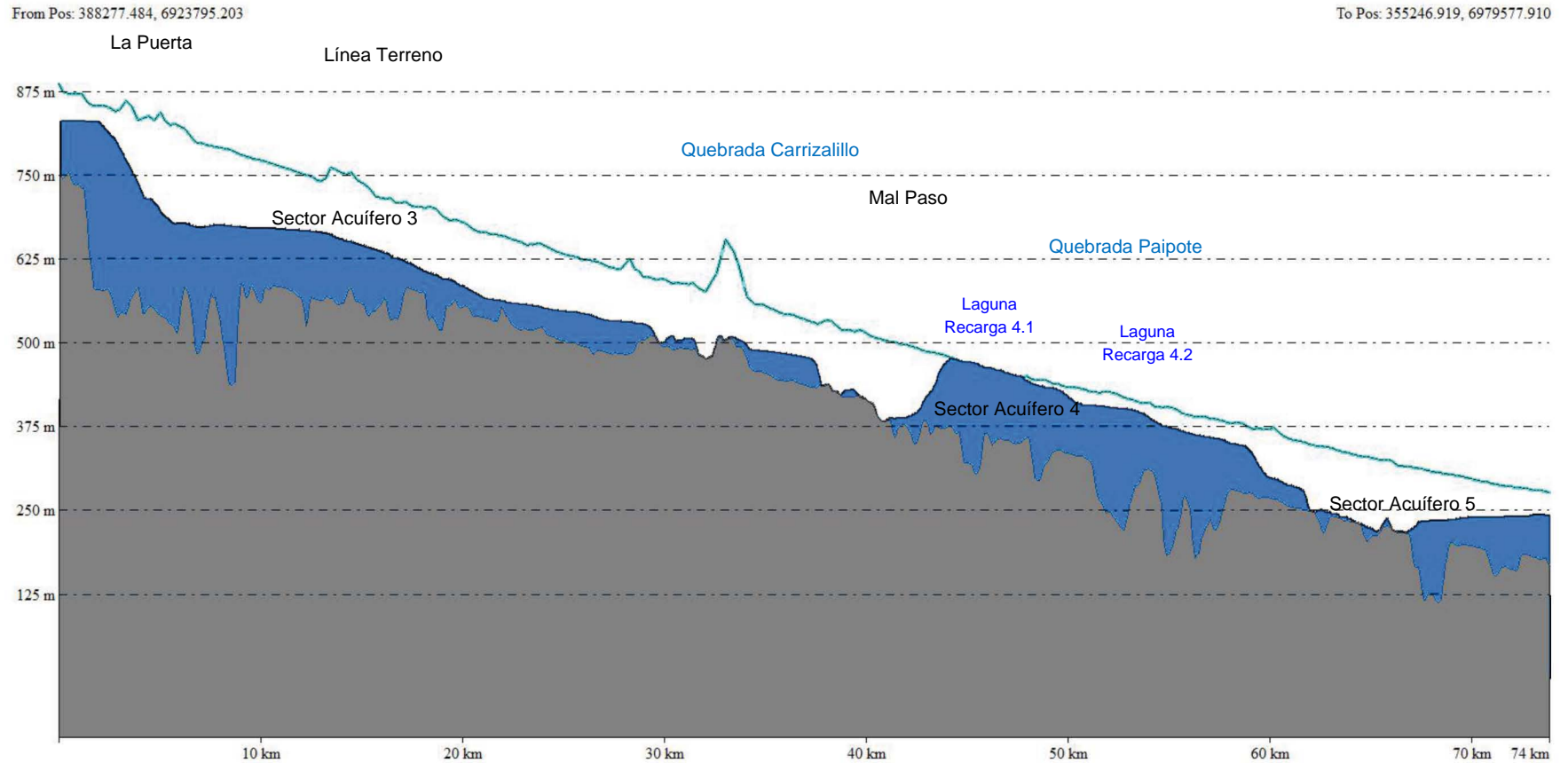


Figura 11: Perfil Longitudinal Sectores 3, 4 y 5 Condición Final Escenario 2 (2020 con Recarga Artificial en Sector 5)

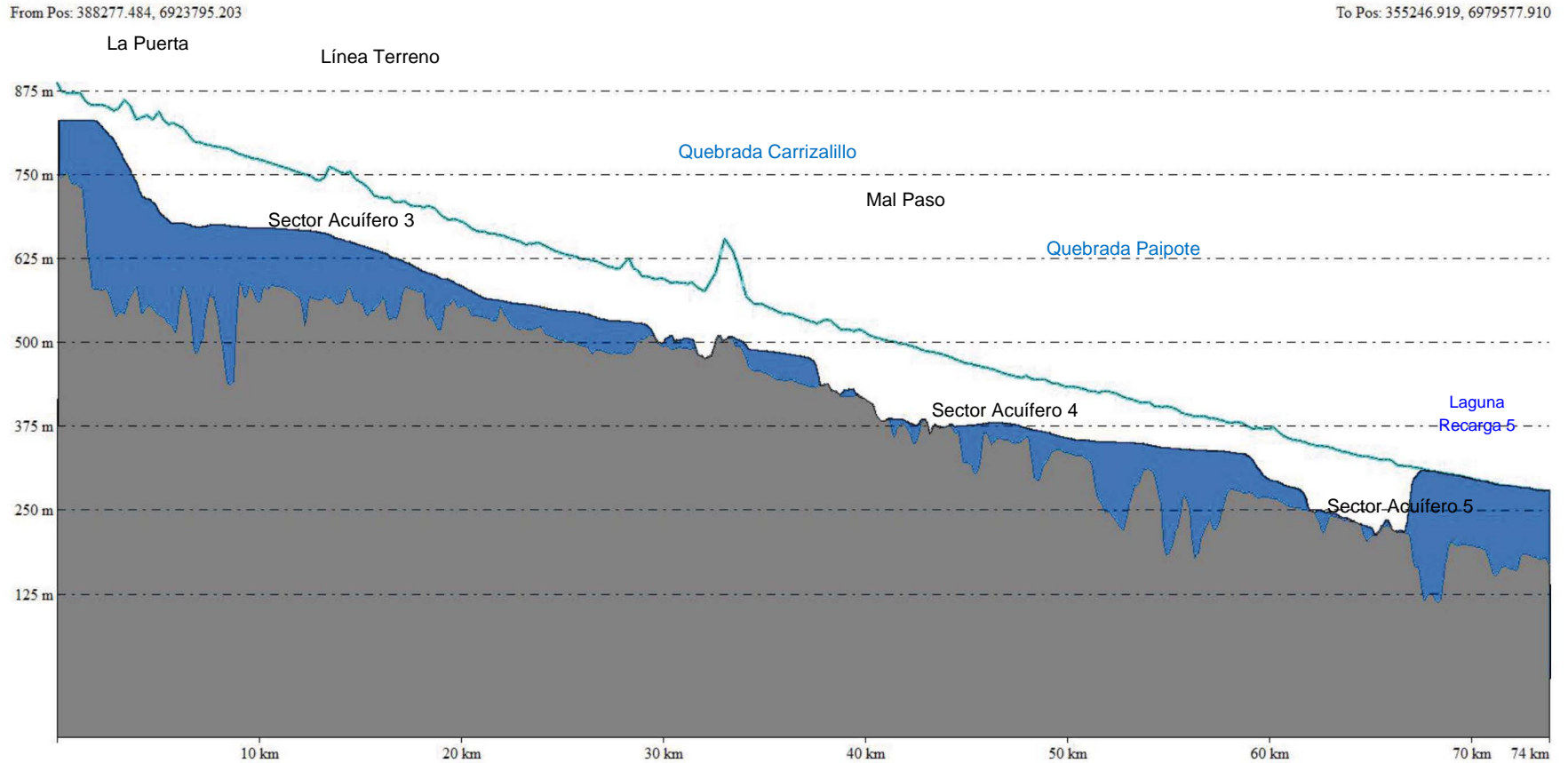
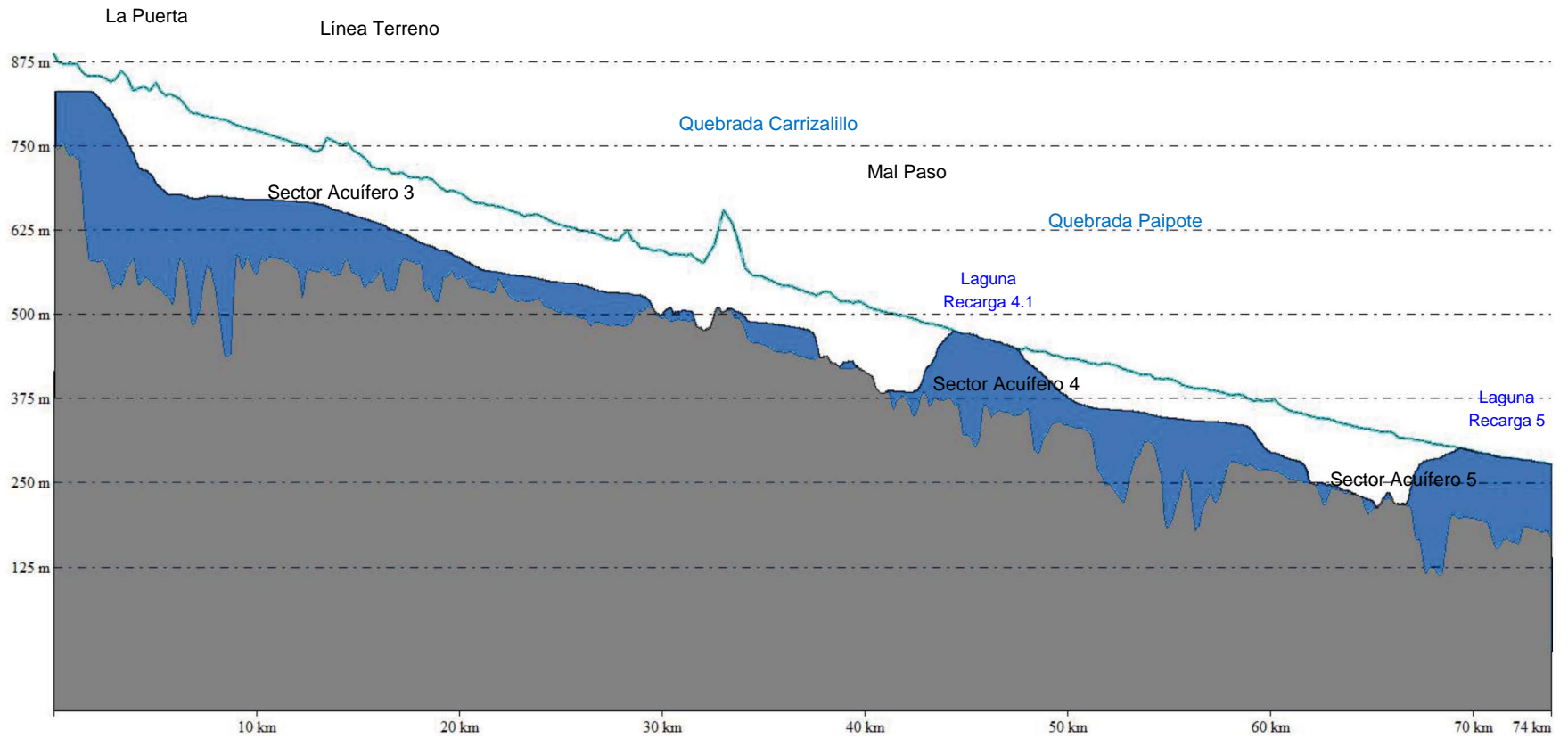


Figura 12: Perfil Longitudinal Sectores 3, 4 y 5 Condición Final Escenario 3 (2020 con Recarga Artificial en Sectores 4 y 5)

From Pos: 388277.484, 6923795.203

To Pos: 355246.919, 6979577.910



**Figura 13: Plano Isopiezométricas Sector 3 antes de recarga**

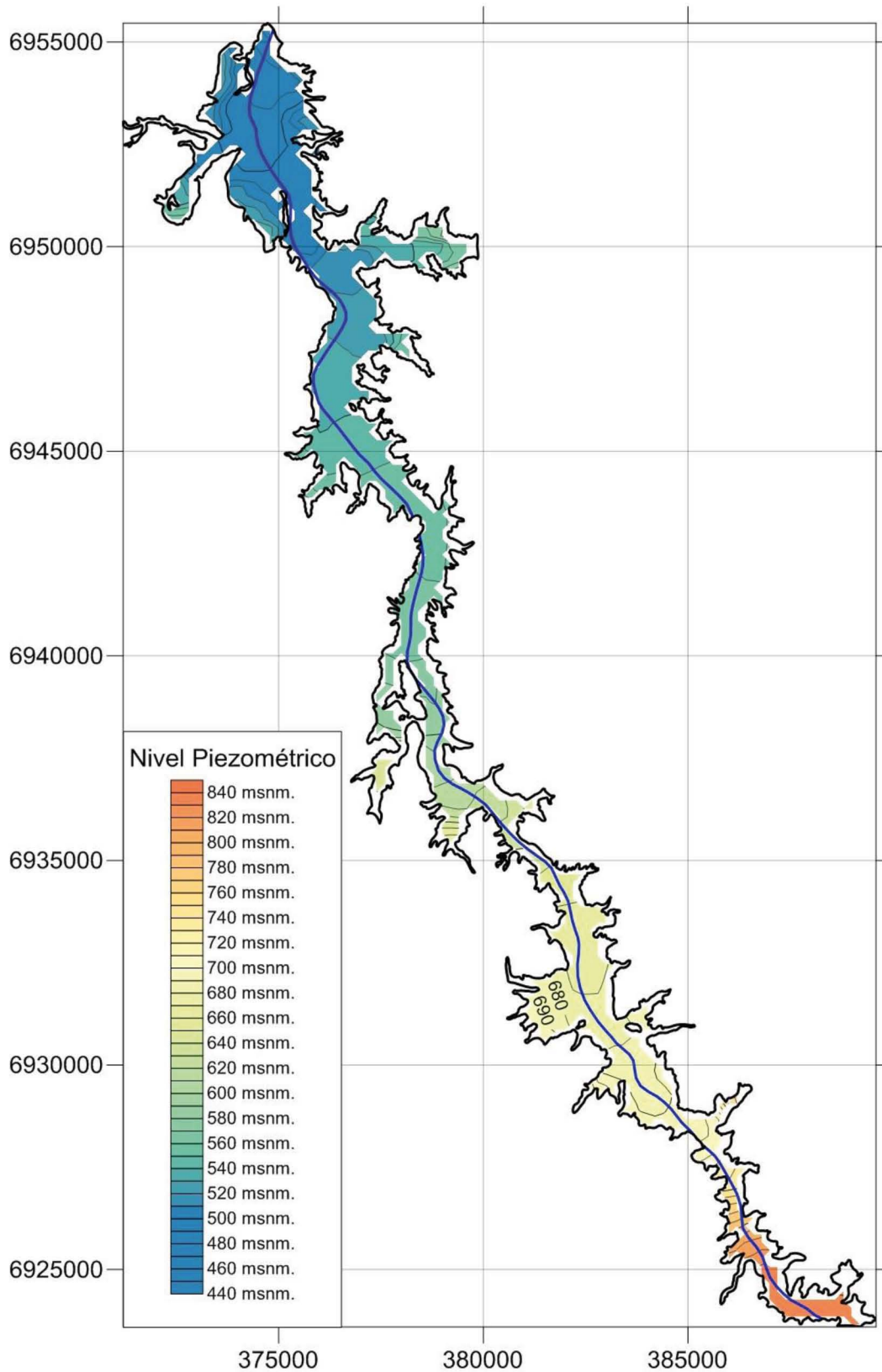


Figura 14: Plano Isopiezométricas Sector 3 Final Escenario 0

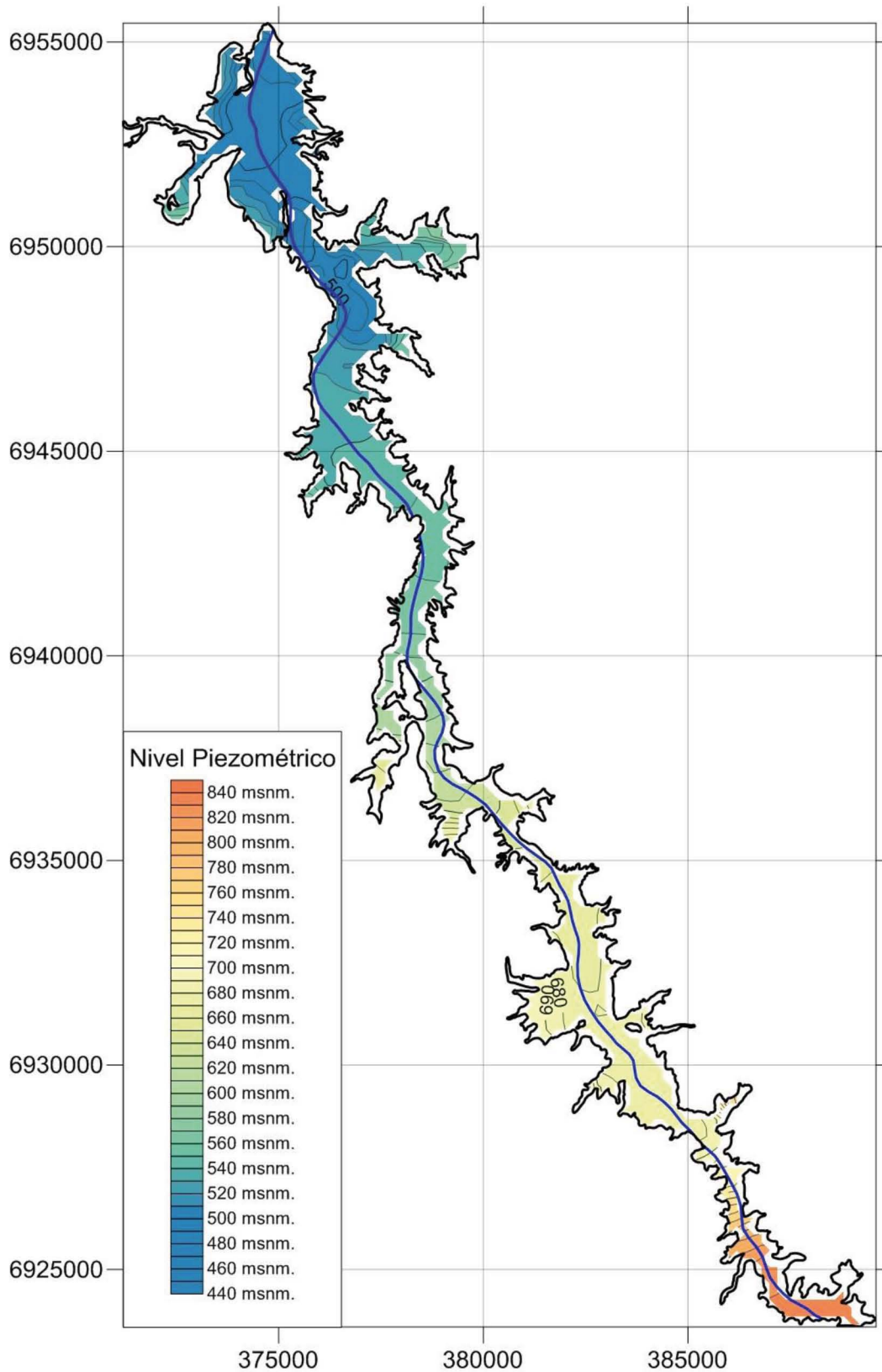


Figura 15: Plano Isopiezométricas Sector 3 Final Escenario 1

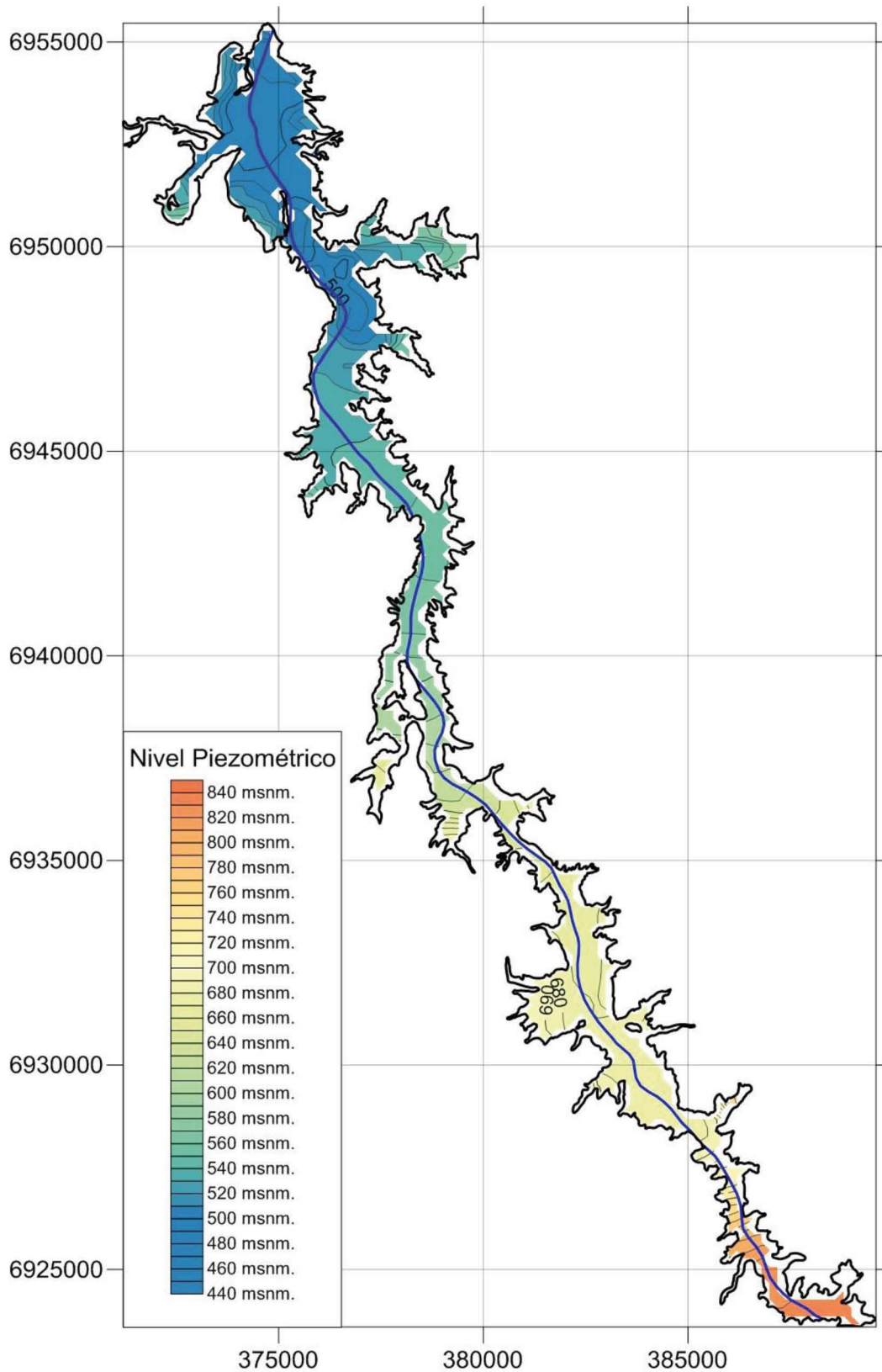
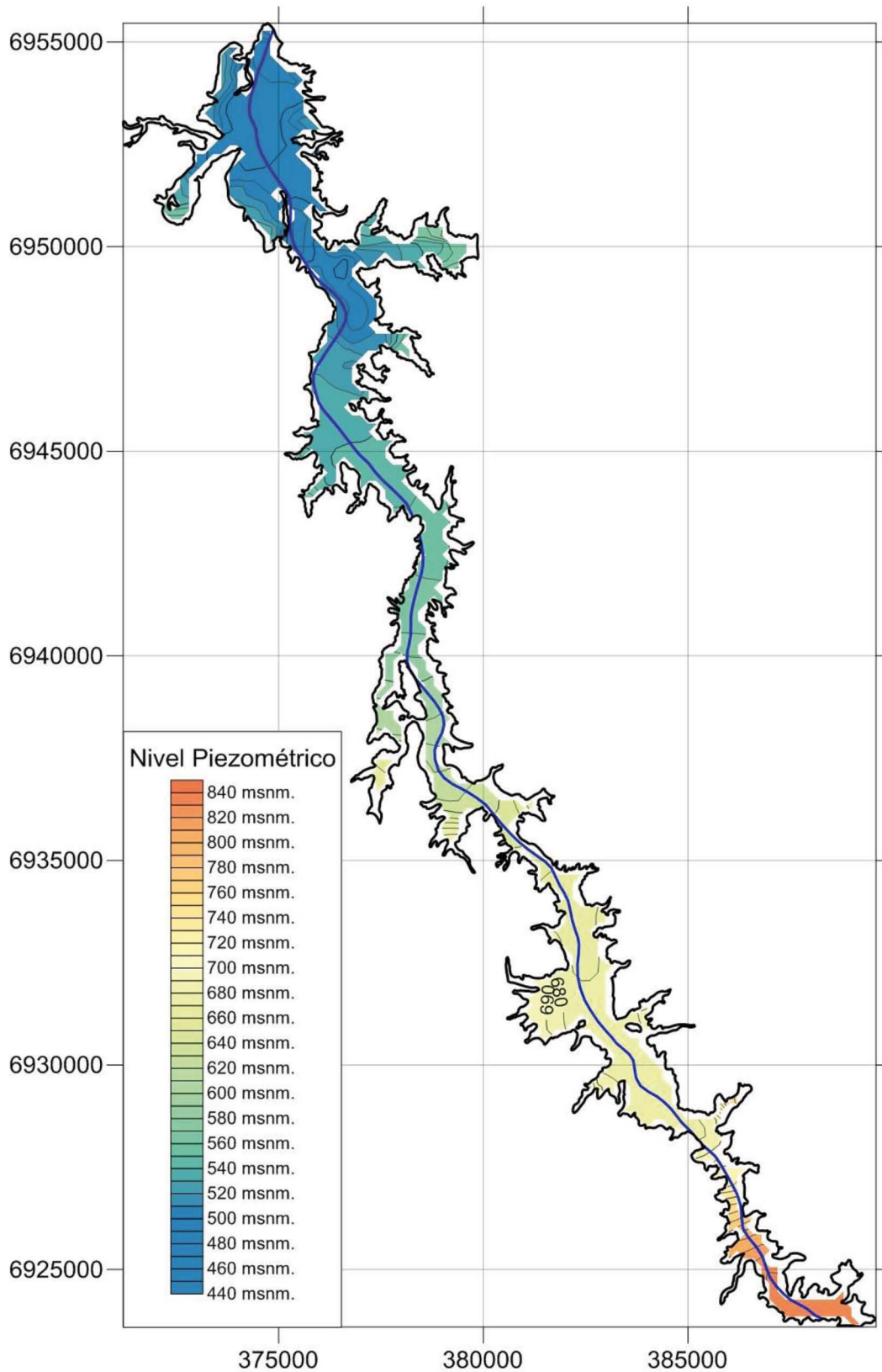


Figura 16: Plano Isopiezométricas Sector 3 Final Escenario 2





**Figura 17: Plano Isopiezométricas Sector 3 Final Escenario 3**

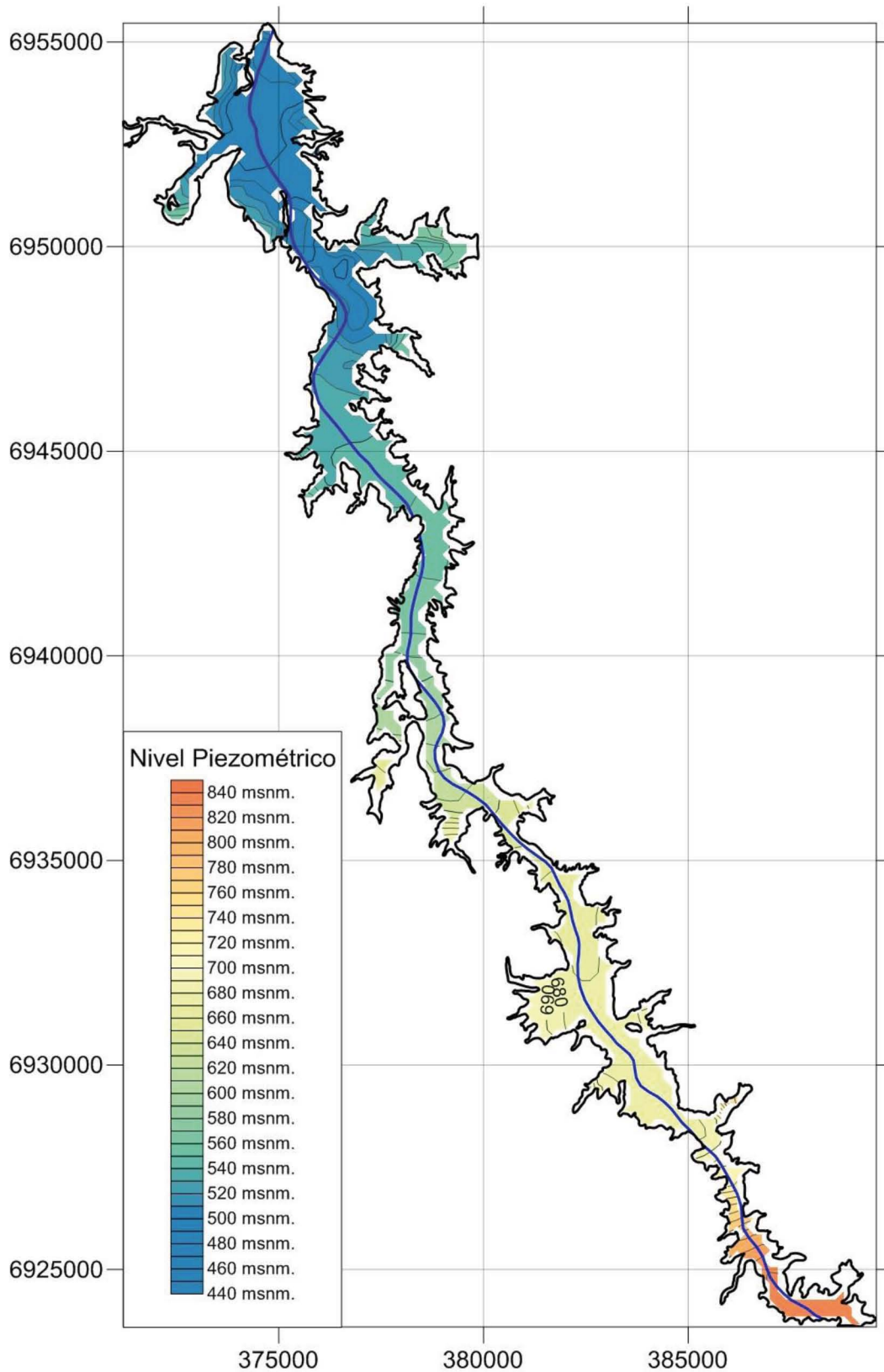


Figura 18: Plano Isoporfundidades Sector 3 Final Escenario 0

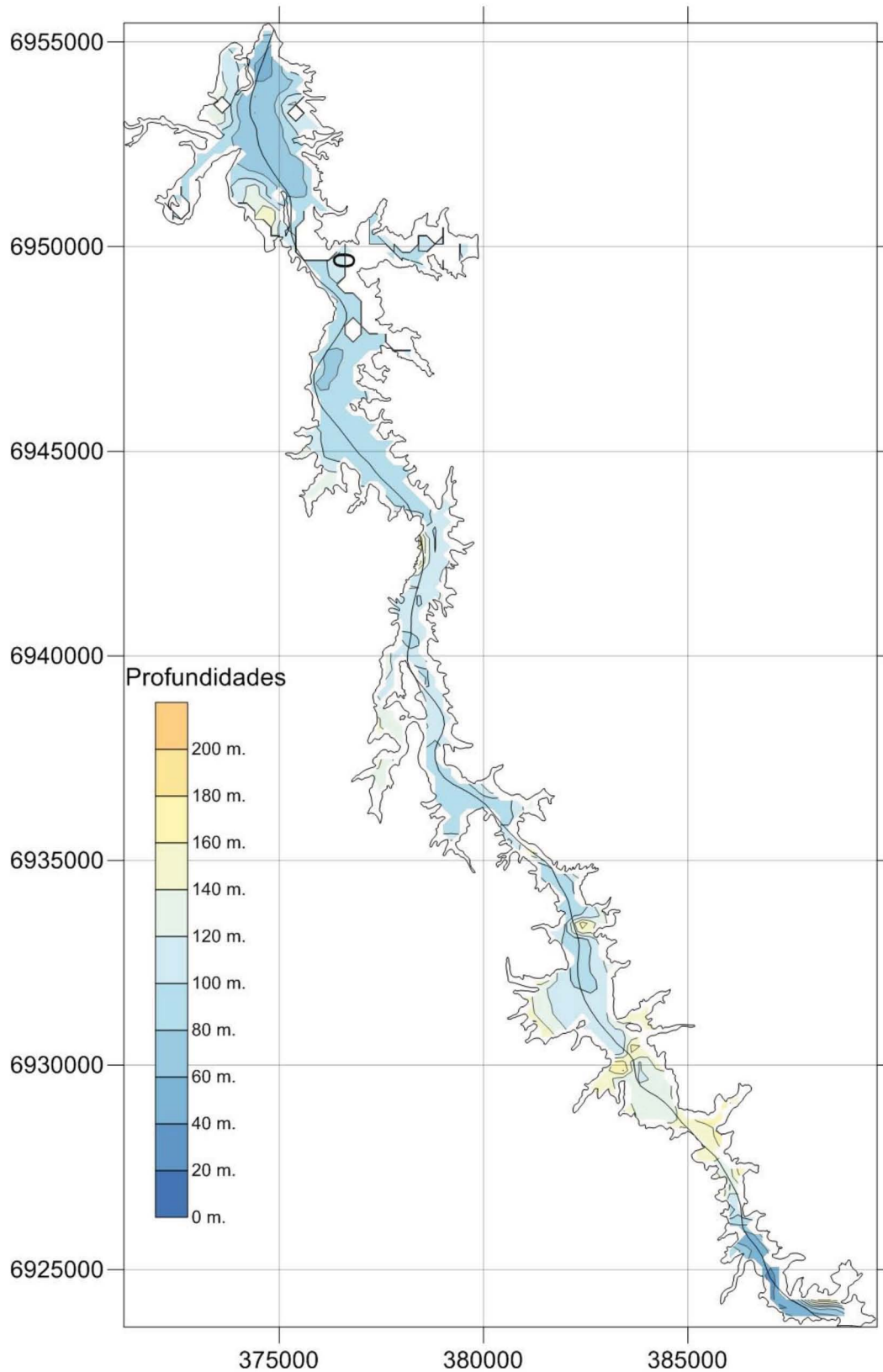


Figura 19: Plano Isoporfundidades Sector 3 Final Escenario 1

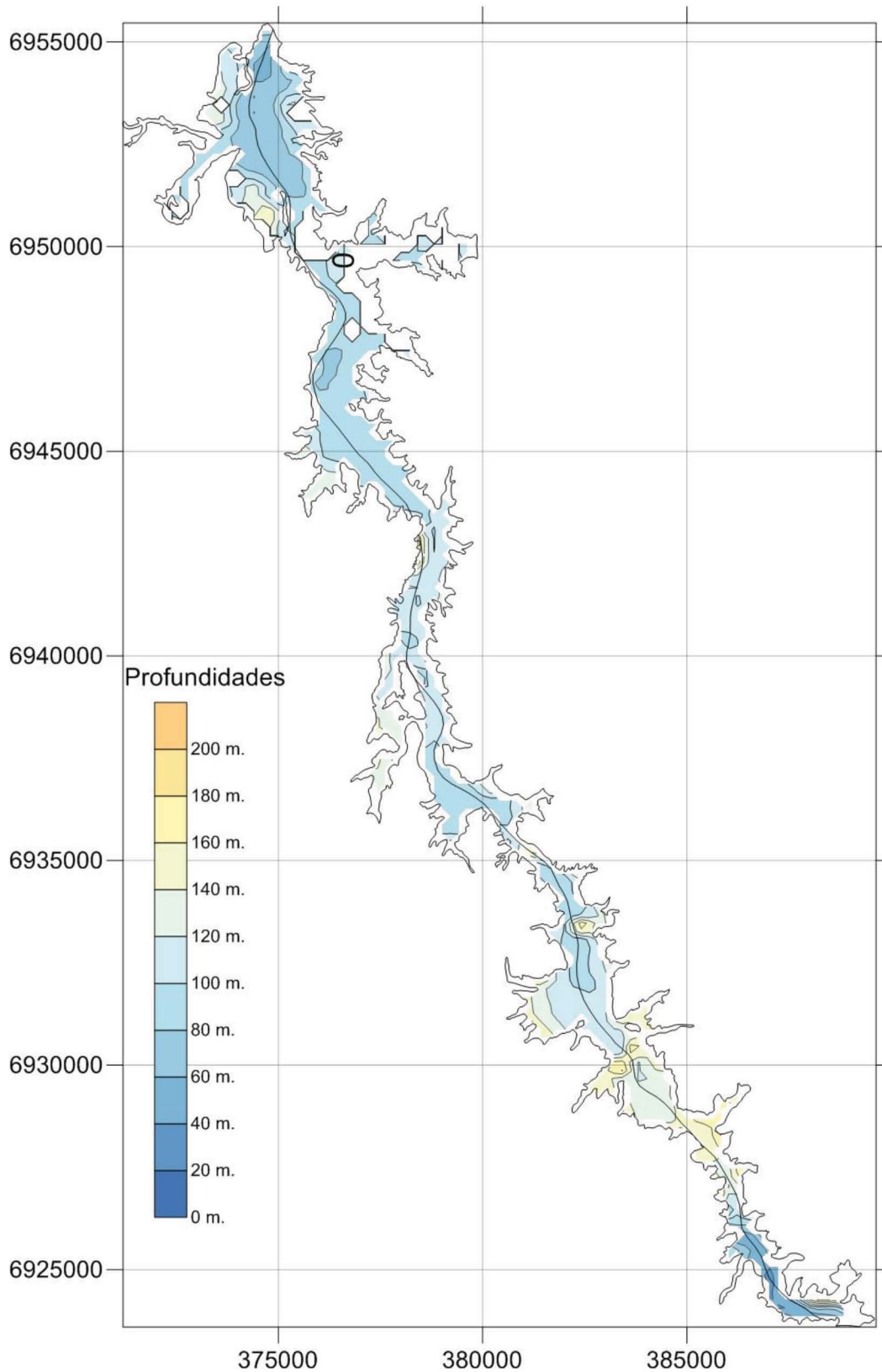


Figura 20: Plano Isoporfundidades Sector 3 Final Escenario 2

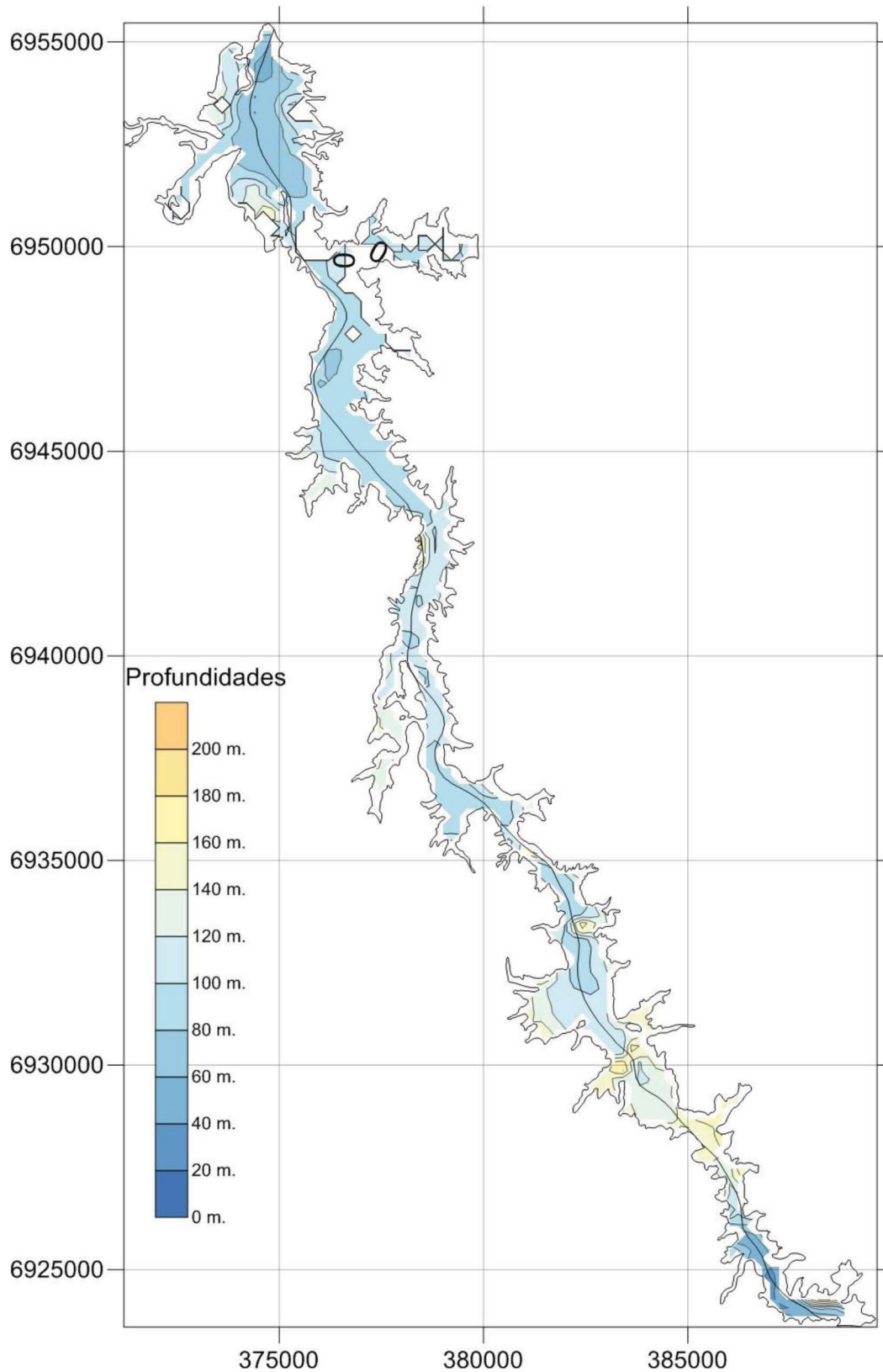
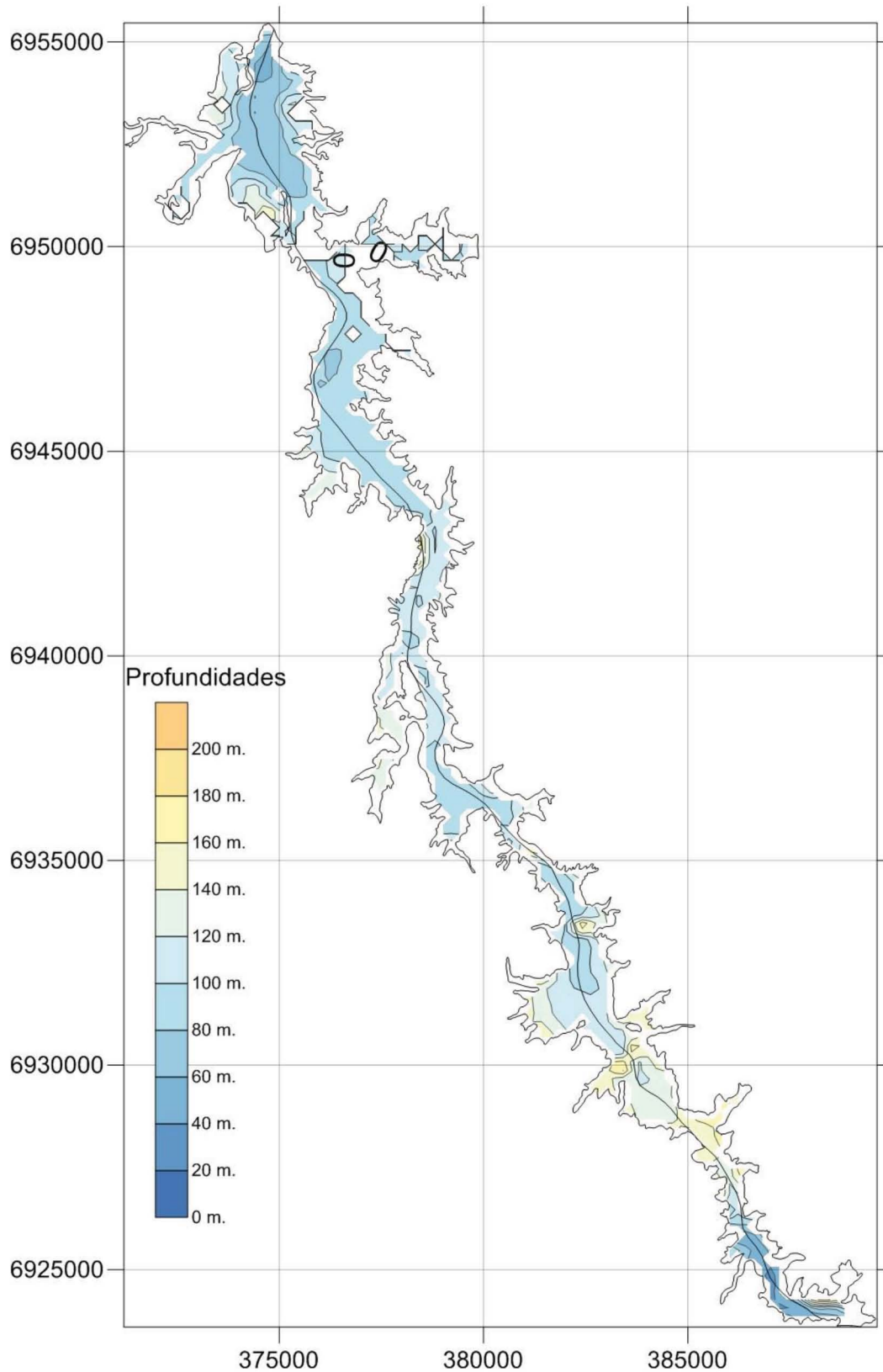
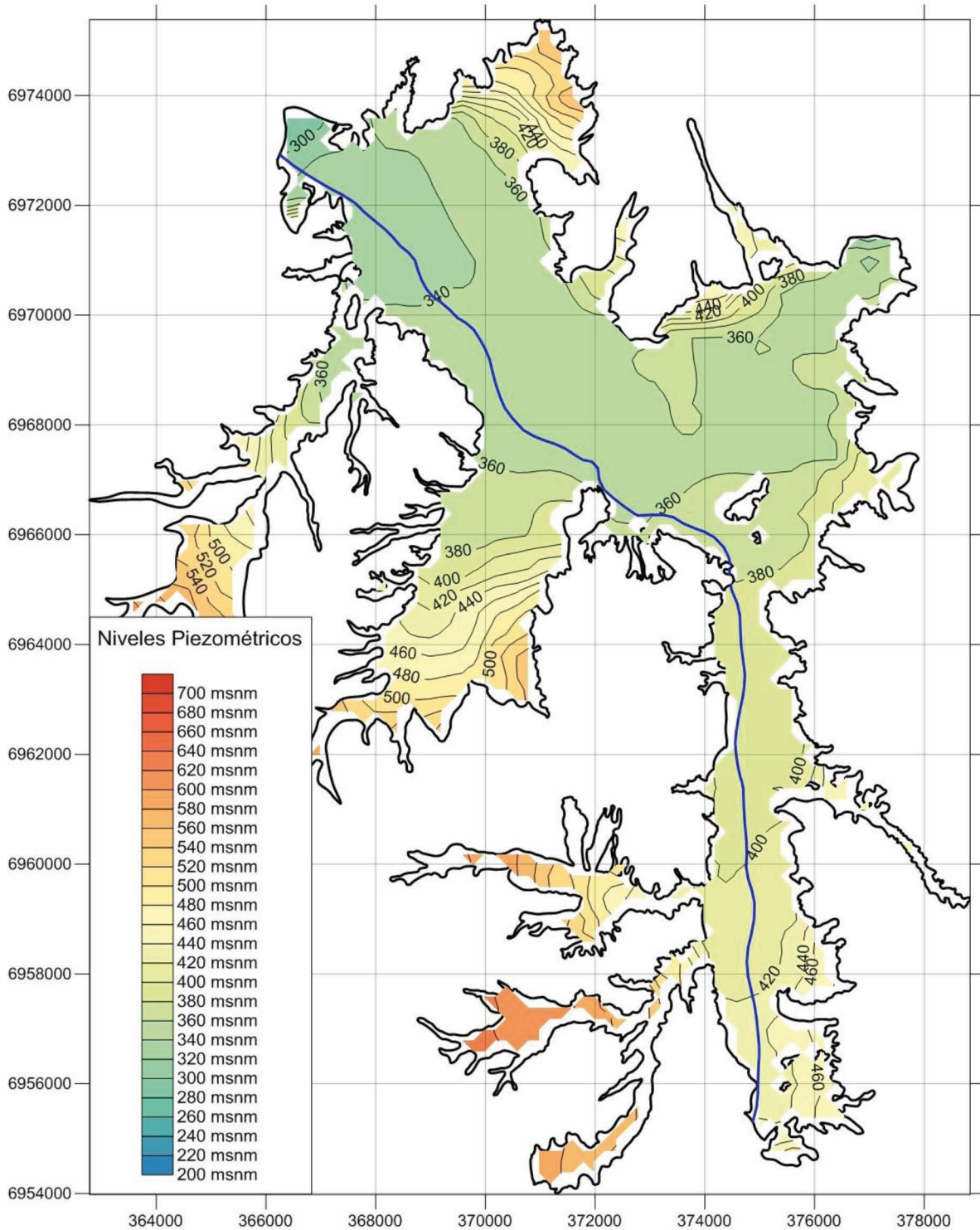


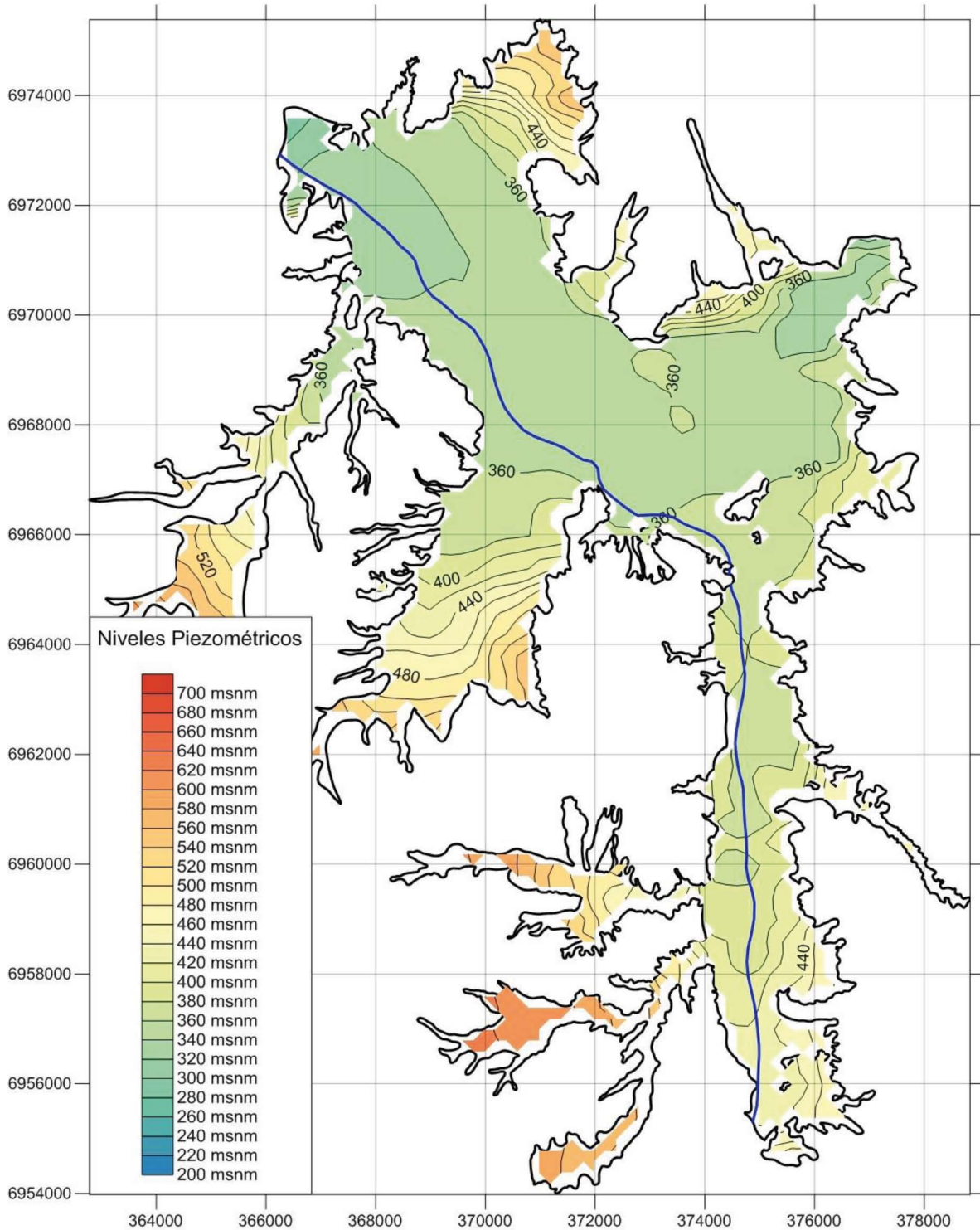
Figura 21: Plano Isoporfundidades Sector 3 Final Escenario 0



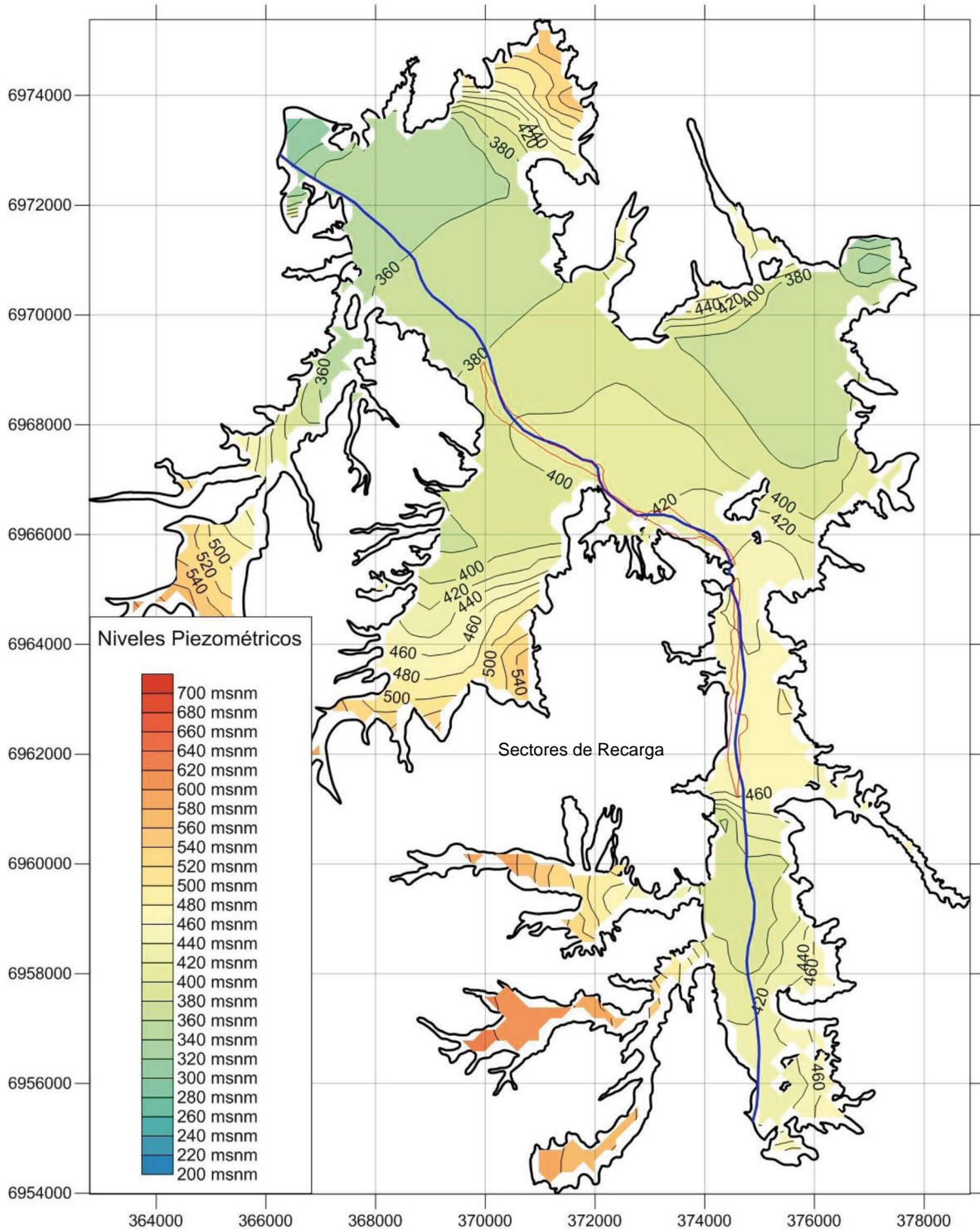
**Figura 22: Plano Isopiezométricas Sector 4 Antes de Recarga Artificial**



**Figura 23: Plano Isopiezométricas Sector 4 Final Escenario 0**

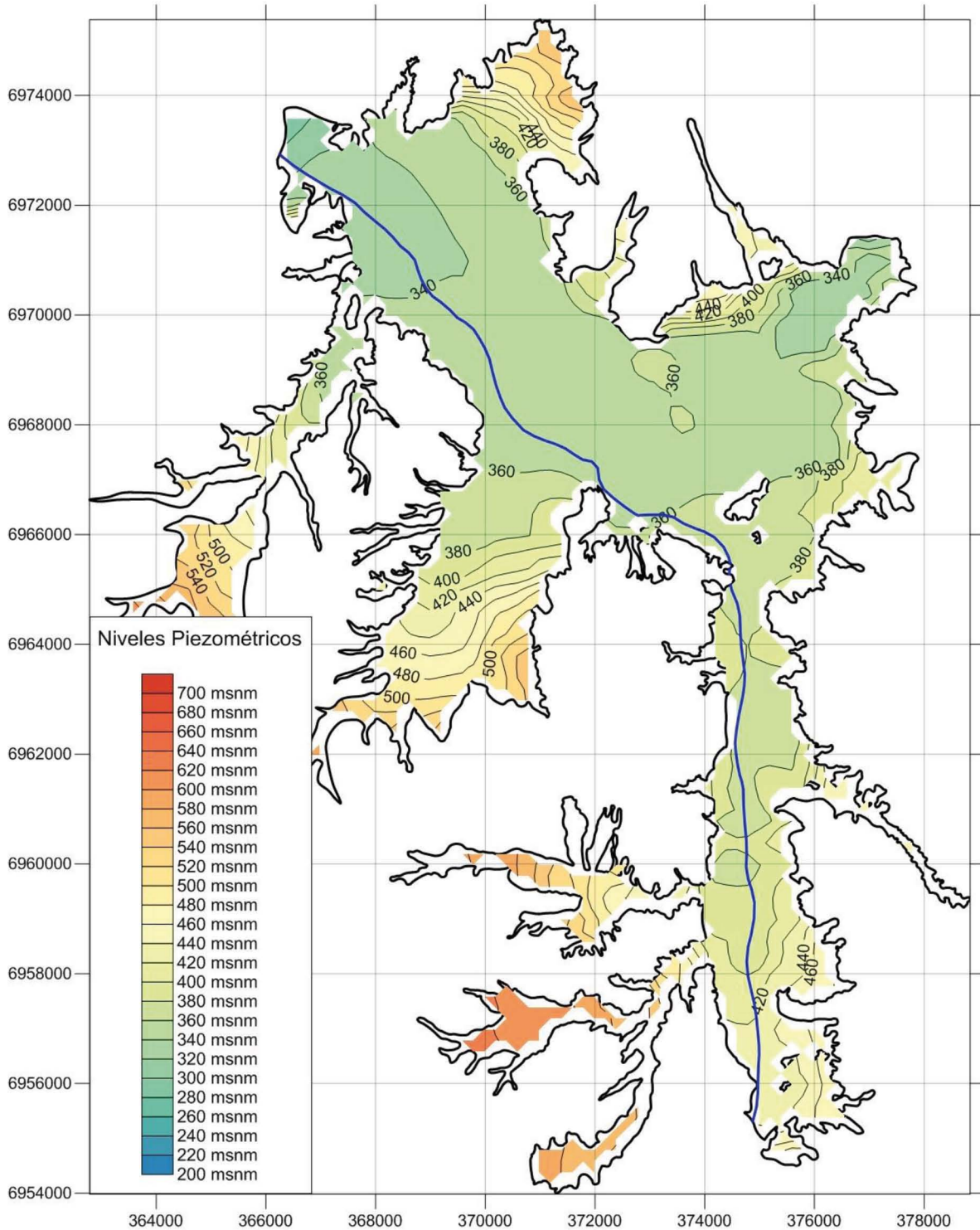


**Figura 24: Plano Isopiezométricas Sector 4 Final Escenario 1**





**Figura 25: Plano Isopiezométricas Sector 4 Final Escenario 2**



**Figura 26: Plano Isopiezométricas Sector 4 Final Escenario 3**

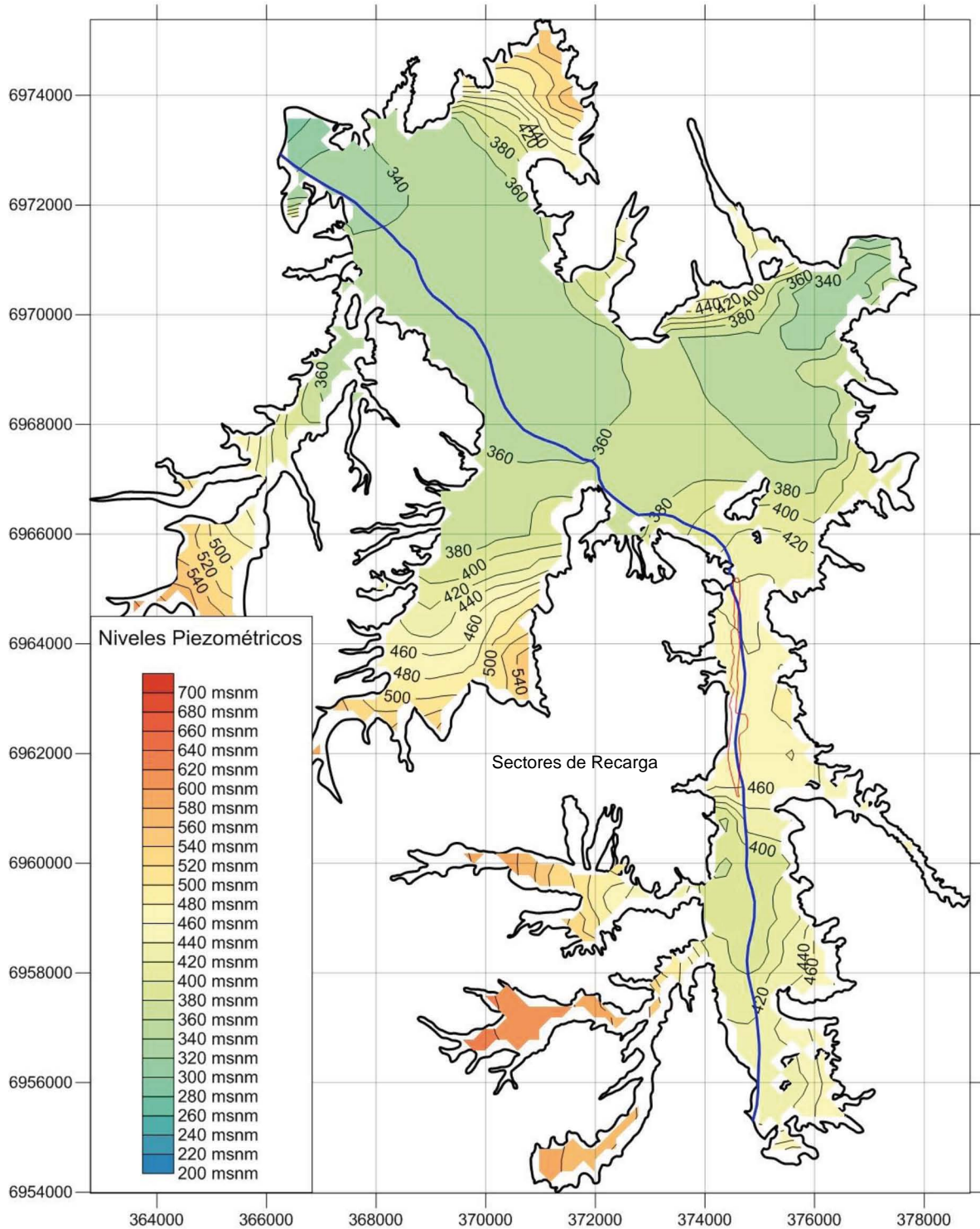
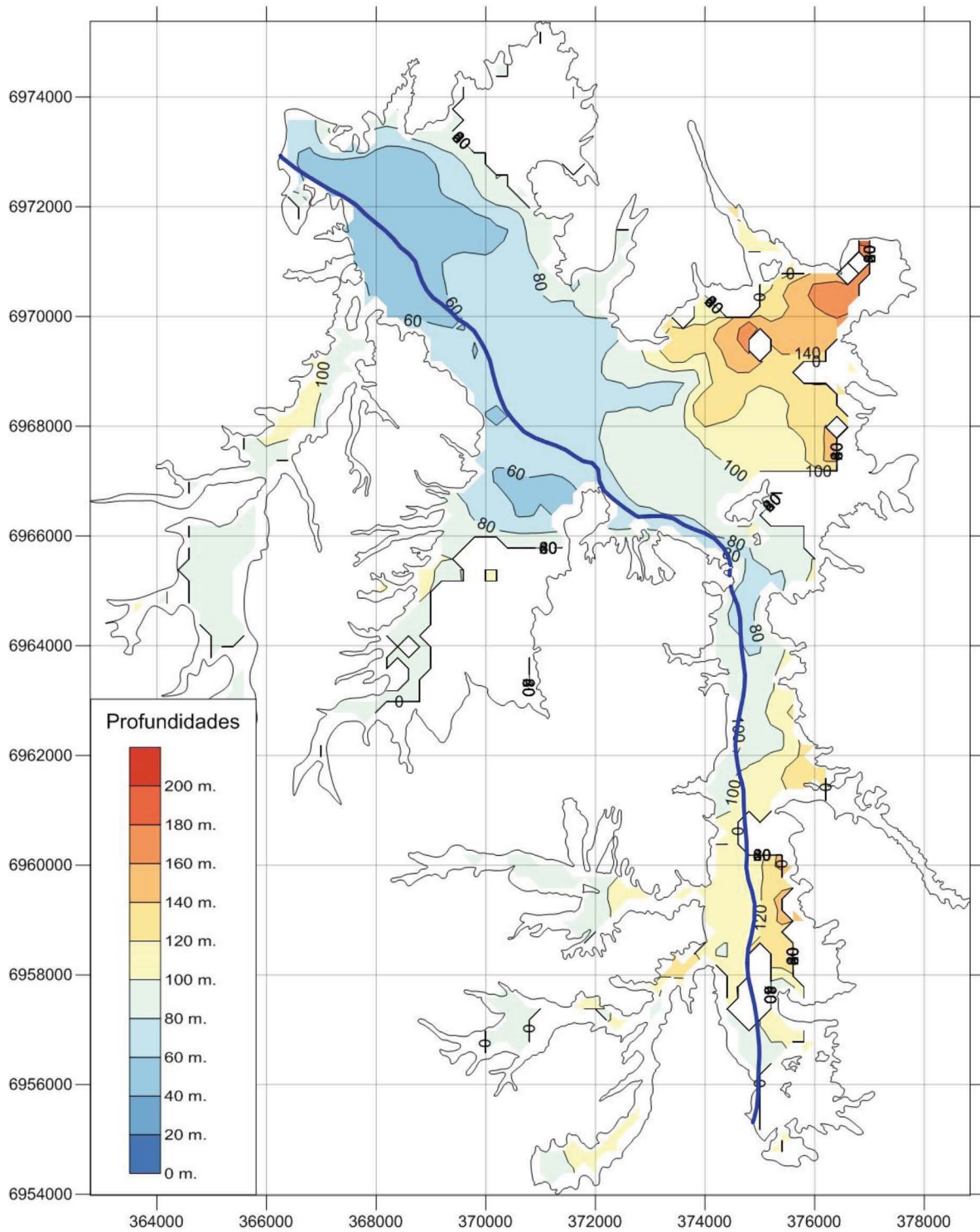
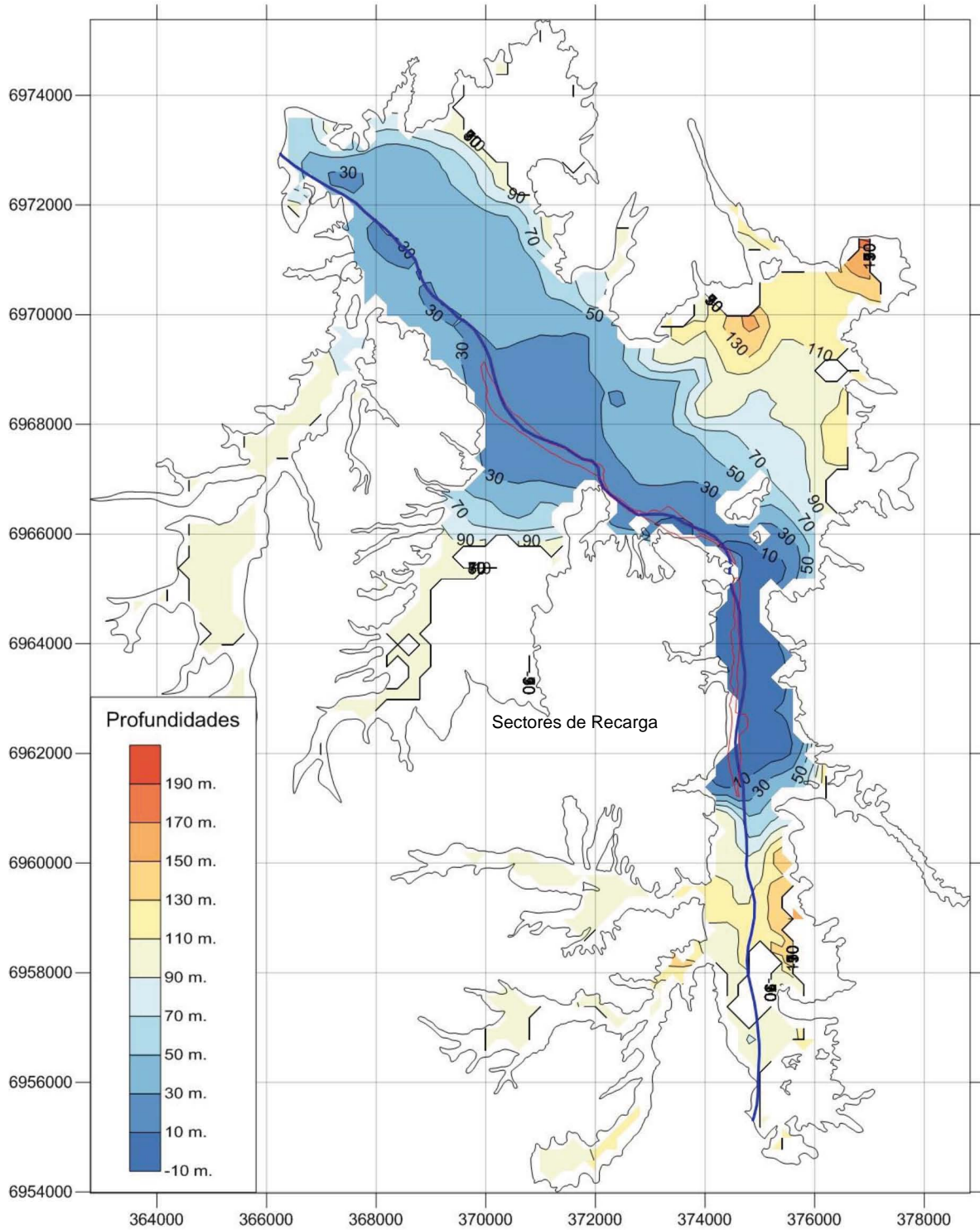


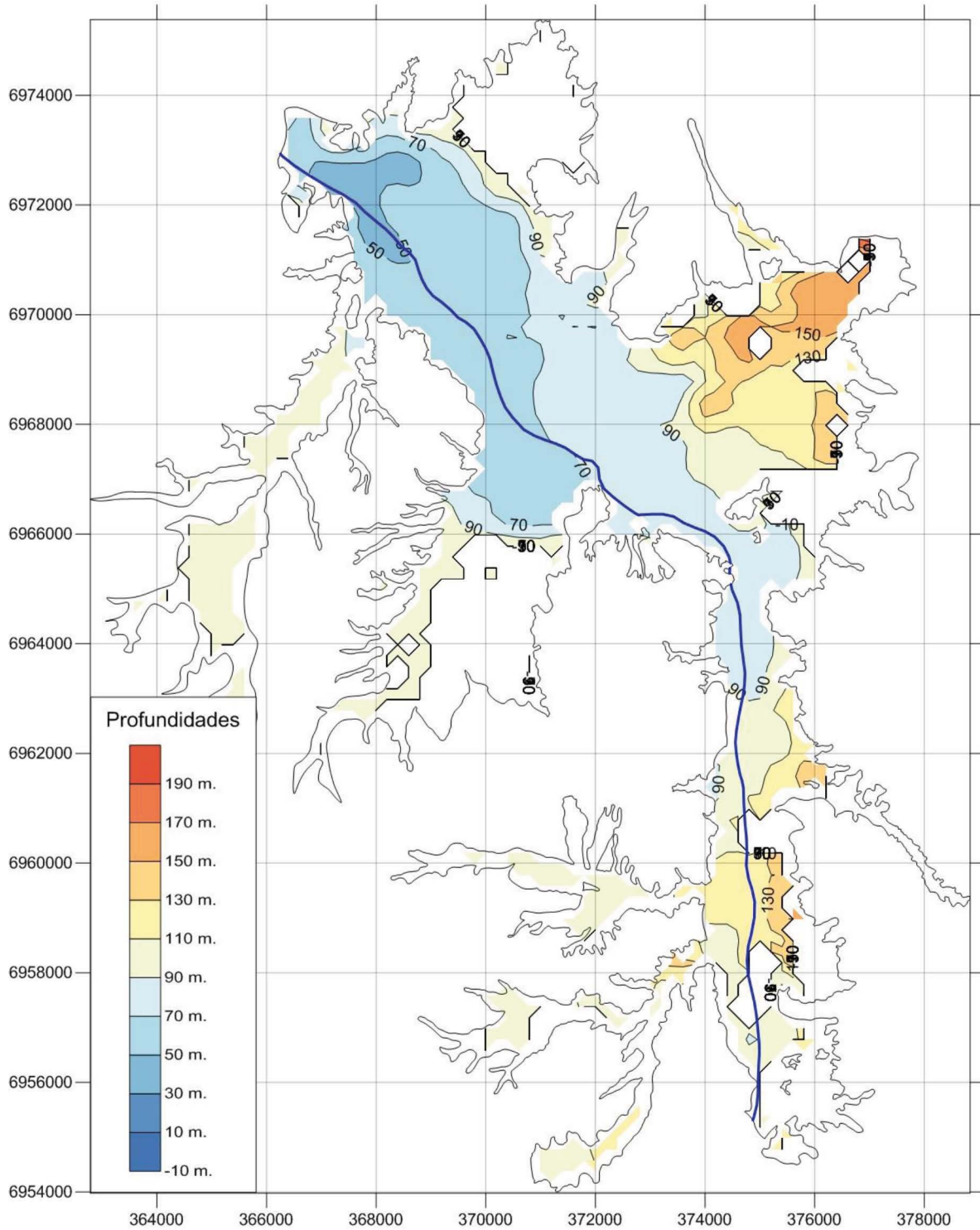
Figura 27: Plano Isoporfundidades Sector 4 Final Escenario 0



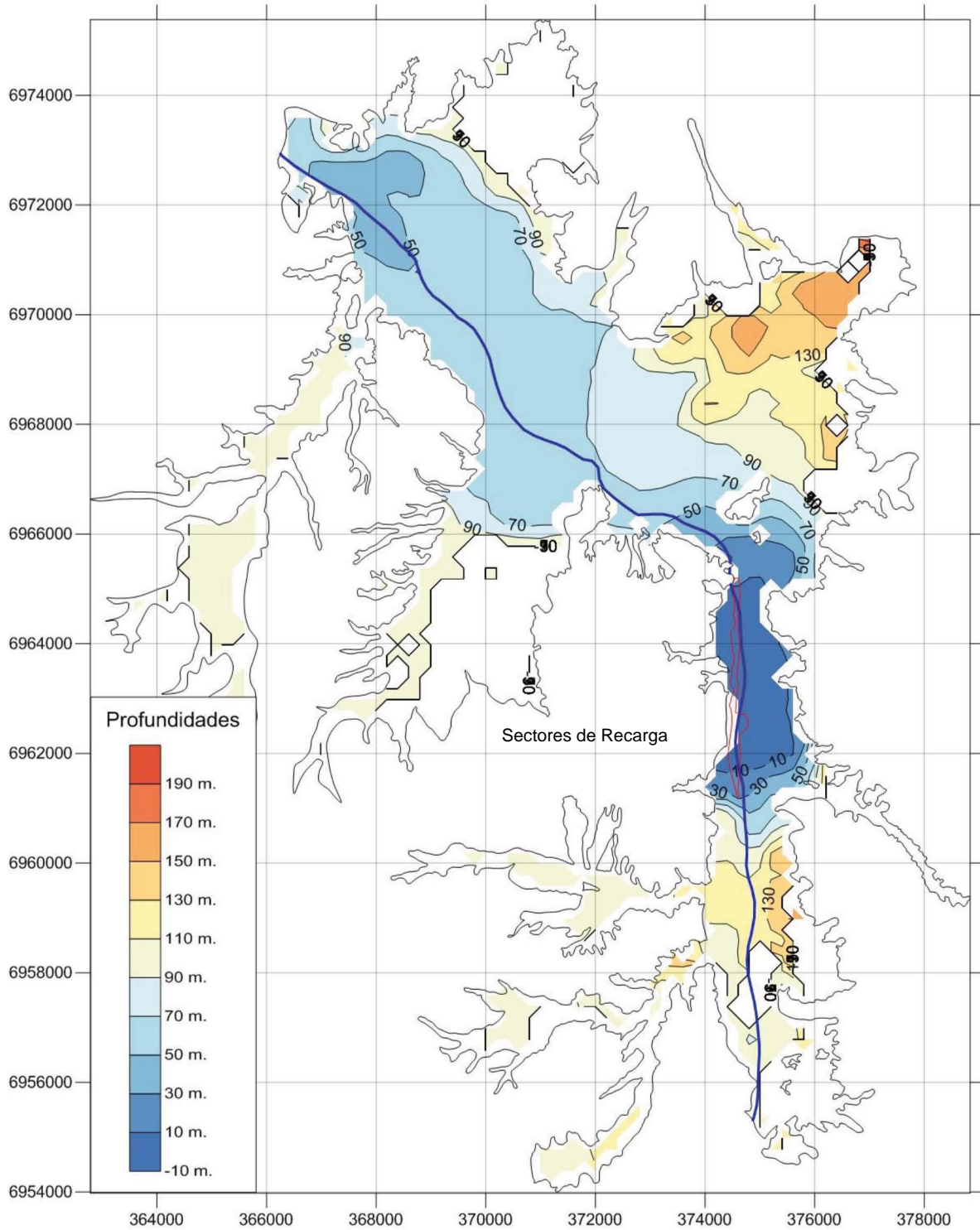
**Figura 28: Plano Isoporfundidades Sector 4 Final Escenario 1**



**Figura 29: Plano Isoporfundidades Sector 4 Final Escenario 2**



**Figura 30: Plano Isoporfundidades Sector 4 Final Escenario 3**



**Figura 31: Plano Isopiezométricas Sector 5 Antes de Recarga Artificial**

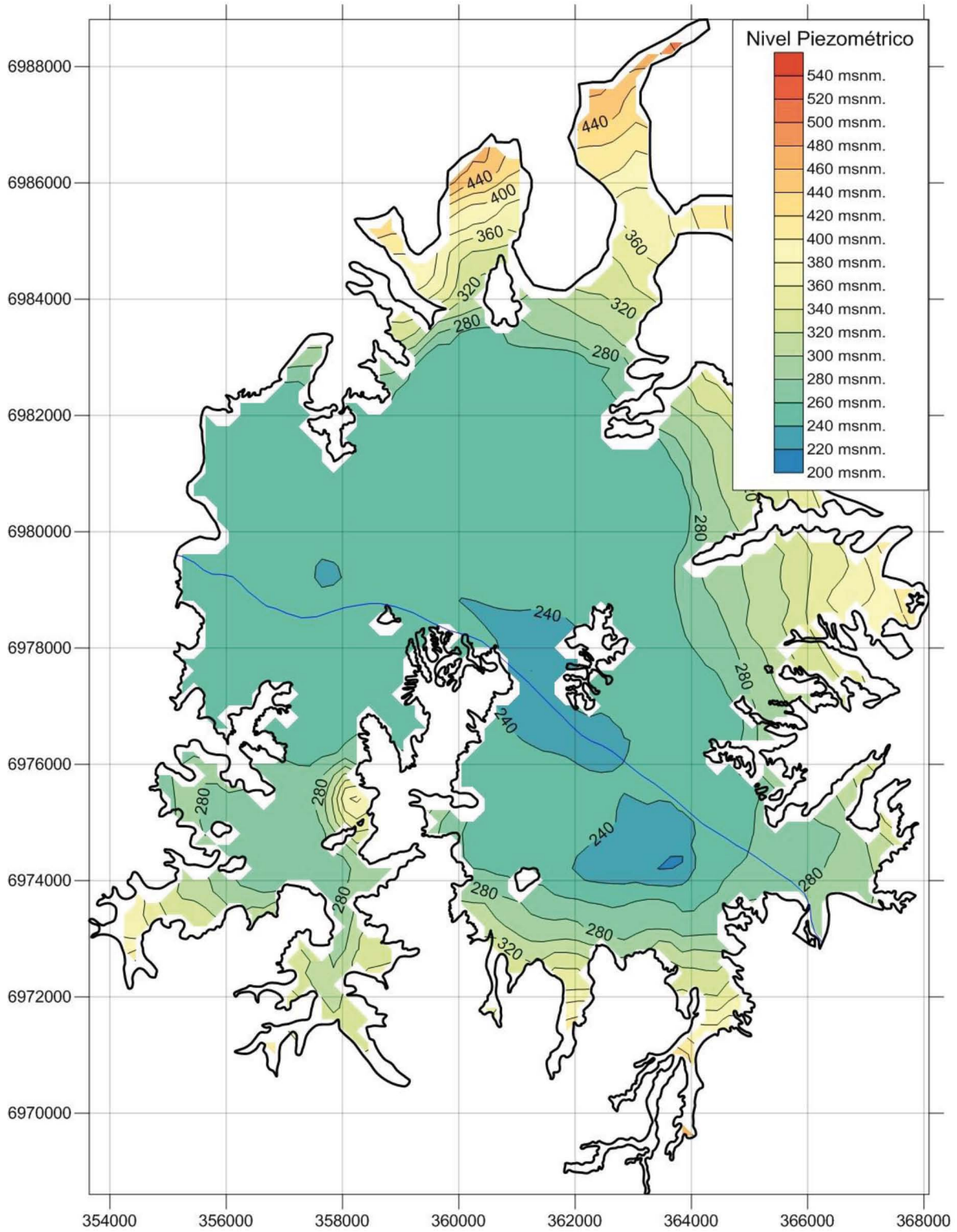
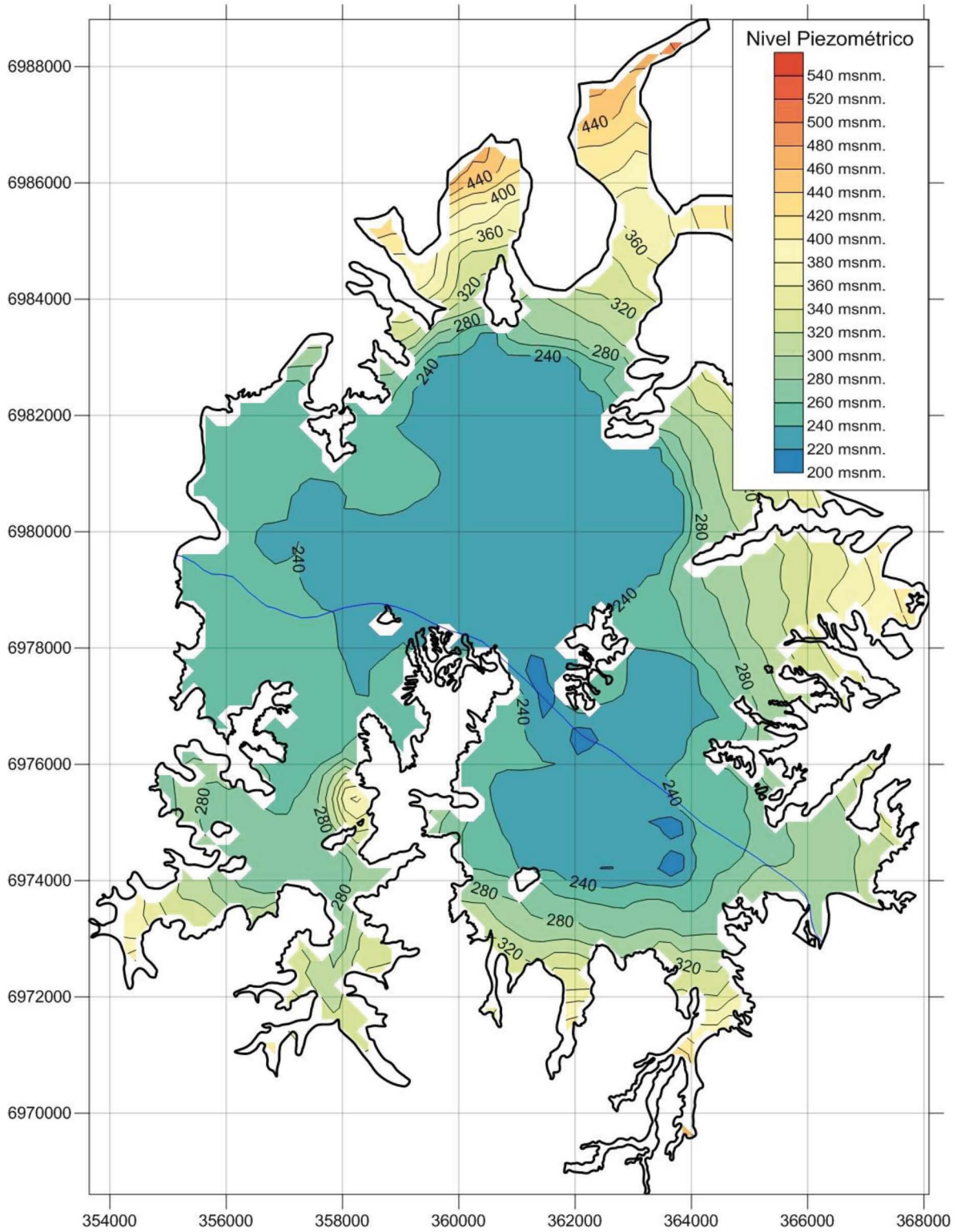
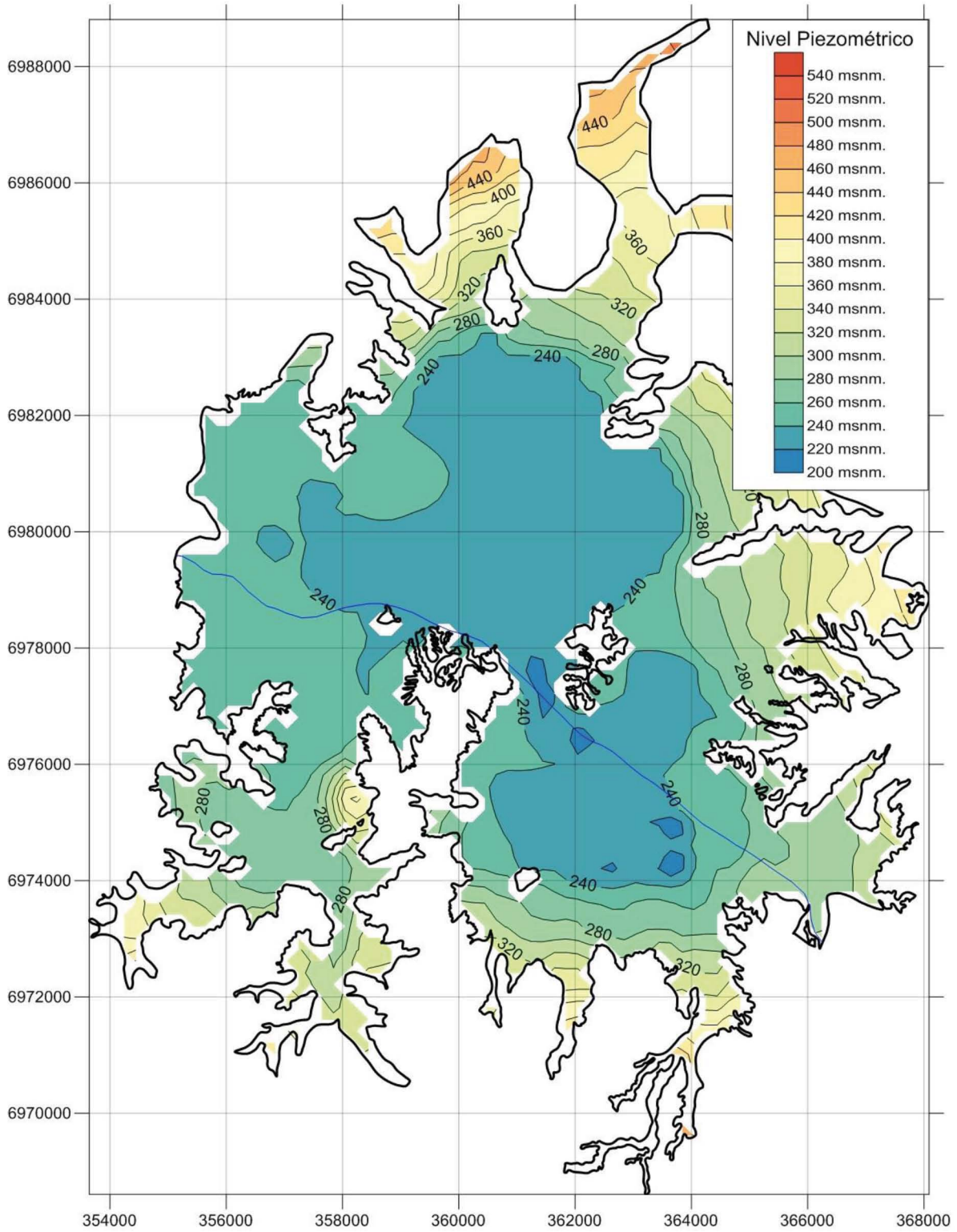


Figura 32: Plano Isopiezométricas Sector 5 Final Escenario 0





**Figura 33: Plano Isopiezométricas Sector 5 Final Escenario 1**



**Figura 34: Plano Isopiezométricas Sector 5 Final Escenario 2**

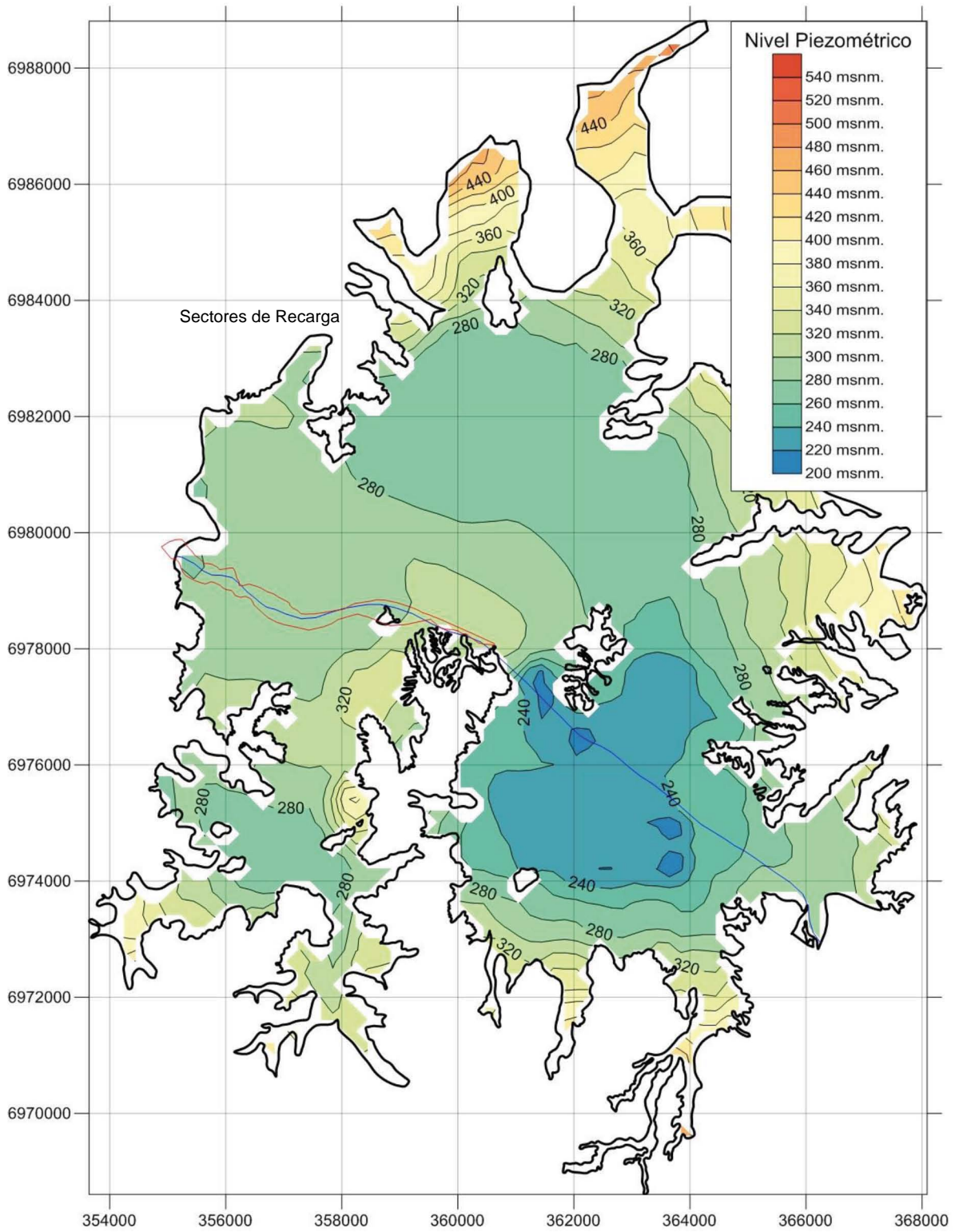


Figura 35: Plano Isopiezométricas Sector 5 Final Escenario 3

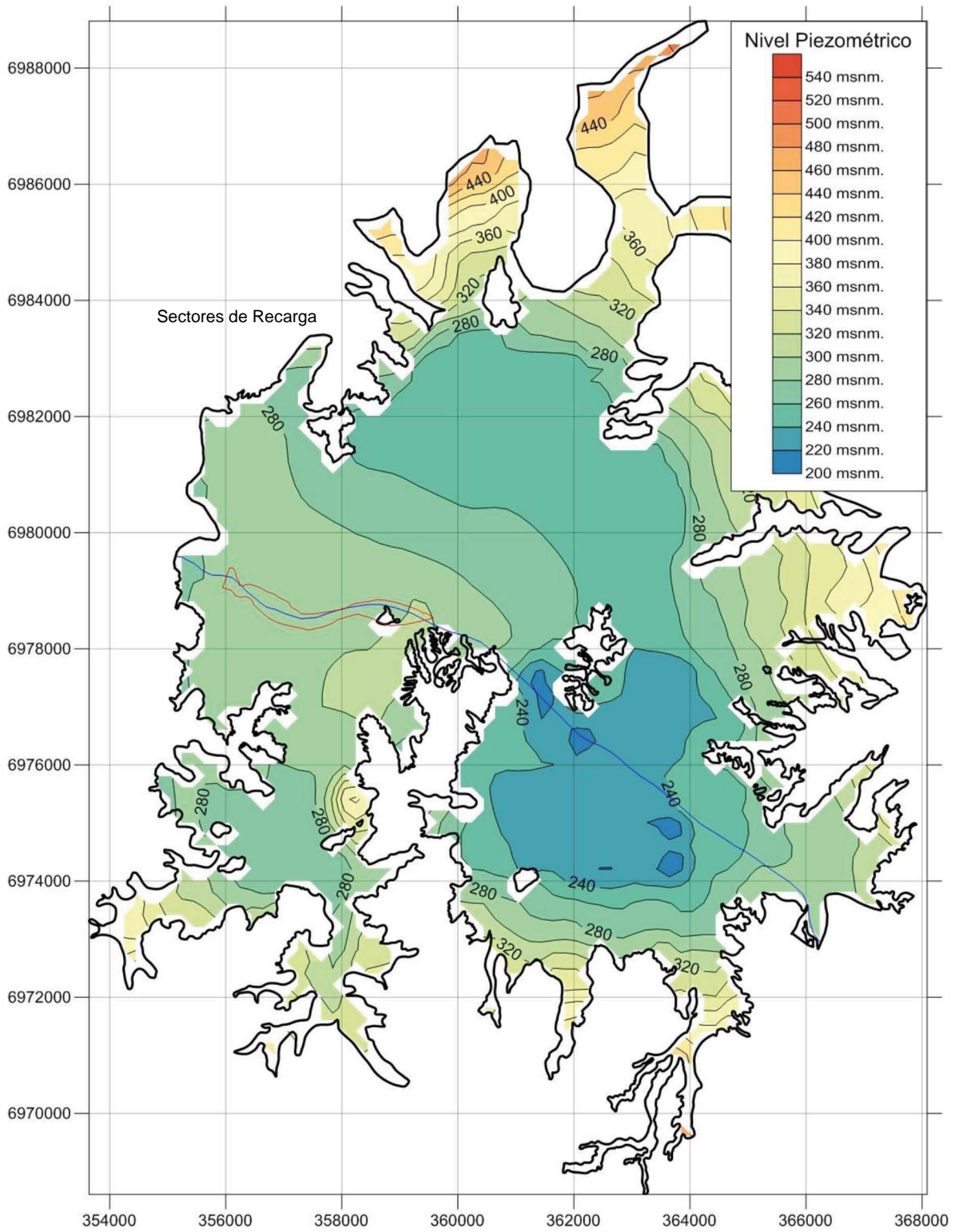


Figura 36: Plano Isoporfundidades Sector 5 Final Escenario 0

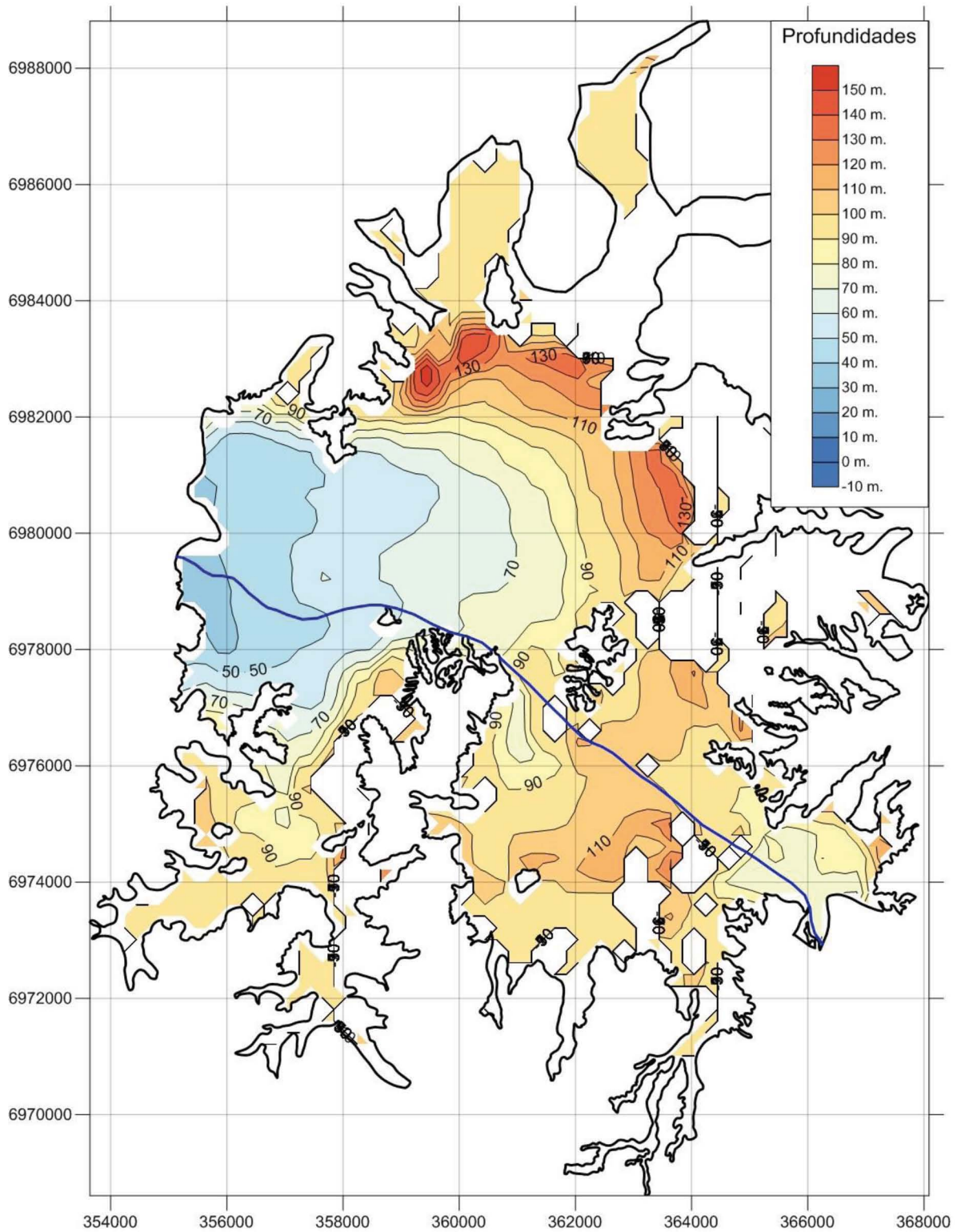


Figura 37: Plano Isoporfundidades Sector 5 Final Escenario 1

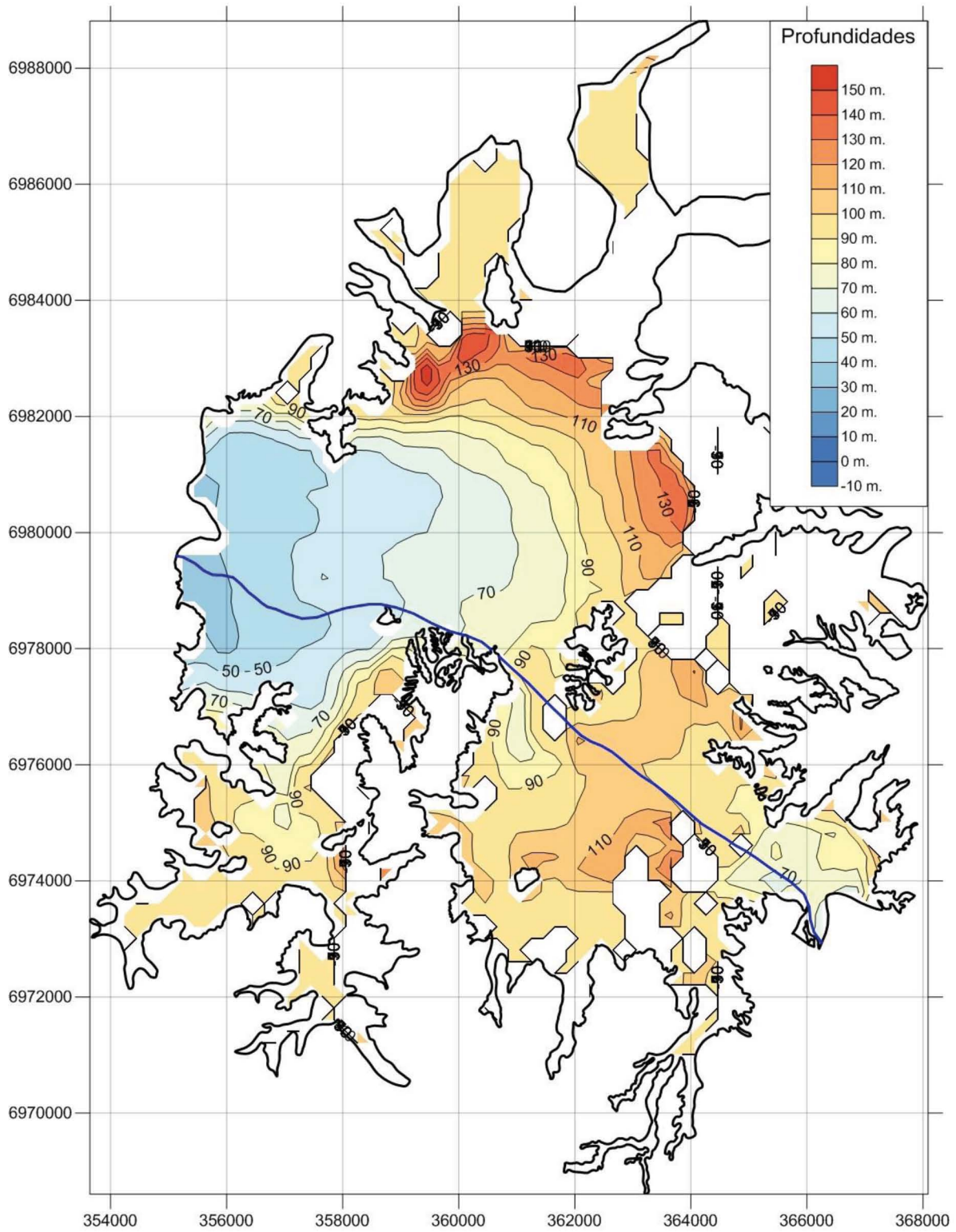


Figura 38: Plano Isoporfundidades Sector 5 Final Escenario 2

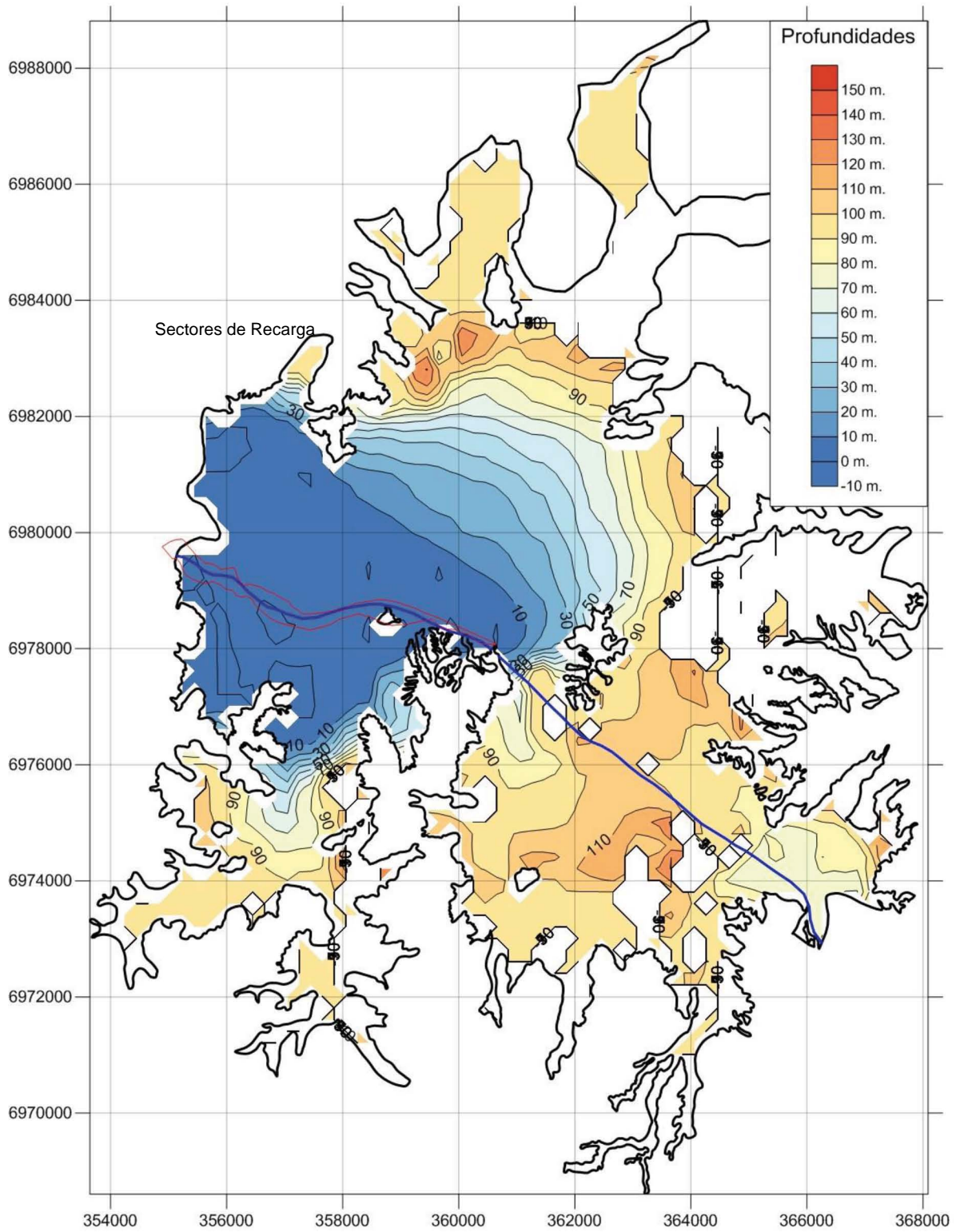


Figura 39: Plano Isoporfundidades Sector 5 Final Escenario 3

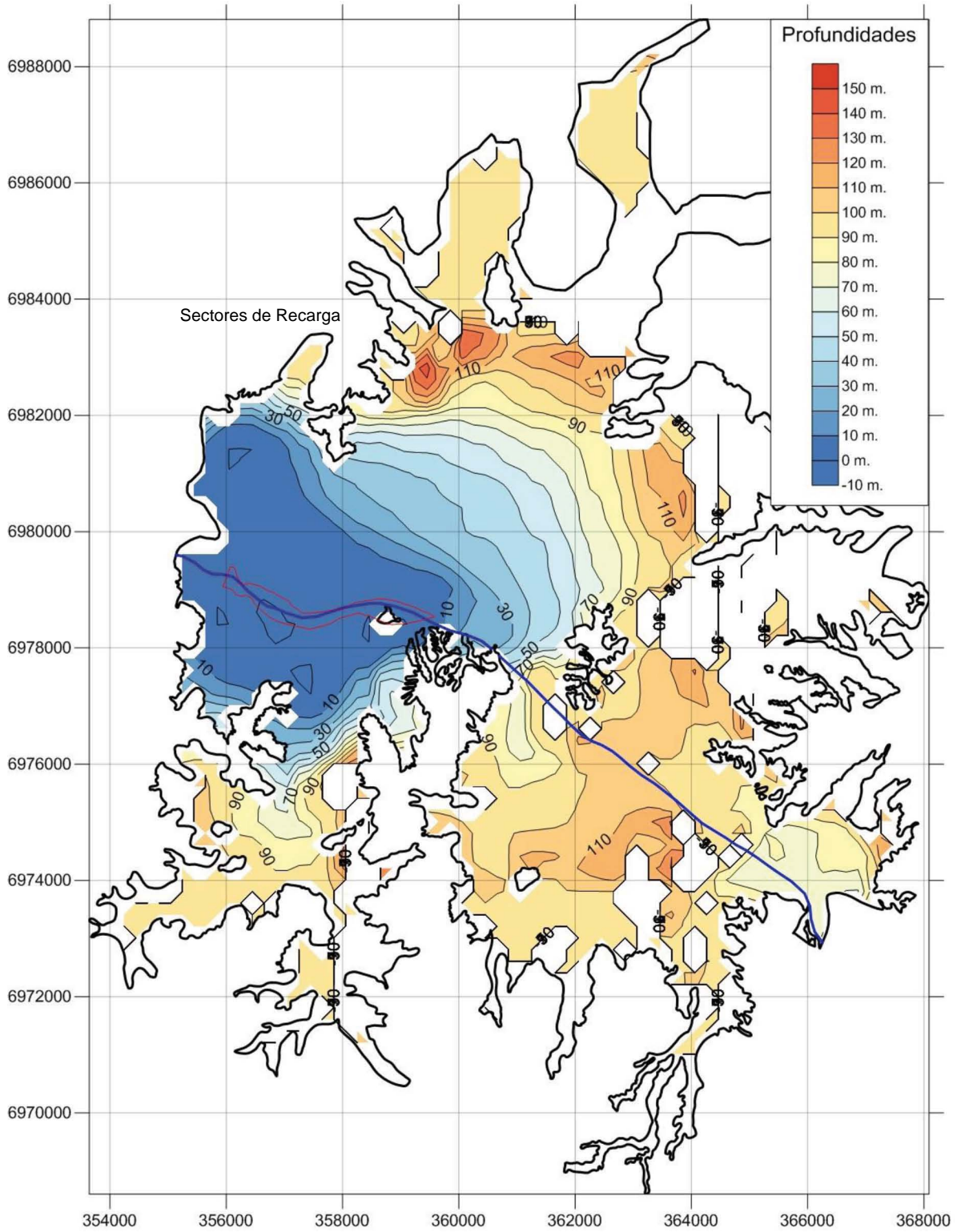


Figura 40: Perfil Longitudinal Basamento Sector 3

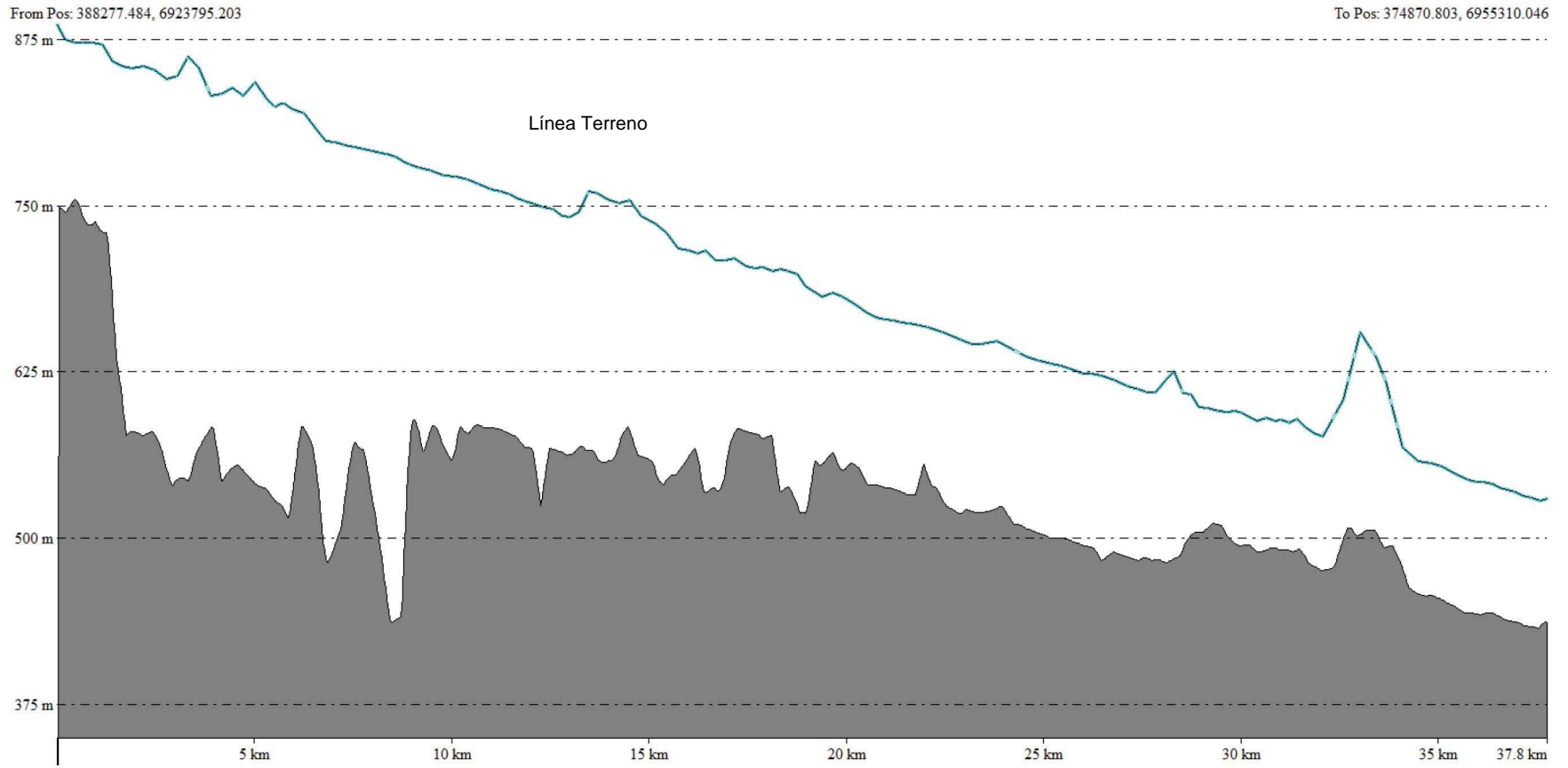




Figura 41: Perfil Longitudinal Sector 3 antes de Recarga Artificial (2011 modelado)

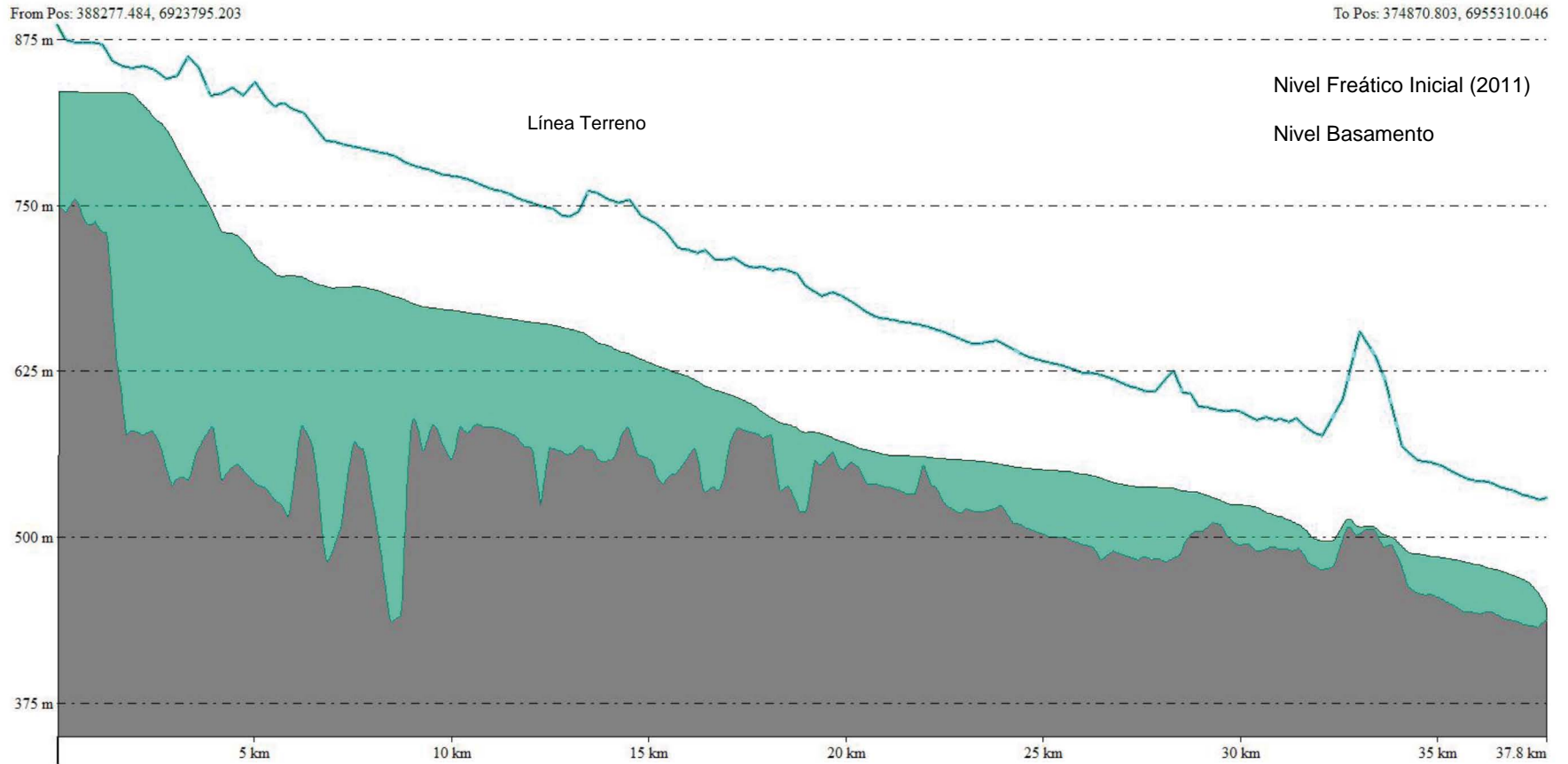


Figura 42: Perfil Longitudinal Sector 3 Final Escenario 0 (2020 sin recarga artificial)

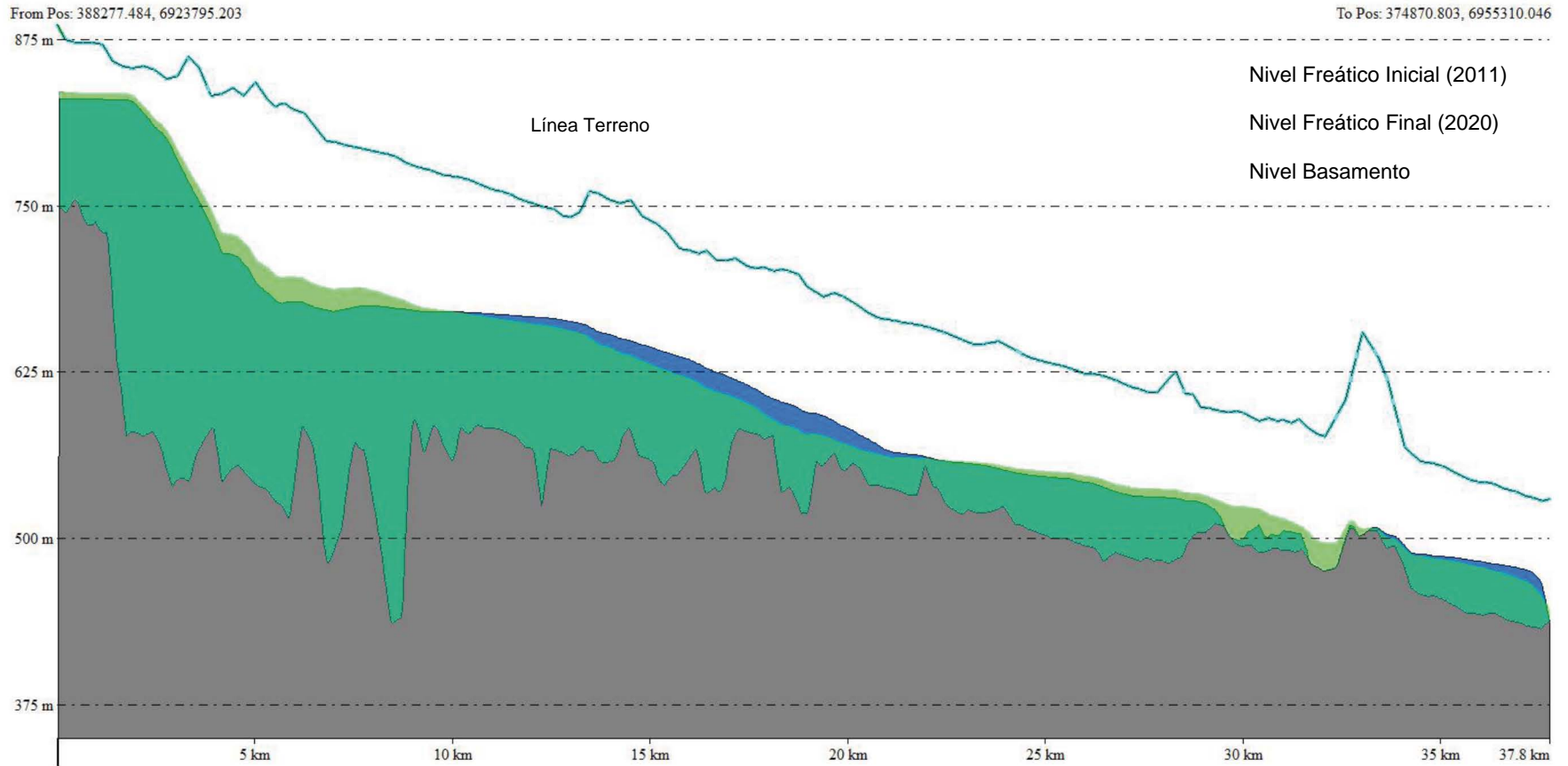


Figura 43: Perfil Longitudinal Sector 3 Final Escenario 1 (2020 con recarga artificial en Sector 4)

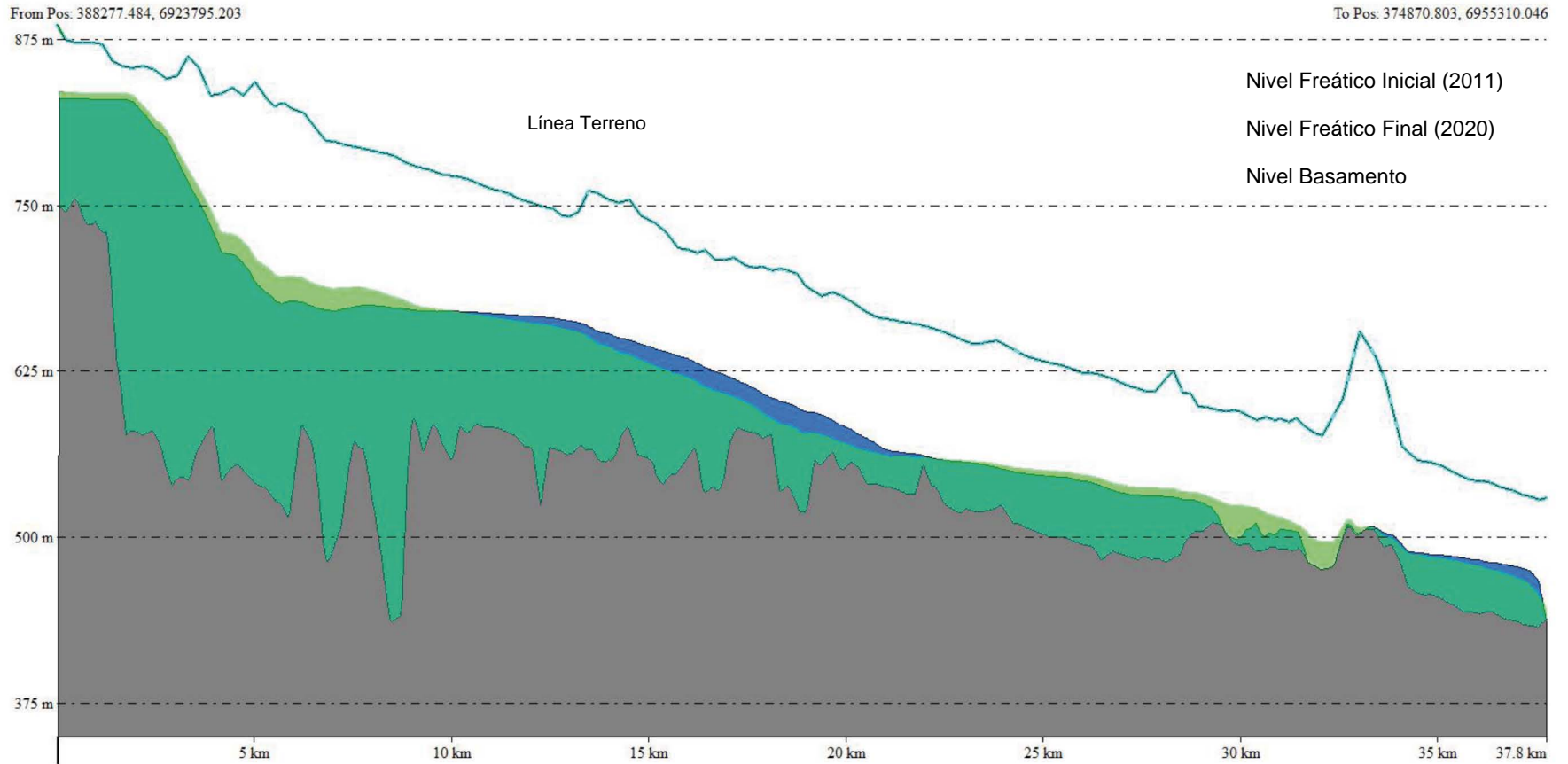


Figura 44: Perfil Longitudinal Sector 3 Final Escenario 2 (2020 con recarga artificial en Sector 5)

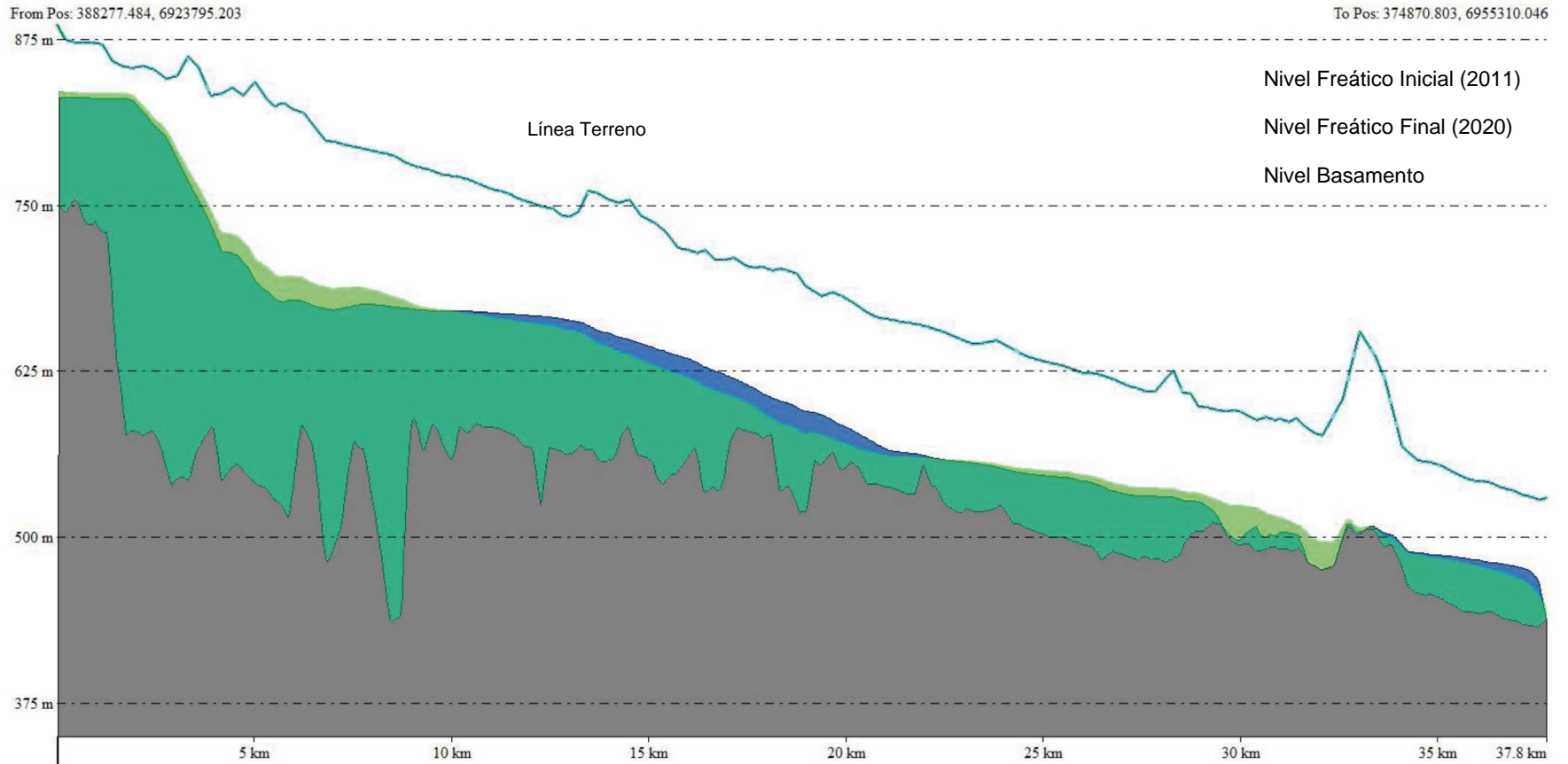


Figura 45: Perfil Longitudinal Sector 3 Final Escenario 3 (2020 con recarga artificial en Sector 4 y 5)

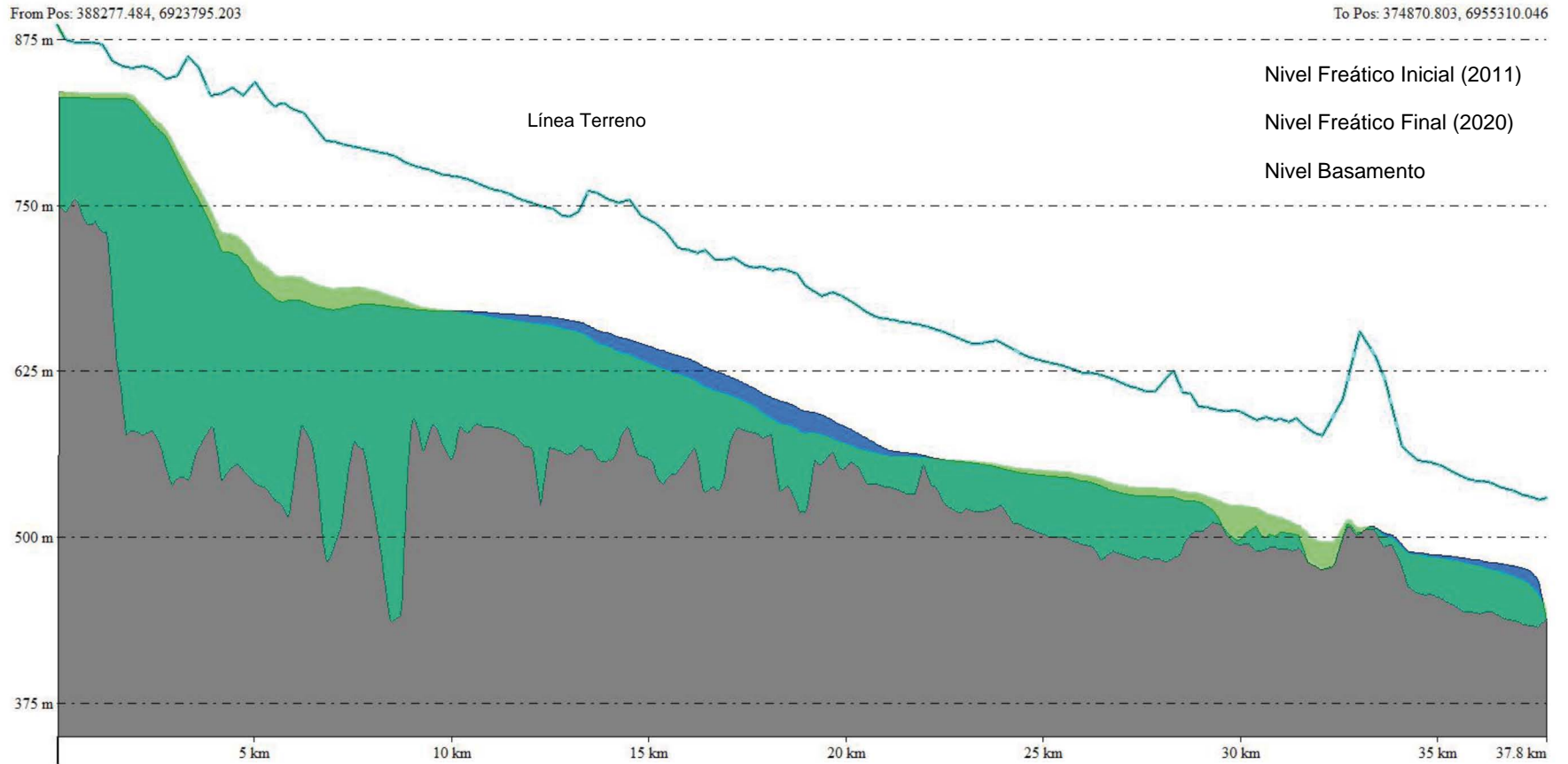


Figura 46: Perfil Longitudinal Basamento Sector 4

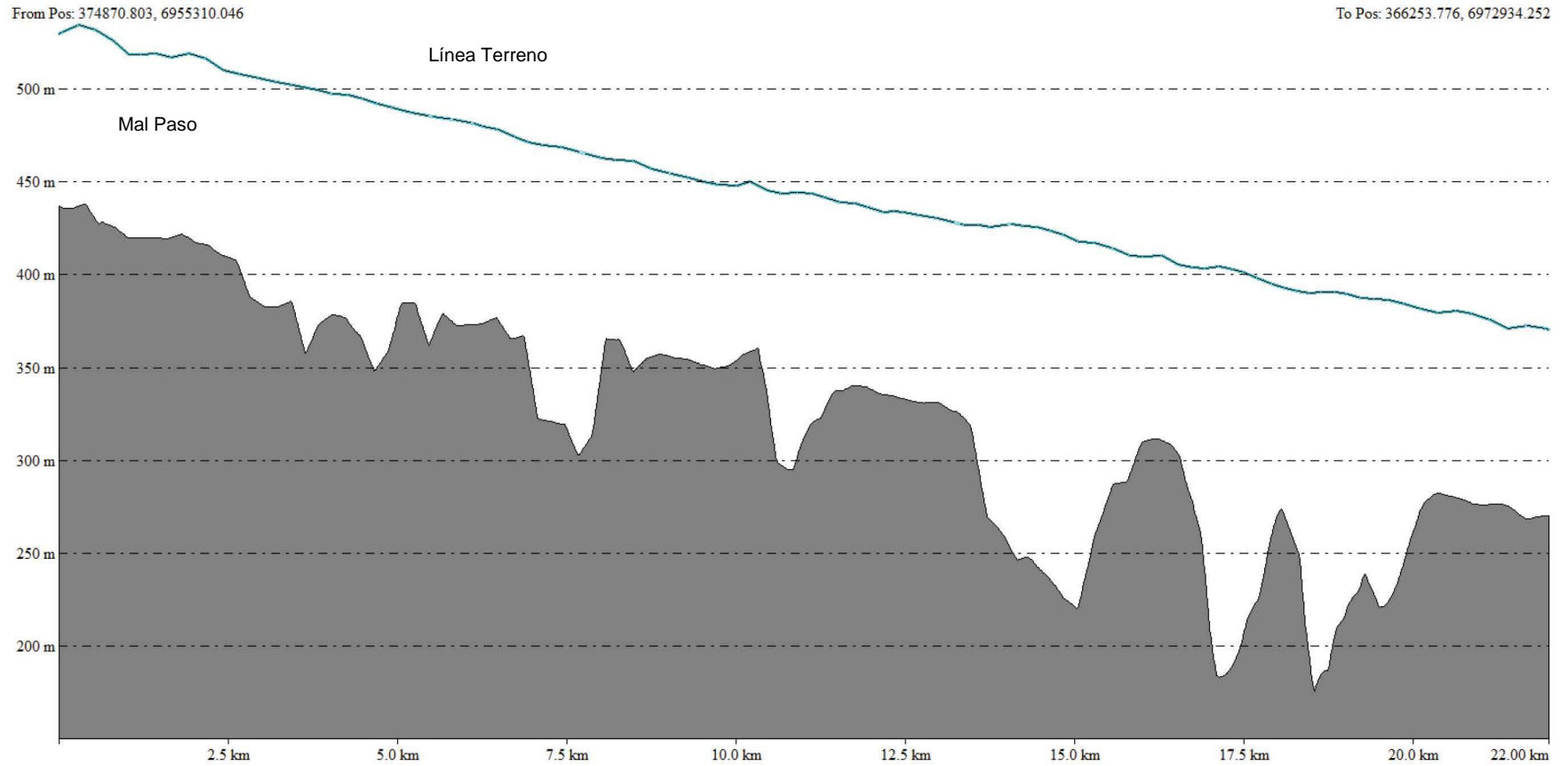


Figura 47: Perfil Longitudinal Sector 4 antes de Recarga Artificial (2011 modelado)

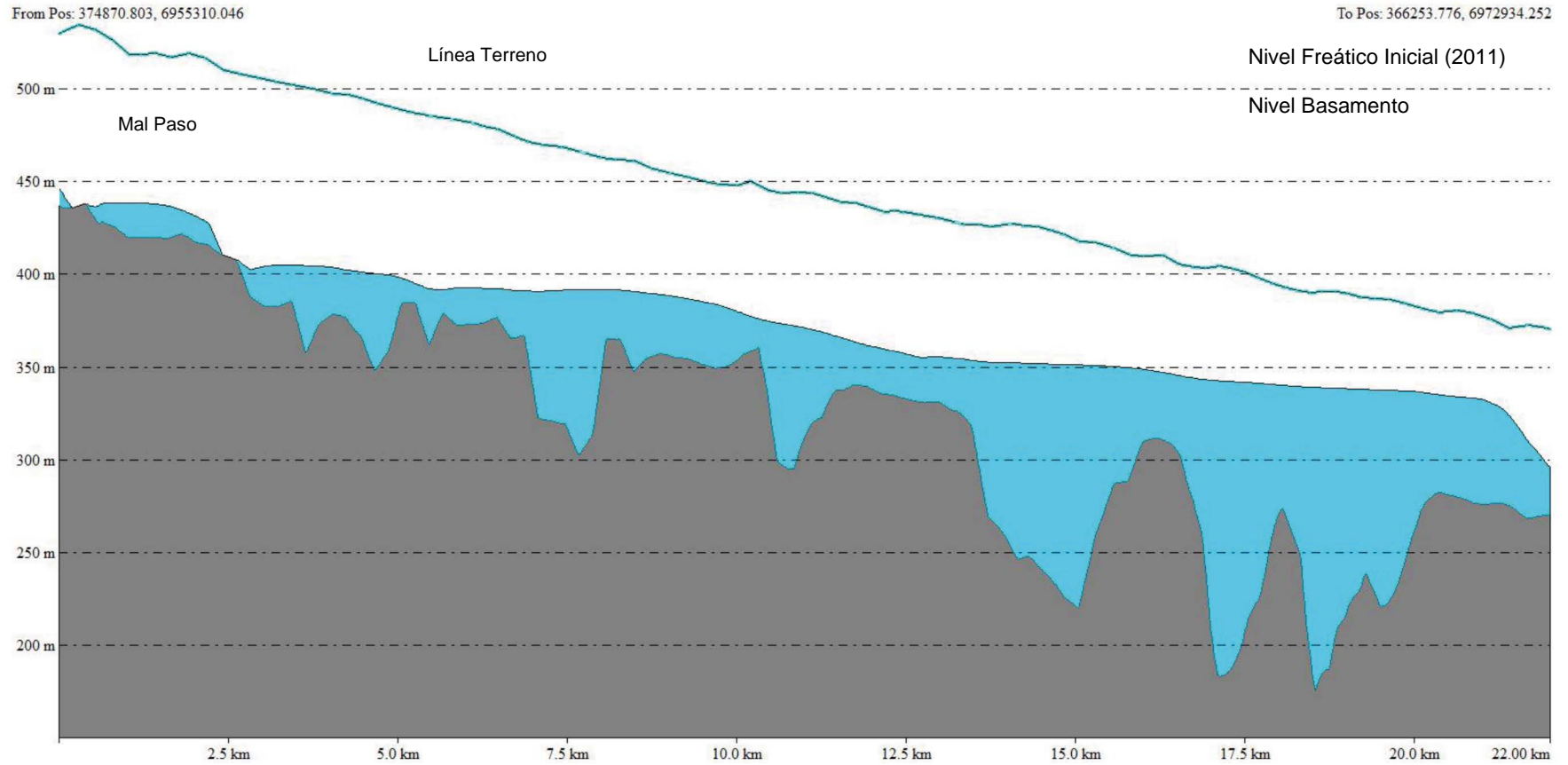


Figura 48: Perfil Longitudinal Sector 4 Final Escenario 0 (2020 sin recarga artificial)

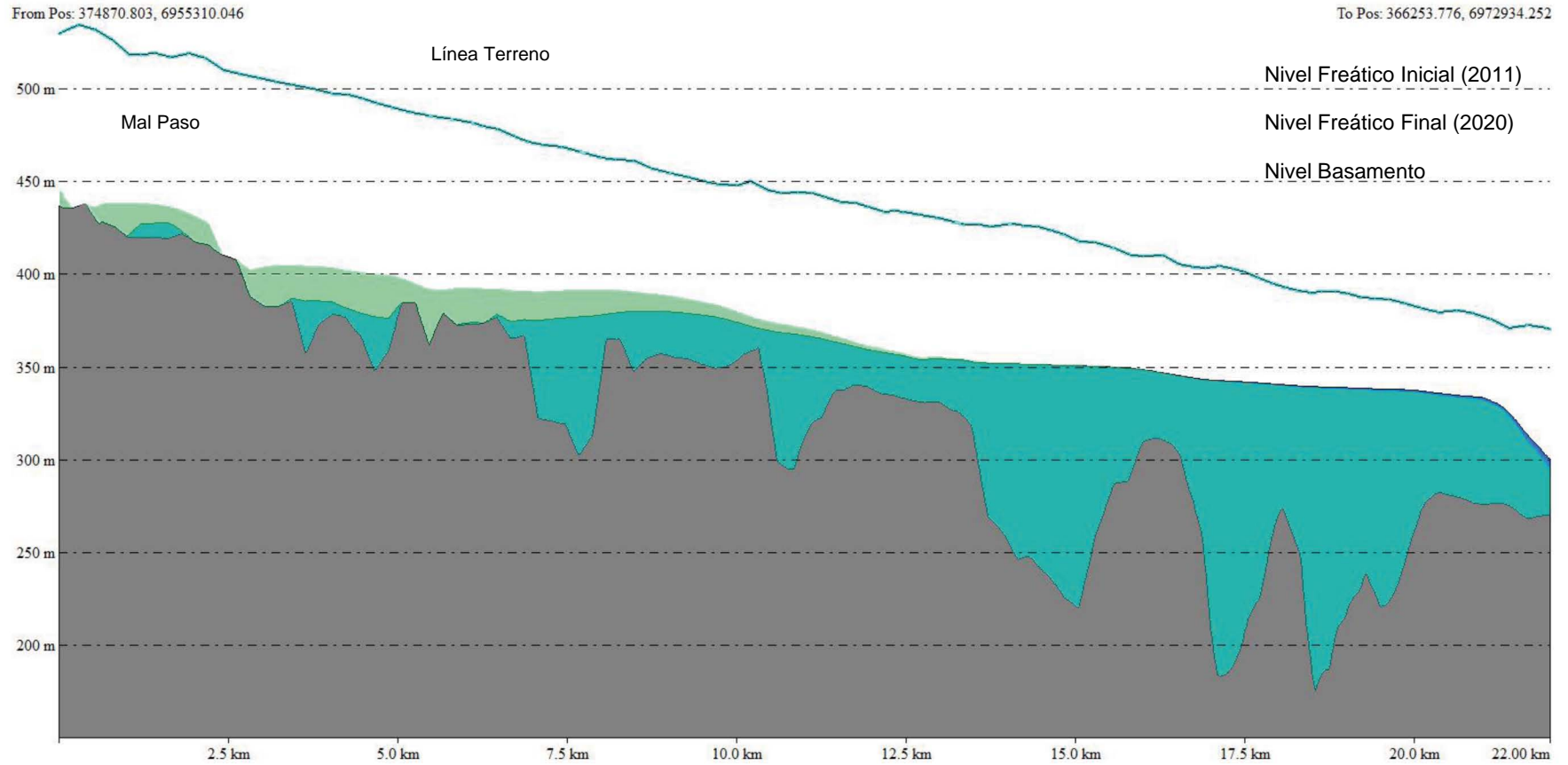
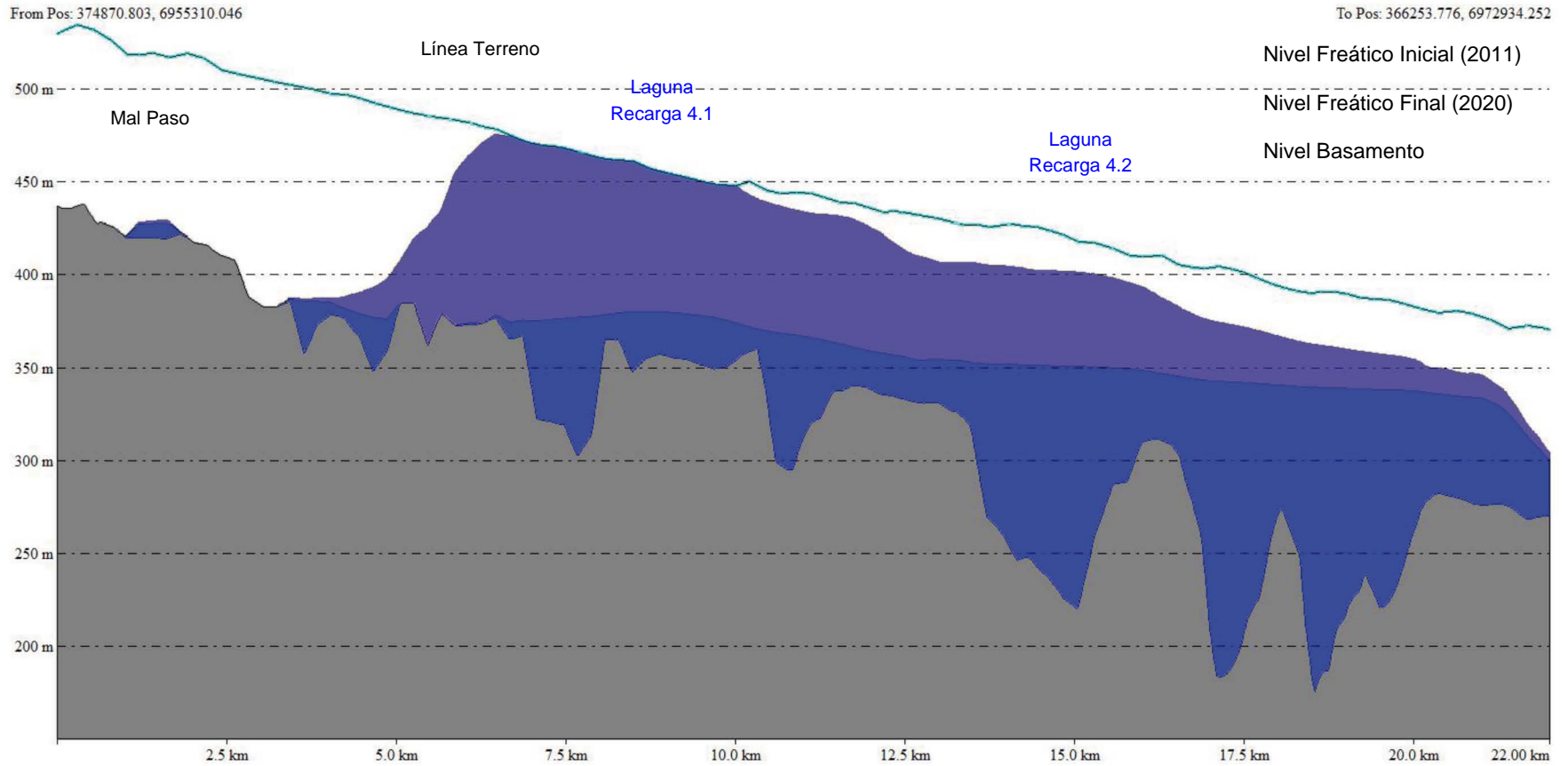




Figura 49: Perfil Longitudinal Sector 4 Final Escenario 1 (2020 con recarga artificial en Sector 4)



**Figura 50: Perfil Longitudinal Sector 4 Final Escenario 2 (2020 con recarga artificial en Sector 5)**

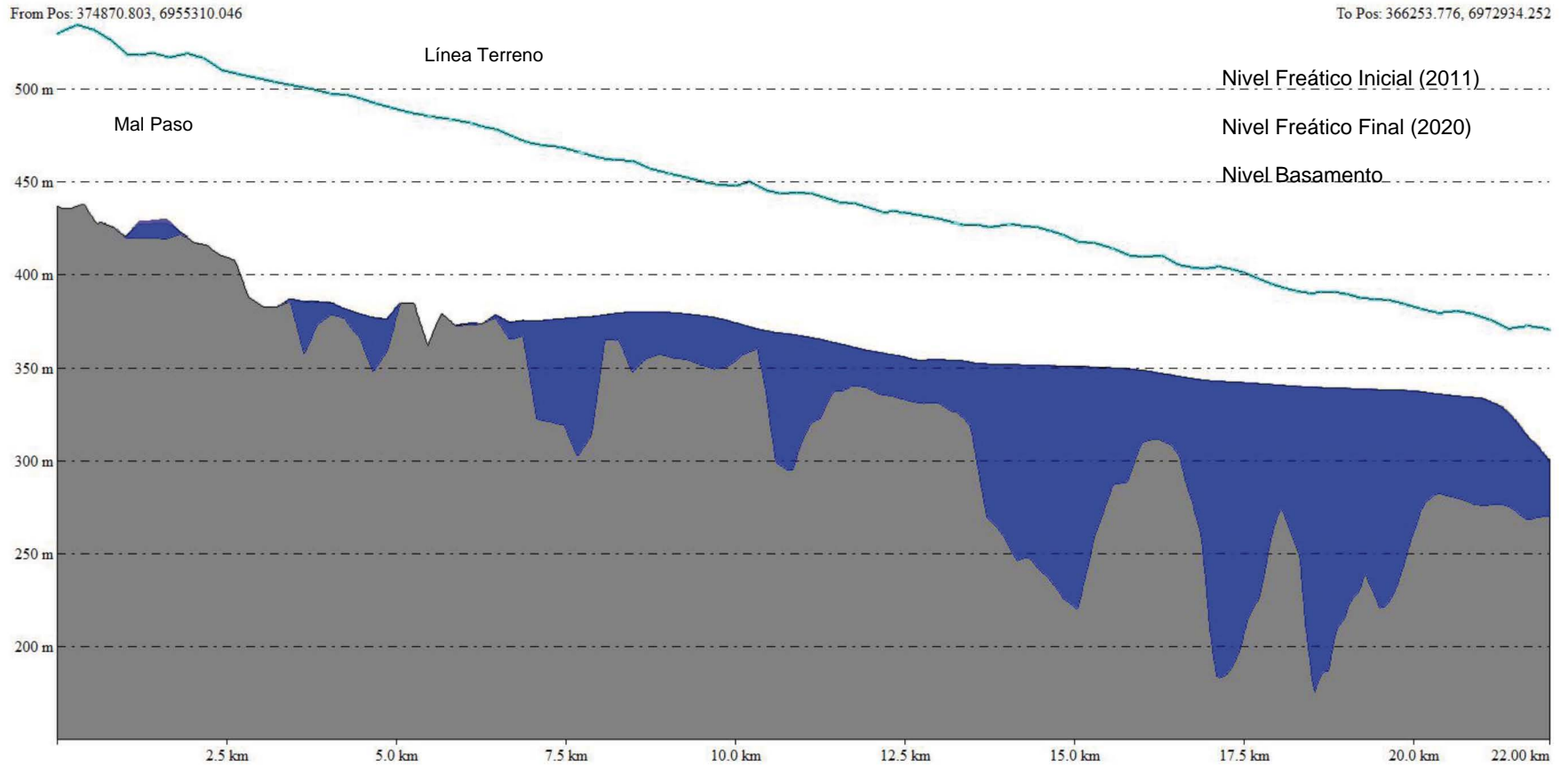


Figura 51: Perfil Longitudinal Sector 4 Final Escenario 3 (2020 con recarga artificial en Sector 4 y 5)

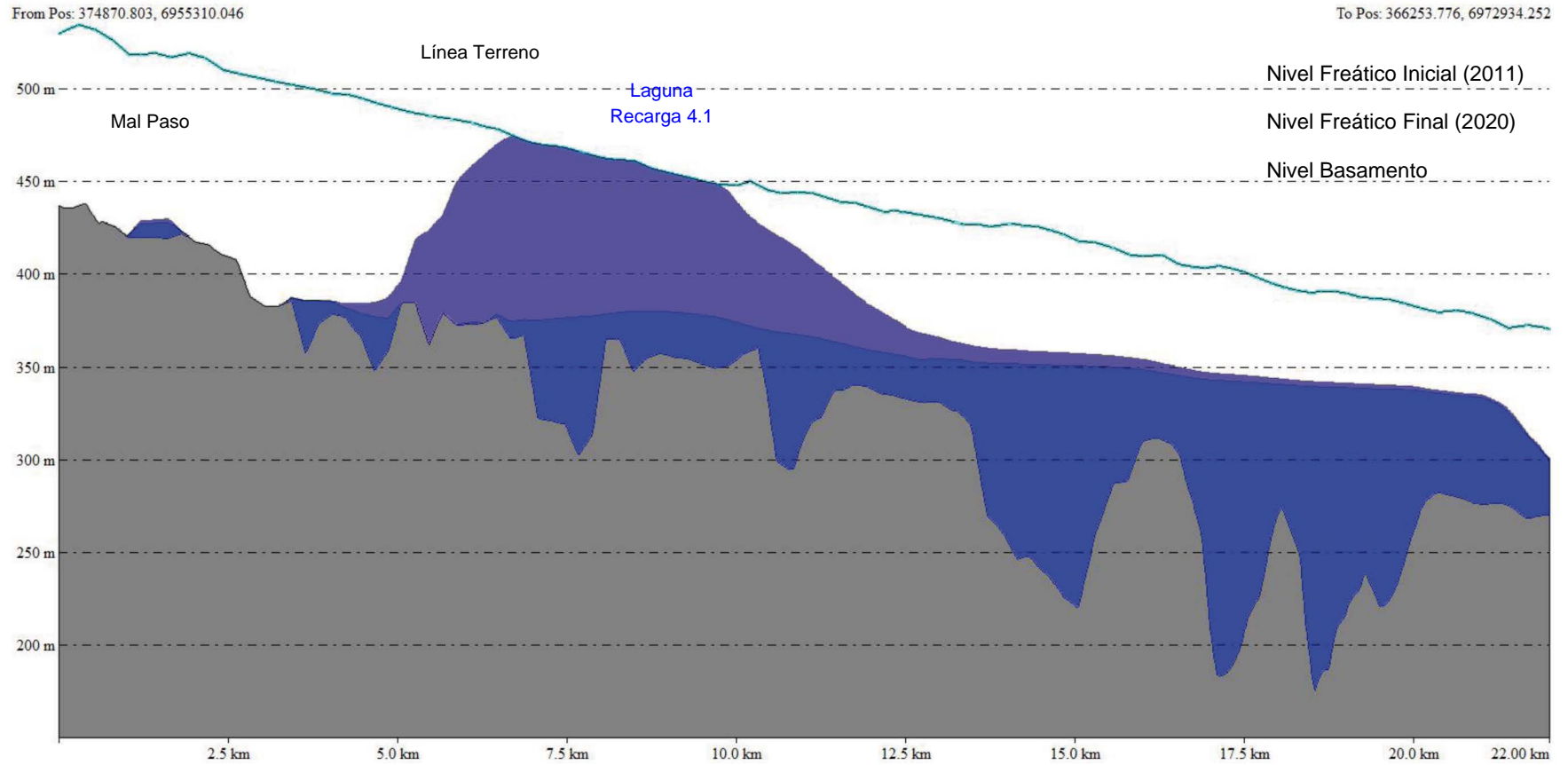


Figura 52: Perfil Longitudinal Basamento Sector 5

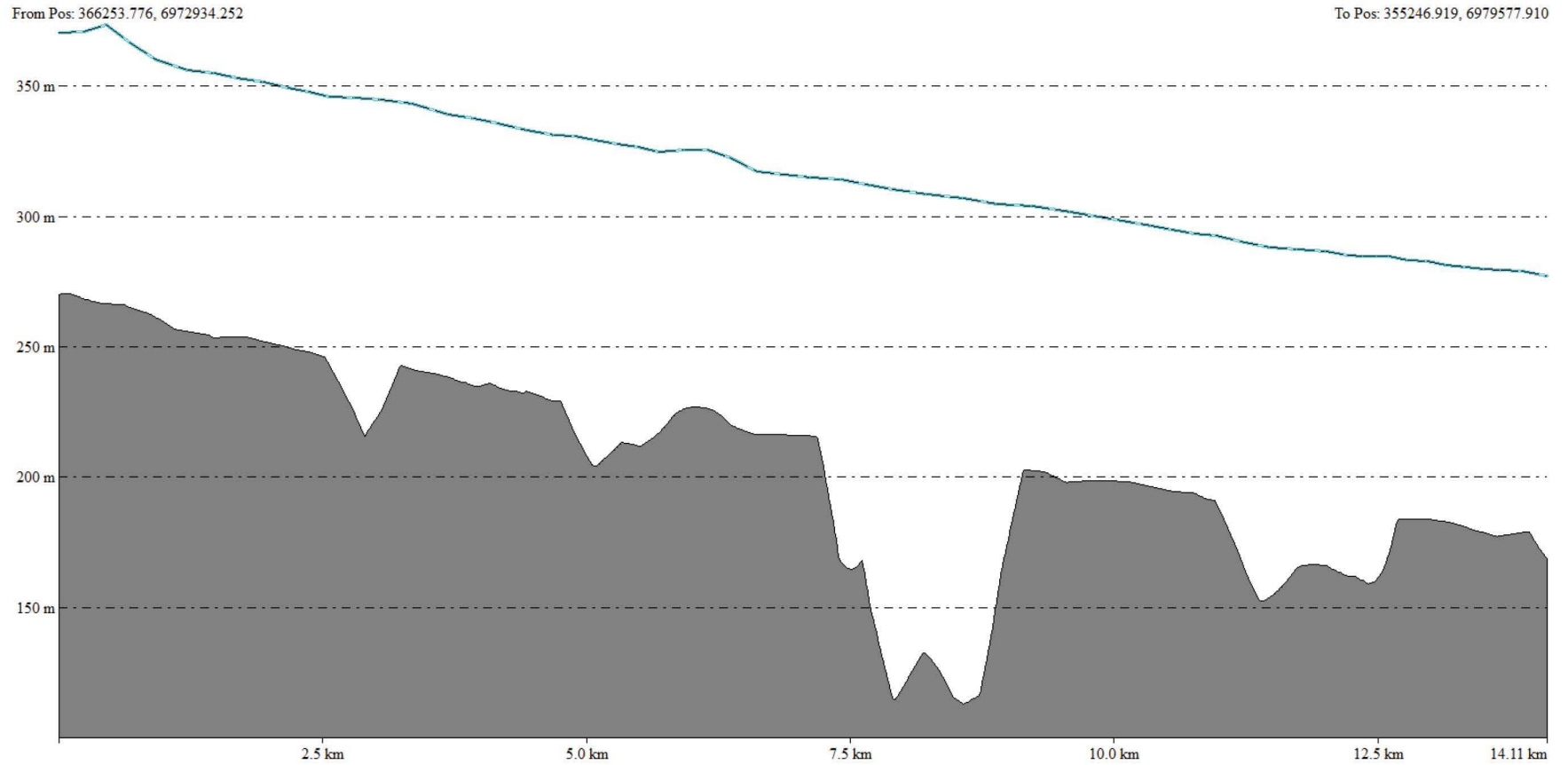


Figura 53: Perfil Longitudinal Sector 5 antes de Recarga Artificial (2011 modelado)

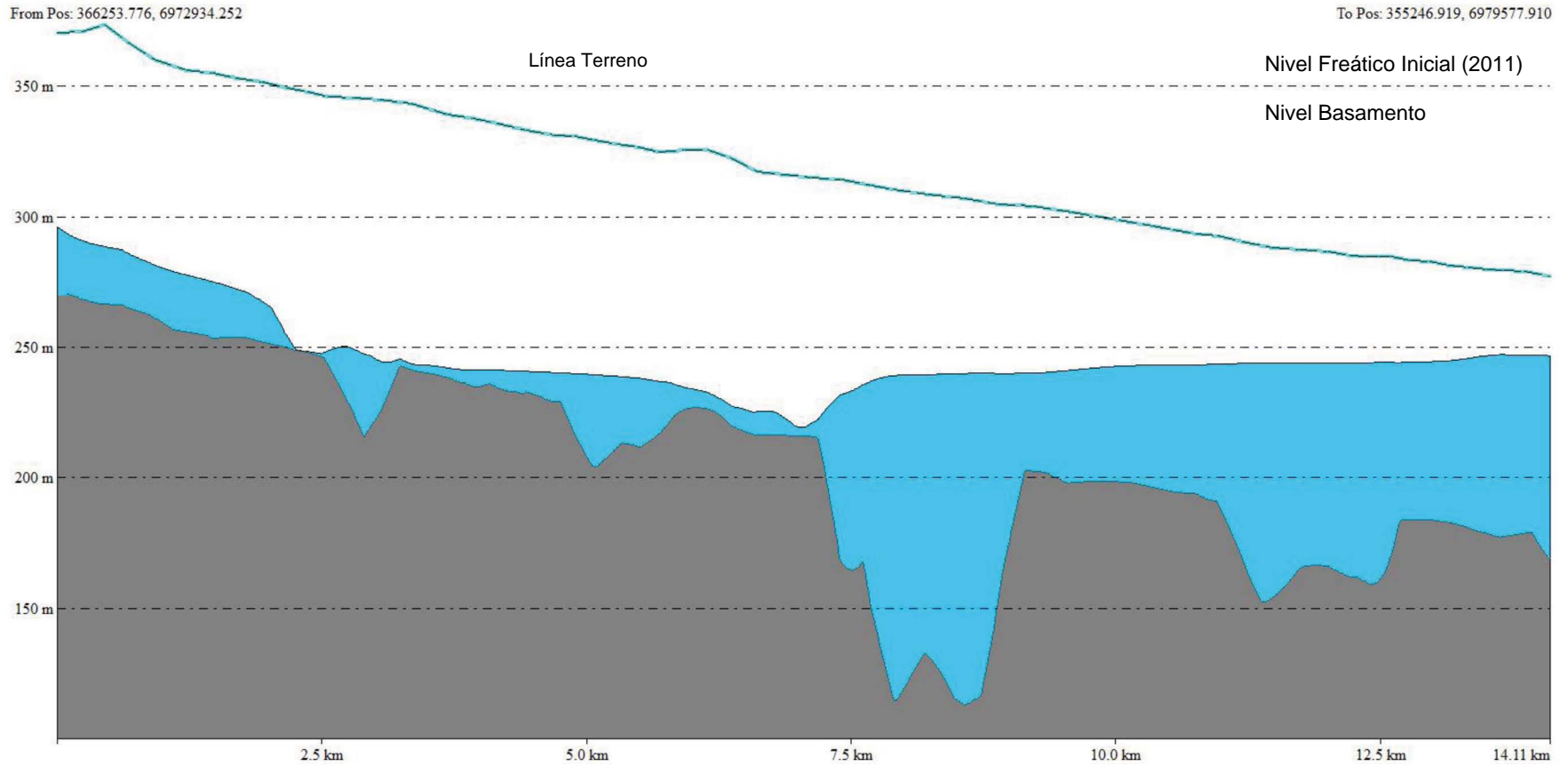
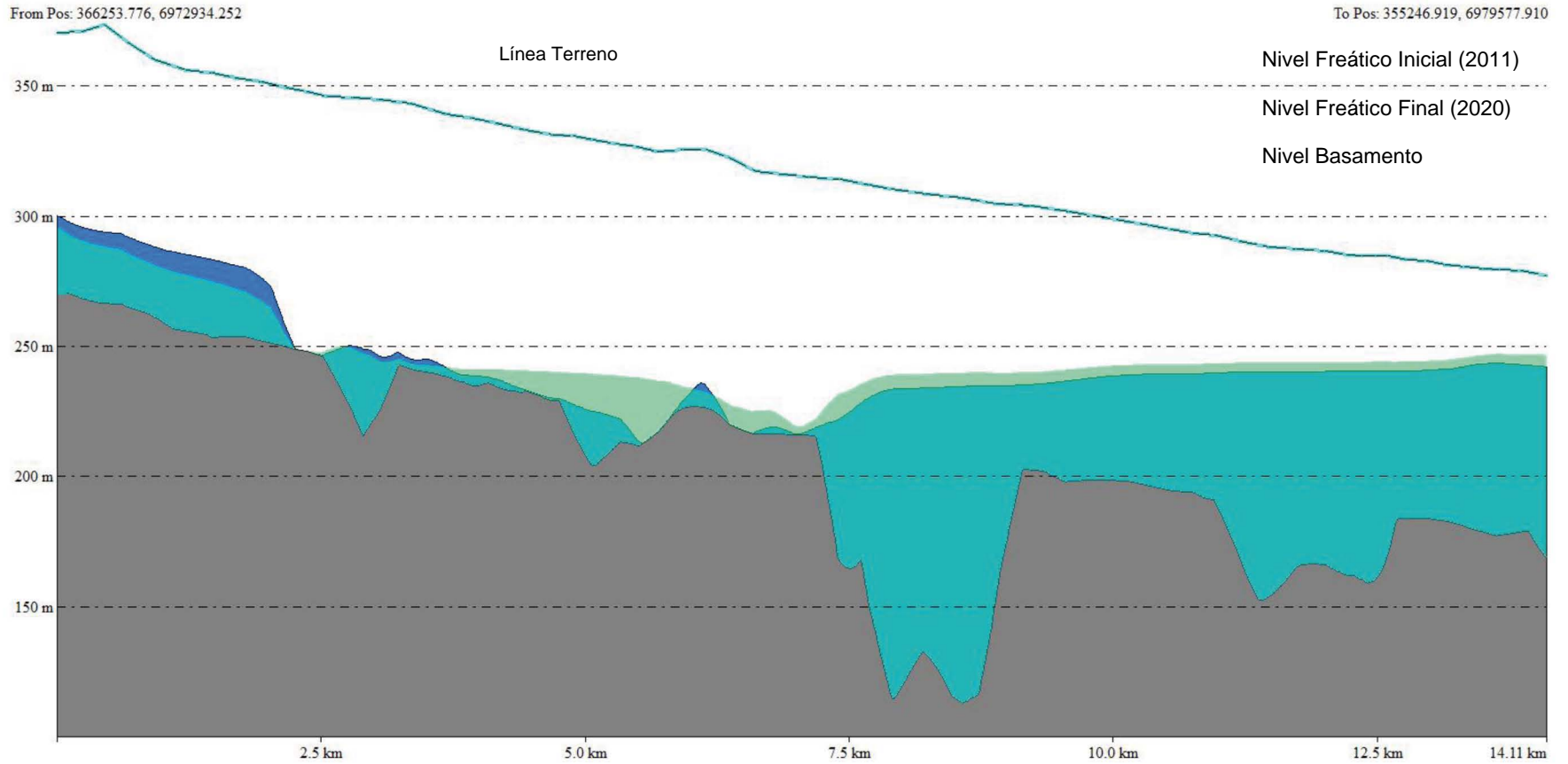


Figura 54: Perfil Longitudinal Sector 5 Final Escenario 0 (2020 sin recarga artificial)



**Figura 55: Perfil Longitudinal Sector 5 Final Escenario 1 (2020 con recarga artificial en Sector 4)**

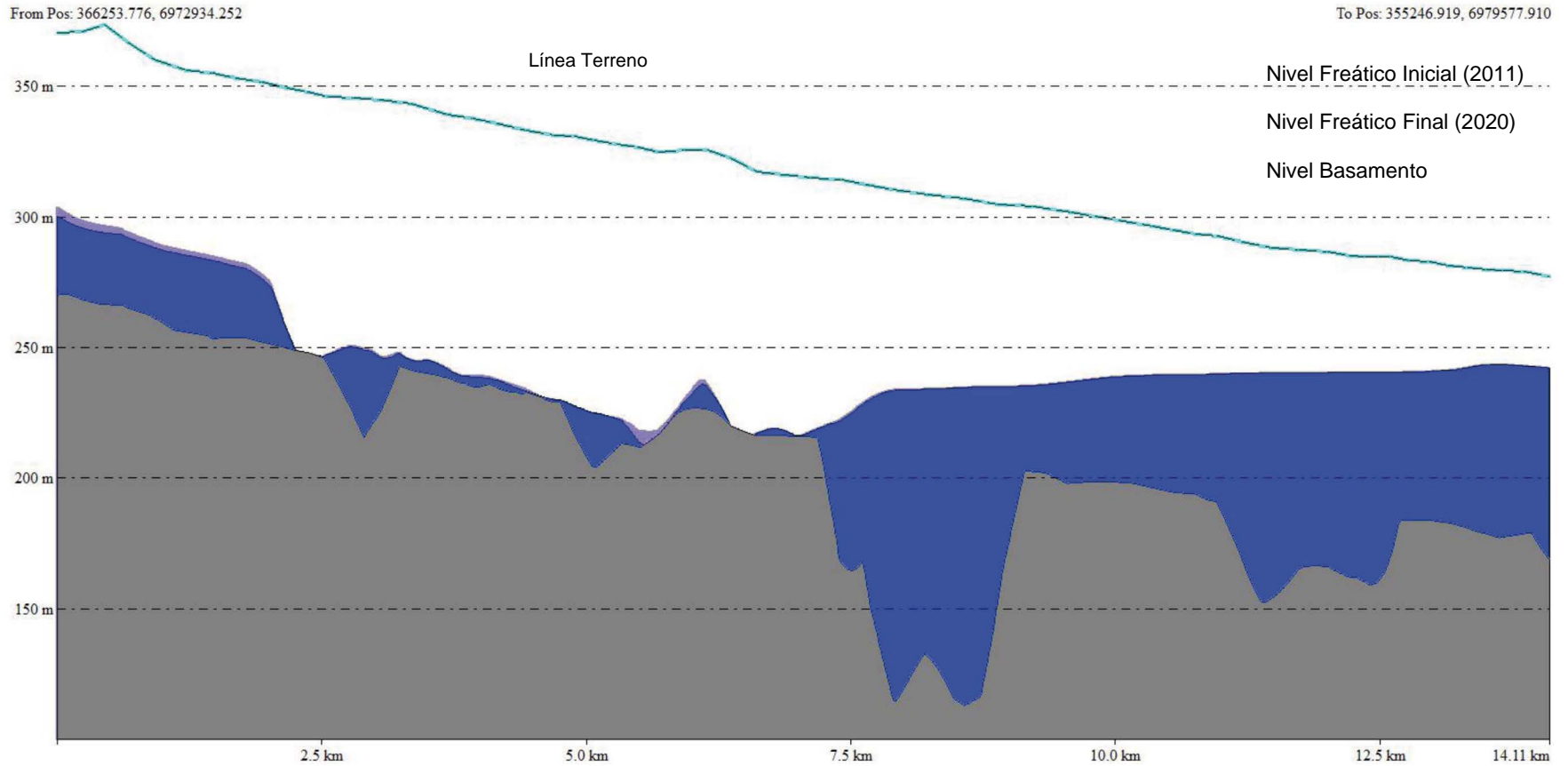


Figura 56: Perfil Longitudinal Sector 5 Final Escenario 2 (2020 con recarga artificial en Sector 5)

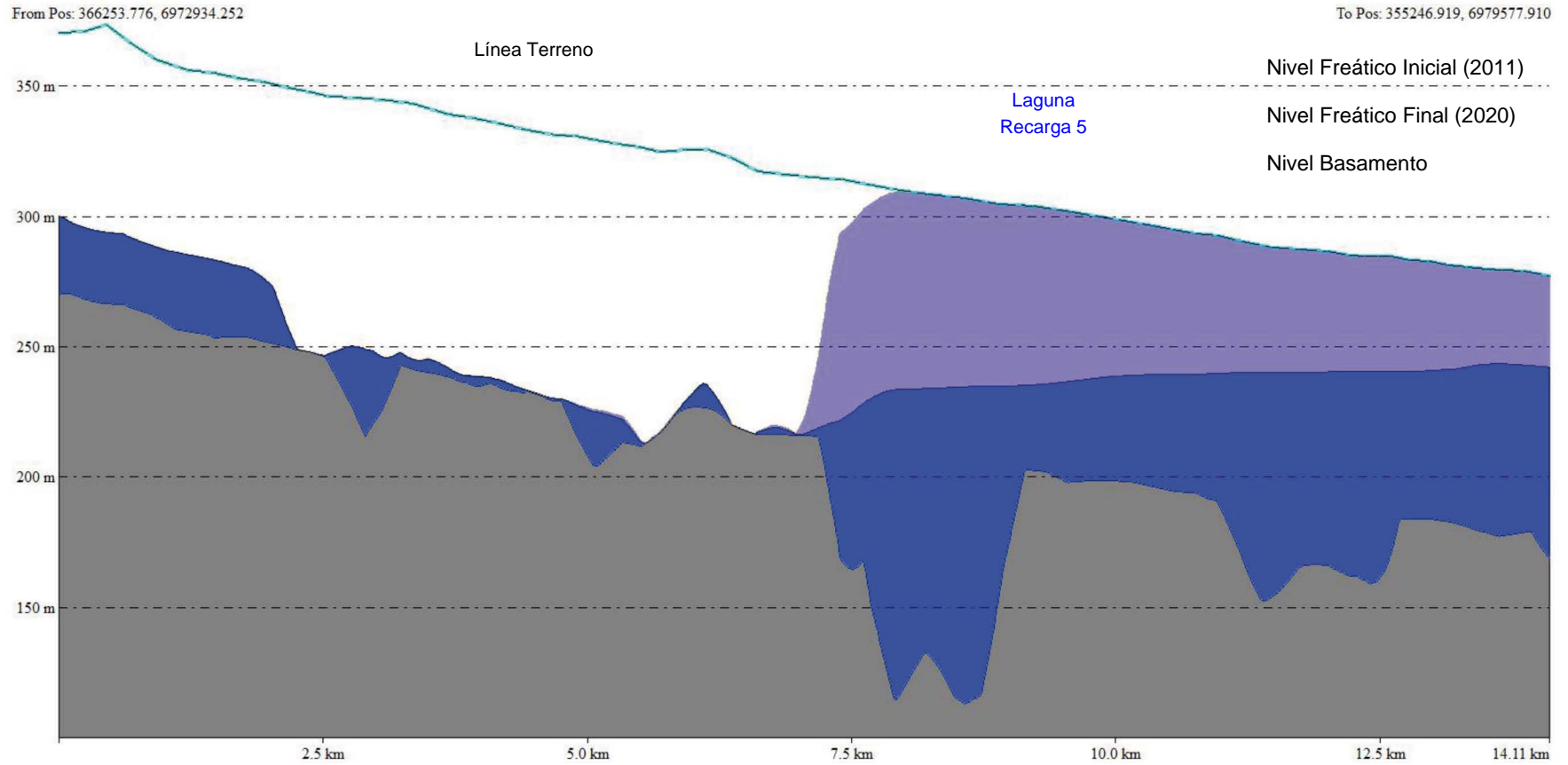
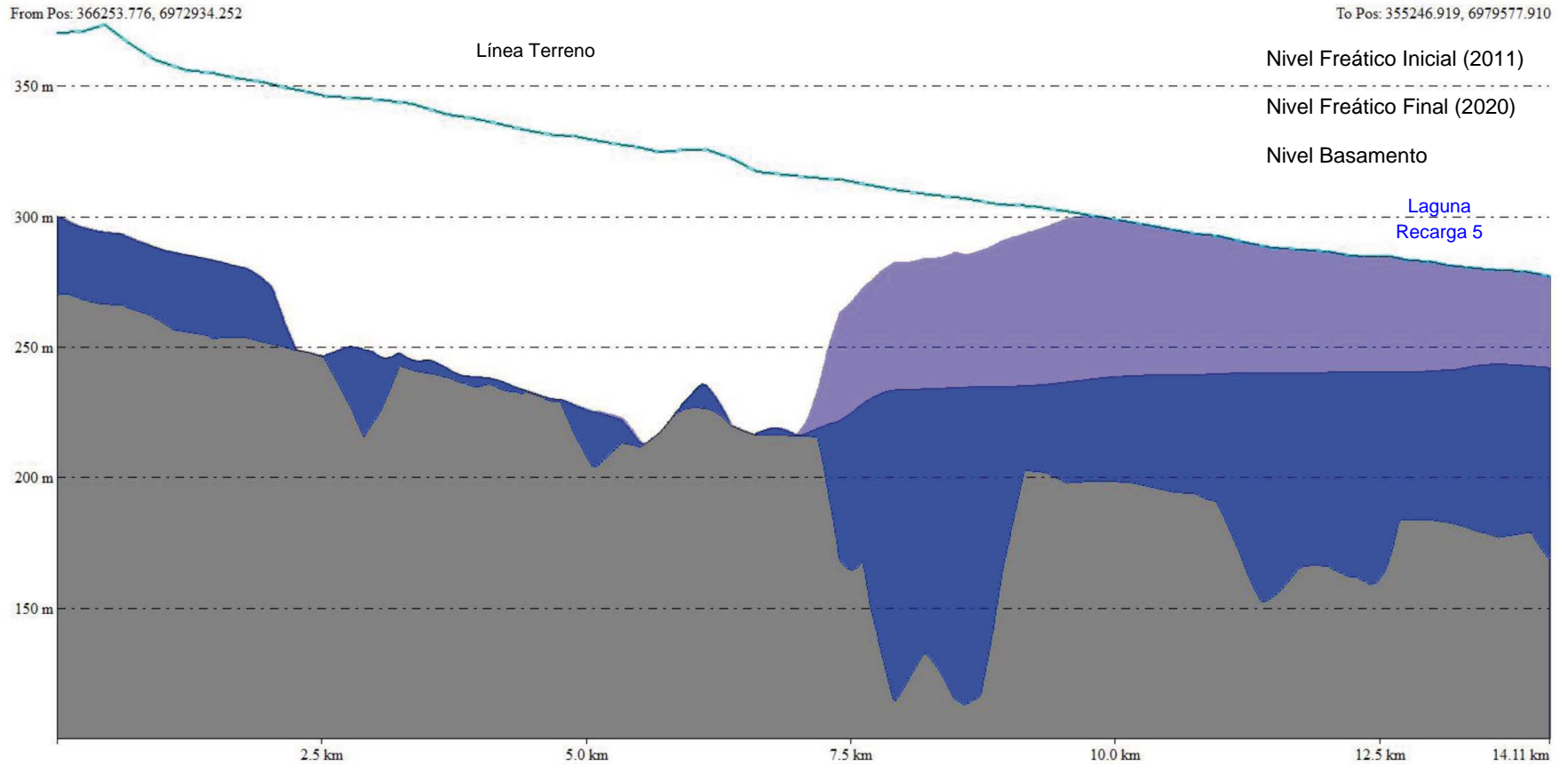
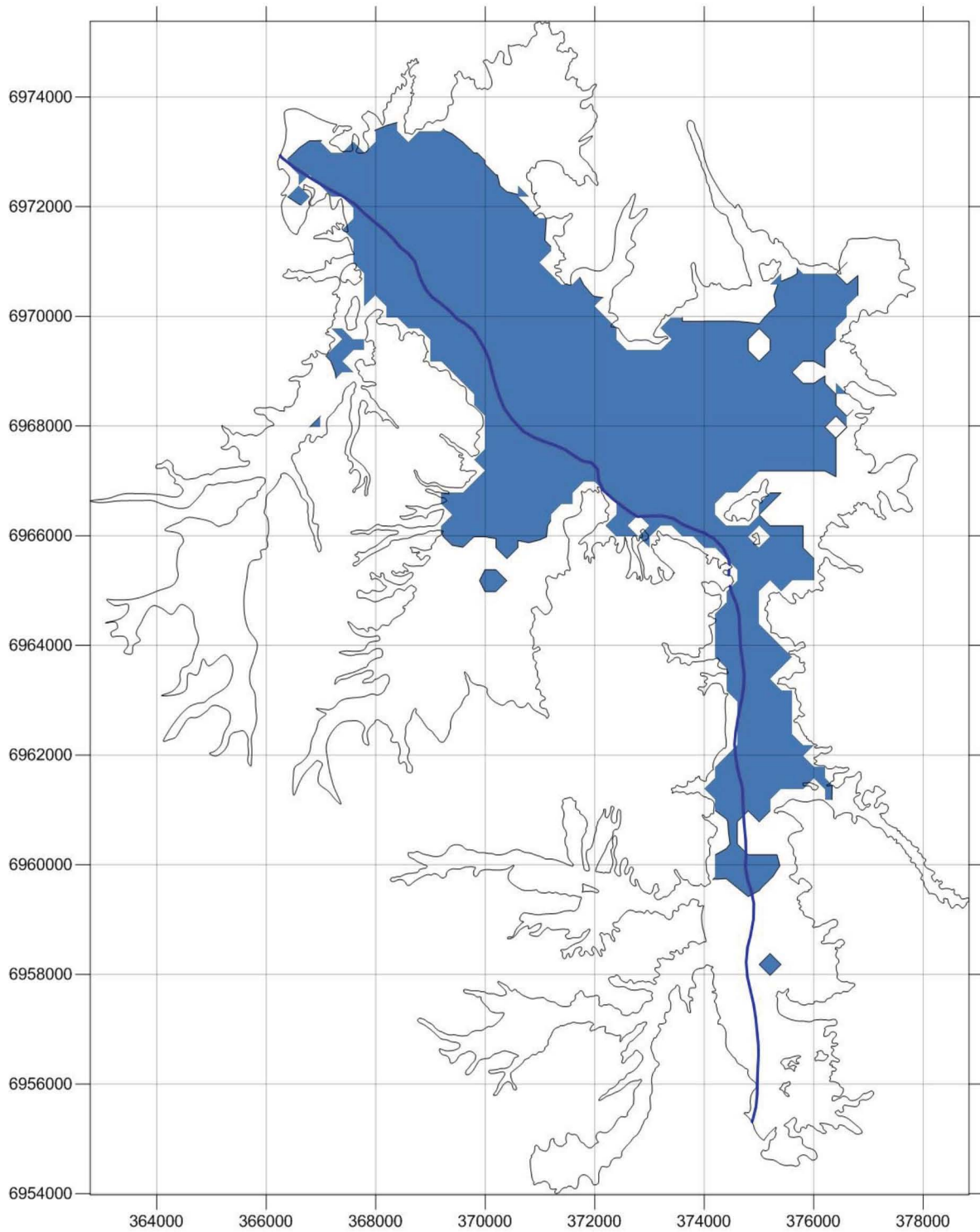




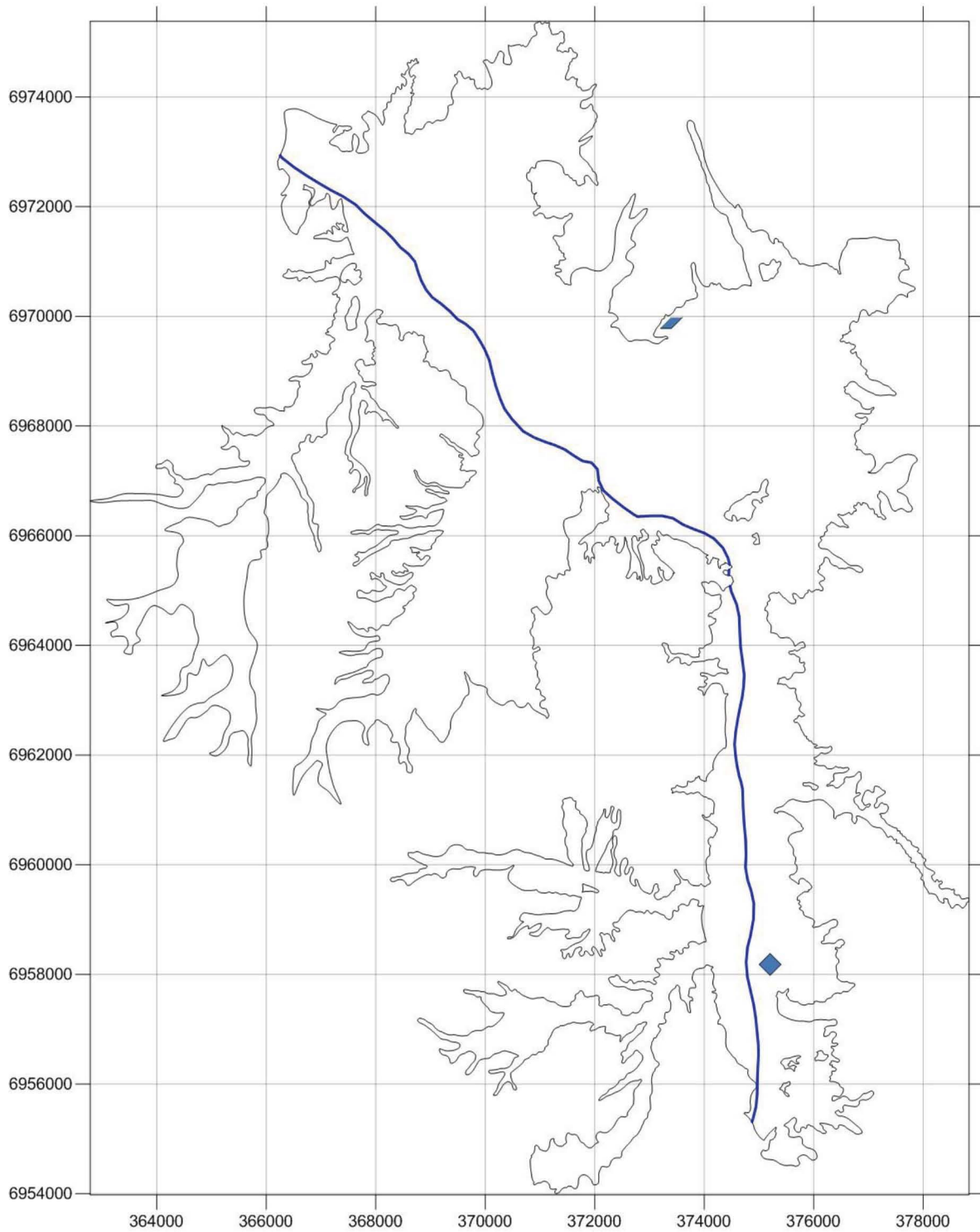
Figura 57: Perfil Longitudinal Sector 5 Final Escenario 3 (2020 con recarga artificial en Sector 4 y 5)



**Figura 58: Área Beneficiada (aumento Napa >5 m.) Sector 4 Escenario 1**



**Figura 59: Área Beneficiada (aumento Napa >5 m.) Sector 4 Escenario 2**



**Figura 60: Área Beneficiada (aumento Napa >5 m.) Sector 4 Escenario 3**

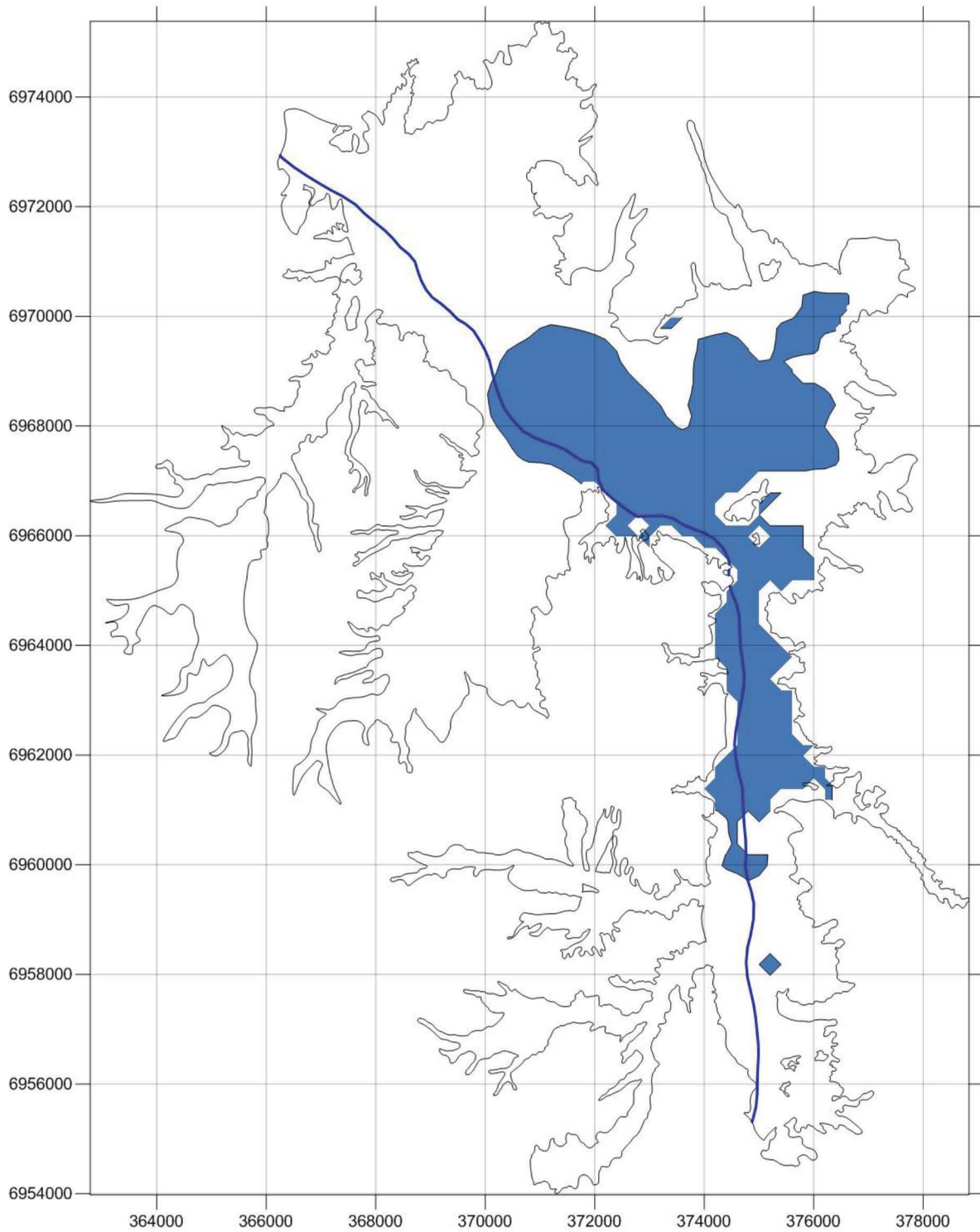


Figura 61: Área Beneficiada (aumento Napa >5 m.) Sector 5 Escenario 1

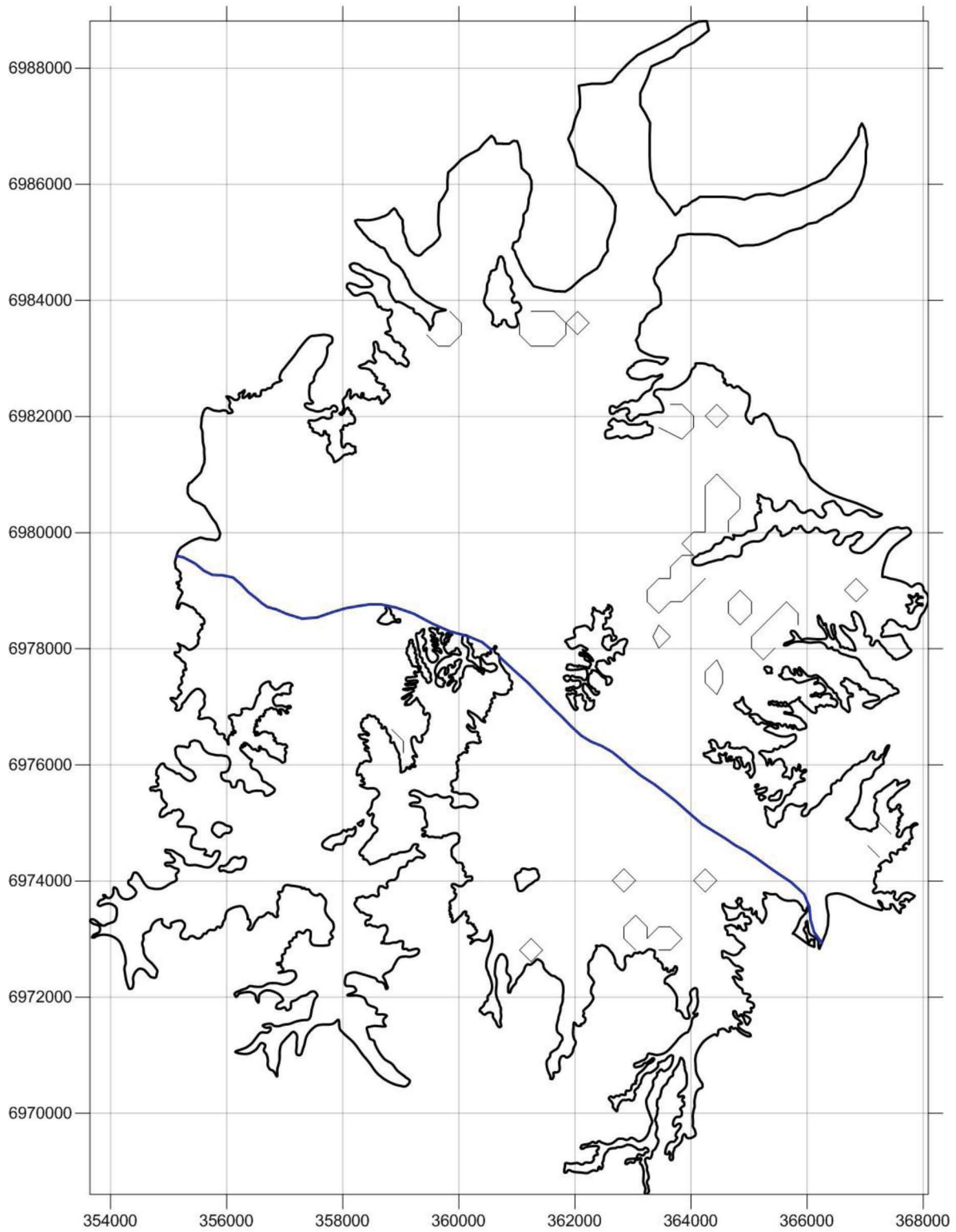


Figura 62: Área Beneficiada (aumento Napa >5 m.) Sector 5 Escenario 2

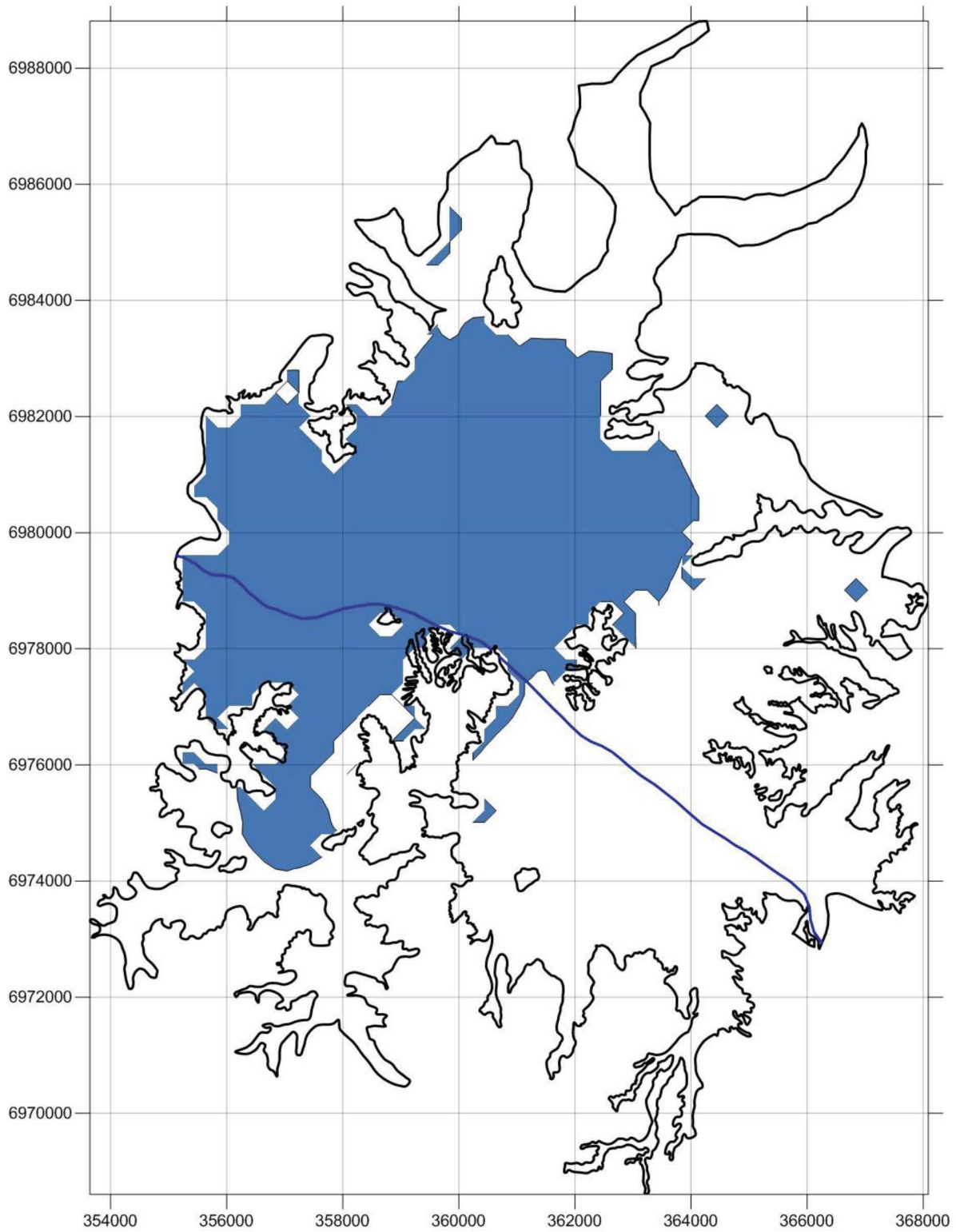


Figura 63: Área Beneficiada (aumento Napa >5 m.) Sector 5 Escenario 3

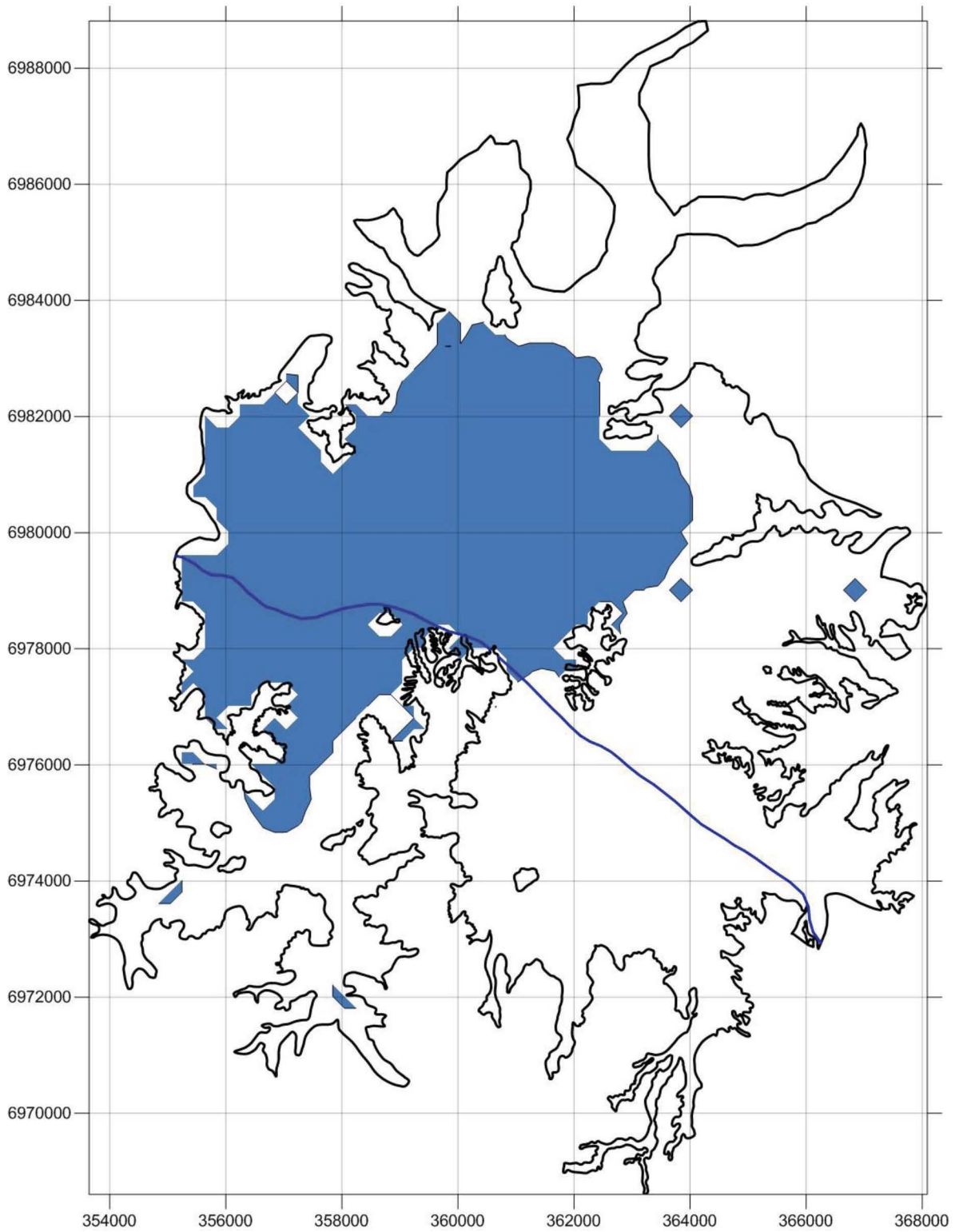


Figura 64: Sectores de Recarga Artificial del Modelo Escenario 1

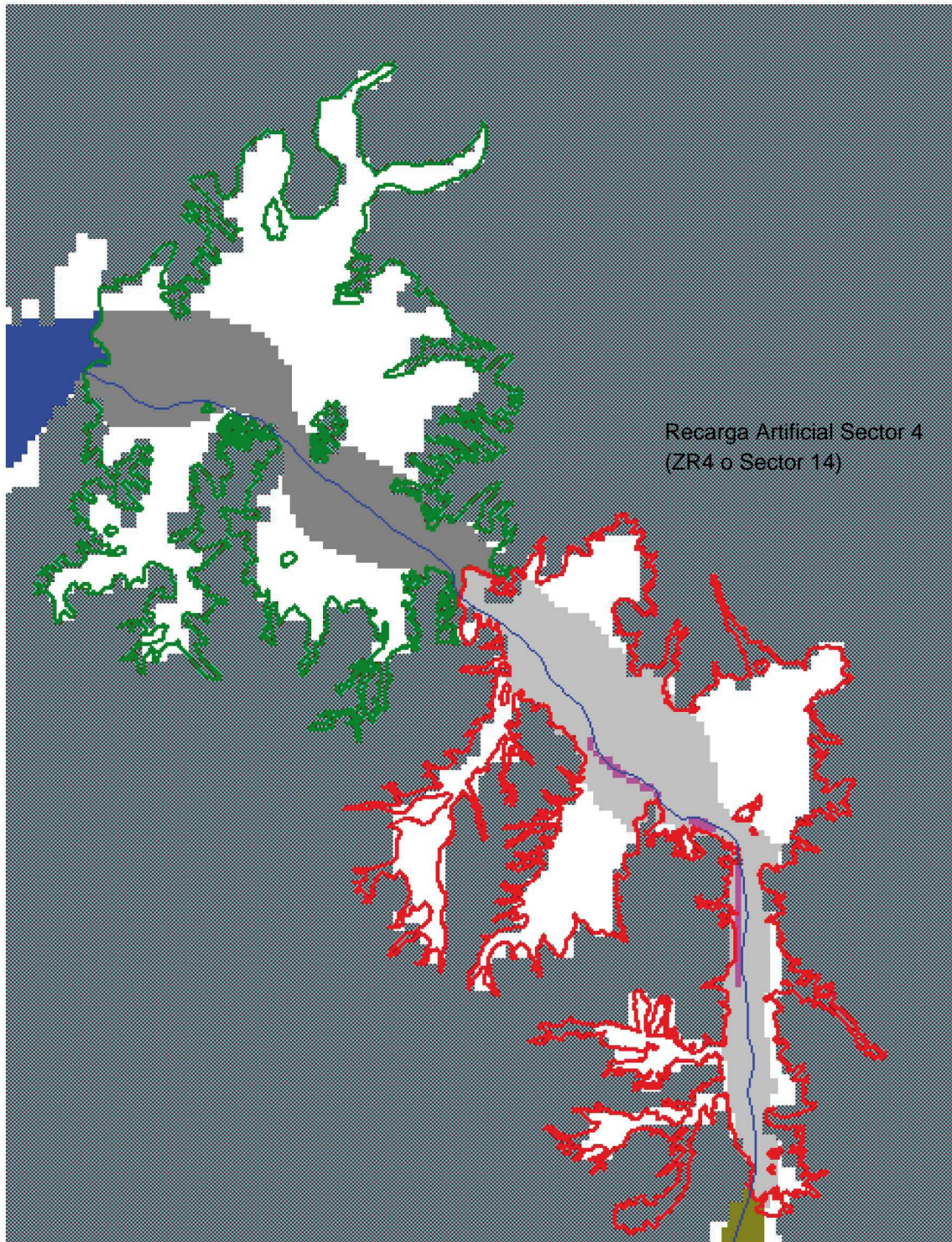




Figura 65: Sectores de Recarga Artificial del Modelo Escenario 2

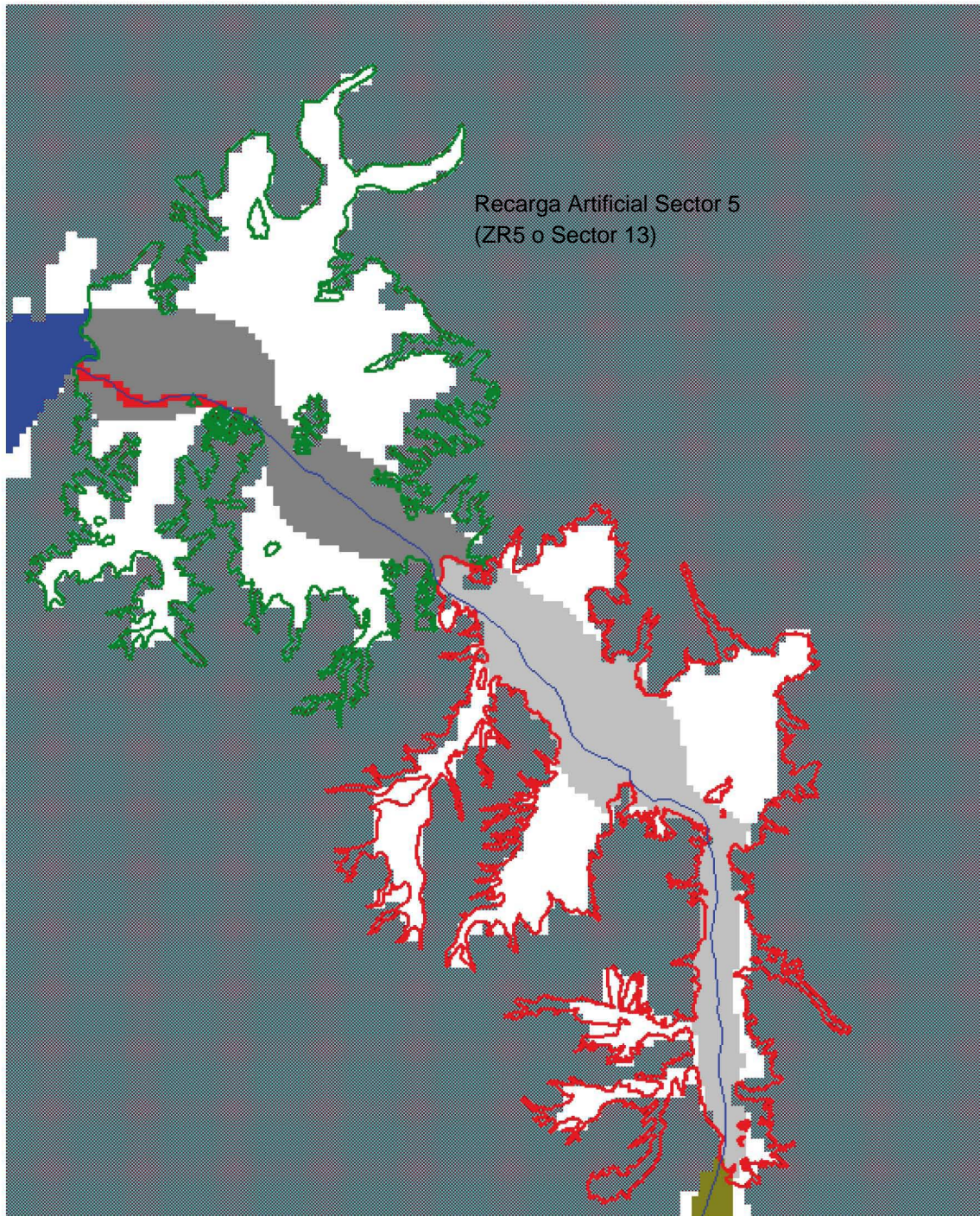
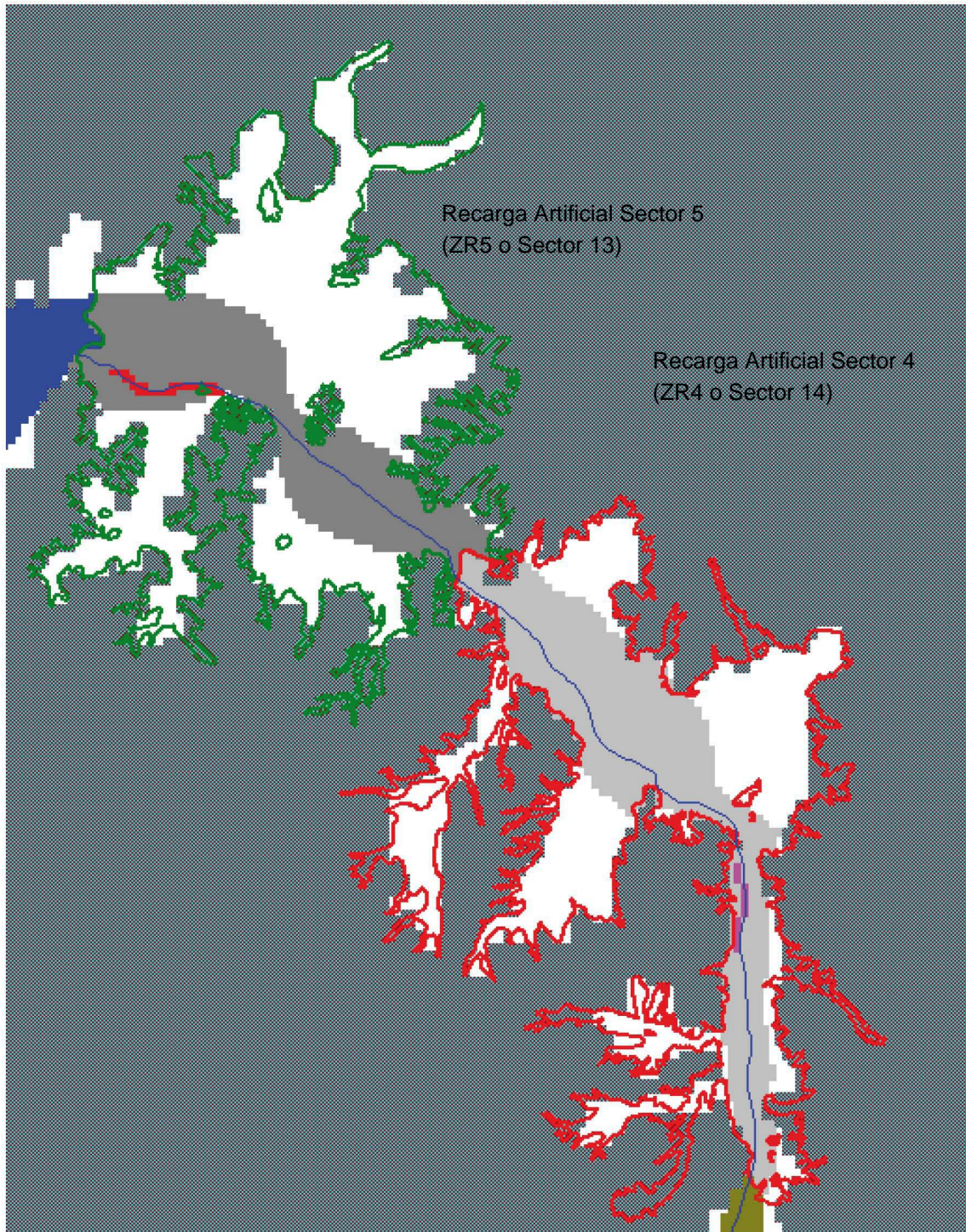


Figura 66: Sectores de Recarga Artificial del Modelo Escenario 3



**Tabla 1: Recarga por Sectores Escenario 0 (Datos de Entrada Modelo)**

			Escenario 0					
			Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	Sector 5	Sector 6a	Sector 6b
Año	Inicio (d)	Final (d)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)
1993	0	365	666.4	1292.44	573.05	215.23	53.07	0.82
1994	365	730	482.75	971.68	456.86	11.79	1.65	0.15
1995	730	1095	493.49	949.24	517.42	168.84	14.11	0.27
1996	1095	1460	401.63	833.1	409.35	3.45	0.6	0.09
1997	1460	1825	606.91	1102.04	577.26	395.92	140.33	37.09
1998	1825	2190	945.37	1522.25	809.63	904.55	329.34	80
1999	2190	2555	567.21	1179.69	582.17	14.66	2.42	0.24
2000	2555	2920	498.13	1016.31	425.65	13.31	1.76	0.15
2001	2920	3285	541.35	1122.18	522.16	11.92	1.96	0.19
2002	3285	3650	624.07	1223.04	576.34	205.59	53.17	5.63
2003	3650	4015	800.24	1354.71	731.02	564.29	168.93	24.49
2004	4015	4380	539.77	1119.02	518.43	20.01	2.67	0.21
2005	4380	4745	494.19	994.65	508.89	9.32	1.58	0.15
2006	4745	5110	473.73	971.24	491.92	10.78	1.59	0.18
2007	5110	5475	478.3	999.98	385.54	7.46	0.99	0.1
2008	5475	5840	757.2	1341.73	658.33	497.57	144.75	22.18
2009	5840	6205	481.54	962.4	404.57	59.17	7.84	0.07
2010	6205	6570	468.76	899.05	437.06	212.77	19.84	0.45
2011	6570	6935	388.86	802.2	329.83	5.88	1.03	0.15
2012	6935	7300	348.79	657.37	282.17	129.84	3.3	0.13
2013	7300	7665	662.16	1195.7	575.7	415.64	84.62	10.3
2014	7665	8030	408.22	823.4	352.82	52.91	5.73	0.24
2015	8030	8395	739.02	1525.63	601.61	373.29	127.78	26.91
2016	8395	8760	1120.84	1849.72	1016.23	1265.9	447.45	103.46
2017	8760	9125	870.89	1369.99	817.15	678.79	215.59	38.84
2018	9125	9490	610.75	1219.57	540.95	68.87	18.12	1.35
2019	9490	9855	1007.1	1680.87	897.17	967.03	372.43	102.09
2020	9855	10220	1270.8	2119.68	1246.72	1281.1	517.47	148.55

**Tabla 2: Recarga por Sectores Escenario 1 (Datos de Entrada Modelo)**

			Escenario 1 (Recarga Excedentes en S4)						
			Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	ZR 4	Sector 5	Sector 6a	Sector 6b
Año	Inicio (d)	Final (d)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)
1993	0	365	666.4	1292.44	573.05	573.05	215.23	53.07	0.82
1994	365	730	482.75	971.68	456.86	456.86	11.79	1.65	0.15
1995	730	1095	493.49	949.24	517.42	517.42	168.84	14.11	0.27
1996	1095	1460	401.63	833.1	409.35	409.35	3.45	0.6	0.09
1997	1460	1825	606.91	1102.04	577.26	577.26	395.92	140.33	37.09
1998	1825	2190	945.37	1522.25	809.63	809.63	904.55	329.34	80
1999	2190	2555	567.21	1179.69	582.17	582.17	14.66	2.42	0.24
2000	2555	2920	498.13	1016.31	425.65	425.65	13.31	1.76	0.15
2001	2920	3285	541.35	1122.18	522.16	522.16	11.92	1.96	0.19
2002	3285	3650	624.07	1223.04	576.34	576.34	205.59	53.17	5.63
2003	3650	4015	800.24	1354.71	731.02	731.02	564.29	168.93	24.49
2004	4015	4380	539.77	1119.02	518.43	518.43	20.01	2.67	0.21
2005	4380	4745	494.19	994.65	508.89	508.89	9.32	1.58	0.15
2006	4745	5110	473.73	971.24	491.92	491.92	10.78	1.59	0.18
2007	5110	5475	478.3	999.98	385.54	385.54	7.46	0.99	0.1
2008	5475	5840	757.2	1341.73	658.33	658.33	497.57	144.75	22.18
2009	5840	6205	481.54	962.4	404.57	404.57	59.17	7.84	0.07
2010	6205	6570	468.76	899.05	437.06	437.06	212.77	19.84	0.45
2011	6570	6935	388.86	802.2	329.83	329.83	5.88	1.03	0.15
2012	6935	7300	348.79	657.37	282.17	282.17	129.84	3.3	0.13
2013	7300	7665	662.16	1195.7	575.7	575.70	415.64	84.62	10.3
2014	7665	8030	408.22	823.4	352.82	352.82	52.91	5.73	0.24
2015	8030	8395	739.02	1525.63	601.61	1104.38	373.29	127.78	26.91
2016	8395	8760	1120.84	1849.72	1016.23	54985.82	1265.9	447.45	103.46
2017	8760	9125	870.89	1369.99	817.15	38594.13	678.79	215.59	38.84
2018	9125	9490	610.75	1219.57	540.95	818.34	68.87	18.12	1.35
2019	9490	9855	1007.1	1680.87	897.17	87390.68	967.03	372.43	102.09
2020	9855	10220	1270.8	2119.68	1246.72	109451.15	1281.1	517.47	148.55

**Tabla 3: Recarga por Sectores Escenario 2 (Datos de Entrada Modelo)**

			Escenario 2 (Recarga Excedentes en S5)						
			Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	Sector 5	ZR5	Sector 6a	Sector 6b
Año	Inicio (d)	Final (d)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)
1993	0	365	666.4	1292.44	573.05	215.23	215.23	53.07	0.82
1994	365	730	482.75	971.68	456.86	11.79	11.79	1.65	0.15
1995	730	1095	493.49	949.24	517.42	168.84	168.84	14.11	0.27
1996	1095	1460	401.63	833.1	409.35	3.45	3.45	0.6	0.09
1997	1460	1825	606.91	1102.04	577.26	395.92	395.92	140.33	37.09
1998	1825	2190	945.37	1522.25	809.63	904.55	904.55	329.34	80
1999	2190	2555	567.21	1179.69	582.17	14.66	14.66	2.42	0.24
2000	2555	2920	498.13	1016.31	425.65	13.31	13.31	1.76	0.15
2001	2920	3285	541.35	1122.18	522.16	11.92	11.92	1.96	0.19
2002	3285	3650	624.07	1223.04	576.34	205.59	205.59	53.17	5.63
2003	3650	4015	800.24	1354.71	731.02	564.29	564.29	168.93	24.49
2004	4015	4380	539.77	1119.02	518.43	20.01	20.01	2.67	0.21
2005	4380	4745	494.19	994.65	508.89	9.32	9.32	1.58	0.15
2006	4745	5110	473.73	971.24	491.92	10.78	10.78	1.59	0.18
2007	5110	5475	478.3	999.98	385.54	7.46	7.46	0.99	0.1
2008	5475	5840	757.2	1341.73	658.33	497.57	497.57	144.75	22.18
2009	5840	6205	481.54	962.4	404.57	59.17	59.17	7.84	0.07
2010	6205	6570	468.76	899.05	437.06	212.77	212.77	19.84	0.45
2011	6570	6935	388.86	802.2	329.83	5.88	5.88	1.03	0.15
2012	6935	7300	348.79	657.37	282.17	129.84	129.84	3.3	0.13
2013	7300	7665	662.16	1195.7	575.7	415.64	415.64	84.62	10.3
2014	7665	8030	408.22	823.4	352.82	52.91	52.91	5.73	0.24
2015	8030	8395	739.02	1525.63	601.61	373.29	876.06	127.78	26.91
2016	8395	8760	1120.84	1849.72	1016.23	1265.9	55235.49	447.45	103.46
2017	8760	9125	870.89	1369.99	817.15	678.79	38455.77	215.59	38.84
2018	9125	9490	610.75	1219.57	540.95	68.87	346.26	18.12	1.35
2019	9490	9855	1007.1	1680.87	897.17	967.03	87460.54	372.43	102.09
2020	9855	10220	1270.8	2119.68	1246.72	1281.1	109485.53	517.47	148.55

**Tabla 4: Recarga por Sectores Escenario 3 (Datos de Entrada Modelo)**

			Escenario 3 (Recarga Excedentes en S4 y S5)							
			Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	ZR4	Sector 5	ZR5	Sector 6a	Sector 6b
Año	Inicio (d)	Final (d)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)	Recarga (mm/año)
1993	0	365	666.4	1292.44	573.05	573.05	215.23	215.23	53.07	0.82
1994	365	730	482.75	971.68	456.86	456.86	11.79	11.79	1.65	0.15
1995	730	1095	493.49	949.24	517.42	517.42	168.84	168.84	14.11	0.27
1996	1095	1460	401.63	833.1	409.35	409.35	3.45	3.45	0.6	0.09
1997	1460	1825	606.91	1102.04	577.26	577.26	395.92	395.92	140.33	37.09
1998	1825	2190	945.37	1522.25	809.63	809.63	904.55	904.55	329.34	80
1999	2190	2555	567.21	1179.69	582.17	582.17	14.66	14.66	2.42	0.24
2000	2555	2920	498.13	1016.31	425.65	425.65	13.31	13.31	1.76	0.15
2001	2920	3285	541.35	1122.18	522.16	522.16	11.92	11.92	1.96	0.19
2002	3285	3650	624.07	1223.04	576.34	576.34	205.59	205.59	53.17	5.63
2003	3650	4015	800.24	1354.71	731.02	731.02	564.29	564.29	168.93	24.49
2004	4015	4380	539.77	1119.02	518.43	518.43	20.01	20.01	2.67	0.21
2005	4380	4745	494.19	994.65	508.89	508.89	9.32	9.32	1.58	0.15
2006	4745	5110	473.73	971.24	491.92	491.92	10.78	10.78	1.59	0.18
2007	5110	5475	478.3	999.98	385.54	385.54	7.46	7.46	0.99	0.1
2008	5475	5840	757.2	1341.73	658.33	658.33	497.57	497.57	144.75	22.18
2009	5840	6205	481.54	962.4	404.57	404.57	59.17	59.17	7.84	0.07
2010	6205	6570	468.76	899.05	437.06	437.06	212.77	212.77	19.84	0.45
2011	6570	6935	388.86	802.2	329.83	329.83	5.88	5.88	1.03	0.15
2012	6935	7300	348.79	657.37	282.17	282.17	129.84	129.84	3.3	0.13
2013	7300	7665	662.16	1195.7	575.7	575.70	415.64	415.64	84.62	10.3
2014	7665	8030	408.22	823.4	352.82	352.82	52.91	52.91	5.73	0.24
2015	8030	8395	739.02	1525.63	601.61	1336.43	373.29	755.394	127.78	26.91
2016	8395	8760	1120.84	1849.72	1016.23	79894.86	1265.9	42282.788	447.45	103.46
2017	8760	9125	870.89	1369.99	817.15	56029.66	678.79	29389.294	215.59	38.84
2018	9125	9490	610.75	1219.57	540.95	946.37	68.87	279.686	18.12	1.35
2019	9490	9855	1007.1	1680.87	897.17	127310.75	967.03	66702.094	372.43	102.09
2020	9855	10220	1270.8	2119.68	1246.72	159391.66	1281.1	83516.4688	517.47	148.55

**Tabla 5: Datos de Salida Balance Sector 3A**

<b>Esc 0 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	22.80	22.06	22.60	21.61	22.90	29.69	24.59	23.10	27.02	33.37
Total IN	22.68	21.86	22.54	21.47	22.88	29.80	24.60	23.07	27.09	33.40
Sector 3a to Sector 3b	2.92	2.17	2.05	1.74	1.69	3.09	3.75	3.24	3.74	4.89
Sector 3b to Sector 3a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
RECHARGE IN	9.74	8.73	16.58	10.22	18.50	28.07	21.81	15.29	25.22	31.82
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAINS IN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85
WELLS IN	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
STORAGE OUT	0.02	0.04	0.69	0.01	1.35	6.75	0.98	0.00	3.43	8.62
STORAGE IN	11.36	11.55	4.37	9.67	2.80	0.15	1.21	6.20	0.29	0.00
<b>Esc 1 (Mm3)</b>										
Total OUT	22.81	22.02	22.58	21.63	22.89	29.79	24.60	23.09	27.09	33.42
Total IN	22.69	21.83	22.52	21.51	22.88	29.80	24.61	23.00	27.09	33.40
Sector 3a to Sector 3b	2.93	2.13	2.03	1.76	1.68	3.10	3.75	3.23	3.76	4.89
Sector 3b to Sector 3a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
RECHARGE IN	9.74	8.73	16.58	10.22	18.50	28.07	21.81	15.29	25.22	31.82
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAINS IN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85
WELLS IN	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
STORAGE OUT	0.02	0.04	0.70	0.01	1.35	6.83	0.99	0.00	3.47	8.68
STORAGE IN	11.37	11.52	4.36	9.70	2.79	0.15	1.22	6.13	0.29	0.00
<b>Esc 2 (Mm3)</b>										
Total OUT	22.86	22.21	22.65	21.64	22.94	29.79	24.65	23.14	27.09	33.40
Total IN	22.86	22.16	22.56	21.61	22.94	29.80	24.63	23.12	27.10	33.40
Sector 3a to Sector 3b	2.98	2.31	2.12	1.78	1.71	3.13	3.79	3.28	3.81	4.94
Sector 3b to Sector 3a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
RECHARGE IN	9.74	8.73	16.58	10.22	18.50	28.07	21.81	15.29	25.22	31.82
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAINS IN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85
WELLS IN	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
STORAGE OUT	0.02	0.04	0.67	0.01	1.38	6.80	1.01	0.00	3.42	8.61
STORAGE IN	11.54	11.84	4.40	9.81	2.85	0.15	1.24	6.24	0.30	0.00
<b>Esc 3 (Mm3)</b>										
Total OUT	22.86	22.21	22.65	21.64	22.91	29.78	24.64	23.14	27.10	33.40
Total IN	22.86	22.16	22.56	21.61	22.88	29.80	24.63	23.11	27.10	33.40
Sector 3a to Sector 3b	2.98	2.31	2.12	1.78	1.70	3.13	3.78	3.27	3.81	4.94
Sector 3b to Sector 3a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
RECHARGE IN	9.74	8.73	16.58	10.22	18.50	28.07	21.81	15.29	25.22	31.82
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAINS IN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85	19.85
WELLS IN	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
STORAGE OUT	0.02	0.04	0.67	0.01	1.35	6.80	1.00	0.01	3.43	8.61
STORAGE IN	11.54	11.84	4.40	9.81	2.79	0.15	1.24	6.23	0.30	0.00

**Tabla 6: Datos de Salida Balance Sector 3B**

<b>Esc 0 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	31.14	29.99	30.16	29.89	31.30	35.48	31.50	31.01	34.32	40.37
Total IN	30.71	29.72	30.03	29.70	31.30	35.59	31.52	31.01	34.44	40.53
Sector 3b to Sector 4	3.71	2.64	2.82	2.52	2.99	3.43	3.46	1.38	2.55	2.89
Sector 4 to Sector 3b	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sector 3b to Sector 3a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Sector 3a to Sector 3b	2.92	2.17	2.05	1.74	1.69	3.09	3.75	3.24	3.74	4.89
RECHARGE IN	13.06	10.70	19.47	13.40	24.84	30.11	22.30	19.85	27.36	34.51
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31
STORAGE OUT	0.11	0.03	0.02	0.05	1.00	4.74	0.72	2.32	4.45	10.16
STORAGE IN	14.73	16.85	8.51	14.54	4.78	2.39	5.46	7.92	3.33	1.14
<b>Esc 1 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	31.07	29.93	30.25	29.87	31.40	35.71	31.42	30.50	34.44	40.51
Total IN	30.72	29.69	30.14	29.65	31.41	35.80	31.50	30.53	34.44	40.57
Sector 3b to Sector 4	3.74	2.62	2.83	2.54	2.99	3.44	3.43	1.66	2.58	2.91
Sector 4 to Sector 3b	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sector 3b to Sector 3a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Sector 3a to Sector 3b	2.93	2.13	2.03	1.76	1.68	3.10	3.75	3.23	3.76	4.89
RECHARGE IN	13.06	10.70	19.47	13.40	24.84	30.11	22.30	19.85	27.36	34.51
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31
STORAGE OUT	0.02	0.00	0.11	0.01	1.09	4.96	0.68	1.53	4.54	10.28
STORAGE IN	14.73	16.85	8.65	14.48	4.89	2.58	5.44	7.44	3.31	1.18
<b>Esc 2 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	31.20	30.15	30.12	29.87	31.32	35.42	31.32	30.62	34.08	40.46
Total IN	31.16	30.13	30.03	29.85	31.32	35.42	31.36	30.68	34.08	40.47
Sector 3b to Sector 4	3.88	2.64	2.79	2.55	3.02	3.41	3.45	3.24	2.43	2.83
Sector 4 to Sector 3b	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sector 3b to Sector 3a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Sector 3a to Sector 3b	2.98	2.31	2.12	1.78	1.71	3.13	3.79	3.28	3.81	4.94
RECHARGE IN	13.06	10.70	19.47	13.40	24.84	30.11	22.30	19.85	27.36	34.51
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31
STORAGE OUT	0.01	0.20	0.02	0.00	0.98	4.70	0.56	0.07	4.33	10.31
STORAGE IN	15.11	17.12	8.45	14.66	4.77	2.18	5.27	7.55	2.90	1.02
<b>Esc 3 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	31.20	30.15	30.12	29.87	31.26	35.40	31.28	30.65	34.10	40.44
Total IN	31.16	30.13	30.03	29.85	31.26	35.40	31.30	30.72	34.10	40.45
Sector 3b to Sector 4	3.88	2.64	2.79	2.55	3.01	3.41	3.45	3.23	2.43	2.83
Sector 4 to Sector 3b	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sector 3b to Sector 3a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Sector 3a to Sector 3b	2.98	2.31	2.12	1.78	1.70	3.13	3.78	3.27	3.81	4.94
RECHARGE IN	13.06	10.70	19.47	13.40	24.84	30.11	22.30	19.85	27.36	34.51
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31	27.31
STORAGE OUT	0.01	0.20	0.02	0.00	0.93	4.67	0.52	0.10	4.35	10.29
STORAGE IN	15.11	17.12	8.45	14.66	4.72	2.15	5.22	7.59	2.92	1.01



**Tabla 7: Datos de Salida Balance Sector 4**

<b>Esc 0 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	42.03	41.54	41.57	41.05	41.23	50.41	44.42	41.58	46.86	57.89
Total IN	41.85	41.20	41.45	40.83	41.13	50.60	44.45	41.57	46.97	58.09
Sector 4 to Sector 5	2.78	2.64	2.67	2.61	2.60	2.63	2.75	2.77	2.72	2.89
Sector 5 to Sector 4	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10
Sector 4 to Sector 3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sector 3 to Sector 4	3.71	2.64	2.82	2.52	2.99	3.43	3.46	1.38	2.55	2.89
RECHARGE IN	12.92	11.05	22.54	13.82	23.56	39.80	32.00	21.18	35.13	48.82
DRAINS OUT	1.17	0.65	0.58	0.27	0.23	0.57	0.70	0.51	0.75	1.58
WELLS OUT	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07
STORAGE OUT	0.01	0.18	0.25	0.09	0.32	9.14	2.90	0.23	5.32	15.35
STORAGE IN	25.16	27.45	16.01	24.43	14.52	7.30	8.90	18.93	9.20	6.27
<b>Esc1 (Mm3)</b>										
Total OUT	42.07	41.82	41.47	41.02	41.41	131.66	99.29	49.03	176.13	220.59
Total IN	41.87	41.48	41.33	40.81	41.32	132.05	99.83	48.78	176.27	220.83
Sector 4 to Sector 5	2.78	2.65	2.67	2.61	2.61	2.65	2.91	3.10	3.19	3.57
Sector 5 to Sector 4	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.08	0.07	0.09	0.10
Sector 4 to Sector 3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sector 3 to Sector 4	3.74	2.62	2.83	2.54	2.99	3.47	3.47	1.65	2.58	2.91
RECHARGE IN	12.92	11.05	22.54	13.82	24.32	121.83	89.42	21.61	166.60	213.30
DRAINS OUT	1.20	0.68	0.61	0.29	0.25	1.07	4.88	4.89	54.82	118.63
WELLS OUT	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07
STORAGE OUT	0.01	0.42	0.12	0.04	0.48	89.87	53.42	2.97	80.06	60.33
STORAGE IN	25.15	27.75	15.88	24.39	13.95	6.67	6.86	25.46	7.01	4.53
<b>Esc 2 (Mm3)</b>										
Total OUT	42.03	41.58	41.57	41.06	41.23	50.52	44.48	41.44	46.73	58.15
Total IN	41.79	41.25	41.45	40.84	41.12	50.55	44.58	41.48	46.77	58.23
Sector 4 to Sector 5	2.78	2.64	2.67	2.61	2.60	2.62	2.75	2.77	2.72	2.89
Sector 5 to Sector 4	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10
Sector 4 to Sector 3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sector 3 to Sector 4	3.70	2.64	2.82	2.53	2.99	3.42	3.46	1.27	2.54	2.88
RECHARGE IN	12.92	11.05	22.54	13.82	23.56	39.80	32.00	21.18	35.13	48.82
DRAINS OUT	1.17	0.65	0.58	0.27	0.23	0.58	0.71	0.51	0.76	1.60
WELLS OUT	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07
STORAGE OUT	0.01	0.22	0.26	0.10	0.32	9.25	2.95	0.09	5.19	15.59
STORAGE IN	25.10	27.49	16.02	24.43	14.51	7.26	9.03	18.94	9.01	6.42
<b>Esc 3 (Mm3)</b>										
Total OUT	42.03	41.52	41.56	41.07	41.23	91.16	71.39	44.14	110.35	140.18
Total IN	41.85	41.17	41.43	40.85	41.14	91.23	71.48	44.13	110.44	140.14
Sector 4 to Sector 5	2.78	2.64	2.67	2.61	2.60	2.62	2.75	2.78	2.74	2.94
Sector 5 to Sector 4	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10
Sector 4 to Sector 3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sector 3 to Sector 4	3.71	2.64	2.82	2.53	2.99	3.42	3.47	1.32	2.54	2.88
RECHARGE IN	12.92	11.05	22.54	13.82	23.94	80.81	60.71	21.40	100.87	131.06
DRAINS OUT	1.17	0.65	0.58	0.27	0.23	0.58	5.24	0.57	31.22	54.32
WELLS OUT	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07
STORAGE OUT	0.01	0.15	0.24	0.11	0.33	49.88	25.33	2.73	38.32	44.85
STORAGE IN	25.16	27.42	16.00	24.45	14.15	6.92	7.21	21.33	6.94	6.10

**Tabla 8: Datos de Salida Balance Sector 5**

<b>Esc 0 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	29.76	29.84	30.46	29.84	30.45	46.56	31.26	29.94	37.89	46.52
Total IN	29.56	29.57	30.32	29.59	30.30	46.74	31.24	29.88	38.03	46.65
Sector 5 to Sector 6	0.46	0.46	0.53	0.41	0.46	0.79	0.69	0.48	0.70	1.04
Sector 6 to Sector 5	0.59	0.58	0.42	0.63	0.54	0.07	0.13	0.46	0.13	0.05
Sector 5 to Sector 4	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10
Sector 4 to Sector 5	2.78	2.64	2.67	2.61	2.60	2.63	2.75	2.77	2.72	2.89
RECHARGE IN	0.19	4.17	13.33	1.70	11.97	40.61	21.78	2.21	31.02	41.10
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18
STORAGE OUT	0.06	0.14	0.68	0.18	0.75	16.51	1.31	0.20	7.93	16.20
STORAGE IN	26.00	22.19	13.90	24.65	15.18	3.43	6.59	24.44	4.16	2.60
<b>Esc 1 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	29.76	29.86	30.50	30.01	30.46	46.90	31.50	29.89	38.57	47.36
Total IN	29.59	29.63	30.37	29.77	30.32	46.92	31.56	29.73	38.60	47.44
Sector 5 to Sector 6	0.45	0.46	0.53	0.42	0.46	0.79	0.69	0.49	0.70	1.06
Sector 6 to Sector 5	0.59	0.58	0.42	0.63	0.54	0.07	0.12	0.46	0.12	0.05
Sector 5 to Sector 4	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.08	0.07	0.09	0.10
Sector 4 to Sector 5	2.78	2.65	2.67	2.61	2.61	2.65	2.91	3.10	3.19	3.57
RECHARGE IN	0.19	4.17	13.33	1.70	11.97	40.61	21.78	2.21	31.02	41.10
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELLS OUT	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18
STORAGE OUT	0.06	0.16	0.72	0.35	0.76	16.84	1.54	0.14	8.60	17.03
STORAGE IN	26.03	22.23	13.94	24.83	15.20	3.59	6.75	23.96	4.27	2.72
<b>Esc 2 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	29.76	29.84	30.48	29.88	30.37	137.36	93.44	36.93	178.43	219.31
Total IN	29.56	29.57	30.35	29.65	30.23	137.53	93.87	36.85	178.57	219.73
Sector 5 to Sector 6	0.46	0.46	0.53	0.41	0.45	21.77	17.48	4.35	30.40	37.14
Sector 6 to Sector 5	0.59	0.58	0.42	0.64	0.42	8.81	5.94	0.22	9.37	8.35
Sector 5 to Sector 4	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10
Sector 4 to Sector 5	2.78	2.64	2.67	2.61	2.60	2.62	2.75	2.77	2.72	2.89
RECHARGE IN	0.19	4.18	13.37	1.70	12.77	122.75	79.25	2.64	162.57	205.67
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66	7.47	0.00	46.59	82.47
WELLS OUT	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18
STORAGE OUT	0.06	0.14	0.71	0.23	0.67	82.67	39.24	3.33	72.16	70.43
STORAGE IN	26.01	22.18	13.89	24.71	14.43	3.36	5.93	31.22	3.91	2.82
<b>Esc 3 (Mm3)</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Total OUT	29.76	29.84	30.52	29.83	30.41	92.17	62.49	32.66	110.61	136.10
Total IN	29.56	29.58	30.38	29.57	30.27	92.26	62.58	32.59	110.74	136.10
Sector 5 to Sector 6	0.46	0.46	0.53	0.41	0.42	9.83	9.15	2.63	16.83	20.28
Sector 6 to Sector 5	0.59	0.58	0.42	0.64	0.46	4.57	3.41	0.03	6.98	6.90
Sector 5 to Sector 4	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10
Sector 4 to Sector 5	2.78	2.64	2.67	2.61	2.60	2.62	2.75	2.78	2.74	2.94
RECHARGE IN	0.19	4.17	13.35	1.70	12.37	81.68	50.51	2.42	96.80	123.38
DRAINS OUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.48	25.38
WELLS OUT	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18	29.18
STORAGE OUT	0.06	0.14	0.75	0.18	0.75	53.08	24.08	0.77	58.04	61.17
STORAGE IN	26.01	22.19	13.95	24.63	14.83	3.38	5.91	27.36	4.21	2.87

Leeme.txt

Esta explicación se refiere al contenido de los archivos digitales y a facilitar la lectura de la evaluación económica y sus elementos asociados.

Archivos digitales:

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CAPITULO I: RECOPIACION ANTECEDENTES**

### **CAPITULO II: ESTUDIOS BÁSICOS.**

II.1 BALANCE HÍDRICO Y DETERMINACIÓN DE EXCEDENTES

II.2 ANÁLISIS DE LA DE CALIDAD DEL AGUA (VER VOLUMEN III EAA)

II.3 SITUACION ACTUAL DEL RIEGO

Los CAPITULOS I Y II contienen antecedentes necesarios para el estudio. Señalamos en el II.1 la determinación de los excedentes hidrológicos asociados a probabilidades que servirán para estimar los volúmenes de recursos superficiales susceptibles de utilizar para infiltración.

### **CAPITULO III: ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE RECARGA Y ALMACENAMIENTO**

III.1 ÁREAS Y MÉTODOS DE INFILTRACIÓN

III.2 MODELACION DE LAS ALTERNATIVAS

III.3 ANALISIS DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS

III.4 ELECCIÓN DE LOS LUGARES DE INFILTRACIÓN

El CAPÍTULO III analiza en toda la cuenca los lugares en la superficie para construir obras de recarga, los métodos que se podrían utilizar para hacer la infiltración. Sobre la base de procesar las alternativas con un modelo de SERNAGEOMIN,, establecer costos preliminares, y estudiar los impactos ambientales posibles, se recomiendan los lugares y procedimientos más adecuados para infiltrar.

### **CAPITULO IV: ESTUDIOS AGRONÓMICOS**

IV.1 AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

IV.2 DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS

IV.3 ENCUESTA AGROPECUARIA, SITUACION ACTUAL AGROPECUARIA

IV.4 ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD AGRÍCOLA

IV.5 MERCADO, COMERCIALIZACION Y PRECIOS

Paralelamente con los estudios de ingeniería se identifican el área de influencia del proyecto, los potenciales usuarios de las obras de recarga, la situación actual agropecuaria y la perspectiva de los mercados, comercialización y precios de los productos agrícolas en relación con la aplicación de un proyecto de recarga.

### **CAPITULO V: DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE RECARGA**

V.1 TRABAJOS DE TOPOGRAFIA

V.2 DISEÑOS PRELIMINARES

V.3 INTERFERENCIAS

V.4 EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRES

V.5 P. UNITARIOS, PRESUPUESTOS, M&O

V.6 EVALUACIÓN ECONOMICA

V.7 EVALUACION DE ASPECTOS LEGALES

En los lugares ya identificados en el Capítulo III se hacen diseños preliminares de las obras de recarga, se calculan sus costos. Integrando las información de costos de inversión y operación de costos del diseño con los antecedentes agro económicos del CAPITULO IV se hace la evaluación económica y social siguiendo las normas y sugerencias del Ministerio de Desarrollo Social (MDS). Se complementa la proposición de obras con el Estudio de Análisis Ambiental y con una evaluación de los aspectos legales para su construcción.

## **ANEXOS VOLUMEN I**

ANEXO I BIBLIOGRAFIA (digital y papel)

ANEXO II.1 HIDROLOGIA (digital y papel)

ANEXO II.3.1 DERECHOS A, B,C, D (digital y papel)

ANEXO III.2 MODELACIONES (digital y papel)

ANEXO IV.1 DGA SDT 327 – 2012 (digital)

ANEXO IV.3 BASE DE DATOS CNR-UC (digital)

ANEXO V.1 PLANOS TOPOGRÁFICOS (digital y papel)

ANEXO V.2 PLANOS DE OBRAS (digital y papel)

ANEXO V.3 ENLACES RIO-LAGUNAS (digital)

ANEXO V.6 EXCEL EVALUACION ECONOMICA (digital)

Los Anexos son relativos a la mayoría de los capítulos y complementan la información de cada uno de ellos.

En el caso del ANEXO V.6 vale la siguiente explicación:

Se trata de una planilla Excel dónde se presentan los cálculos siguiendo las metodologías del Ministerio de Desarrollo Social, a saber

- Método del Valor Residual (o del Producto Marginal, o de la Productividad Marginal), habitualmente llamado Método del Presupuesto
- Liberación de Recursos (o de Ahorro de Costos, o de Reducción de Costos)
- Enfoque Costo-Eficacia
- Valoración según el Mercado del Agua, y
- Valoración según el Mercado de la Tierra

Es importante notar que estos cinco enfoques constituyen maneras alternativas de aproximarse a la determinación del valor económico del agua a ser recargada, y que cumplen así con la sugerencia del MDS de “aplicar el mayor número de métodos posibles”. Los resultados de su aplicación pueden ser comparados, tabulados y contrastados, pero no pueden ser acumulados o agrupados de ninguna manera, ya que están midiendo con distintos criterios e instrumentos un mismo efecto del proyecto.

En la pestaña 1 “Datos” (de izquierda a derecha) están los datos básicos de costos de inversión, costos operacionales, imprevistos; profundidad del agua en el acuífero, recarga anual sobre la base de la hidrología, costo de profundizar los pozos. Los datos de inversiones y costos de operación vienen del CAPITULO V.

En la pestaña 2 “Márgenes Brutos” están los datos utilizados respecto de los rubros agrícolas, y las fichas de costos y márgenes de esos rubros.

En las pestañas 3 a 6 están los cálculos de los diversos escenarios evaluados y las sensibilidades correspondientes, utilizando el “**método del presupuesto**”. En la pestaña 6 se considera un caso de baja probabilidad hidrológica. En todas las pestañas las letras M y S significan valores de Mercado y Sociales respectivamente.

En las pestañas 7 a 12 están los cálculos para evaluar el ahorro de costos por menor profundidad de bombeo

En la última pestaña está la planilla del cálculo por el “**método del valor de la tierra**”

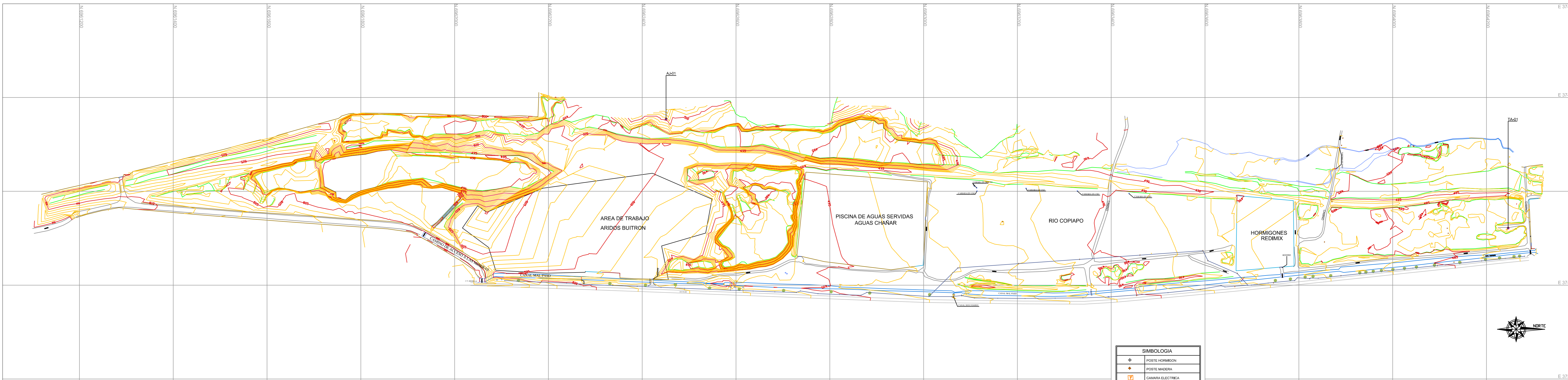
**ESTUDIO PREFACTIBILIDAD “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS  
PARA SU UTILIZACIÓN EN RIEGO EN LA CUENCADEL RÍO COPIAPÓ” REGIÓN DE ATACAMA  
INFORME FINAL Diciembre 2012**

**PROFESIONALES PARTICIPANTES**

PROFESIONAL	ACTIVIDAD
Luis Jorquera G. Ingeniero Civil	Jefe de Proyecto Visitas Terreno
Pablo Jorquera B. DPA/MBA	Coordinación del Proyecto Visitas Terreno
Jorge Mascaró Z. Ingeniero Civil	Ingeniería de apoyo
Eugenio Celedón C. Ingeniero Civil	II.1 Balance Hídrico y determinación de excedentes
Pedro Dusillant Ingeniero Civil	
Ivo Kovacic S. Geógrafo	II.2 Análisis de las características de calidad y variabilidad temporal
Fernando Peralta Ingeniero Civil	II.3 Parámetros Hidrogeológicos II.4.4 Zonificación del área del estudio Visitas Terreno
Sandra Alvarez T Abogado	II.4.1 Derechos de agua y organizaciones de usuarios Visitas terreno
José Olivares Ingeniero Agrónomo	II.4.2 Uso actual del suelo II.4.3 Demandas de agua para uso agrícola
Antonio Saldías Ingeniero Civil	II.5 Estrategia de Participación Ciudadana Visitas terreno
Cecilia Sáez Geógrafa	

## NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES DE MEDIDA

<b>CONCEPTO</b>	<b>SÍMBOLOS USADOS</b>
metro lineal	m, M
Kilómetro	km, Km
metro cuadrado	m <sup>2</sup> , m2
Hectárea	ha, Ha, há, Há
metro cúbico	m <sup>3</sup> , m3
Millones de metros cúbicos	Mm <sup>3</sup> , Mm3
Pesos	\$
Miles de pesos	M\$
Dólar americano	US\$
Unidad de Fomento	UF
Hora	hr, Hr
Hombre día	hd, HD
Hora hombre	hh, HH
Hora máquina	hm, HM
Cada uno	c/u

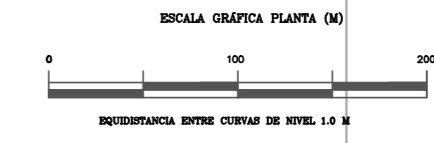


**SIMBOLOGIA**

◆	POSTE HORMIGON
◆	POSTE MADERA
⊠	CAMARA ELECTRICA
⊠	CAMARA
⊠	CAMARA
—	PANDERETA
—	CERCO
—	TUBERIA EXISTENTE
—	PORTON DE ACCESO
—	MURO
●	ARBOL

**CUADRO DE COORDENADAS WGS84**

PARTE	NORTE	ESTE	COTA
TA-01	3742400	374400	509.378
TA-02	3742400	374400	483.901

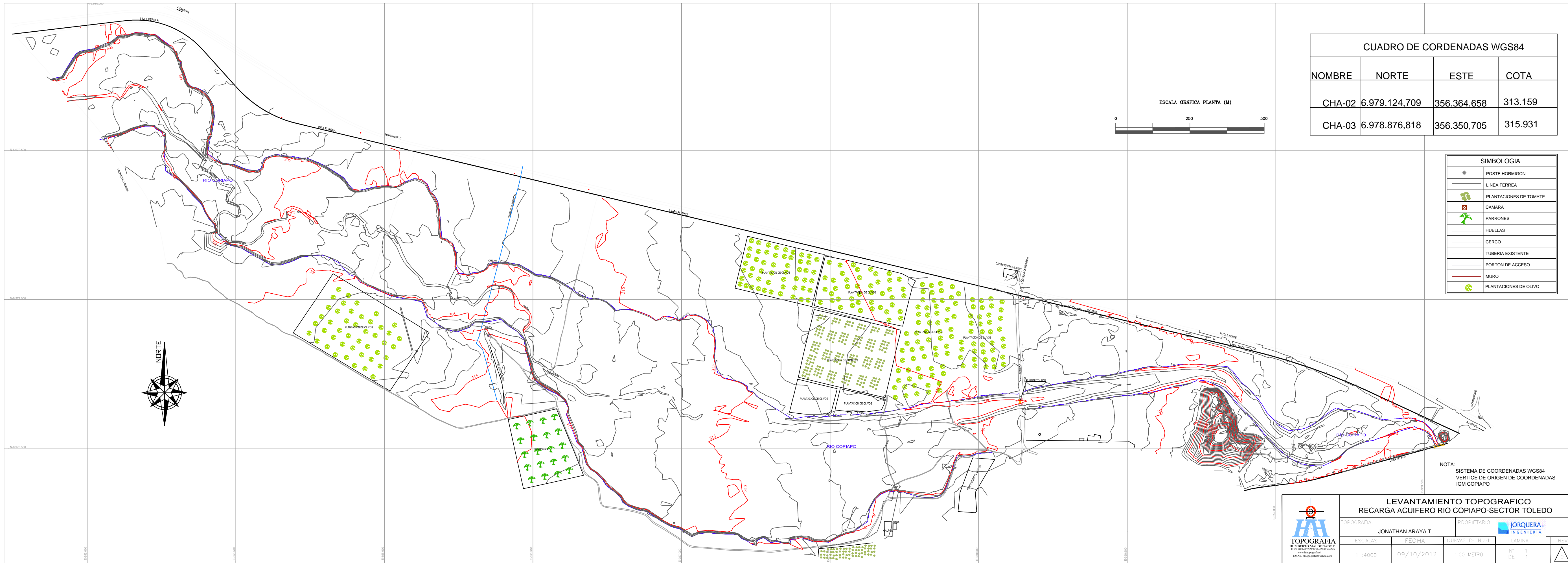


NOTA:  
SISTEMA DE COORDENADAS WGS84  
VERTICE DE ORIGEN DE COORDENADAS  
IGM COPIAPO

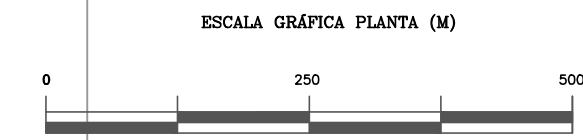
<p><b>TOPOGRAFIA</b> JONATHAN ARAYA T.</p>	<p><b>LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b> <b>RECARGA ACUIFERO RIO COPIAPO-TIERRA AMARILLA</b></p>		<p>PROPIETARIO: <b>JORQUERA INGENIERIA</b></p>
	<p>ESCALAS: 1:4000</p>	<p>FECHA: 09/10/2012</p>	



E 375200



CUADRO DE CORDENADAS WGS84			
NOMBRE	NORTE	ESTE	COTA
CHA-02	6.979.124,709	356.364,658	313.159
CHA-03	6.978.876,818	356.350,705	315.931



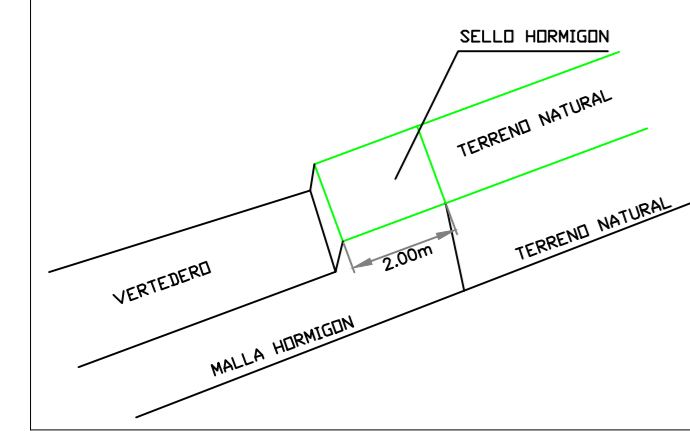
SIMBOLOGIA	
	POSTE HORMIGON
	LINEA FERREA
	PLANTACIONES DE TOMATE
	CAMARA
	PARRONES
	HUELLAS
	CERCO
	TUBERIA EXISTENTE
	PORTON DE ACCESO
	MURO
	PLANTACIONES DE OLIVO

NOTA:  
SISTEMA DE COORDENADAS WGS84  
VERTICE DE ORIGEN DE COORDENADAS  
IGM COPIAPO

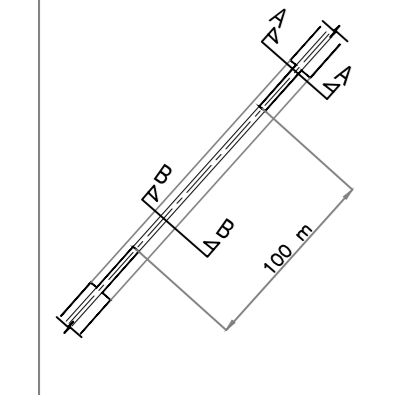
<p><b>TOPOGRAFIA</b> JONATHAN ARAYA T.</p>	<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b>		<b>RECARGA ACUIFERO RIO COPIAPO-SECTOR TOLEDO</b>			
	ESCALAS	FECHA	CURVAS D=	MI - I	LAMINA	REV
1 :4000	09/10/2012	1,00 METRO			N° 1 DE 1	



**DETALLE LATERAL DE VERTEDERO**

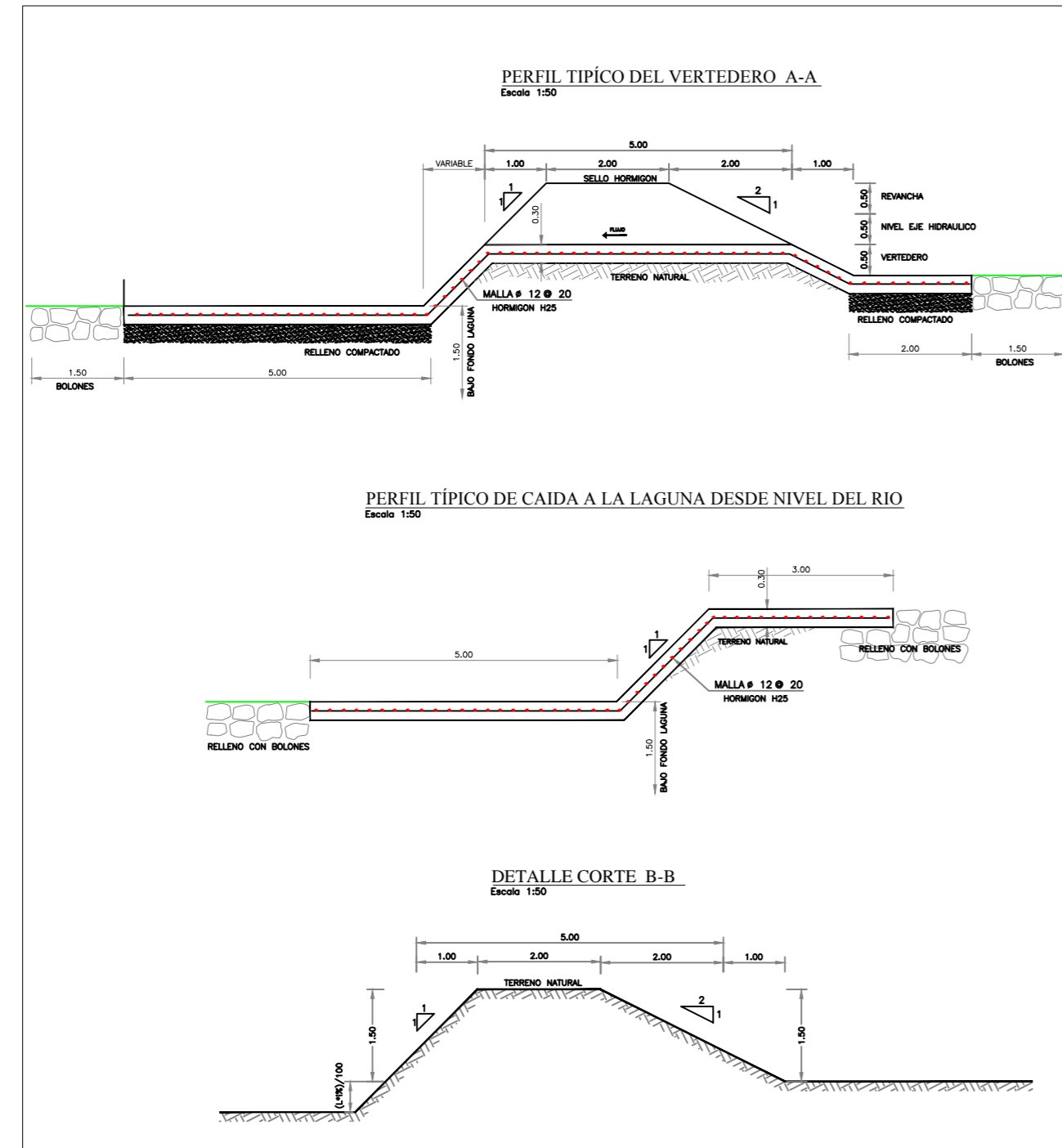


**SECCION VERTEDERO TIPO**

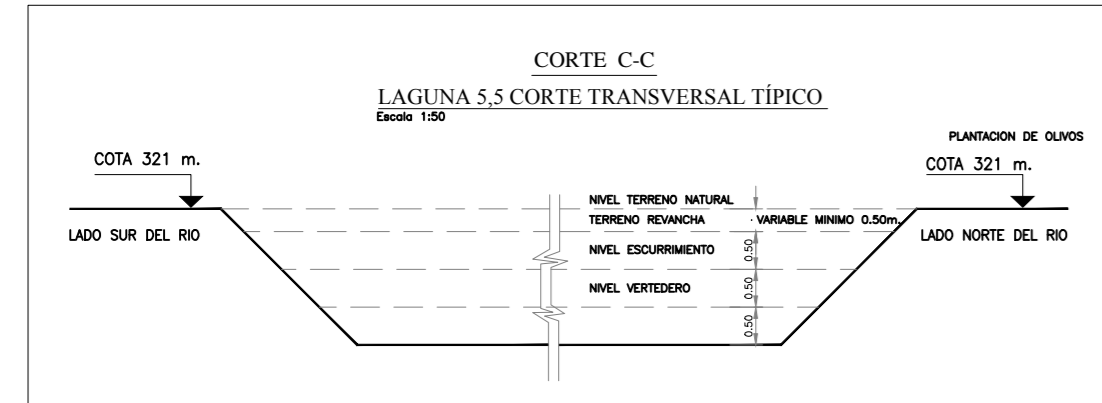
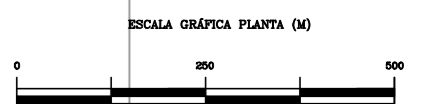
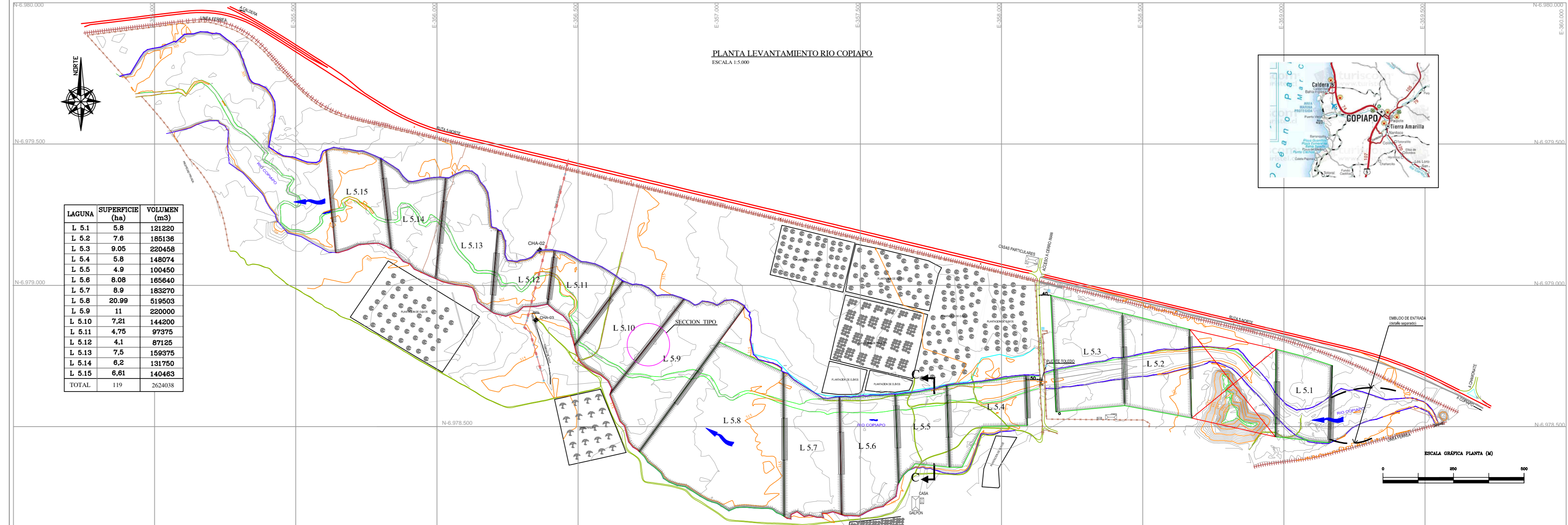


**SIMBOLOGIA**

	POSTE HORMIGON
	LINEA FERREA
	PLANTACIONES DE TOMATE
	CAMARA
	PARRONES
	HUELLAS
	CERCO
	TUBERIA EXISTENTE
	PORTON DE ACCESO
	MURO
	PLANTACIONES DE OLIVO



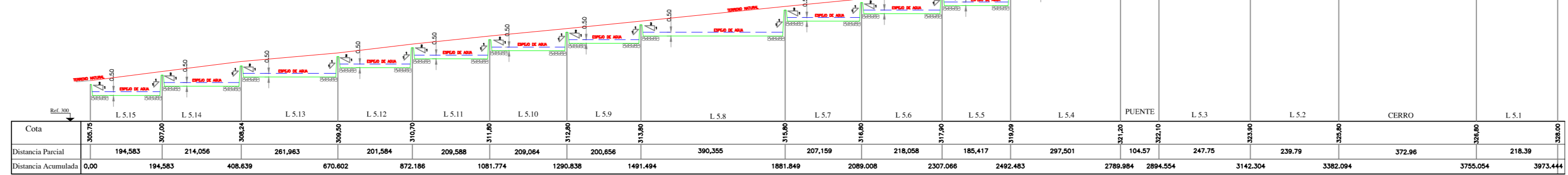
LAGUNA	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN (m3)
L 5.1	5.8	121220
L 5.2	7.6	185136
L 5.3	9.05	220458
L 5.4	5.8	148074
L 5.5	4.9	100450
L 5.6	8.08	185640
L 5.7	8.9	183270
L 5.8	20.99	519503
L 5.9	11	220000
L 5.10	7.21	144200
L 5.11	4.75	97375
L 5.12	4.1	87125
L 5.13	7.5	159375
L 5.14	6.2	131750
L 5.15	6.61	140463
TOTAL	119	2624038



**PROYECCION DEL PERFIL DE LAGUNAS**

Esc. H: 1:5000  
V: 1:250

Nota: La expresión L 5.15, quiere decir Laguna 15 del sector 5



DATOS GEODÉSICOS  
VERTICE DE ORIGEN DE COORDENADAS  
SISTEMA DE COORDENADAS WGS84  
IGM COPIAPO

**CUADRO DE CORDENADAS WGS84 PUNTOS DE REFERENCIAS**

PR	NORTE	ESTE	COTA
CHA-02	6.979.124,709	356.364,658	313,159
CHA-03	6.978.876,818	356.350,705	315,931

Nota: La altura de la barrera de 1.5m, supone que a esa profundidad el suelo es permeable.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA	MODIFICACION	FECHA	APROBACION	Nº DE CONTRATO	INSPECTOR FISCAL
					REVISOR
					REVISOR

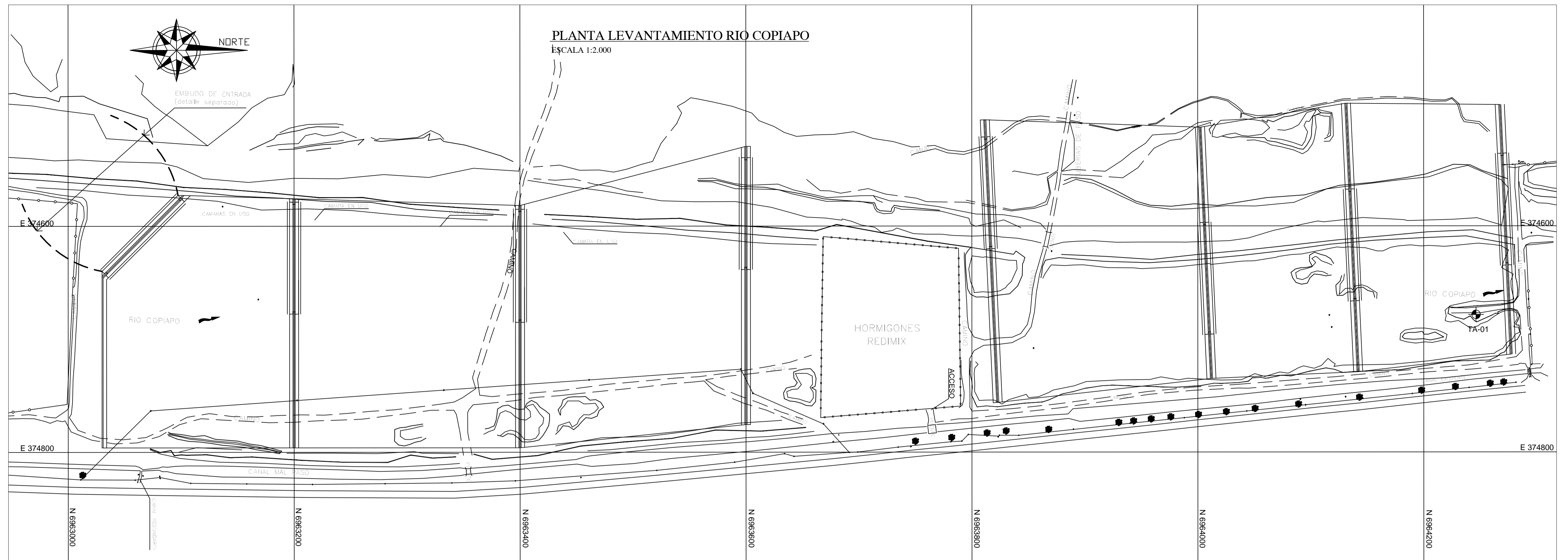
  

PROYECTO Nº	REGION	PROVINCIA	COPAPO
INDICADAS	INGRESO ARCHIVO Nº		

CLASIFICACION	PLANO Nº	REDUCCION 50%
<b>D</b>		
CATEGORIA	LAGUNAS EN EL CAUCE RIO COPIAPO	
FECHA DE APROBACION		LAMINA I DE 1
ESCALA		
INDICADAS		REVISION
		<b>0</b>

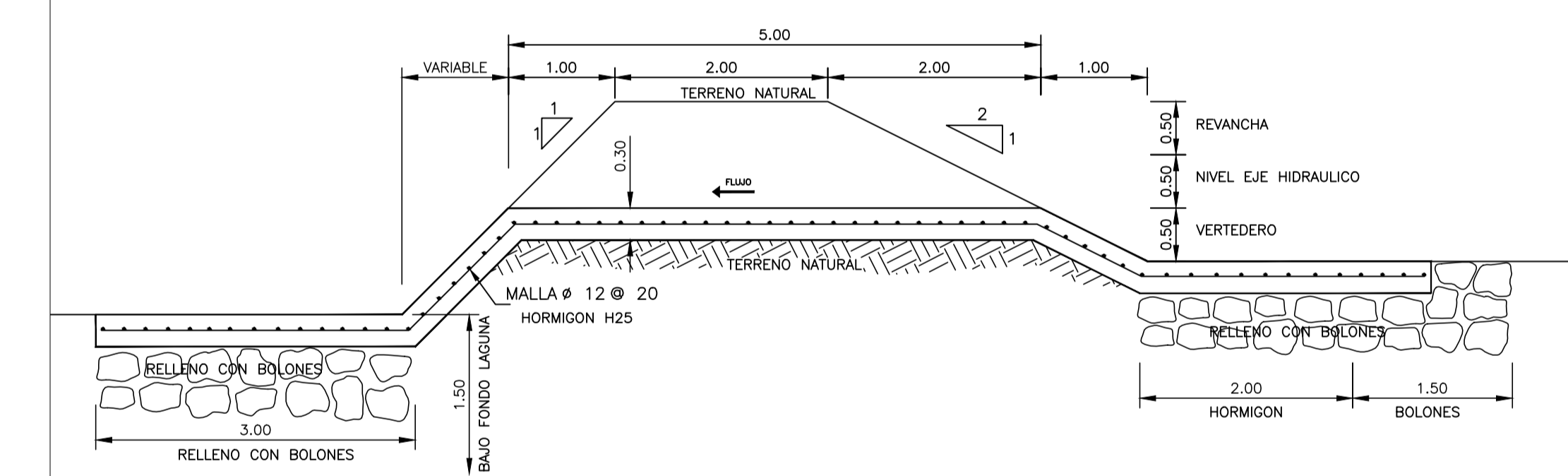
SIMBOLOGIA	
	POSTE HORMIGON
	LINEA FERREA
	PLANTACIONES DE TOMATE
	CAMARA
	PARRONES
	HUELLAS
	CERCO
	TUBERIA EXISTENTE
	PORTON DE ACCESO
	MURO
	PLANTACIONES DE OLIVO



ESCALA GRÁFICA PLANTA (M)

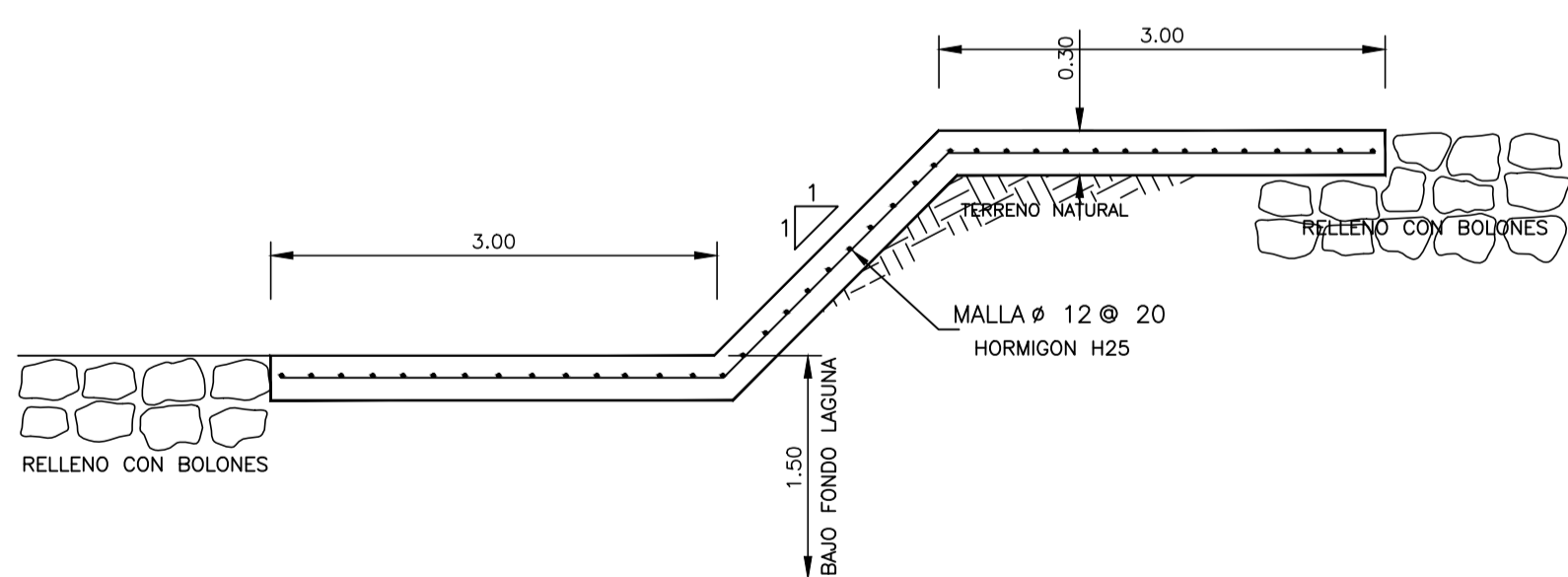
**PERFIL TÍPICO DEL VERTEDERO A-A**

Escala 1:50



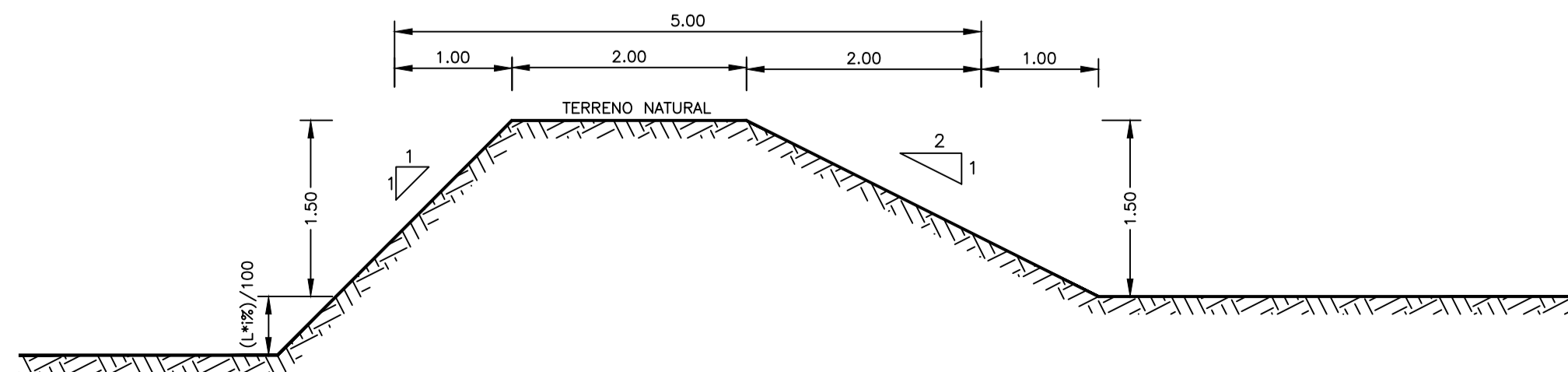
**PERFIL TÍPICO DE CAIDA A LA LAGUNA DESDE NIVEL DEL RIO**

Escala 1:50



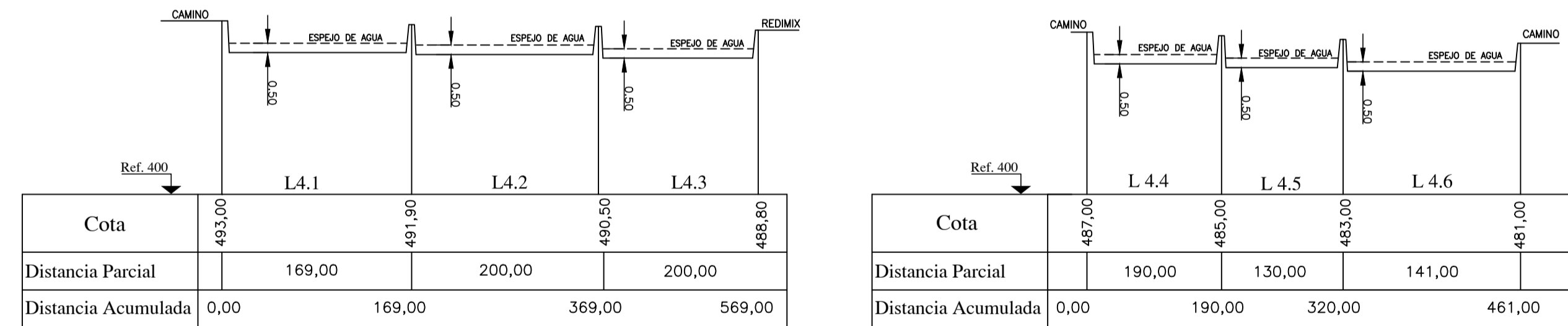
**DETALLE CORTE B-B**

Escala 1:50



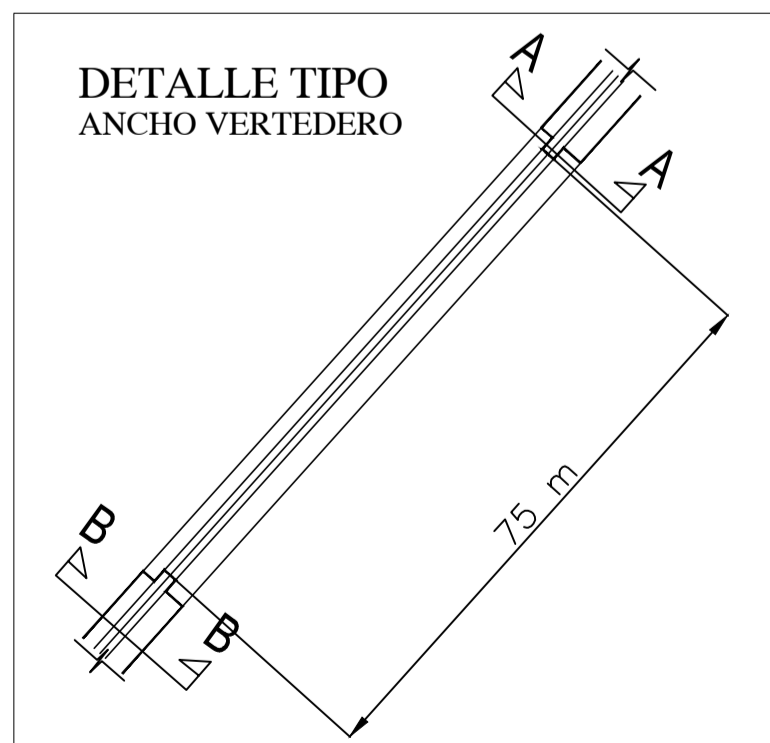
**PROYECCION DEL PERFIL DE LAGUNAS**

Esc. H. 1:5000  
V. 1:250



Nota: La expresión L 4.1, quiere decir Laguna 1 del sector 4

**DETALLE TIPO ANCHO VERTEDERO**

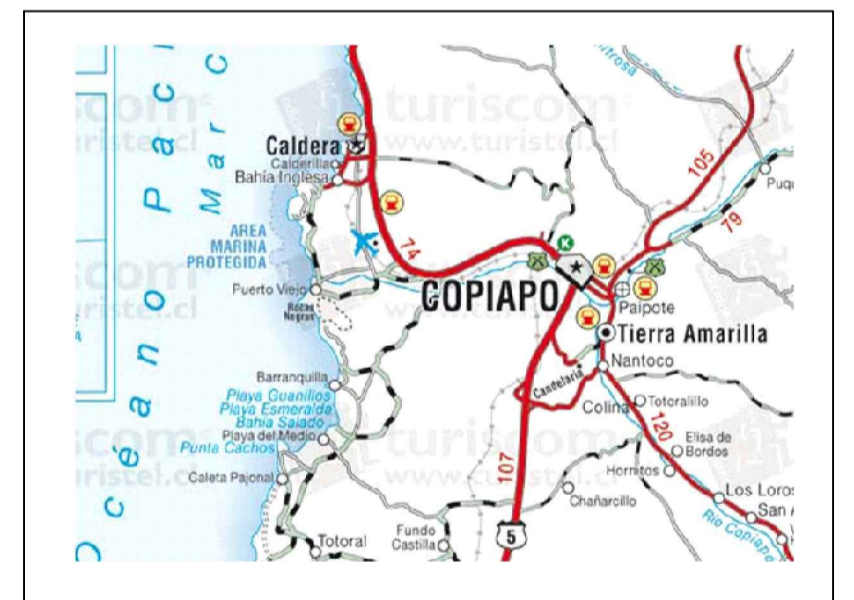


LAGUNA	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN LAGUNA (m3)
L 4.1	3,51	71632
L 4.2	4,35	93090
L 4.3	4,60	107180
L 4.4	4,49	102754
L 4.5	2,99	60981
L 4.6	3,12	58297
TOTAL	23,06	493934

DATOS GEODÉSICOS  
VERTICE DE ORIGEN DE COORDENADAS  
SISTEMA DE COORDENADAS WGS84  
IGM COPIAPO

Nota: La altura de la barrera de 1,5m. supone que a esa profundidad el suelo es permeable.

**PLANO DE UBICACION**  
ESCALA S/E



CUADRO DE CORDENADAS WGS84 PUNTOS DE REFERENCIAS			
PR	NORTE	ESTE	COTA
AJ-01	6.962.445,637	374.449,175	509,378
TA-02	6.964.246,316	374.678,376	483,901

DOCUMENTOS DE REFERENCIA	MODIFICACION	FECHA	APROBACION	Nº DE CONTRATO	INSPECTOR FISCAL	 <b>PROYECTO DE RECARGA DE ACUIFERO RIO COPIAPO SECTOR TIERRA AMARILLA</b>	CLASIFICACION	PLANO Nº
					REVISOR		REGION III    PROVINCIA COPIAPO	<b>D</b> CATEGORIA
					REVISOR	FECHA DE APROBACION ESCALA INDICADAS		



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE AGUAS**

**DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS  
SUBTERRÁNEAS OTORGADOS EN LA CUENCA DEL RÍO  
COPIAPÓ**

**INFORME TÉCNICO**

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN  
DE RECURSOS HÍDRICOS

**S.D.T. N° 327**

**Santiago, marzo 2012.**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SECTORES ACUÍFEROS .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DERECHOS DEFINITIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DERECHOS PROVISIONALES .....</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>TOTAL DE DERECHOS DEFINITIVOS Y PROVISIONALES.....</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>DERECHOS OTORGADOS POR AÑO, CAUDAL Y VOLUMEN.....</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>DERECHOS OTORGADOS POR SECTOR .....</b>	<b>7</b>
<b>8</b>	<b>ANTECEDENTES CONSIDERADOS .....</b>	<b>9</b>
<b>ANEXO</b>	<b>DEMANDA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR SECTOR.....</b>	<b>11</b>

## 1.- INTRODUCCIÓN.

El presente informe tiene como objetivo identificar en forma oficial los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de tipo consuntivo otorgados en cada sector acuífero de la cuenca del Río Copiapó.

Al mismo tiempo, se determinó la cantidad de constituciones de derechos de aprovechamiento por año, los caudales otorgados y el volumen total anual otorgado, para cada sector y para el total de la cuenca.

## 2.- SECTORES ACUÍFEROS.

En la cuenca del Río Copiapó se han definido los siguientes sectores acuíferos:

Sector 1: Aguas Arriba Embalse Lautaro.

Sector 2: Embalse Lautaro – La Puerta.

Sector 3: La Puerta – Mal Paso.

Sector 4: Mal Paso – Copiapó.

Sector 5: Copiapó – Piedra Colgada.

Sector 6: Piedra Colgada – Angostura.

## 3.- DERECHOS DEFINITIVOS.

En la Tabla 1 se muestra, el caudal y volumen total anual correspondiente a los derechos de aprovechamiento otorgados en toda la cuenca del Río Copiapó, con carácter de definitivos, vigente a esta fecha.

**Tabla 1.** N° de derechos, Caudal y Volumen Total Anual Otorgado Vigente a la Fecha.

	<b>N°</b>	<b>Caudal l/s</b>	<b>Volumen Total Anual m<sup>3</sup>/año</b>
<b>Derechos Definitivos</b>	384	<b>19.237</b>	599.108.252

## 4.- DERECHOS PROVISIONALES.

La información por año del número de derechos provisionales otorgados inicialmente, y su volumen total anual se presenta en la Tabla 2. La situación vigente a esta fecha, considerando que parte de ellos fueron dejados sin efecto o limitados mediante la Resolución D.G.A. N° 358 de 2009, rectificadas por la Resolución D.G.A. N° 972 de 2009, se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 2.** N° de derechos, Caudal y Volumen Total Anual Provisional por Año Inicialmente Otorgado.

<b>Año</b>	<b>N°</b>	<b>Caudal l/s</b>	<b>Volumen Total Anual m<sup>3</sup>/año</b>
<b>2002</b>	41	541,3	17.071.383
<b>2003</b>	31	675,3	21.296.261
<b>2004</b>	4	183,4	5.782.756
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>1400</b>	<b>44.150.400</b>

**Tabla 3.** N° de derechos, Caudal y Volumen Total Anual Provisional Otorgado por Año Vigente a la Fecha.

<b>Año</b>	<b>N°</b>	<b>Caudal l/s</b>	<b>Volumen Total Anual m<sup>3</sup>/año</b>
<b>2002</b>	33	219,3	6.915.845
<b>2003</b>	20	126,3	3.982.997
<b>2004</b>	3	39,4	1.242.518
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>385</b>	<b>12.141.360</b>

#### **5.- TOTAL DE DERECHOS DEFINITIVOS Y PROVISIONALES.**

En la Tabla 4 se muestra, el caudal y volumen total anual correspondiente a los derechos de aprovechamiento otorgados en toda la cuenca del Río Copiapó, tanto derechos definitivos como provisionales, vigentes a esta fecha.

**Tabla 4.** N° de derechos, Caudal y Volumen Total Anual Otorgado Vigente a la Fecha.

	<b>N°</b>	<b>Caudal l/s</b>	<b>Volumen Total Anual m<sup>3</sup>/año</b>
<b>Derechos Definitivos</b>	384	19.237	599.108.252
<b>Derechos Provisionales</b>	56	385	12.138.206
<b>TOTAL</b>	<b>440</b>	<b>19.622</b>	<b>611.246.458</b>

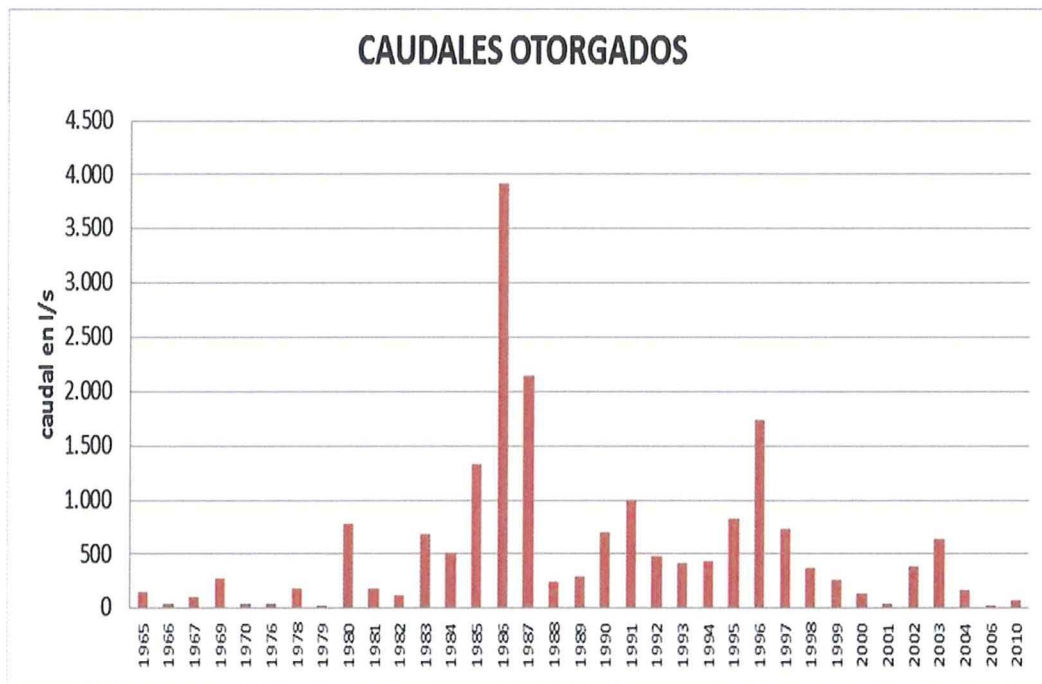
#### **6.- DERECHOS OTORGADOS POR AÑO, CAUDAL Y VOLUMEN.**

La Tabla 5, y Gráficos 1, 2 y 3, muestran desglosado por año, el número total de derechos de aprovechamiento (definitivos y provisionales) constituidos y vigentes a la fecha. Se incluye información de caudales otorgados, y volúmenes totales anuales.

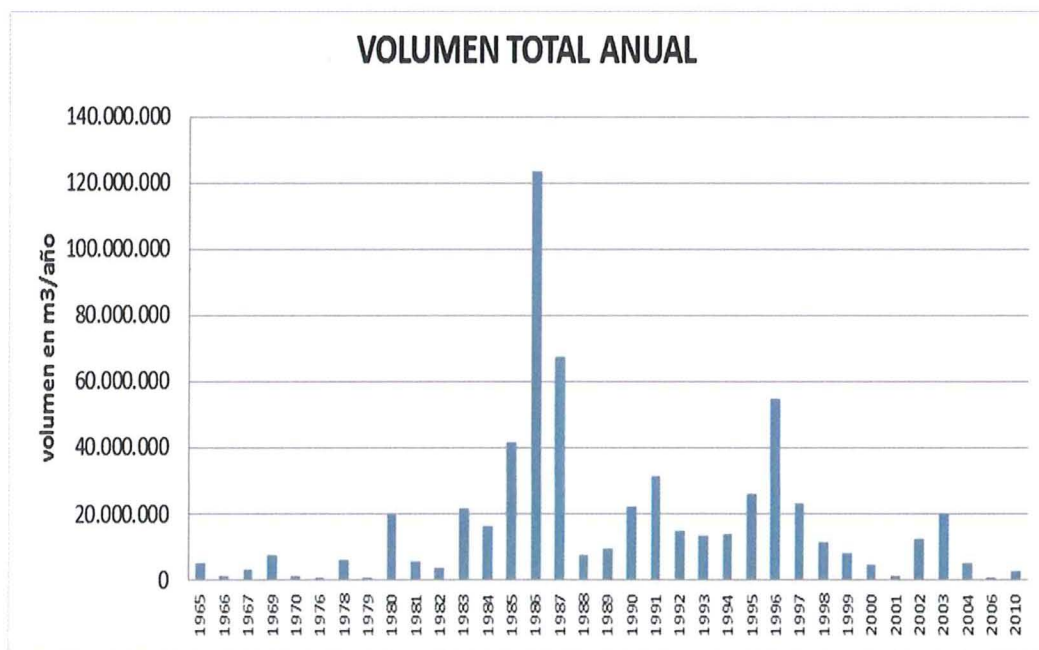
**Tabla 5.** N° de Derechos, Caudal y Volumen Total Anual Otorgado por Año Vigente a la Fecha.

<b>Año</b>	<b>N°</b>	<b>Caudal l/s</b>	<b>Volumen Total Anual m<sup>3</sup>/año</b>
<b>1965</b>	2	160	5.045.760
<b>1966</b>	1	45	1.419.120
<b>1967</b>	2	106	3.342.816
<b>1969</b>	4	284	7.408.888
<b>1970</b>	1	47	1.482.192
<b>1976</b>	1	50	770.000
<b>1978</b>	3	189	5.969.760
<b>1979</b>	2	30	623.360
<b>1980</b>	13	780	19.739.352
<b>1981</b>	4	179	5.644.944
<b>1982</b>	3	125	3.942.000
<b>1983</b>	13	694	21.885.984
<b>1984</b>	12	516	16.272.576
<b>1985</b>	20	1.330	41.942.880
<b>1986</b>	50	3.913	123.400.368
<b>1987</b>	85	2.141	67.521.730
<b>1988</b>	4	245	7.726.320
<b>1989</b>	6	301	9.492.336
<b>1990</b>	14	702	22.138.272
<b>1991</b>	8	997	31.441.392
<b>1992</b>	6	475	14.979.600
<b>1993</b>	7	421	13.276.656
<b>1994</b>	8	443	13.954.680
<b>1995</b>	15	833	26.274.218
<b>1996</b>	36	1.741	54.897.869
<b>1997</b>	11	739	23.289.336
<b>1998</b>	11	373	11.747.160
<b>1999</b>	5	259	8.152.056
<b>2000</b>	3	144	4.541.184
<b>2001</b>	3	46	1.456.963
<b>2002</b>	38	394	12.432.437
<b>2003</b>	26	643	20.287.109
<b>2004</b>	6	165	5.215.108
<b>2006</b>	16	32	1.009.152
<b>2010</b>	1	80	2.522.880
<b>TOTAL</b>	<b>440</b>	<b>19.622</b>	<b>611.246.458</b>

**Gráfico 1.** Caudal Otorgado por Año Vigente a la Fecha.



**Gráfico 2.** Volumen Total Anual Otorgado por Año Vigente a la Fecha.





**Gráfico 3.** Número de Derechos Otorgados por Año Vigentes a la Fecha.



### 7.- DERECHOS OTORGADOS POR SECTOR.

La Tabla 6, muestra el desglose por año del número total de derechos de aprovechamiento, el caudal y el volumen total anual, otorgado por sector, considerando tanto los derechos definitivos como provisionales.

Finalmente, las Tablas 7 y 8 muestran los volúmenes totales anuales y caudales otorgados por sector, vigentes a la fecha.

**Tabla 6.** Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas (definitivos y provisionales) Otorgados por Sector Acuífero, Vigentes a la Fecha.

Año	AGUAS ARRIBA EMBALSE LAUTARO			EMBALSE LAUTARO – LA PUERTA			LA PUERTA – MAL PASO			MAL PASO – COPIAPÓ			COPIAPÓ – PIEDRA COLGADA			PIEDRA COLGADA – ANGOSTURA			TOTAL ACUIFERO		
	N°	Caudal l/s	Volumen Total Anual m³/año	N°	Caudal l/s	Volumen Total Anual m³/año	N°	Caudal l/s	Volumen Total Anual m³/año	N°	Caudal l/s	Volumen Total Anual m³/año	N°	Caudal l/s	Volumen Total Anual m³/año	N°	Caudal l/s	Volumen Total Anual m³/año	N°	Caudal l/s	Volumen Total Anual m³/año
1965																2	160	5.045.760	2	160	5.045.760
1966									1	45	1.419.120								1	45	1.419.120
1967				1	70	2.207.520				1	36	1.135.296							2	106	3.342.816
1969							1	16	246.208				2	200	5.015.360	1	68	2.147.320	4	284	7.408.888
1970										1	47	1.482.192							1	47	1.482.192
1976													1	50	770.000				1	50	770.000
1978																3	189	5.969.760	3	189	5.969.760
1979							1	10	315.360				1	20	308.000				2	30	623.360
1980				3	310	4.907.520	4	119	3.744.632	1	34	1.078.000	4	279	8.808.000	1	38	1.201.200	12	690	19.739.352
1981				1	62	1.955.232	1	37	1.166.832	1	20	630.720	1	60	1.892.160				4	179	5.644.944
1982							1	35	1.103.760	2	90	2.838.240							4	215	3.942.000
1983				2	160	5.045.760	2	97	3.058.992	5	192	6.054.912	4	245	7.726.320				13	694	21.885.984
1984				3	128	4.036.608	2	70	2.207.520	1	40	1.261.440	5	208	6.559.488	1	70	2.207.520	12	516	16.272.576
1985	2	165	5.203.440	6	420	13.245.120	6	415	13.087.440	3	110	3.468.960	3	220	6.937.920				20	1.330	41.942.880
1986	11	800	25.228.800	10	843	26.584.848	12	1.020	32.166.720	7	330	10.406.880	10	920	29.013.120				50	3.913	123.400.368
1987	3	240	7.568.640	10	454	14.317.344	7	559	17.628.624	7	269	8.483.184	55	494	15.581.938	3	125	3.942.000	85	2.141	67.521.730
1988										2	105	3.311.280	2	140	4.415.040				4	245	7.726.320
1989	3	81	2.554.416	1	100	3.153.600	1	20	630.720							1	100	3.153.600	6	301	9.492.336
1990	1	24	756.864				5	317	9.996.912	3	21	662.256	4	260	8.199.360	1	80	2.522.880	14	702	22.138.272
1991	1	100	3.153.600							6	837	26.395.632	1	60	1.892.160				8	997	31.441.392
1992				2	160	5.045.760				2	110	3.468.960	1	130	4.099.680	1	75	2.365.200	6	475	14.979.600
1993	1	59	1.844.856	1	26	819.936	1	32	993.384	4	305	9.618.480							7	421	13.276.656
1994	2	86	2.696.328				3	157	4.951.152	1	80	2.522.880	1	48	1.513.728	1	72	2.270.592	8	443	13.954.680
1995	2	79	2.483.460	3	266	8.388.576	5	257	8.104.752	2	54	1.702.944	2	130	4.099.680	1	47	1.494.806	15	833	26.274.218
1996	9	450	14.191.200	4	286	9.003.528	4	182	5.752.166	10	529	16.682.544	7	193	6.089.602	2	101	3.178.829	36	1.741	54.897.869
1997	1	40	1.261.440	1	36	1.135.296	4	302	9.508.104	1	90	2.838.240	1	25	788.400	3	246	7.757.856	11	739	23.289.336
1998	2	64	2.018.304				4	133	4.194.288	4	96	3.011.688				1	80	2.522.880	11	373	11.747.160
1999							3	173	5.455.728	1	18	567.648	1	68	2.128.680				5	259	8.152.056
2000				1	40	1.261.440				1	54	1.702.944				1	50	1.576.800	3	144	4.541.184
2001	1	0	6.307	1	18	567.648				1	28	883.008							3	46	1.456.963
2002										5	175	5.518.800	6	28	870.394	27	192	6.043.244	38	394	12.432.437
2003							1	54	1.702.944	4	400	12.614.400	6	99	3.134.678	15	90	2.835.086	26	643	20.287.109
2004							1	21	662.256							5	144	4.552.852	6	165	5.215.108
2006				1	2	63.072	1	2	63.072				9	18	567.648	5	10	315.360	16	32	1.009.152
2010							1	80	2.522.880										1	80	2.522.880
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>2.187</b>	<b>68.967.655</b>	<b>51</b>	<b>3.381</b>	<b>101.738.808</b>	<b>71</b>	<b>4.107</b>	<b>129.264.446</b>	<b>77</b>	<b>4.115</b>	<b>129.760.648</b>	<b>127</b>	<b>3.895</b>	<b>120.411.355</b>	<b>75</b>	<b>1.938</b>	<b>61.103.546</b>	<b>440</b>	<b>19.622</b>	<b>611.246.458</b>

**Tabla 6.** Volúmenes Totales Anuales Otorgados por Sector, Vigentes a la Fecha.

	<b>Derechos Definitivos m<sup>3</sup>/año</b>	<b>Derechos Provisionales m<sup>3</sup>/año</b>	<b>Total m<sup>3</sup>/año</b>
<b>Sector 1, Aguas Arriba Embalse Lautaro</b>	68.967.655	-	68.967.655
<b>Sector 2, Embalse Lautaro – La Puerta</b>	101.738.808	-	101.738.808
<b>Sector 3, La Puerta – Mal Paso</b>	129.264.446	-	129.264.446
<b>Sector 4, Mal Paso - Copiapó</b>	129.760.648	-	129.760.648
<b>Sector 5, Copiapó – Piedra Colgada</b>	118.393.051	2.018.304	120.411.355
<b>Sector 6, Piedra Colgada - Angostura</b>	50.983.643	10.119.902	61.103.546

**Tabla 7.** Caudales Otorgados por Sector, Vigentes a la Fecha.

	<b>Derechos Definitivos l/s</b>	<b>Derechos Provisionales l/s</b>	<b>Total l/s</b>
<b>Sector 1, Aguas Arriba Embalse Lautaro</b>	2.187	-	2.187
<b>Sector 2, Embalse Lautaro – La Puerta</b>	3.380	-	3.380
<b>Sector 3, La Puerta – Mal Paso</b>	4.107	-	4.107
<b>Sector 4, Mal Paso - Copiapó</b>	4.115	-	4.115
<b>Sector 5, Copiapó – Piedra Colgada</b>	3.831	64	3.895
<b>Sector 6, Piedra Colgada - Angostura</b>	1.617	321	1.938

**8.- ANTECEDENTES CONSIDERADOS.**

El listado, que se adjunta en el Anexo y los datos analizados precedentemente, corresponde a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas consuntivos definitivos otorgados en la cuenca del Río Copiapó, que se han concedido a través de los siguientes actos:

- Resoluciones de la Dirección General de Aguas, de acuerdo al procedimiento normal y al artículo 4° Transitorio, del Código de Aguas.
- Sentencias judiciales.
- Resoluciones del Servicio Agrícola y Ganadero, SAG.

Se incluye en este listado los derechos solicitados regularizar de acuerdo al artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, en los cuales a pesar de no tener información de la existencia de una sentencia judicial, se cuenta con un Informe Técnico favorable de la Dirección General de Aguas.

También se incluyen los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados en carácter de provisionales vigentes a la fecha, identificándose la Resolución D.G.A. que constituyó originalmente el derecho. Lo anterior, en atención a que inicialmente en la cuenca del Río Copiapó se otorgaron derechos de aprovechamiento con carácter de provisionales por un caudal total de 1.400 l/s, y posteriormente, parte de ellos fueron dejados sin efecto o limitados mediante la Resolución D.G.A. N° 358, de 10 de febrero de 2009, y rectificada por Resolución D.G.A. N° 972, de 1 de abril de 2009.

En el caso de los derechos asociados a Resoluciones del S.A.G. el caudal se determinó a partir de la tasa de riego para una determinada superficie, según la información entregada en la propia Resolución. Esta fórmula se ocupa en algunos expedientes donde no se cuenta con la información del caudal otorgado, ya que en la mayoría de los casos existe información de inscripciones o el Servicio dispone de información adicional y complementaria a las resoluciones

como son los antiguos Libros de Registro de Derechos de la Dirección General de Aguas, en los cuales, se detalla el caudal otorgado expresado en l/s, además de la correspondiente tasa de riego.

No se consideran en este listado, aquellas Mercedes de Agua otorgadas de forma provisional.

Este listado contiene toda la información disponible a esta fecha en la Dirección de Aguas, por lo cual no considera información de pozos existentes en la cuenca que no hayan iniciado algún trámite conducente a la obtención de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas, así como tampoco considera aquellos antiguos derechos otorgados por el SAG, o inscritos en el Conservador de Bienes Raíces, que a la fecha no han solicitado su incorporación al Catastro Público de Aguas.



**SYLVIA ALVAREZ MONTES**  
Depto. Adm. de Rec. Hídricos  
Dirección General de Aguas.

**ANEXO**  
**DEMANDA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR SECTOR**

## SECTOR 1, AGUAS ARRIBA EMBALSE LAUTARO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-805848		ALFONSO PROHENS ARIAS			45,00		6.897.190	406.180	A	183	13-05-85		1.419.120
2	NR-0302-75	08-03-01	COMUNIDAD INDIGENA COLLA COMUNA DE COPIA	0,20		0,20		6.941.790	442.760	A	304	25-06-01		1.425.427
3	ND-0302-994	06-08-80	ALFONSO PROHENS ARIAS	60,00		55,00		6.900.640	404.670	A	246	02-07-86		3.159.907
4	ND-0302-1002	19-11-84	ALFONSO PROHENS ARIAS	70,00		60,00		6.903.000	403.820	A	284	24-07-86		5.052.067
5	ND-0302-1015	19-01-85	ALFONSO PROHENS ARIAS	80,00		60,00		6.902.888	403.558	A	321	18-08-86		6.944.227
6	ND-0302-973	25-03-85	AGRICOLA MANFLAS LIMITADA	120,00		120,00		6.897.320	408.440	A	278	28-06-85		10.728.547
7	ND-0302-1380	18-07-85	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	80,00		80,00		6.895.679	406.692	A	111	02-03-87		13.251.427
8	ND-0302-1380	18-07-85	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	80,00		80,00		6.895.605	406.708	A	111	02-03-87		15.774.307
9	ND-0302-1380	18-07-85	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	80,00		80,00		6.896.437	406.384	A	111	02-03-87		18.297.187
10	ND-0302-996	21-08-85	ALFONSO PROHENS ARIAS	100,00		100,00		6.897.292	406.099	A	247	02-07-86		21.450.787
11	ND-0302-1001	25-10-85	AGRO 7 AMIGOS S.A.	80,00		80,00		6.897.060	403.330	A	295	01-08-86		23.973.667
12	ND-0302-1004	24-12-85	LINCOYAN CRUZ AROSTICA	110,00		100,00		6.886.760	411.930	A	333	26-08-86		27.127.267
13	ND-0302-1020	24-06-86	SOCIEDAD INVERSIONES BESTU LTDA.	95,00		80,00		6.884.500	415.230	A	410	27-10-86		29.650.147
14	ND-0302-1021	25-06-86	SOCIEDAD INVERSIONES BESTU LTDA.	95,00		50,00		6.885.230	413.950	A	411	27-10-86		31.226.947
15	ND-0302-1019	25-07-86	LINCOYAN CRUZ AROSTICA	100,00		95,00		6.886.000	413.070	A	409	24-10-86		34.222.867
16	ND-0302-1022	11-10-86	SOCIEDAD AGRICOLA MANFLAS LTDA.	80,00		80,00		6.887.340	403.450	A	412	27-10-86		36.745.747
17	ND-0302-1028	18-10-86	SOCIEDAD AGRICOLA MANFLAS LTDA.	60,00		40,00		6.891.940	403.970	A	498	24-11-86		38.007.187
18	ND-0302-55	05-05-88	AGRO 7 AMIGOS S.A.	100,00		100,00		6.895.610	403.800	A	89	21-02-91		41.160.787
19	ND-0302-57	10-05-88	TURISMO Y HOTELES CABO DE HORNOS S.A.	30,00		24,00		6.895.942	406.539	A	209	19-03-90		41.917.651
20	ND-0302-86	16-09-88	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	20,00		20,00		6.890.771	407.772	A	210	01-06-89		42.548.371
21	ND-0302-86	16-09-88	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	31,00		31,00		6.891.505	407.698	A	210	01-06-89		43.525.987
22	ND-0302-86	16-09-88	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	30,00		30,00		6.891.692	407.760	A	210	01-06-89		44.472.067
23	ND-0302-223	24-12-90	MARIA TERESA PROHENS ESPINOSA Y OTROS	90,00		90,00				A	415	24-06-96		47.310.307
24	ND-0302-252	02-05-91	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	100,00		60,00		6.887.999	410.957	A	525	25-07-96		49.202.467
25	ND-0302-252	02-05-91	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	100,00		27,00		6.889.172	409.957	A	586	07-12-94		50.053.939
26	ND-0302-282	03-03-92	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA COLORADA LTDA.	100,00		20,00		6.887.110	411.440	A	550	31-07-96		50.684.659
27	ND-0302-283	03-03-92	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	58,50		58,50		6.886.990	411.560	A	537	17-12-93		52.529.515
28	ND-0302-302	19-10-92	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	70,00		58,50		6.892.200	407.930	A	422	16-09-94		54.374.371
29	ND-0302-303	21-10-92	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	100,00		54,00		6.887.432	411.304	A	244	29-03-96		56.077.315
30	ND-0302-305	26-10-92	AGRICOLA MANFLAS LIMITADA	60,00		45,00		6.890.100	404.200	A	520	22-09-95		57.496.435
31	ND-0302-305	26-10-92	AGRICOLA MANFLAS LIMITADA	50,00		33,75		6.891.460	404.140	A	520	22-09-95		58.560.775
32	ND-0302-325	24-06-93	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	9,00		9,00		6.894.770	407.150	A	81	25-01-96		58.844.599
33	ND-0302-326	24-06-93	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	80,00		40,00		6.891.850	407.780	A	174	01-04-97		60.106.039
34	ND-0302-344	28-06-93	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA COLORADA LTDA.	36,00		36,00		6.884.575	414.650	A	301	26-04-96		61.241.335
35	ND-0302-347	28-06-93	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	40,00		40,00		6.887.875	411.155	A	426	28-06-96		62.502.775
36	ND-0302-350	28-06-93	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA COLORADA LTDA.	100,00		81,00		6.885.960	413.100	A	296	26-04-96		65.057.191
37	ND-0302-372	30-06-93	FERNANDO PROHENS ESPINOSA	60,00		60,00		6.897.340	406.330	A	691	25-09-96		66.949.351

## SECTOR 1, AGUAS ARRIBA EMBALSE LAUTARO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
38	ND-0302-381	30-06-93	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	80,00		29,00		6.890.250	408.530	A	534	26-05-98		67.863.895
39	ND-0302-381	30-06-93	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	80,00		35,00		6.890.250	408.530	A	534	26-05-98		68.967.655

## SECTOR 2, EMBALSE LAUTARO - LA PUERTA

N°	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Resolución	Ley N° 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-13	28-08-74	ALFONSO PROHENS ARIAS	100,00		100,00	576.000	6.907.560	400.370	A	271	01-08-80		576.000
2	UA-0302-26	12-03-80	PEDRO ALDO GROSSI TORNINI	65,00		60,00		6.915.720	396.580	A	241	10-06-87		2.468.160
3	UA-0302-18	21-04-80	ALFONSO KONG LOPEZ	90,00		62,00		6.915.590	396.810	A	52	18-02-81		4.423.392
4	UA-0302-28	25-09-80	NOELIA DEL CARMEN GROSSI GUAITA Y OTROS	120,00		120,00		6.910.100	399.800	A	340	10-09-80		8.207.712
5	UA-0302-8	20-09-83	SOC. AGRICOLA SACRAMENTO Y CIA LTDA.	25,00		25,00		6.921.459	391.022	A	164	23-05-84		8.996.112
6	UA-0302-10	19-02-85	ALFONSO PROHENS ARIAS	100,00		100,00		6.908.020	400.430	A	448	06-11-86		12.149.712
7	UA-0302-24	22-03-85	DOMINGO EDUARDO GUGGIANA GUGGIANA	30,00		30,00		6.915.850	395.820	A	179	09-05-85		13.095.792
8	UA-0302-24	22-03-85	DOMINGO EDUARDO GUGGIANA GUGGIANA	80,00		80,00		6.915.400	396.050	A	180	09-05-85		15.618.672
9	UA-0302-4	23-10-85	SOC. CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQUERA	130,00		120,00		6.907.120	400.650	A	391	15-10-86		19.402.992
10	UA-0302-805847		SUCESION HERIBERTO PESENTI LATORRE			70,00		6.916.860	394.200	A	494	20-11-86		21.610.512
11	UA-0302-809227		CIA. AGRICOLA GANADERA HORNITO S.A.			70,00				A	344	20-04-67		23.818.032
12	UA-0302-805765		ALFONSO PROHENS ARIAS			90,00	547.200	6.923.440	388.650	A	391	08-10-80		24.365.232
13	NR-0302-105	07-04-86	REID HENDERSON DORN HANDSHY	60,00		60,00		6.916.960	394.600	A	705	17-08-87		26.257.392
14	NR-0302-63	01-10-99	PEDRO COMPAS RIVERA	45,00		40,00				A	294	30-06-00		27.518.832
15	NR-0302-74	21-11-00	VIRGILIO VALLEJOS ABARCA	45,00		18,00				A	515	09-11-01		28.086.480
16	ND-0302-960	16-11-05	ANTONIO SQUEO FARRUGIA	2,00		2,00		6.917.197	394.944	A	10	29-05-06	4° T	28.149.552
17	ND-0302-1042	05-11-79	ALFONSO PROHENS ESPINOZA Y OTROS	80,00		70,00		6.922.170	388.770	A	247	11-06-87		30.357.072
18	ND-0302-922	14-01-80	JAIME PROHENS ESPINOSA Y OTROS	70,00		70,00		6.918.830	393.110	A	157	10-06-83		32.564.592
19	ND-0302-934	18-01-80	REID HENDERSON DORN	90,00		90,00		6.918.087	393.946	A	632	30-12-83		35.402.832
20	ND-0302-946	18-06-80	MINISTERIO DE EDUCACION	23,00		23,00		6.921.300	391.300	A	8	12-01-84		36.128.160
21	ND-0302-1027	03-05-83	SENDOS III REGION	15,00		15,00		6.921.190	390.840	A	497	24-11-86		36.601.200
22	ND-0302-964	07-12-83	COMPANIA DE PRODUCTOS ALIMENTOS Y SERVICIOS	100,00		80,00		6.912.920	398.120	A	151	23-04-85		39.124.080
23	ND-0302-958	16-03-84	SOC. CONST. DEL PACIFICO JORQUERA HNOS. LTD	100,00		80,00		6.905.750	401.400	A	376	14-11-84		41.646.960
24	ND-0302-979	22-06-84	SOCIEDAD CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQUERA	100,00		100,00		6.909.980	400.100	A	467	26-11-85		44.800.560
25	ND-0302-993	03-07-84	ALFONSO PROHENS ARIAS	140,00		128,00		6.907.480	400.140	A	256	11-07-86		48.837.168
26	ND-0302-977	17-07-84	CORPORA TRESMONTES S.A.	100,00		100,00		6.905.990	400.470	A	395	30-09-85		51.990.768
27	ND-0302-968	17-08-84	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	30,00		30,00		6.914.100	397.410	A	157	24-04-85		52.936.848
28	ND-0302-1045	06-02-85	SOC. CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQUERA	120,00		77,00		6.905.610	401.320	A	83	23-02-87		55.365.120
29	ND-0302-1034	18-03-85	SERGIO ROQUE GROSSI TORNINI	45,00		19,00				A	15	09-01-87		55.964.304
30	ND-0302-1379	09-04-85	ALBERTO PESENTI OVIEDO Y OTROS	80,00		80,00		6.906.970	400.470	A	227	23-06-86		58.487.184
31	ND-0302-1007	19-04-85	JAIME PROHENS ESPINOSA	55,00		55,00		6.920.020	391.950	A	301	04-08-86		60.221.664
32	ND-0302-1039	20-05-85	SOCIEDAD AGRICOLA EL FUERTE Y COMPANIA LTD	40,00		26,00		6.921.510	389.430	A	163	06-04-87		61.041.600
33	ND-0302-991	11-06-85	COMPANIA DE ALIMENTOS Y SERVICIOS CORPORATIVA	100,00		75,00		6.920.700	390.540	A	96	25-02-86		63.406.800
34	ND-0302-998	02-07-85	CODELPA LTDA	120,00		100,00		6.910.130	400.100	A	294	30-07-86		66.560.400
35	ND-0302-1032	21-10-85	DOMINGO GUGGIANA RIVERA	100,00		100,00		6.913.456	398.355	A	515	15-12-86		69.714.000
36	ND-0302-1048	18-02-86	LEONIDAS ARTURO GODOY NEIRA	25,00		25,00		6.912.740	397.770	A	207	08-05-87		70.502.400
37	ND-0302-1046	25-11-86	ANTONIO JIRON CARLINI	25,00		8,00		6.920.025	391.995	A	84	23-02-87		70.754.688



## SECTOR 2, EMBALSE LAUTARO - LA PUERTA

N°	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Resolución	Ley N° 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
38	ND-0302-1036	02-12-86	JOSE MANUEL VELASCO CESARI	20,00		9,00		6.920.800	391.270	A	136	17-03-87		71.038.512
39	ND-0302-1056	22-05-87	SOCIEDAD CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQU	150,00		100,00		6.909.532	400.561	A	391	30-09-87		74.192.112
40	ND-0302-65	05-07-88	ALBERTO PESENTI OVIEDO	100,00		100,00		6.906.370	400.490	A	249	26-06-89		77.345.712
41	ND-0302-210	04-10-90	SOCIEDAD AGRICOLA RIO ESCONDIDO LTDA.	100,00		100,00		6.921.430	389.550	A	444	08-07-96		80.499.312
42	ND-0302-218	20-11-90	SOCIEDAD AGRICOLA RIO ESCONDIDO LTDA.	200,00		67,50		6.921.080	390.220	A	475	12-07-96		82.627.992
43	ND-0302-220	20-12-90	SOCIEDAD AGRICOLA RIO ESCONDIDO LTDA.	100,00		100,00		6.921.440	389.460	A	437	08-07-96		85.781.592
44	ND-0302-221	20-12-90	PEDRO COMPAS RIVERA	40,00		40,00		6.921.300	390.580	A	404	16-09-92		87.043.032
45	ND-0302-222	20-12-90	EXPORTADORA RIO BLANCO LTDA.	120,00		120,00		6.911.220	399.230	A	28	23-01-92		90.827.352
46	ND-0302-229	24-12-90	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI COPIAPO LTDA.	130,00		76,00		6.910.296	400.533	A	349	25-07-95		93.224.088
47	ND-0302-268	06-08-91	CARMEN DEL ROSARIO OLIVARES	26,00		26,00		6.920.640	391.430	A	475	10-11-93		94.044.024
48	ND-0302-287	08-04-92	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI COPIAPO LTDA.	100,00		100,00		6.910.720	399.360	A	514	22-09-95		97.197.624
49	ND-0302-289	21-04-92	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	90,00		90,00		6.914.190	397.740	A	256	14-06-95		100.035.864
50	ND-0302-382	30-06-93	ENDRAOS NICOLAS PATIÑO	18,00		18,00		6.906.300	391.940	A	350	16-05-96		100.603.512
51	ND-0302-374	01-01-97	JAIME PROHENS ESPINOSA	55,00		36,00		6.920.250	392.095	A	379	11-06-97		101.738.808

SECTOR 3, LA PUERTA - MAL PASO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-19	02-06-80	THEO LINGUA BUZZETI	60,00		37,00		6.955.640	374.840	A	53	18-02-81		1.166.832
2	UA-0302-23	13-05-83	COMPANÍA EXPLORADORA Y EXPLOTADORA MINE	30,00		30,00				A	59	07-02-85		2.112.912
3	UA-0302-5	24-09-84	SOCIEDAD AGRICOLA EL INCA LTDA.	120,00		60,00		6.949.260	376.630	A	434	28-10-85		4.005.072
4	UA-0302-12	18-04-86	INMOBILIARIA LOS ALERCES LIMITADA	60,00		60,00				A	83	08-02-95		5.897.232
5	UA-0302-25	22-04-86	JOSE PIAZZOLI SALA Y OTROS	38,00		35,00		6.952.426	374.789	A	364	23-09-86		7.000.992
6	UA-0302-803387		SOC.DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LTDA			105,00		6.937.010	379.240	A	515	07-08-90		10.312.272
7	UA-0302-805201		SOC.AGRICOLA EL SOL DE COPIAPO LTDA.			60,00		6.932.140	382.360	A	168	03-05-85		12.204.432
8	UA-0302-805764		COMPANÍA EXPLOTADORA DE MINAS SAN ANDRES			10,00		6.933.640	382.150	A*	417	05-11-79		12.519.792
9	UA-0302-805838		ISIDORO QUIROGA MORENO			21,00		6.933.940	382.220	A	263	29-07-80		13.182.048
10	UA-0302-805851		LUIS PEPPI PORFIRI Y OTRO			38,00		6.933.010	382.160	A	331	02-09-80		14.380.416
11	UA-0302-809213		JUSTINO CASTILLO RIVERA	16,00		16,00	246.208			A	242	16-07-69		14.626.624
12	UA-0302-809275		SOC. DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LTD			31,74	1.001.000	6.936.880	379.360	A	68	12-03-80		15.627.624
13	UA-0302-805838		ISIDORO QUIROGA MORENO			28,00		6.933.940	382.220	A	263	29-07-80		16.510.632
14	NR-0302-1	19-06-87	PEDRO CHIAPPA ARANDA Y OTROS	84,20		65,00				A	414	26-10-87		18.560.472
15	NR-0302-45	21-03-97	COMUNIDAD MAGGI-YAÑEZ Y OTRA	30,00		30,00		6.952.770	375.321	A	210	28-05-98		19.506.552
16	NR-0302-54	09-07-98	EDGARDO HUMBERTO LABRA TELLO Y OTROS Y O	28,00		28,00		6.955.374	375.100	A	350	04-09-98		20.389.560
17	ND-0302-987	21-11-05	JULIO CESAR MORALES NEYRA	2,00		2,00		6.954.331	406.619	A	11	29-05-06	4º T	20.452.632
18	ND-0302-939	15-02-80	RODRIGO JAVIER MORENO PROHENS	60,00		55,00		6.945.230	377.420	A	517	07-11-83		22.187.112
19	ND-0302-937	27-02-80	SOCIEDAD GUILLERMO ROJAS SAEZ Y COMPANÍA	70,00		42,00		6.931.620	382.550	A	603	14-12-83		23.511.624
20	ND-0302-920	02-04-80	SOCIEDAD AGRICOLA CHAÑARCILLO LTDA.	90,00		35,00		6.941.245	378.520	A	511	15-12-82		24.615.384
21	ND-0302-947	06-07-80	JUAN FERNANDO SILVA	10,00		10,00		6.954.150	374.670	A	91	07-03-84		24.930.744
22	ND-0302-1041	28-07-80	SOC AGRICOLA 7 AMIGOS Y OTROS	50,00		50,00		6.939.580	378.710	A	78	18-02-87		26.507.544
23	ND-0302-956	14-08-80	SOCIEDAD AGRICOLA CHAÑARCILLO LTDA.	60,00		60,00		6.941.910	378.460	A	354	25-10-84		28.399.704
24	ND-0302-990	18-07-84	SOCIEDAD PROCESADORA EL BRONCE LIMITADA	100,00		100,00				A	347	20-08-85		31.553.304
25	ND-0302-965	22-07-84	MARIA LUISA CORREA LARRAIN	90,00		80,00		6.946.230	376.960	A	218	28-05-85		34.076.184
26	ND-0302-967	22-07-84	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	120,00		85,00		6.944.200	378.160	A	202	17-05-85		36.756.744
27	ND-0302-1006	18-10-84	CIA. EXPLORADORA Y EXPLOTADORA MINERA CHI	100,00		75,00		6.949.580	376.680	A	288	28-07-86		39.121.944
28	ND-0302-1382	24-03-85	MANUEL JORQUERA MONTERO	120,00		100,00				A	387	10-10-86		42.275.544
29	ND-0302-1382	24-03-85	MANUEL JORQUERA MONTERO	120,00		120,00				A	387	10-10-86		46.059.864
30	ND-0302-1384	03-06-85	MILENA RONSECCO PINCHETTI Y OTROS	140,00		140,00		6.950.100	376.590	A	106	05-03-86		50.474.904
31	ND-0302-1010	03-08-85	SOCIEDAD AGRICOLA DEL INCA LTDA.	100,00		100,00		6.932.780	382.210	A	310	07-08-86		53.628.504
32	ND-0302-1030	17-08-85	SOCIEDAD PROCESADORA EL BRONCE LTDA.	70,00		70,00		6.947.190	376.610	A	513	12-12-86		55.836.024
33	ND-0302-1030	17-08-85	SOCIEDAD PROCESADORA EL BRONCE LTDA.	70,00		70,00		6.947.390	376.640	A	513	12-12-86		58.043.544
34	ND-0302-995	02-09-85	SOCIEDAD AGRICOLA DEL INCA LTDA.	80,00		80,00		6.930.740	383.170	A	271	18-07-86		60.566.424
35	ND-0302-1044	18-10-85	ADOLFO MUÑOZ MUÑOZ	40,00		23,00		6.929.190	384.400	A	82	23-02-87		61.291.752
36	ND-0302-1023	04-11-85	SOCIEDAD PROCESADORA EL BRONCE LTDA.	100,00		100,00		6.948.170	376.880	A	413	27-10-86		64.445.352
37	ND-0302-1029	06-11-85	MANUEL JORQUERA MONTERO	80,00		80,00		6.928.450	385.500	A	439	06-11-86		66.968.232

## SECTOR 3, LA PUERTA - MAL PASO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
38	ND-0302-1038	04-12-85	SOCIEDAD PROCESADORA EL COBRE LIMITADA	100,00		100,00		6.948.450	376.900	A	138	17-03-87		70.121.832
39	ND-0302-1037	05-12-85	SOCIEDAD CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQU	100,00		95,00		6.953.510	374.460	A	73	18-02-87		73.117.752
40	ND-0302-1052	06-01-86	AGRICOLA AMANCAY LTDA.	100,00		110,00		6.949.940	376.960	A	208	08-05-87		76.586.712
41	ND-0302-1381	01-03-86	OSCAR PROHENS ESPINOSA	50,00		50,00		6.930.650	383.270	A	314	13-08-86		78.163.512
42	ND-0302-1066	02-07-86	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	80,00		80,00		6.935.560	381.030	A	421	18-05-90		80.686.392
43	ND-0302-1058	24-04-87	SOCIEDAD CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQU	120,00		116,00		6.945.380	376.200	A	393	30-09-87		84.344.568
44	ND-0302-50	08-04-88	ALFONSO PROHENS ARIAS	60,00		60,00		6.927.180	386.010	A	507	24-07-90		86.236.728
45	ND-0302-56	09-05-88	CARLOS ELIACER TORRES PEDREROS	20,00		20,00		6.928.700	384.730	A	232	16-06-89		86.867.448
46	ND-0302-135	21-04-89	SOC. AGRICOLA SACRAMENTO Y CIA LTDA.	60,00		40,00		6.946.800	376.420	A	388	04-05-90		88.128.888
47	ND-0302-159	22-09-89	LUIS MODESTO PEPPI PORFIRI Y OTROS	32,00		32,00				A	673	04-12-90		89.138.040
48	ND-0302-215	09-11-90	AGRICOLA SANTA FE S.A.	100,00		31,50		6.932.520	382.740	A	347	16-08-93		90.131.424
49	ND-0302-240	24-01-91	ELISEO ALFREDO GROSSI GUAITA	80,00		63,00		6.929.970	383.770	A	898	16-11-99		92.118.192
50	ND-0302-231	29-01-91	SUCESION DAVID DEL CURTO LIBERA (DELIBER S.)	100,00		49,00		6.931.290	382.680	A	212	25-05-94		93.663.456
51	ND-0302-231	29-01-91	SUCESION DAVID DEL CURTO LIBERA (DELIBER S.)	50,00		50,00		6.931.870	382.450	A	212	25-05-94		95.240.256
52	ND-0302-232	31-01-91	ALFONSO PROHENS ESPINOSA	85,00		85,00		6.924.700	387.500	A	252	14-06-95		97.920.816
53	ND-0302-239	22-02-91	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	90,00		58,00		6.951.830	375.370	A	554	24-11-94		99.749.904
54	ND-0302-244	25-03-91	NICASIO TORRES ALFARO	28,00		25,00		6.929.200	384.130	A	350	25-07-95		100.538.304
55	ND-0302-272	22-07-91	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	90,00		85,50		6.952.920	374.620	A	397	18-06-97		103.234.632
56	ND-0302-272	22-07-91	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	90,00		80,00		6.952.720	374.710	A	397	18-06-97		105.757.512
57	ND-0302-290	24-04-92	DELIBER S.A.	80,00		74,00		6.929.650	383.740	A	172	19-05-95		108.091.176
58	ND-0302-291	08-05-92	AGRICOLA SANTA SAVINA LTDA.	85,00		45,00		6.955.564	375.040	A	1157	24-11-98		109.510.296
59	ND-0302-296	22-06-92	SOCIEDAD AGRICOLA EL FUERTE Y CIA. LTDA.	14,40		14,40		6.954.600	374.860	A	191	11-03-96		109.964.414
60	ND-0302-296	22-06-92	SOCIEDAD AGRICOLA EL FUERTE Y CIA. LTDA.	25,00		25,00		6.954.430	375.020	A	191	11-03-96		110.752.814
61	ND-0302-301	05-10-92	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI COPIAPO LTDA.	80,00		30,00		6.951.710	375.290	A	416	29-04-98		111.698.894
62	ND-0302-316	17-03-93	DAVID DIAZ IBACETA	13,00		13,00		6.934.590	382.320	A	673	27-11-95		112.108.862
63	ND-0302-340	27-05-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	70,00		54,00		6.935.720	380.580	A	530	10-10-03		113.811.806
64	ND-0302-341	27-05-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	90,00		40,00		6.945.590	376.580	A	874	29-10-99		115.073.246
65	ND-0302-342	28-05-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	90,00		60,00		6.945.760	376.400	A	467	10-07-97		116.965.406
66	ND-0302-365	30-05-93	SOCIEDAD AGRICOLA AMANCAY LTDA.	80,00		80,00		6.950.280	376.070	A	861	11-11-96		119.488.286
67	ND-0302-368	30-05-93	OSCAR PROHENS ESPINOSA	100,00		76,00		6.929.700	380.910	A	466	10-07-97		121.885.022
68	ND-0302-339	28-06-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	80,00		80,00	2.522.880	6.936.897	380.094	A	82	21-04-10		124.407.902
69	ND-0302-339	28-06-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	80,00		21,00		6.937.760	378.670	A	352	13-09-04		125.070.158
70	ND-0302-364	30-06-93	SUCESION DAVID DEL CURTO LIBERA (DELIBER S.)	80,00		70,00		6.933.880	381.920	A	123	08-02-99		127.277.678
71	ND-0302-366	30-06-93	AGRO 7 AMIGOS S.A.	63,00		63,00		6.940.440	378.140	A	1001	31-12-96		129.264.446

## SECTOR 4, MAL PASO - COPIAPO

N°	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Resolución	Ley N° 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-17	19-03-74	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	18,00		18,00				A	61	27-01-86		567.648
2	UA-0302-17	19-03-74	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	32,00		32,00				A	61	27-01-86		1.576.800
3	UA-0302-7	03-06-80	COMPAÑIA MINERA SAN JOSE LTDA.	20,00		20,00		6.959.520	374.200	A	45	03-02-82		2.207.520
4	UA-0302-22	01-04-81	COMPAÑIA MINERA OJOS DEL SALADO S.A.	20,00		20,00		6.958.110	374.184	A	361	26-10-81		2.838.240
5	UA-0302-27	03-09-81	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA	30,00		30,00		6.967.320	373.250	A	304	11-08-87		3.784.320
6	UA-0302-27	03-09-81	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA	30,00		30,00		6.967.090	373.560	A	304	11-08-87		4.730.400
7	UA-0302-27	03-09-81	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA	30,00		30,00		6.966.890	373.410	A	304	11-08-87		5.676.480
8	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00		6.970.818	369.107	A	960	11-11-02		6.780.240
9	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00				A	960	11-11-02		7.884.000
10	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00		6.970.920	369.026	A	960	11-11-02		8.987.760
11	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00		6.970.926	368.905	A	960	11-11-02		10.091.520
12	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00				A	960	11-11-02		11.195.280
13	M-3-035		EMPRESA NACIONAL DE MINERIA			36,00		6.966.011	378.878	A*	23	01-09-67		12.330.576
14	UA-0302-805841		PATRICIO BUSTAMANTE FERDINAND Y OTRO			34,18	1.078.000	6.966.680	374.300	A	220	30-06-80		13.408.576
15	UA-0302-809203		VICTOR GHIGLINO NOLLI			45,00		6.957.000	375.300	A	281	01-04-66		14.827.696
16	UA-0302-809232		ENAMI			47,00		6.966.610	375.740	A	129	12-08-70		16.309.888
17	NR-0302-108	04-07-86	FISCO DE CHILE, CARABINEROS DE CHILE	130,00		130,00		6.955.830	375.310	A	150	23-02-87		20.409.568
18	NR-0302-98	21-08-86	ANTONIO VERSALOVIC OSTOJIC	60,00		60,00		6.969.335	370.415	A	344	26-08-88		22.301.728
19	NR-0302-111	26-12-86	COMPAÑIA MINERA OJOS DEL SALADO S.A.	45,00		45,00				A	69	03-03-88		23.720.848
20	NR-0302-46	03-07-97	OCTAVIO VALLEJO BUSCHMANN	18,00		18,00		6.968.300	370.575	A	248	13-07-99		24.288.496
21	NR-0302-57	06-04-99	MIGUEL GONZALO MOLL ARCE	80,00		54,00				A	123	29-03-00		25.991.440
22	NR-0302-72	08-09-00	SOCIEDAD AGRICOLA SANTA MARGARITA LTDA.	28,00		28,00				A	178	25-04-01		26.874.448
23	ND-0302-1383	16-04-80	SENDOS III REGION	60,00		60,00		6.970.613	370.354	A	393	17-10-86		28.766.608
24	ND-0302-978	16-04-80	EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ATACAMA	40,00		40,00		6.956.041	375.306	A	435	28-10-85		30.028.048
25	ND-0302-978	16-04-80	EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ATACAMA	40,00		40,00				A	435	28-10-85		31.289.488
26	ND-0302-1383	16-04-80	SENDOS III REGION	60,00		60,00		6.970.561	370.199	A	393	17-10-86		33.181.648
27	ND-0302-1383	16-04-80	SENDOS III REGION	60,00		60,00		6.970.541	370.264	A	393	17-10-86		35.073.808
28	ND-0302-1383	16-04-80	SENDOS III REGION	60,00		60,00		6.970.555	370.334	A	393	17-10-86		36.965.968
29	ND-0302-925	27-06-80	COMPAÑIA MINERA AGUSTINA	20,00		15,00		6.957.000	375.305	A	275	01-08-83		37.439.008
30	ND-0302-936	09-07-80	RAUL CASTELLON MARTINEZ	20,00		17,00		6.970.428	368.228	A	593	13-12-83		37.975.120
31	ND-0302-928	04-08-80	JUAN CALLEGARI MARIOTTI	80,00		80,00		6.969.292	369.893	A	321	25-08-83		40.498.000
32	ND-0302-924	18-11-80	SOCIEDAD MINERA LA CONDESA	50,00		40,00		6.970.180	369.358	A	304	23-08-83		41.759.440
33	ND-0302-951	03-02-81	SOCIEDAD MINERA CONTRACTUAL PROVIDENCIA	50,00		40,00		6.970.390	368.980	A	215	09-07-84		43.020.880
34	ND-0302-923	27-03-81	ANGEL REVELLO VALENCIA Y OTROS	40,00		40,00		6.967.950	370.970	A	248	28-07-83		44.282.320
35	ND-0302-912	21-07-81	CIA MINERA Y COMERCIAL HOCHSCHILD S.A.	70,00		70,00		6.972.560	367.780	A	43	01-02-82		46.489.840
36	ND-0302-962	26-05-84	SENDOS III REGION	30,00		30,00		6.973.380	368.865	A	53	05-02-85		47.435.920
37	ND-0302-997	18-06-85	SERVICIO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (SEN	70,00		40,00		6.971.268	368.192	A	279	24-07-86		48.697.360

SECTOR 4, MAL PASO - COPIAPO														
Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
38	ND-0302-1040	17-09-85	UNIVERSIDAD DE ATACAMA	100,00		10,00		6.972.150	367.630	A	74	18-02-87		49.012.720
39	ND-0302-8	20-02-87	JEANNE MARIE DELARD GAETE	100,00		87,00		6.959.970	374.570	A	377	11-10-91		51.756.352
40	ND-0302-1057	02-04-87	ENAMI	24,00		24,00		6.955.990	375.020	A	417	26-10-87		52.513.216
41	ND-0302-1047	20-07-87	ARNALDO PAPAPIETRO LOCATELLI	70,00		15,00		6.966.850	372.730	A	292	24-07-87		52.986.256
42	ND-0302-64	04-07-88	SOCIEDAD CID Y CID LTDA.	10,00		2,50		6.972.165	368.495	A	17	05-01-90		53.065.096
43	ND-0302-91	04-10-88	CESAR OSVALDO MIRANDA LARA	15,00		6,50		6.970.180	368.775	A	456	05-06-90		53.270.080
44	ND-0302-124	04-04-89	ALDO RENE CICARDINI MORALES	30,00		12,00		6.968.320	371.940	A	225	22-03-90		53.648.512
45	ND-0302-158	08-09-89	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		6.961.236	374.682	A	26	22-01-91		58.378.912
46	ND-0302-162	05-10-89	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		6.961.164	374.591	A	26	22-01-91		63.109.312
47	ND-0302-169	08-11-89	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		6.961.156	374.516	A	26	22-01-91		67.839.712
48	ND-0302-170	08-11-89	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		6.960.967	374.737	A	26	22-01-91		72.570.112
49	ND-0302-183	13-03-90	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		6.960.967	374.589	A	26	22-01-91		77.300.512
50	ND-0302-199	22-05-90	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	150,00		45,00		6.957.995	375.113	A	414	22-09-92		78.719.632
51	ND-0302-233	13-02-91	COMPAÑIA MINERA OJOS DEL SALADO S.A.	150,00		135,00		6.958.305	375.042	A	453	29-10-93		82.976.992
52	ND-0302-235	19-02-91	SOC AGRICOLA EL HUERTO LTDA.	10,00		10,00		6.971.620	369.120	A	516	07-12-93		83.292.352
53	ND-0302-246	19-04-91	EMSSAT S.A.	100,00		100,00		6.968.502	370.786	A	625	07-11-03		86.445.952
54	ND-0302-247	19-04-91	AGUAS CHAÑAR S.A.	80,00		80,00		6.957.930	375.070	A	477	11-11-93		88.968.832
55	ND-0302-246	19-04-91	EMSSAT S.A.	100,00		100,00		6.968.512	370.899	A	625	07-11-03		92.122.432
56	ND-0302-247	19-04-91	AGUAS CHAÑAR S.A.	80,00		80,00		6.970.500	370.299	A	477	11-11-93		94.645.312
57	ND-0302-246	19-04-91	EMSSAT S.A.	100,00		100,00		6.968.551	370.825	A	625	07-11-03		97.798.912
58	ND-0302-246	19-04-91	EMSSAT S.A.	100,00		100,00		6.968.459	370.849	A	625	07-11-03		100.952.512
59	ND-0302-256	30-04-91	COMINOR INGENIERIA Y PROYECTOS S. A.	100,00		100,00		6.962.730	374.810	A	44	24-01-96		104.106.112
60	ND-0302-256	30-04-91	COMINOR INGENIERIA Y PROYECTOS S. A.	100,00		100,00		6.962.730	375.310	A	44	24-01-96		107.259.712
61	ND-0302-264	08-07-91	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA OJOS DEL SAL	60,00		40,00		6.961.454	374.766	A	549	31-07-96		108.521.152
62	ND-0302-284	03-03-92	DISTRIBUIDORA DE AGUAS VIÑITA AZUL LTDA.	70,00		65,00		6.968.060	371.365	A	569	25-11-92		110.570.992
63	ND-0302-285	18-03-92	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	80,00		80,00		6.966.322	374.678	A	317	01-08-94		113.093.872
64	ND-0302-295	11-06-92	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	120,00		36,00		6.967.500	373.430	A	373	28-07-95		114.229.168
65	ND-0302-297	08-07-92	S.A. CEMENTERIO PARQUE DE COPIAPO SOC.	20,00		18,00		6.971.599	368.210	A	437	18-08-95		114.796.816
66	ND-0302-298	20-07-92	BENILOP SFEIR ABORACHET	80,00		80,00		6.962.665	375.031	A	586	23-08-96		117.319.696
67	ND-0302-307	02-11-92	SOC. AGRICOLA SACRAMENTO Y CIA LTDA.	10,00		10,00		6.970.180	368.775	A	243	29-03-96		117.635.056
68	ND-0302-308	02-11-92	COMINOR INGENIERIA Y PROYECTOS S. A.	200,00		90,00		6.958.015	374.700	A	226	17-04-97		120.473.296
69	ND-0302-313	29-12-92	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	80,00		50,00		6.966.168	374.637	A	240	29-03-96		122.050.096
70	ND-0302-315	04-02-93	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	110,00		17,00		6.972.053	368.158	A	884	17-09-98		122.586.208
71	ND-0302-319	26-03-93	I. MUNICIPALIDAD DE TIERRA AMARILLA	108,00		30,00		6.959.368	374.697	A	353	23-05-96		123.532.288
72	ND-0302-324	23-06-93	EMSSAT S.A.	20,00		9,00		6.968.780	371.240	A	293	26-04-96		123.816.112
73	ND-0302-327	24-06-93	SOC.CONTRACTUAL MINERA SAN JOAQUIN.	30,00		4,50		6.964.230	374.690	A	305	25-03-98		123.958.024
74	ND-0302-331	24-06-93	ANIBAL PEREZ PEREZ Y OTROS	40,00		40,00		6.971.220	368.235	A	446	08-07-96		125.219.464

## SECTOR 4, MAL PASO - COPIAPÓ

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
75	ND-0302-386	01-07-93	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	80,00		34,00		6.971.661	377.135	A	126	10-02-98		126.291.688
76	ND-0302-386	01-07-93	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	80,00		40,00		6.971.224	378.997	A	126	10-02-98		127.553.128
77	ND-0302-318	19-03-96	AGUAS CHAÑAR S.A.	80,00		70,00		6.956.110	375.297	A	445	08-07-96		129.760.648

## SECTOR 5, COPIAPÓ - PIEDRA COLGADA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-21	08-02-80	VASANGEL S.A CHILE Y CIA. LIMITADA	90,00		60,00		6.979.188	358.425	A	108	30-03-81		1.892.160
2	UA-0302-6	24-12-84	JOSE RAMON TAGLE LARRAIN Y OTROS	120,00		90,00		6.975.750	364.500	A	284	04-07-85		4.730.400
3	UA-0302-802924		RAFAEL MULET BOU	80,00		80,00		6.977.032	361.975	A	397	08-10-80		7.253.280
4	UA-0302-805789		RENATO PORCILE RISI	20,00		20,00	308.000	6.977.850	361.450	A	285	08-08-79		7.561.280
5	UA-0302-805840		SOC EMILIO SILVA Y CIA LTDA			29,30	924.000	6.977.540	361.800	A	181	06-06-80		8.485.280
6	UA-0302-807903		SOC.VASANGEL S.A. CHILE Y CIA.LTDA.			90,00		6.978.620	356.930	A	270	01-08-80		11.323.520
7	UA-0302-809197		JUAN DIAZ DIAZ Y OTRO	50,00		50,00	770.000	6.980.250	361.280	A	222	21-09-76		12.093.520
8	UA-0302-809216		GABRIELA PORCILE	80,00		80,00	1.231.040	6.981.073	358.176	A	279	01-09-89		13.324.560
9	UA-0302-802925		RAFAEL MULET BOU	80,00		80,00		6.977.095	361.777	A	397	08-10-80		15.847.440
10	UA-0302-811815		Loreto Viviana Grossi Galeb	8,33		8,33		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.110.135
11	UA-0302-811806		Sergo Grossi Tomini	4,17		4,17		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.241.640
12	UA-0302-811806		José Mauricio Rosales	4,17		4,17		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.373.145
13	UA-0302-811798		Delci Grossi Tomini	8,33		8,33		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.635.840
14	UA-0302-811804		Jorge Armando Soto Díaz	8,33		8,33		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.898.535
15	UA-0302-811803		Daniel Ricardo Álvarez Aspee	4,17		4,17		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		17.030.040
16	UA-0302-811814		Carlos Iván Ruiz Dettori	8,34		8,34		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		17.293.050
17	UA-0302-811776		Victor Hugo Lutz Castro	10,00		10,00		6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		17.608.410
18	NR-0302-109	17-09-86	SOCIEDAD AGRICOLA PICHINCHA LIMITADA	62,00		62,00				A	714	21-08-87		19.563.642
19	NR-0302-109	17-09-86	SOCIEDAD AGRICOLA PICHINCHA LIMITADA	44,00		44,00				A	714	21-08-87		20.951.226
20	NR-0302-18	02-10-95	RENATO PORCILE RISSI	70,00		63,00		6.980.735	359.560	A	279	24-06-03		22.937.994
21	ND-0302-848	09-08-05	LUIS ALBERTO LAMPEREIN ALARCON	2,00		2,00		6.979.766	360.321	A	3	29-05-06	4º T	23.001.066
22	ND-0302-849	09-08-05	PATRICIA VERONICA MANRIQUEZ ALVAREZ	2,00		2,00		6.979.680	360.205	A	4	29-05-06	4º T	23.064.138
23	ND-0302-869	13-09-05	JACQUELINE ISABEL ESCOBAR GALLARDO	2,00		2,00		6.979.325	360.814	A	7	29-03-06	4º T	23.127.210
24	ND-0302-909	24-10-05	JUAN ADRIAN BENAVIDES VARGAS	2,00		2,00		6.979.994	356.578	A	8	29-05-06	4º T	23.190.282
25	ND-0302-1024	24-11-05	CAMILO FERNANDO AGUIRRE ERAZO	2,00		2,00		6.979.225	353.211	A	12	29-05-06	4º T	23.253.354
26	ND-0302-1254	15-12-05	GINO PAOLO VECCHIOLA ARELLANO	2,00		2,00		6.979.406	359.512	A	13	29-05-06	4º T	23.316.426
27	ND-0302-1256	16-12-05	AGROFARMACOS LTDA.	2,00		2,00		6.979.654	359.155	A	14	29-05-06	4º T	23.379.498
28	ND-0302-1257	16-12-05	DANIEL RICARDO ALVAREZ ASPEE	2,00		2,00		6.979.513	359.735	A	15	29-05-06	4º T	23.442.570
29	ND-0302-1258	16-12-05	DANIEL RICARDO ALVAREZ ASPEE	2,00		2,00		6.979.654	359.145	A	16	29-05-06	4º T	23.505.642
30	ND-0302-938	27-02-80	GUILLERMO ROJAS SAEZ	50,00		50,00		6.975.810	363.970	A	610	19-12-83		25.082.442
31	ND-0302-963	16-04-80	SERVICIO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (SEN	60,00		60,00		6.974.510	366.110	A	101	19-03-85		26.974.602
32	ND-0302-963	16-04-80	SERVICIO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (SEN	70,00		70,00		6.974.000	366.320	A	101	19-03-85		29.182.122
33	ND-0302-932	15-07-80	JOSE VERGOTTINI VERGOTTINI Y OTROS	50,00		50,00		6.980.900	358.850	A	292	12-08-83		30.758.922
34	ND-0302-949	24-08-80	FERNANDO SANTELICES LOYOLA	25,00		25,00		6.978.250	352.850	A	87	06-03-84		31.547.322
35	ND-0302-935	09-09-80	SOC. AGRIC. CHAMONATE LTDA.	50,00		50,00		6.978.790	360.680	A	374	20-09-83		33.124.122
36	ND-0302-948	20-09-80	MANUEL ANTONIO RIVADENEIRA SARRIA	15,00		15,00		6.972.920	367.415	A	86	06-03-84		33.597.162
37	ND-0302-919	20-02-81	FRANCISCO MARIO PORCILE RISI	95,00		95,00		6.978.509	352.670	A	18	28-01-83		36.593.082

## SECTOR 5, COPIAPÓ - PIEDRA COLGADA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
38	ND-0302-952	13-03-81	FRANCISCO VALENZUELA NARANJO Y OTROS	75,00		75,00		6.974.360	363.460	A	121	10-04-84		38.958.282
39	ND-0302-952	13-03-81	FRANCISCO VALENZUELA NARANJO Y OTROS	75,00		43,00		6.974.570	363.540	A	121	10-04-84		40.314.330
40	ND-0302-957	05-06-81	SOCIEDAD GUSTAVO MORALES Y HNOS LTDA	50,00		50,00		6.980.147	356.889	A	358	29-10-84		41.891.130
41	ND-0302-1008	03-05-83	SENDOS III REGION	70,00		60,00		6.973.920	366.420	A	303	05-08-86		43.783.290
42	ND-0302-999	03-07-85	ANA MARIA FIGARI BARRERA	100,00		100,00		6.976.344	363.583	A	280	24-07-86		46.936.890
43	ND-0302-992	02-08-85	SOCIEDAD AGRICOLA VALLE DORADO LTDA.	120,00		120,00		6.974.700	362.780	A	239	30-06-86		50.721.210
44	ND-0302-1060	03-09-85	ANA MARIA FIGARI BARRERA Y OTROS	100,00		60,00		6.975.160	365.480	A	51	17-02-88		52.613.370
45	ND-0302-1031	02-10-85	DOMINGO GUGGIANA GUGGIANA	80,00		80,00		6.975.080	363.400	A	451	07-11-86		55.136.250
46	ND-0302-1031	02-10-85	DOMINGO GUGGIANA GUGGIANA	80,00		80,00		6.974.800	363.730	A	451	07-11-86		57.659.130
47	ND-0302-1005	25-10-85	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI COPIAPO LTDA.	120,00		100,00		6.976.811	362.084	A	297	01-08-86		60.812.730
48	ND-0302-1005	25-10-85	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI COPIAPO LTDA.	120,00		120,00		6.977.248	361.593	A	297	01-08-86		64.597.050
49	ND-0302-1009	11-11-85	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRO COPIAPO LTDA.	120,00		120,00		6.976.908	361.676	A	304	05-08-86		68.381.370
50	ND-0302-1016	26-12-85	AGRICOLA SANTA TERESA LTDA.	60,00		40,00		6.974.340	364.450	A	422	31-10-86		69.642.810
51	ND-0302-1062	06-02-86	SOCIEDAD AGRICOLA ROSAEX LTDA.	80,00		80,00		6.978.206	352.646	A	426	10-11-88		72.165.690
52	ND-0302-1003	12-04-86	JUAN PATRICIO ROJAS SAEZ	100,00		100,00		6.975.320	365.020	A	296	01-08-86		75.319.290
53	ND-0302-27	07-09-87	AGRICOLA LA CANTERA	80,00		80,00		6.977.829	361.645	A	481	19-06-90		77.842.170
54	ND-0302-49	08-04-88	PEDRO ALDO GROSSI TORNINI	100,00		50,00		6.978.400	361.570	A	263	03-04-90		79.418.970
55	ND-0302-84	07-09-88	UNIVERSIDAD DE ATACAMA	100,00		50,00		6.974.882	365.648	A	21	09-01-90		80.995.770
56	ND-0302-108	10-01-89	MARIA TERESA PONCE ARIAS Y OTROS	80,00		80,00		6.979.618	357.840	A	298	10-04-90		83.518.650
57	ND-0302-145	15-06-89	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI COPIAPO LTDA.	60,00		60,00		6.976.966	361.866	A	31	23-01-91		85.410.810
58	ND-0302-253	10-05-91	GUILLERMO CONCHA BUSTOS	50,00		48,00		6.979.160	360.060	A	301	25-07-94		86.924.538
59	ND-0302-258	31-05-91	CARLOS IVAN RUIZ DETTORI	60,00		49,00		6.979.160	359.890	A	71	25-01-96		88.469.802
60	ND-0302-270	16-08-91	MARIO PORCILE RISI Y OTROS	130,00		130,00		6.980.250	355.370	A	241	07-07-92		92.569.482
61	ND-0302-288	08-04-92	HECTOR MARTINOVIC OLIVOS	50,00		50,00		6.979.650	359.300	A	807	29-12-95		94.146.282
62	ND-0302-292	11-05-92	DOMINGO EDUARDO GUGGIANA GUGIANNA	80,00		67,50		6.979.800	356.900	A	135	08-02-99		96.274.962
63	ND-0302-309	05-11-92	VECCHIOLA S.A.	21,60		21,60		6.974.725	365.464	A	82	25-01-96		96.956.140
64	ND-0302-314	25-03-93	SOC AGR SAN FRANCISCO SA.	100,00		80,00		6.980.130	360.550	A	513	22-09-95		99.479.020
65	ND-0302-335	25-06-93	ADIB ASSED MERLEZ QUINTAR	30,00		28,00		6.980.550	355.430	A	69	25-01-96		100.362.028
66	ND-0302-356	28-06-93	XIMENA ISABEL MORENO PROHENS	90,00		72,00		6.976.560	362.950	A	228	29-03-96		102.632.620
67	ND-0302-357	28-06-93	MARIA ANGELICA ARAYA ROJAS	10,00		10,00		6.975.230	364.600	A	371	31-05-96		102.947.980
68	ND-0302-361	28-06-93	ERNESTO DEL CARMEN GUERRA GONZALEZ	4,00		4,00		6.980.000	358.870	A	190	11-03-96		103.074.124
69	ND-0302-380	30-06-93	SERGIO ROQUE GROSSI TORNINI	8,50		8,50		6.978.230	361.480	A	122	02-02-96		103.342.180
70	ND-0302-332	01-01-97	FISHER SOUTH AMERICA S.A.	30,00		25,00		6.974.920	356.300	A	252	21-04-97		104.130.580
71	5° TRANS.		Ricardo Vallejos Choydeng	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		104.319.796
72	M-3-061		GUILLERMO STEIN Y OTROS	120,00		120,00		6.979.229	356.542	A	243	17-07-69		108.104.116
73	5° TRANS.		Eleodoro Neyra Tamblay	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		108.293.332
74	5° TRANS.		José Antonio Pérez Alcota	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		108.482.548



## SECTOR 5, COPIAPÓ - PIEDRA COLGADA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
75	5° TRANS.		Cítricos Uni Agri LTDA	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		108.671.764
76	5° TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		108.860.980
77	5° TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.050.196
78	5° TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.239.412
79	5° TRANS.		Manuel Jesús Castro Vergara	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.428.628
80	5° TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.617.844
81	5° TRANS.		SOC AGR Los Troncos S.A.	6,00		6,00		6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.807.060
82	5° TRANS.		Guillermo Rojas Sáez	60,00		60,00		6.975.519	365.280	A	1907	09-09-87		111.699.220
83	5° TRANS.		Carlos Enrique Vallejo Cortés	1,33		1,33		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		111.741.163
84	5° TRANS.		María Inés Catalano Gómez	1,75		1,75		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		111.796.351
85	5° TRANS.		Carmen Azucena Naciff Catalán	1,75		1,75		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		111.851.539
86	5° TRANS.		Flavio Alejandro Naciff Catalán	1,75		1,75		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		111.906.727
87	5° TRANS.		Propietario Parcela 22	8,33		8,33		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.169.422
88	5° TRANS.		SOC Constructora Sergio Del Pero LTDA	8,33		8,33		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.432.116
89	5° TRANS.		Guillermo Segundo Concha Bustos	5,33		5,33		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.600.203
90	5° TRANS.		Claudio Andrés Concha Grossi	3,00		3,00		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.694.811
91	5° TRANS.		Héctor Martinovic Olivos	8,34		8,34		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.957.822
92	5° TRANS.		Humberto Alejandro Campillay Vitali	0,92		0,92		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.986.835
93	5° TRANS.		Humberto Alejandro Campillay Vitali	5,42		5,42		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.157.760
94	5° TRANS.		María Inés Catalano Gómez	0,50		0,50		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.173.528
95	5° TRANS.		Carmen Azucena Naciff Catalán	0,50		0,50		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.189.296
96	5° TRANS.		Flavio Alejandro Naciff Catalán	0,50		0,50		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.205.064
97	5° TRANS.		Jean Pierre Naciff Catalán	0,50		0,50		6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.220.832
98	5° TRANS.		Compañía Contractual Minera Candelaria	4,17		4,17		6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		113.352.337
99	5° TRANS.		AGR Los Girasoles LTDA	6,70		6,70		6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		113.563.628
100	5° TRANS.		Compañía Contractual Minera Candelaria	6,70		6,70		6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		113.774.919
101	5° TRANS.		Alberto Y Jaime Pesenti Oviedo	6,34		6,34		6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		113.974.858
102	5° TRANS.		Phelps Dodge Minig Service Inc.	6,70		6,70		6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		114.186.149
103	5° TRANS.		María Inés Catalano Gómez	15,00		15,00		6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		114.659.189
104	5° TRANS.		Phelps Dodge Minig Service Inc.	6,70		6,70		6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		114.870.480
105	5° TRANS.		Phelps Dodge Minig Service Inc.	6,70		6,70		6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		115.081.771
106	5° TRANS.		Juan Adrián Benavides Vargas	5,00		5,00		6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		115.239.451
107	5° TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	15,00		15,00		6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		115.712.491
108	5° TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	15,00		15,00		6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		116.185.531
109	5° TRANS.		SOC AGR V y C LTDA	10,00		10,00		6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		116.500.891
110	5° TRANS.		SOC AGR V y C LTDA	10,00		10,00		6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		116.816.251
111	5° TRANS.		Propietario Parcela 41	10,00		10,00		6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		117.131.611

## SECTOR 5, COPIAPÓ - PIEDRA COLGADA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
112	5° TRANS.		Compañía Contractual Minera Candelaria	5,00		5,00		6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		117.289.291
113	5° TRANS.		Iván Manuel Rodríguez Godoy	5,00		5,00		6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		117.446.971
114	5° TRANS.		Compañía Contractual Minera Candelaria	10,00		10,00		6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		117.762.331
115	5° TRANS.		Propietario Parcela 44	10,00		10,00		6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		118.077.691
116	5° TRANS.		Julio César Morales Neira	10,00		10,00		6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		118.393.051
117	ND-0302-578	03-04-01	MARCELO DEPETRIS DEFLORIAN	10,00		1,00		6.980.834	352.680	A(prov)	1	11-03-03		118.424.587
118	ND-0302-587	04-04-01	WILLIAMS GONZALEZ BOSOM	6,00		6,00		6.981.116	355.022	A(prov)	41	10-12-02		118.613.803
119	ND-0302-591	04-04-01	JOAQUIN OLATE FREDES	20,00		5,00		6.979.547	352.695	A(prov)	25	18-11-02		118.771.483
120	ND-0302-579	04-04-01	VILMA ELIANA ROJAS ALFARO	5,00		1,60		6.979.200	352.324	A(prov)	5	22-08-02		118.821.941
121	ND-0302-598	04-04-01	DOMINGA INES SUAREZ SALAZAR	12,00		3,00		6.979.435	352.405	A(prov)	26	18-11-02		118.916.549
122	ND-0302-625	24-05-01	AGRICOLA SAN ESTEBAN LTDA.	85,00		10,00		6.978.549	352.657	A(prov)	18	24-03-03		119.231.909
123	ND-0302-637	07-06-01	SOCIEDAD AGRICOLA DEL NORTE S.A.	50,00		10,00		6.980.721	355.063	A(prov)	36	18-11-02		119.547.269
124	ND-0302-654	09-07-01	ARIO HUMBERTO LAFERTTE VIDELA	2,00		2,00		6.979.356	352.617	A(prov)	40	18-11-02		119.610.341
125	ND-0302-658	24-07-01	OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO	25,00		10,00		6.978.658	353.887	A(prov)	20	08-09-03		119.925.701
126	ND-0302-665	16-08-01	CAPEL LTDA.	10,00		10,00		6.979.991	354.657	A(prov)	12	11-03-03		120.241.061
127	ND-0302-681	25-10-01	FERNANDO CARDENAS CONTRERAS	15,00		5,40		6.979.120	353.649	A(prov)	27	08-09-03		120.411.355

## SECTOR 6, PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-11	03-08-64	MARIA TERESA ECHEGARAY AGUIRRE Y OTROS	70,00		47,40		6.977.130	350.240	A	500	04-09-95		1.494.806
2	UA-0302-805790		MARIA PROHENS ARIAS			29,30	924.000	6.975.620	345.270	A	277	04-10-78		2.418.806
3	UA-0302-805795		C.O.R.A.(RESERVA FUNDO SAN PEDRO)			70,00				A	240	10-08-78		4.626.326
4	UA-0302-805798		MARIA PROHENS ARIAS			90,00				A	240	10-08-78		7.464.566
5	UA-0302-805821		MARIA PROHENS ARIAS			38,09	1.201.200	6.975.320	345.400	A	70	13-03-80		8.665.766
6	UA-0302-809179		CIA AGR Y GANADERA HORNITO S.A.	80,00		80,00		6.977.400	347.750	A	363	25-03-65		11.188.646
7	UA-0302-809245		ALEJANDRO NOEMI HUERTA			68,09	2.147.320	6.978.123	351.416	A	16	17-01-69		13.335.966
8	UA-0302-809179		CIA AGR Y GANADERA HORNITO S.A.	80,00		80,00		6.977.360	348.800	A	363	25-03-65		15.858.846
9	NR-0302-43	04-11-96	MANUEL EDUARDO JORQUERA GRENET	120,00		120,00				A	32	22-01-97		19.643.166
10	NR-0302-44	04-11-96	MANUEL EDUARDO JORQUERA GRENET	80,00		80,00				A	4	05-01-98		22.166.046
11	NR-0302-92	09-10-03	ELISEO ALFREDO GROSSI GUAITA	45,00		45,00		6.973.181	340.060	A	219	23-04-04		23.585.166
12	NR-0302-92	09-10-03	ELISEO ALFREDO GROSSI GUAITA	60,00		60,00		6.973.262	340.030	A	219	23-04-04		25.477.326
13	ND-0302-843	28-07-05	PABLO ANTONIO DIAZ SANGUINO	2,00		2,00		6.977.619	351.028	A	1	29-05-06	4º T	25.540.398
14	ND-0302-844	29-07-05	OSVALDO EDUARDO ROJOS PIFFAUT	2,00		2,00		6.977.327	350.864	A	2	29-05-06	4º T	25.603.470
15	ND-0302-851	12-08-05	JOSE DOMINGO ALUCEMA LOPEZ	2,00		2,00				A	5	29-05-06	4º T	25.666.542
16	ND-0302-868	13-09-05	HERBERT PAUL COSTE ESCOLA	2,00		2,00		6.976.168	347.568	A	6	29-05-06	4º T	25.729.614
17	ND-0302-931	08-11-05	GONZALO RODRIGO GAZU CERVIÑO RADOVIC	2,00		2,00		6.975.253	341.791	A	9	29-05-06	4º T	25.792.686
18	ND-0302-950	08-10-83	CAMILA AGUIRRE VDA DE ECHEGARAY	70,00		70,00		6.973.800	330.170	A	85	06-03-84		28.000.206
19	ND-0302-1043	19-08-85	SOC. AGRIC. V Y C LTDA.	100,00		80,00		6.974.300	343.800	A	197	30-04-87		30.523.086
20	ND-0302-1043	19-08-85	SOC. AGRIC. V Y C LTDA.	100,00		30,00		6.973.800	330.170	A	197	30-04-87		31.469.166
21	ND-0302-1043	19-08-85	SOC. AGRIC. V Y C LTDA.	100,00		15,00		6.974.590	344.460	A	197	30-04-87		31.942.206
22	ND-0302-9	03-03-87	DELCEY PIAZZOLI CABRERA	100,00		100,00		6.975.400	343.570	A	50	21-02-89		35.095.806
23	ND-0302-154	07-08-89	JUAN JOSE DIEGUEZ MANFREDINI	80,00		80,00		6.977.570	352.450	A	288	10-04-90		37.618.686
24	ND-0302-275	02-10-91	JAIME MORENO PROHENS	90,00		75,00		6.977.360	348.800	A	286	29-07-92		39.983.886
25	ND-0302-293	15-05-92	FRANCISCO HAWAS ECHIBURU	90,00		54,00		6.976.764	348.154	A	462	10-07-97		41.686.830
26	ND-0302-293	15-05-92	FRANCISCO HAWAS ECHIBURU	90,00		72,00		6.976.862	348.876	A	462	10-07-97		43.957.422
27	ND-0302-311	03-12-92	GONZALO MORENO PROHENS	100,00		72,00		6.976.317	344.790	A	608	27-12-94		46.228.014
28	ND-0302-312	28-12-92	LUIS ALEJANDRO YAÑEZ GARCIA	30,00		10,80		6.976.958	348.682	A	625	02-09-96		46.568.603
29	ND-0302-329	24-06-93	GONZALO MORENO PROHENS	90,00		90,00		6.976.475	345.220	A	416	24-06-96		49.406.843
30	ND-0302-336	28-06-93	SERGIO RUIZ-TAGLE HUMERES	90,00		50,00		6.976.850	346.200	A	268	18-05-00		50.983.643
31	ND-0302-574	29-03-01	JULIO CESAR MORALES NEYRA	90,00		10,00		6.975.757	346.585	A(prov)	2	22-08-02		51.299.003
32	ND-0302-577	03-04-01	OSCAR EDUARDO CABRERA CORTES	10,00		4,00		6.969.502	336.719	A(prov)	4	22-08-02		51.425.147
33	ND-0302-581	04-04-01	GUILLERMO DEL CARMEN CASTILLO LUNA	10,00		2,80		6.976.157	348.779	A(prov)	6	22-08-02		51.513.448
34	ND-0302-582	04-04-01	LUIS FERNANDO COLLARTE RODRIGUEZ	15,00		3,80		6.972.126	336.291	A(prov)	7	22-08-02		51.633.285
35	ND-0302-584	04-04-01	GUILLERMO DAVIU ESCOLA	25,00		10,00		6.975.866	347.345	A(prov)	2	11-03-03		51.948.645
36	ND-0302-585	04-04-01	JUAN ADOLFO DIAZ CAMPILAY	10,00		3,50		6.976.067	349.912	A(prov)	8	22-08-02		52.059.021
37	ND-0302-586	04-04-01	NATIMAN JESUS FLORES DIAZ	15,00		10,00		6.975.849	347.126	A(prov)	9	22-08-02		52.374.381

## SECTOR 6, PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
38	ND-0302-589	04-04-01	NELSO ENRIQUE MONARDEZ ARREDONDO	5,00		5,00		6.976.158	348.569	A(prov)	23	18-11-02		52.532.061
39	ND-0302-592	04-04-01	OSCAR RODOLFO EDUARD ORELLANA TORO	15,00		4,00		6.976.618	348.893	A(prov)	10	22-08-02		52.658.205
40	ND-0302-594	04-04-01	ARNALDO OMAR PIZARRO ALVAREZ	5,00		5,00		6.976.018	348.689	A(prov)	12	22-08-02		52.815.885
41	ND-0302-596	04-04-01	VERONICA DEL CARMEN RIVERA GUERRA	5,00		3,50		6.976.586	348.228	A(prov)	13	22-08-02		52.926.261
42	ND-0302-597	04-04-01	SERGIO RUBILAR LUFFI	5,00		3,00		6.976.706	348.711	A(prov)	14	22-08-02		53.020.869
43	ND-0302-599	04-04-01	JOSE MANUEL VALLEJO GODOY	20,00		3,90		6.974.644	339.727	A(prov)	27	18-11-02		53.143.859
44	ND-0302-600	04-04-01	RAFAEL VICTOR DAVIU ESCOLA Y OTROS	15,00		8,00		6.976.296	347.701	A(prov)	28	18-11-02		53.396.147
45	ND-0302-601	04-04-01	CESAR DEL ROSARIO VALDIVIA JERALDO	20,00		4,00		6.975.966	347.589	A(prov)	29	28-11-03		53.522.291
46	ND-0302-602	04-04-01	CRISTIAN SEPULVEDA VILLAGRAN Y OTR	10,00		4,00		6.976.229	348.494	A(prov)	29	18-11-02		53.648.435
47	ND-0302-603	04-04-01	JORGE JAVIER VALDIVIA JERALDO	20,00		5,00		6.976.013	347.193	A(prov)	30	28-11-03		53.806.115
48	ND-0302-606	04-04-01	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	18,00		18,00		6.974.962	323.448	A(prov)	16	30-08-02		54.373.763
49	ND-0302-607	04-04-01	SOC. MEDICA Y COMERCIAL LA PIRAMIDE LTDA.	20,00		4,83		6.977.759	350.832	A(prov)	30	18-11-02		54.526.082
50	ND-0302-608	04-04-01	SOCIEDAD MEDICA Y COMERCIAL MEDANES LTDA.	20,00		8,30		6.977.500	350.524	A(prov)	17	30-08-02		54.787.831
51	ND-0302-609	04-04-01	OSVALDO EDDIE CARVAJAL GALLARDO	6,00		5,40		6.977.102	348.988	A(prov)	18	30-08-02		54.958.125
52	ND-0302-606	04-04-01	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	29,00		29,00		6.975.118	324.279	A(prov)	16	30-08-02		55.872.669
53	ND-0302-606	04-04-01	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	17,00		17,00		6.975.446	324.288	A(prov)	16	30-08-02		56.408.781
54	ND-0302-611	10-04-01	FERNANDO ENRIQUE PIZARRO JARA	12,00		5,50		6.979.195	346.652	A(prov)	31	18-11-02		56.582.229
55	ND-0302-613	16-04-01	CLAUDIO ALEJANDRO CONSTANZO OVIEDO	20,00		5,50		6.977.273	350.649	A(prov)	19	30-08-02		56.755.677
56	ND-0302-614	17-04-01	JULIO ERNESTO SANTANDER NOEMI	60,00		10,00		6.976.911	348.703	A(prov)	20	30-08-02		57.071.037
57	ND-0302-617	23-04-01	HUMBERTO RICARDO PRADO MORALES	5,00		2,00		6.976.656	348.204	A(prov)	5	11-03-03		57.134.109
58	ND-0302-631	28-05-01	ALIRO TORRES QUEIROLO Y OTROS	15,00		5,00		6.976.714	349.206	A(prov)	7	11-03-03		57.291.789
59	ND-0302-635	29-05-01	MANUEL EDUARDO JORQUERA GRENET	100,00		10,00		6.978.061	350.148	A(prov)	8	11-03-03		57.607.149
60	ND-0302-635	29-05-01	MANUEL EDUARDO JORQUERA GRENET	100,00		10,00		6.978.493	350.023	A(prov)	8	11-03-03		57.922.509
61	ND-0302-636	05-06-01	ALBA DEL CARMEN PIZARRO IRELAND	5,00		3,00		6.977.936	351.950	A(prov)	35	18-11-02		58.017.117
62	ND-0302-638	08-06-01	JUAN RAMON OMON PINTO	7,00		2,80		6.976.361	348.634	A(prov)	9	11-03-03		58.105.418
63	ND-0302-639	08-06-01	MARIO ERIQUE ROBLES	20,00		6,60		6.976.111	347.745	A(prov)	10	11-03-03		58.313.556
64	ND-0302-640	08-06-01	HERNAN ABRAHAM CARVAJAL GALLARDO	10,00		5,60		6.977.280	348.945	A(prov)	37	18-11-02		58.490.157
65	ND-0302-641	08-06-01	GUILLERMINA DEL CARM VERASAY FUENTES	10,00		4,00		6.974.683	339.892	A(prov)	38	18-11-02		58.616.301
66	ND-0302-650	29-06-01	MARIANA REGINA MAYORGA MARCOS	20,00		5,00		6.977.334	349.615	A(prov)	39	18-11-02		58.773.981
67	ND-0302-655	13-07-01	NANCY ELIANA CORREA PIZARRO	20,00		2,00		6.977.827	349.937	A(prov)	11	11-03-03		58.837.053
68	ND-0302-657	24-07-01	JUAN ANIBAL DIAZ DIAZ	10,00		2,50		6.977.367	348.711	A(prov)	17	11-03-03		58.915.893
69	ND-0302-669	28-08-01	MARIA EUGENIA CUBILLO ESPINOZA	45,00		10,00		6.978.395	351.405	A(prov)	13	11-03-03		59.231.253
70	ND-0302-670	29-08-01	SOCIEDAD ARAVENA NOEMI Y CIA. LTDA.	20,00		7,00		6.977.599	350.957	A(prov)	14	11-03-03		59.452.005
71	ND-0302-671	30-08-01	LILIANA DE LOURDES BORDOLI BOWN	10,00		8,00		6.977.740	351.233	A(prov)	15	11-03-03		59.704.293
72	ND-0302-672	30-08-01	WOLFGANG ALFRED HELMUT GRIEM	10,00		5,00		6.977.754	351.472	A(prov)	16	11-03-03		59.861.973
73	ND-0302-675	07-09-01	ARAYA HERMANOS LTDA.	90,00		10,00		6.977.709	349.148	A(prov)	1	15-01-04		60.177.333
74	ND-0302-683	02-11-01	SOCIEDAD AGRICOLA V Y C	53,00		10,00		6.976.405	345.800	A(prov)	3	06-05-04		60.492.693

## SECTOR 6, PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA

N°	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Resolución	Ley N° 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
75	ND-0302-684	02-11-01	SOCIEDAD AGRICOLA V Y C	80,00		19,37		6.974.935	340.645	A(prov)	4	06-05-04		61.103.546

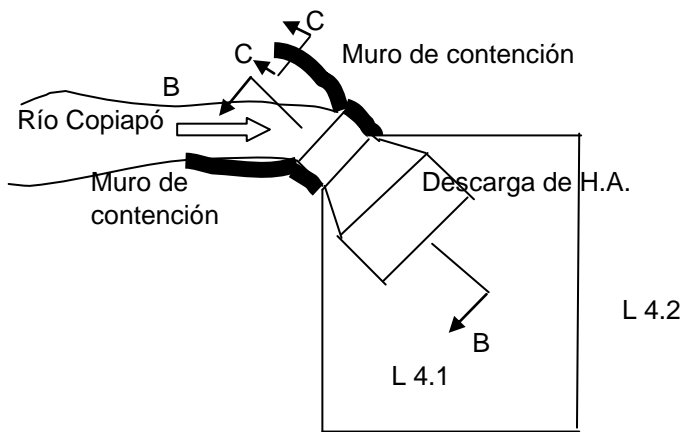
**ANEXO V.5**

**A.V.1 ENLACE DE ALIMENTACIÓN DEL RÍO COPIAPÓ A LA LAGUNA L 4.1.**

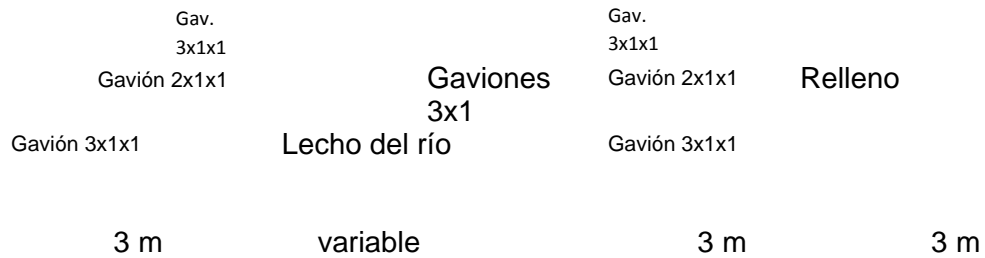
El río Copiapó enfrenta la primera laguna del sector Tierra Amarilla con la construcción de un enlace de descarga de hormigón armado compuesto de:

- Muros de contención para encauzar el río al enlace de descarga
- Descarga de hormigón armado a la laguna

**Figura A.V-1 Planta General esquemática del enlace.**



**Figura A.V-2 Vista C-C de los muros de encauzamiento**



**Tabla A.V-1 Costo unitario del Gavión**

Costos unitarios materiales para confección de gaviones

Malla	10.800 \$/m <sup>3</sup>
Bolones	8.000 \$/m <sup>3</sup>
M O	2.000 \$/m <sup>3</sup>
Costo Gavión	20.800 \$/m <sup>3</sup>

**Dimensiones del muro.**

L c/muro gaviones	50 m
S transversal c/muro gaviones	6 m <sup>2</sup>
Volumen c/muro gaviones	300 m <sup>3</sup>

**Tabla A.V-2 Costo unitario \$/m<sup>3</sup> del relleno lateral**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (\$)	TOTAL (\$/m <sup>3</sup> )
<b>Mano de obra</b>				
Operador	HD	0,0059	50.765	298
Jornal	HD	0,0035	18.948	66
Cardcheck	HD	0,0005	25.025	13
Capataz	HD	0,0005	56.485	28
	Subtotal			405
<b>Equipos y herramientas</b>				
				0
Camion tolva 15 m3	HM	0,0371	27.170	1.008
Excavadora	HM	0,0052	37.180	193
Herramientas menores	c/u	1,0000	14	14
Bulldozer tipo D9	HM	0,0035	64.350	225
Equipos menores	c/u	1,0000	143	143
rodillo 10 ton	HM	0,0050	21.450	107
camión aljibe	HM	0,0025	13.585	34
	Subtotal			1.725
<b>Materiales</b>				
				0
Combustible	lt	0,9594	791	759
Materiales menores	c/u	1,0000	14	14
	Subtotal			774
	<b>Precio unitario neto al 31-12-2010</b>			<b>2.903</b>
	<b>Precio unitario neto UF al 31 -12-2010</b>			<b>0,1353</b>
	<b>Precio unitario neto \$ al 30 -06-201</b>			<b>\$ 3.062</b>

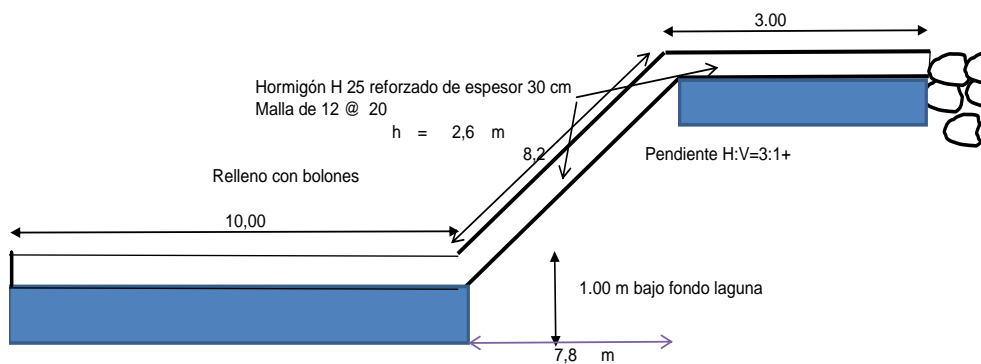
**Tabla A.V-3 Costo del relleno lateral**

Longitud del relleno	50 m
Volumen del relleno	475 m <sup>3</sup>
Costo unitario relleno	3.062 \$/m <sup>3</sup>
Costo Total relleno	\$ 1.454.364

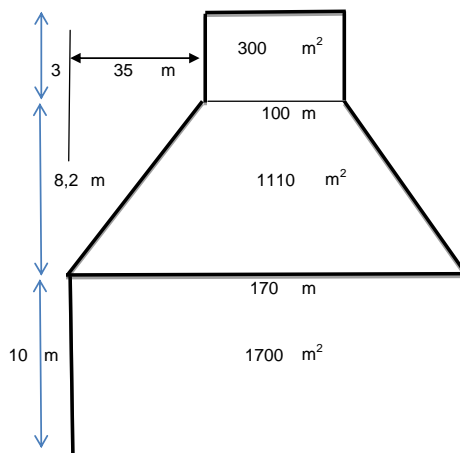
**Tabla A.V-4 Costo total de muros de contención**

	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Valor Total
Costo Muros Gaviones	m <sup>3</sup>	300	20.800	12.480.000
Costo Relleno	m <sup>3</sup>	475	3.062	1.454.364
Costo Total Muros de contención	\$			13.934.364

**Figura A.V-3 Vista B-B perfil típico de enlace a laguna L 4.1 desde nivel del río**



**Figura A.V-4 Planta esquemática de la descarga de hormigón con dimensiones**





**Tabla A.V-5 Cubicación y cálculo del costo de la Descarga desde el río a L 4.1**

Concepto	unidad	cantidad
Superficie enlace de hormigón armado	m <sup>2</sup>	2920
Espesor losa	cm <sup>2</sup>	30
Volumen losa	m <sup>3</sup>	876
Costo unitario del H. A.	\$/m <sup>3</sup>	244.892
Costo de la descarga de hormigón	\$	214.545.555

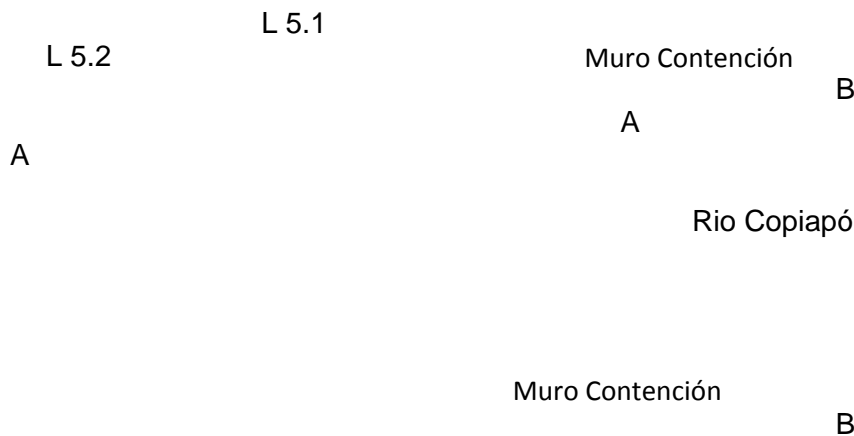
**Tabla A.V-6 Costo total del enlace en Sector 4 Tierra amarilla**

1	Costo muros de contención de gaviones	\$	13.934.364
2	Costo de la descarga de hormigón	\$	214.545.555
3	Costo total del enlace	\$	228.480.829

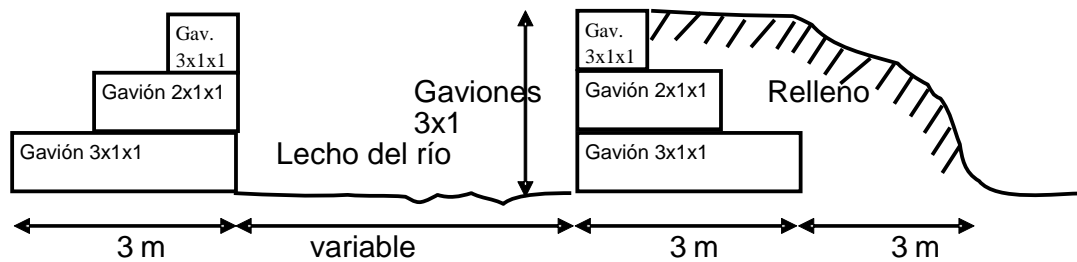
**A.V.2 ENLACE DE ALIMENTACIÓN DEL RÍO COPIAPÓ A LA LAGUNA L 5.1.**

El río Copiapó enfrenta la primera laguna del sector Toledo con la construcción de un enlace de hormigón reforzado que se detalla en los esquemas siguientes:

**Figura A.V-5 Planta General esquemática del enlace.**



**Figura A.V-6 Vista B-B del muro de encauzamiento**



**Tabla A.V-7 Costo unitario del Gavión**

Costos unitarios materiales para confección de gaviones

Malla	10.800 \$/m <sup>3</sup>
Bolones	8.000 \$/m <sup>3</sup>
M O	2.000 \$/m <sup>3</sup>
Costo Gavión	20.800 \$/m <sup>3</sup>

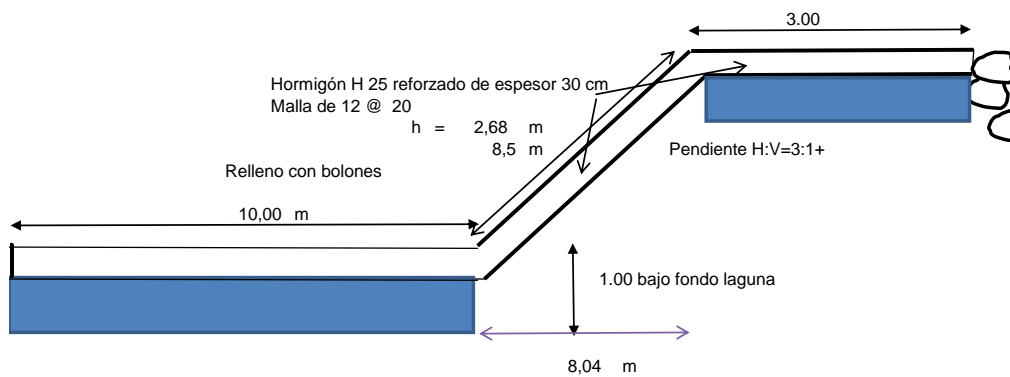
**Dimensiones del muro.**

L c/muro gaviones	60 m
S transversal c/muro gaviones	6 m <sup>2</sup>
Volumen c/muro gaviones	360 m <sup>3</sup>

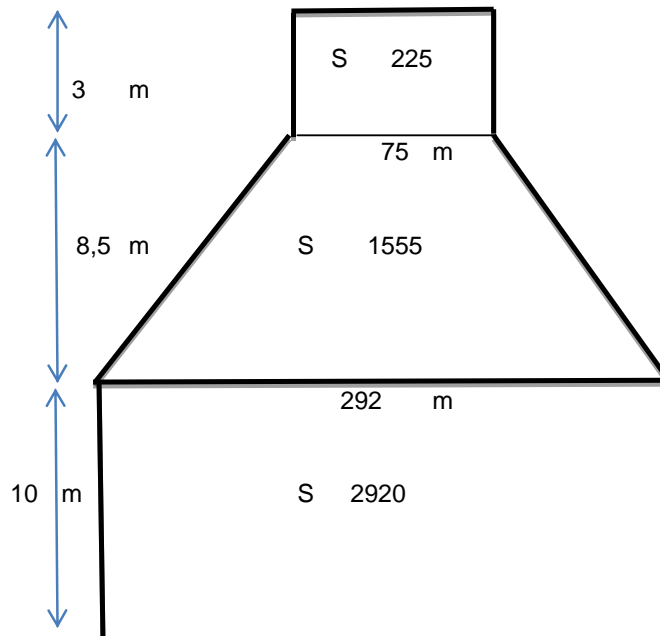
**Tabla A.V-8 Costo del relleno lateral**

Longitud del relleno	60 m
Volumen del relleno	570 m <sup>3</sup>
Costo unitario relleno	3.062 \$/m <sup>3</sup>
Costo Total relleno	\$ 1.745.237

**Figura A.V-7 Vista A-A perfil típico de enlace a laguna L 5.1 desde nivel del río**



**Planta esquemática de la descarga de hormigón con dimensiones**




**Tabla A.V-9 Cubicación y cálculo del costo de la Descarga desde el río a L 5.1**

Concepto	unidad	cantidad
Superficie enlace de hormigón armado	m <sup>2</sup>	4700,3
Espesor losa	cm <sup>2</sup>	30
Volumen losa	m <sup>3</sup>	1410
Costo unitario del H. A.	\$/m <sup>3</sup>	244.892
Costo de la descarga de hormigón	\$	345.322.312

**Tabla A.V-10 Costo total del enlace en Sector 5 Toledo**

1	Costo muros de contención de gaviones	\$	16.721.237
2	Costo de la descarga de hormigón	\$	345.322.312
3	Costo total del enlace	\$	362.043.549



**“ESTUDIO PREFACTIBILIDAD  
“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS  
PARA SU UTILIZACIÓN EN RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO  
COPIAPÓ” REGIÓN DE ATACAMA”**

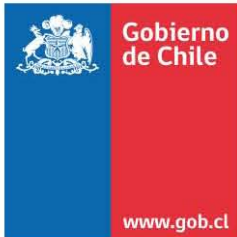
**INFORME FINAL  
RESUMEN EJECUTIVO**

**SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2012**



**Gobierno regional de Atacama**





**Comisión Nacional de Riego  
Gobierno Regional - Región de Atacama**

**“ESTUDIO PREFACTIBILIDAD “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS  
SUBTERRÁNEAS PARA SU UTILIZACIÓN EN RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ”  
REGIÓN DE ATACAMA”**

**INFORME FINAL  
RESUMEN EJECUTIVO**

**SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2012**

**Estudio Elaborado por:**



**Jorquera & Asociados S.A.** Monseñor Félix Cabrera 62 Piso 2º B Providencia, Santiago, Chile  
Teléfono: (562) 2232 4798 E-Mail: [ljg@jorquera.cl](mailto:ljg@jorquera.cl)

## **RESUMEN EJECUTIVO, INDICE**

### **I. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD**

<b>I.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>I.2 ANÁLISIS DE LA RECARGA</b>	<b>7</b>
I.1.2 CONDICIÓN 1	7
I.2.2 CONDICIÓN 2	9
I.2.3 CONDICIÓN 3	11
<b>I.3 EVALUACION ALTERNATIVAS</b>	<b>13</b>
I.3.1 DEFINICION ALTERNATIVAS	13
I.3.2 EVALUACION AMBIENTAL	14
I.3.3 MODELACION ALTERNATIVAS	15
I.3.4 ALTERNATIVA SELECCIONADA	18
<b>I.4 DISEÑOS PRELIMINARES</b>	<b>19</b>
<b>I.5 CONCLUSIONES</b>	<b>22</b>
I.5.1 RESUMEN DE CONCLUSIONES	22
I.5.2 GENERALES SOBRE LA RECARGA DE ACUÍFERO	24
I.5.3 CONCLUSIONES RELACIONADAS CON LA MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS	24
I.5.4 CONCLUSIONES RELACIONADAS CON LA AGRICULTURA Y RIEGO	27
I.5.5 CONCLUSIONES ESTUDIO AMBIENTAL	29
I.5.6 CONCLUSIONES SOBRE ASPECTOS LEGALES	31
I.5.7 CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA, COSTOS, BENEFICIOS	32
<b>I.6 RECOMENDACIONES</b>	<b>34</b>

### **II. ESTUDIO ANÁLISIS AMBIENTAL**

<b>II.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL</b>	<b>37</b>
<b>II.2 ENFOQUE METODOLÓGICO</b>	<b>37</b>
<b>II.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>38</b>

<b>II.4 CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>39</b>
II.4.1 MEDIO FÍSICO	39
II.4.2 MEDIO BIÓTICO	40
II.4.3 MEDIO HUMANO Y CULTURAL	42
<b>II.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL DE LAS ZONAS PREDEFINIDAS</b>	<b>43</b>
<b>II.6 ANÁLISIS AMBIENTAL DE CARÁCTER GENERAL Y ESPECÍFICO</b>	<b>44</b>
<b>II.7 ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA Y MODALIDAD DE INGRESO AL SISTEMA     DE EVALUACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>44</b>
<b>II.8 ANÁLISIS AMBIENTAL DE LAS OBRAS DE RECARGA</b>	<b>44</b>
<b>II.9 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>	<b>45</b>
<b>II.10 CAUDAL ECOLÓGICO</b>	<b>45</b>
<b>II.11 ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE APLICAR LEY DE BOSQUENATIVO N°20.283</b>	<b>46</b>
<b>II.12 ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE APLICACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO SOCIAL</b>	<b>46</b>
<b>II.13 ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE APLICACIÓN DE AMPLIACIÓN     DE ESTUDIOS ARQUEOLÓGICOS</b>	<b>47</b>
<b>II.14 PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL</b>	<b>47</b>
<b>II.15 IDENTIFICACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES</b>	<b>47</b>
<b>II.16 APROXIMACIÓN DE LOS COSTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL PROYECTO</b>	<b>47</b>
<b>III. ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA</b>	
<b>III.1 ANTECEDENTES GENERALES PAC</b>	<b>48</b>
<b>III.2 ENFOQUE METODOLÓGICO</b>	<b>48</b>
<b>III.3 DESCRIPCIÓN DE PROYECTO</b>	<b>48</b>
<b>III.4 RESULTADOS</b>	<b>49</b>
III.4.1 CONTEXTUALIZACIÓN SOCIAL Y TERRITORIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA	49
III.4.2 APLICACIÓN DE ENTREVISTAS A ACTORES CLAVES	52
III.4.3 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN ACTORES RELEVANTES	53
III.4.4 DIFUSIÓN A LOS ACTORES RELEVANTES IDENTIFICADOS, LOS OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO	53



## **RESUMEN EJECUTIVO**

# **MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA SU UTILIZACIÓN EN RIEGO EN EL RIO COPIAPÓ. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD.**

## **I INGENIERÍA CIVIL**

### **I.1 INTRODUCCIÓN**

Por Resolución de la Comisión Nacional de Riego CNR 3568 de 10 Noviembre de 2011 se adjudicó a la Consultora Jorquera y Asociados S. A. La Licitación Pública para la ejecución del estudio de prefactibilidad “Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su utilización en Riego en la cuenca del Río Copiapó”.

Se suscribió enseguida un Contrato de Prestación de Servicios con fecha 30 de Noviembre 2012. La iniciación de los trabajos de este contrato fue el 2 Diciembre 2011 y el plazo de ejecución de 365 días. Enseguida se estableció la entrega de informes según un calendario que se consigna en el contrato.

El objetivo del estudio es el siguiente:

**Analizar alternativas a nivel de prefactibilidad, de obras de infiltración del agua subterránea para su uso en riego, proponiendo obras que permitan la utilización óptima de los recursos superficial y subterráneo a través de recarga y del embalsamiento natural o artificial en el acuífero**

El Informe Final contiene los siguientes capítulos:

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CAPITULO I: RECOPIACION ANTECEDENTES**

#### **CAPITULO II: ESTUDIOS BÁSICOS.**

#### **CAPITULO III: ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE RECARGA Y ALMACENAMIENTO**

#### **CAPITULO IV: ESTUDIOS AGRONÓMICOS**

#### **CAPITULO V: DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE RECARGA**

#### **ANEXOS**

Los CAPITULOS I Y II contienen antecedentes necesarios para el estudio. Señalamos en el II.1 la determinación de los excedentes hidrológicos asociados a probabilidades que sirven para estimar los volúmenes de recursos superficiales susceptibles de utilizar para infiltración.

El CAPÍTULO III analiza en toda la cuenca los lugares en la superficie para construir obras de recarga, los métodos que se podrían utilizar para hacer la infiltración. Sobre la base de procesar las alternativas con un modelo de SERNAGEOMIN, establecer costos preliminares, y estudiar los

impactos ambientales posibles, se recomiendan los lugares y procedimientos más adecuados para infiltrar.

En el CAPÍTULO IV, paralelamente con los estudios de ingeniería se identifican el área de influencia del proyecto, los potenciales usuarios de las obras de recarga, la situación actual agropecuaria y la perspectiva de los mercados, y precios de los productos agrícolas en relación con la aplicación de un proyecto de recarga.

En el CAPITULO V, en los lugares ya identificados en el Capítulo III se hacen diseños preliminares de las obras de recarga, se calculan sus costos y se emiten planos. Integrando la información de costos de inversión y operación de costos de las obras con los antecedentes agro económicos del CAPITULO IV, se hace la evaluación económica y social siguiendo las normas y sugerencias del Ministerio de Desarrollo Social (MDS). Se complementa la proposición de obras con el Estudio de Análisis Ambiental y con una evaluación de los aspectos legales para su construcción.

Las CONCLUSIONES se presentan clasificadas según las especialidades que correspondan y entre las RECOMENDACIONES se identifican acciones para elaborar un Plan de Acción a continuación para la continuación de este proyecto.

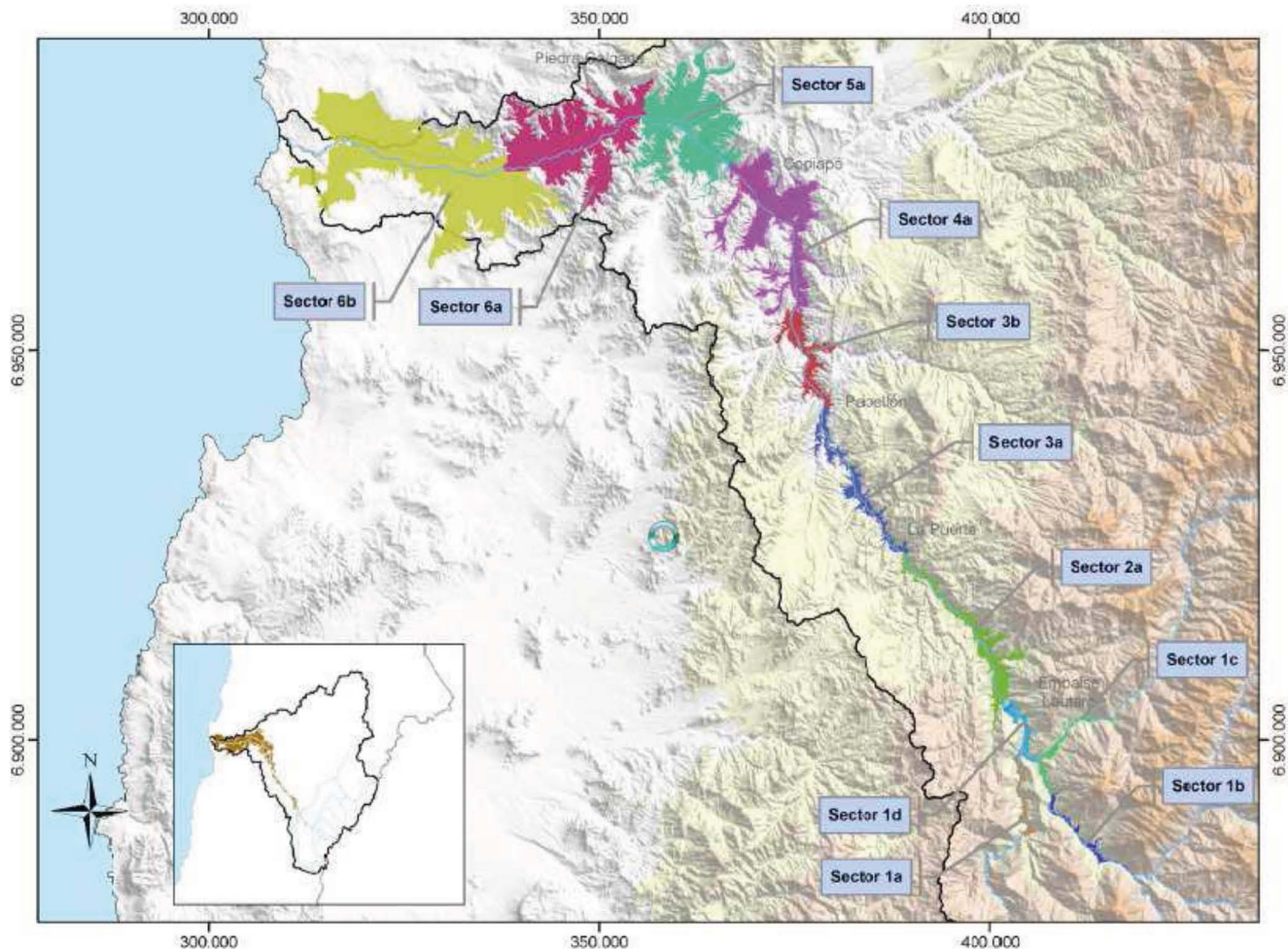
Una sección de ANEXOS complementa las materias con documentos que sirven para una mayor explicación de los contenidos de los capítulos, en el caso que ello se requiera.

Separadamente en el Volumen II se presenta in extenso, el Estudio de Análisis Ambiental, EAA y la Participación Ciudadana PAC.

En la versión digital se incluye un archivo "LÉEME. doc" explicativo de los contenidos del resto de los documentos digitales.

Este RESUMEN EJECUTIVO contiene la descripción de los trabajos realizados y las Conclusiones y Recomendaciones que se han obtenido consecuencia de este estudio.

A continuación en la Fig. RE 1 se muestra la sectorización hidrogeológica aceptada por la DGA, utilizada en todos los estudios recientes, validada por el consultor y utilizada como referencial en este estudio.



**Fig. RE 1. Acuíferos del valle del río Copiapó (Sectores Hidrogeológicos DGA y modelo SERNAGEOMIN)**

El recopiló y analizó toda la información disponible sobre el uso del suelo agrícola y construyó la Tabla RE-1 en que se identifican, por sector hidrogeológico, los principales rubros y las fuentes de información utilizadas. Se llega a un total de 10.139 ha regada en la temporada 2010-2011. La encuesta realizada por el consultor en noviembre 2012 en el sector hidrogeológico 5 acusa una tendencia a la baja en la superficie regada para uso agrícola.

**Tabla RE-1 USO DEL SUELO AGRÍCOLA**

SECTOR	PARRONALES (1)		OLIVOS (2)		HORTALIZAS (3)		GRANADOS (4)		OTROS (5)		S/I		TOTAL	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	1.189,1	17,3	0,0	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0	66,8	5,5	0,0	0,0	1.256,8	12,4
2	1.739,0	25,3	0,0	0,0	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.740,9	17,9
3	2.433,2	35,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	5,7	2.445,2	25,1
4	460,5	6,7	72,1	6,2	109,6	23,8	0,0	0,0	288,9	23,8	24,0	11,3	955,1	8,8
5	1.031,0	15,0	80,3	6,9	149,3	32,4	202,4	93,9	40,1	3,3	82,0	38,7	1.585,1	19,0
6	20,6	0,3	1.010,9	86,9	199,0	43,2	13,1	6,1	176,0	14,5	94,0	44,3	1.513,6	14,7
S/I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	642,2	52,9	0,0	0,0	642,2	2,0
<b>TOTAL</b>	<b>6.873,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1.163,3</b>	<b>100,0</b>	<b>460,7</b>	<b>100,0</b>	<b>215,5</b>	<b>100,0</b>	<b>1.214,0</b>	<b>100,0</b>	<b>212,0</b>	<b>100,0</b>	<b>10.138,9</b>	<b>100,0</b>

**TABLA RE-1 PROYECCIÓN DEL USO ACTUAL DEL SUELO POR TIPO DE CULTIVOS Y POR SECTOR CORREGIDAS DE ACUERDO A LOS ANTECEDENTES DEL CATASTRO FRUTICOLA 2011 Y DATOS DEL CENSO AGROPECUARIO 2007**
**FUENTE:** Estudio DICTUC Tomo 3 pag 21 Figura 3-9 DICTUC ENERO 2010. Catastro Frutícola 2011. Censo Agropecuario 2007

(1) (2) Y (4) Catastro Frutícola

(3) Cifras del Censo Agropecuario 2007 reducidas en 31,17% conforme a contracción de la superficie total de hortalizas de la Región en el período 2007 a 2010

(5) Cifras censo Agropecuario incluye: Forrajes (245,7 ha), papas, flores y almácigos 21,2 ha); cultivos industriales permanentes (28,6 ha); otros frutales y huertos caseros (640,5 ha); vid vinífera y pisquera (275,3 ha).

## **I.2 ANÁLISIS DE LA RECARGA**

Hay 3 elementos principales en el análisis del acuífero que inciden en la factibilidad de realizar recarga artificial:

- Que exista un espacio no saturado bajo el nivel estático máximo histórico y que existan las condiciones hidrogeológicas para infiltrar.
- Que exista disponibilidad del recurso de agua superficial para infiltrar.
- Que se disponga o pueda disponer de superficie para el emplazamiento de las obras.

### **I.2.1 Condición 1: Que exista espacio no saturado**

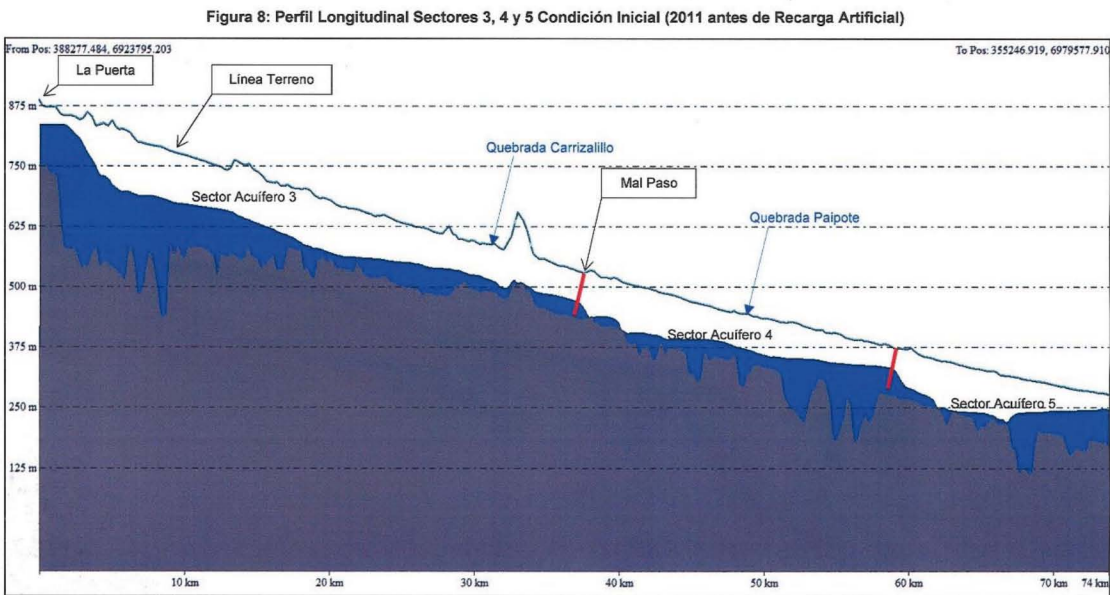
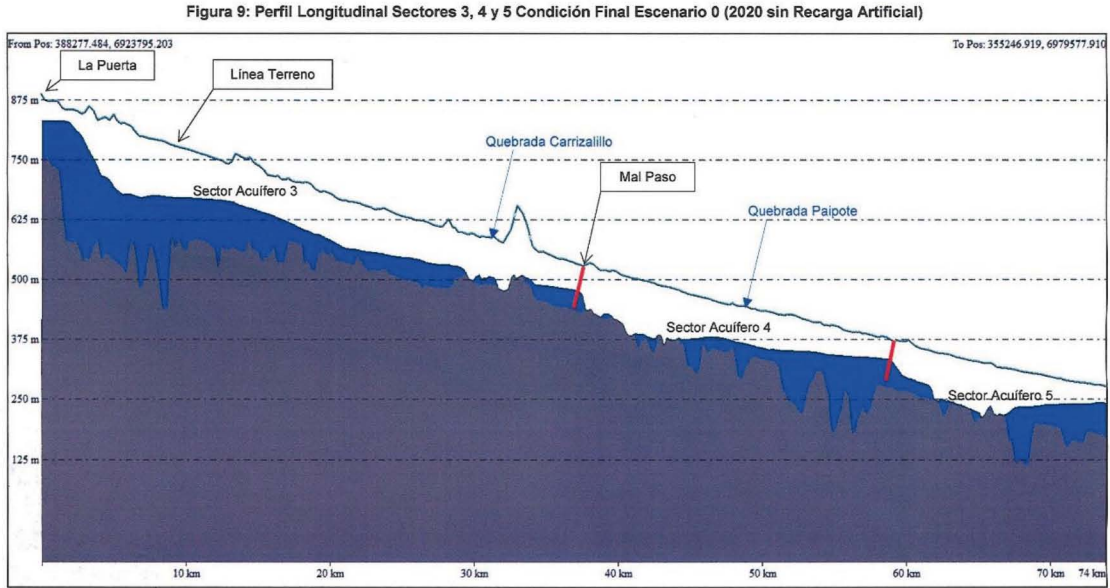
#### **Profundidades del Nivel Estático**

Hay sectores acuíferos en que se han producido descensos de niveles según datos de SERNAGEOMIN:

- Sector 1 entre 15 y 50 metros en Iglesia Colorada y Manflas respectivamente con datos de 2010 y 2009 respectivamente.
- Sector 2 entre 10 y 20 metros en pozos en Fundo San Antonio y Goyo Diaz respectivamente hasta 2009 y 2010 respectivamente.
- Sector 3 entre 30 y 35 metros entre Quebrada Cerrillos y Nantoco, con datos hasta 2006 y 2010.
- Sector 4 entre 20 y 80 metros según datos no oficiales hasta 2012.
- Sector 5 hasta 30 metros según datos hasta 2009, en Valle Dorado.
- Sector 6 hasta 5 metros en sector Hacienda Margarita.

En la Fig.RE-2 siguiente, generada sobre la base de datos del modelo SERNAGEOMIN, utilizado en este estudio, se puede ver los descensos de niveles, actual y futuro sin obras de recarga. El resultado es que hay un espacio no saturado que puede recibir la recarga de agua superficial disponible en las crecidas.

**Figs. RE-2 y RE-3 Descenso de Niveles de los acuíferos**



## I.2.2 Condición 2: Que exista disponibilidad del recurso:

### a) Recarga Natural

De acuerdo al SERNAGEOMIN, los sectores 1 y 2 reciben recarga periódicamente, cada 4 ó 5 años rellenan sus acuíferos. Frente a un año de elevada escorrentía en el río Copiapó, la recarga natural será suficiente para producir el llenado del acuífero, sin necesidad de recurrir a un proceso de recarga artificial.

En el sector 3 se prevé que para una crecida elevada (equivalente a la de los años 1983 a 1988), los niveles estáticos subirán por encima de su máximo histórico (considerando el registro de 1960-1988). Este sector también se beneficia de las infiltraciones en los sectores 1 y 2, al aumentar el caudal de salida por las vertientes aguas arriba de La Puerta.

El sector 4, recarga por percolación de canales, riego de los sectores aguas arriba e infiltración del río.

Los sectores 5 y 6 solo recargan a través de infiltración de las aguas del río.

**Tabla RE-2: Recargas Anual Promedio por Sector en Modelo Copiapó (1993-2006)**

Infiltracion Total		
Sector	Caudal (l/s)	Caudal (Mm3/año)
1 Arriba Embalse Lautaro	1076	33.92
2 Embalse Lautaro - La Puerta	166	5.23
3 La Puerta - Mal Paso	1039	32.78
4 Mal Paso - Copiapó	683	21.54
5 Copiapó - Piedra Colgada	185	5.84
6 Piedra Colgada - Angostura	120	3.79

**Fuente: Modelo Sernageomin 2012**

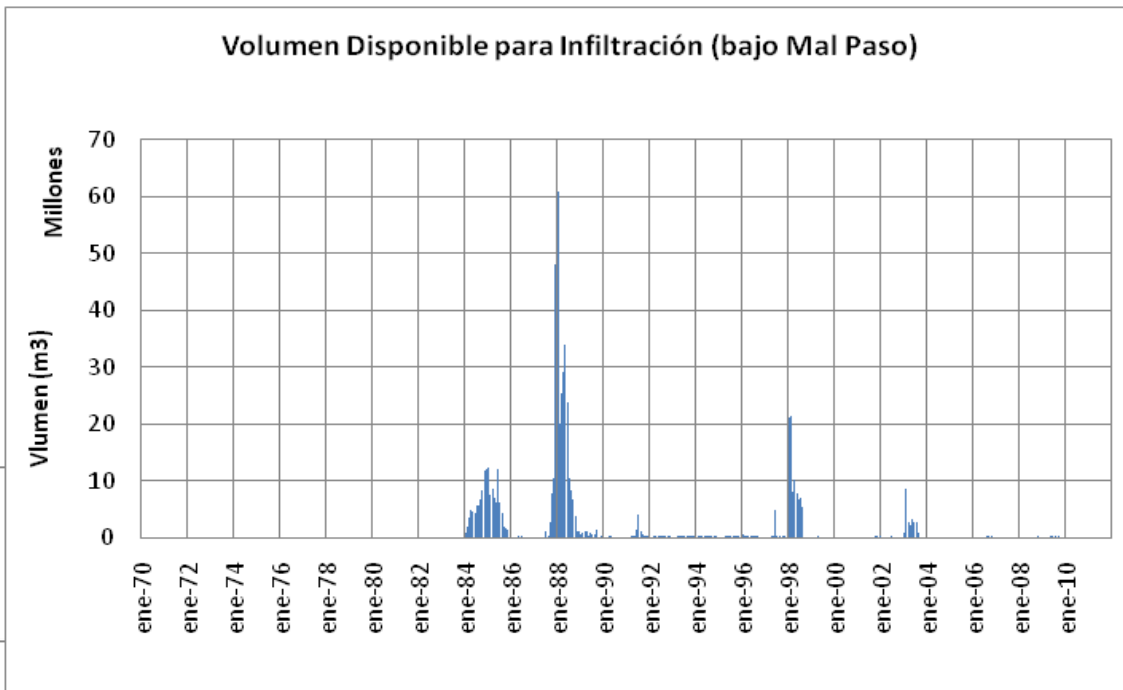
Estos valores, corresponden a la sumatoria de los tres factores de recarga que provienen de: la percolación en canales, la recarga por riego, e infiltración de las aguas del río Copiapó para cada uno de los 6 sectores acuíferos

**b) Disponibilidad para Infiltrar por Recarga Artificial**

Se desarrolló una serie de volúmenes mensuales disponibles para infiltración artificial para todos los años con la estadística disponibles. Dicha serie de volúmenes se resumió en un gráfico de volúmenes mensuales posibles de infiltrar, el que se presenta en el Gráfico RE-1 Volúmenes Mensuales Disponibles de Infiltrar (*Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012*)

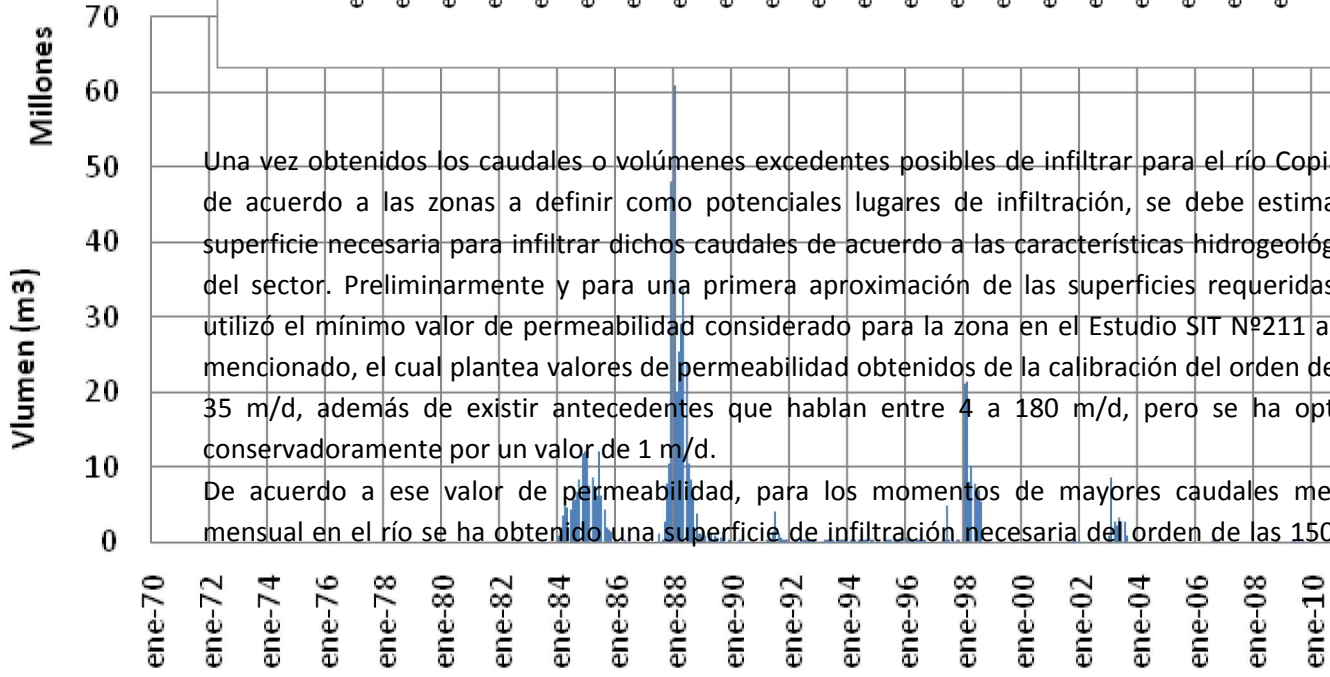
RE-1, y que corresponden a los volúmenes excedentes de la estación Mal Paso que se encuentran disponibles para ser infiltrados, tanto natural como artificialmente, Estos volúmenes se obtienen a partir de la estadística de escurrimientos de la estación Mal Paso aguas arriba de la bocatoma descontada la demanda de este correspondiente a los 2m<sup>3</sup>/s a nivel mensual

**Gráfico RE-1 Volúmenes Mensuales Disponibles de Infiltrar (*Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012*)**



Una vez obtenidos los caudales o volúmenes excedentes posibles de infiltrar para el río Copiapó, de acuerdo a las zonas a definir como potenciales lugares de infiltración, se debe estimar la superficie necesaria para infiltrar dichos caudales de acuerdo a las características hidrogeológicas del sector. Preliminarmente y para una primera aproximación de las superficies requeridas, se utilizó el mínimo valor de permeabilidad considerado para la zona en el Estudio SIT N°211 antes mencionado, el cual plantea valores de permeabilidad obtenidos de la calibración del orden de 3 a 35 m/d, además de existir antecedentes que hablan entre 4 a 180 m/d, pero se ha optado conservadoramente por un valor de 1 m/d.

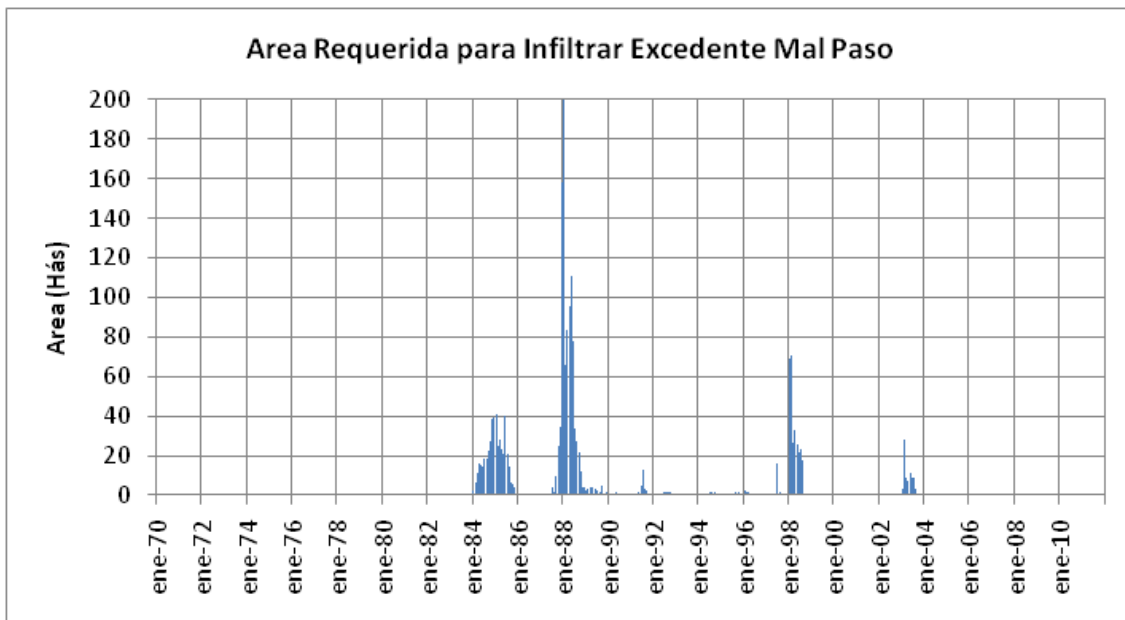
De acuerdo a ese valor de permeabilidad, para los momentos de mayores caudales medios mensual en el río se ha obtenido una superficie de infiltración necesaria del orden de las 150 ha.





Esta superficie puede distribuirse espacialmente a lo largo del lecho del río en los sectores de interés, es decir los sectores 4 y 5, si se considera que el sector entre Mal Paso y Angostura constituye una zona de infiltración natural importante en aquellos períodos en que el río conduce una caudal superior a la capacidad de porteo del canal Mal Paso de 2 m<sup>3</sup>/s, dejando pasar el excedente, el cual se infiltra parcialmente en dicha zona.

**Gráfico RE-2: Área Requerida para Infiltrar (Fuente: Jorquera Ingeniería, 2012)**



**I.2.3 Condición 3: Que existan superficies para instalar las obras de recarga.**

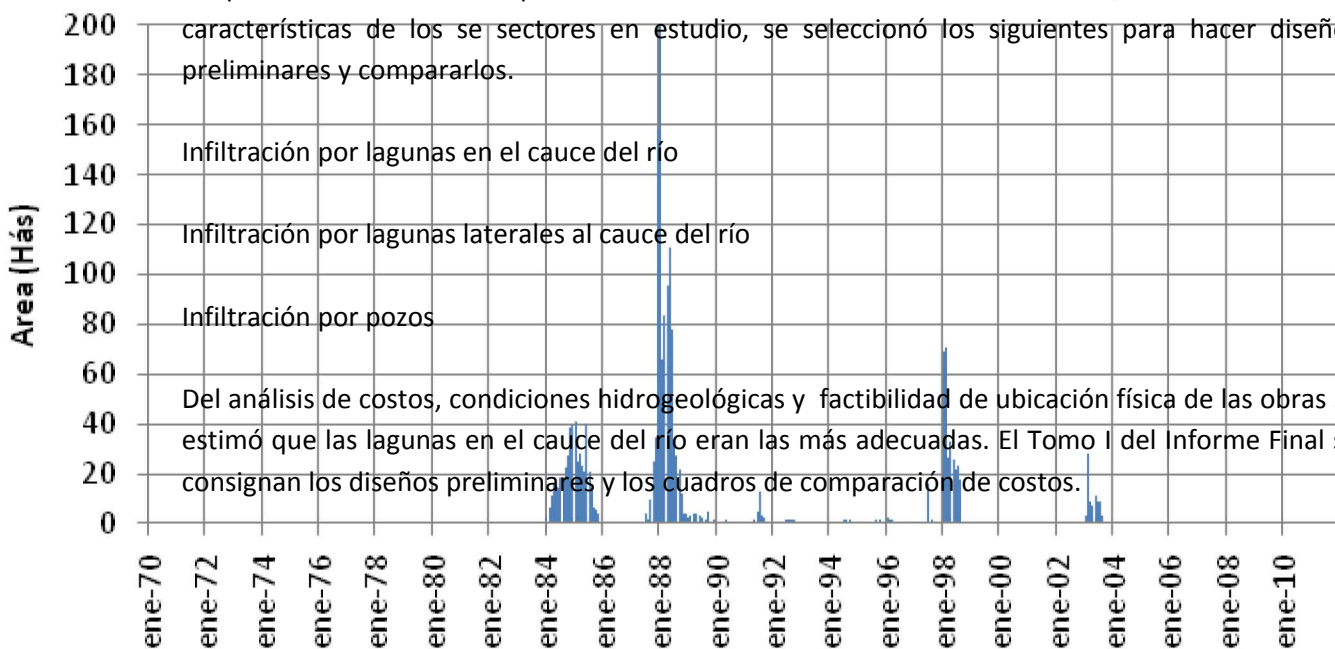
Se hizo un completo análisis de los métodos de recarga posibles en la cuenca del río Copiapó. Después de un análisis preliminar de todos los métodos conocidos, considerando las características de los sectores en estudio, se seleccionó los siguientes para hacer diseños preliminares y compararlos.

Infiltración por lagunas en el cauce del río

Infiltración por lagunas laterales al cauce del río

Infiltración por pozos

Del análisis de costos, condiciones hidrogeológicas y factibilidad de ubicación física de las obras se estimó que las lagunas en el cauce del río eran las más adecuadas. El Tomo I del Informe Final se consignan los diseños preliminares y los cuadros de comparación de costos.





**Selección y Recomendaciones sobre los Métodos de Infiltración:**

En función de las características hidrogeológicas de los sectores, el comportamiento de la recarga y las superficies disponibles, se recomendó:

- En el sector de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, efectuar escarificaciones del río para aumentar su recarga natural.
- Entre La Puerta y Mal Paso, se recomienda escarificación del río y perfilaje de su cauce.
- Entre Mal Paso y Copiapó se recomienda lagunas de infiltración, en los sectores de Tierra Amarilla y Punta Negra,
- Entre Copiapó y Piedra Colgada, En el sector de Toledo se recomienda hacer lagunas de infiltración.
- Entre Piedra Colgada y Angostura, se recomienda una escarificación del lecho del río entre Piedra Colgada y Hacienda Margarita.

### **I.3 EVALUACION ALTERNATIVAS**

#### **I.3.1 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS**

Las lagunas fueron proyectadas en el lecho del río en los sectores acuíferos 4 y 5, debido a que son los sectores que presentan las mayores depresiones (disponibilidad de espacio no saturado), buenas condiciones hidrogeológicas para efectuar la infiltración, y la existencia de lugares adecuados para la construcción de las obras. El lecho del río es el lugar que presenta las mejores características de conductividad hidráulica así como espacio suficiente para la implementación de dicha solución.

El Sector 3, que también cuenta con condiciones hidrogeológicas favorables para la recarga artificial, es un tramo del valle angosto y de un desarrollo agrícola importante, con un ancho medio del cauce de aprox. 40 metros, por lo que no presenta extensiones de terreno suficiente para desarrollar obras de estas características, lo que significaría expropiar y disminuir el área productiva, con un costo mayor por expropiaciones.

Por lo tanto se han propuesto dos zonas de infiltración en el sector 4 y una en el sector 5.

### I.3.2 EVALUACION AMBIENTAL ALTERNATIVAS

COMPONENTE	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5
<b>Biota Acuática</b>	Sólo se tienen referencias bibliográficas de presencia de especies vulnerables en los sectores 3-A y 3-B	No se presenta curso de agua natural	
<b>Vegetación Terrestre</b>	Sector 3-B: Extendida distribución de formaciones xerofíticas, especialmente formaciones de alta valor ecológico	Sector 4-A: Extendida distribución de formaciones xerofíticas, especialmente formaciones de alta valor ecológico	
<b>Fauna Terrestre</b>	No se evidenciaron especies en categorías de conservación	No se evidenciaron especies en categorías de conservación	En el sector 5-B se encontraron especies endémicas de poblaciones reducidas ( <i>Philodryas chamissonis</i> , <i>Liolaemus atacamensis</i> y <i>Liolaemus platei</i> )
<b>Asentamientos Humanos y población</b>	En el sector 3-A, la población solo se vería afectada por el movimiento de maquinaria durante la etapa de construcción	No se contempla población afectada	No se contempla población afectada
<b>Arqueología</b>	En los sectores de estudio no se estima alteración en el componente arqueológico debido a que no se evidenciaron hallazgos		

### **I.3.3 MODELACION ALTERNATIVAS**

#### **DEFINICION DE ALTERNATIVAS PARA MODELAR**

Se consideraron tres alternativas de modelación

**Alternativa 1 (Escenario 1):**

- Sector 4: recarga a través de lagunas de infiltración

**Alternativa 2 (Escenario 2):**

- Sector 5: recarga a través de lagunas de infiltración

**Alternativa 3 (Escenario 3):**

- Sector 4: recarga a través de lagunas de infiltración
- Sector 5: recarga a través de lagunas de infiltración

- La modelación se lleva a cabo a partir de modelo hidrogeológico desarrollado por SERNAGEOMIN en la plataforma Visual Modflow.
- La modelación de las obras se trabaja con un periodo de tiempo total más corto que el utilizado por el modelo original utilizando de los años 1993 al 2020, donde el periodo de interés y análisis se concentra de 2011 al 2020, periodo en que se simula la recarga artificial equivalente al periodo 1980-1988 periodo que no incluye el modelo original.
- En la evaluación económica y social se considera adicionalmente un escenario de una mucho mayor escasez hídrica

### MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS

#### Áreas de Recarga Sector 4

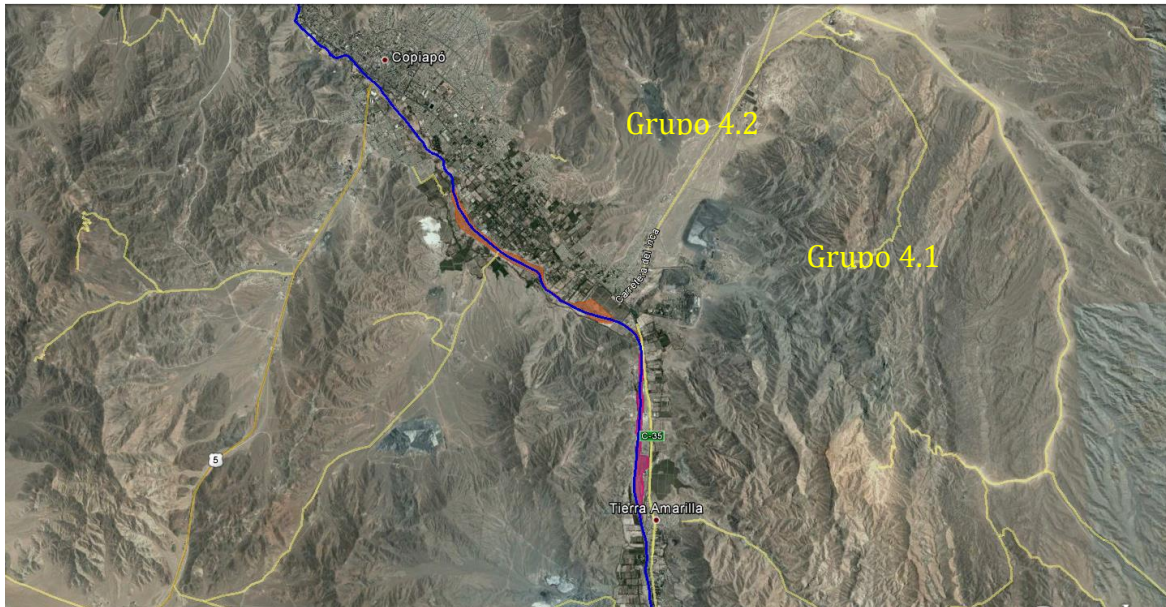


Fig. RE-4

### MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS

#### Áreas de Recarga Sector 5



Fig. RE-5

**Tabla RE-3 RESULTADOS MODELACION ALTERNATIVAS (Recargas Modelo por Sector)**  
**En millones de m3 por año, Mm3/año.**

Año	Total	Escenario 0 (Mm3/año)		Escenario 1 (Mm3/año)		Escenario 2 (Mm3/año)		Escenario 3 (Mm3/año)	
	Excedentes a Infiltrar (m3/año)	Sector 4	Sector 5	Sector 4	Sector 5	Sector 4	Sector 5	Sector 4	Sector 5
2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	764,208.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.76	0.38	0.38
2016	82,033,776.00	0.00	0.00	82.03	0.00	0.00	82.03	41.02	41.02
2017	57,421,008.00	0.00	0.00	57.42	0.00	0.00	57.42	28.71	28.71
2018	421,632.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.42	0.21	0.21
2019	131,470,128.00	0.00	0.00	131.47	0.00	0.00	131.47	65.74	65.74
2020	164,470,737.60	0.00	0.00	164.47	0.00	0.00	164.47	82.24	82.24
Suma	436,6			436,6		436,6		210,3	218,3

La suma de 436,6 millones de m3 es la recarga para cada escenario modelado

**Tabla RE-4**

<b>Área Beneficiada por Escenario (Ha.)</b>		
	<b>Sector 4</b>	<b>Sector 5</b>
Escenario 0	0.0	0.0
Escenario 1	5,140.0	536.0
Escenario 2	44.0	4,788.0
Escenario 3	2,640.0	4,492.0



### **I.3.4 ALTERNATIVA SELECCIONADA POR LA MODELACION**

MODELO SERNAGEOMIN. De los escenarios analizados se desprende que la mejor alternativa de obras corresponde al Escenario 3, en cuyo caso los recursos disponibles para recarga artificial se distribuyen entre el sector 4 y 5. Esto porque de un análisis conjunto de la variación del almacenamiento de todos los sectores de interés es el que presenta un mejor balance con -26 millones de m<sup>3</sup>, presentando un beneficio conjunto del acuífero con una mayor área beneficiada y no limitado a un solo sector. Sin embargo todas las opciones, considerando las limitaciones del modelo, a saber, están dentro de la envolvente de las opciones compatibles con el modelo considerando las limitaciones estructurales y de datos de entrada. El modelo considera un análisis y procesamiento sobre la base de datos anuales, el área definida en 150 ha se obtuvo de un valor arbitrario y conservador de **capacidad de infiltración de 1 m/d**, y el tamaño de las celdas no es el adecuado para el análisis de infiltración,

La cantidad de 150 ha, como área de infiltración, se predefinió considerando una capacidad de infiltración de 1m/día en forma uniforme. El modelo de SERNAGEOMIN empleado, se calibró con valores de capacidades de infiltraciones mayores y diferentes en cada celda.

#### **I.4 DISEÑOS PRELIMINARES**

Se diseñaron lagunas de infiltración en los sectores 4 y 5 elegidos. En las figuras a continuación se muestran, a escala 1:25000 las lagunas de infiltración y las áreas aledañas a las lagunas con detalles de fotografía satelital. Al final de este documento se acompañan los planos de las obras (sector 4 TIERRA AMARILLA y sector 5 TOLEDO) En los planos adjuntos se consignan los detalles de los diseños. En la sección siguiente se presentan las **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** que son consecuencias del diseño preliminar de estas obras y de todos los aspectos estudiados.

La simulación del proceso de infiltración realizada para este proyecto, empleó los valores de capacidad de infiltración del modelo calibrado por SERNAGEOMIN, por lo que el resultado del modelo arrojó las superficies necesarias en cada uno de los sectores de infiltración que corresponden a 23 ha en el sector 4 y 119 ha en el sector 5. Estas superficies satisfacen las salidas del proceso de simulación del modelo de SERNAGEOMIN.

En cualquier caso, la superficie final que se necesita para el proceso de infiltración se obtiene del resultado del proyecto piloto, en el que se medirá en terreno en diversos sectores la capacidad real de infiltración.

La superficie obtenida del modelo sirvió de base para el prediseño de las lagunas de infiltración. En la siguiente etapa de factibilidad será necesario tener la estimación de valores para el coeficiente de infiltración como resultado de las lagunas piloto que son imprescindibles. Además deberá contarse con un modelo que represente en mejor forma el proceso estudiado.

Si bien el modelo cumple con el objetivo de análisis del fenómeno de recarga artificial, esta herramienta cumple un rol principalmente de análisis cualitativo más que cuantitativo, dado que esta herramienta no representa fielmente el fenómeno de recarga natural en los periodos de mayor disponibilidad debido a las debilidades estructurales que este presenta y cuyas modificaciones serían objeto de una nueva modelación.

VER ARCHIVOS

SECTOR TIERRA AMARILLA\_FOTO

SECTOR TOLEDO\_FOTO

VER ARCHIVOS

SECTOR TIERRA AMARILLA\_FOTO

SECTOR TOLEDO\_FOTO

## **I.5 CONCLUSIONES**

### **I.5.1 RESUMEN DE CONCLUSIONES**

Los principales resultados del estudio son los siguientes:

Se identificó los caudales y volúmenes de agua superficial que son susceptibles de infiltrar, estimándose en unos 430 millones de m<sup>3</sup> disponibles cada 20 años. Volúmenes que actualmente descargan al mar en épocas de crecidas.

Se estableció los volúmenes no saturados de los acuíferos que hacen posible realizar esta recarga, y que alcanzan para los recursos disponibles para infiltrar. Asimismo se estableció que esta infiltración es posible en cuanto a las características hidrogeológicas de los acuíferos.

Se investigó los sitios posibles en que se podían construir obras para recargar y los métodos para realizar las recargas utilizando el modelo de simulación hidrogeológico preparado por SERNAGEOMIN y adaptado por el consultor. Se encontró los lugares más apropiados en razón de las demandas, de los consumos, utilización actual del suelo, baja interferencia con obras existentes, y se eligió la infiltración por lagunas en los sectores 4 y 5 como el método más conveniente.

También se investigó la viabilidad de estas obras en relación con posibles impactos ambientales negativos y medidas de mitigación de esos impactos, llegándose a la conclusión que ellos son mínimos en los sitios elegidos, existiendo impactos positivos por la recarga. Se definió una línea base, investigando las variables físicas, biológicas, sociales y de patrimonio arqueológico y patrimonial, para el seguimiento futuro de las situaciones ambientales.

Se hicieron diseños preliminares de obras para infiltrar y se establecieron sus costos. Se estudiaron los beneficios de la mayor disponibilidad del agua y se generaron índices de beneficio /costos siguiendo las normas de MIDEPLAN, índices que, en la mayoría de los casos, resultan atractivos para la inversión. Se identificaron las fórmulas posibles para el financiamiento de las obras y el marco legal para la construcción.

Los índices de inversión son mejores respecto de cualquier otro proyecto que pueda conocerse para aumentar los recursos de agua del valle de Copiapó. Cualquier otra opción para aumentar los recursos, como ser embalses superficiales, desalación, carretera del agua, está muy lejos de ser comparables con esta proposición, sin que estos últimos sean descartables.

Además se entregan antecedentes y se hacen recomendaciones de los pasos a seguir a continuación, que son los siguientes:

- Establecimiento de la titularidad del derecho de aprovechamiento de las aguas superficiales que durante las crecidas descargan al mar (agua disponible).
- Profundización del estudio de recurrencia de caudales más allá del análisis de las estadísticas locales, que incluyan las quebradas aportantes entre La Puerta y Piedra Colgada.

- Delimitación y manejo del cauce público (superficie disponible para obras).
- Monitoreo de niveles estáticos y caudales bombeados en los sectores hidrogeológicos en toda la cuenca (determinación actualizada del volumen de acuífero disponible).
- Realización de proyectos piloto de infiltración para precisar el coeficiente de infiltración en los sitios recomendados para construir obras y la superficie necesaria de lagunas.
- Elaboración del proyecto de la factibilidad de la recarga artificial. En este estudio de factibilidad deben proponerse los criterios de manejo conjunto de las aguas superficiales y subterráneas. Para pasar a esta etapa es necesario que estén resueltos los cinco temas anteriores.

#### **Otros aspectos muy importantes:**

**El desarrollo hídrico sustentable**, es sobre la base de un equilibrio entre disponibilidades y demandas. La manera de conseguir ese equilibrio está fuera del alcance de esta consultoría, pero sin duda los recursos aportados por las obras de recarga, aunque no son la solución, son un aporte, una parte de las medidas posibles, en la dirección de conseguir ese equilibrio. Para **disminuir el desbalance** actual se recomienda que las demandas mineras, sean abastecidas con agua de mar. Es recomendable también que las aguas potables de Caldera y Chañaral y Copiapó sean de suministro de agua desalada.

**Situación Futura de la Agricultura.** No hay ninguna posibilidad por ahora de aumentar la superficie de riego. La situación futura de la producción agropecuaria tiende a situarse en torno a los tres principales rubros, a saber **uva de mesa, olivos y granados**. No hay proposiciones por ahora de nuevos rubros. Con el proyecto de recarga, o cualquier otro proyecto de nuevos recursos de agua, se podría disminuir el proceso, ya iniciado, de disminución de la superficie de riego, buscando un equilibrio sustentable entre usos y recursos.

**Acuerdo amplio.** Es necesario un acuerdo amplio entre los actuales usuarios de aguas superficiales y subterráneas a través de sus organizaciones para la construcción de las obras de recarga y la gestión de su distribución. Siendo las aguas bienes nacionales de uso público, es la Dirección General de Aguas, la única Autoridad que tiene competencia para constituir derechos de aprovechamiento o definir quienes tienen la titularidad. Dada la unidad de los recursos de agua superficial y subterránea, es altamente recomendable que exista en el valle una sola Comunidad de Aguas Subterráneas y que ella se integre de pleno derecho con la Junta de Vigilancia del Río Copiapó que hoy maneja la distribución de los derechos de agua superficial.

### **I.5.2 GENERALES SOBRE LA RECARGA DE ACUÍFEROS**

- El acuífero del río Copiapó, es susceptible de ser recargado con aguas superficiales, provenientes del escurrimiento en épocas de crecidas, hasta por un volumen de 436 Mm<sup>3</sup>, adicionales a la recarga natural, considerando un período de 20 años.
- El valor de 436 Mm<sup>3</sup> proviene de la esorrentía histórica medida en la estación de aforo de Angostura, próxima a la desembocadura del río Copiapó en el mar, entre los años 1982 y 1989, período que presenta la crecida más importante históricamente registrada.
- La recarga natural del acuífero, ha sido históricamente muy importante y de elevada magnitud. Un modelo hidrogeológico realizado el año 1987, arrojó una cifra de 532 Mm<sup>3</sup> para los años 1983 a 1987, de ellos 160 Mm<sup>3</sup> se infiltraron en el sector hidrogeológico 1; 168 Mm<sup>3</sup> en el sector 3; 86 Mm<sup>3</sup> en el sector 4 y 118 Mm<sup>3</sup> en el sector 5 el resto de los sectores no presentaron recarga natural debido al elevado nivel de la napa.
- Los sectores elegidos para recarga artificial fueron los 4 y 5, siendo capaces de infiltrar los 460 Mm<sup>3</sup> disponibles en una superficie conjunta de 142ha de 2011.
- El sector 1, dispone de una capacidad adicional de recarga producto de las filtraciones del embalse Lautaro, aparte de las infiltraciones naturales en los cauces de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido.
- La causa más importante del desbalance actual entre recursos y demandas es debido a las extracciones del sector 4 por las empresas mineras y la empresa de Agua Potable, ello da cuenta de un 90% de los 40 a 50 millones de m<sup>3</sup> por año de sobreexplotación del acuífero del valle.
- Los descensos del nivel de saturación del acuífero en el sector 4 y 5 en los últimos 20 años, son además producto de la disminución del caudal subterráneo pasante de los sectores 3 al 4 y 4 al 5.
- Los sectores 3 y 4 han disminuido sus recargas desde el sistema de riego, debido al revestimiento de los canales matrices de regadío en ambos sectores, así como a la disminución de la superficie regada en el sector 4 y la consiguiente disminución de la infiltración por este motivo. A lo que se suma la menor infiltración de riego predial debido a sistemas de alta eficiencia.
- El acuífero del valle del río Copiapó, en sus recargas y descargas está íntimamente ligado al empleo de las aguas superficiales. De las 10.000 ha regadas un 80% lo hacen con riego mecanizado de alta eficiencia, disminuyendo drásticamente la infiltración predial. El revestimiento de los canales matrices ha producido el mismo efecto. El río Copiapó en su lecho en épocas normales, solo lleva agua en un tramo del sector 3 entre Elisa de Bordos y Pabellón, con lo que el acuífero no ha dispuesto de esta recarga histórica.

- Los recursos de agua superficial y subterránea de la cuenca del río Copiapó, no son suficientes para abastecer la demanda actual de agua de los sectores agrícolas, minero, industrial y agua potable. El balance, por lo tanto, está lejos de ser sustentable en el mediano plazo.
- La superficie de riego actual, no puede ser aumentada. Al contrario la tendencia a disminuir la superficie de riego, y cualquier otra que disminuya la demanda de agua o el suministro desde otras fuentes, es favorable al balance sustentable.
- De no mediar el empleo del agua de mar, para abastecimiento a la minería y agua potable el acuífero del valle de Copiapó aumentaría su desbalance progresivamente.
- El proyecto de recarga artificial, que se realice de acuerdo con el anteproyecto que se entrega, sólo será un paliativo para disminuir la tendencia a la baja de los niveles de agua subterránea y en ningún caso una solución para el desbalance hídrico de la cuenca.
- El acuífero del valle del río Copiapó en sus diferentes sectores, pese a su situación de sobreexplotación, no cuenta con las medidas indispensables de monitoreo de caudales extraídos por pozos ni de los niveles estáticos a lo largo de sus seis sectores. El estudio que se presenta ha debido recurrir a datos parciales antiguos y no contrastados, mediante hipótesis de trabajo, interpolaciones y extrapolaciones.

### **I.5.3 CONCLUSIONES RELACIONADAS CON LA MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS**

- En el período simulado desde el 2011 al 2020, asumiendo que se repite el ciclo hidrológico ocurrido entre los años 1980-1989, ha indicado que la recarga natural alcanza un valor de 800 Mm<sup>3</sup> y que la recarga artificial permitiría infiltrar un volumen de 436 Mm<sup>3</sup> adicionales.
- Este valor si bien puede aparecer modesto, ha significado además que se detiene la tendencia de descenso de los niveles en los sectores acuíferos recargados y que además se abastece la demanda establecida al año 2011, durante todo el período de simulación.
- El estudio realizado ha permitido identificar las zonas más favorables de recarga, y la reacción del acuífero frente a la recarga natural y artificial.
- Los sectores beneficiados han sido los N° 4 y 5 principalmente, además se producirán descargas superficiales en las partes bajas de los sectores 4 y 5, las que pueden ser empleadas en ambos casos para regadío mediante la red de canales existentes en el sector 5. Los volúmenes descargados al río en el sector 4 alcanzan a 46,2 Mm<sup>3</sup> y en el sector 5 (Piedra Colgada) alcanzan a 5 millones de m<sup>3</sup> estos volúmenes harán disminuir la extracción de agua subterránea en una cantidad similar.
- Antes de la ejecución del proyecto definitivo es necesario realizar un proyecto piloto de recarga artificial en lagunas de 1 a 2 ha en cada uno de los 4 sectores elegidos, con el fin



de precisar la capacidad real de infiltración del acuífero. Además se deberán construir piezómetros aguas abajo y hacia los lados de las lagunas pilotos para monitorear en forma regular la forma y evolución de la recarga en la zona no saturada y saturada.

- Los antecedentes que se obtengan en el proyecto piloto permitirán la elaboración de un modelo más detallado de recarga artificial, efectuar los ajustes correspondientes y precisar los volúmenes a infiltrar y su distribución espacial y temporal en los sectores acuíferos.
- Se utilizó el Modelo Sector Bajo, de SERNAGEOMIN que comprende desde el sector acuífero 3 al 6, entendiendo que las obras de infiltración propuestas se encuentran en los sectores acuíferos 4 y 5 y con la finalidad de intervenir lo menos posible el modelo original en términos de su construcción.
- Para llevar a cabo la modelación de las obras se trabaja con un periodo de tiempo total más corto que el utilizado por el modelo original del SERNAGEOMIN, modelando solo de los años 1993 al 2020, donde el periodo de interés y análisis es del 2011 al 2020, periodo en que se simula la recarga artificial.
- Si bien el modelo cumple con el objetivo de análisis del fenómeno de recarga artificial, esta herramienta cumple un rol principalmente de análisis cualitativo más que cuantitativo, dado que en opinión del consultor esta herramienta no representa fielmente el fenómeno de recarga natural en los periodos de mayor disponibilidad debido a las debilidades estructurales que este presenta y cuyas modificaciones serían objeto de una nueva modelación.
- Entendiendo las limitaciones del presente modelo, y siendo representada adecuadamente la recarga artificial en este, se puede observar claramente el efecto que dicha recarga tiene sobre el almacenamiento en cada sector acuífero.
- De los escenarios analizados se desprende que la mejor alternativa de obras corresponde al Escenario 3, en cuyo caso los recursos disponibles para recarga artificial se distribuyen entre el sector 4 y 5. Esto porque de un análisis conjunto de la variación del almacenamiento de todos los sectores de interés es el que presenta un mejor balance con -26 millones de m<sup>3</sup>, presentando un beneficio conjunto del acuífero y no un solo sector.
- La modelación realizada ha permitido identificar las zonas más favorables de recarga, y la reacción del acuífero frente a la recarga natural y artificial.
- Los resultados del modelo sirvieron para elaborar el anteproyecto de obras de recarga artificial, y determinar su costo a este nivel.

- En caso de concretarse la ejecución de las plantas desalinizadoras de agua de mar para abastecer total o parcialmente las demandas mineras y de agua potable del sector 4, el volumen de bombeo en el acuífero será considerablemente menor con lo que se producirá un aumento de los niveles en el sector 4 y una mayor descarga subterránea para ser empleada en el sector 5.
- En resumen, el modelo desarrollado por SERNAGEOMIN ha sido adecuado para llevar a cabo una modelación de las diferentes alternativas de obras de infiltración para recarga artificial en el río Copiapó, pese a la generalidad espacial y temporal de este modelo.

#### I.5.4 CONCLUSIONES RELACIONADAS CON LA AGRICULTURA Y RIEGO

- **Sectores Beneficiados.** Los sectores acuíferos aptos, susceptibles y necesitados de un proceso de recarga artificial son los N° 4 y N°5. De ellos el sector 4 tiene pocas ha regadas y de éstas una parte son regadas con aguas subterráneas. En los sectores beneficiados del proyecto en consecuencia existen en la temporada 2010/2011 las siguientes superficies regadas: Sector 4 son 955,1 ha; Sector 5 son 1585,1 ha. En el catastro de 2011 de ODEPA, 88% lo constituyen los tres rubros de frutales predominantes, uva de mesa, olivos, granado, y un 12% las hortalizas según datos de la encuesta frutícola. Sin embargo nuestra encuesta indica una cantidad mucho menor de hortalizas.
- No existe la “**Situación Actual Mejorada**” por la realización de este proyecto. Siguiendo la tendencia de los últimos años existiría una “**Situación Actual Desmejorada**”, ya que continuaría aumentando la demanda por agua y en consecuencia la sobre explotación de los recursos y no hay posibilidades de que por este proyecto de recarga se solucione el déficit que se ha acumulado durante muchos años. Lo que ocurriría por efecto de estas obras para la recarga, y siempre que no aumentara la tasa de sobre explotación, sería que disminuiría la sobre explotación pero seguiría aumentando el déficit. El aumento del déficit no puede ser indefinido ya que los recursos se agotarían o el costo de extracción podría llegar a valores inaceptables.
- La única manera de llegar a un **desarrollo sustentable**, es sobre la base de un equilibrio entre disponibilidades y demandas. La manera de conseguir ese equilibrio está fuera del alcance de esta consultoría, pero sin duda los recursos aportados por las obras de recarga, aunque no son la solución, son un aporte, una parte de las medidas posibles, en la dirección de conseguir ese equilibrio.
- **Se considera que serán beneficiarios** todos aquellos usuarios de agua subterránea, localizados en un determinado sector que hacen uso del volumen de recarga artificial para riego. Los beneficiarios de los sectores 4 y 5 están identificados en el Informe Técnico S.D.T. 327 de Marzo 2012 de la D.G.A, como los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas y en un desarrollo posterior por el Programa CNR-UC de apoyo a los usuarios de agua subterránea en desarrollo en esta fecha.

- **Distrito Agroclimático.** La totalidad del área beneficiada por el proyecto está en el Distrito Agroclimático 03 08 “Copiapó-Hornito” cuyos parámetros agroclimáticos son muy homogéneos en sus características.
- **Actitud de los agricultores.** Sobre la base de la encuesta del Consultor, en general mantendrían los cultivos que manejan actualmente y adicionalmente señalan que si los pozos siguieran bajando dejarían la agricultura. No hay limitaciones de clima, de disponibilidad de suelos aptos, ni de capacidad empresarial. Lo que ocurre es que los beneficios del agua disponible aplicados a la minería, negocio inmobiliario y agua potable son mucho mayores que los obtenidos por su uso en agricultura y resulta más favorable para el agricultor vender o arrendar sus derechos de aprovechamiento que explotar sus plantaciones y siembras.
- **Situación Futura.** No hay ninguna posibilidad de aumentar la superficie de riego. La situación futura de la producción agropecuaria tiende a situarse en torno a los tres principales rubros, a saber **uva de mesa, olivos y granados**. No hay proposiciones por ahora de nuevos rubros que cuenten con la seguridad que éstos tienen respecto a adaptación al clima y suelos de la zona, preparación de la mano de obra, tecnología, servicios de apoyo, y la organización, experiencia para el manejo de la cosecha, producción, y comercialización, como también para la gestión del financiamiento, comercialización y acceso a los mercados. No se ven actualmente rubros que puedan a corto plazo remplazar los indicados. Lo que ha ocurrido y puede seguir ocurriendo es un aumento de las plantaciones que requieren menos agua, olivos y granados, y una disminución de la uva de mesa.
- **Necesidades de puesta en riego.** En el marco de la encuesta no es factible Identificar las solicitudes más frecuentes de los agricultores respecto de la puesta en riego, para que la CNR considere en futuros concursos de la Ley de Fomento del Riego. Ellos mismos tienen indican en sus respuestas que el estado de sus sistemas de riego es satisfactorio por lo cual no hubiera demanda por este concepto. Asociado a este tema, algunos encuestados indican la necesidad de profundizar sus pozos y que no lo harían por el alto costo de ello.
- **Otras inquietudes planteadas por los agricultores en la encuesta.** La problemática asociada al uso del recurso hídrico por la minería y a la sobre extracción que éstos realizarían. Al conflicto con la empresa sanitaria Aguas Chañar en el canal Toledo sobre la utilización de las aguas tratadas en minería. Los altos valores que estarían pagando algunas empresas por los derechos que fluctúan entre US 40.000 y U\$ 80.000 por litro por segundo de agua subterránea. Además respecto a la posibilidad de recargar las napas, los encuestados manifiestan grandes dudas sobre las precipitaciones en el valle y por consiguiente de donde se obtendría el agua para efectuar un proyecto de estas características, por otro lado, los grandes costos que esto podría involucrar y el riesgo de la inversión.
- **Antecedentes sobre precios de los productos (A)** A pesar que es posible acceder a información de exportaciones desde diferentes fuentes de forma puntual, no es posible encontrar estadísticas o series históricas de precios de retorno al productor que se puedan acceder públicamente en los rubros indicados y referida al valle de Copiapó.

(A)De acuerdo a información de APECO, la uva de mesa presenta precios de retorno a productor (2010) entre USD 1,25 por Kg (Thompson seedless USA) y USD 1,02 por Kg (Red Globe Lejano Oriente). (C)De acuerdo a estimaciones de INIA/CIREN del 2010, el precio de la oliva para la producción de aceite (90,4% de la producción total) varía entre \$220 y \$260 por kilo. (D)De acuerdo a información de fuentes privadas, en el caso de granado los exportadores esperan retornos entre USD 1 y USD 1,5 por kilo en fresco, y de USD 0,20 por kilo de Arilos.

- **Comentarios del Consultor sobre Mercados y Precios** En uva de mesa, Chile se ha posicionado como el principal país exportador a nivel mundial y la especialización del valle en esto y en la producción de fruta temprana han sido hasta ahora una fortaleza para el desarrollo de los diferentes mercados en que participa, sin embargo el mayor retorno recibido durante la primera etapa de la temporada también ha desarrollado el interés de otros actores por acceder a esta ventana de precios. En esta posición Perú aparece como una amenaza clara como proveedor en la misma época que el valle del Copiapó, lo que hace pensar que a futuro se puede esperar una mayor competencia en los mercados y fluctuaciones a la baja en los precios dado los menores costos de producción que es posible encontrar en ese país. De forma emergente, este mismo interés se puede observar en California con el desarrollo de variedades tardías para exportación. Anexo a lo anterior, dado los altos costos de producción de la zona y el interés de las mineras por acceder a derechos de agua, en opinión de este Consultor se ha generado un desincentivo al desarrollo agrícola del valle basado en la posibilidad de vender o arrendar derechos de agua a precios que permiten pensar en eliminar las operaciones productivas existentes y simplemente rentar con los derechos de agua disponibles.

#### I.5.5 CONCLUSIONES ESTUDIO AMBIENTAL

- **Medio biótico.** En el ámbito de los alcances de la Línea Base se hizo estudios de Flora y Vegetación Terrestre, Fauna Terrestre, Flora y fauna Acuática, Biodiversidad y Áreas Protegidas referidos a los lugares seleccionados para la construcción de las obras de recarga y se concluyó que no hay afectación de estas variables
- **Asentamientos Humanos y Población** Los sectores preliminares de alternativas de recarga no presentan población en las áreas donde se contempla desarrollar las lagunas de infiltración pues éstas se encuentran en el lecho del río. Sin embargo, algunos sectores pueden presentar interferencia con otras actividades que se están desarrollando actualmente en el mismo cauce como es la extracción de áridos en los sectores 4-A y 4-B; y las actividades industriales presentes en las riberas del río como se da en el sector 5-A. Por consiguiente, y de acuerdo a los antecedentes analizados, se concluye que todos los sectores son óptimos desde el punto de vista social para llevar a cabo el proyecto. El sector 5-B, se trata de un sector amplio donde predomina la actividad agrícola, siendo la localidad más próxima Toledo pero que no revestiría intervención alguna en el cauce ni las obras. Los sectores en que se proponen las obras de recarga son el 4-A y el 5-B, donde no hay interferencias.

- **Patrimonio Arqueológico y Cultural.** Se identificaron y caracterizaron los posibles sitios arqueológicos o lugares de interés patrimonial presentes en el área de influencia de los sectores de emplazamiento de lagunas de infiltración establecidos preliminarmente, permitiendo evaluar su impacto potencial sobre los bienes patrimoniales protegidos por la legislación vigente, dando así cumplimiento a las exigencias estipuladas en la Ley de Monumentos Nacionales N° 17.288 y la Ley N° 19.300 sobre bases generales del Medio Ambiente. La prospección arqueológica permitió concluir que el área de los Sectores Hidrogeológicos en donde se proyecta la implementación preliminar de lagunas de infiltración, no registra evidencias arqueológicas. En síntesis, se descartó la presencia en superficie de cualquier sitio arqueológico, y tampoco se evidenciaron otros elementos relevantes del patrimonio cultural en el área del proyecto, incluso no se registraron hallazgos aislados, tal como lo señala la Ley de Monumentos Nacionales (Ley 17.288).
- **Otros Proyectos en la Zona y su relación con el Proyecto** Este acápite fue desarrollado para dar cumplimiento al artículo 12 literal b de la Ley N° 19.300, Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley N° 20.417 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, donde se indica que como desarrollo de la Línea Base, debe considerar el análisis de todos los proyectos que cuenten con Resolución de Calificación Ambiental (RCA), aun cuando estos no estén en funcionamiento. Es así como la única y más relevante interferencia entre el proyecto en estudio y otro proyecto en la zona, dice relación con la superposición de parte del Sector 4-B de recarga con parte del Sector N°3 de la modificación del Plan Regulador de Copiapó. No se proponen obras de recarga en este sector de superposición.
- **Evaluación de Impactos Ambientales.** En base al análisis de aquellos componentes en los que fueron asociados una posible presencia de potenciales Impactos Ambientales que podrían generarse producto de la implementación de las obras de lagunas de infiltración, es posible indicar que los mayores impactos previstos se relacionan con la etapa de construcción de las lagunas, la que implicará acciones de remoción de materias y su respectivo apilamiento en sectores cercanos a las lagunas
- **Aproximación de Costos Ambientales** Los costos ambientales se han dividido en costos asociados a las obras y a estudios adicionales. Los primeros dan cuenta del manejo ambiental que debe realizar el contratista para efectuar las obras en cada escenario de inversión. Traslado de materiales de excavaciones y habilitación de botaderos. Por su parte los estudios adicionales dicen relación con la actualización de estudios ambientales y la tramitación de una Declaración de Impacto Ambiental) también considerando cada uno de los escenarios de inversión. Total en Costos Ambientales son \$ 484,07 millones

### I.5.6 CONCLUSIONES SOBRE ASPECTOS LEGALES

- **Derechos de Aprovechamiento de Aguas.** En lo que respecta a cualquier nuevo recurso disponible, como sería el caso de la recarga de los acuíferos por el hecho eventual de las crecidas del río debiera considerarse la situación vigente respecto de los derechos y destinarse a satisfacer las demandas de los derechos de aprovechamiento de agua ya existentes.
- **Artículo 17 del Código de Aguas.** Dado que la disponibilidad del recurso es muy inferior a la demanda existente y considerando que en su mayoría los derechos de aprovechamiento de agua subterránea existentes son de ejercicio permanente sería aplicable el artículo 17 del Código de Aguas.
- La opción de **distribuir el caudal en partes alícuotas** es factible gracias a que el 90% de los usuarios del sector que serían beneficiados por la recarga del acuífero están organizados en una Comunidad de Aguas Subterráneas (CASUB) que está instalando un sistema de control de las extracciones de los pozos de sus usuarios asociados, **así como de los niveles del agua subterránea.**
- En concreto, dado que en la distribución de aguas provenientes de una futura recarga, **existe la posibilidad de litigios** entre los distintos usuarios y beneficiarios, que pueden paralizar el uso del agua, es necesario generar instancias de acuerdo y/o mesas de trabajo entre las partes. La Dirección General de Aguas, debe establecer la titularidad de los derechos de aprovechamiento de agua superficial correspondientes a las crecidas y susceptibles de infiltrar.
- **Obras de infraestructura a implementar por iniciativa privada o por iniciativa pública.** Si es **por iniciativa privada** se requiere el acuerdo de los titulares de los derechos de aprovechamiento de agua, de los que financian, y de los usuarios dispuestos a pagar por los volúmenes de agua que utilicen. Si es **por iniciativa pública** se aplicaría el DFL 1123 que "Establece normas sobre la ejecución de obras de riego por el Estado".
- Respecto de esta categoría de beneficiarios, se propone asociarla al siguiente concepto: "Serán elegibles como **Beneficiarios del proyecto** todos aquellos titulares de derechos de agua subterránea que la utilicen en riego, localizados en cada uno de los dos Sectores en que se llevaría a cabo la recarga, que harían uso del volumen de recarga artificial de los acuíferos en que se producirá la recarga. Obviamente no habrá beneficios ni beneficiarios aguas arriba ni aguas abajo de los sectores de recarga".

**Aspectos legales de la ubicación de las obras en el cauce del río.** El cauce del río se ha estimado con una apreciación técnica de la definición del art 30 del Código de Aguas. Las obras de recarga se ubicarían donde está el cauce del río y además sin ocupación, ni obras construidas. Hemos excluido y respetado, sectores ocupados del cauce, como pozos de lastre en explotación, unas instalaciones de aguas servidas y una planta de concreto existente en la zona. Este tipo de ocupación del cauce viene de períodos de más de diez años en que efectivamente no han ocurrido crecidas e inundaciones que cubran la totalidad del cauce.

### I.5.7 CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA, COSTOS, BENEFICIOS

- **Determinación del Valor Económico (de Oportunidad) del Agua Recargada.** El valor de oportunidad del agua infiltrada se cuantificó en términos del ingreso que generarían dichas aguas al ser destinadas al uso agrícola. Para realizar esta cuantificación se determinó qué superficie incremental (virtual, por supuesto, ya que no existe una tal superficie disponible en el valle) podría ser regada con el volumen de agua recargada. A la tasa actual promedio de riego para ambos Sectores de 9.064 m<sup>3</sup>/ha/año, la recarga promedio anual permitiría regar 2.408 ha virtuales. Luego se determinó el margen bruto de los cultivos que se podrían suponer (virtualmente) regadas por ella.
- **Los costos de inversión del proyecto, y los costos de operación y mantención.** A ellos se agregó un 0,25% anual como provisión para casos de bajadas torrenciales del río. Se consideró el valor residual de la inversión en un 80% del monto de la inversión inicial.
- **Valor de la inversión** \$26.158.3 millones, suponiéndose un período de construcción de dos años. Costos de O&M \$69,85 millones anuales, provisiones \$ 64,14 millones anuales, a precios de mercado.  
El valor de la UF es de \$ 22.626,49 y el del dólar de los Estados Unidos de \$ 505,63. Todos los precios costos del estudio son de Junio 2012.
- **Resultados de la Evaluación.** Los resultados sobre un período de 30 años son los siguientes:  
TIR de 13,4% y VAN al 6% \$39.998.191.000.-, suponiendo un evento de recarga cada 20 años y la primera recarga en el año 5 de terminada la construcción.  
TIR de 8,1% y VAN al 6% \$9.103.389.000.-, suponiendo un evento de recarga cada 40 años y la primera recarga al año 5 de terminada la construcción.  
El proyecto es rentable al ser analizado de acuerdo a los criterios determinados en la actualidad por el Ministerio de Desarrollo Social.
- **La rentabilidad del proyecto es robusta** al considerar diversas variaciones en sus costos y beneficios, y distintos escenarios hidrológicos, manteniendo su rentabilidad positiva frente a cambios en unos u otros.
- **Metodología de la evaluación.** Adicionalmente al Método del Presupuesto se utilizaron otros cuatro métodos/criterios descritos y recomendados por el Ministerio de Desarrollo Social, a saber:
  - Liberación de Recursos (o de Ahorro de Costos, o de Reducción de Costos)
  - Enfoque Costo-Eficacia
  - Valoración según el Mercado del Agua, y
  - Valoración según el Mercado de la Tierra

- **Comparación de costo de inversión por m3 embalsado.**

Comparación con otras opciones de proyectos o estudios preliminares alternativos de nuevos recursos para el valle, referidos a la inversión inicial necesaria por m3 utilizable en un período de 30 años es el siguiente:

Recarga de los acuíferos	.....	\$47 por m3 embalsado
Embalse superficial	.....	\$2500 por m3 embalsado (con recursos de agua similares)
Carretera del agua	.....	\$400 por m3 puesto en desembocadura río Copiapó
Agua desalada	.....	\$400 por m3 puesto en desembocadura río Copiapó

**La conclusión es que no se visualizan proyectos que fueran más atractivos que este de recarga de acuíferos.**

- **Los valores del coeficiente de infiltración** son un parámetro crítico para determinar el tamaño del proyecto y, por lo tanto, su costo y rentabilidad. En el estudio se utilizó un valor uno, que se estima muy conservador. Una vez que se determinen sobre la base de lagunas experimentales de infiltración, pueden ser sustancialmente diferentes a los utilizados en la modelación, lo cual puede ser causa de una variación muy importante del tamaño de las lagunas y por lo tanto del costo del proyecto y su rentabilidad.



## I.6 RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con el **estudio de factibilidad** y los proyectos piloto de infiltración- El valor promedio de capacidad de infiltración en el lecho del río Copiapó, se ha estimado en 1m/día, lo cual no ha sido contrastado con medidas de terreno, lo que hace indispensable contar con ensayos piloto de capacidad de infiltración en los sectores 3, 4 y 5 para precisar las cifras del modelo. El valor de 1m/día es conservador y probablemente las pruebas piloto arrojen una cifra mayor, lo que puede hacer disminuir la superficie de las lagunas de infiltración de los sectores 4 y 5 para el proyecto final de recarga.
- La **recarga artificial** para que sea llevada a efecto requiere de las siguientes condiciones copulativas:
  - ✓ Que el recargador disponga de derechos de agua superficial.
  - ✓ Que el acuífero tenga su nivel estático deprimido.
  - ✓ Que disponga de un espacio físico para realizarlo.
  - ✓ Que las características hidrogeológicas sean adecuadas para realizar la infiltración.

En el proyecto actual se han establecido las tres últimas condiciones. En relación con la primera, ya que las aguas son bienes nacionales de uso público, se requiere un pronunciamiento de la autoridad sobre la titularidad de estos derechos de agua excedentes que se producen cada 20 ó 30 años.

- En la zona objeto de estudio, existen **dos organizaciones de usuarios**, a saber, la Junta de Vigilancia del Río Copiapó, que reúne a los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y la Comunidad de las Aguas Subterráneas [CASUB]. Para iniciativas de construcción y gestión de obras de recarga requerirá considerar e incorporar activamente a estas organizaciones, a través de un modelo participativo o de gestión a definir por la autoridad. Hay que considerar también las iniciativas en estudio para organizar los usuarios de agua subterránea de los sectores hidrogeológicos ubicados más arriba del sector 5.
- Dada la gran capacidad de infiltrar del **embalse Lautaro**, se recomienda su empleo para este fin aparte de la acumulación de agua superficial.
- **En el sector 3 entre La Puerta y Mal Paso** se recomienda, efectuar una limpieza y adecuación del cauce, para incrementar su elevada capacidad de recarga natural. La escasa superficie del cauce en su recorrido hacen poco viable la recarga artificial en lagunas.
- Para **disminuir el desbalance** actual se recomienda que las demandas mineras y de agua potable del sector 4, sean abastecidas con agua de mar, cruda o desalada.
- **Advertir a los usuarios** del agua de los riesgos que implica la sobre explotación por las incertidumbres de las disponibilidades, e inducir acuerdos entre ellos para evitar mayores perjuicios.

- **Agua desalada.** Es recomendable que las aguas potables de Caldera y Chañaral y Copiapó sean de suministro de agua desalada.
- **Limitar superficie regada.** No es posible aumentar la superficie regada del valle del río Copiapó, se debe limitar a la actualmente regada, con un total de 10.500 ha aproximadamente o menos.
- **Aumento de recursos hídricos.** Todo aumento del empleo del agua en Copiapó, debe ser abastecida con recursos externos provenientes de fuera de la cuenca, como por ejemplo el agua de mar.
- **Registro de caudales.** Es indispensable disponer en todos los pozos del valle de registros de caudales, como también de variación mensual de niveles de agua subterránea, que sean representativas. Esto es necesario para un correcto diagnóstico del valle y de la gestión de sus recursos mediante datos objetivos.
- **Comunidades de Agua.** Se recomienda formar la Comunidad de Aguas Subterráneas de los sectores 1 al 4 incluyéndolos en la Comunidad existente de los sectores 5 y 6 para que exista una sola Comunidad de Aguas Subterráneas en todo el acuífero del valle. La interrelación hidráulica entre los diferentes sectores acuíferos así como la economía de escala aconsejan la existencia de una sola Comunidad.
- **Integración de Organizaciones.** Dada la unidad de existencia de los recursos de agua superficial y subterránea, es altamente recomendable que la Comunidad de Aguas Subterráneas se integre de pleno derecho a la Junta de Vigilancia del Río Copiapó que hoy maneja la distribución de los derechos de agua superficial.
- **Junta de Vigilancia.** De acuerdo con la situación histórica de administración de los derechos de agua superficial en el río Copiapó, del conocimiento de que dispone la Junta del funcionamiento del río, y estando integrada la Comunidad de Aguas Subterráneas, se estima recomendable que sea la propia Junta de Vigilancia la destinataria de los derechos de aprovechamiento eventuales que se generan en las crecidas, para gestionar el proyecto de recarga artificial.
- **Monitoreo.** La gestión de la Junta de Vigilancia en el tema de la recarga artificial implica un detallado monitoreo de las aguas superficiales y subterráneas, que esté integrado en un software, para conocer en todo momento la situación y destino de las aguas en el valle.
- **Manejo del cauce.** La gestión de la Junta de Vigilancia, debe incluir el tema del manejo del cauce, con el objeto de mantener la superficie de éste y su capacidad de infiltración. No se puede predecir si el próximo año habrá o no crecidas en el río, de tal manera que para no perder capacidad de infiltración debe hacerse limpieza y escarificación de todo el cauce, ya que actualmente (2012) se hace solamente en los sectores altos.

- **Financiamiento de las Obras.** El financiamiento, la construcción de las obras y la gestión del agua recargada es una materia que se puede conversar entre los interesados una vez que esté clara la titularidad de los derechos.
- **Acuerdo amplio.** Es necesario un acuerdo amplio entre los actuales usuarios de aguas superficiales y subterráneas a través de sus organizaciones para la construcción de las obras de recarga y la gestión de su distribución, acuerdo que necesariamente requiere la participación del Estado. Siendo las aguas bienes nacionales de uso público, es la Autoridad, Dirección General de Aguas, la única que tiene competencia para constituir derechos de aprovechamiento o definir quienes tienen la titularidad.

## **II ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL (EAA)**

### **II.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL**

El Estudio de Análisis Ambiental (EAA) corresponde al Proyecto “Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su Utilización en Riego en la Cuenca del Río Copiapó”, que la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura evalúa a nivel de Prefactibilidad a la fecha, para ser implementado en la Región de Atacama.

El EAA en comento fue encargado por la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura a Jorquera y Asociados S.A, quien subcontrató a Infraestructura y Ecología S.A (INFRAECO), para ser elaborado y tramitado al interior del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

El proyecto consiste en la evaluación de alternativas de obras de infiltración del agua subterránea para su uso en riego en el Río Copiapó, proponiendo obras que permitan la utilización óptima de los recursos superficiales y subterráneos a través de recarga y del embalsamiento natural o artificial en el acuífero.

### **II.2 ENFOQUE METODOLÓGICO**

La metodología propuesta para la realización Estudio de Análisis Ambiental (EAA), ha sido elaborada a partir de:

- Recopilación y análisis de antecedentes bibliográficos y referenciales de la zona en estudio (Etapa de Gabinete-Pre Terreno).
- Obtención y/o validación de información ambiental y territorial a través de campañas en terreno, y de encuentros en el marco del Proceso de Participación Ciudadana Temprana (PAC).
- Análisis e interpretación de la información obtenida en terreno y en encuentros de PAC, mediante metodologías específicas (Etapa Post terreno).

### II.3 DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

Debido a la escasez de agua imperante en la región y considerando las características hidráulicas e hidrogeológicas del área de estudio, se pudo constatar que el acuífero de Copiapó posee una buena capacidad de recarga natural, contando con al menos 6 angosturas que sirven de regulación y amplios sectores que poseen una elevada capacidad de almacenamiento. Se ha definido que las obras más adecuadas para generar la recarga artificial del acuífero, corresponden a lagunas de infiltración, las cuales además son obras simples, que permiten obtener el resultado esperado.

Los Sectores Hidrogeológicos analizados en el presente proyecto, corresponden a los clasificados como 3, 4, y 5, seleccionando 2 áreas en cada uno de ellos denominadas 3-A; 3-B; 4-A; 4-B; 5-A y 5-B, respectivamente. Esto permitió simular zonas para la implementación de lagunas de infiltración en los Sectores Hidrogeológicos N°3, N°4 y N°5, sobre el lecho del río y su área de inundación.

Los Criterios de Selección de Alternativas de Zonas de Recarga fueron los siguientes:

- Valores de permeabilidad del lecho del río
- Situación actual de la napa
- Situación del valor máximo histórico del nivel de la napa
- Sectores más deprimidos

Las características de las lagunas de infiltración son las siguientes:

- Ancho de las lagunas: 200 metros en el sentido transversal del río, las que incluirán el cauce del río propiamente tal.
- Largo de las lagunas: Variable según pendiente del río. La diferencia de cota máxima será de 2,5 metros entre ambos extremos.
- Comunicación entre lagunas: Mediante vertedero con eje en el centro del cauce actual, y ancho variable entre 20 y 100 metros. Altura de agua de 0,5 metros que permitirá evacuar entre 50 m<sup>3</sup>/s y 10 m<sup>3</sup>/s.
- Estructura del Vertedero: De hormigón inserto en el muro divisorio de las lagunas. Se utilizará el terreno natural existente, no haciendo excavaciones. Los taludes serán de 1:2 en el paramento de aguas arriba y de 1:1 en el de aguas abajo.

## **II.4 CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Para cada uno de los componentes ambientales considerados, se presentan el Área de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AII), la metodología a utilizar, los resultados, la conclusión y la bibliografía, de acuerdo al criterio de cada especialista. El Área de Influencia Directa (en adelante AID), corresponde a todo espacio geográfico influenciado por actividades, obras y/o personas a que se refiera el proyecto y donde se generan los eventuales impactos directos de éste. Por otro lado, el Área de Influencia Indirecta (en adelante AII), se entenderá como todo espacio geográfico que se vea influenciada en forma tangencial por actividades, obras y/o personas a que se refiere el proyecto y donde se generan impactos indirectos.

### **II.4.1 Medio Físico**

#### **i. Hidrología**

El Río Copiapó presenta un régimen hídrico marcado por las precipitaciones invernales y las ocurridas durante el verano en la cordillera de los Andes. Los caudales medios mensuales arrojan máximos durante los meses de Diciembre y Enero (1,68 mP3P/s y 2,11 mP3P/s respectivamente) y los meses de Mayo, Junio y Julio (1,62 mP3P/s, 1,61 mP3P/s y 1,58 mP3P/s respectivamente). Es importante señalar que los máximos caudales corresponden a los ocurridos durante el período estival, dándole una gran importancia a las precipitaciones Andinas. Respecto a la morfología fluvial del Río Copiapó, es posible indicar que su trazado tiene orientación NW y W dentro del área de proyecto. Su ancho promedio varía entre los 5 a 20 metros de ancho efectivo del cauce. Existen zonas donde el lecho supera estos valores, alcanzando incluso los 50 metros. La vegetación se encuentra presente dentro del lecho hasta antes de Copiapó, luego esta está restringida a las riberas del río, el cual se encuentra encajonado y con poca sinuosidad al norte de la ciudad de Copiapó.

#### **ii. Calidad de Agua y Sedimentos**

Considerando los resultados obtenidos del levantamiento de información realizado en terreno, así como también de la información histórica, es posible concluir que las aguas, superficiales y subterráneas, de la cuenca del Río Copiapó presentan parámetros de calidad de aguas que superan los valores límites establecidos en la Norma Chilena NCh 1333 Of78 para uso en riego.

Los altos valores de conductividad observados en toda la cuenca, se deben principalmente a la característica de los suelos, las escasas precipitaciones y alta radiación solar, factores que hacen que los iones se concentren hacia aguas abajo del Embalse Lautaro, debido a que no existe efecto de dilución por parte de nuevos aportes al río. En particular, la Litología de la cuenca presenta formaciones con compuestos de fácil disociación en iones con el agua, especialmente, en las aguas subterráneas.

## **II.4.2 Medio Biótico**

### **i. Flora y Vegetación Terrestre**

En el área de estudio se registran 12 formaciones vegetacionales y 3 usos de suelo no vegetacionales. En el Sector Hidrogeológico N°3 un 16,1% de la superficie total es ocupado por formaciones vegetacionales, mientras que en el Sector Hidrogeológico N°4 el porcentaje se eleva a 46,6% y en el Sector Hidrogeológico N°5 a 56,7%. La información anterior revela que los porcentajes de uso de suelo no vegetacionales son sumamente abundantes (83,9%, 53,4% y 43,3%, respectivamente), restringiendo la vegetación a laderas de cerro y explanadas sin valor agrícola. Se debe destacar que dentro del área de estudio se registran dos especies amenazadas de conservación, de acuerdo a la normativa legal vigente: *Prosopis chilensis* en categoría "Vulnerable" y *Pintoa chilensis* en categoría "En Peligro", ambas clasificadas como "En Peligro" de acuerdo a la propuesta regional de Squeo et al. (2008). Por las características locales de las formaciones en que se registra la especie, no todas constituyen formaciones incluidas en la tipología. Aquellas que se encuentran acogidas a las definiciones conforman formaciones xerofíticas de alto valor ecológico.

### **ii. Fauna Terrestre**

Las especies encontradas se distribuyen de forma homogénea entre el área muestreada, sin observarse dominio de ninguna especie en particular en alguno de los sitios. En lo referente al estado de conservación de los reptiles, se presentaron 3 especies con problemas de conservación (*Philodryas chamissonis*, *Liolaemus atacamensis* y *Liolaemus platei*), las que tienen especial importancia al tratarse de especies de baja movilidad. En el caso de los mamíferos, 2 presentan problemas de conservación: *Leopardus colocolo* catalogada como en peligro y casi amenazada y *Lycalopex culpaeus* clasificada como insuficientemente conocida y de preocupación menor.

Conjuntamente se observó una baja densidad de micromamíferos nativos, por lo que es probable que la presencia de la rata negra (especie introducida), sea uno de los factores que inciden en la disminución de las poblaciones nativas.

### iii. Flora y Fauna Acuática

A partir de la información recopilada, es posible describir a la biota acuática presente en la cuenca del Río Copiapó como pobre en términos de riqueza taxonómica, lo que podría estar relacionado a la variable, y generalmente baja, disponibilidad del recurso hídrico. Los registros bibliográficos señalan la presencia de especies de importancia económica en la zona, como el camarón de río del Norte (*Cryphiops caementarius*), así como también especies de importancia para la conservación de la biodiversidad por encontrarse catalogadas como Vulnerables según el D.S 51 del MINSEGPRES (2008), correspondientes a las especies ícticas: *Basilichthys microlepidotus*, *Trichomycterus aerolatus* y *Cheirodon pisciculus*. Durante la campaña de terreno realizada en Septiembre de 2012, sólo se registró escurrimiento superficial de agua en el Sector Hidrogeológico N°3 (alternativas 3-A y 3-B), encontrándose seco el río en los Sectores Hidrogeológicos N°4 y N°5. En el sector donde sí se pudo realizar el muestreo de biota acuática, no se determinó la presencia de especies acuáticas relevantes por su categoría de conservación, encontrándose una sola especie íctica correspondiente a la introducida *Gambusia* sp. Con lo antes señalado, es posible concluir que si bien no se registró la presencia de especies acuáticas en categoría de conservación durante el desarrollo de la campaña de terreno, la existencia de registros bibliográficos que sí describen la presencia de especies en esta condición en el tramo alto y medio de la cuenca del Río Copiapó, permiten sugerir que las alternativas ubicadas en los sectores donde no se registra presencia de escurrimiento superficial, Sectores N°4 y N°5, corresponden a las zonas más propicias a ser utilizadas para la realización del proyecto desde el punto de vista del componente flora y fauna acuática.

### iv. Identificación de Áreas Protegidas y Biodiversidad

Si bien las áreas de recarga identificadas preliminarmente en los Sectores Hidrogeológicos N°3, N°4 y N°5 no afectan directamente a áreas legalmente protegidas bajo protección oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, SNASPE, cabe destacar que los sectores de posible emplazamiento de las lagunas de recarga 4-B, 5-A y 5-B se encuentran insertos dentro del Sitio Prioritario de la Comuna de Copiapó denominado Desierto Florido.

En los sectores señalados del proyecto, se identificaron ejemplares de *Geoffroea decorticans* (CHAÑAR, Categoría Vulnerable, Árbol Nativo), *Salix humboltiana* (Categoría Vulnerable, Árbol Nativo), *Prosopis chilensis* (Categoría En Peligro, Árbol Nativo) y finalmente la especie *Pintoa chilensis* (Categoría En Peligro, Arbusto Endémico).



### **II.4.3 Medio Humano y Cultural**

#### **i. Asentamientos Humanos**

En el caso del Sector 3-A, si bien en las inmediaciones se encuentra la localidad de Nantoco, ésta no se verá afectada por las obras durante el periodo de construcción, ya que se encuentra a una distancia considerable (200 – 300 metros aproximadamente), con el camino C-35 entre medio. Predominan paños agrícolas en las inmediaciones del cauce del río, pudiendo acceder a éste por aquellos predios, por lo que se recomienda considerar el trabajo y transporte de maquinarias que podrían afectar esta actividad. El sector 3-B es el que menos intervención desde el punto de vista de la población presenta, ya que predomina en ambas riberas del río la presencia de predios agrícolas. En el Sector 4-A destaca la intervención del cauce por la extracción de áridos, además de existir presencia de actividades industriales en las riberas del río, destacando algunas como Ready Mix de Cementos Biobío, y la presencia de un camping, en la ribera poniente del río. La fuerte intervención en el cauce, ha permitido que los accesos al río sean variados y públicos desde el camino principal (C-35). El Sector 4-B, si bien se encuentra en medio de la Ciudad de Copiapó, está emplazado es un área de baja densidad poblacional por lo que las viviendas más cercanas al área donde se situarían las lagunas de infiltración están ubicadas a una distancia aproximada de 250 metros en la ribera norte del cauce. Se trata de un sector bastante intervenido por la extracción de áridos lo que facilita el acceso al río. Respecto a los Sectores 5-A y 5-B, estos se encuentran el norte de la Ciudad de Copiapó, contiguos a la Ruta 5 (Longitudinal Norte). Se trata de sectores rurales donde el lecho del río se presenta bastante encausado en comparación a los sectores 4-A y 4-B que son los más intervenidos.

Los seis sectores preliminares no presentan población en las áreas donde se contempla desarrollar las lagunas de infiltración pues éstas se encuentran en el lecho del río. Sin embargo, algunos sectores pueden presentar interferencia con otras actividades que se están desarrollando actualmente en el mismo cauce como es la extracción de áridos en los sectores 4-A y 4-B; y las actividades industriales presentes en las riberas del río como se da en el sector 5-A. Por consiguiente, y de acuerdo a los antecedentes analizados, se concluye que todos los sectores son óptimos desde el punto de vista social para llevar a cabo el proyecto.

#### **ii. Patrimonio Arqueológico y Cultural**

La prospección arqueológica permitió concluir que el área de los seis Sectores Hidrogeológicos en donde se proyecta la implementación preliminar de lagunas de infiltración, no registra evidencias arqueológicas. En síntesis, se descartó la presencia en superficie de cualquier sitio arqueológico, y tampoco se evidenciaron otros elementos relevantes del patrimonio cultural en el área del

proyecto, incluso no se registraron hallazgos aislados, tal como lo señala la Ley de Monumentos Nacionales (Ley 17.288).

El resultado de la prospección realizada fue coherente con la revisión bibliográfica del área de estudio, ya que, el sector del lecho del Río Copiapó indica una total ausencia de monumentos arqueológicos y patrimoniales de acuerdo a los estudios revisados.

### **iii. Otros Proyectos en la Zona y su relación con el Proyecto**

Del total de los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación Ambiental en la Región de Atacama, gran cantidad de ellos se desarrollan en la Comuna de Copiapó y un porcentaje menor en la de Comuna de Tierra Amarilla, siendo en ambos casos la mayoría proyectos de tipo minero. Es así como la única y más relevante interferencia entre el proyecto en estudio y otro proyecto en la zona, dice relación con la superposición de parte del Sector 4-B de recarga con parte del Sector N°3 de la modificación del PRC Copiapó, para lo cual de llevarse a cabo las lagunas de infiltración deberá coordinarse con la nueva zonificación del Plan Regulador de Copiapó, en cuanto al uso del suelo en el lecho del río.

## **II.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL DE LAS ZONAS PREDEFINIDAS**

El análisis de factibilidad ambiental de los sectores identificados preliminarmente (seis sectores), se realizó en base a los resultados expuestos en la Línea de Base y al análisis de sensibilidad ambiental y de la biodiversidad. Para cada componente ambiental, y el respectivo sector de ubicación de lagunas de recarga, se dio una ponderación en base a la importancia estimada para el medioambiente.

Desde el punto de vista Medioambiental, los sectores de emplazamiento de alternativas de recarga que, presentan una mayor importancia en relación a las características actuales evidenciadas en la Línea de Base, corresponden a los sectores 3-A, 3-B y 4-A. Se debe destacar que los seis sectores evaluados sin embargo, presentan una Importancia Media.

En base a las características particulares de cada sector, se concluye que desde una mirada inclinada hacia los actuales usos del territorio, como así también a la existencia de predios asociados a actividades agrícolas y con baja intervención, sumado a escasa existencia de terreno aledaño al cauce del Río Copiapó, se propone que los sectores 3-A y 3-B, sean excluidos como alternativas de emplazamientos de lagunas de infiltración.

## **II.6 ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL DE CARÁCTER GENERAL Y ESPECÍFICA**

Se identificó de la normativa de carácter ambiental general y específica aplicable al Proyecto “Mejoramiento del Sistema de aguas Subterráneas para su Utilización en Riego en la Cuenca del Río Copiapó”, con la finalidad de establecer un plan que permita dar cumplimiento a la normativa ambiental vigente, en concordancia con la legislación de carácter general por componente ambiental identificando la fase del proyecto (construcción, operación y/o abandono, si corresponde).

## **II.7 ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA Y MODALIDAD DE INGRESO AL SISTEMA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

De acuerdo a la definición del tipo de proyecto y a las alternativas definidas, se efectuó un análisis respecto de la pertinencia de ingreso del proyecto o sus partes al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), conforme a lo establecido en el artículos 10 de la Ley N° 19.300 (modificada por la Ley N° 20.417/2010) y el art. 3 del Reglamento del SEIA (D.S. N° 95/2001). Efectuado el análisis de pertinencia de ingreso al SEIA, se analizó de manera preliminar, la ocurrencia de los efectos, características o circunstancias listados en el artículo 11 de la Ley N° 19.300 y más específicamente en los artículos 5 al 11 del Reglamento del SEIA. Esto con el fin de evaluar la necesidad de presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). El análisis mencionado incluye la justificación de someter el proyecto a evaluación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y la necesidad de presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

## **II.8 ANÁLISIS AMBIENTAL DE LAS OBRAS DE RECARGA**

La evaluación se desarrolló a partir del estudio de la situación actual del medio ambiente, descrita a través de la Línea de Base, en conjunto con la descripción del proyecto. Mediante un análisis Causa – Efecto, se identificaron los impactos ambientales positivos y negativos relevantes. Fue posible indicar que los mayores impactos previstos se relacionan con la fase de construcción de las lagunas, la que implicará acciones de remoción de materias y su respectivo apilamiento en sectores cercanos a las lagunas. Esta remoción de materiales desde el cauce del río, implicará una pérdida de ejemplares en el caso del componente fauna terrestre y una posible pérdida de ejemplares en el caso de los componentes de Flora y Vegetación Terrestre y Biodiversidad. El impacto sobre la fauna terrestre se relaciona con la pérdida de ejemplares y de hábitats asociados a la presencia de 4 reptiles endémicos y con problemas de conservación de acuerdo a la Ley de Caza 19.473, a saber, Lagartija de Plate (*Liolaemus platei*), Lagartija de Atacama (*Liolaemus atacamensis*), Culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*) y *Callopistes palluma*

clasificada. Respecto de los mamíferos, cabe destacar la presencia de Rata Chinchilla (*Abrocoma bennetti*).

En relación a la vegetación, el impacto sobre dichos ejemplares, clasificados en Categoría de Conservación, podría verse disminuido o anulado, en el caso de que las lagunas de infiltración se ajusten a zonas en donde no se registren estos ejemplares. Respecto de los impactos positivos, destaca el aumento de disponibilidad de agua para regantes, el cual es la principal justificación del estudio en cuestión.

## **II.9 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El Plan de Medidas de Mitigación tiene por finalidad evitar o disminuir la magnitud de los impactos ambientales negativos identificados a partir de la Evaluación de Impacto Ambiental. El plan comprende acciones y recomendaciones destinadas a evitar el efecto adverso que produce la materialización de la obra en todas sus fases, sobre los elementos del medio.

La responsabilidad por el manejo ambiental durante la fase de construcción deberá entenderse como responsabilidad del titular. Independiente de lo anterior, las acciones y obras serán ejecutadas por las empresas contratistas, quienes deberán tomar las acciones necesarias para asegurar la aplicación de las medidas que se definen en este plan y las que dan cumplimiento a la normativa ambiental vigente.

## **II.10 CAUDAL ECOLÓGICO**

El establecimiento del régimen de caudales ecológicos es una medida de mitigación que ha sido propuesta para preservar hábitats acuáticos valiosos y demandas ambientales antrópicas existentes en un curso de agua, debido a la implementación de una obra hidráulica.

Las metodologías a desarrollar para estimar los caudales ecológicos son las siguientes:

- Código de Aguas de Chile
- Norma Francesa
- Norma de Nueva Inglaterra
- Norma de la Confederación Hidrográfica del Norte de España
- Norma de la Confederación Suiza
- Resolución de Consejería de Presidencia del Principado de Asturias
- Tennant

Asimismo, se deberá considerar la metodología del Perímetro Mojado, como método hidráulico, para el cálculo del Qec.

## **II.11 ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE APLICAR LEY DE BOSQUE NATIVO N°20.283**

Mediante el levantamiento en terreno en el área de estudio, fueron identificadas especies nativas en categoría de conservación en los sectores de emplazamiento de lagunas de infiltración 4-A, 4-B, 5-A y 5-B. Conforme al análisis respecto de la Normativa Legal Vigente, y en función del Reglamento de Clasificación de especies (RCE), se identificó una especie en categoría de conservación, la que corresponde a *Pintoa chilensis*, incluida en el D.S. N° 33/2012 en categoría En Peligro. Por otra parte, de acuerdo al Listado Nacional del Libro Rojo, se registró una especie en categoría de conservación, la que corresponde a *Prosopis chilensis* considerada como Vulnerable (Benoit, 1989).

Respecto de los ejemplares identificados de *Pintoa chilensis*, se debe señalar que la especie se distribuye heterogéneamente en las formaciones analizadas y por tanto, los ejemplares registrados no constituyen el total presente en el área de estudio. Se destaca la presencia de bosque nativo de conservación en una región predominantemente xérica (sector N°5-A) o la extendida distribución de formaciones xerofíticas, especialmente de aquellas que constituyen formaciones xerofíticas de alto valor ecológico, (sector N°4-A). Los casos antes mencionados, por encontrarse dentro del área de intervención del proyecto y en conformidad a la Ley N° 20.283/2008, ameritan la realización de procedimientos específicos ante CONAF (Plan de manejo de obras civiles y Plan de trabajo respectivamente).

## **II.12 ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE APLICACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO SOCIAL**

El presente Estudio de Análisis Ambiental identificó que no se requiere de la presentación de un plan específico por cuanto no se generarán impactos significativos sobre la población tales como relocalización o alteraciones relevantes en las condiciones de vida de las personas.

Sin embargo se puede entregar información a la comunidad cercana, ya sea mediante reuniones con las directivas de juntas de vecinos o bien mediante volantes a entregar en las viviendas e industrias más cercanas a las zonas de obras, para dar a conocer los inicios de las faenas, los horarios de trabajos, quienes son los contratistas y como comunicarse con ellos en caso de algún problema o molestia ocasionada.

### **II.13 ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE APLICACIÓN DE AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS ARQUEOLÓGICOS**

La prospección arqueológica permitió concluir que el área de los seis Sectores Hidrogeológicos en donde se proyecta la implementación preliminar de lagunas de infiltración, no registra evidencias arqueológicas. En síntesis, se descartó la presencia en superficie de cualquier sitio arqueológico, y tampoco se evidenciaron otros elementos relevantes del patrimonio cultural en el área del proyecto, incluso no se registraron hallazgos aislados, tal como lo señala la Ley de Monumentos Nacionales (Ley 17.288). Para el componente arqueológico no se justifica realizar esta acción debido a que no se encontraron evidencias.

### **II.14 PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL**

Producto de los resultados obtenidos en la evaluación ambiental y de las medidas planteadas en el Plan de Manejo Ambiental, el consultor evaluó la procedencia de definir un Plan de Seguimiento Ambiental, estructurado de la siguiente forma:

- Plan de Inspección Ambiental
- Plan de Monitoreo Ambiental
- Informes de Seguimiento

### **II.15 IDENTIFICACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES**

A partir del análisis ambiental realizado para el proyecto seleccionado y los resultados obtenidos de la línea de base, Evaluación de Impactos, Plan de Manejo Ambiental y Seguimiento, se proponen los estudios ambientales específicos, a ser solicitados en las posteriores fases de ingeniería con el fin de profundizar en los componentes ambientales. Se presenta además una estimación de sus costos.

### **II.16 APROXIMACIÓN DE LOS COSTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL PROYECTO**

Por su parte los estudios adicionales dicen relación con la actualización de estudios ambientales y la tramitación de una Declaración de Impacto Ambiental, también considerando cada uno de los escenarios de inversión.

### **III ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA**

#### **III.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA PAC**

La presente Estrategia de Participación Ciudadana (PAC) corresponde al Proyecto “Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su Utilización en Riego en la Cuenca del Río Copiapó”, que la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura evalúa a nivel de Prefactibilidad a la fecha, para ser implementado en la Región de Atacama.

El proyecto consiste en la evaluación de alternativas de obras de infiltración del agua subterránea para su uso en riego en el Río Copiapó, proponiendo obras que permitan la utilización óptima de los recursos superficiales y subterráneos a través de recarga y del embalsamiento natural o artificial en el acuífero

#### **III.2 ENFOQUE METODOLÓGICO**

La metodología propuesta para la realización la Estrategia de Participación Ciudadana (PAC), ha sido elaborada a partir de:

- Catastro de actores
- Caracterización general de la comunidad
- Entrevistas
- Difusión a los actores relevantes identificados, los objetivos y alcances del estudio (Encuentros PAC).

#### **III.3 DESCRIPCIÓN DE PROYECTO**

Debido a la escasez de agua imperante en la región y considerando las características hidráulicas e hidrogeológicas del área de estudio, se pudo constatar que el acuífero de Copiapó posee una buena capacidad de recarga natural, contando con al menos 6 angosturas que sirven de regulación y amplios sectores que poseen una elevada capacidad de almacenamiento. Se ha definido que las obras más adecuadas para generar la recarga artificial del acuífero, corresponden a lagunas de infiltración, las cuales además son obras simples, que permiten obtener el resultado esperado.

Los Sectores Hidrogeológicos analizados en el presente proyecto, corresponden a los clasificados como 3, 4, y 5, seleccionando 2 áreas en cada uno de ellos denominadas 3-A; 3-B; 4-A; 4-B; 5-A y 5-B, respectivamente. Esto permitió simular zonas para la implementación de lagunas de infiltración en los Sectores Hidrogeológicos N°3, N°4 y N°5, sobre el lecho del río y su área de inundación.

Una vez realizados los análisis de ingeniería y de evaluación ambiental, se determinaron aquellos sectores que cumplen con las mejores condiciones para ser lagunas de infiltración. De esta manera los sectores seleccionados corresponden a los Sectores Hidrogeológicos N°4 y N°5, específicamente en las alternativas de recarga denominadas 4-A, 4-B, 5-A y 5-B, por cuanto presentan las mayores depresiones y por lo tanto las condiciones necesarias para generar una recarga artificial; así como también espacio suficiente para la implementación de la solución de lagunas de infiltración. Desde el punto de vista ambiental estos sectores no tendrían impactos significativos en los componentes estudiados, por lo que es posible realizar el proyecto sin ocasionar impactos significativos al medio ambiente.

#### **III.4 RESULTADOS**

##### **III.4.1 Contextualización Social y Territorial del Área de Influencia**

###### **i. Caracterización del Área de Influencia Indirecta**

Desde el punto de vista Político- Administrativo, la Cuenca del Río Copiapó abarca las comunas de Copiapó, Tierra Amarilla y parte de Caldera. 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 158.438 habitantes y Tierra Amarilla con 13.507 personas, según los datos preliminares del Censo 2012.

La comuna con mayor población urbana en la cuenca es Copiapó, mientras que el mayor número de habitantes de áreas rurales en la cuenca se encuentran en la Comuna de Tierra Amarilla. Si se comparan los resultados del Censo de 2002 con el realizado en 1992, se tiene que la Comuna de Copiapó presenta un alto crecimiento en su densidad de población (28,3%), mientras la Comuna de Tierra Amarilla tuvo una variación de 20%.

La Región de Atacama y particularmente la Cuenca del Río Copiapó son ricas en cobre, oro, hierro y plata; por lo que una de las principales actividades económica que se desarrolla en ella es la minería, siendo una de las empresas privadas más relevantes en la producción minera del cobre la Compañía Minera Candelaria, con faenas mineras ubicadas en el sector cordillerano de la cuenca a la latitud de Copiapó.



Mientras que la actividad agrícola, segunda en importancia, es favorecida por las características climáticas de la zona, haciendo posible contar con condiciones aptas para la agricultura intensiva en los valles de riego. El clima del Valle de Copiapó ha permitido producir en forma temprana uva, tomates, ajíes, pimentones y otros. Actualmente la cuenca posee una superficie aproximada de 1.767.114,26 ha, aprovechables para el desarrollo de la agricultura.

Respecto a la caracterización del bienestar social básico, la comuna de Tierra Amarilla cuenta con dos centros de salud pública, mientras la comuna de Copiapó cuenta con siete Centros de Salud Familiar, además del hospital de alta complejidad, de carácter regional (Hospital San José del Carmen de Copiapó), clínicas privadas y algunas clínicas dentales también de carácter privado.

En cuanto a la educación, en Tierra Amarilla funcionan once establecimientos educacionales, de los cuales ocho son municipales y los tres restantes son particulares subvencionados. La comuna de Copiapó cuenta con 67 establecimientos educacionales que se concentran en la ciudad.

## **ii. Caracterización Área de Influencia Directa**

De acuerdo a los sectores finalmente seleccionados como alternativas de zonas de recarga según los criterios de ingeniería y ambientales, se consignaron los sectores 4A Tierra Amarilla, 4B Punta Negra ambos en el sector Hidrogeológico Mal Paso – Copiapó y los sectores 5A Cerro Pichancha y 5B Toledo en el sector Hidrogeológico Copiapó – Piedra Colgada; los que se describen a continuación.

### - Sector 4-A: Tierra Amarilla

Este sector, se encuentra entre la Ciudad de Copiapó y Tierra Amarilla, a 3 Kilómetros aproximadamente de esta última. Se trata de una zona bastante intervenida en el cauce del río ya que se desarrollan diversas actividades industriales en sus alrededores, destacando la extracción de áridos, que según fuentes del Municipio de Tierra Amarilla se trata de una actividad que no cuenta con permisos municipales pero sí con permisos de la Dirección de Obras Hidráulicas.

### - Sector 4-B: Punta Negra

Se encuentra dentro de la Ciudad de Copiapó, al sur de ésta, en el sector del puente Viñita Azul. De acuerdo al Plan Regulador de la ciudad de Copiapó, el área donde se encuentra el sector de infiltración corresponde en parte a Zona D, exclusiva de Explotación Agrícola y Zona F, áreas verdes tales como parques, jardines, plaza y juegos infantiles entre otros. Cabe mencionar que a una distancia aproximada de 100 metros del cauce del río, en la ribera norte se encuentran algunas edificaciones contiguas al callejón Las Barrancas, además en el lecho del río se realizan algunas actividades de extracción de áridos por lo que el río se aprecia seco y severamente intervenido.

-

**Sector 5: Cerro Pichincha y Toledo**

Este sector de recarga, se localiza al norte de la Ciudad de Copiapó, paralelo a la Ruta 5, frente al cerro Pichincha y al sector Punta Colorada – Portezuelo Las Bombas, en un área de características industriales en la ribera norte del cauce mientras en la ribera sur se extienden paños de cultivo preferentemente parronales. De acuerdo a los antecedentes recopilados, en este sector el lecho del río es angosto y bien encausado, por lo que las edificaciones se encuentran muy cercanas a éste, tal como se indica en la siguiente, donde se muestra una de las industrias, UNIFRUTTI.

La localidad más cercana al área de estudio es Toledo ubicada a 300 metros aproximadamente, en la ribera sur del cauce del Río Copiapó, a la que se accede por el camino C-386. De acuerdo al Censo 2002, en la localidad habitaban 84 personas.

**iii. Reseña Histórica del Riego en la Cuenca del Río Copiapó**

Históricamente han existido lluvias esporádicas e intensas en el invierno, que aumentan el caudal del río Copiapó fuertemente. Este tipo de precipitaciones históricas además tiene efecto en la recarga de los sectores acuíferos. Lamentablemente las precipitaciones esporádicas han provocado grandes daños en la agricultura y en la infraestructura tanto de la ciudad como de sectores rurales.

Por otra parte, según Golder 2006, los recursos hídricos en la cuenca cubren los requerimientos básicos de la agricultura, la minería y la prestación de servicios sanitarios para la población. En la cuenca del Río Copiapó, existe una extensa ocupación agrícola desde el Embalse Lautaro hasta la ciudad de Copiapó, disminuyendo en adelante los cultivos hacia la desembocadura. La minería por su parte, está presente, principalmente, en el tramo Malpaso – Copiapó, sector dónde también se concentra la demanda de agua para la población local. Los requerimientos de la agricultura son abastecidos con recursos hídricos superficiales y subterráneos, mientras que la población y la minería son atendidas con éstos últimos.

La provincia de Copiapó tiene una superficie de riego de 10.969,7 hectáreas, aumentando en 2.664,5 hectáreas (32,1%) en el período intercensal (1997 – 2007).

El riego gravitacional, incluye riego por surcos, tendido u otro tradicional. La provincia de Copiapó concentra 1.264,9 hectáreas regadas por estos sistemas, con una baja de 321,8 hectáreas (20,3%) respecto al año 1997. Además, esta provincia tiene el 17,1 % de la superficie regada por estos métodos en la región.

#### **iv. Derechos de Agua en el Valle del río Copiapó**

En la cuenca del Río Copiapó hay constituidos derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas. La agricultura se sostiene en base a ambos recursos hídricos, mientras que la minería y el consumo humano se abastecen únicamente de pozos.

Respecto a los derechos otorgados en la cuenca del Río Copiapó, un estudio elaborado por DICTUC 2010, se obtuvieron 993 registros de los cuales 104 corresponden a derechos superficiales y 889 a derechos subterráneos en la cuenca del río Copiapó. Asimismo se estimaron 801 registros de derechos subterráneos los que se encuentran ubicados en 682 pozos.

Los tenedores de derechos superficiales están organizados y regulados por la Junta de Vigilancia del río Copiapó (JVRC), quien tiene bajo su administración los canales que se dividen en 9 distritos.

En cuanto a las aguas subterráneas, en el acuífero del valle de Copiapó, un 60,4% de los derechos se encuentra aprobado, lo que equivale a un caudal total de 17.754 L/s. De este caudal, principalmente, 10.006 L/s se usan para riego, 3.047 L/s en minería y 1.560 para agua potable. En cuanto al tipo de derechos, 17.644 L/s corresponde a consuntivos, y 110 L/s a no consuntivos.

En el numeral II.3.1 del Volumen I se incluye un catastro de los derechos de agua del valle que entre otros antecedentes incluye el el SDT 327 de marzo de 2012 de la Dirección General de Aguas, Departamento de Administración de Recursos Hídricos, “Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados en la Cuenca del río Copiapó”, que actualiza la información a la fecha del informe.

Sobre la situación actual de los derechos hay información adicional en el numeral “1.5 Conclusiones”

#### **III.4.2 Aplicación de Entrevistas a Actores Claves**

Se contempló la realización de 10 entrevistas a informantes claves o actores relevantes, con el objetivo de identificar a quienes fueron convocados a las reuniones participativas, además de conocer sus opiniones respecto al proyecto. Esta actividad se desarrolló entre los días 03 y 05 de Julio de 2012, en las ciudades de Copiapó y Tierra Amarilla, Región de Atacama. Finalmente se llevaron a cabo 9 entrevistas.

Los resultados de las entrevistas se agruparon en tres temáticas

- Preocupaciones generales en torno al estudio / proyecto
- Percepciones acerca de los impactos potenciales y beneficios del proyecto
- Sugerencias acerca de las medidas a adoptar / de relaciones a futuro

### **III.4.3 Identificación y Caracterización Actores Relevantes**

En este apartado se generó una base de datos de los usuarios y actores identificados que tienen injerencia en el tema hídrico en la cuenca del Río Copiapó, los que se han clasificado en tres grupos: Públicos, Privados y Organizaciones. En el primer caso se encuentran los organismos dependientes del Estado, en el segundo grupo aquellos actores que ejercen facultades de gestión empresarial y/o administrativa, destacando la Junta de Vigilancia del Río Copiapó y la Comunidad de Aguas Subterráneas, así como Aguas Chañar, APECO y CORPROA, entre otras. En el último grupo se encuentran organizaciones como la Coordinadora Regional por la Defensa del Agua y el Medioambiente en Copiapó.

### **III.4.4 Difusión a los actores relevantes identificados, los objetivos y alcances del estudio**

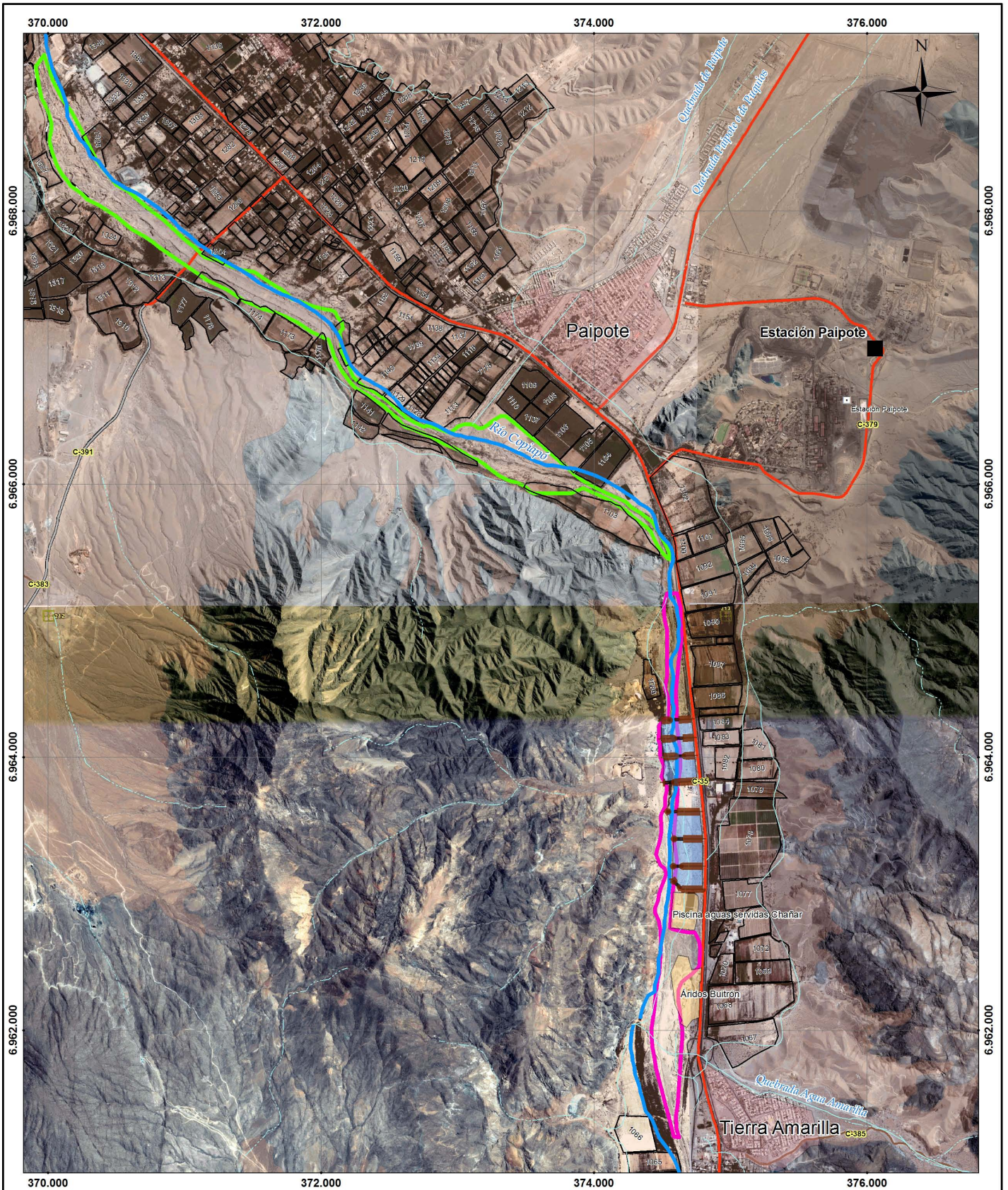
Se realizaron 4 campañas de terreno, las dos primeras enfocadas a difundir el proyecto entre los actores e instituciones públicas con competencia en el tema, y las dos últimas correspondientes a los encuentros de participación ciudadana.

De esta manera, se mantuvieron reuniones con la CASUB, la CNR Atacama, la JVRC, y los municipios de Copiapó y Tierra Amarilla. En cuanto a los talleres o encuentros de Participación Ciudadana el primero se llevó a cabo el 10 de Abril de 2012 y el segundo el 06 de diciembre de 2012.

En ambos encuentros los invitados fueron representantes de servicios públicos, además de representantes de organizaciones de usuarios de aguas y organizaciones agrícolas. En cuanto a los contenidos expuestos el primer taller fue principalmente para dar a conocer el estudio y los antecedentes con los que se trabajaría; mientras en el segundo se expusieron los resultados, conclusiones y recomendaciones.







Hidrología	Vialidad	Centros Poblados	Leyenda	Ingeniería	Sectores Estudio
Río Copiapó	Pavimento	● Ciudad	Muro	Vertederos	Sector Hidrogeológico N°5
Quebrada Permanente	Estabilizado	■ Caserío	Vertederos	Lagunas de Recarga	Sector Hidrogeológico N°4
Quebrada Intermitente	Ripio	■ Centros Urbanos	Lagunas de Recarga	Servicios	Sector Hidrogeológico N°3
Lago	Tierra		Servicios		Limite Predial
	Rol				Zonas de Recarga Sector 4-A
					Zonas de Recarga Sector 4-B



DATOS GEODÉSICOS:	
Elipsoide:	GRS80
Datum:	WGS84
DATOS CARTOGRÁFICOS:	
Proyección:	UTM, huso 19
Fuentes de información:	
- Cartografía IGM (1:50.000 / 1:250.000)	
- Modelo 2003	
- División de Ingeniería Hidráulica y Ambiental	
- DICTUC S.A. ANÁLISIS INTEGRADO DE GESTIÓN EN CIENCIA DEL RÍO COPIAPO, AÑO 2010	

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MEJORAMIENTO SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA SU USO EN RIEGO RÍO COPIAPO

**LAGUNAS DE RECARGA SECTOR N°4**  
**PROVINCIA DE COPIAPO**  
**COMUNA DE COPIAPO**

Contenido:

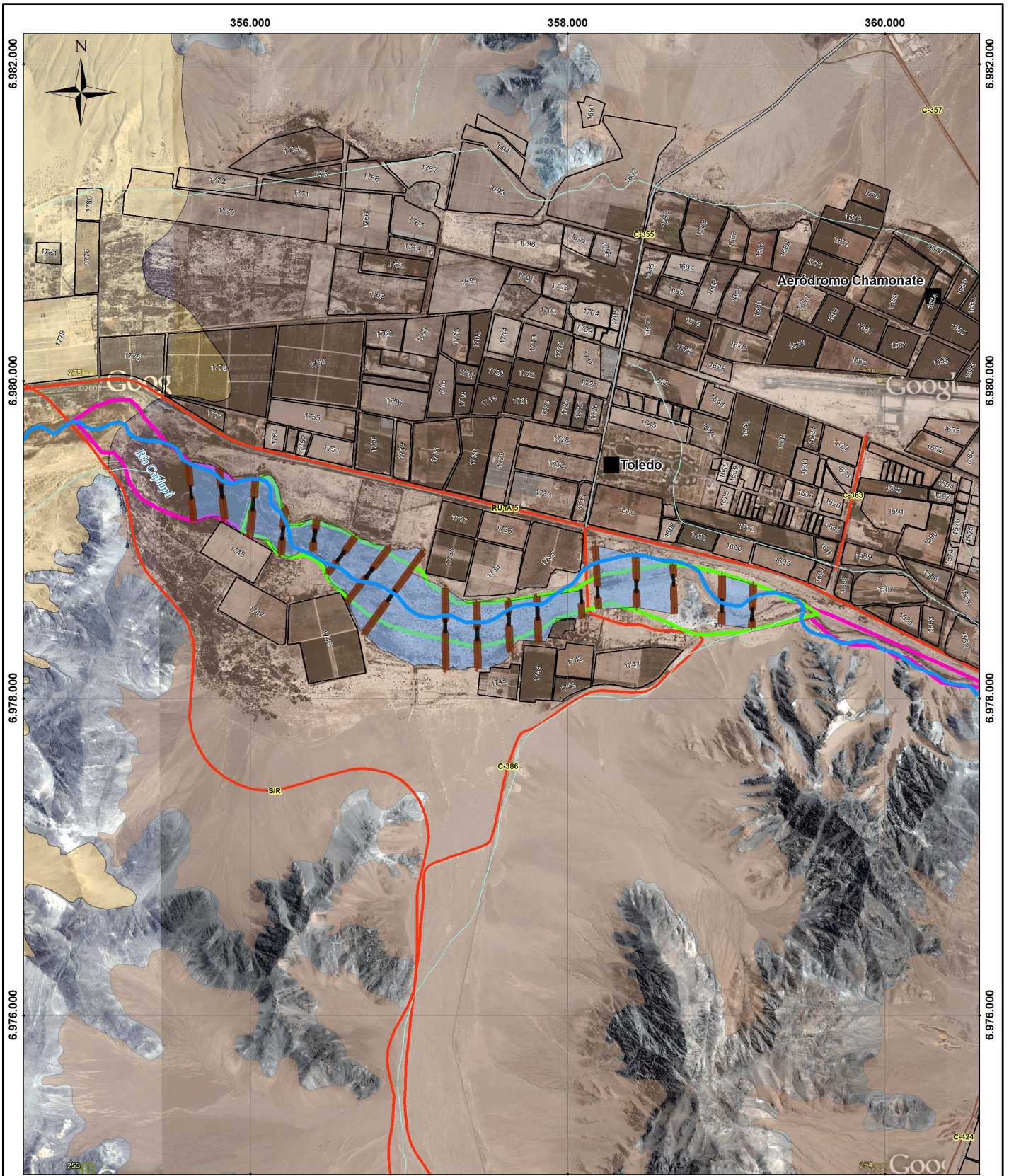
**LAGUNAS DE RECARGA SECTOR N°4**  
**PROVINCIA DE COPIAPO**  
**COMUNA DE COPIAPO**

Escala:  
1:40.000 Aprox.

Fecha: Diciembre de 2012

Anexo A-1-2

GOBIERNO DE CHILE  
 Ministerio de Agricultura  
 Comisión Nacional de Riego



Hidrología	Vialidad	Centros Poblados	Leyenda	Ingeniería	Sectores Estudio
<ul style="list-style-type: none"> <li>Río Copiapó</li> <li>Quebrada Permanente</li> <li>Quebrada Intermitente</li> <li>Lago</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pavimento</li> <li>Estabilizado</li> <li>Ripio</li> <li>Tierra</li> <li>Rol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciudad</li> <li>Caserío</li> <li>Centros Urbanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muro</li> <li>Vertederos</li> <li>Lagunas de Recarga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sector Hidrogeológico N°6</li> <li>Sector Hidrogeológico N°5</li> <li>Límite Predial</li> <li>Zonas de Recarga Sector 5-A</li> <li>Zonas de Recarga Sector 5-B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sector Hidrogeológico N°4</li> <li>Sector Hidrogeológico N°3</li> </ul>



DATOS GEODÉSICOS:	
Elipsoide:	GRS80
Datum:	WGS84
DATOS CARTOGRÁFICOS:	
Proyección:	UTM, huso 19
Fuentes de información:	
- Cartografía IGM (1:50.000 / 1:250.000)	
- Modelo 2003	
- División de Ingeniería Hidráulica y Ambiental	
- DICTUC S.A. ANÁLISIS INTEGRADO DE GESTIÓN EN CUENCA DEL RÍO COPIAPO, AÑO 2010	

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MEJORAMIENTO SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA SU USO EN RIEGO RÍO COPIAPO

**LAGUNAS DE RECARGA SECTOR N°5**  
PROVINCIA DE COPIAPO  
COMUNA DE COPIAPO

Contenido:

Escala: 1:40.000 Aprox.

Fecha: Diciembre de 2012

Anexo A-1-3

GOBIERNO DE CHILE  
Ministerio de Agricultura  
Comisión Nacional de Riego