CNR
Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

MÁS Y MEJOR
RIEGO PARA CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL MEJORAMIENTO USO Y REGULACIÓN RECURSOS HÍDRICOS DEL RÍO MOSTAZAL

INFORME FINAL
VOLUMEN 1: INGENIERÍA
TOMO 1

SANTIAGO, SEPTIEMBRE DE 2018

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

MÁS Y MEJOR
RIEGO PARA CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL MEJORAMIENTO USO Y REGULACIÓN RECURSOS HÍDRICOS DEL RÍO MOSTAZAL

INFORME FINAL
VOLUMEN 1: INGENIERÍA
TOMO 1

Estudio Elaborado por:

ARRAU Ingeniería SpA

SANTIAGO, SEPTIEMBRE DE 2018

Equipo participante:

Equipo Comisión Nacional de Riego:

Pedro León Ugalde
Secretario Ejecutivo (S):

César Navarrete Urrutia
Coordinador Unidad de Estudios

Tania Fernández Rubilar
Coordinadora de Estudio

Equipo Arrau Ingeniería Spa:

José Lagos Rehfeld
Jefe Proyecto y Especialista Obras Civiles

Carlos Naudón Gaona
Coordinador Proyecto

Wilson Ureta Parraguez
Coordinador Agroeconomía, Participación Ciudadana y Medio Ambiente

Luis Arrau del Canto
Especialista Grandes Obras de Riego

Wolf Von Igel Grisar
Especialista Hidrogeólogo y Modelación

Arturo Hauser Yung
Geólogo

Rodrigo Alvear Contreras
Especialista Agronómico

Cristian Schmitt Magasich
Abogado

Yuri Castillo Ávalos
Especialista Ambiental

Manuel Carvajal Améstica
Especialista Topografía

Víctor Zúñiga Pérez
Especialista en Participación Ciudadana

Cristóbal Mosqueira Baird-Kerr
Especialista Obras Civiles

Pedro Sanzana Cuevas
Especialista Modelación

Esteban Jamett Quezada
Mecánico de suelos

Víctor Castillo Paillán
Mecánico de suelos

Felipe Leyton Flores
Especialista Estudio Sísmico

Rafael Alarcón Rodríguez
Especialista Geofísica

Felipe Espinoza Contreras
Encargado de Calidad y Evaluación Económica

Betsabé Gallardo Illanes
Profesional Calidad

Mónica Martínez Olivares
Profesional PAC

Catalina Eastman Mendoza
Francisco Camus Herrera
Profesionales Medio Ambiente

Jacqueline Saravia Brehme
Supervisora de Trabajos de Terreno y Planos

Pablo Lagos Mella
Ingeniero Ejecución Geomensor

Paola Remedy Castillo
Ingeniero Ejecución Cartografía

Sebastián Mosqueira Giacamán
Ingeniero de Proyectos

Francisco Caichá Soto
Ingeniero de Proyectos

José Astudillo Henríquez
Ingeniero de Proyectos

Gabriela Silva Garrido
Karina Aguilera Casanueva
Especialistas Flora, Vegetación y Fauna
Nuriluz Hermosilla Osorio
Especialista Arqueología

Alejandro Henott Guerrero
Camilo González Bascuñán
Técnicos

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Acápite	Descripción	Página
1.	**INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS, Y COMPONENTES DEL ESTUDIO Y ETAPA**	**1-1**
1.1.	Introducción	1-1
1.2.	Objetivos	1-1
1.2.1.	Objetivo General	1-1
1.2.2.	Objetivos Específicos	1-1
1.3.	Componentes del Estudio y Etapa	1-2
2.	**REVISIÓN DE ANTECEDENTES**	**2-1**
2.1.	Aspectos Generales	2-1
2.2.	Antecedentes Generales de la Zona en Estudio	2-2
2.3.	Antecedentes de Estudios de Ingeniería	2-4
2.3.1.	Aspectos Generales	2-4
2.3.2.	Estudio de Prefactibilidad "Optimización Uso del Recurso Hídrico Río Mostazal", Procivil Ingeniería Ltda. – DOH, 1998	2-4
2.3.3.	Explotación Optimización Uso del Recurso Hídrico río Mostazal, AC Ingenieros Consultores Ltda. – DOH, 2000	2-7
2.3.4.	Catastro de Obras Medianas de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al 2018, Zona Norte-regiones de Arica y Parinacota a Metropolitana. CNR, 2009	2-9
2.3.5.	Perfil del Proyecto Mejoramiento de Uso y Regulación de los Recursos Hídricos del Río Mostazal Comuna de Monte Patria, IV región. CNR, 2015.	2-11
2.3.6.	Estudio Geofísico e Hidrogeológico en la Cuenca del Río Limarí. CORFO – DOH – GCF Ingenieros Ltda., 2015	2-15
2.3.7.	Diagnóstico Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos, Región de Coquimbo (GORE Coquimbo, 2013), por CONIC-BF	2-15
2.3.8.	Avances en el Conocimiento de la Relación Aguas Superficiales-Aguas Subterráneas en la Cuenca del Limarí, Región de Coquimbo. Proyecto de Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil Ambiental de la Universidad de la Serena. Salazar, 2012	2-16
2.3.9.	Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Cuenca del Río Limarí. DGA, 2008	2-17
2.3.10.	Otros Antecedentes	2-17
2.3.10.1.	Aspectos Generales	2-17
2.3.10.2.	Hidrología	2-17
2.3.10.3.	Estado Actual de Derechos de Agua y Organizaciones de Usuarios	2-17
2.3.10.4.	Infraestructura de Riego	2-18
2.4.	Antecedentes Técnicos de Trabajos de Terreno	2-19
2.5.	Antecedentes Legales y Administrativos	2-20
2.6.	Antecedentes Hidrológicos	2-21
2.6.1.	Pluviometría	2-21
2.6.2.	Fluviometría	2-23
2.7.	Análisis Crítico de los Antecedentes Disponibles	2-24
3.	**DIAGNÓSTICO PRELIMINAR, ANÁLISIS CONCEPTUAL, DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**	**3-1**
3.1.	Diagnóstico Preliminar	3-1

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Acápite	Descripción	Página
3.1.1.	Descripción General de la Cuenca	3-1
3.1.1.1.	Ubicación Geográfica	3-1
3.1.1.2.	Estructura Política y Administrativa	3-1
3.1.1.3.	Aspectos Demográficos y Socioeconómicos	3-2
3.1.1.4.	Condiciones de Vida y Servicios	3-7
3.1.2.	Diagnóstico Agronómico	3-10
3.1.3.	Diagnóstico Organizacional y Legal	3-11
3.1.4.	Diagnóstico Ambiental y Social	3-15
3.2.	Análisis Conceptual	3-16
3.2.1.	Alcance General	3-16
3.2.2.	Selección del Sitio de Embalse Superficial	3-17
3.2.3.	Análisis Conceptual Balance de Recursos Hídricos Superficiales	3-20
3.2.4.	Esquema del Balance de los Recursos Hídricos Superficiales	3-21
3.2.5.	Funcionamiento del Sistema de Recursos Hídricos Subterráneos en la Cuenca del Río Mostazal	3-25
3.2.6.	Embalse Subterráneo	3-26
3.2.7.	Operación Sistema Embalse Superficial/Subterráneo	3-26
3.3.	Caracterización General Sitios de Embalse	3-27
3.3.1.	Información Existente	3-27
3.3.2.	Embalses Superficiales	3-31
3.3.3.	Embalses Subterráneos	3-31
3.3.4.	Inspección de los Sitios	3-32
3.4.	Reconocimiento y Análisis General de las Soluciones Propuestas	3-33
3.4.1.	Descripción de las Alternativas	3-33
3.4.2.	Características Geológicas de los Sitios de Embalse	3-35
3.4.2.1.	Generalidades	3-35
3.4.2.2.	Embalse Panguecillo en el Río Mostazal (ALT-EP)	3-35
3.4.2.3.	Embalse Tranca Morada en Río Mostazal	3-38
3.4.2.4.	Embalse Cuestecita en río Mostazal	3-40
3.4.2.5.	Embalse San Miguel Bajo en el río San Miguel	3-42
3.4.2.6.	Embalse San Miguel Alto en el río San Miguel	3-46
3.4.2.7.	Principales Conclusiones Respecto a los Aspectos Geológicos	3-48
3.4.3.	Identificación de Zonas de Explotación Subterránea	3-49
3.4.3.1.	Sitios de Embalses Subterráneos	3-49
3.4.3.2.	Discusión Hidrogeológica Respecto a Embalses Subterráneos	3-50
3.4.3.3.	Embalse Subterráneo El Maqui	3-51
3.4.3.4.	Embalse Subterráneo Pedregal	3-51
3.4.3.5.	Embalse Subterráneo Tulahuencito	3-53
3.4.3.6.	Embalse Subterráneo Colliguay	3-53
3.5.	Estimación Preliminar del Caudal Requerido	3-54
3.5.1.	Introducción	3-54
3.5.2.	Demandas de Agua para Uso en Riego	3-55
3.5.3.	Modelo de Operación Preliminar	3-61
3.5.3.1.	Objetivos	3-61
3.5.3.2.	Esquema General del Modelo (Topología)	3-61

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Acápite	Descripción	Página
3.5.3.3.	Ecuaciones del Modelo	3-62
3.5.3.4.	Resultados del Modelo	3-64
3.6.	Diseños Simplificados e Inversiones Totales	3-65
3.7.	Análisis Ambiental de las Alternativas	3-66
3.7.1.	Introducción	3-66
3.7.2.	Impactos Preliminares para Alternativas de Manejo de Agua Superficial	3-66
3.7.2.1.	Antecedentes Generales	3-66
3.7.2.2.	Impactos Ambientales de Alternativas	3-72
3.7.3.	Impactos Ambientales Preliminares para Alternativas de Manejo de Agua Subterránea	3-74
3.7.3.1.	Antecedentes Generales	3-74
3.7.3.2.	Impactos Ambientales de Alternativas	3-74
3.7.4.	Conclusiones	3-76
3.8.	Análisis Legal de las Alternativas	3-81
3.8.1.	Introducción	3-81
3.8.2.	Alternativas Superficiales	3-81
3.8.2.1.	Derechos de Aprovechamiento de Aguas y Organizaciones de Usuarios	3-81
3.8.2.2.	Expropiaciones	3-82
3.8.2.3.	Procesos Administrativo - Legales para Aprobación y Construcción	3-83
3.8.3.	Alternativas Subterráneas	3-84
3.8.3.1.	Derechos de Aprovechamiento de Aguas	3-84
3.8.3.2.	Comunidades de Aguas Subterráneas	3-85
3.9.	Evaluación y Selección de Alternativas	3-86
4.	**TRABAJOS DE TERRENO**	**4-1**
4.1.	Trabajos Topográficos	4-1
4.1.1.	Introducción	4-1
4.1.2.	Sistema de Transporte de Coordenadas	4-1
4.1.2.1.	Materialización de Puntos de Referencia o PR's	4-1
4.1.2.2.	Nivelación Geométrica	4-4
4.1.2.3.	Circuitos de Nivelación	4-8
4.1.2.4.	Poligonal Geodésica	4-8
4.1.2.5.	Transformación de Coordenadas UTM a Topográficas	4-11
4.1.2.6.	Circuito de la Poligonal	4-12
4.1.2.7.	Recurso Humano y Logístico	4-13
4.1.2.8.	Resultados del Trabajo Realizado	4-17
4.1.3.	Conclusiones	4-24
4.1.4.	Levantamiento Topográfico Singularidades	4-24
4.1.4.1.	Aspectos Generales	4-24
4.1.4.2.	Criterios de Selección	4-25
4.1.4.3.	Sitios Levantados	4-25
4.1.4.4.	Desarrollo de Actividades	4-31
4.1.4.5.	Resultados	4-32
4.2.	Restitución Aerofotogramétrica	4-32
4.2.1.	Introducción y Objetivos	4-32

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Acápite	Descripción	Página
4.2.2.	Planificación del Vuelo	4-33
4.2.3.	Vuelos Aerofotogramétricos Realizados	4-34
4.2.4.	Control de Cobertura	4-35
4.2.5.	Recubrimientos	4-36
4.2.6.	Equipamiento Fase del Vuelo Fotogramétrico y Fase Toma de Fotografías	4-36
4.2.7.	Software de Procesamiento de Datos GNSS	4-37
4.2.8.	Trabajo de Terreno	4-38
4.2.8.1.	Objetivos de la Medición GNSS	4-38
4.2.8.2.	Estático Rápido (Fast Static)	4-38
4.2.8.3.	Real Time Kinematic (RTK)	4-39
4.2.8.4.	Vinculación Planimétrica y Altimétrica	4-39
4.2.8.5.	Metodología de Medición (Apoyo Aerofotogramétrico)	4-39
4.2.8.6.	Medición de los Puntos de Control	4-40
4.2.9.	Estereorestitución Fotogramétrica	4-41
4.2.9.1.	Generalidades	4-41
4.2.9.2.	Proceso Digital	4-41
4.2.9.3.	Procedimientos	4-41
4.2.9.4.	Restitución Digital	4-41
4.2.9.5.	Edición de Planos Finales	4-44
4.2.10.	Fase de Ortorectificación Digital	4-45
4.2.11.	Resultados	4-45
4.3.	Levantamientos Topográficos de Sitios de Embalse (Escala 1:2.000)	4-46
4.3.1.	Introducción	4-46
4.3.2.	Objetivos	4-47
4.3.2.1.	Objetivo General	4-47
4.3.2.2.	Objetivos Específicos	4-47
4.3.3.	Antecedentes del Vuelo Fotogramétrico	4-47
4.3.3.1.	Aspectos Generales	4-47
4.3.3.2.	Elaboración y Características del Vuelo realizado 1:4.000	4-48
4.3.3.3.	Recubrimientos	4-49
4.3.3.4.	Control de Cobertura	4-50
4.3.4.	Equipos Utilizados	4-51
4.3.4.1.	Aspectos Generales	4-51
4.3.4.2.	Equipamiento Fase Toma de Fotografías	4-51
4.3.4.3.	Receptores (GNSS) Empleados	4-51
4.3.4.4.	Software de Procesamiento de datos GNSS	4-52
4.3.5.	Red Geodésica y Apoyo Terrestre	4-54
4.3.5.1.	Objetivos de la Medición GNSS	4-54
4.3.5.2.	Métodos de Medición	4-54
4.3.5.3.	Monumentación	4-55
4.3.5.4.	Vinculación Planimétrica	4-55
4.3.5.5.	Transformación de UTM a Topográfica	4-60
4.3.5.6.	Vinculación Altimétrica	4-60
4.3.5.7.	Metodología de medición (Apoyo Aerofotogramétrico)	4-61

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Acápite	Descripción	Página
4.3.6.	Estereorestitución Fotogramétrica	4-62
4.3.6.1.	Generalidades	4-62
4.3.6.2.	Proceso Digital	4-62
4.3.6.3.	Procedimientos	4-63
4.3.6.4.	Restitución Digital	4-63
4.3.6.5.	Edición de Planos Finales	4-67
4.3.6.6.	Corrección Radiométrica de las Imágenes Aéreas	4-67
4.3.6.7.	Correcciones a Considerar	4-67
4.3.7.	Levantamientos Topográficos	4-67
4.3.8.	Productos Entregados	4-68
4.4.	Catastro de Captaciones de Aguas Subterráneas	4-69
4.4.1.	Introducción	4-69
4.4.2.	Catastro	4-69
4.4.2.1.	Metodología	4-69
4.4.2.2.	Resultados Catastro de Extracciones Subterráneas	4-71
4.5.	Pruebas de Bombeo	4-90
4.5.1.	Aspectos Generales	4-90
4.5.2.	Metodología Pruebas de Bombeo	4-91
4.5.3.	Resultados	4-92
4.6.	Mecánica de Suelos	4-92
4.6.1.	Introducción	4-92
4.6.2.	Ubicación de los Pozos de Reconocimiento	4-93
4.6.3.	Estratigrafías Calicatas	4-94
4.6.4.	Calicatas de Exploración para Análisis de Suelo	4-96
4.6.5.	Calicatas de Exploración para Análisis de Macrogranulometría	4-98
4.6.6.	Calicatas de Exploración para Análisis de Infiltración Porchet	4-103
4.7.	Calicatas en Canales	4-104
4.7.1.	Aspectos Generales	4-104
4.7.2.	Criterios de selección	4-105
4.7.3.	Sitios Prospectados y Resultados	4-105
5.	**ESTUDIOS BÁSICOS**	**5-1**
5.1.	Determinación de Regímenes Hidrológicos y de Crecidas	5-1
5.1.1.	Hidrología de Recursos Hídricos	5-1
5.1.1.1.	Aspectos Generales	5-1
5.1.1.2.	Descripción de la Cuenca y Características Geomorfológicas	5-2
5.1.1.3.	Enfoque Adoptado para la Modelación	5-3
5.1.1.4.	Información Hidrometeorológica Utilizada	5-4
5.1.1.5.	Descripción del Modelo WEAP	5-11
5.1.1.6.	Segmentación de la Cuenca	5-13
5.1.1.7.	Calibración	5-15
5.1.1.8.	Validación	5-21
5.1.1.9.	Solución Alternativa	5-23
5.1.1.10.	Caudales Modelados en los Sitios de Embalse	5-24

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Acápite	Descripción	Página
5.1.2.	Hidrología de Crecidas	5-29
5.1.2.1.	Aspectos Generales	5-29
5.1.2.2.	Información Hidrológica Disponible en la Zona de Estudio	5-30
5.1.2.3.	Estudio a Partir de Información Fluviométrica	5-31
5.1.2.4.	Estudio a partir de Información Pluviométrica	5-41
5.1.2.5.	Precipitación Máxima Probable y Crecida Máxima Probable	5-61
5.1.2.6.	Crecida de Diseño y Conclusiones	5-63
5.1.3.	Evaluación de Escenario de Cambio Climático	5-65
5.1.3.1.	Introducción	5-65
5.1.3.2.	Modelo de Circulación Global CSIRO-MK3.6	5-67
5.1.3.3.	Método Genérico	5-68
5.1.3.4.	Simulación de Caudales en Escenario de Cambio Climático	5-71
5.1.3.5.	Aplicación del Método al Presente Estudio	5-71
5.2.	Estudio Geológico	5-90
5.2.1.	Geología Río Mostazal	5-90
5.2.1.1.	Marco Estructural	5-90
5.2.1.2.	Marco Geológico	5-91
5.2.1.3.	Reconocimientos del Sitio Tranca Morada	5-105
5.2.2.	Geología Río San Miguel	5-106
5.2.2.1.	Marco Geomorfológico, Estructural y Geológico Local	5-106
5.2.2.2.	Marco Geológico	5-109
5.2.2.3.	Reconocimiento del Sitio de Embalses San Miguel Alto	5-116
5.2.3.	Disponibilidad de Materiales Sueltos y Enrocados	5-121
5.2.4.	Referencias	5-121
5.3.	Estudio Geotécnico	5-122
5.3.1.	Introducción	5-122
5.3.2.	Caracterización Geotécnica Sitio Tranca Morada	5-124
5.3.2.1.	Trabajos de Campo	5-124
5.3.2.2.	Ensayes de Laboratorio	5-130
5.3.2.3.	Resultados Obtenidos	5-131
5.3.3.	Caracterización Geotécnica Sitio San Miguel Alto	5-131
5.3.3.1.	Trabajos de Campo	5-131
5.3.3.2.	Ensayes de Laboratorio	5-136
5.3.3.3.	Resultados Obtenidos	5-136
5.3.4.	Capacidad de Infiltración Global del Subsuelo Sitio Tranca Morada	5-137
5.3.4.1.	Resultados y Análisis de Ensayos Lefranc	5-137
5.3.4.2.	Resultados y Análisis de Ensayos Lugeon	5-138
5.3.5.	Capacidad de Infiltración Global del Subsuelo Sitio San Miguel Alto	5-140
5.3.5.1.	Resultados y Análisis de Ensayos Lefranc	5-140
5.3.5.2.	Resultados y Análisis de Ensayos Lugeon	5-140
5.3.6.	Resultado y Análisis de Macrogranulometría Sitio Tranca Morada	5-142
5.3.7.	Resultado y Análisis de Macrogranulometría Sitio San Miguel Alto	5-143
5.3.8.	Calidad del Macizo Rocoso Sitio Tranca Morada	5-144
5.3.9.	Calidad del Macizo Rocoso Sitio San Miguel Alto	5-145

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Acápite	Descripción	Página
5.3.10.	Comentarios Generales	5-145
5.4.	Estudio Geofísico	5-145
5.4.1.	Antecedentes Generales	5-145
5.4.2.	Metodologías	5-146
5.4.2.1.	Metodología Sondajes Eléctricos Vertical (SEV)	5-146
5.4.2.2.	Metodología Electromagnética	5-147
5.4.3.	Instrumental	5-150
5.4.4.	Trabajos en Terreno	5-151
5.4.4.1.	Aspectos Generales	5-151
5.4.4.2.	Trabajos Ejecutados	5-158
5.4.5.	Resultados	5-171
5.4.5.1.	Sondajes Eléctricos Verticales	5-171
5.4.5.2.	Sondajes Electromagnéticos	5-219
5.4.6.	Resumen y Conclusiones	5-244
5.4.6.1.	Sondajes Eléctricos Verticales, SEV	5-244
5.4.6.2.	Sondajes Electromagnéticos	5-244
5.5.	Estudio Sedimentológico	5-245
5.5.1.	Antecedentes	5-245
5.5.2.	Caudales Medios y de Crecidas	5-246
5.5.3.	Curvas Granulométricas	5-246
5.5.3.1.	Calicatas	5-246
5.5.3.2.	Curvas Granulométricas	5-247
5.5.4.	Cálculo Gasto Sólido en Suspensión	5-249
5.5.4.1.	Método de Dendy y Bolton (1976)	5-249
5.5.4.2.	Estimación de la Producción Anual según Metodología USBR (1974)	5-250
5.5.4.3.	Tasa Regional US	5-250
5.5.4.4.	Tasas regionales de Embalses en Chile	5-251
5.5.4.5.	Estudio Embalse Chalinga DOH, 2015	5-252
5.5.4.6.	Elección de la Producción de Sólidos en Suspensión	5-252
5.5.5.	Cálculo Gasto Sólido de Fondo	5-252
5.5.6.	Cálculo Volumen Muerto	5-252
5.6.	Estudio Sísmico	5-253
5.6.1.	Introducción	5-253
5.6.2.	Localización del Área de Estudio	5-253
5.6.3.	Antecedentes	5-256
5.6.3.1.	Aspectos Generales	5-256
5.6.3.2.	Trabajos Previos	5-256
5.6.3.3.	Sismos Históricos en la Zona	5-259
5.6.4.	Reseña de Metodología	5-260
5.6.5.	Marco Sismogénico General	5-261
5.6.5.1.	Aspectos Generales	5-261
5.6.5.2.	Ambiente Sismogénico	5-262
5.6.5.3.	Determinación de las Fuentes Sísmicas	5-263
5.6.5.4.	Sismicidad Histórica y Registros Instrumentales	5-265

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Acápite	Descripción	Página
5.6.5.5.	Caracterización de las Fuentes Sismogénicas	5-275
5.6.6.	Estimación del Peligro Sísmico	5-280
5.6.6.1.	Aspectos Generales	5-280
5.6.6.2.	Metodología Probabilística	5-281
5.6.6.3.	Metodología Determinística	5-284
5.6.7.	Conclusión	5-287

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE DE CUADROS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Cuadro	Descripción	Página
2.2-1	CUADRO RESUMEN OBTENCIÓN DE LOS ANTECEDENTES GENERALES DE LA ZONA EN ESTUDIO	2-3
2.3.2-1	CANALES DE USO COLECTIVO PERTENECIENTES A LA JUNTA DE VIGILANCIA DEL RÍO MOSTAZAL	2-5
2.3.2-2	PROPUESTAS DE UNIFICACIÓN DE CANALES	2-6
2.4-1	ESTUDIOS CON INFORMACIÓN TÉCNICA BASE DE REFERENCIA PARA LA CUENCA DEL RÍO MOSTAZAL	2-20
2.5-1	RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES LEGALES Y ADMINISTRATIVOS	2-21
2.6.1-1	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS VIGENTES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	2-22
2.6.2-1	ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS VIGENTES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	2-23
3.1.1.3-1	POBLACIÓN TOTAL 2002 Y PROYECTADA 2016 COMUNA DE MONTE PATRIA	3-3
3.1.1.3-2	VARIACIÓN INTERCENSAL DE LA POBLACIÓN COMUNA DE MONTE PATRIA	3-3
3.1.1.3-3	DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN SEGÚN SEXO E ÍNDICE DE MASCULINIDAD COMUNA DE MONTE PATRIA	3-4
3.1.1.3-4	CIUDADES, PUEBLOS, ALDEAS Y CASERÍOS COMUNA DE MONTE PATRIA	3-4
3.1.1.3-5	POBLACIÓN SEGÚN POBREZA COMUNA DE MONTE PATRIA	3-5
3.1.1.3-6	POBLACIÓN SEGÚN TIPO Y CONDICIÓN DE ACTIVIDAD ECONÓMICA COMUNA DE MONTE PATRIA CENSO 2002 Y PROYECCIÓN 2012	3-6
3.1.1.3-7	POBLACIÓN OCUPADA POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA COMUNA DE MONTE PATRIA CENSO 2002 Y PROYECCIÓN 2016	3-7
3.1.1.4-1	ANALFABETISMO SEGÚN SEXO POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS	3-8
3.1.1.4-2	PROMEDIO AÑOS DE ESCOLARIDAD SEGÚN SEXO, A NIVEL REGIONAL Y COMUNAL POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS	3-8
3.1.1.4-3	COBERTURA EDUCACIONAL COMUNA DE MONTE PATRIA Y REGIÓN DE COQUIMBO	3-8
3.1.1.4-4	ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES EN COMUNA DE MONTE PATRIA	3-9
3.1.1.4-5	NIVEL DE EDUCACIÓN POBLACIÓN COMUNAL	3-9

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE DE CUADROS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Cuadro	Descripción	Página
3.1.1.4-6	INDICADORES SALUD COMUNA MONTE PATRIA Y REGIÓN DE COQUIMBO	3-10
3.1.3-1	RESUMEN DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS (*)	3-11
3.1.3-2	RESUMEN CATASTRO CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA CUENCA DEL RÍO MOSTAZAL	3-12
3.1.3-3	COMUNIDADES DE AGUAS SEGÚN NIVEL ORGANIZACIONAL	3-14
3.4.1-1	ALTERNATIVAS DE SITIOS DE EMBALSE	3-34
3.5.2-1	SUPERFICIE REGADA POR CULTIVOS	3-55
3.5.2-2	DEMANDA BRUTA DE AGUA PARA RIEGO RÍO MOSTAZAL	3-57
3.5.2-3	DEMANDA BRUTA DE AGUA PARA RIEGO RÍO SAN MIGUEL	3-59
3.5.3.3-1	DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS RÍOS MOSTAZAL Y SAN MIGUEL	3-63
3.5.4.5-1	RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO OPERACIONAL	3-64
3.6-1	RESUMEN RESULTADOS DISEÑO SIMPLIFICADO EMBALSES	3-65
3.6-2	PRESUPUESTO EMBALSE	3-66
3.7.2.1-1	IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES	3-67
3.7.2.1-2	FLORA POTENCIAL PROTEGIDA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	3-68
3.7.2.1-3	AVES POTENCIALES PROTEGIDAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	3-69
3.7.2.1-4	ANFIBIOS POTENCIALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	3-70
3.7.2.1-5	REPTILES POTENCIALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	3-70
3.7.2.1-6	MAMÍFEROS POTENCIALES PROTEGIDOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	3-71
3.7.4-1	IMPACTOS AMBIENTALES PRELIMINARES PARA ALTERNATIVAS DE MANEJO EN ANÁLISIS	3-79
3.8.2.1-1	UBICACIÓN DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS RESPECTO A LOS SITIOS DE EMBALSE	3-81
4.1.2.8-1	COTAS Y DESNIVELES GEOMÉTRICOS PN-D78A – RM14	4-18
4.1.2.8-2	COTAS Y DESNIVELES GEOMÉTRICOS RM11N – RM27N	4-18
4.1.2.8-3	COTAS Y DESNIVELES GEOMÉTRICOS RM27N – RM44	4-19
4.1.2.8-4	COTAS Y DESNIVELES GEOMÉTRICOS RM27 – RM45	4-19
4.1.2.8-5	COORDENADAS UTM SIRGAS	4-21
4.1.2.8-6	RESUMEN COORDENADAS Y COTAS TOPOGRÁFICAS SIRGAS	4-22
4.1.2.8-7	COORDENADAS GEODÉSICAS SIRGAS	4-23
4.1.4.3-1	DESCRIPCIÓN SINGULARIDADES A LEVANTAR	4-27
4.1.4.4-1	DESARROLLO DE ACTIVIDADES	4-31
4.2.3-1	FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A CADA LÍNEA DE VUELO	4-35
4.2.8.4-1	VÉRTICES UTILIZADOS COMO BASE DEL APOYO	4-39
4.2.9.4-1	FLUJO DE TRABAJO PROCESO DE RESTITUCIÓN DIGITAL	4-44
4.3.5.4-1	RESUMEN PROCESAMIENTO LÍNEAS BASE VINCULACIÓN SECTOR TRANCA MORADA	4-56
4.3.5.4-2	RESUMEN AJUSTE DE RED SECTOR TRANCA MORADA	4-57
4.3.5.4-3	RESUMEN PROCESAMIENTO LÍNEAS BASE VINCULACIÓN SECTOR SAN MIGUEL ALTO	4-58
4.3.5.4-4	RESUMEN AJUSTE DE RED SECTOR SAN MIGUEL ALTO	4-59
4.3.5.4-5	RESUMEN COORDENADAS NUEVOS PRS	4-60
4.3.5.6-1	RESUMEN NIVELACIÓN	4-61
4.3.5.6-2	RESUMEN COORDENADAS TOPOGRÁFICAS	4-61
4.3.5.7-1	RESUMEN COORDENADAS PLANAS TOPOGRÁFICAS APOYO FOTOGRAMÉTRICO	4-62

ÍNDICE DE CUADROS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Cuadro	Descripción	Página
4.3.6.4-1	FLUJO DE TRABAJO PROCESO DE RESTITUCIÓN DIGITAL	4-66
4.4.2.2-1	PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA POR POZO PROFUNDO	4-75
4.4.2.2-2	PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA POR NORIAS	4-79
4.4.2.2-3	PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA POR SOCAVONES	4-81
4.4.2.2-4	PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA DESDE VERTIENTES	4-85
4.4.2.2-5	PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA POR DRENES	4-88
4.5.3-1	UBICACIÓN SITIOS PRUEBAS DE AGOTAMIENTO	4-92
4.5.3-2	PERMEABILIDADES DETERMINADAS CON PRUEBA DEL AUGER HOLE	4-92
4.6.2-1	COORDENADAS UTM POZOS DE RECONOCIMIENTO	4-93
4.6.3-1	MODELO ESTRATIGRÁFICO CALICATAS ZONA DE INUNDACIÓN	4-95
4.6.4-1	GRANULOMETRÍA CALICATAS	4-96
4.6.4-2	DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS	4-96
4.6.5-1	RESULTADOS MACROGRANULOMETRÍA	4-98
4.6.5-2	DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MATERIAL DEL LECHO	4-98
4.6.6-1	RESULTADOS PRUEBA DE INFILTRACIÓN PORCHET POZO TM-02 – TRANCA MORADA	4-104
4.6.6-2	RESULTADOS PRUEBA DE INFILTRACIÓN PORCHET POZO SMA-C1 – SAN MIGUEL ALTO	4-104
4.7.3-1	CANALES SELECCIONADOS PARA CALICATAS	4-106
4.7.3-2	CALICATAS PROSPECTADAS	4-106
4.7.3-3	RESULTADOS ESTRATIGRAFÍA CALICATAS	4-107
5.1.1.2-1	CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS POR ALTERNATIVA	5-3
5.1.1.4-1	DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS (MESES CON INFORMACIÓN)	5-5
5.1.1.4-2	DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CONSIDERADAS (MESES CON INFORMACIÓN)	5-8
5.1.1.4-3	CAUDAL EXTRAÍDO AGUAS ARRIBA DE LA ESTACIÓN RÍO MOSTAZAL EN CUESTECITA	5-8
5.1.1.4-4	DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES DE TEMPERATURA CONSIDERADAS (MESES CON INFORMACIÓN)	5-10
5.1.1.5-1	RESUMEN DE PARÁMETROS GENERADORES DE ESCORRENTÍA DE WEAP	5-13
5.1.1.6-1	CARACTERÍSTICAS SUBCUENCAS MODELO	5-13
5.1.1.7-1	PARÁMETROS CALIBRADOS EN ESTUDIO DOH (2017) USADOS COMO PUNTO DE PARTIDA EN EL PRESENTE ESTUDIO	5-16
5.1.1.7-2	INDICADORES DE EFICIENCIA DEL MODELO HIDROLÓGICO	5-17
5.1.1.7-3	RESUMEN DE PARÁMETROS CALIBRADOS	5-21
5.1.1.10-1	CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVAS	5-29
5.1.2.2-1	ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA EL ESTUDIO	5-30
5.1.2.2-2	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA EL ESTUDIO	5-30
5.1.2.3-1	CAUDALES UTILIZADOS PARA ANÁLISIS DE FRECUENCIA EN PERÍODO DE DESHIELO	5-32
5.1.2.3-2	CAUDALES UTILIZADOS PARA ANÁLISIS DE FRECUENCIA EN PERÍODO PLUVIAL	5-33
5.1.2.3-3	RESULTADOS DE TEST c^2 PARA FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN EN CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PARA PERÍODO DE DESHIELO	5-33

ÍNDICE DE CUADROS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Cuadro	Descripción	Página
5.1.2.3-4	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA	5-34
5.1.2.3-5	ÁREAS NIVALES PARA LAS CUENCAS DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS	5-36
5.1.2.3-6	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PARA LAS TRES ALTERNATIVAS ANALIZADAS	5-37
5.1.2.3-7	RESULTADOS DE TEST c^2 PARA FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN EN CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PARA PERÍODO PLUVIAL	5-37
5.1.2.3-8	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA	5-39
5.1.2.3-9	ÁREAS PLUVIALES PARA LAS CUENCAS DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS	5-39
5.1.2.3-10	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PARA LAS TRES ALTERNATIVAS ANALIZADAS	5-40
5.1.2.3-11	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ADOPTADOS PARA EL MÉTODO DIRECTO	5-41
5.1.2.4-1	RESULTADOS DE TEST c^2 PARA FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN EN PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS	5-42
5.1.2.4-2	PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA PARA DISTINTAS ESTACIONES ANALIZADAS	5-43
5.1.2.4-3	PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA PARA DISTINTAS ESTACIONES ANALIZADAS	5-47
5.1.2.4-4	ESTACIONES UTILIZADAS PARA GRADIENTE POR ALTURA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS	5-49
5.1.2.4-5	COEFICIENTES DE FRECUENCIA PARA CUENCA RÍO GRANDE	5-51
5.1.2.4-6	PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS	5-51
5.1.2.4-7	PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS ADOPTADAS PARA EL ESTUDIO	5-52
5.1.2.4-8	COEFICIENTES EMPÍRICOS PARA FÓRMULA DE VERNI Y KING MODIFICADA	5-53
5.1.2.4-9	MODIFICACIÓN DE COEFICIENTES SEGÚN PERÍODO DE RETORNO PARA LA IV REGIÓN	5-53
5.1.2.4-10	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS OBTENIDOS A PARTIR DE FÓRMULA VERNI Y KING	5-53
5.1.2.4-11	COEFICIENTES DE AJUSTE PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO PARA MÉTODO DGA - AC	5-54
5.1.2.4-12	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS OBTENIDOS A PARTIR DE FÓRMULA DGA-AC	5-55
5.1.2.4-13	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS OBTENIDOS A PARTIR DE FÓRMULA RACIONAL	5-56
5.1.2.4-14	VALORES DE CURVA NÚMERO UTILIZADOS PARA LAS CUENCAS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	5-59
5.1.2.4-15	CAUDALES OBTENIDOS A PARTIR DE HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO	5-59
5.1.2.4-16	PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO NIVAL MÉTODO DGA-AC	5-60
5.1.2.4-17	CURVA ADIMENSIONAL ZONA RN	5-60
5.1.2.4-18	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO DE ORIGEN NIVAL MÉTODO DGA-AC	5-61
5.1.2.5-1	CAUDALES DE CRECIDA MÁXIMA PROBABLE PLUVIAL	5-62
5.1.2.5-2	CAUDAL MÁXIMO PROBABLE DE DESHIELO CUENCAS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS	5-63
5.1.2.6-1	RESUMEN DE CAUDALES OBTENIDOS POR ALTERNATIVA	5-64
5.1.2.6-2	CAUDALES PARA DISEÑO	5-65
5.1.3.1-1	DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	5-66
5.1.3.5-1	INDICADORES DE AJUSTE DE LA SERIE ESCALADA DE TEMPERATURA	5-80
5.1.3.5-2	INDICADORES DE AJUSTE DE LA SERIE ESCALADA DE PRECIPITACIÓN	5-81
5.1.3.5-3	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO (m^3/s)	5-87

ÍNDICE DE CUADROS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Cuadro	Descripción	Página
5.3.2.1-1	RESULTADOS CÁLCULO DE RQD EN SONDAJE S-1	5-129
5.3.2.1-2	RESULTADOS CÁLCULO DE RQD EN SONDAJE S-2	5-129
5.3.2.3-1	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	5-131
5.3.3.1-1	RESULTADOS CÁLCULO DE RQD EN SONDAJE S-3	5-135
5.3.3.1-2	RESULTADOS CÁLCULO DE RQD. EN SONDAJE S-4	5-135
5.3.3.3-1	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	5-137
5.3.4.1-1	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	5-137
5.3.4.2-1	PERMEABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO	5-138
5.3.5.1-1	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	5-140
5.3.5.2-1	PERMEABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO	5-140
5.3.6-1	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MATERIAL DE CALICATA 1 (ESTRATO 3)	5-142
5.3.6-2	DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS	5-143
5.3.7-1	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MATERIAL DE CALICATA 2 (ESTRATO 1)	5-143
5.3.7-2	DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS	5-144
5.4.2.1-1	RESISTIVIDADES EN MEDIOS NATURALES	5-147
5.4.4.1-1	RESUMEN TRABAJOS EN TERRENO	5-152
5.4.4.1-2	RESUMEN DE COORDENADAS WGS84 MEDICIONES SEV	5-152
5.4.4.1-3	RESUMEN DE COORDENADAS WGS84 MEDICIONES TEM	5-157
5.4.4.2-1	IDENTIFICACIÓN PERFILES REALIZADOS	5-164
5.4.4.2-2	IDENTIFICACIÓN PERFILES REALIZADOS	5-167
5.5.1-1	CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS APORTANTES	5-245
5.5.2-1	CAUDALES MÁXIMOS DE CRECIDAS DE DESHIELO PARA LOS SITIOS DE EMBALSE	5-246
5.5.3.1-1	CALICATAS REPRESENTATIVAS EMBALSES TRANCA MORADA Y SAN MIGUEL ALTO	5-246
5.5.3.2-1	DATOS CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA SITIO TRANCA MORADA	5-247
5.5.3.2-2	DATOS CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA SITIO SAN MIGUEL ALTO	5-248
5.5.4.1-1	VOLUMEN DE SEDIMENTOS FÓRMULA DE DENDY Y BOLTON	5-250
5.5.4.2-1	VOLUMEN DE SEDIMENTOS METODOLOGÍA USBR (1974)	5-250
5.5.4.3-1	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TASA REGIONAL US	5-251
5.5.4.4-1	TASAS REGIONALES DE GASTO SÓLIDO SUSPENDIDO	5-251
5.5.4.6-1	RESUMEN VALORES OBTENIDOS Y VOLUMEN ADOPTADO	5-252
5.5.6-1	RESUMEN CÁLCULO VOLUMEN TOTAL DE SEDIMENTOS	5-253
5.6.3.3-1	DATOS DE TERREMOTOS DE MAGNITUD SUPERIOR A 7,0 OCURRIDOS EN LA ZONA	5-260
5.6.6.2-1	VALORES DE LA ACELERACIÓN HORIZONTAL MÁXIMA (PGA) PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RETORNO, CONSIDERANDO LAS FUENTES INTERPLACA TIPO THRUST E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA.	5-282
5.6.6.3-1	PARÁMETROS Y RESULTADOS DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINÍSTICO PARA LAS FUENTES INTERPLACA TIPO THRUST E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA	5-285
5.6.6.3-2	PARÁMETROS Y RESULTADO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINÍSTICO PARA LA FALLA CORTICAL ENCONTRADA EN LAS CERCANÍAS DEL PROYECTO	5-287

ÍNDICE DE FIGURAS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Figura	Descripción	Página
2.3.5-1	UNIFILAR RÍO MOSTAZAL	2-12
2.3.5-2	ESQUEMA CONCEPTUAL REGULACIÓN EMBALSE SUBTERRÁNEO	2-14
2.6.1-1	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	2-22
2.6.2-1	ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	2-24
3.1.1.1-1	UBICACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	3-1
3.1.1.2-1	CONTEXTO POLÍTICO-ADMINISTRATIVO COMUNA DE MONTE PATRIA	3-2
3.2.2-1	ESQUEMA GENERAL EMBALSE SUPERFICIAL	3-17
4.2.2-2	DIAGRAMA CON LOS TIPOS DE PRESAS	3-18
3.2.4-1	ESQUEMA DE LOS BALANCES DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES EN EL RÍO MOSTAZAL	3-23
3.2.6-1	ESQUEMA GENERAL EMBALSE SUBTERRÁNEO	3-26
3.3.1-1	GEOMORFOLOGÍA DE LA ANGOSTURA MOSTAZAL EN CUESTECITA	3-28
3.3.1-2	ALTERNATIVAS DE EMPLAZAMIENTO MURO EMBALSE CUESTECITA	3-29
3.3.1-3	UBICACIÓN EMBALSE SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEOS ESTUDIO CNR 2009	3-30
3.3.2-1	UBICACIÓN EMBALSES SUPERFICIAL	3-31
3.3.3-1	UBICACIÓN EMBALSES SUBTERRÁNEOS	3-32
3.3.4-1	CONSOLIDADO UBICACIÓN EMBALSES SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS	3-33
3.4.1-1	IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE EMBALSE	3-34
3.5.3.2-1	ESQUEMA GENERAL DEL MODELO DESARROLLADO	3-62
4.1.2.1-1	CARACTERÍSTICAS PR´S	4-2
4.1.2.1-2	DISEÑO HITO TIPO PARA PUNTO DE REFERENCIA (PR) Y VÉRTICE DE POLIGONAL	4-3
4.1.2.1-3	MONOGRAFÍA EJEMPLO	4-3
4.1.2.2-1	CERTIFICADO IGM DEL PUNTO DE NIVELACIÓN “PN-D78A”	4-5
4.1.2.2-2	MONOGRAFÍA IGM DEL PUNTO DE NIVELACIÓN	4-6
4.1.2.2-3	INSTALACIÓN ELEMENTOS MEDICIÓN CÁLCULO DESNIVEL	4-7
4.1.2.2-4	INSTALACIÓN ELEMENTOS MEDICIÓN CÁLCULO COTA	4-7
4.1.2.4-1	ESQUEMA METODOLOGÍA VINCULACIÓN GEODÉSICA	4-9
4.1.2.4-2	MONOGRAFÍA MC-4	4-10
4.1.2.6-1	DIAGRAMA POLIGONAL PRIMARIA	4-13
4.1.2.7-1	EQUIPOS UTILIZADOS	4-15
4.1.2.7-2	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN NIVEL PENTAX AL-M2C	4-16
4.1.2.7-3	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN NIVEL SOKKIA C-40	4-17
4.1.2.8-1	CIRCUITOS DE NIVELACIÓN	4-20
4.1.4.3-1	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL SINGULARIDADES A LEVANTAR	4-29
4.2.1-1	UBICACIÓN GENERAL ÁREA DE ESTUDIO	4-33
4.2.2-1	EJEMPLO DE TOMA DE LÍNEAS DE VUELO	4-33
4.2.3-1	PLANIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE VUELO ESCALA 1:20.000	4-34
4.2.3-2	PLANIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE VUELO ESCALA 1:8.000	4-35
4.2.4-1	CONTROL DE COBERTURA DE LA ZONA DE ESTUDIO	4-36
4.2.8.6-1	DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL EN LA ZONA DE ESTUDIO	4-40
4.2.9.4-1	CHEQUEO IMÁGENES DIGITALES (IMAGEN REFERENCIAL)	4-42

ÍNDICE DE FIGURAS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Figura	Descripción	Página
4.2.9.4-2	INGRESO DE LOS PARÁMETROS DE LAS FOTOGRAFÍAS (IMAGEN REFERENCIAL)	4-43
4.2.9.4-3	REVISIÓN DE LOS PARES ESTEREOSCÓPICOS DE CADA IMAGEN (IMAGEN REFERENCIAL)	4-43
4.2.9.4-4	MODELO FOTOGRAMÉTRICO ORIENTADO (IMAGEN REFERENCIAL)	4-44
4.2.10-1	IMAGEN DE LA ORTOFOTO REALIZADA	4-45
4.3.1-1	UBICACIÓN GENERAL DE LOS LEVANTAMIENTOS	4-46
4.3.3.1-1	ÁREA GENERAL DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO SECTOR TRANCA MORADA	4-48
4.3.3.2-1	ESQUEMA LÍNEAS DE VUELO, ESCALA 1:4.000	4-49
4.3.3.3-1	ESQUEMA RECUBRIMIENTO LONGITUDINAL DURANTE EL VUELO	4-50
4.3.3.4-1	CONTROL DE COBERTURA SECTOR TRANCA MORADA	4-50
4.3.4.4-1	PROGRAMA TRIMBLE BUSINESS CENTER – TRIMBLE	4-53
4.3.5.4-1	POLIGONAL DE VINCULACIÓN SECTOR TRANCA MORADA	4-56
4.3.5.4-2	POLIGONAL DE VINCULACIÓN SECTOR SAN MIGUEL ALTO	4-58
4.3.6.4-1	CHEQUEO IMÁGENES DIGITALES (IMAGEN REFERENCIAL)	4-63
4.3.6.4-2	INGRESO DE LOS PARÁMETROS DE LAS FOTOGRAFÍAS (IMAGEN REFERENCIAL)	4-64
4.3.6.4-3	REVISIÓN DE LOS PARES ESTEREOSCÓPICOS DE CADA IMAGEN (IMAGEN REFERENCIAL)	4-65
4.3.6.4-4	MODELO FOTOGRAMÉTRICO ORIENTADO (IMAGEN REFERENCIAL)	4-66
4.3.7-1	ZONA DE LEVANTAMIENTO SECTOR SAN MIGUEL ALTO	4-68
4.4.2.2-1	MAPA EXTRACCIONES SUBTERRÁNEAS	4-73
4.4.2.2-2	UBICACIÓN ESPACIAL DE POZOS CATASTRADOS	4-77
4.4.2.2-3	UBICACIÓN ESPACIAL DE NORIAS CATASTRADAS	4-78
4.4.2.2-4	UBICACIÓN ESPACIAL DE SOCAVONES CATASTRADOS	4-83
4.4.2.2-5	UBICACIÓN ESPACIAL EXTRACCIONES DESDE VERTIENTES CATASTRADAS	4-86
4.4.2.2-6	UBICACIÓN ESPACIAL DE DESCARGAS DE DRENES CATASTRADOS	4-89
4.5.2-1	PRUEBA EN PERFORACIÓN NO ENTUBADA	4-91
4.6.2-1	UBICACIÓN POZOS DE RECONOCIMIENTO SITIO TRANCA MORADA	4-94
4.6.2-2	UBICACIÓN POZOS DE RECONOCIMIENTO SITIO SAN MIGUEL ALTO	4-94
4.6.6-1	ESQUEMA ESTIMACIÓN TASA DE INFILTRACIÓN MÉTODO PORCHET	4-103
4.7.3-1	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL CALICATAS	4-111
5.1.1.2-1	SUBCUENCAS APORTANTES A ALTERNATIVAS DE EMBALSE RÍO MOSTAZAL	5-2
5.1.1.4-1	UBICACIÓN ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS	5-6
5.1.1.4-2	UBICACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS	5-7
5.1.1.4-3	UBICACIÓN ESTACIONES DE TEMPERATURA UTILIZADAS	5-11
5.1.1.5-1	ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL MODELO WEAP	5-12
5.1.1.6-1	SUBDIVISIÓN DE SUBCUENCAS PARA LA MODELACIÓN	5-14
5.1.1.6-2	TOPOLOGÍA WEAP EN MODELO RIO MOSTAZAL	5-14
5.1.2.2-1	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS EN ESTUDIO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS	5-31
5.1.2.4-1	ACTUALIZACIÓN ISOYETAS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS DE=10 AÑOS	5-49
5.1.3.1-1	PROYECCIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	5-66
5.1.3.3-1	ESQUEMA DE ESCALAMIENTO Y RELACIÓN ENTRE GCM Y RESOLUCIONES MENORES	5-69
5.1.3.3-2	ESQUEMA EJEMPLO DE UBICACIÓN DE LOS NODOS CGM VS PUNTO DE ANÁLISIS	5-70
5.1.3.3-3	EJEMPLO DE ESCALAMIENTO ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES	5-71

ÍNDICE DE FIGURAS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Figura	Descripción	Página
5.1.3.5-1	EJEMPLO PRECIPITACIÓN DIARIA MODELADA PARA EL DÍA 24 DE ENERO DE 2046 POR CSIRO-MK3.6 (kg/m2/s)	5-74
5.1.3.5-2	EJEMPLO TEMPERATURA DIARIA MODELADA PARA EL DÍA 24 DE ENERO DE 2046 POR CSIRO-MK3.6 (°K)	5-74
5.1.3.5-3	UBICACIÓN DE ESTACIÓN CARÉN SOBRE LA GRILLA DE TEMPERATURA CSIRO-MK3.6 (°K)	5-75
5.1.3.5-4	PIXEL DEL MODELO GLOBAL REPRESENTATIVO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CARÉN	5-76
5.2.2.1-1	MARCO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL SITIOS DE EMBALSE SAN MIGUEL BAJO (SMB) Y SAN MIGUEL ALTO (SMA)	5-107
5.3.1-1	UBICACIÓN GENERAL DE LA ZONA EN ESTUDIO	5-122
5.3.1-2	UBICACIÓN DEL SITIO TRANCA MORADA	5-123
5.3.1-3	UBICACIÓN DEL SITIO SAN MIGUEL ALTO	5-123
5.3.2.1-1	UBICACIÓN DE LOS SONDAJES DE PROSPECCIÓN EN EL SITIO DEL PROYECTO	5-124
5.3.2.1-2	UBICACIÓN DE CALICATAS DE EXPLORACIÓN	5-130
5.3.3.1-1	UBICACIÓN DE LOS SONDAJES DE PROSPECCIÓN EN EL SITIO DEL PROYECTO	5-132
5.3.3.1-2	UBICACIÓN DE CALICATAS DE EXPLORACIÓN	5-136
5.4.4.1-1	UBICACIÓN PROSPECCIONES SEV Y TEM	5-155
5.4.4.2-1	DISTRIBUCIÓN DE SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES Y PERFILES GEOELÉCTRICOS	5-165
5.2.4.2-2	DISTRIBUCIÓN DE SONDAJES ELECTROMAGNÉTICOS Y PERFILES GEOELÉCTRICOS.	5-169
5.4.5.1-1	PERFIL LONGITUDINAL SEV-1A	5-173
5.4.5.1-2	PERFIL TRANSVERSAL 1A-1 Y 1A-2	5-175
5.4.5.1-3	PERFIL TRANSVERSAL 1A-3	5-177
5.4.5.1-4	PERFIL TRANSVERSAL 1A-4	5-179
5.4.5.1-5	PERFIL TRANSVERSAL 1A-5	5-181
5.4.5.1-6	PERFIL TRANSVERSAL 1A-6	5-183
5.4.5.1-7	PERFIL TRANSVERSAL 1A-7	5-185
5.4.5.1-8	PERFIL LONGITUDINAL SEV-1B	5-189
5.4.5.1-9	PERFIL TRANSVERSAL 1B-1	5-193
5.4.5.1-10	PERFIL TRANSVERSAL 1B-2	5-195
5.4.5.1-11	PERFIL TRANSVERSAL 1B-3	5-197
5.4.5.1-12	PERFIL TRANSVERSAL 1B-4	5-199
5.4.5.1-13	PERFIL TRANSVERSAL 1B-5	5-201
5.4.5.1-14	PERFIL LONGITUDINAL SEV-2	5-205
5.4.5.1-15	PERFIL TRANSVERSAL 2-1	5-208
5.4.5.1-16	PERFIL LONGITUDINAL SEV-3	5-211
5.4.5.1-17	PERFIL TRANSVERSAL 3-1	5-215
5.4.5.1-18	PERFIL TRANSVERSAL 3-2	5-218
5.4.5.2-1	PERFIL LONGITUDINAL EM-1	5-221
5.4.5.2-2	PERFIL LONGITUDINAL EM 1-1	5-224
5.4.5.2-3	PERFIL LONGITUDINAL EM 1-2	5-225
5.4.5.2-4	PERFIL LONGITUDINAL EM-2	5-227
5.4.5.2-5	PERFIL TRANSVERSAL EM 2-1	5-230
5.4.5.2-6	PERFIL TRANSVERSAL EM 2-2	5-231

ÍNDICE DE FIGURAS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Figura	Descripción	Página
5.4.5.2-7	PERFIL TRANSVERSAL EM 2-3	5-232
5.4.5.2-8	PERFIL TRANSVERSAL EM 2-4	5-233
5.4.5.2-9	PERFIL LONGITUDINAL EM-3	5-235
5.4.5.2-10	PERFIL TRANSVERSAL EM 3-1	5-238
5.4.5.2-11	PERFIL TRANSVERSAL EM 3-2	5-239
5.4.5.2-12	PERFIL LONGITUDINAL EM-4	5-241
5.4.5.2-13	PERFIL LONGITUDINAL EM-5	5-242
5.4.5.2-14	PERFIL LONGITUDINAL EM-6	5-243
5.5.3.1-1	UBICACIÓN CALICATAS REPRESENTATIVAS	5-247
5.6.2-1	MAPA TOPOGRÁFICO CON LA LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5-254
5.6.2-2	MAPA TOPOGRÁFICO REGIONAL QUE MUESTRA LA VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DE LA CORTEZA (FLECHAS) Y EL ERROR DE LA ESTIMACIÓN (ELIPSES)	5-255
5.6.2-3	CORTE DE LA SUBDUCCIÓN CHILENA EN EL PARALELO 30.8°S	5-255
5.6.3.2-1	PROBABILIDADES DE QUE OCURRA UN TERREMOTO DE MAGNITUD SUPERIOR A 7.0-7.5PARA EL PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE 2004-2024	5-257
5.6.3.2-2	ESTIMACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO ELABORADO POR EL PROGRAMA GSHAP	5-258
5.6.3.2-3	ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO PROBABILÍSTICOS HECHOS A NIVEL NACIONAL	5-258
5.6.3.3-1	GRANDES TERREMOTOS INTERPLACA TIPO THRUST (FALLA INVERSA DE BAJO ÁNGULO), OBSERVADOS A LO LARGO DE LA COSTA DE CHILE Y SUR DEL PERÚ	5-259
5.6.3.3-2	MAPA TOPOGRÁFICO CON LOS EVENTOS HISTÓRICOS CON EPICENTROS CERCANOS, DE MAGNITUD SUPERIOR A 7.0 OCURRIDOS EN LA ZONA	5-259
5.6.5.1-1	MAPA TOPOGRÁFICO CON LA SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO	5-262
5.6.5.3-1	SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO	5-264
5.6.5.3-2	MAPA TOPOGRÁFICO CON LOCALIZACIÓN DE LAS SUBFUENTES (CÍRCULOS) QUE COMPONEN LA FUENTE SISMOGÉNICA DE TIPO INTERPLACA O THRUST (IZQUIERDA) E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA (DERECHA)	5-264
5.6.5.4-1	MAPAS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIONES QUE REGISTRARON EL TERREMOTO DE CHILE CENTRAL DE 1985 (IZQUIERDA) (SARAGONI Y OTROS, 1986) Y EL TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010 (DERECHA)	5-266
5.6.5.4-2	(A) ESQUEMAS CON LA PROPAGACIÓN DE LA RUPTURA EN EL TIEMPO (B) DATOS DE LA TASA DE MOMENTO SÍSMICO LIBERADO OBSERVADOS Y MODELADOS QUE PERMITIERON LLEGAR A LA SOLUCIÓN PRESENTADA	5-267
5.6.5.4-3	MAPA TOPOGRÁFICO CON ALGUNOS ACELEROGRAMAS DEL TERREMOTO DEL IQUIQUE DE 2014 (IZQUIERDA) Y SU MAYOR RÉPLICA DE MW=7,5 (IZQUIERDA) EN LAS ESTACIONES DE LA RED IPOC Y DEL CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL	5-268
5.6.5.4-4	MAPA TOPOGRÁFICO CON ALGUNOS ACELEROGRAMAS DEL TERREMOTO DEL ILLAPEL DE 2015 (IZQUIERDA) Y SU MAYOR RÉPLICA DE MW=7,6 (IZQUIERDA) EN LAS ESTACIONES DEL CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL Y LA RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS	5-269
5.6.5.4-5	ALGUNOS REGISTROS EN ACELERACIÓN DEL TERREMOTO DE ILLAPEL DE 2015 EN LAS ESTACIONES DEL CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL Y LA RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS MÁS CERCANAS A LOS SITIOS ESTUDIADOS	5-269

ÍNDICE DE FIGURAS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Figura	Descripción	Página
5.6.5.4-6	MAPAS CON LAS INTENSIDADES DE LOS TERREMOTOS INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA DE PUNITAQUI DE 1997 Y TARAPACÁ DE 2005, IZQUIERDA Y DERECHA, RESPECTIVAMENTE	5-270
5.6.5.4-7	REGISTROS DE ACELERACIONES OBTENIDOS EN LA CIUDAD DE ILLAPEL PARA EL TERREMOTO DE PUNITAQUI DE 1997	5-270
5.6.5.4-8	MAPA TOPOGRÁFICO CON LA LOCALIZACIÓN DE IMPORTANTES EVENTOS DE LA ZONA NORTE Y EL MECANISMO FOCAL DEL TERREMOTO DE TARAPACÁ DE 2005	5-271
5.6.5.4-9	MODELO DE LA FUENTE DEL TERREMOTO DE TARAPACÁ DE 2005	5-272
5.6.5.4-10	ACELEROGRAMAS DEL TERREMOTO DE SANTIAGO DE 1945 REGISTRADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE	5-272
5.6.5.4-11	REGISTROS DE ACELERACIONES OBTENIDOS EN LA CIUDAD DE PICA PARA EL TERREMOTO DE TARAPACÁ DEL 2005	5-273
5.6.5.4-12	MAPA CON LAS ISOSISTAS DE INTENSIDADES (EN ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA) DEL TERREMOTO DE CHILLÁN DE 1939	5-273
5.6.5.4-13	MAPA TOPOGRÁFICO CON LA LOCALIZACIÓN DE IMPORTANTES EVENTOS DE LA ZONA NORTE Y EL MECANISMO FOCAL DEL TERREMOTO DE TARAPACÁ DE 2005	5-274
5.6.5.4-14	MODELO DE LA FUENTE DEL TERREMOTO DE TARAPACÁ DE 2005	5-274
5.6.5.5-1	ALGUNOS RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA DE LAS VENTANAS TEMPORALES DONDE SE PUEDE CONSIDERAR ESTACIONARIEDAD DEL PROCESO SÍSMICO, PARA LAS FUENTES INTERPLACA TIPO THRUST (IZQUIERDA) E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA (DERECHA)	5-276
5.6.5.5-2	LEYES DE GUTENBERG-RICHTER PARA CADA UNA DE LAS FUENTES SISMOGÉNICAS DEFINIDAS EN ESTE ESTUDIO	5-276
5.6.5.5-3	CURVAS PROMEDIO DE ACELERACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES ZONAS DEL MUNDO	5-278
5.6.5.5-4	COMPARACIÓN ENTRE LAS FÓRMULAS DE ATENUACIÓN DE ACELERACIONES MÁXIMAS HORIZONTALES DE TERREMOTOS INTERPLACA TIPO THRUST REGISTRADAS EN ROCA Y SUELO DURO	5-279
5.6.5.5-5	COMPARACIÓN ENTRE LAS FÓRMULAS DE ATENUACIÓN DE ACELERACIONES MÁXIMAS HORIZONTALES DE TERREMOTOS INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA REGISTRADA EN ROCA Y SUELO DURO	5-279
5.6.5.5-6	COMPARACIÓN DE LEYES DE ATENUACIÓN	5-280
5.6.6.2-1	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA VERSUS ACELERACIÓN HORIZONTAL MÁXIMA PARA EL SITIO EN ESTUDIO	5-281
5.6.6.2-2	ACELERACIÓN HORIZONTAL MÁXIMA (PGA) EN FUNCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO EL SITIO DEL PROYECTO, CONSIDERANDO LAS FUENTES SISMOGÉNICAS PRESENTES	5-282
5.6.6.2-3	MAPAS TOPOGRÁFICOS CON EL APORTE ANUAL (DE ACUERDO A LA ESCALA DEL BORDE SUPERIOR DE CADA PANEL) DE CADA UNA DE LAS SUBFUENTES PUNTUALES, PARA LOS PERIODOS DE RETORNO DE 475 AÑOS (IZQUIERDA), 975 CENTRO) Y 2475 AÑOS (DERECHA)	5-283
5.6.6.2-4	HISTOGRAMAS CON EL APORTE ANUAL RELATIVO DE PARES DISTANCIA-MAGNITUD A LOS DISTINTOS NIVELES DE SOLICITACIÓN: 475 AÑOS (ARRIBA) Y 2475 AÑOS (ABAJO), PARA ESTERO DERECHO Y RÍO CHALINGA, EN LOS PANELES DE LA IZQUIERDA Y LA DERECHA, RESPECTIVAMENTE	5-284
5.6.6.3-1	MAPA CON LAS FUENTES PUNTUALES CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO	5-285
5.6.6.3-2	MAPA GEOLÓGICO LAS PRINCIPALES UNIDADES Y FALLAS ACTIVAS	5-286

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Fotografía	Descripción	Página
3.4.2.2-1	APOYO IZQUIERDO DE LA ALT- EP.	3-36
3.4.2.2-2	SECTOR PANGUECILLO ALT-EP.	3-37
3.4.2.3-1	DETALLE DE MARGEN IZQUIERDO DEL VALLE DEL RÍO MOSTAZAL.	3-39
3.4.2.3-2	VISTA HACIA AGUAS ARRIBA.	3-39
3.4.2.4-1	VISTA HACIA AGUAS ABAJO DE SECTOR DEL VALLE DEL RÍO MOSTAZAL	3-41
3.4.2.4-2	CORTE EN CAMINO PÚBLICO	3-41
3.4.2.4-3	MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR	3-42
3.4.2.5-1	DETALLE DE AFLORAMIENTOS	3-43
3.4.2.5-2	ZONA DEL APOYO IZQUIERDO DE PRESA ALT – ESM.	3-44
3.4.2.5-3	ZONA DE APOYO IZQUIERDO DE PRESA ALT- ESM.	3-45
3.4.2.5-4	MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR	3-45
3.4.2.5-5	SECCIÓN BASAL DE LA LADERA IZQUIERDA DEL VALLE DEL RÍO SAN MIGUEL	3-46
3.4.2.6-1	SECTOR ESTRECHAMIENTO SITIO TRANCA MORADA	3-47
3.4.3.4-1	SECTOR DEL RÍO MOSTAZAL, CONCORDANTE CON EL PUNTO DE CONFLUENCIA CON EL RÍO TULAHUENCITO.	3-52
3.4.3.4-2	INDICACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE LOS FLUJOS AFLORANTES;	3-52
3.4.3.5-1	SECTOR RÍO TULAHUENCITO: ALT-EST, EN PLANO MTZ-GEO-01.	3-53
3.4.3.6-1	SECTOR DE COLLIGUAY: ALT-ESC, EN PLANO MTZ-GEO-01.	3-54
4.1.2.2-1	UBICACIÓN PUNTO IGM D78A	4-4
4.1.2.4-1	VÉRTICE MC-4	4-9
4.2.6-1	AVIÓN FOTOGRAMÉTRICO (REFERENCIAL)	4-37
4.2.6-2	CÁMARA FOTOGRAMÉTRICA TRIMBLE TAC-80 (REFERENCIAL)	4-37
4.3.4.2-1	CÁMARA TRIMBLE TAC-80	4-51
4.3.4.3-1	EQUIPOS GPS UTILIZADOS EN LOS TRABAJOS	4-52
4.3.6.4-1	PROCESO DE RESTITUCIÓN DIGITAL (IMAGEN REFERENCIAL)	4-66
4.4.2.2-1	REGISTRO FOTOGRÁFICO POZOS CATASTRADOS	4-76
4.4.2.2-2	REGISTRO FOTOGRÁFICO NORIAS CATASTRADAS	4-78
4.4.2.2-3	REGISTRO FOTOGRÁFICO SOCAVONES CATASTRADOS	4-84
4.4.2.2-4	REGISTRO FOTOGRÁFICO EXTRACCIONES DESDE VERTIENTES CATASTRADAS	4-87
4.4.2.2-5	REGISTRO FOTOGRÁFICO SISTEMAS DE DRENAJE CATASTRADOS	4-90
5.2.1.2-1	FONDO DEL VALLE DEL RÍO MOSTAZAL	5-94
5.2.1.2-2	FONDO DEL VALLE DEL RÍO TULAHUENCITO	5-95
5.2.1.2-3	EJEMPLOS DE SECUENCIAS MACIZAS A POBREMENTE ESTRATIFICADAS ALT-ESM	5-97
5.2.1.2-4	EJEMPLOS DE SECUENCIAS MACIZAS A POBREMENTE ESTRATIFICADAS ALT-ESM	5-97
5.2.1.2-5	EJEMPLOS DE SECUENCIAS MACIZAS A POBREMENTE ESTRATIFICADAS ALT-EC	5-98
5.2.1.2-6	EJEMPLOS DE SECUENCIAS MACIZAS A POBREMENTE ESTRATIFICADAS ALT-EC	5-98
5.2.1.2-7	EJEMPLO DE ROCAS GRANÍTICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	5-101
5.2.1.2-8	FORMACIÓN RÍO TASCADERO	5-102
5.2.1.2-9	FORMACIÓN RÍO TASCADERO	5-103
5.2.1.2-10	FORMACIÓN MOSTAZAL	5-104

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Fotografía	Descripción	Página
5.2.1.2-11	FORMACIÓN MOSTAZAL	5-104
5.2.1.2-12	FORMACIÓN MOSTAZAL	5-105
5.2.2.1-1	VISTA GENERAL HACIA AGUAS ARRIBA, DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL VALLE DEL RÍO SAN MIGUEL, CORRESPONDIENTE AL EJE PROPUESTO PARA LA PRESA SMa	5-108
5.2.2.1-2	MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR	5-109
5.2.2.2-1	SECCIÓN MEDIA DEL VALLE DEL RÍO SAN MIGUEL, CORRESPONDIENTE A TERRENOS COMPROMETIDOS EN EL DESARROLLO DEL EJE DE LA PRESA SMA. DEPÓSITOS GRANULARES SUELTOS, INCONSOLIDADOS DE TIPO FLUVIAL A FLUVIOALUVIAL QUE PARTICIPAN DEL RELLENO DEL FONDO DEL VALLE	5-112
5.2.2.2-2	MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR	5-112
5.2.2.2-3	APOYO DERECHO DE PRESA SMA	5-113
5.2.2.2-4	VISTA HACIA AGUAS ABAJO DE TERRENOS COMPROMETIDOS EN ESTRIBO O APOYO IZQUIERDO DE PRESA SMA	5-114
5.2.2.2-5	MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR	5-115
5.2.2.3-1	DETALLE DE APOYO IZQUIERDO DE PRESA SMA	5-117
5.3.2.1-1	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-1 A PROFUNDIDADES ENTRE 0,00 m a 15,90 m	5-125
5.3.2.1-2	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-1A PROFUNDIDADES ENTRE 15,90 m a 33,80 m	5-125
5.3.2.1-3	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-1 A PROFUNDIDADES ENTRE 33,80 m a 46,00 m	5-126
5.3.2.1-4	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-1 A PROFUNDIDADES ENTRE 46,00 m a 54,00 m	5-126
5.3.2.1-5	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-2 A PROFUNDIDADES ENTRE 0,00 m a 18,90 m	5-127
5.3.2.1-6	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-2 A PROFUNDIDADES ENTRE 18,90 m a 31,00 m	5-127
5.3.2.1-7	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-2 A PROFUNDIDADES ENTRE 31,00 m a 43,50 m	5-128
5.3.2.1-8	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-2 A PROFUNDIDADES ENTRE 43,50 m a 55,00 m	5-128
5.3.3.1-1	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-3 A PROFUNDIDADES ENTRE 00,00 m a 17,30 m	5-133
5.3.3.1-2	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-3 A PROFUNDIDADES ENTRE 17,30 m a 36,50 m	5-133
5.3.3.1-3	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-4 A PROFUNDIDADES ENTRE 00,00 m a 20,20 m	5-134
5.3.3.1-4	MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-4 A PROFUNDIDADES ENTRE 20,20 m a 32,00 m	5-134
5.4.3-1	RECEPTOR DE SEÑALES ELECTROMAGNÉTICAS AFE CON ELECTRODOS Y BOBINAS MAGNÉTICAS	5-151
5.4.4.2-1	MUESTRA EQUIPOS INSTALADOS EN SEV-6, SECTOR EMBALSE MOSTAZAL	5-158
5.4.4.2-2	MUESTRA PREPARATIVOS EN SEV-18, SECTOR EMBALSE SAN MIGUEL	5-159
5.4.4.2-3	MUESTRA UBICACIÓN DE SEV-31, SECTOR EMBALSE CUESTECITA	5-159
5.4.4.2-4	MUESTRA REALIZACIÓN DE SEV-39 EN SECTOR PAMPA GRANDE	5-160
5.4.4.2-5	MUESTRA PREPARATIVOS EN SEV-43, SECTOR TULAHUENCITO	5-160
5.4.4.2-6	MUESTRA EQUIPO STRATAGEM UTILIZADO EN MEDICIONES SEM	5-161
5.4.4.2-7	MUESTRA EQUIPO RECEPTOR INSTALADO EN SEM-12, SECTOR CUESTECITA	5-161
5.4.4.2-8	MUESTRA EQUIPOS INSTALADOS EN SEM-18, SECTOR PAMPA GRANDE	5-162
5.4.4.2-9	MUESTRA INSTALACIÓN DE EQUIPOS EN SEM-43, AL PONIENTE DE PEDREGAL	5-162
5.4.4.2-10	MUESTRA EN TOMA DE DATOS DE SEM-49, SECTOR CAREN	5-163

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE DE GRÁFICOS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Gráfico	Descripción	Página
4.6.4-1	CURVA GRANULOMÉTRICA TM-C2 – TRANCA MORADA	4-97
4.6.4-2	CURVA GRANULOMÉTRICA SMA-C1 – SAN MIGUEL ALTO	4-97
4.6.5-1	CURVA MACRO GRANULOMETRÍA TM-C1 – TRANCA MORADA	4-99
4.6.5-2	CURVA MACROGRANULOMETRÍA SMA-C1 – SAN MIGUEL ALTO	4-101
5.1.1.4-1	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES	5-6
5.1.1.4-2	CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN RÉGIMEN NATURAL EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA	5-9
5.1.1.4-3	TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES	5-10
5.1.1.7-1	CORRELACIÓN (A) Y SERIE TEMPORAL DE CAUDALES MODELADOS V/S OBSERVADOS (B)	5-18
5.1.1.7-2	CORRELACIÓN DE CAUDALES MODELADOS V/S OBSERVADOS	5-19
5.1.1.7-3	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES MODELADOS V/S OBSERVADOS	5-19
5.1.1.7-4	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS ANUALES MODELADOS V/S OBSERVADOS	5-20
5.1.1.7-5	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS ANUALES MODELADOS V/S OBSERVADOS	5-20
5.1.1.8-1	COMPARACIÓN DE CAUDALES MODELADOS V/S OBSERVADOS EN EL PERÍODO DE VALIDACIÓN	5-22
5.1.1.9-1	COMPARACIÓN DE CAUDALES MODELADOS V/S OBSERVADOS EN EL PERÍODO DE VALIDACIÓN	5-24
5.1.1.10-1	SERIE DE CAUDALES MENSUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 1986-2016	5-25
5.1.1.10-2	CAUDALES MEDIOS MENSUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 1986-2016	5-25
5.1.1.10-3	CAUDALES MEDIOS ANUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 1986-2016	5-26
5.1.1.10-4	CURVA DE DURACIÓN MENSUAL MODELADA PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 1986-2016	5-26
5.1.1.10-5	CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVA CUESTECITA	5-27
5.1.1.10-6	CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVA TRANCA MORADA	5-27
5.1.1.10-7	CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVA SAN MIGUEL	5-28
5.1.1.10-8	CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVA SAN MIGUEL ALTO	5-28
5.1.2.3-1	COMPARACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN PERÍODO PLUVIAL Y DE DESHIELO	5-32
5.1.2.3-2	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO DE DESHIELO	5-34
5.1.2.3-3	DISTRIBUCIÓN PEARSON PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO DE DESHIELO	5-35
5.1.2.3-4	DISTRIBUCIÓN GUMBEL PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO DE DESHIELO	5-35
5.1.2.3-5	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO PLUVIAL	5-38
5.1.2.3-6	DISTRIBUCIÓN PEARSON PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO PLUVIAL	5-38
5.1.2.3-7	DISTRIBUCIÓN GUMBEL PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO PLUVIAL	5-39
5.1.2.4-1	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN CARÉN	5-43
5.1.2.4-2	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN PALOMA EMBALSE	5-44
5.1.2.4-3	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN RAPEL	5-44
5.1.2.4-4	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN EL TOME	5-45
5.1.2.4-5	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN RAMADAS	5-45

ÍNDICE DE GRÁFICOS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Gráfico	Descripción	Página
5.1.2.4-6	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN TULAHUÉN	5-46
5.1.2.4-7	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN TASCADERO	5-46
5.1.2.4-8	CORRELACIÓN ENTRE PP MAX DIARIA 1987 Y PP MAX DIARIA ACTUAL	5-47
5.1.2.4-9	GRADIENTE DE PP MÁXIMA DIARIA POR ALTURA EN ZONA DE ESTUDIO PARA PERÍODO DE RETORNO 10 AÑOS	5-50
5.1.2.4-10	GRADIENTE DE PP MÁXIMA DIARIA POR ALTURA EN ZONA DE ESTUDIO PARA PERÍODO DE RETORNO 100 AÑOS	5-50
5.1.3.5-1	DOWNSCALING ESTADÍSTICO TEMPERATURAS MENSUALES ESTACIÓN CARÉN SEPARACIÓN DE TENDENCIAS (A). FUNCIÓN CONTINUA RESULTANTE (B)	5-78
5.1.3.5-2	COMPARACIÓN ENTRE SERIE ESCALADA Y SERIE OBSERVADA EN ESTACIÓN CARÉN CURVA DE DURACIÓN MENSUAL DE TEMPERATURAS	5-79
5.1.3.5-3	COMPARACIÓN ENTRE SERIE ESCALADA Y SERIE OBSERVADA EN ESTACIÓN CARÉN CURVA DE PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURAS	5-79
5.1.3.5-4	DOWNSCALING ESTADÍSTICO PRECIPITACIONES MENSUALES ESTACIÓN CARÉN SEPARACIÓN DE TENDENCIAS (A). FUNCIÓN CONTINUA RESULTANTE (B)	5-81
5.1.3.5-5	COMPARACIÓN ENTRE SERIE ESCALADA Y SERIE OBSERVADA EN ESTACIÓN CARÉN CURVA DE DURACIÓN MENSUAL DE PRECIPITACIONES	5-82
5.1.3.5-6	COMPARACIÓN ENTRE SERIE ESCALADA Y SERIE OBSERVADA EN ESTACIÓN CARÉN CURVA DE PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIONES	5-83
5.1.3.5-7	COMPARACIÓN DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES CON Y SIN CAMBIO CLIMÁTICO	5-83
5.1.3.5-8	COMPARACIÓN DE PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES CON Y SIN CAMBIO CLIMÁTICO	5-84
5.1.3.5-9	SERIE DE CAUDALES MENSUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 2019-2049	5-85
5.1.3.5-10	CAUDALES MEDIOS MENSUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 2019-2049	5-85
5.1.3.5-11	CAUDALES MEDIOS ANUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 2019-2049	5-86
5.1.3.5-12	CURVA DE DURACIÓN MENSUAL MODELADA PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 2019-2049	5-86
5.1.3.5-13	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO ALTERNATIVA CUESTECITA	5-88
5.1.3.5-14	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO ALTERNATIVA SAN MIGUEL	5-88
5.1.3.5-15	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO ALTERNATIVA SAN MIGUEL ALTO	5-89
5.1.3.5-16	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO ALTERNATIVA TRANCA MORADA	5-89
5.3.4.2-1	COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN MACIZO ROCOSO. SONDAJE S-1	5-139
5.3.4.2-2	COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN MACIZO ROCOSO. SONDAJE S-2	5-139
5.3.5.2-1	COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN MACIZO ROCOSO. SONDAJE S-3	5-141
5.3.5.2-2	COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN MACIZO ROCOSO. SONDAJE S-4	5-141
5.5.3.2-1	CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA SITIO TRANCA MORADA	5-248
5.5.3.2-2	CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA SITIO SAN MIGUEL ALTO	5-249

Estudio de Prefactibilidad
"Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos Mostazal"

ÍNDICE DE ANEXOS TOMO 1

VOLUMEN 1 - ESTUDIO DE INGENIERÍA

Anexo	Descripción
3-1	MODELO OPERACIÓN PRELIMINAR
3-2	DISEÑOS SIMPLIFICADOS
4-1	TOPOGRAFÍA
4-2	RESTITUCIÓN AEROFOTOGRAMÉTRICA
4-3	CATASTRO DE CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
4-4	PRUEBAS DE BOMBEO
4-5	MECÁNICA DE SUELOS
4-6	CALICATAS EN CANALES
4-7	TOPOGRAFÍA DE SITIOS
5-1	HIDROLOGÍA Y CRECIDAS
5-2	GEOTÉCNICA
5-3	GEOFÍSICA
5-4	SEDIMENTOS

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS, Y COMPONENTES DEL ESTUDIO Y ETAPA

1.1. Introducción

El presente informe se refiere al estudio de prefactibilidad del **"*Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos del Río Mostazal*"**, localizado en la IV Región de la COMISIÓN NACIONAL De RIEGO del Ministerio de Agricultura. El estudio fue adjudicado a la empresa Arrau Ingeniería SpA, por resolución CNR Afecta N° 66 de 2016, aprobada por Contraloría General de la República con fecha 28 de noviembre de 2016.

La Comisión Nacional de Riego es el organismo responsable de la planificación, generación de información y seguimiento de programas de desarrollo agrícola en áreas de Riego y Drenaje, y dentro de este marco llama a la presente licitación.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

El objetivo del estudio es evaluar alternativas de mejoramiento del sistema de riego del río Mostazal.

Para ello se debe analizar y evaluar a nivel de prefactibilidad las alternativas de acumulación y regulación ya sean estas superficiales o subterráneas o una combinación de ambas. Se deberá considerar la generación de los prediseños de las obras de acumulación y de los sistemas de distribución del agua, así como la evaluación económica de las obras.

1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de la consultoría son los siguientes:

a) Analizar la pre-factibilidad técnica, económica, financiera, legal y ambiental de alternativas de acumulación y regulación.

b) Verificar y analizar exhaustivamente la situación de los recursos hídricos de la cuenca, identificando los derechos de aguas concedidos a los regantes.

c) Determinar, en función de los estudios agropecuarios y agroeconómicos, las demandas hídricas del proyecto a nivel de pre-factibilidad, de tal forma de dimensionar las obras de la forma más óptima posible.

d) Efectuar diferentes estudios de ingeniería básica a nivel de pre-factibilidad (hidrología, hidrogeología, mecánica fluvial, transporte de sedimentos, geológicos, geotécnicos, topográficos, etc.).

e) Plantear escenarios de proyecto con las obras seleccionadas y caracterizarlos con estudios de ingeniería y de agronomía, a nivel de prefactibilidad.

f) Estudiar la operación del sistema de riego y optimizarla.

g) Determinar el tamaño y posición óptimos para las obras.

h) Evaluar la presurización de la red, para usarla en tecnificación, cuando sea posible.

i) Se deberá analizar las eventuales interferencias que el proyecto podría tener con instalaciones existentes (caminos, sectores de cultivos, propiedad privada, entre otros).

j) Se deberá analizar la situación agropecuaria actual y proyectarla, en función de la mayor seguridad de riego que cualquiera de las alternativas de proyecto generaría, planteando un mejoramiento en las tecnologías de riego y cultivos actuales, así como diseñar un Programa de Asistencia Técnica y de Transferencia Tecnológica para la zona del Proyecto.

k) Desarrollar un Programa de Participación Ciudadana.

l) Realizar un Estudio de Análisis Ambiental del Proyecto (EAA), precisando los impactos ambientales, las medidas de mitigación y sus costos.

m) Identificar, analizar y cuantificar los costos de las posibles expropiaciones que tendrían que ser ejecutadas.

n) Evaluación Económica: utilizando el Método del Presupuesto, para diferentes escenarios de mejoramiento del sistema de riego y definir cuál es el tamaño del proyecto y momento de inversión óptimos.

o) Evaluación de oferta hídrica, bajo escenarios de cambio climático.

1.3. Componentes del Estudio y Etapa

El estudio se ha dividido en 8 etapas según se indica:

Etapa	Descripción
1	Recopilación de Antecedentes y Diagnóstico Preliminar
2	Trabajos de Terreno y Estudios Básicos (Primera Parte)
3	Caracterización Hidrogeológica
4	Identificación de Alternativas
5	Estudios Básicos de Ingeniería
6	Trabajos de Terreno y Estudios Básicos (Segunda Parte)
7	Aspectos de Ingeniería
8	Evaluación Económica y Recomendación de Proyecto

Este informe, que corresponde al Borrador del Informe Final, se estructura en 19 capítulos según se indica:

Capítulo	Nombre
1	Introducción y Objetivos
2	Revisión de Antecedentes
3	Diagnóstico Preliminar y Análisis Conceptual
4	Trabajos de Terreno
5	Estudios Básicos
6	Diagnóstico de Infraestructura de Distribución
7	Modelo Operacional
8	Formulación e Implementación del Modelo Hidrogeológico
9	Diseño Proyectos Obras de Regulación
10	Diseño Proyecto Sistema de Distribución
11	Estudio de Interferencias y Expropiaciones
12	Precios Unitarios, Presupuestos y Costos de Operación
13	Análisis Multipropósito de los Embalses
14	Estudio Agroeconómico
15	Evaluación Económica y Análisis Financiero
16	Estudio de Análisis Ambiental
17	Estudio de Participación Ciudadana
18	Sistema de Información Geográfica (SIG)
19	Conclusiones y Recomendaciones

2. REVISIÓN DE ANTECEDENTES

2.1. Aspectos Generales

En este capítulo se presenta la recopilación de los antecedentes disponibles en la Comisión Nacional de Riego y en otros Servicios u organismos, estatales o privados. Este trabajo no se limita sólo a recopilar antecedentes contenidos en informes o estudios existentes, sino a buscar información lo más actualizada posible.

El objetivo es obtener un diagnóstico preliminar de la zona de estudio, integrando los antecedentes recopilados tanto en gabinete, organismos públicos, privados y en terreno. Los antecedentes han sido clasificados en los siguientes temas:

- Topografía: Se revisó en estudios anteriores levantamientos para realizar el diagnóstico preliminar. No obstante, la topografía final se realiza en el presente Estudio.
- Geomorfología: Se revisó estudios de CIREN y SERNAGEOMIN relacionados con la temática.
- Edafología: Se revisó la versión final del estudio agrológico de CIREN para la zona y se identifican los estudios locales afines.
- Geología y geotecnia: Se recopiló y analizó toda la información de estudios realizados en la zona de interés que se encuentren el Centro de Documentación de la CNR (CEDOC), el Centro de Información de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) (CIDOH), cartas, informes o documentos elaborados por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), o información existente en Organismos Estatales o privados.
- Hidrológica: se recogieron todos los estudios realizados tanto por organismos estatales como por privados, dando énfasis principalmente a los aportes de la parte alta de la cuenca, para determinar y cuantificar el agua disponible, con el objetivo de determinar el volumen potencial de agua a regular.
- Hidrogeología: Dada la importancia de esta temática para el presente estudio, se presentan todos los antecedentes hidrogeológicos de la zona que pueden servir de base para la modelación que se realiza en el presente Estudio.
- Agronomía: Se examinaron los estudios efectuados, y con apoyo de las visitas a terreno, determinar el grado de profundización que estos tienen, justificando en forma técnica cuales son los estudios y visitas a terreno necesarios, para determinar los requerimientos hídricos y las obras de mejoramiento que se deberían efectuar para implementar el proyecto.

- Estado actual de derechos de agua y organizaciones de usuarios: Se recopilaron los antecedentes para realizar un análisis exhaustivo de la Información sobre derechos de aprovechamiento de las aguas del río Mostazal.
- Infraestructura de riego: Se revisaron los estudios en la zona sobre el estado de los canales, obras de captación, entre otras.
- Condiciones de Vida de la Población: Se revisó información sobre las condiciones de vida de la población, relativa a salud, educación, vivienda, servicios a la vivienda, ocupación / desocupación, tipo de empleo, niveles de ingreso, pobreza, recreación, etc. Para poder analizar la calidad de vida, los factores que la condicionan y posibles derivaciones en procesos migratorios, tales como la existencia de servicios básicos (luz, agua y saneamiento), escolaridad, desarrollo humano y salud, entre otros.
- Antecedentes de expropiación: Se realizó una primera aproximación a los antecedentes de expropiación existentes en la zona, tanto los relacionados con los terrenos agrícolas, propiedad privada u otros entre los que se contará con: planos reguladores, sectores protegidos por la legislación ambiental, entre otros.
- Información ambiental existente: Se recopiló información disponible en estudios anteriores sobre el tema ambiental.

La revisión crítica que se presenta, tiene los siguientes lineamientos:

a) Analizar la calidad y consistencia de la información, logrando extraer el uso que ésta tendrá en el presente estudio.

b) Determinar la brecha existente en todo ámbito respecto a la información faltante requerida para realizar el presente estudio.

c) Desarrollar un programa de trabajo de terreno y gabinete, a partir de la brecha detectada, para cada uno de los cauces en estudio, los cuales se presentarán en forma separada para cada uno de los informes de etapa.

2.2. Antecedentes Generales de la Zona en Estudio

Corresponden a los antecedente disponibles para caracterizar la zona de influencia del proyecto desde el punto de vista socioeconómico y estratégico considerando aspectos tales como: localización geográfica, extensión y límites del proyecto, situación político administrativa e institucional, población y empleo, turismo, salud, educación, clima y agroclima, tipología de suelos, topografía, cartografía, hidrología, hidrogeología, sismología, infraestructura general, aspectos productivos y económicos, propiedades agrícolas, niveles de tecnificación, potencial de desarrollo agropecuario, superficies regadas, infraestructuras y métodos de riego.

Con dicha caracterización se busca una visión general de todos los parámetros que intervienen y que sirven de input para todos los estudios que conforman el proyecto con el fin de conocer la viabilidad social y económica del mismo.

En el Cuadro 2.2-1 se presenta un resumen con los principales antecedentes, objetivos y las fuentes de información para la obtención de dicha información.

CUADRO 2.2-1
CUADRO RESUMEN OBTENCIÓN DE LOS ANTECEDENTES GENERALES DE LA ZONA EN ESTUDIO

ANTECEDENTES	OBJETIVOS	FUENTES
Localización Geográfica, Extensión y Límites	Definición y descripción de la zona del proyecto, estableciendo los límites entre el nacimiento del no y la zona de influencia del proyecto, incluyendo la infraestructura existente en la zona.	Centro de información de Recursos Naturales (CIREN)
		Instituto Geográfico Militar (IGM)
		Google Earth
		Catastro Público de Aguas, Dirección General de Aguas (DGA)
		Comisión Nacional de Riego (CNR)
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
Situación Político Administrativa e institucional	Conocer y establecer las instituciones públicas y privadas existentes en la zona, junto con la infraestructura, servicios e instituciones públicas y privadas vinculadas con el proyecto.	Instituto Geográfico Militar (IGM)
		Municipalidad de Montepatria
		Conservador de Bienes Raíces
		Catastro Público de Aguas, Dirección General de Aguas (DGA)
		Comisión Nacional de Riego (CNR)
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
Población. Empleo, Turismo, Salud y Educación	Obtener información de la zona en estudio, la cual permita realizar una descripción de la población afectada por el proyecto, al mismo tiempo que analizar la disponibilidad de mano de obra disponible en situaciones actual y futura.	Municipalidad de Montepatria
		Conservador de Bienes Raíces
		Instituto Geográfico Militar (IGM)
		Instituto Nacional de Estadística (INE)
		Direcciones Regionales y Locales de Turismo
		Departamento de Estadística e Información de Salud (DEIS)
		Ministerio de Educación
		Catastro Público de Aguas, Dirección General de Aguas (DGA)
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
		Comisión Nacional de Riego (CNR)
Clima y Agroclima	Determinar las características agroclimáticas de los distritos del sector y obtener los datos estadísticos de estas variables.	Dirección Meteorológica de Chile (DMC)
		Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
		Municipalidad de Montepatria
		Conservador de Bienes Raíces
		Instituto Nacional de Estadística (INE)
		Catastro Público de Aguas, Dirección General de Aguas (DGA)
		Comisión Nacional de Riego (CNR)
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
Tipología de Suelos	Realizar una Descripción de la tipología de los suelos existentes en la zona.	Centro de información de Recursos Naturales (CIREN)
		Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
		Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
		Catastro Público de Aguas DGA
		Comisión Nacional de Riego (CNR)
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
Cartografía y Topografía	Establecer una línea base de la información cartográfica y topográfica, la cual sirve de apoyo al estudio topográfico y permite dar una caracterización global del proyecto.	Instituto Geográfico Militar (IGM)
		Centro de información de Recursos Naturales (CIREN)
		Catastro Público de Aguas, Dirección General de Aguas (DGA)
		Comisión Nacional de Riego (CNR)
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Antecedentes de Estudios de Ingeniería

2.3.1. Aspectos Generales

Se recopilaron y revisaron los antecedentes vinculados con el proyecto, desarrollados en estudios de ingeniería anteriores al proyecto.

Dentro de estos antecedentes se encuentra como base de datos aquellos entregados por los estudios de perfil y de prefactibilidad desarrollados para el proyecto de embalse. Las principales fuentes de datos tienen relación con la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y la Comisión Nacional de Riego (CNR).

Estos antecedentes permiten obtener una visualización del proyecto y las principales problemáticas encontradas a la fecha en su desarrollo.

2.3.2. Estudio de Prefactibilidad "Optimización Uso del Recurso Hídrico Río Mostazal", Procivil Ingeniería Ltda. – DOH, 1998

En el año 1998 la Junta de Vigilancia estaba legalmente constituida con oficinas en la localidad de Pedregal. Los canales en su mayoría están constituidos como "Comunidades de Agua" con sus derechos de aprovechamiento de agua inscritos. Del total de ellos, solamente cuatro todavía no terminaban la tramitación legal de la inscripción de sus derechos, estos canales eran: Sasso Alto, Maqui Alto, Maqui Bajo y Arenalito.

Se efectuó un diagnóstico de la situación de los canales, indicándose el estado de los canales, los tramos que presentaban mayores deterioros, su sistema de captación y de control. Además, se incluyó las acciones de cada canal, el número de regantes y la superficie que riega.

Los canales que extraen sus aguas del río Mostazal son cuarenta, de los cuales treinta y uno son de uso colectivo o comunitario y nueve son particulares. El estudio sólo comprendió los canales comunitarios que se encontraban en uso permanente. En el Cuadro 2.3.2-1 se presentan los canales estudiados.

Con respecto a los derechos sobre agua subterránea, se revisaron los libros de Registros de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en el Centro de Información de Recursos Hídricos de la DGA del MOP, correspondientes a la IV región, con la finalidad de identificar los derechos de aprovechamiento de agua constituidos en la comuna de Monte Patria. Se determinó que a la fecha de dicho Estudio existían 15 derechos de agua subterránea constituidos en la comuna de Monte Patria.

Las captaciones con derechos de aprovechamiento de agua subterráneos constituidos se localizaban fuera del área de estudio. Se compararon todas las captaciones con el límite de aguas abajo del área de estudio, esto es, la confluencia de los ríos Grande y Mostazal, confirmando que todos los derechos de aprovechamiento de agua subterráneos se ubican fuera de la cuenca del río Mostazal.

CUADRO 2.3.2-1
CANALES DE USO COLECTIVO PERTENECIENTES
A LA JUNTA DE VIGILANCIA DEL RÍO MOSTAZAL

N°	CANAL	Nº DE ACCIONES DE AGUA	Nº DE REGANTES
1	Canal Palcalito	20	5
2	Canal Habitación	80	4
3	Canal Cascada	100	4
4	Canal Sasso Alto	100	2
5	Canal Sasso Bajo	120	12
6	Canal Mollar	100	22
7	Canal Maitén Alto	80	29
8	Canal Maitén Bajo	100	26
9	Canal Quebrada Honda	160	7
10	Canal Arenalito	120	67
11	Canal Arenal	240	26
12	Canal Maqui Alto	120	60
13	Canal Maqui Bajo	120	57
14	Canal Derrumbe	20	6
15	Canal Veguita	20	9
16	Canal Vega	240	25
17	Canal Estanque	20	2
18	Canal Durazno	120	5
19	Canal Molino Viejo	120	26
20	Canal Molino Agua Amarilla	100	2
21	Canal Peralito	120	33
22	Canal Cancha	160	76
23	Canal Colliguay Alto	240	72
24	Canal Colliguay Bajo	120	93
25	Canal Guindos	40	17
26	Canal Callejón	20	4
27	Canal Chaguaral	20	23
28	Canal Carrizalito	20	26
29	Canal Lomita	80	40
30	Canal Alfaro	80	17
31	Canal Viña	120	23

Fuente: DOH, 1998.

Se proponen dos alternativas de solución para el regadío del valle, ambas difieren en que la segunda alternativa contempla la construcción de un embalse en el río Mostazal algunos metros aguas abajo de la estación fluviométrica Mostazal en Cuestecita.

La alternativa consiste en ir aprovechando tramos de canales para ir conduciendo las aguas a través de ellos a lo largo del valle y no por el río, esto permite efectuar una mejor distribución y evita que el agua se pierda en la caja del río, sobretodo en épocas de sequía. Se propone también una serie

de secciones de control y regulaciones a lo largo de este canal matriz. La capacidad de este canal matriz fue definida para 400 l/s, con canales revestidos.

El Cuadro 2.3.2-2 presenta una breve reseña de la forma como se propuso ir entrelazando los canales.

En este estudio no se efectuaron anteproyectos específicos de las obras, solamente se realizaron prediseños de obras tipo para secciones de control, aforadores, compuertas de entrega, etc.

CUADRO 2.3.2-2
PROPUESTAS DE UNIFICACIÓN DE CANALES

UNIFICACIÓN CANALES	DESCRIPCIÓN PROPUESTA
Unificado Zona Alta	El canal matriz se inicia en la bocatoma del canal Sasso Bajo, en un tramo de 2 km, donde entrega por medio de una descarga por el deslinde de dos propiedades, por la ladera del cerro, al canal Mollar. En esta descarga se planteó la construcción de un tranque regulador nocturno. Este canal continúa en tierra 0,9 km, perfilándose sus taludes.
	El canal Mollar sirve de matriz, en un tramo de 1,19 km, donde entrega por medio de una descarga, por ladera del cerro, al río algunos metros aguas arriba de la captación del canal Maitén Alto (Ribera Derecha). Este canal continúa en tierra 0,7 km, reperfilándose sus taludes, y descarga hacia el canal Maitén Bajo.
Unificado Ribera Izquierda	El canal unificado de la ribera izquierda se inicia en la bocatoma del canal Arenalito, éste se extiende a lo largo de 5,25 km, hasta cruzar la quebrada Pampa Grande, Este canal entrega al canal Maqui Alto por medio de una quebrada sin nombre ubicada, por el río Mostazal, aguas arriba de la quebrada Los Maquis. Se contempló la construcción de un tranque de regulación nocturna en esta quebrada, antes de entregar las aguas al canal Maqui Alto. Además, se propuso otra descarga través de la quebrada Pampa Grande, por medio de la cual alimenta a los canales Maqui Alto, Maqui Bajo y Vega. Este canal continúa en tierra 3,8 km, reperfilándose sus taludes. En esta quebrada se consulta la construcción de un tranque de regulación, aguas arriba de la cancha de fútbol emplazada a un costado de la quebrada.
	El canal Vega sirve de matriz, en un tramo de 0,82 km, donde descarga por la ladera del cerro, al canal Molino Viejo. Este canal es reperfilado a lo largo de 3,9 km, aguas arriba y aguas abajo del revestimiento.
Unificado Ribera Izquierda	El canal Molino Viejo sirve de matriz, en un tramo de 1,74 km, donde entrega por medio de una descarga, por ladera del cerro, al canal Peralito. Este canal es reperfilado a lo largo de 2,6 km, aguas arriba y aguas abajo del revestimiento.
	El canal Peralito sirve de matriz en un tramo de 4,67 km, donde entrega por medio de una descarga, por ladera de cerro, al canal Cancha. A este canal se le reperfilan sus taludes a lo largo de 400 m. Además se propuso la construcción de un tranque de regulación en esta descarga.
	El canal Cancha sirve de matriz, en un tramo de 0,45 km, luego entrega por medio de una descarga, al canal Callejón. El canal Cancha es reperfilado a lo largo de 5,5 km aguas arriba y aguas abajo del revestido El canal Callejón sirve de matriz, en un tramo de 0,45 km, donde termina descargando hacia el canal Chaguaral. Este canal se reperfila a lo largo de 100 m.
	El canal Chaguaral sirve de matriz, en un tramo de 1,08 km, donde termina. Este canal debe ser prolongado con uno nuevo de 0,3 km hasta llegar al canal Lomita.
	El canal Lomita sirve de matriz, en un tramo de 0,87 km, donde entrega por medio de una descarga el agua al canal Alfaro. Éste, a su vez sirve de matriz en un tramo de 0,46 km, donde entrega por medio de una descarga aguas arriba de la bocatoma del canal Viña.
	El canal Viña es el último canal del sistema unificado de la orilla izquierda con una longitud de 2,2 km de canal revestido y 2,8 km de canal reperfilado.
	Existen además otras descargas, por ejemplo las descargas desde el Arenalito al canal Maqui Alto, de éste al Maqui Bajo, y desde éste al Veguita, desde el Peralito al Colliguay Alto, el que es revestido a lo largo de 2,75 km.

CUADRO 2.3.2-2
PROPUESTAS DE UNIFICACIÓN DE CANALES

UNIFICACIÓN CANALES	DESCRIPCIÓN PROPUESTA
Unificado Ribera Derecha	El canal matriz se inicia en la bocatoma del canal Quebrada Honda, en un tramo de 2,48 km, donde entrega por medio de una descarga por ladera de cerro al canal Arenal. Este canal continua en tierra 4,8 km, reperfilándose sus taludes.
	El canal Arenal sirve de matriz, en un tramo de 4,65 km, donde entrega a través de la Quebrada Los Burros al canal Durazno. Este canal continúa en tierra 7,6 km, perfilándose sus taludes. Además se propuso la construcción de un tranque de regulación nocturna en esta descarga.
	El canal Durazno sirve de matriz, en un tramo de 1,58 km, donde entrega por medio de una descarga al canal Molino Agua Amarilla. Este canal continúa en tierra 1,5 km, perfilándose sus taludes.
Unificado Río San Miguel	Dentro de los canales incluidos en el estudio de prefactibilidad, se considera revestir en 3,0 km el canal Cascada además de la implementación de un tranque de regulación nocturna.

Fuente: DOH, 1998.

2.3.3. Explotación Optimización Uso del Recurso Hídrico río Mostazal, AC Ingenieros Consultores Ltda. – DOH, 2000

Se llevó a cabo un completo estudio hidrológico. Respecto a la pluviometría, se utilizó un período hidrológico de 50 años, entre 1950 y 1999; se utilizaron 8 estaciones, rellenando y extendiendo estadísticas con los métodos habituales que se utilizan para este efecto. Se efectuó un análisis de frecuencia mensual y anual. Se trazaron isoyetas anuales 50 % probabilidad de excedencia, y en el área específica de estudio fluctuaron entre 100 y 230 mm, aproximadamente.

Respecto al estudio fluviométrico, se utilizó el mismo período que en el análisis pluviométrico, es decir, 50 años entre 1950 y 1999; se rellenaron y extendieron estadísticas en 3 estaciones fluviométricas y se efectuó un análisis de frecuencia mensual y anual. Se efectuó un estudio de crecidas en los sectores de ubicación de las bocatomas unificadas y en las quebradas más importantes que cruzan los canales unificados. Se generaron caudales medios mensuales en cuencas sin control del valle de Mostazal a través de relaciones precipitación – escorrentía, cuyos resultados son utilizados posteriormente en el modelo de simulación (balance hídrico).

La demanda de agua a nivel predial en situación actual asciende a 24.988.451 m^3/año (803 l/s) la demanda de agua a nivel predial en situación futura asciende a 18.808.640 m^3/año (605 l/s).

Se efectuaron perfiles longitudinales y transversales cada 50 m en todos los canales unificados y levantamientos locales de las bocatomas unificadas, de las descargas de canal alto a canal bajo, de los cruces de quebradas y de las zonas donde se proyectaron los tranques de regulación nocturna.

Se efectuó una restitución aerofotogramétrica de 6.540 ha, generando 3 planos escala 1:10.000 con curvas de nivel cada 5 y 25 m.

Se efectuó un trabajo de mecánica de suelos consistente en la construcción de 1 calicata cada 1 km en los canales unificados (35 aproximadamente), 20 calicatas en descargas de canal a canal, 12 calicatas en bocatomas, 10 calicatas en cruces de quebradas y caminos, y 12 calicatas en zonas de inundación y muros de embalses proyectados.

En el estudio de Prefactibilidad se propusieron dos alternativas de solución para las obras civiles, las cuales fueron: Alternativa 1: Canales matrices revestidos con sus obras, a través del trazado de los canales existentes. Compuertas nuevas de acero para saques de riego, aforadores, obras de cruce de quebradas, alcantarillas y obras de descarga entre un canal y otro. Reperfilamiento de los canales derivados que se conservan en tierra. Tranques nocturnos. Alternativa 2: Corresponde a los mismos puntos mencionados en la alternativa 1, pero, además, se incluye la construcción de un embalse de regulación estacional de 1,5 hm^3 de capacidad, ubicado en la angostura Cuestecita.

Se analizaron dos alternativas de ubicación de muro para un embalse estacional en el sector aguas abajo de Cuestecita. Debido a la geología del sector, se descartaron estas alternativas, por lo que no se consideró el diseño del embalse. Respecto a los caudales de diseño de las unificaciones, se tuvo en consideración mantener una tasa de 1 l/s/acción, en función del número de acciones de cada canal, cumpliendo además con la dotación futura necesaria de acuerdo con las hectáreas que serán regadas. Los caudales de diseño en el primer tramo de cada unificación variaron entre 140 y 650 l/s. Se dividieron las unificaciones en tres, además de los canales Cascada y Colliguay, los que fueron: Sistema Unificado Mostazal Alto incluyó los siguientes canales: Sasso Bajo, Mollar y Maitén Alto; Sistema Unificado Orilla Derecha: Quebrada Honda, Arenal, Durazno y Molino Agua Amarilla; Sistema Unificado Orilla Izquierda: Arenalito, Vega, Molino Viejo, Peralito, Cancha, Callejón, Chaguaral, Lomita, Alfaro y Viña.

Las bocatomas unificadas fueron 9, Sasso Bajo, Maitén Alto, Quebrada Honda, Arenalito, Maqui Bajo, Peralito, Alfaro, Colliguay Alto y Cascada. Las principales características de éstas fueron: una barrera en el río compuesta por rocas o patas de cabra, una descarga tipo vertedero lateral, para la devolución de los caudales captados en exceso, una compuerta de admisión seguida de una obra de aforo tipo Parshall modificado.

Las obras de cruce de quebradas consisten en un tubo instalado por el trazado que actualmente tiene el canal, el cual al inicio y término tiene un brocal de hormigón, tipo alcantarilla de vialidad. Sobre la tubería se proyectó un relleno de tierra sobre el cual se diseñó un enrocado de protección que evitaría los efectos de una crecida. En total se diseñaron 26 cruces de quebradas.

Además, en la quebrada Tulahuencito, que atraviesa el canal Peralito, se diseñó un sifón el que tiene una longitud total de 58 m de longitud aproximadamente.

Se diseñaron obras para los casos de canales que cruzan caminos existentes. Estos cruces de caminos se han diseñado de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas. En total se diseñaron 14 cruces de caminos.

Las descargas de canal alto a canal bajo estuvieron compuestas por compuertas diseñadas en ambos canales, seguidas cada una por un aforador tipo Parshall modificado. Posteriormente se desarrolla normalmente un rápido que descarga sus aguas hacia el canal ubicado a una cota inferior. Se tuvo que diseñar una descarga especial desde el canal Durazno al Molino Agua Amarilla, que consiste en una caída dentada, debido a la gran pendiente.

A solicitud de la Junta de Vigilancia se agregaron tres nuevas descargas en la parte baja del río Mostazal, las que serían diseñadas, de acuerdo con los criterios de diseño utilizados para las otras descargas, en la etapa de ejecución de las obras, pues no formaban parte de los términos de referencia del estudio analizado.

En cuatro descargas de Canal Alto a Bajo se proyectaron tranques de regulación nocturna. Los tranques se proyectaron en las siguientes descargas: Sasso Bajo a Mollar, Arenalito a Maqui Alto y Bajo, Peralito a Cancha y Arenal a Durazno.

Respecto al reperfilamiento de canales no revestidos, la longitud total fue de 43.000 m aproximadamente, 2.800 m en canales de la parte alta, 23.100 m en canales de la orilla izquierda, 7.200 m de la orilla derecha y 9.900 m en otros canales (Habitación, Palcalito, Carrizalito, Guindo, Derrumbe y Estanque).

Respecto a las compuertas de entrega predial, éstas fueron diseñadas en fierro de 5 mm de espesor. A continuación de la compuerta de entrega se consulta un canal rectangular de 0,40 m de ancho y altura variable según el canal, donde va ubicado un aforador tipo Parshall, de 0,20 m de ancho y 0,90 m de largo. En total se proyectaron 194 entregas.

El Costo Total de las obras civiles ascendió a $ 2.472.802.729, valor a marzo del 2000, no incluye Gastos Generales, Utilidades, Imprevistos e IVA. El costo total incluyendo Gastos Generales, Utilidades, Imprevistos e IVA es de $ 3.939.174.747.

Se efectuó una evaluación económica a precios privados y sociales, para un período de evaluación de 30 años. Se determinó un TIR privado de un 14,10 % y un 16,52 % social, superiores al mínimo exigido por Mideplan (12 %). El VAN que se obtuvo asciende a $1.281.688.020 a precios privados y $1.157.710.035 a precios sociales.

2.3.4. Catastro de Obras Medianas de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al 2018, Zona Norte- regiones de Arica y Parinacota a Metropolitana. CNR, 2009

El proyecto propuesto consiste en el aprovechamiento optimizado de los actuales recursos hídricos del río Mostazal y el ahorro de energía para tecnificación del riego. Se plantean dos obras principales: una conducción presurizada mediante tubería enterrada bajo el cauce del río de unos 9 km, con una captación mediante cámara de carga que además permite regulación superficial corta. Además, se consultan dos muros de embalse subterráneo ubicados en la Tercera Sección del río, que posibilita el aprovechamiento de recursos hídricos que actualmente se pierden. Se pretende beneficiar una superficie de 290 ha con nuevo riego equivalente.

Las alternativas propuestas fueron 3: 1) Embalse de regulación corta de superficie en el angostamiento "Cuestecita", que cumplirá con la función de cámara de carga de la tubería. En invierno permanecerá abierto para facilitar la evacuación de los sedimentos. Su altura se estima en 15 m y su volumen en unos 0,15 hm³. Coordenadas UTM: E: 345.240 m N: 6.589.640 m (WGS84). 2) Tubería y red presurizada de PVC-6 de unos 400 mm y de unos 9 km de largo, con trazado bajo el lecho del río, para un caudal inicial de 600 l/s, que varía hasta 200 l/s. Consulta hidrómetros para control de los caudales descargados y sus volúmenes. 3) Dos muros con pared moldeadas, de embalses subterráneos. Un muro se proyecta en el cauce de la Quebrada Tulahuencito, lateral al río en las inmediaciones del pueblo de Pedregal y el otro en el cauce del río en la Tercera Sección, frente a Colliguay Alto. Coordenadas UTM Tulahuencito: E: 338.030 m N: 6.584.400 m (WGS-84) Coordenadas UTM Colliguay Alto-: E: 332.566 m N: 6.585.310 m (WGS-84) El volumen almacenable en los dos embalses subterráneos alcanza a 1,3 hm³, de explotación anual

Respecto al multiuso de las aguas del proyecto que es posible al introducir un complemento privado, que permita la generación hidroeléctrica con un potencial estimado en 0,22 MW en la tubería presurizada, ya citada, se obtienen los siguientes parámetros económicos estimados a nivel de perfil. Parámetros de referencia para la generación: - Caudal estimado para generación: 0,6 m³/s - Altura de caída bruta: 44 m - Potencial: 0,22 MW - Inversión en obras hidroeléctricas: $303 millones. - VAN del uso hidroeléctrico: $372 millones - TIR: 18% - IVAN (VAN/Io) 1,4.

El valle tiene 710 predios, cuya distribución de tamaño es la siguiente. - 14 predios medianos a grandes con más de 30 ha (S total: 474 ha), 30 predios medianos entre 5 y 10 ha (S total: 220 ha), 666 predios con menos de 5 ha (S total: 442 ha), de los 710 predios, existen unas 192 propietarias mujeres, que equivale al 27%.

El funcionamiento del proyecto requiere capacitar a la Junta, la cual necesita fortalecerse para abordar el proyecto de optimización del uso del agua. El proyecto introduce elementos operacionales con ribetes técnicos y legales, materias que deben ser de conocimiento de la Administración del río. Para esto se propone un Programa de Fortalecimiento organizacional en temas de manejo administrativo y del sistema presurizado y de embalses subterráneos, que considere un Plan Estratégico de la Organización y el Fortalecimiento en operación de obras integradas con otros usos.

La Junta de Vigilancia está constituida legalmente y los derechos de agua corresponden a la totalidad del caudal que extraen sus canales, que en conjunto suman 3 m³/s. Este río no tributa legalmente al Río Grande. De este modo, el uso de los recursos hídricos para este proyecto no tiene restricciones hasta la capacidad de extracción ya indicada, que sustenta la conducción presurizada. De todas formas, una vez determinado el volumen de regulación subterránea con mayor precisión, será necesario solicitar nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas para las nuevas captaciones, en el caso de que las actuales captaciones y canales que efectivamente captan actualmente los afloramientos de la napa, no permitan extraer todo el caudal que requiere el proyecto.

Los impactos descritos para los embalses subterráneos son la recuperación de agua que actualmente se infiltra en el cauce del río Mostazal y Tulahuencito, ambos deficitarios, junto con el

incremento del nivel de la napa por aguas arriba de los muros de embalses subterráneos, que afectarán en una proporción que deben analizarse, a la recuperación de la napa en el tramo de río ubicado por aguas abajo de estos muros.

En el caso del tranque Cuestecita superficial, el impacto se refiere a la interrupción de parte del caudal en régimen natural durante la temporada de riego y a la inundación de una superficie de unas 4,0 ha de caja de río y sus laderas aledañas en que existen álamos y matorrales.

Adicionalmente se plantean medidas de mitigación.

2.3.5. Perfil del Proyecto Mejoramiento de Uso y Regulación de los Recursos Hídricos del Río Mostazal Comuna de Monte Patria, IV región. CNR, 2015.

El río se encuentra organizado en la Junta de Vigilancia del Río Mostazal (JVRM), la cual controla la captación, operación y distribución de todos los recursos hídricos del río Mostazal y sus afluentes. de acuerdo a lo indicado por la JVRM, en cuando a derechos de agua, la cuenca no tiene la obligatoriedad de entregar caudales permanentes ni eventuales aguas abajo. A lo largo del valle se desarrollan 40 canales de uso permanente, de los cuales 31 corresponden a canales de uso colectivo y 9 a canales particulares. El Estudio incluye el diagrama unifilar del río Mostazal que identifica las secciones y distribución de acciones por canal. El río Mostazal tiene 3.440 acciones distribuidas en 940 en la primera sección, 1.000 acciones en la segunda sección, 1.300 acciones en la tercera sección y 200 acciones en el afluente río San Miguel.

En la Figura 2.3.5-1 se presenta el unifilar del río Mostazal.

Se realizó un análisis de la oferta hídrica en el río Mostazal utilizando los datos fluviométricos de la estación DGA Mostazal en Cuestecita. Se realizó un análisis estadístico con datos desde 1950 al 2014

El Estudio propone el revestimiento de las zonas sin revestimiento, ya que la JVRM considera que las zonas revestidas están en buen estado. De acuerdo al estudio “Fortalecimiento de las Gestión Privada de los Recursos Hídricos del Río Mostazal y sus afluentes, Región de Coquimbo” (INDAP, 2013), la longitud total de la red de canales es 54.900 m, de los cuales 21.027 m están sin revestir.

Las alternativas propuestas de embalse superficial consideran 3 ubicaciones de eje de presa para analizar su capacidad mediante la curva de embalses. De las opciones propuestas, el embalse en la zona de Cuestecita había sido propuesto y estudiado anteriormente en el estudio “Explotación Optimización Uso del Recurso Hídrico Río Mostazal” (DOH, 2000). Las restantes alternativas fueron propuestas en base a las características geográficas de la cuenca. El eje Panguecillo se encuentra ubicado 5,9 km aguas arriba del eje Cuestecita, en tanto, el eje San Miguel se encuentra ubicado 2 km aguas arriba de la junta entre los ríos San miguel y Mostazal.

Dados los resultados del modelo, los ejes propuestos en el río San Miguel y en Panguecillo se descartarían desde el punto de vista económico ya que la construcción de un muro capaz de

embalsar la cantidad de agua requerida de acuerdo condiciones de topografía de la zona, consideraría costos que exceden los beneficios a generar.

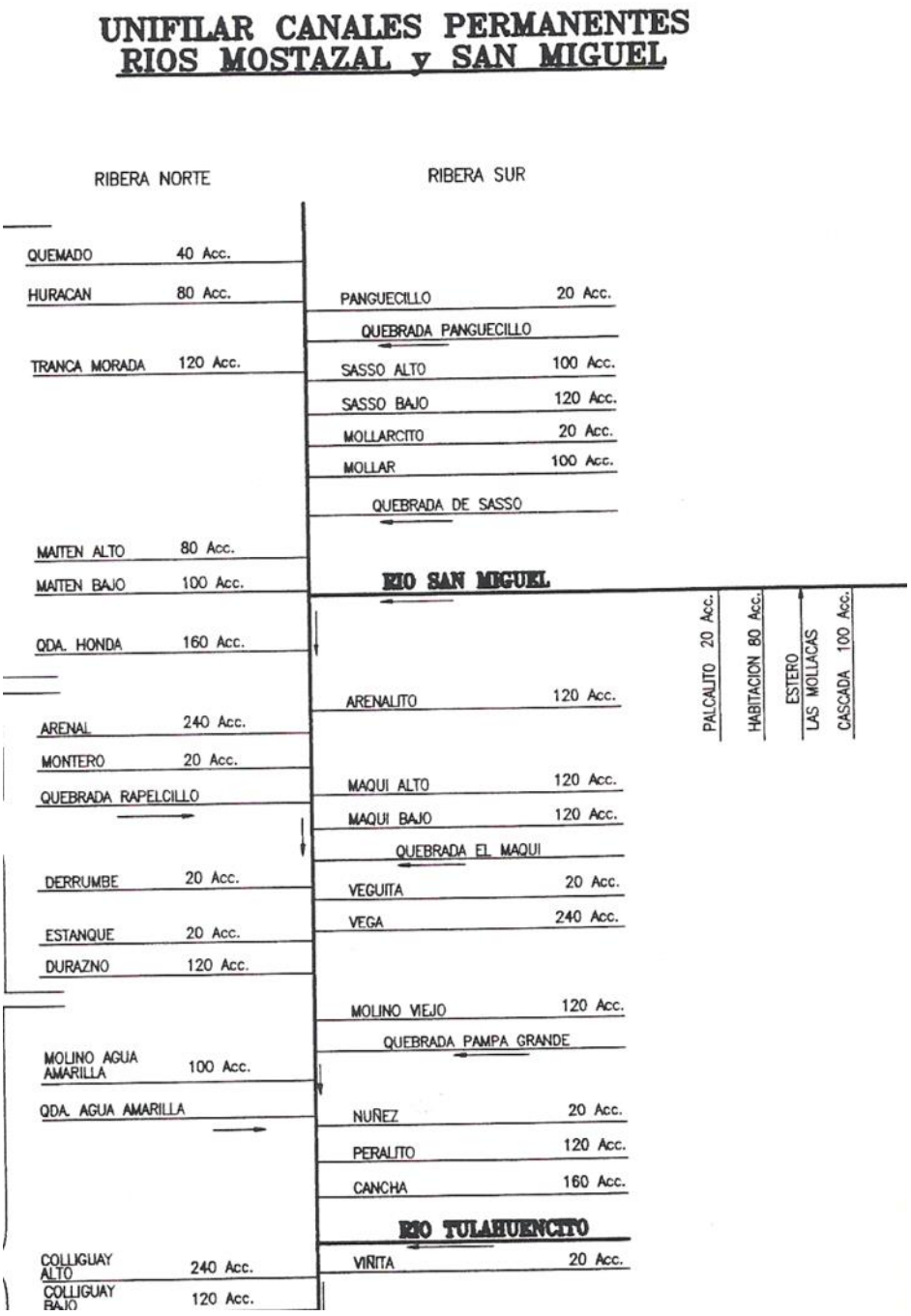


FIGURA 2.3.5-1
UNIFILAR RÍO MOSTAZAL
Fuente: CNR, 2015.

Respecto al eje Cuestecita, los resultados obtenidos del modelo operacional indican que, bajo las condiciones de muro dadas, se logra aumentar la seguridad de riego desde 653 ha a unas

1.750 ha. Para evaluar la factibilidad de esta opción desde el punto de vista geológico, se recurrió a los estudios anteriormente efectuados en la zona. De acuerdo a lo expuesto por el estudio de la DOH del año 2000, se descarta el sitio debido a la inestabilidad geológica que este presenta para materializar los apoyos del embalse. En el mismo estudio se exploró aguas arriba del punto mencionado, no encontrándose un lugar adecuado para establecer el muro de un embalse.

Durante la realización de este perfil no se logró encontrar información certera acerca de las condiciones del acuífero ni la roca bajo el valle. Sin embargo, lo encontrado da indicios de zonas de alta permeabilidad y roca profunda, lo que haría necesaria la impermeabilización de las fundaciones de un embalse. El agregar este ítem hace subir los costos de un embalse, restringiendo aún más las opciones desde el punto de vista económico.

En vista de los análisis realizados, la solución a través de un embalse superficial para 5 hm^3 no sería factible de ejecutar, lo cual debería ser ratificado con información complementaria de terreno.

Las alternativas propuestas de embalse subterráneo consideran intervenir la capacidad de almacenamiento de 2 sectores acuíferos en el sector de Pedregal y Cuestecita, mediante la construcción de un muro con pared moldeada en cada uno, generando una capacidad de regulación aproximada de 3 hm^3. Lo cual permitiría satisfacer con seguridad de riego a unas 1.450 ha aproximadamente, consideradas como necesarias para asegurar la viabilidad económica del proyecto.

Para determinar la ubicación de los sectores acuíferos a intervenir, se buscó información hidrogeológica existente. De acuerdo al estudio Explotación y Uso de Recursos Hídricos en Río Mostazal (DOH, 2000), señalaba que la profundidad al basamento rocoso en el sector debería estar alrededor de los 40 m, criterio confirmado por el estudio PROM 2008. De esta forma se estimó el volumen de explotación potencial del acuífero considerando su capacidad de almacenamiento y permeabilidad.

El esquema conceptual de la solución propuesta para embalse subterráneo se presenta en la Figura 2.3.5-2. En este esquema se indicia la construcción de un muro pared moldeada en el área trasversal del acuífero. El caudal se regulará mediante una tubería de acero que se conectará con la pared moldeada a una distancia de 5-10 m del sustrato rocoso y que conducirá el agua hasta el encuentro con la superficie de terreno. En este punto se conectará con un canal derivador.

El costo total estimado del embalse subterráneo fue de 403.221 UF[1]. Para efectos del perfil, se consideró el costo de las medidas ambientales como un porcentaje (2%) de la inversión en obras civiles, que corresponde a 4% anual.

[1] UF diciembre 2014

De acuerdo a los indicadores de rentabilidad social, estimados a nivel de Perfil, estos entregan valores positivos para la alternativa seleccionada, por lo cual se estima recomendable continuar con la etapa siguiente del proyecto, que corresponde a prefactibilidad.

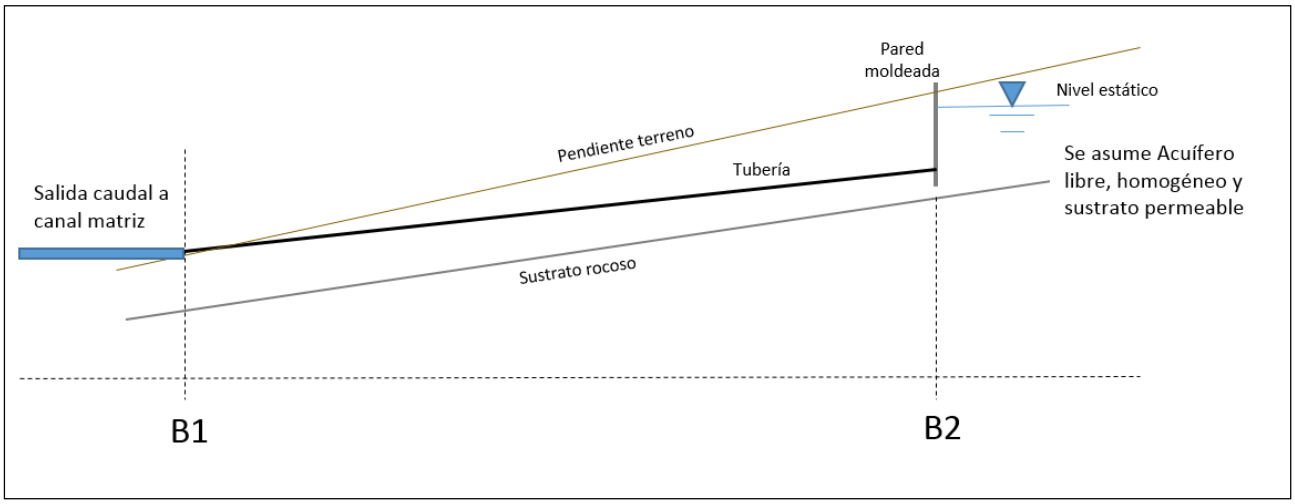


FIGURA 2.3.5-2
ESQUEMA CONCEPTUAL REGULACIÓN EMBALSE SUBTERRÁNEO
Fuente: CNR, 2015.

Se consideró una evaluación agronómica de los beneficios a obtener con el proyecto. El proyecto que se evalúa permite asegurar el agua y su distribución para 1.450 ha.

Los supuestos de desarrollo que estarán presentes en la determinación de la situación futura, con proyecto de riego, son los siguientes:

- No habrá cambios significativos en la estructura de las propiedades, según tamaño, durante el horizonte del proyecto. Tampoco habrá variaciones significativas en el nivel y relaciones de los precios agrícolas, definidos en la situación actual.
- Se asume que los caudales del río y, por ende, la disponibilidad para el riego futuro seguirá, durante el horizonte del proyecto, las mismas variaciones que han tenido históricamente en los últimos 30 años, con registros hidrológicos.
- La introducción de la fruticultura para la situación futura se hará en forma masiva e intensiva. Se realizará, preferentemente, en los predios de mayor tamaño porque, con su capacidad financiera y de gestión, podrán lograr la especialización productiva, niveles tecnológicos y economías de escala que se requieren en una economía de mercado, muy competitiva. Los predios medianos, se orientarán hacia la viticultura de riego y los frutales, y el estrato pequeño, al maíz y frutales en menor escala.
- Las especies frutales a considerar serán aquellas que, además de adaptarse perfectamente a las condiciones climáticas del área, presentan adecuada rentabilidad ya sea por ser exportables o muy requeridos por la agroindustria, como son las vides y los cerezos.

- El impacto del proyecto en los márgenes económicos se medirá a través de los mayores ingresos, por sobre los actuales, debido al cambio en el uso de la tierra y rentabilidad.

- El desarrollo agropecuario planteado debe sustentarse en el tiempo. Para ello, se debe asegurar que la incorporación de las nuevas superficies de frutales y cultivos anuales se realice en condiciones técnicas adecuadas. Ello será posible apenas las obras queden terminadas. Se ha considerado que las obras hidráulicas se realicen en el año 0, las nuevas plantaciones de frutales y el incremento de superficie de cultivos anuales, se deberán realizar desde el año 3 para los predios grandes, el año 6 para los predios medianos y el año 10 para los predios pequeños.

2.3.6. Estudio Geofísico e Hidrogeológico en la Cuenca del Río Limarí. CORFO – DOH – GCF Ingenieros Ltda., 2015

El objetivo general fue efectuar una caracterización de los sistemas hidrogeológicos principales de la cuenca del río Limarí, mediante un levantamiento de información hidrogeológica y, a partir de esto, definir su comportamiento frente a diferentes escenarios del uso del recurso de agua subterránea, que aseguren su mejor aprovechamiento.

En la cuenca del río Mostazal no hay estaciones de monitoreo de aguas subterráneas de niveles ni de calidad de la DGA. El catastro de captaciones subterráneas realizado indica la presencia de 3 pozos, 1 noria y otro punto no especificado en la cuenca del río Mostazal. En este estudio no se encontraron investigaciones geofísicas previas ni se realizan nuevas investigaciones geofísicas en la cuenca del río Mostazal. Tampoco se encontraron resultados previos ni se obtienen nuevos resultados hidroquímicos para caracterización de calidad de agua. Se construyó un modelo numérico de flujo subterráneo a nivel regional incluyendo la cuenca del río Mostazal.

Este estudio revela que existe muy poca información hidrogeológica en la cuenca del río Mostazal.

2.3.7. Diagnóstico Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos, Región de Coquimbo (GORE Coquimbo, 2013), por CONIC-BF

El objetivo central del estudio fue elaborar un Plan Hídrico para la Región de Coquimbo, de tal modo que se constituya en un instrumento de planificación. Efectúa una revisión de antecedentes, elabora un diagnóstico del recurso, la infraestructura, aspectos ambientales y de gestión, identifica brechas, debilidades y disfuncionalidades, formula una propuesta de programas y acciones, elabora y dimensiona las acciones propuestas, y formula un calendario de inversión.

Estima que el área regada de la cuenca del río Mostazal es de 1.001 ha y estima que al 2032 serán 1.251 ha. Calcula que la recarga neta de aguas subterráneas en la cuenca del río Mostazal son 110 l/s, mientras que la capacidad de bombeo actual es de 30 l/s y el bombeo total son 4 l/s. Indica que el Río Mostazal presenta aluminio, boro y bario, aunque en concentraciones que no superan la normativa chilena.

En el río Mostazal la demanda de agua a nivel predial asciende a 24.988.451 m³/año (803 l/s). Los canales poseen bocatomas de tacos de piedras y troncos, y la gran mayoría posee compuertas de admisión de hormigón con hoja metálica. En su mayoría los canales están excavados en tierra, sin revestimientos.

Dentro de los canales más importantes se pueden indicar: Sasso Bajo, Mollar, Tomilla, Los Troncos, Maitén Alto y Bajo, Quebrada Honda, Arenalito, Arenal, Montero, Maqui Alto y Bajo, Derrumbe, Veguita, Vega, Estanque Molino Viejo, Molino Agua Amarilla, Peralito, Cancha, Colliguay Alto y Bajo, Espinal, Callejón, Chaguaral Bajo, Guindo, Carrizalito, Tomilla, Los Duraznos, Lomita, Alfaro y Viñas.

En relación con el estado de la infraestructura una de las principales falencias son las pérdidas por conducción de agua en sus canales, debido al menor caudal existente y por consiguiente el alargue de la vuelta del turno.

Otro de los principales problemas ocurre en el río Tulahuencito, afluente del río Mostazal, donde el escaso caudal sumado a que el 75% de las acciones se encuentran bajo la figura del fideicomiso, las cuales sus eventuales beneficiarios toman posesión de distintos sectores del río, utilizando la escasa agua para regar espinales. Esto sumado a la falta de unión y empuje por parte de los comuneros más pequeños, afecta directamente a los usuarios.

La Junta de Vigilancia ha estado trabajando en los últimos años en implementar en la totalidad de los canales del río compuertas de ingreso al canal con sus respectivos aforadores, de los cuales ya se han instalado 28 compuertas y un total de 42 aforos. Además, se canalizó y colocó geomembrana en la parte baja del río para llevar agua a los regantes de 5 comunidades de agua.

La Junta de Vigilancia considera que es necesaria la reevaluación de la construcción de un embalse, el cual se desestimó por no encontrase una localización factible para dicha obra, sin embargo, se cree que en el río San Miguel es factible su materialización.

2.3.8. Avances en el Conocimiento de la Relación Aguas Superficiales-Aguas Subterráneas en la Cuenca del Limarí, Región de Coquimbo. Proyecto de Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil Ambiental de la Universidad de la Serena. Salazar, 2012

El objetivo principal es mejorar el conocimiento acerca de la interacción entre el río y el acuífero en la cuenca del Limarí, a través de dos actividades principales: a) la realización de un mapa de conectividad potencial de río - acuífero y b) la caracterización de la dinámica temporal de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

El estudio indica que para el Río Grande – Río Mostazal existe escasa información hidrogeológica y estima que en general la profundidad al basamento no es superior a 35 m. Dado que no existen puntos de monitoreo de la DGA en estas cuencas, el estudio no realizó la evaluación para los tramos altos de estas cuencas.

2.3.9. Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Cuenca del Río Limarí. DGA, 2008

El objetivo del estudio es evaluar los recursos hídricos para determinar los volúmenes totales anuales posibles de otorgar como derechos de agua subterránea.

El estudio incluye la cuenca de Mostazal en la del Río Grande. Obtiene una recarga promedio de 1% de la precipitación anual media, mientras que consideró despreciable la recarga por retornos de riego para esta zona.

2.3.10. Otros Antecedentes

2.3.10.1. Aspectos Generales

Por otra parte, se recopila y analiza la información existente, para la ***identificación preliminar de alternativas de regulación*** en el área de estudio, efectuando un análisis crítico de todos los antecedentes disponibles para el sector en estudio.

2.3.10.2. Hidrología

Se recopilaron estudios, principalmente a los aportes de la parte alta de la cuenca, que permiten determinar y cuantificar el agua disponible, con el objetivo de determinar el volumen potencial de agua a regular. Además, se recopiló información disponible en las estaciones fluviométricas de la zona.

Actualización Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos Zona I Norte, Regiones XV a V Norte. DGA, 2007: El Estudio realiza una estimación de las demandas de agua para los principales usos del agua a nivel de subcuenca a 10 y 25 años. Los usos considerados son: Agropecuario y Forestal, Agua Potable, Industrial, Generación de Energía, Minero, Turismo, Acuicultura, Uso como Receptor de Contaminantes y Caudal Ecológico.

Aplicación de Metodologías para Determinar la Eficiencia de Uso del Agua. Estudio de Caso en la Región de Coquimbo. GORE Coquimbo, 2006: El Estudio realiza un diagnóstico sobre la eficiencia de uso para diferentes usos, para entregar recomendaciones acerca de cómo aumentar dicha eficiencia en términos físicos, económicos, administrativos y ambientales.

2.3.10.3. Estado Actual de Derechos de Agua y Organizaciones de Usuarios

Información de Estudios anteriores sobre las organizaciones de usuarios y Derechos de Aprovechamiento de Aguas

Programa Saneamiento, Regularización y Perfeccionamiento de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en la Provincia del Limarí – Región de Coquimbo. CNR, 2013: El programa se enfocó al saneamiento, regularización y perfeccionamiento de DAA, además de la formalización de comunidades de agua, la realización de capacitaciones y la elaboración de un manual de procedimientos para el saneamiento y regularización de DAA.

Fortalecimiento de la Gestión Privada de los Recursos Hídricos del río Mostazal y sus afluentes, Región de Coquimbo. INDAP, 2013: Se realizó un Diagnóstico de las 36 comunidades de agua que forman parte de la Junta de Vigilancia del Río Mostazal, considerando:

- Situación legal
- Nivel de organización
- Requerimientos de mejoramiento de infraestructura de riego extrapredial
- Situación de DAA

Programa de transferencia de Capacidades para Organizaciones de Regantes de Subcuencas de la Región de Coquimbo. GORE-CNR, 2011: El Programa se llevó a cabo en las cuencas de los ríos Limarí y Choapa, pertenecientes a la región de Coquimbo, considerando entre otros al territorio regado por los usuarios de las Juntas de Vigilancia del río Mostazal.

Historial de Transferencias, Transmisiones y otras Mutaciones de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Conservadores de Bienes Raíces de la Región de Coquimbo. DGA, 2010: la investigación de las transmisiones y mutaciones de DAA subterráneas en los Conservadores de Bienes Raíces (CBR) de la Región de Coquimbo. Los DAA estudiados corresponden a aquellos de caudales iguales o superiores a 20 l/s. Se estudiaron además DAA por caudales inferiores a éste, pertenecientes a usuarios que en conjunto cuentan con DAA por 20 l/s o más.

Catastro de Usuarios de Aguas de la Cuenca del Río Limarí, IV Región. DGA, 1992: El catastro establece la red de distribución de aguas de riego y otros usos, definiéndose su fuente de abastecimiento, su conducción y usuarios desde cada fuente.

Catastro de Usuarios Cuencas Superiores del Río Limarí. CNR, 1983: El Catastro considera una descripción general de los sistemas de riego, un análisis de los DAA, diagramas unifilares, números de regantes por canal y superficie regable entre otros.

2.3.10.4. Infraestructura de Riego

Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca del Limarí. CNR, 2016: Se realizó un diagnóstico territorial, considerando diversos aspectos que permiten entender el riego y los problemas relacionados con la gestión del agua desde una perspectiva mutidimensional. Se consideró la recopilación de información secundaria y, el levantamiento de información primaria. El Plan de Gestión del Riego (PGR) para el Limarí considera 39 iniciativas de competencia de la CNR.

Diagnóstico Plan Maestro para Gestión de Recursos Hídricos, Región de Coquimbo. GORE Coquimbo, 2013: Se registra un diagnóstico de la infraestructura por cuenca, tomando en consideración infraestructura de riego, obras de acumulación y regulación, agua potable rural y urbana, generación hidroeléctrica, pozos de aguas subterráneas. Además del diagnóstico ambiental, funcional e institucional.

Fortalecimiento de la Gestión Privada de los Recursos Hídricos del río Mostazal y sus afluentes, Región de Coquimbo. INDAP, 2013: Se realizó un diagnóstico del estado de obras de infraestructura de riego de los canales

Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021- Región de Coquimbo. MOP, 2012: El objetivo del Plan es orientar y promover acciones públicas y privadas asociadas a la infraestructura de la región de Coquimbo.

De este documento se sistematizará la información correspondiente a la cartera de proyectos de inversión en el corto, mediano y largo plazo tendientes a mejorar la infraestructura de riego y potenciar el desarrollo productivo con el mejoramiento del manejo y gestión del recurso hídrico para el Área de Estudio.

Levantamiento y Catastro de Bocatomas en Cauces Naturales, III Etapa. DGA, 2002: El Catastro considera un levantamiento de las obras de bocatoma ubicadas en cauces naturales superficiales, orientado esencialmente a la determinación de extracciones autorizadas y efectivas, dentro del marco de lo establecido en los Artículos 17 y 21 del Reglamento del Catastro Público de Aguas.

2.4. Antecedentes Técnicos de Trabajos de Terreno

Se efectúa una recopilación de aquellos trabajos de terreno, desarrollados en la zona del proyecto y que pueden servir de antecedentes y base para la planificación de la nueva campaña a efectuarse.

Estos antecedentes comprenden tanto los trabajos de topografía y prospecciones, como de catastros y estudios de infraestructura existente en la zona. Base importante de esta información tiene referencia con los estudios desarrollados con anterioridad y aquellos de la etapa de prefactibilidad.

Las principales fuentes de datos tienen relación con la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y la Comisión Nacional de Riego (CNR).

En el Cuadro 2.4-1 se presentan los estudios con información técnica de terreno utilizados como situación base para actualizar.

CUADRO 2.4-1
ESTUDIOS CON INFORMACIÓN TÉCNICA BASE DE REFERENCIA
PARA LA CUENCA DEL RÍO MOSTAZAL

ESTUDIO	INFORMACIÓN BASE
Fortalecimiento de la Gestión Privada de los Recursos Hídricos del río Mostazal y sus afluentes, Región de Coquimbo. INDAP, 2013.	• Situación legal comunidades de agua • Nivel de organización • Requerimientos de mejoramiento de infraestructura de riego extrapredial • Situación de DAA
Explotación Optimización Uso del Recurso Hídrico río Mostazal, AC Ingenieros Consultores Ltda. – DOH, 2000.	• Demandas de agua • Descripción de las alternativas propuestas
Perfil del Proyecto Mejoramiento de Uso y Regulación de los Recursos Hídricos del Río Mostazal Comuna de Monte Patria, IV región. CNR, 2015.	• Uso del Suelo e Infraestructura Agrícola. • Estructura Administrativa del Río Mostazal Hidrología • Propuesta mejoramiento de red de distribución • Propuesta embalse superficial • Propuesta embalse subterráneo

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Antecedentes Legales y Administrativos

Para la elaboración de un proyecto de regulación de recursos hídricos, ha sido necesario realizar un diagnóstico del estado de la gestión del agua con el fin de dimensionar la disponibilidad de ésta y evaluar la viabilidad hidrológica del proyecto. Por lo tanto, fue fundamental identificar los derechos de agua y asociaciones de riego existentes en la zona de proyecto y aquellos antecedentes que interfieren en forma directa con el desarrollo del mismo.

Estos antecedentes del tipo legal y administrativo permiten desarrollar una visión desde el punto de vista de las instituciones y entidades estatales y privadas involucradas con el proyecto.

Se presenta en el Cuadro 2.5-1 un resumen de aquellos antecedentes mínimos que fueron recopilados y analizados para el estudio de los antecedentes legales y administrativos.

En específico, en cuanto a los derechos de aprovechamiento de aguas es importante mencionar que existe una Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes constituida por Escritura Pública el 14 de enero de 1998, conforme a la Resolución del 24 de diciembre de 1997, de fojas 69 a 71, del expediente rol 35.555 del Primer Juzgado de Letras de Ovalle, referente a la Constitución de la Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes.

De acuerdo a sus estatutos tiene como objetivo administrar y distribuir las aguas a que tienen derechos sus miembros en el Río Mostazal y sus afluentes, explotar y conservar las obras de aprovechamiento común y realizar los demás fines que le encomienda la ley. Podrá, también, construir

nuevas obras relacionadas con su objetivo o mejorar las existentes, con autorización de la Dirección General de Aguas.

CUADRO 2.5-1
RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES LEGALES Y ADMINISTRATIVOS

ANTECEDENTES	OBJETIVOS	FUENTES
Derechos de Agua y Asociaciones de Riego	Definición y descripción de los derechos de agua existentes en la zona, los cuales sirven de base para el estudio de disponibilidades hídrica en la zona y modelación operacional. Identificación de los usuarios de riego existentes en la zona.	Centro de Información de Recursos Hídricos de la DGA
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
		Comisión Nacional de Riego (CNR)
		Juntas de Vigilancia
		Asociaciones de Usuarios de Aguas
Aspectos Medioambientales	Definir y Describir los posibles impactos identificados en el perfil ambiental y territorial para cada alternativa.	Perfil Ambiental y Territorial desarrollado en Prefactibilidad
		Ministerio del Medio Ambiente
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH
		Comisión Nacional de Riego (CNR)
Pertenencias y Servidumbres Mineras	Identificar las concesiones mineras constituidas o en proceso en el área del proyecto que puedan interferir con él.	Servicio Nacional de Geología y Mina (SERNAGEOMIN)
		Intendencia Regional
		Dirección de Obras Hidráulicas (DOH
		Comisión Nacional de Riego (CNR)

Fuente: Elaboración propia.

La Junta de vigilancia reconoce 3 Secciones del río, distribuyendo las aguas tanto en comunidades de aguas como a regantes individuales. De acuerdo al estudio de fortalecimiento efectuado el año 2013 por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), la Junta distribuye las aguas a 36 comunidades de aguas, de acuerdo al caudal que a cada una de ellas le corresponde. Según la misma fuente, la equivalencia en términos de acciones y caudal (en l/s) es de 1: 1.

2.6. Antecedentes Hidrológicos

2.6.1. Pluviometría

En la presente consultoría se utilizan estadísticas hidrológicas actualizadas al año hidrológico 2015. La Figura 2.6.1-1 y el Cuadro 2.6.1-1 muestran las estaciones pluviométricas vigentes presentes en el área de estudio. Posteriormente, se seleccionarán aquellas estaciones cuya ubicación sea representativa de la cuenca a estudiar, tomando como referencia también, aquellas estaciones antes utilizadas en los estudios anteriores.

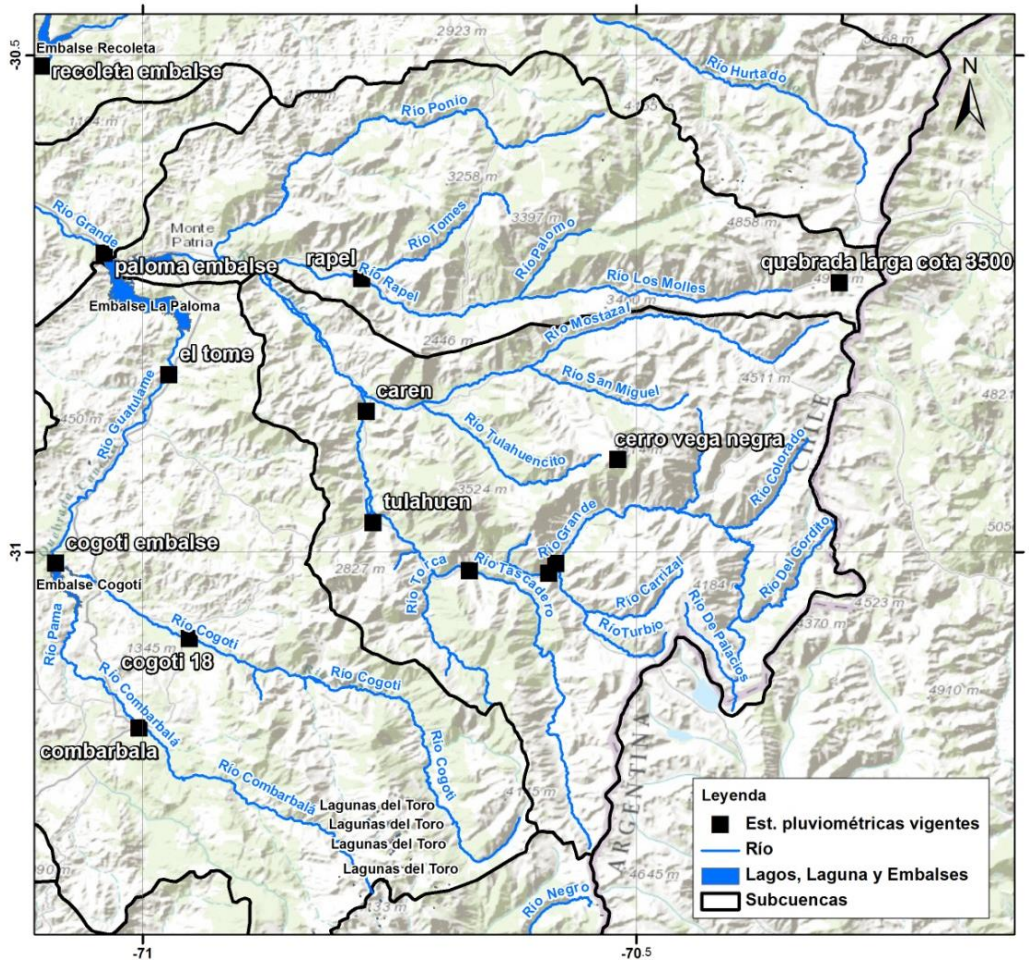


FIGURA 2.6.1-1
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 2.6.1-1
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS VIGENTES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

COD BNA	Nombre Estación	COD BNA	Nombre Estación
04540006-9	Paloma Embalse	04537003-8	El Tome
04511002-8	Rio Grande En Las Ramadas	04511004-4	Cerro Vega Negra
04511003-6	Las Ramadas	04520006-K	Quebrada Larga Cota 3500
04512002-3	Tascadero	04531003-5	Cogotí 18
04513003-7	Tulahuén	04532006-5	Combarbalá
04513004-5	Carén	04535001-0	Cogotí Embalse
04522003-6	Rapel		

Fuente: CIRH, DGA.

2.6.2. Fluviometría

Para generar la hidrología de recursos hídricos a escala mensual en etapas posteriores, se hará uso de la herramienta de Modelación Hidrológica WEAP el cual será calibrado en la o las cuencas controladas y de interés que serán escogidos en base a la disponibilidad de información y previa aprobación de la Coordinación de la CNR. La Figura 2.6.2-1 y el Cuadro 2.6.2-1 muestran aquellas estaciones fluviométricas vigentes presentes en el Área de Estudio (red DGA). Al igual que en el caso de las precipitaciones, serán seleccionadas las estaciones más representativas y con mejor cantidad y calidad de registros, que permitan cumplir los objetivos de calibración y validación del modelo. En caso de que sea necesario extender o rellenar, se utilizará el mismo método propuesto para el caso de las precipitaciones.

CUADRO 2.6.2-1
ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS VIGENTES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

COD BNA	Nombre Estación	COD BNA	Nombre Estación
04511002-8	Rio Grande en Las Ramadas	04522002-8	Rio Rapel en Junta
04512001-5	Rio Tascadero en Desembocadura	04523002-3	Rio Grande en Puntilla San Juan
04513001-0	Rio Grande en Cuyano	04537001-1	Rio Huatulame en El Tome
04514001-6	Rio Mostazal en Cuestecita	04530001-3	Rio Cogotí en Fraguita
04515002-K	Rio Mostazal en Carén	04531002-7	Rio Cogotí Entrada Embalse Cogotí
04520001-9	Rio Los Molles en Ojos de Agua	04532001-4	Rio Combarbalá en Ramadillas
04520002-7	Canal Central Los Molles en Cámara DGA	04533002-8	Rio Pama en Valle Hermoso

Fuente: CIRH, DGA.

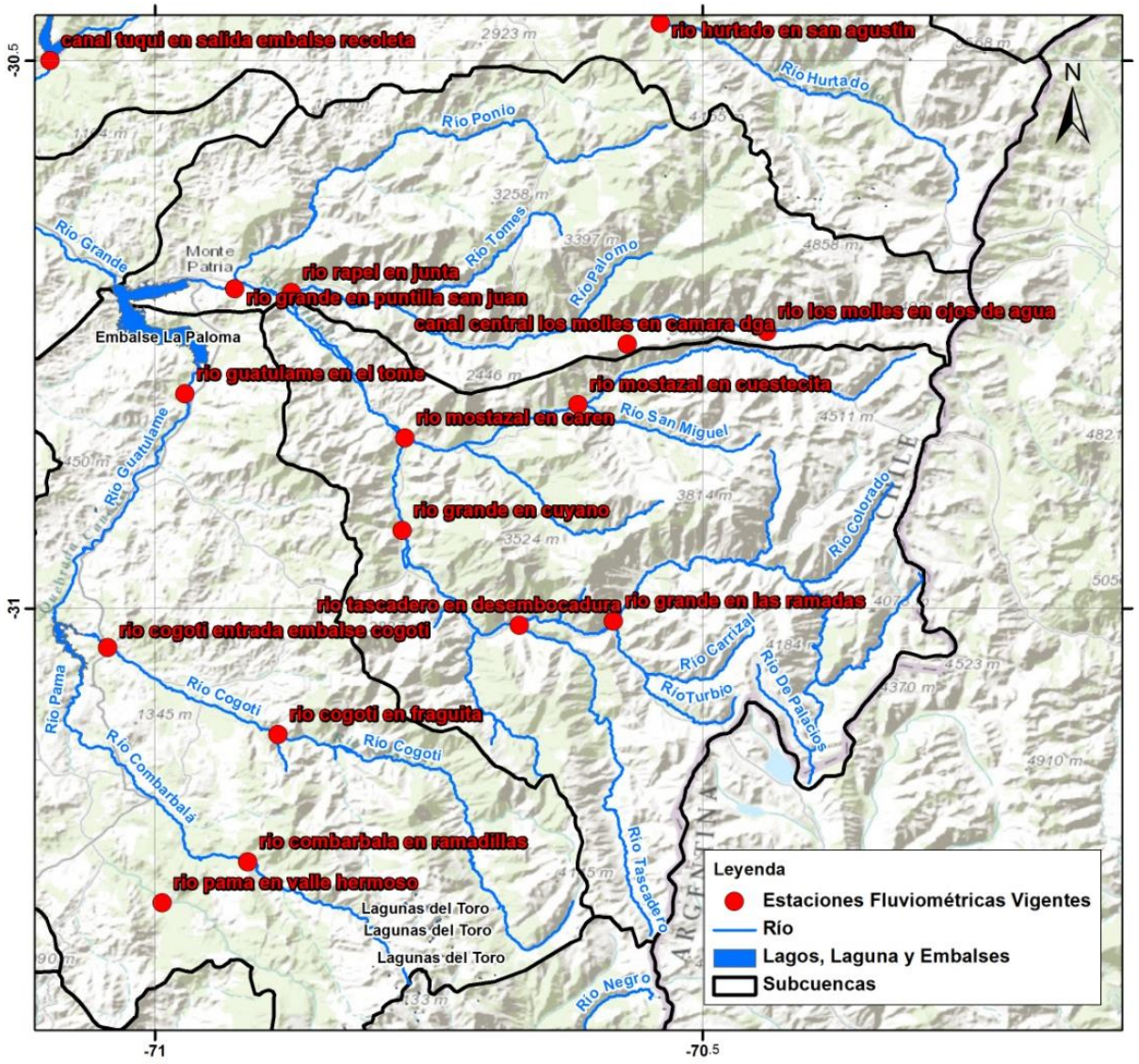


FIGURA 2.6.2-1
ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: Elaboración propia

2.7. Análisis Crítico de los Antecedentes Disponibles

Los antecedentes recopilados en los estudios de ingeniería para la sub cuenca del río Mostazal han permitido identificar y caracterizar las alternativas de regulación que se han propuesto para el valle. Adicionalmente se revisaron estudios técnicos sobre recursos hídricos superficiales y subterráneos del Área de Estudio.

Los estudios anteriores incorporan el estado de los derechos de aprovechamiento de agua y las organizaciones de usuarios del Valle, diagnóstico de la infraestructura de riego y propuestas de mejoramiento de la red de distribución. El presente estudio considera un diagnóstico de la infraestructura de riego que actualizará la información existente.

Los estudios indican que existe muy poca información hidrogeológica en la cuenca del río Mostazal. La información disponible fue utilizada para la caracterización hidrogeológica del valle del río Mostazal.

En la sub cuenca del río Mostazal existen datos pluviométricos y fluviométricos necesarios para realizar el estudio de hidrología.

Existen trabajos topográficos en el valle que se han realizado como parte de las propuestas de unificación de canales y mejoramiento de la infraestructura de riego. Estos estudios, contenidos principalmente en el estudio de la DOH (2000) fueron utilizados para los diseños simplificados de las obras para las alternativas propuestas. La topografía final es parte del presente Estudio.

Los estudios geológicos y geotécnicos son considerados como parte de los estudios básicos, efectuando el análisis geológico-geotécnico del sitio de la presa seleccionado y de su vaso de embalse, para desarrollar los proyectos de las obras.

Los antecedentes ambientales, agronómicos y edafológicos son analizados por separado en el estudio ambiental y estudio agronómico del presente Estudio.

No se encontraron antecedentes sobre expropiaciones para el valle del río Mostazal. El estudio de tenencia de la tierra considera un plano preliminar de expropiaciones.

3. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR, ANÁLISIS CONCEPTUAL, DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1. Diagnóstico Preliminar

3.1.1. Descripción General de la Cuenca

3.1.1.1. Ubicación Geográfica

El área de estudio se emplaza en la comuna de Monte Patria, a unos 429 km al norte de Santiago, específicamente en las coordenadas 30°41’ de latitud Sur y 70°56’ de longitud Oeste, a unos 33 km de la Localidad de Monte Patria en dirección Sureste. En la Figura 3.1.1.1-1 se muestra la Ubicación del área de estudio en su contexto Regional.



FIGURA 3.1.1.1-1
UBICACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: SERNATUR (2010).

3.1.1.2. Estructura Política y Administrativa

La comuna de Monte Patria se encuentra en la parte este de la provincia de Limarí, región de Coquimbo. Al norte limita con la comuna de Río Hurtado, al sur con la comuna de Combarbalá, al este con Argentina, y al oeste con las comunas de Ovalle y Punitaqui. La comuna abarca una superficie de 4.336,9 km^2, que equivalen al 32,0% del territorio provincial y al 10,6% de la superficie regional. En la Figura 3.1.1.2-1 se presenta la ubicación del proyecto y la comuna en el contexto político-administrativo en que se encuentra.



FIGURA 3.1.1.2-1
CONTEXTO POLÍTICO-ADMINISTRATIVO
COMUNA DE MONTE PATRIA
Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional (2016).

3.1.1.3. Aspectos Demográficos y Socioeconómicos

a) Población

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Censo de Población y Vivienda del año 2002, la población en la comuna de Monte Patria alcanza 30.276 habitantes, lo que corresponde a un 0,2% del total de habitantes de la Región de Coquimbo. Además, la población proyectada para el año 2016 alcanzaría los 32.345 habitantes, de los cuales un 67,1% es población rural (Cuadro 3.1.1.3-1).

CUADRO 3.1.1.3-1
POBLACIÓN TOTAL 2002 Y PROYECTADA 2016 COMUNA DE MONTE PATRIA

Territorio	Año 2002	Año 2016	Variación (%)
Comuna	30.276	32.345	6,83%
Región de Coquimbo	603.210	782.801	29,77%
País	15.116.435	17.398.632	15,10%

Fuente: Censo INE 2002 y Proyecciones de Población (INE, 2002).

En el año 1992 en la comuna de Monte Patria existían 94 mujeres por cada 100 hombres, para el año 2010 esta relación es de 98 mujeres por cada 100 hombres.

Mientras que en 1992 había 27 adultos mayores (60 y más años) por cada 100 niños menores de 15 años, para el año 2020 se proyecta que esta relación se incremente a 86 adultos mayores por cada 100 niños menores de 15 años.

Es importante destacar que la población de la comuna de Monte Patria en cada censo fue bajando la tasa de crecimiento de su población. Al visualizar los datos del Cuadro 3.1.1.3-2, en donde se comparan los datos comunales con respecto a la región y el país, se puede observar que, si bien los datos generales también se muestran con una baja en el crecimiento intercensal, la comuna lo ha hecho de una forma mucho más notoria.

CUADRO 3.1.1.3-2
VARIACIÓN INTERCENSAL DE LA POBLACIÓN COMUNA DE MONTE PATRIA

Territorio	Población Censal				Variación Intercensal (%)		
	1970	1982	1992	2002	´70-´80	´82-´92	´92-´02
Comuna	22.823	26.460	28.374	30.067	15,90%	7,20%	6,00%
Región de Coquimbo	338.646	419.956	504.387	600.363	24%	20,10%	19%
País	8.884.768	11.329.736	13.348.401	15.050.341	27,50%	17,80%	12,80%

Fuente: Censo INE 1970, 1982, 1992 y 2002.

En cuanto a la distribución de la población por género, los hombres representan el 50,7% del total de habitantes de la comuna, con un índice de masculinidad[1] de 102.9, valores muy superiores al nivel regional (Cuadro 3.1.1.3-3).

Al especificar la escala de trabajo a los distritos censales se puede identificar que el área de estudio se encuentra conformada por los distritos de Pedregal, Colliguay y El Maqui (ver Cuadro 3.1.1.3- 4).

[1] Hombres/Mujeres*100

CUADRO 3.1.1.3-3
DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN SEGÚN SEXO E ÍNDICE DE MASCULINIDAD
COMUNA DE MONTE PATRIA

Territorio	Hombre	Mujer	Índice Masculinidad
Comuna	15.351	14.925	102,85
Región de Coquimbo	297.157	306.053	97,09
País	7.447.695	7.668.740	97,12

Fuente: Censo INE (2002).

CUADRO 3.1.1.3-4
CIUDADES, PUEBLOS, ALDEAS Y CASERÍOS
COMUNA DE MONTE PATRIA

Distritos Censales	Total	Urbana	Rural
Monte Patria	5.910	5.219	691
Juntas	1.068	0	1.068
Campanario	124	0	124
Cerrillos	939	0	939
Rapel	1.193	0	1.193
Las Mollacas	742	0	742
El Maqui	533	0	533
Pedregal	733	0	733
Las Ramadas	537	0	537
Tulahuén	1.665	0	1.665
Carén	1.250	0	1.250
Colliguay	480	0	480
Semita	300	0	300
Chilecito	775	0	775
Mialqui	504	0	504
Mal Paso	177	0	177
El Palqui	6.699	5.266	1.433
Huatulame	991	0	991
Guanillas	1.429	0	1.429
San Lorenzo	195	0	195
Chañaral Alto	3.631	2.855	776
Los Morales	401	0	401
Total Comuna	**30.276**	**13.340**	**16.936**

Fuente: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos (INE 2005)

b) Representación de Grupos Étnicos

La Comuna de Monte Patria, en consonancia con la situación existente en la región de Coquimbo, posee bajas tasas de población indígena. Así, si la región es, según estadísticas del Censo 2002, la que posee un menor porcentaje de población indígena en relación al total de su población (con un 0,8% del total), la comuna presenta un porcentaje aún menor, con un 0,4% de la población que se declaraba como perteneciente a algún pueblo originario. Tal cifra significa que sólo 124 personas, mayoritariamente del pueblo mapuche, habitan en la comuna. Tal configuración sociocultural es

atribuible a los procesos históricos que predominaron en el norte chico desde tiempos coloniales, entre los que el establecimiento de encomiendas, el mestizaje poblacional ocupa un lugar destacado, así como la llegada de mano de obra indígena esclavizada, tanto desde el sur del Bío Bío como del Perú y la Argentina.

La antigua presencia de poblaciones indígenas (cultura molle y diaguita, fundamentalmente), queda aún atestiguada en la toponimia del lugar y en la presencia de petroglifos y otros vestigios de las antiguas culturas que habitaron los valles del norte chico.

c) Pobreza

La pobreza en Chile se define a partir de una canasta básica de alimentos, cuyo valor se actualiza según la evolución de los precios. En este contexto, según cifras de la encuesta CASEN, la población pobre disminuyó desde el año 2011 al 2013 (Cuadro 3.1.1.3-5).

CUADRO 3.1.1.3-5
POBLACIÓN SEGÚN POBREZA
COMUNA DE MONTE PATRIA

Territorio	% Pobreza por Ingresos	
	Año 2011	Año 2013
Comuna	34,09	28,73
Región de Coquimbo	26,1	16,2
País	22,2	14,4

Fuente: Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN 2011 y 2013).

d) Actividades Económicas y Empleo

Con respecto al empleo, de acuerdo a los resultados del censo 2002, la fuerza de trabajo comunal a ese año era de 10.044 personas, llegando la tasa de participación al 46,9%. Dentro de este grupo, la tasa de desocupación alcanzaba 20,6%, siendo mayor en mujeres que en hombres. Esta información es posible de observar en forma resumida en el Cuadro 3.1.1.3-6, junto con la proyección para el año 2016.

Con respecto a la importancia de las diferentes ramas de la actividad económica, el Censo 2002 indicó que la comuna de Monte Patria se especializa en la Agricultura, ganadería, caza y silvicultura con un 50,4% del total de los ocupados. El Cuadro 3.1.1.3-7 muestra la población ocupada según rama de actividad económica según el Censo 2002 y su evolución hasta el año 2016, bajo el supuesto de que la composición porcentual se mantiene.

CUADRO 3.1.1.3-6
POBLACIÓN SEGÚN TIPO Y CONDICIÓN DE ACTIVIDAD ECONÓMICA
COMUNA DE MONTE PATRIA
CENSO 2002 Y PROYECCIÓN 2012

Tipo de Condición Económica		2002			2016		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Población de 15 años o más		21.427	10.932	10.495	22.891	11.539	11.353
Económicamente Activa (Fuerza de Trabajo	**Total**	10.044	7.918	2.126	10.657	8.357	2.300
	Ocupados	7.974	6.330	1.644	8.460	6.681	1.778
	Cesantes	1.876	1.468	408	1.991	1.549	441
	Buscando trabajo por primera vez	194	120	74	207	127	80
No Económicamente Activa (Fuera de la Fuerza de Trabajo)	**Total**	11.383	3.014	8.369	12.234	3.181	9.053
	En quehaceres de su hogar	7.323	625	6.698	7.905	660	7.245
	Estudiando	1.389	667	722	1.485	704	781
	Jubilado o rentista	1.617	985	632	1.723	1.040	684
	Incapacitado permanentemente para trabajar	230	169	61	244	178	66
	Otra situación	824	568	256	876	600	277
Tasa de Participación		46,9%	72,4%	20,3%	46,6%	72,4%	20,3%
Tasa de Ocupación		37,2%	57,9%	15,7%	37,0%	57,9%	15,7%
Tasa de Desocupación		20,6%	20,1%	22,7%	20,6%	20,1%	22,7%

Fuente: Censo INE 2002 y elaboración propia a partir de Proyecciones de Población (INE, 2002).

CUADRO 3.1.1.3-7
POBLACIÓN OCUPADA POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA
COMUNA DE MONTE PATRIA
CENSO 2002 Y PROYECCIÓN 2016

Rama Actividad Económica	2002			2016		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
A Agricultura, ganadería, caza y silvicultura.	4.016	3.507	509	4.252	3.702	551
B Pesca.	6	4	2	6	4	2
C Explotación de minas y canteras.	73	72	1	77	76	1
D Industrias manufactureras.	269	228	41	285	241	44
E Suministro de electricidad, gas y agua.	67	54	13	71	57	14
F Construcción.	587	575	12	620	607	13
G Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos.	1.553	1.209	344	1.648	1.276	372
H Hoteles y restaurantes.	74	25	49	79	26	53
I Transporte, almacenamiento y comunicaciones.	221	204	17	234	215	18
J Intermediación financiera.	4	1	3	4	1	3
K Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler.	120	90	30	127	95	32
L Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria.	191	138	53	203	146	57
M Enseñanza	399	130	269	428	137	291
N Servicios sociales y de salud.	91	41	50	97	43	54
O Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales.	115	40	75	123	42	81
P Hogares privados con servicio doméstico.	188	12	176	203	13	190
Q Organizaciones y órganos extraterritoriales.	0	0	0	0	0	0
Ignorado	0	0	0	0	0	0
Total Ocupados	**7.974**	**6.330**	**1.644**	**8.460**	**6.681**	**1.778**

Fuente: Censo INE 2002 y elaboración propia a partir de Proyecciones de Población (INE, 2002).

3.1.1.4. Condiciones de Vida y Servicios

a) Educación

A nivel comunal, la Comuna de Monte Patria posee índices de analfabetismo superiores a los existentes en la región de Coquimbo. Así, si en esta ultima el analfabetismo alcanza a un 3,8%, Monte Patria presenta, según las estadísticas de la encuesta CASEN del año 2009, un índice del 10,5%, el que se concentra preferentemente entre las mujeres, tal como lo expresa el Cuadro 3.1.1.4-1.

Respecto a la escolaridad, y también considerando los datos de la encuesta CASEN (2009), esta presenta niveles inferiores a los existentes en la región de Coquimbo. Nuevamente, al analizar los datos en función del sexo, es posible observar que son las mujeres las que presentan menos años de escolaridad que los hombres, aun cuando en este caso la diferencia es marginal. Ambos aspectos se grafican en el Cuadro 3.1.1.4-2.

CUADRO 3.1.1.4-1
ANALFABETISMO SEGÚN SEXO
POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS

¿Sabe leer y escribir?	Hombres	Mujeres	Total
SI	90,5%	88,7%	89,5%
NO	9,5%	11,3%	10,5%

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta CASEN 2009.

Al analizar la configuración del sistema educacional comunal, puede apreciarse que existe una amplia cobertura en Educación Básica, mientras que en el caso de la Educación Media la situación no es óptima. La educación pre escolar presenta una cobertura muy por debajo de los porcentajes regionales, misma situación que en lo referente a la educación superior. Todo aquello queda reflejado en el Cuadro 3.1.1.4-3.

CUADRO 3.1.1.4-2
PROMEDIO AÑOS DE ESCOLARIDAD SEGÚN SEXO, A NIVEL REGIONAL Y COMUNAL
POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS

Territorio	Hombres	Mujeres	Total
Monte Patria	8,1	8	8,08
Región de Coquimbo	9,9	9,5	9,7

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta CASEN 2009.

CUADRO 3.1.1.4-3
COBERTURA EDUCACIONAL COMUNA DE MONTE PATRIA Y REGIÓN DE COQUIMBO

Nivel	Monte Patria	Coquimbo
Pre-Básica	31,2%	47,2%
Básica	98,7%	99,1%
Media	88,6%	93,7%
Superior	11,8%	37%

Fuente: Pladeco Comuna de Monte Patria (2012-2018).

La oferta educativa a nivel primario y secundario se encuentra compuesta fundamentalmente por establecimientos del tipo municipal, estableciéndose la mayor parte de los mismos en los sectores rurales de la comuna, lo que está en consonancia con el carácter eminentemente rural que posee la comuna y con la alta dispersión geográfica de la población. La distribución de los establecimientos educacionales presentes en la comuna en función del nivel educacional, su dependencia y su ubicación geográfica se presenta en el Cuadro 3.1.1.4-4. Un dato relevante reflejado en el mismo es la ausencia de establecimientos de educación media en los sectores rurales de la comuna.

En términos generales, la comuna posee una población con menores niveles educacionales que la región de Coquimbo, estableciéndose una distancia que se hace particularmente notoria en lo que a la educación superior se refiere. La desagregación de esta estadística en función del sexo se presenta en el Cuadro 3.1.1.4-5.

CUADRO 3.1.1.4-4
ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES EN COMUNA DE MONTE PATRIA

Nivel	Urbano	Rural
Educación Básica Municipal	6	44
Educación Media Municipal	2	-
Educación Particular Subvencionada	2	1

Fuente: Pladeco Comuna de Monte Patria (2012-2018).

CUADRO 3.1.1.4-5
NIVEL DE EDUCACIÓN POBLACIÓN COMUNAL

Nivel	Región de Coquimbo		Comuna de Monte Patria	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Sin Educación Formal	4,9%	5,7%	8%	7,9%
Básica Incompleta	16,7%	18,7%	25,7%	27,9%
Básica Completa	11,5%	11%	21%	16,9%
Media Humanista Incompleta	15%	14,7%	16,5%	17%
Media Técnica Incompleta	4,8%	3,6%	2,8%	1,2%
Media Humanista Completa	20,6%	21,1%	16,4%	19,5%
Media Técnica Completa	8,1%	9,2%	2,5%	4,6%
Técnica o Universitaria Incompleta	9,8%	8,3%	6,3%	2,5%
Técnica o Universitaria Completa	8,5%	7,7%	0,8%	2,5%

Fuente: Encuesta CASEN (2009).

b) Salud

La red de salud de la comuna está compuesta por 9 Postas Rurales y 4 Centros de Salud Ambulatorios. No existen hospitales y, tomando en cuenta la cantidad de población comunal, se hace evidente la existencia de un déficit en lo que a la oferta de servicios de salud se refiere. El hospital de referencia de la población es el Antonio Tirado de Ovalle, desde el cual deriva a la vez a hospitales de La Serena y Coquimbo.

Respecto a la distribución poblacional en función del Sistema Previsional, existe un alto porcentaje de afiliación a FONASA el que, con más de un 93%, supera los porcentajes regionales y nacionales (CASEN, 2009). En función de la misma fuente, sólo un 1% de los habitantes de la comuna se encuentran afiliados a una ISAPRE, cifra también bastante menor a la existente a nivel nacional.

El Cuadro 3.1.1.4-6 contiene una serie de indicadores vinculados a la salud de la población en la comuna, tales como la esperanza de vida al nacer o la tasa de mortalidad infantil.

CUADRO 3.1.1.4-6
INDICADORES SALUD COMUNA MONTE PATRIA Y REGIÓN DE COQUIMBO

Tasa	Monte Patria	Coquimbo
Tasa de Mortalidad Infantil	7,6	8,8
Esperanza de Vida al Nacer Mujeres	80,8	82
Esperanza de Vida al Nacer Hombres	77,8	77,1

Fuente: Elaboración Propia en base a Estadísticas del Observatorio Social.

c) Estructura de Servicios

Desde el punto de vista de los servicios sanitarios, el área urbana de la comuna presenta un 97% de cobertura de agua potable y de un 88% de aguas servidas. En el sector rural, la cobertura de agua potable, a través de distintos sistemas de cobertura, alcanza a un 87%. Un déficit evidente de la comuna es la inexistencia de un sistema de evacuación de aguas lluvias en el sector urbano, lo que obliga a que la evacuación de las mismas deba realizarse a través de sus calles.

Respecto a la dotación de equipamiento y servicios, Monte Patria, en tanto capital comunal, presenta la mayor cobertura, existiendo allí un banco, servicios gubernamentales, entre otros. El territorio posee además una serie de localidades "puerta", que dotan de equipamiento y servicios hacia los diversos valles interiores de la comuna. Destacan entre ellas Chañaral Alto, Rapel, Carén o Tulahuén, en los que existe oferta educacional, de salud, correos, iglesias.

3.1.2. Diagnóstico Agronómico

Dado el análisis de los resultados de la recopilación de antecedentes asociados al desarrollo agrícola en el área de estudio se puede deducir que no debiesen existir restricciones infranqueables para una auspiciosa evolución del desarrollo agrícola en el área de estudio, en el contexto de los mejoramientos a la seguridad de riego que la presente consultoría debe analizar.

El aumento de la actual seguridad de riego a través de obras de riego en asociación a mecanismos de apoyo y transferencia permitirían el aprovechamiento del potencial existente en cuanto a los actuales suelos de cultivo y los potencialmente cultivables, con especies que ya han demostrado desarrollo exitoso y rentable en la zona. Al respecto, y considerando una posible mejora en seguridad de riego, debería asociarse a la implementación de un proyecto, una fuerte campaña para mejoramiento de suelos, que, según estos antecedentes, es uno de los puntos débiles en términos de la gran cantidad de suelos misceláneos, terrazas aluviales y terrenos de laderas existentes con muy baja aptitud agrícola, que potencialmente pueden ser mejorados e incorporados a la agricultura en un determinado porcentaje.

Las perspectivas de desarrollo deben también evaluarse en términos de la composición de la estructura de agricultores regantes del área, ya que, según antecedentes, el mayor desarrollo actual está en manos de pocos agricultores de nivel tecnológico alto, mientras que la mayoría son pequeños y con menos recursos de tecnología. De ahí que se debe considerar en forma transversal el acceso a tecnología para el aprovechamiento de un potencial proyecto.

3.1.3. Diagnóstico Organizacional y Legal

A partir de los antecedentes legales recopilados, es posible señalar que las aguas superficiales administradas por la Junta de vigilancia se distribuyen de acuerdo a las acciones inscritas en la constitución de la Junta de Vigilancia del río Mostazal y sus afluentes (Ver Cuadro 3.1.3-1), distribuyéndose los derechos de aprovechamiento de aguas permanentes y eventuales constituidos entre los canales pertenecientes a la Junta de Vigilancia con una relación de 1 acción= 1 l/s.

Cabe señalar que actualmente se reconocen 36 comunidades de aguas que pertenecen a la Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus afluentes. El resto de los canales son particulares.

Actualmente existe un proceso de regularización de derechos de aprovechamiento de aguas individuales, el cual se lleva a cabo desde el año 2013. No obstante, lo anterior, según lo indicado por la Junta de Vigilancia, aún existe una proporción importante de los agricultores que no regularizan o perfeccionan sus inscripciones.

CUADRO 3.1.3-1
RESUMEN DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS (*)

Fuente de Agua	Derechos Permanentes (Acciones)			Derechos Eventuales (Acciones)		
	Ribera Derecha	Ribera Izquierda	Total	Ribera Derecha	Ribera Izquierda	Total
Río Mostazal	1.200,000	1.300,000	2.500,000	0,000	0,000	0,000
Río San Miguel	80,000	220,000	300,000	100,000	80,000	180,000
Estero Las Mollacas	15,000	5,000	20,000	0,000	0,000	0,000
Río Sasso	420,000	360,000	780,000	0,000	0,000	0,000
Río Tulahuencito	73,500	150,375	223,875	52,000	0,000	52,000
Afluente Queb. de Sasso	0,000	35,000	35,000	0,000	0,000	0,000
Otros Particulares	340,000	0,000	340,000	0,000	0,000	0,000
Total	**2.128,500**	**2.070,375**	**4.198,875**	**152,000**	**80,000**	**232,000**

(*) Además de los derechos anteriores, existen 223,875 acciones permanentes y 52,0 acciones eventuales constituidas en el Río Tulahuencito, pero que no son parte del presente estudio.

Fuente: Constitución Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes (1998).

Respecto a los Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) Subterránea, sólo se tiene conocimiento de tramitaciones de solicitudes de DAA para captaciones en 3 pozos, 2 norias, 1 vertientes y 1 dren; todas solicitudes por derechos de aprovechamiento de tipo consuntivo y ejercicio permanente y continuo. De estos, se encuentran aprobados: 1 pozo, 2 norias y la captación en una vertiente. Los 2 pozos restantes no mantienen registro de término de proceso, en tanto la solicitud de captación por medio de dren se encuentra denegada. El Cuadro 3.1.3-2 se detallan antecedentes registrados por la DGA referidos a los códigos de expedientes, tipo de extracción, estado de solicitud, ubicación, nombre de propietario y caudales asociados. Los antecedentes contenidos en los expedientes de solicitud y otorgamiento de cada captación se presentan en Anexo 3-1.

Cabe destacar, que a la fecha no se ha registrado la constitución de una comunidad de aguas subterráneas referida a las captaciones antes señaladas.

CUADRO 3.1.3-2
RESUMEN CATASTRO CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
EN LA CUENCA DEL RÍO MOSTAZAL

ID Captación	Expediente	Tipo Extracción	Estado Solicitud	Coordenada (m)		Propietario	Caudal Solicitado o Adjudicado (l/s)
				UTM-E	UTM-N		
1	ND-0402-3628	Noria	Aprobado	338.130	6.584.741	Renato Flores	0,1
2	ND-0402-4434	Dren	Denegado	342.451	6.588.747	Luis Salas	-
3	ND-0402-701	Vertiente	Aprobado	347.017	6.590.540	A.P.R. El Maitén	0,8
4	NR-0402-157	Pozo	Sin Sentencia	341.598	6.588.427	A.P.R. El Maqui	3,0 (*)
5	ND-0402-1596	Pozo	En Proceso	336.790	6.585.636	A.P.R. Pedregal	9,0 (*)
6	ND-0402-3668	Pozo	Aprobado	333.677	6.585.345	A.P.R. Colliguay	4,71
7	ND-0402-3700	Noria	Aprobado	338030	6.584.679	Irma Cortés	1,0

(*) Caudal solicitado, sin registro de aprobación en expediente de solicitud.

Fuente: Elaboración propia, a partir de CPA Online, DGA (febrero 2017).

A partir de la información del estudio "Fortalecimiento de las Gestión Privada de los Recursos Hídricos del Río Mostazal y sus Afluentes, Región de Coquimbo" (INDAP, 2013), y de las referencias obtenidas por los dirigentes de las comunidades de agua superficiales, se destacan las siguientes características respecto al funcionamiento organizacional:

- Baja participación en las comunidades de agua, cumpliendo en la mayoría de ellas sólo el mínimo de citaciones necesarias para su funcionamiento legal. Asimismo, se reconoce una alto morosidad en el pago de las cuotas, alcanzando un 50% en promedio.

- Baja rotación en los puestos directivos de las comunidades de agua y en la Junta de vigilancia. Ejemplo de ello, es que el presidente de la Junta de Vigilancia está en el cargo desde el año 1997 (20 años).

- Baja participación de mujeres y jóvenes en los puestos directivos de las comunidades de agua, siendo un espacio eminente ocupado hoy por hombres adultos.

- Existe una diferenciación en la orgánica y funcionamiento interno de las comunidades de agua. Algunas se activan mayormente frente algún proyecto estatal o contingencia externa, otras solo se dedican a cobrar las cuotas de los derechos y la minoría mantiene un funcionamiento más dinámico con una alta participación de sus integrantes.

- Finalmente, se destaca que, en época de sequía, los turnos provocan los mayores conflictos entre los comuneros, siendo un periodo de alta tensión para los directivos.

En términos específicos, el mismo estudio antes citado clasifica a las comunidades de aguas según la metodología de la Comisión Nacional de Riego CNR[2] que resume en una tipología la clasificación de las comunidades como se detalla en resumen a continuación.

- **No operativa:** Es aquella organización que no realiza ninguna de las actividades que le es propia.

- **Básica:** Es aquella Comunidad de Aguas que realiza sólo funciones básicas, es decir, distribuyen las aguas conducidas por el canal matriz y se preocupan de la mantención del canal (limpieza). No se ocupa de ordenar el accionar de los derivados, dejando la administración de éstos en manos de los regantes, entre los que pueden incluso generarse conflictos de importancia. No cuenta con un presupuesto, rara vez se preocupan de mejorar el sistema de riego que administran.

- **Operativa:** Se caracteriza porque, además de realizar las funciones básicas, se preocupa de mejorar la infraestructura existente, para lo cual ha desarrollado cierta capacidad de propuesta y cuenta con un presupuesto anual que les permite operar los sistemas de captación, conducción y distribución. No obstante, pueden existir problemas con deudores morosos. En general, los usuarios perciben beneficios al estar organizados.

- **Ordenada:** Es una organización que conoce su sistema de riego, identifica los derivados y el número de acciones que les corresponde, cuenta con un registro ordenado de comuneros, lo que le facilita el cobro de las cuotas. Cuenta con normas claramente establecidas y algunos mecanismos para la solución de conflictos. Carece de participación efectiva. Muchos de sus usuarios sólo asisten a la asamblea anual y paga sus cuotas, pero no se observa una renovación sustancial de sus directores y carece de mecanismos para mejorar su gestión.

- **Funcional:** Una organización Funcional se caracteriza por el cumplimiento cabal de las normas legales y por una buena operación de los sistemas de captación, conducción, distribución y uso de las aguas disponibles. Los usuarios están relativamente bien informados sobre sus derechos y obligaciones y "reciben el agua que los corresponde".

- **Dinámica:** Una organización Dinámica se caracteriza por una participación activa de los usuarios en la organización y por su capacidad de tomar iniciativas para seguir fortaleciéndose. Es capaz de generar propuestas y proyectos que permiten seguir mejorando su infraestructura de riego, su organización interna y la proyección productiva de sus integrantes.

- **Integrada:** Una organización Integrada se caracteriza por haber desarrollado, además de todo lo anterior, lazos efectivos con los servicios estatales y privados pertinentes,

2 Proyecto Comisión Nacional de Riego – Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería Agrícola "Elaboración de una Metodología de Organización y Capacitación de Comunidades de Agua

garantizando así, para todos sus integrantes, un aprovechamiento óptimo de las aguas a su disposición mediante un desarrollo productivo competitivo basado en la agricultura de riego.

El Cuadro 3.1.3-3 resumen esta clasificación para las 36 comunidades identificadas.

CUADRO 3.1.3-3
COMUNIDADES DE AGUAS SEGÚN NIVEL ORGANIZACIONAL

N	Nombre Organización	Fuente	Cantidad de usuarios	Acciones Permanentes	Estado Organizacional
1	Sasso Bajo	Mostazal	17	120	Básica
2	Mollar	Mostazal	25	100	Operativa
3	Maitén Bajo	Mostazal	28	100	Básica
4	Maitén Alto	Mostazal	38	80	Básica
5	Qda. Honda	Mostazal	10	160	Básica
6	Habitación	San Miguel	5	80	Básica
7	Palcalito	San Miguel	6	20	Básica
8	Cascada	San Miguel	4	100	Básica
9	Arenalito	Mostazal	51	80	Básica
10	Arenal	Mostazal	25	240	Operativa
11	Maqui Alto	Mostazal	64	120	Básica
12	Maqui Bajo	Mostazal	53	120	Básica
13	Derrumbe	Mostazal	6	20	Básica
14	Veguita	Mostazal	8	20	Básica
15	Vega	Mostazal	25	240	Básica
16	Estanque	Mostazal	2	20	Básica
17	Durazno	Mostazal	6	120	Básica
18	Trojes Alto	Tulahuencito	15	21	Básica
19	Redondo	Tulahuencito	17	21	Básica
20	Pedregal	Mostazal/Tulahuencito	51	24	No operativa
21	Mostacilla Alta	Tulahuencito	19	21	Básica
22	Mostacilla Baja	Tulahuencito	26	24,375	Básica
23	Molino Viejo	Mostazal	20	120	Básica
24	Molino Agua Amarilla	Mostazal	2	100	Básica
25	Peralito	Mostazal	34	120	Básica
26	Cancha	Mostazal	78	160	Funcional
27	Colliguay Alto	Mostazal	6	240	Operativa
28	Colliguay Bajo	Mostazal	113	120	Operativa
29	Espinal	Mostazal	12	20	No operativa
30	Guindo	Mostazal	17	40	Básica
31	Callejón	Mostazal	4	20	Básica
32	Chaguaral	Mostazal	22	20	Básica
33	Carrizalito	Mostazal	26	20	Básica
34	Lomita	Mostazal	44	80	Operativa
35	Alfaro	Mostazal	21	80	Básica
36	Viña	Mostazal	25	120	Básica

Fuente: INDAP (2013).

3.1.4. Diagnóstico Ambiental y Social

En base a los antecedentes recopilados, es posible señalar preliminarmente que el impacto de las obras a evaluar puede generan diversos impactos en el medio, atendiendo que dichas obras (mejoramiento de canales, construcción de embalse superficial y embalse subterráneo y otros) conllevan actividades de intervención territorial tanto con impactos positivos como negativos.

Dentro de los impactos negativos asociados a las obras a evaluar, será necesario analizar los que hagan referencia a la disminución de Flora y vegetación dado las posibilidades de inundación por un embalse superficial, pérdida de hábitat de especies de fauna terrestre, ocupación y alteración de la composición del suelo, interrupción temporal del sistema hídrico superficial aguas abajo de obras de captación, y su consiguiente alteración temporal del funcionamiento de los sistemas de regadío en esta sección del Área de Estudio. Por otra parte, se deberá contemplar en el análisis las alteraciones producto de faenas de construcción, como el aumento del material particulado en suspensión por tránsito de vehículos pesados, ruidos molestos por la operación de maquinaria, así como riesgos de accidentes y otros.

En particular el impacto que pueda provocar la acumulación de agua subterránea hace referencia a las variaciones de disponibilidad del recurso aguas abajo del sector de acumulación, así como también posibles alteraciones en la calidad del agua producto de la variación de concentraciones de ciertos parámetros que pueden llegar a ser contaminantes, dependiendo de las características de las aguas aportantes al sector acuífero a intervenir.

Respecto a los impactos positivos que se pueden desprender del proyecto a evaluar, cabe señalar el aumento de la disponibilidad del recurso hídrico dentro del área de estudio, dado las mejoras con obras de regulación y distribución que en forma complementaria se puedan llegar a ejecutar. Esta situación, beneficiaría a la comunidad local en términos productivos, por tanto, daría una mejor seguridad de riego y de acceso para consumo en sectores, por ejemplo, a los APRs ubicados dentro del área de Estudio. Además, uno de los impactos que eventualmente se pueden considerar positivos producto de este proyecto, corresponde al interés turístico que puede generar un sector con agua embalsada, dada la diversidad de actividades económicas que se pueden asociar a este.

Por otra parte, se reconocen potenciales impactos sociales que se podrían generar por la ejecución de obras asociadas al mejoramiento de riego, ya sea por embalsamiento superficial, subterráneo y o mejoramiento de la red de canales. Respecto de los impactos sociales negativos se podrían inicialmente considerar los siguientes:

- Desplazamiento de familias. El posible traslado de familias, por la ubicación de un embalse, es negativamente evaluado, por el sentido pertenencia y arraigo de las familias del Valle de Mostazal, produciendo un potencial desarraigo si la localización es fuera del Valle de Mostazal.

- Posibles expropiaciones de tierras y viviendas. La compensación a precio de mercado puede diferir con los procedimientos establecidos por el Estado chileno y las expectativas de los afectados.

- Aumento en las exigencias en la organización interna de las comunidades de agua actuales. El temor de los regantes pequeños a que el embalse exija una mayor preparación técnica y dedicación de tiempo a la administración. Hoy todos los dirigentes de las comunidades de agua son ad honorem. Además, genera en ellos incertidumbre, el posible aumento en el aporte en dinero de los regantes en el sistema de financiamiento de un embalse

- Impacto en el patrimonio tangible e intangible. Entre el patrimonio tangible se reconoce la existencia de sitios arqueológicos de artes rupestre en el valle de Mostazal (Mostacilla, Cuestecita y El Maitén) que potencialmente se puedan verse afectados por la inundación del embalse si coincide la ubicación. (Pladetur 2014)

Respecto de los impactos positivos, inicialmente se podrían considerar:

- Aumento de empleo local por embalse. Se considera que el mejoramiento de la agricultura por la seguridad en el riego retendría la mano de obra local para las diversas faenas agrícolas y también en la etapa de construcción se requerirá mano de obra local. Asimismo, se beneficiarían los emprendimientos dedicados a alojamiento y mantención de la nueva fuerza laboral que llegue.

- Reconocimiento y valorización del uso recreativo del rio Mostazal. El embalse puede incorporar el uso recreativo que ya tiene el río, permitiendo a las familias disfrutar del baño tal como se usa hoy el rio.

Los impactos anteriormente señalados, tanto ambientales como sociales, corresponden en términos generales y aún preliminares, a los que serán considerados en el Estudio de Análisis Ambiental y como parte de los antecedentes que se requieren profundizar en las actividades de Participación Ciudadana, complementándose y/o modificándose según sea necesario respecto a las apreciaciones que vayan surgiendo por parte de los actores claves locales en el desarrollo del Estudio.

3.2. Análisis Conceptual

3.2.1. Alcance General

El ***análisis conceptual*** considera la identificación de todos aquellos aspectos más importantes de este proyecto, los cuales condicionarán las soluciones que finalmente se planteen. Se considera definir la metodología que propone aplicar para evaluar y optimizar cada escenario de proyecto. Se efectuará un análisis conceptual del proyecto de acumulación (superficial y/o subterránea) y la red de canales, que incluya aspectos propios del desarrollo de la agricultura de riego y de la ingeniería de grandes presas.

3.2.2. Selección del Sitio de Embalse Superficial

Una de las tareas más importantes dentro de este sistema de riego es la definición de la Presa y Embalse. La ***presa*** es aquella estructura hidráulica, que se construye en la sección transversal del cauce de un curso de agua con dos fines: el primero, elevar su nivel de forma permanente o variable para hacerla pasar por una conducción, y el segundo es almacenar el agua para suministrarla en los periodos de escasez. En este caso se considerará que el uso más importante de esta agua almacenada es el riego, siendo cualquier otro uso una externalidad positiva del proyecto. Por ***embalse*** se entenderá al conjunto de obras compuesto por la presa (muro), obras de captación y evacuación de aguas y la zona de la laguna de inundación.

En primer lugar, se muestra en la Figura 3.2.2-1 un esquema general con los elementos principales de un embalse superficial. El esquema muestra el muro que obstruye el paso de las aguas de un río, la posibilidad de infiltración desde el vaso del embalse al sistema subterráneo, y la necesidad de permitir la ocurrencia de un caudal ecológico aguas abajo.

El elemento principal que define el embalse, es el muro. Ahora bien, existen una gran variedad de tipos de presa, dependiendo del material con que se construye, material suelto u hormigón. Dentro de esta clasificación también existen otras subdivisiones dependiendo del tipo de material y de su geometría. En la Figura 3.2.2-2 se presenta un diagrama con los tipos de presas que se pueden considerar.

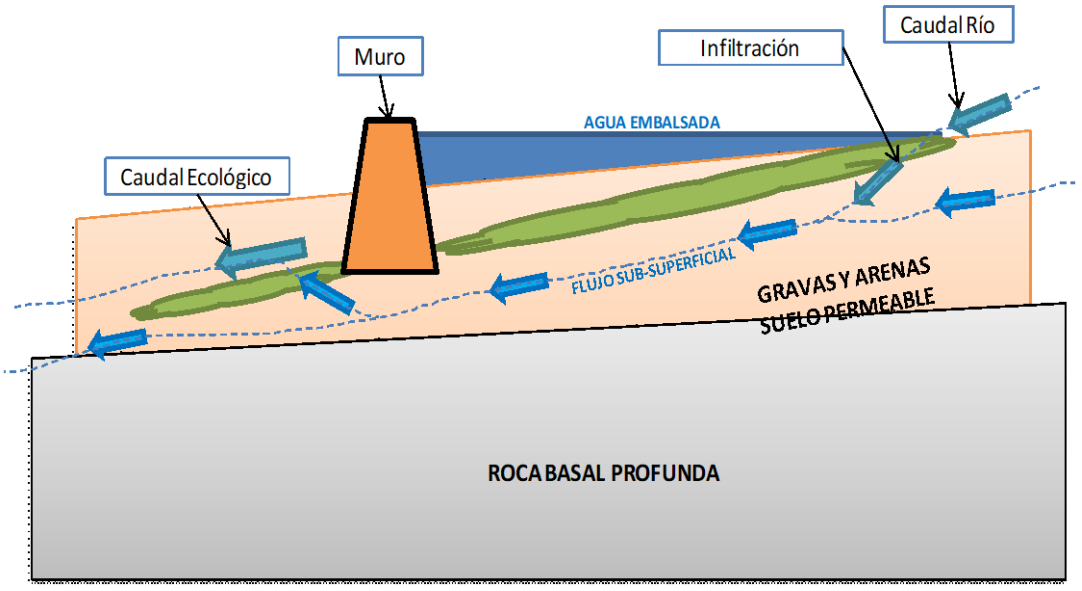


FIGURA 3.2.2-1
ESQUEMA GENERAL EMBALSE SUPERFICIAL
Fuente: Elaboración propia.

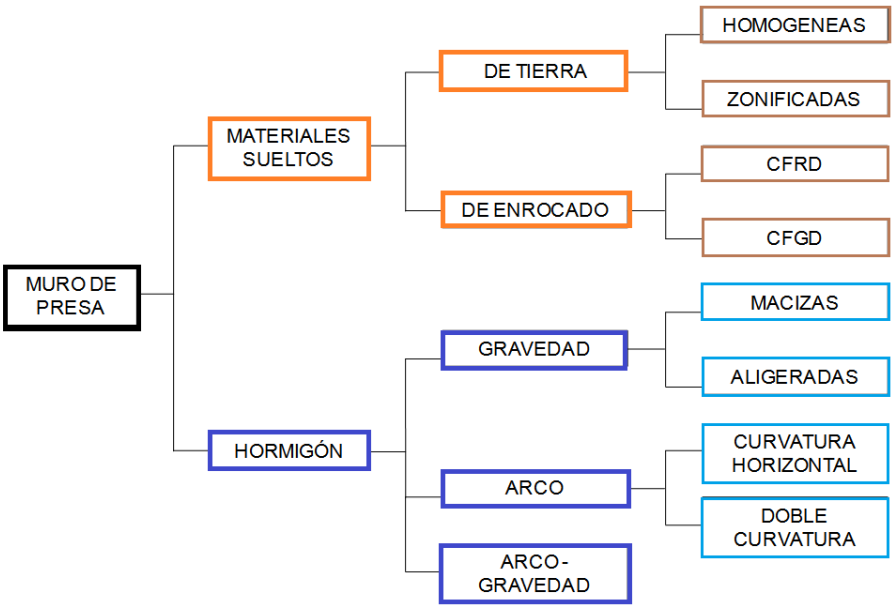


FIGURA 4.2.2-2
DIAGRAMA CON LOS TIPOS DE PRESAS
Fuente: Elaboración propia.

El análisis incluye también otros temas relevantes, como son las materias ambientales y los aspectos económicos. Este análisis conceptual se basará en el diagnóstico preliminar descrito en el numeral anterior.

A continuación, se presentan los aspectos más importantes a considerar es este análisis conceptual para la selección de la ubicación del sitio de embalse:

- ***Relación Agua/Muro**:* La relación agua muro será mejor en la medida que la angostura sea más estrecha y el valle se "abra" hacia aguas arriba

- ***Tamaño del espejo del agua**:* Es importante considerar el tamaño proyectado del espejo del agua en los sitios de embalse estudiados, particularmente en aquellas zonas donde se prevén importantes pérdidas por evaporación.

- ***Características Geológicas y Geotécnicas de la angostura**:* Interesa tanto la resistencia geomecánica del suelo de apoyo, así como también su permeabilidad y la del vaso de inundación.

- ***Características productivas de la zona a inundar**:* Interesa que la zona de inundación sea lo menos productiva posible, de manera de no afectar a los agricultores obligándolos a expropiaciones o traslados indeseados.

- ***Ubicación con respecto a la zona de riego**:* Interesa que el embalse pueda abastecer, en lo posible a la totalidad de los beneficiarios en forma directa. Ello no es siempre posible y normalmente quedan beneficiarios ubicados aguas arriba de la presa, pero

se trata que este riego indirecto sea el menor posible, y que la "liberación" de tributar derechos les permita alcanzar similar seguridad de riego que los abastecidos directamente por el embalse.

- ***Cercanía de la obra a la zona de riego y fuentes de pérdida intermedias**:* Es importante considerar cuán cercana está la zona de riego del embalse, particularmente en aquellos casos en que se prevén pérdidas por infiltración o de otro tipo en el transcurso del río.

- ***Ubicación con respecto a los recursos de agua de la cuenca**:* La presa no debe quedar ubicada tan abajo en la cuenca, que quede mucho riego aguas arriba de ella, así como tampoco debe quedar ubicada tan arriba, como para que la cuenca aportante sea muy pequeña y no se pueda regular una parte importante del recurso.

- ***Cantidad y características de las interferencias**:* Todo lo que sea caminos públicos, principales o secundarios, líneas eléctricas, bosques nativos, líneas férreas, obras civiles de diverso tipo, etc., significan un elevado costo de reponerlos en otro lugar, por lo que se trata que las interferencias sean las mínimas posibles.

- ***Aspectos Ambientales asociados**:* Todo embalse crea impactos ambientales, tanto del recurso agua como de transporte de sedimentos, como también es posible inundar sitios arqueológicos, de alto valor ecológico, o de interés patrimonial de la nación, etc.

- ***Tipos de presas posibles, de acuerdo con disponibilidad de materiales de empréstitos***: Entre los diferentes tipos de presas, naturalmente unas son bastante más caras que otras. Tradicionalmente, en Chile las mayores presas de riego se han construidos de tierra y si no existe material impermeable para ello, se ha recurrido al enrocado con pantalla de concreto. Sin embargo, en los últimos años ha tomado gran auge la construcción de presas de gravas con pantalla impermeable. Si no requieren de una pared moldeada muy profunda y compleja, son las más económicas y rápidas de construir. Entonces, hoy en día lo primero que se observa es si están dadas las condiciones, tanto de fundación como de empréstitos, para postular este tipo de presas.

- ***Accesibilidad**:* Naturalmente, la accesibilidad usualmente juega un rol muy importante, ya que tener que construir nuevos caminos de acceso constituye costos importantes para el proyecto. La accesibilidad debe considerar también la ubicación de los empréstitos: se trata que las distancias de traslado sean lo menores posible y que ojalá el traslado de materiales se realice a favor de la pendiente en el valle, o sea, que los materiales se extraigan de aguas arriba de la presa.

- ***Tamaño del proyecto**:* El tamaño del proyecto es de gran importancia, pudiendo algunas angosturas quedar descartadas porque no permiten almacenar el agua requerida, o bien porque las solicitaciones de carga hidráulica en una presa muy alta

pueden ser exageradas, tanto estructuralmente como desde el punto de vista de las filtraciones.

- ***Costos de expropiaciones**:* No solamente, las características del área de inundación, sino que también la complejidad de algunas obras, como vertedero y túnel bypass, ubicación del cauce principal del río, etc., pueden derivar en requerimientos de mayor o menor envergadura respecto de las expropiaciones, que pueden tener una incidencia relevante en el presupuesto final.

- ***Facilidades para diseñar las obras de arte asociadas**:* Como se mencionó, las obras de arte, principalmente vertedero y túnel bypass, pueden ser complejas y costosas según el tipo de diseño que se pueda efectuar. Influyen en forma importante para ello la geomorfología y la geología y geotecnia del sector de la presa, por lo que son aspectos a tomar en consideración en el análisis del sitio de embalse.

- ***Facilidades constructivas**:* Este tema tiene que ver con las facilidades constructivas respecto a la ubicación desde el punto de vista del traslado de personal, residencia de los obreros, espacios para las faenas, distancia a la ciudad para efectos de repuestos y mantenimiento de la maquinaria y equipos, etc.

3.2.3. Análisis Conceptual Balance de Recursos Hídricos Superficiales

En el contexto de analizar soluciones para el problema de déficit de recursos hídricos en el río Mostazal para su uso en riego, el objetivo general de realizar un balance de los recursos hídricos superficiales es evaluar el impacto que tendría cada alternativa propuesta de ubicación de un embalse de regulación, en la superficie que es posible de regar con seguridad de 85%, en la capacidad de almacenamiento del embalse requerida, como también en la capacidad de conducción de un canal alimentador en los casos que éste se requiera.

Como una forma de iniciar el análisis de las posibles soluciones al problema planteado, se propone un esquema con los principales elementos y sus inter relaciones, los cuales intervienen en el balance de los recursos hídricos superficiales en el río Mostazal, tanto para analizar la situación actual o sin proyecto como para la situación futura, con alternativas de embalses de regulación.

El objetivo adicional de este balance de los recursos hídricos superficiales, es generar algunos de los datos de entrada o input que requiere el modelo de balance subterráneo, tales como las infiltraciones a la napa desde el río, desde las zonas de riego y desde la red de canales debido a las pérdidas de conducción.

Además, con la elaboración de este esquema es posible visualizar los puntos en que se requerirá elaborar estadísticas de caudales medios mensuales, que en este caso son los siguientes:

- Aportes de cabecera del río Mostazal

- Aportes del río San Miguel
- Aportes del río Tulahuencito
- Aportes de cinco hoyas intermedias

Otros antecedentes que se visualiza que se requerirá definir en el balance de recursos hídricos es la determinación de los derrames de riego desde cada zona o sección del río y las pérdidas por infiltración desde el río y desde los canales.

3.2.4. Esquema del Balance de los Recursos Hídricos Superficiales

En el esquema de la Figura 3.2.4-1 se ilustra los principales elementos que se consideran para realizar el balance de los recursos hídricos superficiales en el río Mostazal, considerando tres ubicaciones posibles de embalses de regulación superficial.

A continuación, se describe cada uno de los nodos de balance que se ha definido para el río Mostazal:

- El nodo N° 1 corresponde al punto de más aguas arriba identificado en el río Mostazal, donde se ha identificado en forma preliminar la ubicación de la alternativa de embalse de regulación denominada como "Mostazal 2". Esta alternativa recibe todos los aportes de la hoya hidrográfica sobre su cota y tiene como característica que queda sobre la cota de todas las zonas de riego del río Mostazal, esto es, de las tres secciones que comprende este río.

- El nodo N° 2 corresponde a los caudales de salida del embalse de regulación, de acuerdo con una regla de operación, con la cual se determina estas entregas en función de las demandas de agua de riego y de la disponibilidad pronosticada de los recursos afluentes al embalse.

- A continuación, más abajo en el primer tramo del río Mostazal, se produce, por una parte, pérdidas por infiltración en el río (que son entradas para el modelo de agua subterránea) y, por otra parte, el aporte de la hoya intermedia entre el nodo N° 1 y el nodo N° 3.

- El nodo N° 3 corresponde a la ubicación de la primera bocatoma de la Primera Sección del río Mostazal y se asume que en este nodo se concentra la demanda de agua de riego de dicha sección del río. en el caso de la alternativa de embalse en el río San Miguel, en este nodo se capta los caudales del canal alimentador para conducirlos hasta dicha alternativa de embalse, nodo N° 4. Además, en este nodo se contabiliza las pérdidas por infiltración en el río Mostazal, entre los nodos 2 y 3.

- El nodo N° 4, sobre el río San Miguel, se ubica aguas arriba de la alternativa de embalse de Rio San Miguel y representa el punto de llegada de los caudales del canal alimentador del embalse y de la hoya propia aportante.

- El nodo N° 5, sobre el río San Miguel, corresponde a los caudales de salida del embalse de regulación, alternativa San Miguel, de acuerdo con una regla de operación, con la cual se determina estas entregas en función de las demandas de agua de riego y de la disponibilidad pronosticada de los recursos afluentes a este embalse.

- En el nodo N° 6, sobre el río Mostazal, se ubica la alternativa de embalse denominada "Cuestecita", la cual recibe los aportes de la cuenca alta del río Mostazal y los aportes del río San Miguel. en este nodo se contabilizan los aportes de derrames de riego de la zona de riego de la Primera Sección del río y de la hoya intermedia entre los nodos N° 3 y N° 6, además de los aportes de los ríos Mostazal y San Miguel, según sea la alternativa de embalse que se esté analizando. Además, en el nodo N° 6 se contabilizan las pérdidas de infiltración del tramo entre los nodos N° 3 y N° 6.

- A continuación, el nodo N° 7 corresponde a los caudales de salida del embalse de regulación, alternativa Cuestecita, definidos según una regla de operación.

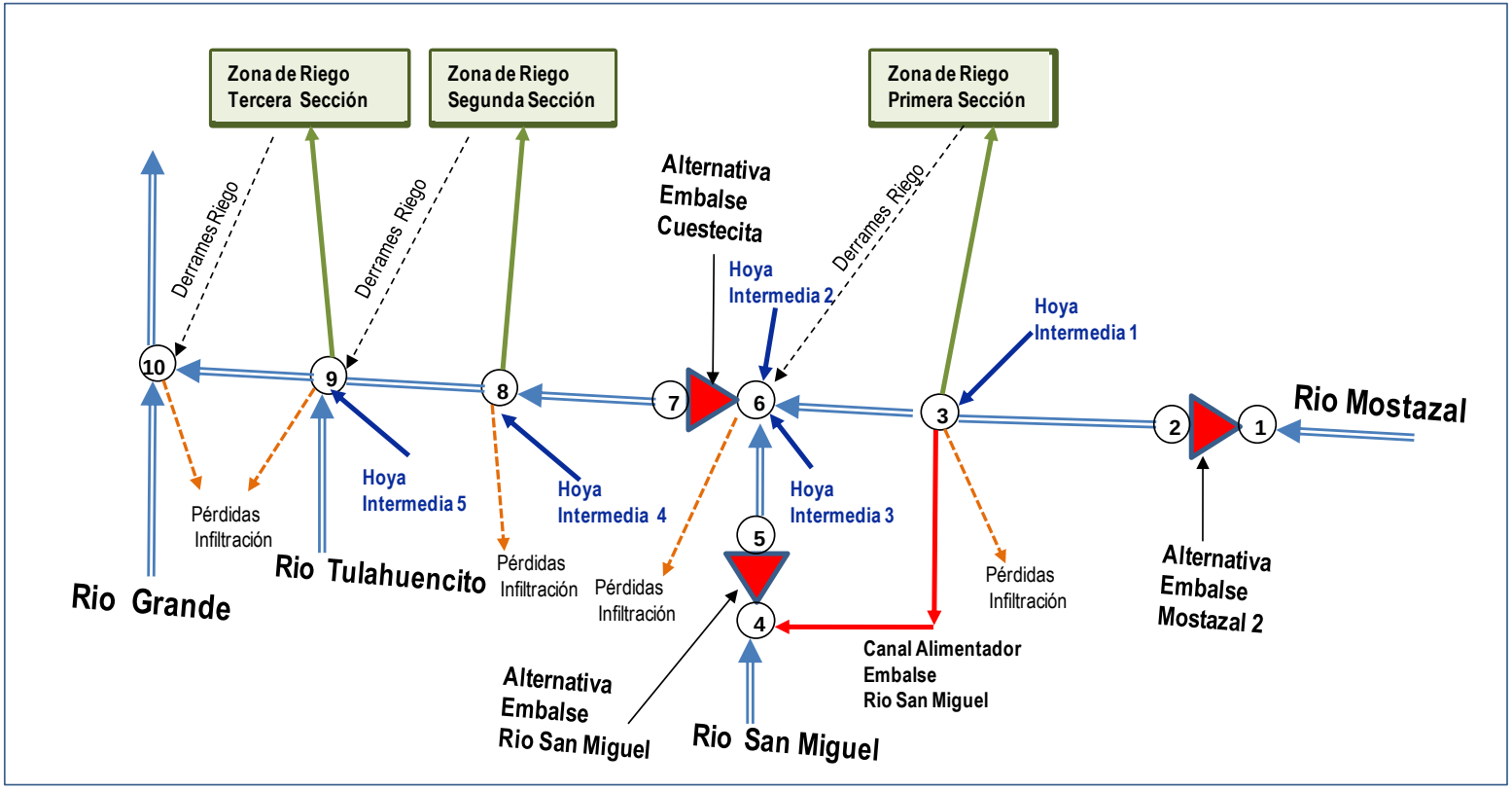


FIGURA 3.2.4-1
ESQUEMA DE LOS BALANCES DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES EN EL RÍO MOSTAZAL
Fuente: Elaboración propia.

- El nodo N° 8 corresponde a la ubicación de la captación para las bocatomas de la Segunda Sección del río Mostazal. en este nodo se contabilizan los aportes de la hoya intermedia y las pérdidas por infiltración, ambos en el tramo entre los nodos N° 7 y N° 8.

- En el nodo N° 9 se ubica la captación para las bocatomas de la Tercera Sección del río Mostazal y en este nodo se contabiliza los aportes de la hoya intermedia y las pérdidas por infiltración entre los nodos N° 8 y N° 9, los derrames de la zona de riego de la Segunda Sección y los aportes del río Tulahuencito.

- Finalmente, el nodo N° 10 corresponde a la junta del río Mostazal con el río Grande y es el punto en el cual se contabilizan los excedentes del río Mostazal, esto es, los caudales que no se utilizaron en el riego y constituyen un aporte hacia aguas abajo.

Se hace notar que la modelación definitiva se realiza usando la herramienta WEAP, cuyas características se presentarán en mayor detalle en el Capítulo 7.

Se hace notar en todo casop

3.2.5. Funcionamiento del Sistema de Recursos Hídricos Subterráneos en la Cuenca del Río Mostazal

En el río Mostazal se desarrolla un depósito sedimentario no consolidado de origen fluvial, coluvial y aluvial que alberga un acuífero detrítico cuyos límites laterales están dados por rocas muy poco permeables de formaciones volcano-sedimentarias y sedimentarias marinas e intrusivos Paleozoicos y Cenozoicos. Los recursos hídricos de esta cuenca son de importancia menor a escala regional debido a su acotado desarrollo en profundidad (aprox. 35 a 40 m) y lateral. La Dirección General de Aguas no mantiene ningún punto de monitoreo de aguas subterráneas en la cuenca. Un catastro realizado el año 2015 identifica 5 puntos de agua subterránea en la cuenca. Se estima que la capacidad de bombeo instalada es de al menos 13 l/s, considerando los pozos de los sistemas de APR existentes, según se desprende de la información facilitada por la DOH.

Los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Mostazal son de importancia menor a nivel regional y la cuenca no cuenta con infraestructura o estudios para caracterizar el sistema de aguas subterráneas y consecuentemente estudiar su interacción con el agua superficial. Producto de esta situación en la mayoría de los estudios recopilados y revisados la cuenca del río Mostazal es descrita en términos someros, se le integra a la cuenca del río Grande o no se le considera.

Se requiere un esfuerzo importante en caracterización del acuífero para poder evaluar las capacidades de usarlo como embalse subterráneo. Se requiere estimar la geometría del acuífero, los parámetros hidráulicos del acuífero y el basamento, la piezometría y las condiciones de borde que controlan el funcionamiento del sistema.

3.2.6. Embalse Subterráneo

En primer lugar, se muestra en la Figura 3.2.6-1, un esquema general del sistema subterráneo, en que se observa una pared moldeada para interrumpir el flujo subterráneo y peraltar el nivel de agua, la inclusión de una tubería para sacar el agua por gravedad o por medio de pozos.

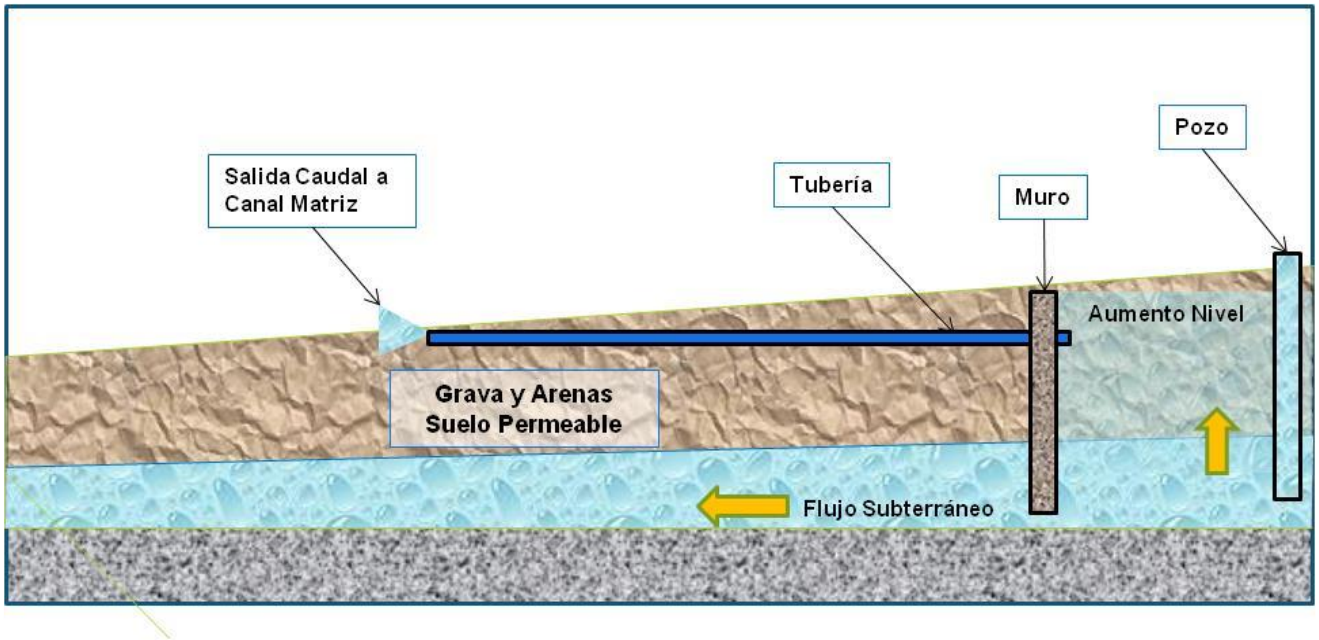


FIGURA 3.2.6-1
ESQUEMA GENERAL EMBALSE SUBTERRÁNEO
Fuente: Elaboración propia.

3.2.7. Operación Sistema Embalse Superficial/Subterráneo

Se debe hacer notar que en el área de estudio se podría dar que los embalses estén construidos en un mismo sitio, que se construyan en sitios separados, o que solo se construya un solo tipo de embalse.

La configuración básica considerada es un embalse subterráneo construido bajo el embalse superficial. En esta configuración solo se requiere la construcción del muro de embalse superficial, además de una pared moldeada que funciona como muro del embalse subterráneo. En forma alternativa, se pueden construir las obras en forma independiente, lo que significaría que se construyan 2 paredes moldeadas, una para cada embalse. La forma de seleccionar la mejor opción es de tipo económico, en un caso se selecciona la opción que entregue el mejor volumen superficial + subterráneo en forma conjunta, y en la otra, se optimiza cada volumen en forma independiente. Al analizar los beneficios y costos asociados a cada alternativa, es posible seleccionar la mejor alternativa.

Se hace notar que, de acuerdo a lo determinado en el reconocimiento geológico, el agua subterránea se encuentra muy superficial, por lo que el volumen almacenable por el embalse

subterráneo es de baja magnitud. Lo anterior sugiere que es más factible considerar un manejo del sistema subterráneo mediante el uso de pozos de bombeo. Esta obra tiene claramente menores costos de construcción, pero mayores costos de operación, por lo que su selección también se realiza al considerar un análisis económico.

3.3. Caracterización General Sitios de Embalse

3.3.1. Información Existente

Existen varios estudios anteriores donde se ha tratado el tema de la regulación de los recursos hídricos en el valle de Mostazal, los cuales se presentaron en el Capítulo 2 de este informe en la Recopilación de Antecedentes.

El primer estudio en donde se plantea un embalse superficial es en el estudio de la DOH del año 1998 (Procivil)[3], en donde se identificaron 2 sitios de interés, denominado Mostazal en Cuestecita que se localiza un poco aguas abajo de la estación DGA del mismo nombre y el sitio denominado Mostazal 2 (Tranca Morada). De acuerdo a dicho estudio, el sitio más apropiado desde el punto de vista de la relación agua-muro es el sitio de Cuestecita. Se trata de un embalse frontal de 1,5 hm³ de capacidad y 38 m de altura. El sitio de Mostazal 2 tiene un volumen de 0,7 hm³ con una altura de 28 m.

El análisis se realizó sobre cartografía escala 1:50.000 del IGM y análisis de la geología de superficie, sin excavaciones de calicatas ni sondajes.

En el croquis de la Figura 3.3.1-1 se incluye un perfil transversal que describe cualitativamente las estructuras observadas.

La evaluación económica resultó desfavorable para el embalse de cabecera Cuestecita debido al alto costo de obras civiles por hectárea (4 millones de $/ha en pesos de esa época).

El estudio recomendó revisar las condiciones geotécnicas de sus fundaciones mediante prospecciones profundas.

Posteriormente en el año 2000[4], la DOH desarrolló el estudio donde se analizaron dos alternativas de ubicación de muro para un embalse estacional en el sector aguas abajo de Cuestecita. Para este análisis se utilizó cartografía desarrollada para este estudio consistente en una restitución aerofotogramétrica escala 1:10.000.

De acuerdo a esta información, en la ubicación propuesta originalmente (DOH 1998), si bien se puede apreciar una angostura, que topográficamente parece apropiada para implementar una presa,

[3] Estudio de Prefactibilidad "Optimización Uso del Recurso Hídrico Río Mostazal", Procivil Ingeniería Ltda. – DOH, 1998
[4] Explotación Optimización Uso del Recurso Hídrico río Mostazal, AC Ingenieros Consultores Ltda. – DOH, 2000

la existencia de un tramo con alta pendiente inmediatamente aguas arriba del emplazamiento hace que la relación volumen embalse/volumen muro no sea buena. Por lo anteriormente expuesto, se analizó en gabinete un nuevo emplazamiento unos 400 m aguas arriba del anterior, al cual se le determinaron las curvas de volumen muro v/s altura y la capacidad (Ver Figura 3.3.1-2).

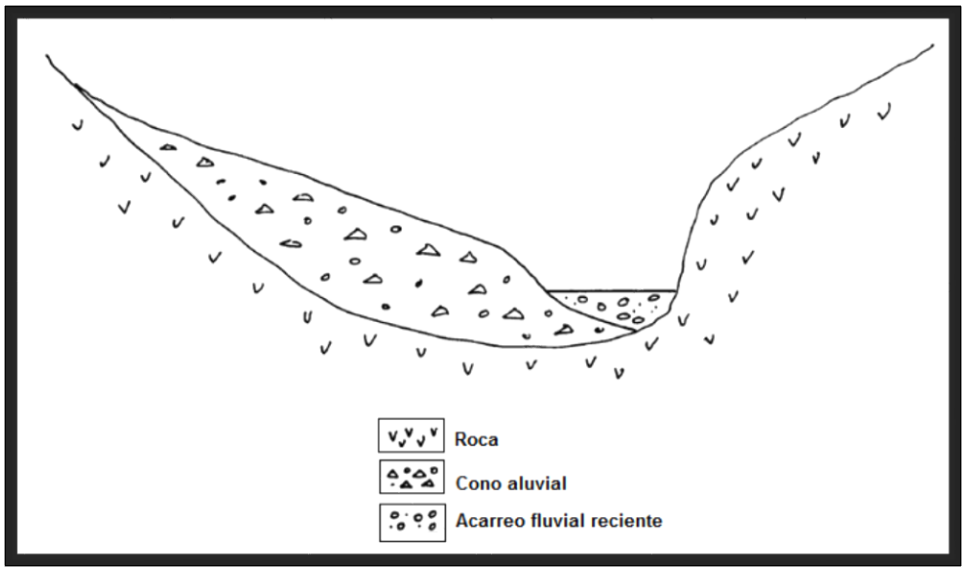


FIGURA 3.3.1-1
GEOMORFOLOGÍA DE LA ANGOSTURA MOSTAZAL EN CUESTECITA
Fuente: Optimización Uso del Recurso Hídrico Río Mostazal, DOH-Procivil, 1998

Con la información de la restitución se determinaron las curvas características de la alternativa de aguas arriba o alternativa alta.

En este estudio se realizó una apreciación geológica-geotécnica, teniendo como fuente de información la visita de terreno e información secundaria (Carta topográfica IGM a escala 1:50.000, Restitución aerofotogramétrica a escala 1:10.000, Fotos aéreas SAF 1982 y la Hoja Ovalle del Servicio Nacional de Geología y Minería. Plano geológico a escala 1:250.000).

Como conclusión se indica que las condiciones geológico - geotécnicas de los sectores estudiados para posibles ejes de presa indican la presencia en sus apoyos izquierdos de grandes depósitos activos de material deslizado de probable alta permeabilidad, los cuales serían saturados por el agua del embalse lo que generaría inestabilidad y fuga del agua. Los apoyos derechos estarían, en el caso de la alternativa baja, en roca basal de buenas condiciones y en el caso de la alternativa alta sobre roca descompuesta que yace bajo los sedimentos coluviales.

No se descarta que bajo los depósitos deslizados se encuentren sedimentos fluviales de alta permeabilidad.

Por los antecedentes expuestos, no se consideran viables los sitios analizados para la fundación de un muro de embalse, por lo que tampoco habría justificación en abordar los estudios complementarios correspondientes al análisis de la presa, como son la topografía y las prospecciones orientadas a conocer con mayores detalles las características de fundación y bondad de los probables yacimientos.

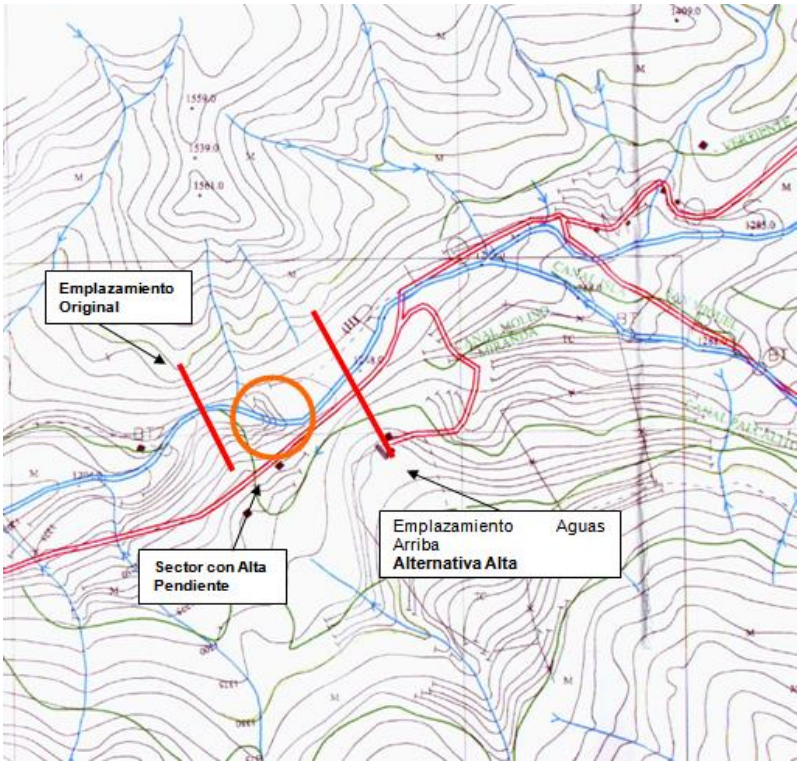


FIGURA 3.3.1-2
ALTERNATIVAS DE EMPLAZAMIENTO MURO EMBALSE CUESTECITA
Fuente: Explotación Optimización Uso del Recurso Hídrico Río Mostazal, AC-DOH 2000

Luego, ***en el año 2009[5], la CNR realizó un estudio de catastro de obras medianas*** en donde se plantea por primera vez aprovechar recursos subterráneos por medio de muros de embalse subterráneo ubicados en la Tercera Sección del río, que posibilita el aprovechamiento de recursos hídricos que actualmente se pierden. Uno en la quebrada de Tulahuencito (Coordenadas UTM: E: 338.030 m y N: 6.584.400 m, WGS-84) y el otro en el cauce del Río Mostazal a la altura de Colliguay Alto (Coordenadas UTM: E: 332.566 m y N: 6.585.310 m, WGS-84), aportando entre ambos un volumen acumulado al sistema de 1,37 hm³. Se requerirá reforzar operacionalmente la recarga del acuífero, mediante pretiles en el cauce del río en el sector de los embalses subterráneos.

En este estudio también se considera la construcción de un embalse superficial de corta regulación o cámara de carga en el angostamiento Cuestecita para unos 0,15 hm³ de capacidad, en el

[5] Catastro de Obras de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al Año 2018 Zona Norte - Regiones de Arica y Parinacota a Metropolitana, CNR - Procivil, 2009

mismo sector identificado en los estudios anteriores, sin embargo, de una capacidad mucho menor que los 1,5 hm³ iniciales.

En la Figura 3.3.1-3, se presenta la ubicación de estas tres obras.

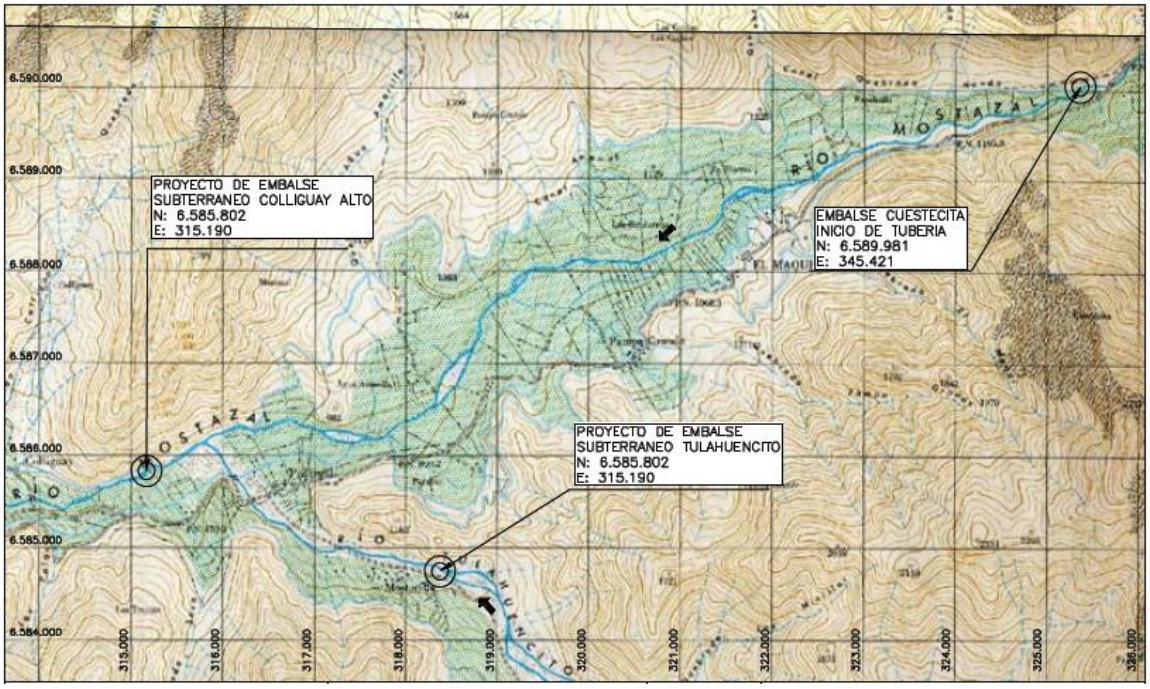


FIGURA 3.3.1-3
UBICACIÓN EMBALSE SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEOS ESTUDIO CNR 2009
Fuente: Catastro de Obras de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al Año 2018 Zona Norte - Regiones de Arica y Parinacota a Metropolitana, CNR - Procivil, 2009

Finamente, en el año 2015[6] la CNR realizó el perfil del proyecto dado la baja seguridad de riego presente en el valle del río Mostazal y su significativo impacto en el desarrollo de cultivos, producto de la situación de escasez hídrica y la falta de infraestructura de acumulación.

En este perfil se indica que dadas las estimaciones de demanda de riego actual y las limitaciones geológicas y geográficas del área de estudio, se plantea el análisis sobre la viabilidad técnica y económica de construir un embalse superficial dentro de la categoría de pequeños embalses (según DOH, capacidad hasta 5 hm³).

[6] Perfil del Proyecto Mejoramiento de Uso y Regulación de los Recursos Hídricos del Río Mostazal Comuna de Montepatria, IV Región, CNR 2015.

3.3.2. Embalses Superficiales

A partir del criterio anterior, se proponen 3 ubicaciones de eje de presa para analizar su capacidad mediante la curva de embalses, señaladas en la Figura 3.3.2-1. Estas ubicaciones fueron escogidas considerando la geografía del valle y la prioridad de beneficiar a la 2° y 3° secciones del río, siendo las que concentran la mayor actividad agrícola y las más afectadas por la escasez.

De las opciones propuestas, el embalse en la zona de Cuestecita había sido propuesto y estudiado anteriormente en el estudio "Explotación Optimización Uso del Recurso Hídrico Río Mostazal" (DOH, 2000). Las restantes alternativas fueron propuestas en base a las características geográficas de la cuenca. El eje Panguecillo se encuentra ubicado 5,9 km aguas arriba del eje Cuestecita, en tanto, el eje San Miguel se encuentra ubicado 2 km aguas arriba de la junta entre los ríos San Miguel y Mostazal.



FIGURA 3.3.2-1
UBICACIÓN EMBALSES SUPERFICIAL
Fuente: Perfil CNR 2015

3.3.3. Embalses Subterráneos

El esquema conceptual de la solución propuesta para embalse subterráneo considera la construcción de un muro pared moldeada en el área trasversal del acuífero. El caudal se regulará mediante una tubería de acero que se conectará con la pared moldeada a una distancia de 5-10 m del sustrato rocoso y que conducirá el agua hasta el encuentro con la superficie de terreno. En este punto se conectará con un canal derivador.

Los sectores seleccionados para la ubicación de la pared moldeada corresponden a Pedregal, Colliguay Alto, Tulahuencito y Cuestecita, los cuales se presentan en la Figura 3.3.3-1.



FIGURA 3.3.3-1
UBICACIÓN EMBALSES SUBTERRÁNEOS
Fuente: Perfil CNR 2015

3.3.4. Inspección de los Sitios

Con toda esta información disponible en cada estudio analizado, se preparó una visita a terreno con ingenieros especialistas y el geólogo para analizar preliminarmente cada sitio. En la Figura 3.3.4-1 se ha sintetizado toda la información de los sitios superficiales y subterráneos identificados previamente.

Existen dos grandes cursos de agua en el valle aguas arriba de Cuestecita: el río Mostazal y el río San Miguel. En cualquiera de los dos ríos que se construya un embalse, la regulación será parcial, a menos que se construya un canal alimentador desde el otro río, obra que se observó muy onerosa, por los altos taludes de los cerros y su composición rocosa. Esta posibilidad de canal alimentador se manifiesta solamente desde el río Mostazal hacia un potencial embalse en el río San Miguel, por cuanto este último sitio está cerca de la confluencia.

Desde el punto de vista anterior, y dado que gran parte de los cultivos del valle requiere de riego durante todo el año, sería posible conseguir la seguridad de riego regulando uno solo de los ríos, lo que debe validarse una vez realizada la hidrología y el modelo operacional.



FIGURA 3.3.4-1
CONSOLIDADO UBICACIÓN EMBALSES SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS
Fuente: Elaboración propia.

3.4. Reconocimiento y Análisis General de las Soluciones Propuestas

3.4.1. Descripción de las Alternativas

En el presente capítulo, se presenta el análisis para la identificación y evaluación, técnico económica y ambiental simplificada de los cuatro sitios de embalse seleccionados para escoger el más favorable. En la evaluación técnico económica simplificada se efectúan prediseños simplificados y se determinan sus costos aproximados, además de evaluar otros aspectos técnicos que pueden incidir en la elección del sitio. Del mismo modo para el análisis ambiental preliminar se indicarán los principales aspectos de cada sitio relativo a este tema.

La identificación tiene relación con el análisis de las características de cada uno de los sitios, en los diferentes aspectos que influyen en la decisión del sitio a seleccionar y la evaluación corresponde a una comparación económica de costos, así como la comparación de otros aspectos técnicos y ambientales que permitan efectuar su comparación y la selección, así como también sus beneficios asociados.

Preliminarmente, se identificaron tres posibles sitios de embalse en el río Mostazal y otros dos en el río San Miguel. En la Figura 3.4.1-1, se indica la ubicación de las alternativas a analizar, las que se denominarán de la siguiente forma y cuyas principales características son las que se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO 3.4.1-1
ALTERNATIVAS DE SITIOS DE EMBALSE

Alternativa	Río	Denominación	UTM Norte	UTM Este
ALT-EP	Mostazal	Embalse Panguecillo	6.594.604	354.355
ALT-ETM	Mostazal	Embalse Tranca Morada	6.593.293	349.887
ALT-EC	Mostazal	Embalse Cuestecita	6.589.758	345.614
ALT-ESMB	San Miguel	Embalse San Miguel Bajo	6.588.988	347.532
ALT-ESMA	San Miguel	Embalse San Miguel Alto	6.588.245	349.347

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron los trabajos de terreno necesarios para elaborar los diseños simplificados de la presa en los emplazamientos identificados. Estos trabajos de terreno, consistieron básicamente en la visita de ingenieros especialistas, ambientales, geólogos y geotécnicos, cuyos informes permitieron completar los antecedentes para la selección del sitio. La información anterior se complementó con la restitución aerofotogramétrica y los catastros de infraestructura realizados para este estudio.



FIGURA 3.4.1-1
IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE EMBALSE
Fuente: Elaboración propia.

Entre los antecedentes obtenidos, se destacan la definición de las curvas características para cada sitio, el volumen embalsado y necesario para cada presa, el área de inundación, un informe geológico, y la recopilación de los antecedentes ambientales relacionados.

Con esta información se realizaron los diseños simplificados de la presa en cada alternativa de emplazamiento y se determinó un costo preliminar de construcción, apoyándose en planos de escala 1:2.000. Por tratarse de un análisis comparativo, no se incluyeron aquellos costos que son equivalentes para las alternativas.

Con los costos y análisis de los demás aspectos técnicos y ambientales, se realizó una comparación de los distintos proyectos, y finalmente se seleccionó y recomendó, sometiendo a consideración de la CNR, el emplazamiento más adecuado que será estudiado a nivel de prefactibilidad.

3.4.2. Características Geológicas de los Sitios de Embalse

3.4.2.1. Generalidades

Para el análisis de viabilidad de la presa se ha considerado una estructura de aproximadamente 40 a 50 m de alto. Para este análisis se puso atención a la ubicación de sitios comprometidos en los emplazamientos de las obras de: presas y sus correspondientes apoyos, estructuras de desviación y vertederos, así como de los terrenos involucrados en la instalación de las paredes moldeadas y desarrollo de las obras de conducción y descarga de las aguas.

Los objetivos y alcances de los trabajos se centraron en la obtención de información básica orientativa respecto del carácter litológico y comportamiento geotécnico de los terrenos comprometidos en el emplazamiento de las obras.

Conforme a los objetivos y alcances del presente estudio, los principales resultados del reconocimiento son los siguientes:

3.4.2.2. Embalse Panguecillo en el Río Mostazal (ALT-EP)

Este sitio no fue identificado en el estudio de Perfil de la DOH en los estudios anteriores. Se ubica más arriba del sitio Mostazal en Panguecillo, en las coordenadas N 6.594.604 y E 354.355, a una altura aproximada de 1.914 msnm.

En este sector, se recorrió un tramo del aproximadamente 350 m de la huella que, a lo largo del margen derecho del valle del río Mostazal, conduce hacia las cabeceras de su hoya hidrográfica; el extremo O del tramo se ubica a aproximadamente 1,3 km aguas arriba del sector de Tranca Morada.

En este sector, al valle del río Mostazal desarrolla una sección transversal bastante amplía y asimétrica, provista de laderas muy irregulares.

Ambas vertientes del valle del río Mostazal, han sido modeladas en basamento rocoso asignado a la formación Mostazal, ***Jm***, Fotografías 3.4.2.2-1 en **Plano MTZ-GEO-01**; incluye una potente secuencia continental con predominio de estratos conglomeradicos y volcanoclásticos, intercalados con frecuentes niveles de tobas, brechas, areniscas y limolitas con características tonalidades rojizas,

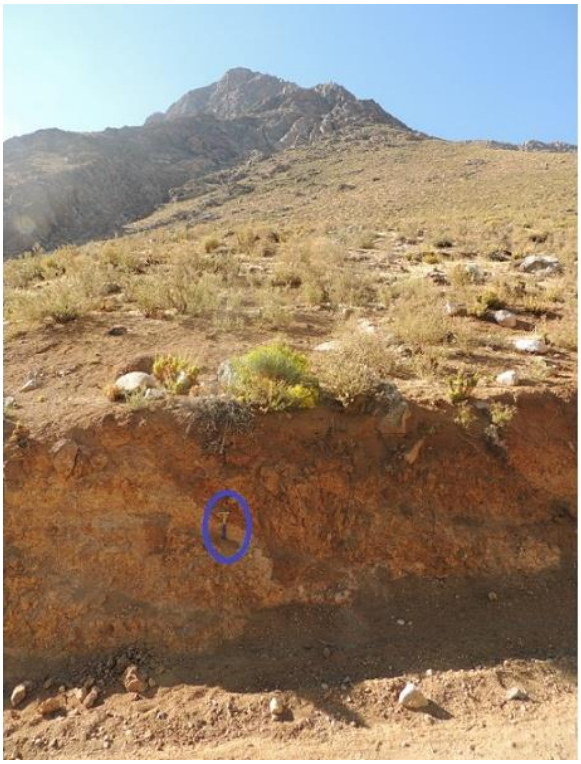
violáceas o moradas, oscuras, (atribuida a la presencia de hematita: óxido férrico, principal de menas de fierro, 70%).



FOTOGRAFÍA 3.4.2.2-1
APOYO IZQUIERDO DE LA ALT- EP.
Expone rocas conglomerádicas y brechas tobáceas, rojizas, con discontinuas coberturas de depósitos coluviales, semiconsolidos.
Fuente: Equipo Consultor.

En general, la secuencia desarrolla una estructura monoclinal con inclinación dominante de 50 a 60° al O; en zonas, los materiales sedimentarios de la formación Mostazal, sobreyacen a basamento rocoso granodiorítico intensamente meteorizado a una condición de suelo residual granular, semiconsolidado, (verdadero *maicillo*), en Fotografía 3.4.2.2-2.

Tanto las rocas conglomerádicas como las brechosas, desarrollan importante fracturamiento superficial y leve meteorización, situación que favorece el recurrente desarrollo de procesos de remociones en masa, representados por activos flujos detríticos, cuyos materiales fragmentarios sueltos, (verdaderos activos abanicos coluviales) enmantan, con espesores muy variables al basamento rocoso local; están constituidos por complejas mezclas heterométricas de fragmentos rocosos sueltos de diversas formas y tamaños, normalmente muy densos y resistentes.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.2-2
SECTOR PANGUECILLO ALT-EP.
Corte en camino desarrollado por margen derecho del valle del río mostazal.
Suelo residual del tipo maicillo, semiconsolidado, muy ripable, producto de intensa meteorización superficial in situ, de rocas graníticas de la unidad, pg, en Plano MTZ-GEO-01.
Se destaca como escala martillo de 28 cm de largo.
Fuente: Equipo Consultor.

Los reconocimientos directos efectuados en este sector permitieron establecer que la sección transversal del valle del río Mostazal, no presenta condiciones geomorfológicas, geológicas, estructurales y geotécnicas adecuadas, para el posible emplazamiento de una presa; en primera instancia, las secciones visitadas presentarían desfavorables relaciones volumen agua almacenada / volumen muro.

Se advierte que a uno y otro lado del valle, tanto el basamento rocoso como las respectivas coberturas de depósitos no consolidados, presentan distintas características geológicas y comportamiento geotécnicos; el basamento rocoso local discontinuamente expuesto en ambas vertientes del valle del río Mostazal, presenta escasa superficie y formas muy irregulares, enmantado por discontinuas potentes coberturas de depósitos coluviales sueltos, inconsolidados, que incluyen bolones y bloques de gran tamaño; algunos de estos elementos clásticos se disponen en situación de equilibrio crítico.

3.4.2.3. Embalse Tranca Morada en Río Mostazal

En este sector se reconoció un segmento de aproximadamente 350 m del margen derecho del valle del río Mostazal. Comprende un segmento de aproximadamente 0,4 km del valle del río Mostazal, correspondientes a las coordenadas N 6.589.246 y E 328.520, ubicado a una cota de aproximadamente, 1.525 msnm.

En este sector, el valle del río Mostazal desarrolla una relativamente angosta y profunda sección transversal, en la cual el río escurre a lo largo de un estrecho y semisinuoso cauce, bastante bien establecido y enmarcado entre cordones marginales constituidos por acopios de bloques y bolones, movilizados por recurrentes crecidas con gran energía de transporte, (flujos torrenciales), gatillados por episodios pluviales de intensidad extrema; el desarrollo local de densas coberturas de especies freatófitas sobre la actual llanura de inundación, da cuenta de la presencia de depósitos granulares *sueltos*, muy porosos y permeables.

En este sector, la vertiente izquierda o S del valle del río Mostazal, ha sido modelada por actividad erosiva cuaternaria, actuando sobre basamento rocoso asignado a la unidad Río Tascadero, ***Krt*** en plano geológico.

Incluye una compleja secuencia estratiforme constituida por bancos alternante de rocas carbonatadas de grano fino, laminadas, constituidas por alternancias de *mudstone* y *wakestone*, junto a litofacies de calcarenitas, calcilutitas y areniscas fosilíferas de grano fino a medio; sectores, las rocas de la formación Río Tascadero, desarrollan una serie de rasgos estructurales, propios de intensa actividad deformacional, representados por la presencia de sinclinales y pliegues *apretados* y *volcados.*

Mientras tanto, la vertiente derecha o N del valle del río Mostazal, expone una secuencia muy bien estratificadas de rocas sedimentarias continentales asignadas a la Pucalume, ***Kp***, en plano geológico, integrada por alternancia de conglomerados, areniscas muy gruesas, calizas de grano fino y limolitas carbonatadas.

En este sector, al igual que en el anterior, el basamento rocoso local discontinuamente expuesto en ambas vertientes del valle del río Mostazal, presenta escasa superficie y formas muy irregulares, enmantado por discontinuas potentes coberturas de depósitos coluviales sueltos, inconsolidados, que incluyen bolones y bloques de gran tamaño; algunos de estos elementos clásticos se disponen en situación de equilibrio crítico.

En las Fotografías 3.4.2.3-1 y 3.4.2.3-2 se muestran algunas imágenes del sitio.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.3-1
DETALLE DE MARGEN IZQUIERDO DEL VALLE DEL RÍO MOSTAZAL.
En foto anterior. Aislado afloramiento de rocas brechosas de la formación jm, en Plano MTZ-GEO-01.
El carácter irregular o desmembrado de las rocas expuestas, está condicionado tanto
por los rasgos estructurales de la secuencia, con predominio de rumbos normales al eje del valle y
moderada inclinación 35° hacia aguas arriba, como por intenso fracturamiento y alteración superficial diferencial
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.3-2
VISTA HACIA AGUAS ARRIBA.
Detalle de bloques de grandes dimensiones, inmensos de depósitos coluviales o escombrara
de laderas de cerro, inconsolidadas, inestables en la vertiente derecha del valle del río mostazal.
Se destaca persona como escala.
Fuente: Equipo Consultor.

3.4.2.4. Embalse Cuestecita en río Mostazal

Corresponde a un segmento el valle del río Mostazal ubicado inmediatamente aguas abajo del punto de confluencia con el río San Miguel**,** correspondiente a las coordenadas N 6.589.789 y E 345.614, ubicado a una altura de aproximadamente 1.245 msnm.

En el sector, la sección transversal del valle presenta un perfil discontinuo o irregular; la zona del apoyo derecho desarrolla una empinada pared labrada en rocas sedimentarias de origen marino, (calizas y calcarenitas) asignadas a la formación Río Tascadero, ***Krt,*** en plano geológico; la señalada pared se presenta bastante lisa, con escaso desarrollo de fracturas superficiales, densa, con moderada a alta resistencia, geomecánicamente competente, estable, Fotografía 3.4.2.4-1.

En torno al sitio de emplazamiento del apoyo izquierdo, tanto en cortes del camino público como en prolongaciones laterales ladera afuera (*puntilla*) desde el margen izquierdo, exponen una continua y potente secuencia de depósitos granulares macizos, (carentes de estratificación) y tonalidades grisáceas claras asignadas a corrientes aluviales torrenciales de antiguas remanentes de terrazas marginales altas, ***PlHc*** y ***PlHa***, Fotografías 3.4.2.4-2 y 3.4.2.4-3, adosadas o apoyadas directamente a basamento rocoso de la formación Río Tascadero, ***Ktr***, en plano geológico; esencialmente, se trata de complejas mezclas de fragmentos rocosos diamícticos (heterocomposicionales) de diversas formas (angulosos a subredondeados), y tamaños medios en el rango de 4 a 6 cm, bastante densos y resistentes, inmersos en una matriz de arenas y arenas finas con leves concentraciones de limos y limos arcillosos, inorgánicos en Fotografías 3.4.2.4-2 y 3.4.2.4-3.

Cuando expuestos en cortes del camino público, los depósitos se presentan bastante compactos y densos; condición que ha favorecido el desarrollo de taludes regulares (sin escalones intermedios) aceptablemente estables, con alturas medias de 6 a 8 m.

En este sector, la construcción y operación de una presa con una altura de 40 m, significaría que las aguas de almacenamiento en el embalse, superarían por mucho, un importante tramo del camino público, desarrollado en torno al margen izquierdo del valle; ello forzaría el diseño y materialización de trazado alternativo, dispuestos cotas superiores al coronamiento de la presa.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.4-1
VISTA HACIA AGUAS ABAJO DE SECTOR DEL VALLE DEL RÍO MOSTAZAL

El río escurre a lo largo de un estrecho cauce, adosado a su margen derecho, constituido por una empinada pared rocosa, inalterada, densa, geomecánicamente competente, asignada a la formación viñita, kv(a), en Plano MTZ-GEO-01. El extremo izquierdo del cauce corresponde a una puntilla que se prolonga hacia el margen izquierdo del valle, de acuerdo a una morfología bastante llana, constituida por una potente secuencia maciza de depósitos granulares, semiconsolidados, asignados a corrientes de flujos torrenciales de remanentes de terrazas marginales antiguas o altas del valle del río mostazal, plhc / plha, en Plano MTZ-GEO-01.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.4-2
CORTE EN CAMINO PÚBLICO

En torno a sitio de emplazamiento del apoyo izquierdo de alt- ec, en Plano MTZ-GEO-01. Talud aceptablemente estable de 6 a 7 m de altura, excavado en secuencia granular maciza, semiconsolidada correspondiente a depósitos asignados a la unidad de flujos aluviales torrenciales, plha y plhc, en Plano MTZ-GEO-01. Escala. Martillo de 28 cm de largo.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.4-3
MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR
Fuente: Equipo Consultor.

3.4.2.5. Embalse San Miguel Bajo en el río San Miguel

Corresponde a un segmento del valle del río San Miguel ubicado inmediatamente, (650 a 750 m) aguas arriba de su punto de confluencia con el río Mostazal, correspondiente a las coordenadas N 6.588.988 y E 347.532 msnm a aproximadamente 1.372 msnm.

En este sector, la sección transversal del valle del río San Miguel presenta un perfil bastante irregular o asimétrico: su margen derecho está conformado por rocas sedimentarias de origen marino, con predominio de calizas, calcarenitas, calcilutitas, areniscas arcósicas y areniscas de origen volcánico, asignadas a la formación Río Tascadero, ***Krt***; Fotografías 3.4.2.5-1 y 3.4.2.5-2, mientras que, en torno a la vertiente izquierdo del valle, dominan depósitos granulares macizos (carentes de estatificación), con moderada a alta compacidad, genéticamente atribuidos a remanentes de corrientes aluviales torrenciales de antiguas terrazas marginales altas de discontinuos segmentos de los valles de los ríos Mostazal y San Miguel, asignadas a la unidades ***PHlc*** y ***PlHa,*** Fotografías 3.4.2.5-3 a 3.4.2.5-5.

A nivel superficial, en el apoyo derecho, las rocas se presentan con moderada a baja alteración, bastante deformadas y plegadas, recorridas por fracturas rectas subverticales con corridas en el rango medio de 25 a 35 m, que configuran laderas muy irregulares con inclinaciones globales moderadas a altas.

Mientras tanto en torno al sitio del apoyo izquierdo, cortes configurados para el desarrollo de un canal de riego, exponen una potente secuencia maciza de depósitos granulares, aluviales a aluvio torrenciales, con tonalidades grisáceas claras y moderadas a altas compacidades; estos depósitos se apoyan directamente o sobreyacen a rocas de la formación Pucalume, ***Kp***, en plano geológico.

Llama la atención el hecho de que, a lo largo de breves tramos de los cortes conformados para albergar el canal de riego, los señalados depósitos sedimentarios cuaternarios presenten comportamientos estables marcadamente contrastantes: desde taludes regulares muy estables a irregulares inestables, con desarrollo de llamativas cárcavas de erosión, eventualmente provocadas por escurrimientos de aguas superficiales, supuestamente gatilladas por episodios pluviales de intensidad extrema; carácter que, en el tiempo, bajo condiciones de saturación, genera incertidumbres respecto de su confiable comportamiento geomecánico, tanto en términos de deformabilidades y capacidades de soporte, como variaciones en porosidades y permeabilidades.

Esencialmente se trataría de materiales sedimentarios con características y comportamientos geotécnicos limítrofes, entre suelos duros (*hardsoils*) y rocas blandas (*softrocks*).

Se asume que las incógnitas surgidas sólo podrían ser resueltas mediante pruebas *in situ* y/o ensayes realizados en laboratorio, a partir de muestras representativas, inalteradas, en condiciones saturadas.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.5-1
DETALLE DE AFLORAMIENTOS
Detalle de afloramientos de basamento rocoso asignado a la formación río tascadero, krt,
en Plano MTZ-GEO-01, correspondiente a terrenos comprometidos en el apoyo derecho de la alt-esm,
en Plano MTZ-GEO-01.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.5-2
ZONA DEL APOYO IZQUIERDO DE PRESA ALT – ESM.
Potente secuencia maciza de depósitos granulares, semiconsolidados, asignados a corrientes de flujos aluviales torrenciales de remanentes de terrazas marginales altas o antiguas, plha y plhc. Estos materiales aparecen adosados o sobreyacentes a basamento rocoso de la formación río tascadero, krt, en Plano MTZ-GEO-01. Se indica traza de antiguo canal de riego.
Fuente: Equipo Consultor.

El hecho que la señalada estructura de aducción se desarrolle, forzadamente, a lo largo de la sección basal de su margen izquierdo, sobre terrenos con gran pendiente, constituidos por tanto por basamento rocoso de la formación Río Tascadero, ***Krt***, en **Plano MTZ-GEO-01**, provistos de discontinuas potentes coberturas de depósitos granulares, semiconsolidados de corrientes aluviales torrenciales de antiguas remanentes de terrazas marginales altas del valle del río Mostazal, ***PlHc*** y ***PlHa***, en **Plano MTZ-GEO-01**, supone el compromiso de un complejo ambiente geológico- geotécnico.

Las actuales incógnitas referidas al desarrollo y continuidad en profundidad y sentido lateral, tanto del relleno granular fluvial a fluvioaluvial del fondo del valle del río San Miguel, como de su apoyo izquierdo correspondiente a depósitos torrenciales, demandará la ejecución de sondajes de exploración, eventualmente complementados con perfiles geosísmicos de refracción.

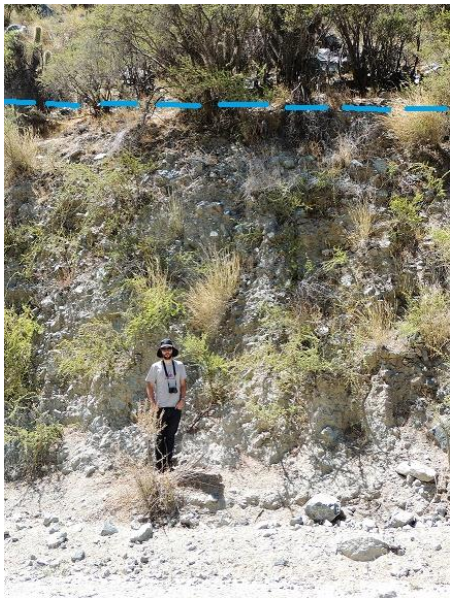


FOTOGRAFÍA 3.4.2.5-3
ZONA DE APOYO IZQUIERDO DE PRESA ALT- ESM.

En Plano MTZ-GEO-01. Corte en canal de riego, constituido por una secuencia maciza semi consolidada de depósitos granulares de corrientes de flujos torrenciales aluviales de terrazas marginales altas o antiguas del valle del río san miguel, plha y plhc, en Plano MTZ-GEO-01. Compleja mezcla de elementos clásticos, angulosos a subredondeados, heterocomposicionales, inalterados, densos, muy resistentes, inmersos en una abundante matriz de arenas gruesas, arenas limosas y escasos finos cohesivos.
Talud subvertical, aceptablemente estable. Escala: martillo de 28 cm de largo.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.5-4
MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.5-5
SECCIÓN BASAL DE LA LADERA IZQUIERDA DEL VALLE DEL RÍO SAN MIGUEL
Corte de 6,5 a 7,0 m de altura, excavado en zona de canal de riego, correspondiente al apoyo izquierdo de alt-esm. Secuencia granular, maciza, semiconsolidada de depósitos atribuidos a flujos aluviales torrenciales, pihc y pihc, en Plano MTZ-GEO-01. Se indica desarrollo de antiguo canal de riego.
Fuente: Equipo Consultor.

3.4.2.6. Embalse San Miguel Alto en el río San Miguel

Este sitio se ubica sobre un segmento del valle del río homónimo, 4,2 km aguas arriba de su punto de confluencia con el río Mostazal; esto es, aproximadamente 2,3 km aguas arriba el sitio previamente seleccionado para el emplazamiento de la alternativa del río San Miguel Bajo (Ver Fotografía 3.4.2.6-1).

El valle del río San Miguel en este sector, incluye una profunda incisión semirectilínea provista de una sección transversal bastante asimétrica, con predominio de empinadas laderas moderadamente estables labradas, dominantemente, en rocas sedimentarias continentales y marinas, provistas de un moderado grado de meteorización y fracturamiento superficial. La señalada condición asimétrica, está condicionada tanto por la configuración el estructural como por el carácter geológico y comportamiento geomecánico del macizo rocoso de materiales sedimentarias asignados a las formaciones Mostazal y Río Tascadero, Jm y Krt, respectivamente.

En la zona objeto de reconocimiento, la sección basal del valle del río San Miguel, incorpora una estrecha llanura de inundación con ancho muy variable, donde el actual cauce desarrolla una trayectoria sinuosa, entre incipientes, mal establecidos y conservados discontinuos remanentes de terrazas marginales bajas, juveniles o modernas, (fluviales, fluvioaluviales y fluviolacustres), enmantadas por densas coberturas de vegetación freatófita.



FOTOGRAFÍA 3.4.2.6-1
SECTOR ESTRECHAMIENTO SITIO TRANCA MORADA

Fuente: Equipo Consultor.

A nivel superficial, los materiales del basamento rocoso que participarían de las fundaciones del apoyo izquierdo de la presa, incorporan gran cantidad de penetrativas fracturas rectas, con largos o corridas observables en el rango medio de 8 a 10 m, dispuestas de acuerdo a patrones seudo ortogonales; en sectores, un número importante de ellas desarrollan aberturas en el rango de 2 a 4 cm, provistas de planos bastante regulares, lisos, por tanto, poco friccionantes; se trataría de estructuras genéticamente atribuibles tanto a la acción combinada de mecanismos de desconfinamiento de tensiones residuales, como a prolongada actividad erosiva de tipo fluvial v/o solicitaciones sísmicas.

Ambos apoyos o estribos comprometerían de basamento rocoso que, a nivel local, participan de secuencias sedimentarias marinas (apoyo derecho) y continentales (apoyo izquierdo), asignadas a las formaciones Río Mostazal y Río Tascadero, (apoyo izquierdo), Jm y Krt, respectivamente.

En el apoyo izquierdo, la presencia de materiales (suelos y basamento rocoso) geomecánicamente bastante discontinuos y anisotrópicos, la necesidad de controlar o minimizar riesgos impuestos por el eventual desarrollo de adversos esfuerzos diferenciales sobre los terrenos de fundaciones, forzará el desarrollo del eje de la presa, a un trazado centralizado dispuesto normalmente a la ladera: este procedimiento optimizaría las características morfológicas del terreno local. No debería ser desatendido el hecho de que, en torno al apoyo izquierdo de la presa, la presencia de rocas carbonatadas (calizas, calcarenitas) que participan de la formación Río Tascadero (Krt), podrían favorecer el desarrollo de procesos de disolución; aun cuando, normalmente, se trata de actividad de lenta evolución en el tiempo, bajo ciertas condiciones hidrodinámicas, suelen provocar filtraciones muy localizadas o poco extensivas, durante la vida operativa de presas de diversos tipos. Al respecto interesa consignar que, en nuestro país, se carece de antecedentes empíricos, referidos a la ocurrencia de este tipo de problemas, en presas de riego.

En la zona de apoyo o estribo derecho de la presa, la presencia de una continua, regular, homogénea y muy bien estratificada secuencia de rocas sedimentarias clásticas de tipo marino, asignadas a la formación Mostazal (Jm), compuestas por bancos alternantes de conglomerados, brechas tobáceas y areniscas, supone el compromiso de un basamento rocoso geomecánicamente competente, impermeable y estable. Se deberá prestar particular atención al hecho de que, en torno al apoyo derecho de la presa, el plinto del talud aguas abajo, deberá evitar el compromiso de activos depósitos granulares coluviales sueltos.

3.4.2.7. Principales Conclusiones Respecto a los Aspectos Geológicos

Respecto a los sitios localizados en la parte alta de la cuenca del río Mostazal, **Panguecillo y Tranca Morada**, prevalecen secciones transversales morfológicamente asimétricas, geológica y estructuralmente muy heterogéneas.

- La gran heterogeneidad geológica (variedad litológica de las alternancias sedimentarias) unida a intensa actividad tectónica (deformaciones pliegues volcados), supone complejas características geotécnicas y comportamientos hidrogeológicos, tanto en las rocas de ambos apoyos como en los cimientos de las presas.

Respecto al sitio denominado **Cuestecita** en la parte media de la cuenca del río Mostazal, presentaría mayores ventajas comparativas.

- El apoyo izquierdo del muro, compromete depósitos sedimentarios granulares, macizos, semiconsolidados, genéticamente asociados a corrientes de flujos torrenciales de terrazas marginales altas o antiguas, con amplio y discontinuo desarrollo en la sección basal; se trata de materiales cuyo comportamiento en condiciones saturadas, merecen dudas.

Respecto a los sitios localizados en el río San Miguel**: San Miguel Bajo y San Miguel Alto**, se tiene:

- El apoyo izquierdo del muro de San Miguel 1, compromete depósitos sedimentarios granulares, macizos, semiconsolidados, genéticamente asociados a corrientes de flujos torrenciales de terrazas marginales altas o antiguas, con amplio y discontinuo desarrollo en la sección basal; se trata de materiales cuyo comportamiento en condiciones saturadas, merecen dudas.

- En directa relación al dudoso comportamiento geotécnico e hidrogeológico asignado a los materiales sedimentarios comprometidos en torno al sitio de emplazamiento del apoyo izquierdo de la alternativa San Miguel 1, un antiguo canal de riego excavado en el sector, comprometiendo terrenos geológicamente afines, no presentaría rasgos de inestabilidad, atribuidas a filtraciones.

- La irregular superficie tanto del terreno (suelos y basamento rocoso) como de sus respectivas características geológico-estructurales y consiguiente dudoso comportamiento geomecánico e hidrogeológico, comprometido en el emplazamiento del apoyo estribo izquierdo de la presa San Miguel 2, demandarían un reconocimiento de mayor detalle; complementadas con la ejecución de, al menos, un sondaje de exploración, con recuperación de testigos de una profundidad de 30 a 35 m.

Para las futuras actividades exploratorias y para las determinaciones de parámetros geotécnicos e hidrogeológicos básicos in situ y laboratorio sobre muestras inalteradas, deberían concentrarse en terrenos (suelos y basamento rocoso) comprometidos en el emplazamiento de las presas y obras anexas.

La confiable determinación de las trazas basales de basamento rocoso local, se obtendrá a partir de sondajes de exploración con recuperación de testigos, eventualmente complementados con perfiles geosísmicos (refracción).

Durante las faenas de sondajes, se deberá programar la determinación de niveles estáticos y pruebas de permeabilidad: Lefranc en depósitos sedimentos y Lugeon en basamento rocoso.

La información generada a partir campañas de exploración, complementadas con los resultados de prospecciones de materiales (suelos y rocas), en términos de calidad, cantidad y distancia de transporte, posibilitará la confiable determinación tanto del tipo de presa y materiales empleados en su construcción y correspondientes obras anexas, como de las modalidades de sello basal, incluida la pared moldeada

Finalmente, importa consignar que, en los diversos sitios alternativos reconocidos, tanto para el emplazamiento de presas de riego sobre el valle del río Mostazal y San Miguel como de sus correspondientes cubetas de inundación, no se presentan condiciones geomorfológicas, geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas, en situación de inducir riesgos geológicos por la ocurrencia de procesos de remociones en masa de rango catastrófico (deslizamientos, avalanchas de rocas y flujos de rocas, barro o detritos), tanto durante sus respectivas fases constructivas como eventuales etapas operacionales de los embalses.

3.4.3. Identificación de Zonas de Explotación Subterránea

3.4.3.1. Sitios de Embalses Subterráneos

De acuerdo a las particulares condiciones geomorfológicas de algunos sectores del valle del río Mostazal y de su afluente el río Tulahuencito, se observan importantes afloramientos de aguas subterráneas.

La presencia de estos afloramientos temporales de aguas subterráneas, da cuenta de valles que, localmente albergan potentes rellenos de depósitos granulares fluviales a fluvioaluviales, con gran potencial para experimentar recarga, movilizar, almacenar y suministrar estacional y espontáneamente, aguas subterráneas, a partir de sistemas acuíferos de gran rendimiento.

Estas alternativas consideran el acuífero como un sistema de acumulación a través de obras de embalse subterráneo. Los sitios identificados son::

- Embalse Subterráneo El Maqui (ALT-ESEM)
- Embalse Subterráneo Pedregal (ALT-ESP)
- Embalse Subterráneo Tulahuencito (ALT-EST)
- Embalse Subterráneo Colliguay (ALT-ESC)

3.4.3.2. Discusión Hidrogeológica Respecto a Embalses Subterráneos

El sistema hidrogeológico de la cuenca del río Mostazal presenta, en general, niveles piezométricos someros. De forma preliminar se ha interpretado que esto se debe a la presencia de "embalses" de agua subterránea naturales desarrollados en rellenos sedimentarios del valle, que se han llenado de agua subterránea producto de la presencia de "muros" subterráneos creados por barreras hidrogeológicas naturales en forma de estrechamientos del valle en la roca que actúa de basamento hidrogeológico y/o presencia de sedimentos menos permeables (depósitos aluviales).

En los estudios de perfil del proyecto se identificaron posibles ubicaciones de embalses subterráneos en el sector de Cuestecita, Pedregal, Mostacilla y Colliguay. En todos estos lugares se observa que actualmente el agua subterránea se encuentra cercana a la superficie del terreno y posiblemente existe un efecto de "embalse" subterráneo natural.

En principio en aquellos lugares que se forman "embalses" subterráneos naturales existe el potencial de crear un esquema de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas para mejorar la seguridad de suministro. Bajo este concepto durante la época de sequía se extrae agua subterránea para complementar el suministro superficial menguado, mientras que durante las épocas húmedas se propicia la recarga o llenado del "embalse" subterráneo. Lo fundamental de este esquema es encontrar el equilibrio de largo plazo, es decir lograr que la explotación durante la sequía se vea compensada con la recarga durante la época húmeda, ya que de lo contrario se induce sobre-explotación. Además, se deben evaluar las consecuencias de este tipo de esquema de gestión de recursos hídricos sobre los demás usuarios de agua superficial y subterránea del valle, especialmente en un valle como el río Mostazal, que presenta uso del agua subterránea en diversos sectores de afloramiento natural.

En consecuencia, considerando el embalsamiento natural de las aguas subterráneas observado en el acuífero de la cuenca del río Mostazal, se determina que un esquema de uso conjunto de los recursos que aproveche el almacenamiento natural del sistema acuífero corresponde a la alternativa más apropiada para el aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos.

Durante los recientes reconocimientos directos de los terrenos objeto de estudio, se aprovechó de realizar, en compañía de personal de la Junta de Vigilancia del río Mostazal, una breve inspección a 4 puntos situados en el valle del río Mostazal y su afluentes, el río Tulahuencito; en todos los casos, corresponden a zonas donde, interanualmente, durante la estación invernal, se registran

importantes afloramientos de aguas subterráneas; por coincidir con épocas de baja demanda para riego, la sumatoria de los caudales excedentarios, son incorporados al cauce del río Mostazal y posteriormente al río Grande que, finalmente, las conduce a la cubeta del embalse Paloma.

La presencia de los señalados afloramientos temporales de aguas subterráneas, da cuenta de valles que, localmente albergan potentes rellenos de depósitos granulares fluviales a fluvioaluviales, con gran potencial para experimentar recarga, movilizar, almacenar y suministrar estacional y espontáneamente, aguas subterráneas, a partir de sistemas acuíferos con gran rendimiento. A continuación, se presentan sus principales resultados.

3.4.3.3. Embalse Subterráneo El Maqui

Corresponde a un punto situado en el valle del río Mostazal, en torno al sector de El Maqui, 4,5 km aguas abajo de su confluencia con el río San Miguel. En este sector, el nivel medio de las aguas subterráneas se ubica a profundidades de 2,5 a 3,0 m; situación que favorece se extracción mediante bombeo y almacenamiento en un pequeño tranque de regulación; desde esta estructura son impulsadas a un estanque superior, desde donde por gravedad, son utilizadas para el riego local de parronales de uvas de mesa.

3.4.3.4. Embalse Subterráneo Pedregal

En esta zona, reciente excavaciones para la producción de materiales granulares para obras viales, detectó la presencia de flujos de aguas subterráneas, a partir de profundidades de 2,8 a 3,0 m. De acuerdo a sus trayectorias dominantes los flujos provendrían de sistemas acuíferos radicados en el relleno granular del valle del río Tulahuencito (ver Fotografías 3.4.3.4-1 y 3.4.3.4-2).



FOTOGRAFÍA 3.4.3.4-1
SECTOR DEL RÍO MOSTAZAL, CONCORDANTE CON EL PUNTO DE CONFLUENCIA CON EL RÍO TULAHUENCITO.

Pozo de empréstito para la extracción de materiales granulares, para obras viales.
Depósitos fluviales a fluvioaluviales recientes, pf en Plano MTZ-GEO-01. A una profundidad de 2,5 a 3,0 m, se registran permanentes afloramientos de aguas subterráneas; las trayectorias de los aportes de flujos provienen dominantemente, del valle del río tulahuencito.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 3.4.3.4-2
INDICACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE LOS FLUJOS AFLORANTES;

El valle del río Tulahuencito se ubica en torno al margen derecho de la foto.
Fuente: Equipo Consultor.

3.4.3.5. Embalse Subterráneo Tulahuencito

Ubicado en segmento del valle del río Mostazal, en torno a su punto de confluencia con la quebrada Tulahuencito. En este sector, recientes excavaciones realizadas para la extracción de materiales de empréstito para desarrollos viales locales, exponen continuos afloramientos de aguas subterráneas, conforme a un nivel estático situado a 2,5 a 3,0 m de profundidad (Fotografía 3.4.3.5-1). Registros efectuados por personal de la Junta de Vigilancia del río Mostazal, determinan que los afloramientos (*vertientes*) se producen a partir de depósitos granulares de ripios y gravas semiconsolidadas del tipo fluvial a fluvioaluvial; prevalecen en el tiempo, con notable incrementos en durante la estación invernal.



FOTOGRAFÍA 3.4.3.5-1
SECTOR RÍO TULAHUENCITO: *ALT-EST*, EN PLANO MTZ-GEO-01.
Zona del valle del río tulahuencito, aguas arriba de su confluencia con el río mostazal.
Depósitos granulares recientes, inconsolidados, de tipo fluvial a fluvioaluvial, pf.
Elementos clásticos heterocomposicionales, (graníticos, volcánicos, volcanoclásticos y sedimentarios), redondeados a subangulosos, con tamaños medios de 5 a 8 cms y máximos de 35 a 40 cms, inalterados, densos, muy resistentes. Secuencia muy porosa y permeable. En este sector, anualmente, durante la estación invernal, se registran importantes afloramientos de aguas subterráneas.
Fuente: Equipo Consultor.

3.4.3.6. Embalse Subterráneo Colliguay

Zona del valle del río Mostazal, ubicado inmediatamente aguas arriba de la localidad homónima, Fotografía 3.4.3.6-1.

En este sector, aguas se registran afloramientos estacionales de aguas subterráneas, que son aprovechadas para el riego de predios con plantaciones de uvas de mesa; las extracciones se realizan en periodos cuando los canales locales registran importantes descensos en sus caudales.



FOTOGRAFÍA 3.4.3.6-1
SECTOR DE COLLIGUAY: ALT-ESC, EN PLANO MTZ-GEO-01.
Zona del valle del río mostazal, ubicada 1.8 km aguas abajo de su confluencia con el río tulahuencito.
La plataforma configurada en depósitos granulares fluviales fluvioaluviales, hf. Las secuencias semiconsolidadas, porosas y muy permeables, registran afloramientos de aguas subterráneas durante la estación invernal; se expresan en el desarrollo temporal de zonas húmedas, vertientes.
Fuente: Equipo Consultor.

3.5. Estimación Preliminar del Caudal Requerido

3.5.1. Introducción

El presente Capítulo se muestra un primer acercamiento a las necesidades de suministro para riego en el área de estudio, correspondiente al valle de los Ríos Mostazal y San Miguel. Además, se estima de manera general el volumen de regulación necesario para satisfacer la superficie agrícola con un 85% de seguridad de riego.

Una característica esencial de los cálculos y análisis siguientes es que se realizan sobre la base de un abastecimiento exclusivamente desde fuentes de agua superficial, y posteriormente, la incorporación de la componente subterránea, en concordancia con la información entrega por la modelación hidrogeológica del área de estudio. Debido a lo anterior, los resultados obtenidos son de tipo conservador, ya que considera una menor oferta de agua total y por ende una seguridad de riego más baja que la observada actualmente en el valle en base a la estructura de cultivos.

3.5.2. Demandas de Agua para Uso en Riego

Las demandas de agua para riego utilizadas se obtuvieron a partir de la información presentada en el estudio Explotación Optimización Uso del Recurso Hídrico Río Mostazal (DOH, 2000).

En primer lugar, el uso de suelo (Cuadro 3.5.2-1) se estimó considerando una superficie regada actual de 1.500 ha y 100 ha en los Ríos Mostazal y San Miguel, respectivamente. Se mantuvo la proporción de cultivos del estudio antes citado.

Posteriormente, la demanda de agua se calculó a nivel mensual para cada valle a partir del método tradicionalmente utilizado en este tipo de estudios, y descrito por Doorenbos y Pruitt en la publicación Nº 24 de FAO. Los parámetros de evapotranspiración potencial (ETp), coeficiente de cultivo (Kc), precipitación efectiva (Pef) y eficiencia de riego (ef), son los propuestos por la DOH en el año 2000. En los Cuadros 3.5.2-2 y 3.5.2-3 se presenta la demanda bruta total a nivel mensual para los valles en estudio.

Al revisar los resultados se observa que el caudal instantáneo máximo correspondiente a las demandas brutas de riego corresponde a **2.035,9 l/s para los predios del valle del Río Mostazal y 216,1 l/s en el caso del Río San Miguel**, ambos valores referidos al mes de octubre.

CUADRO 3.5.2-1
SUPERFICIE REGADA POR CULTIVOS

Cultivos	Superficie Regada (ha)	
	Río Mostazal	Río San Miguel
Vid de Mesa	60,9	0,0
Vid Pisquera	188,6	0,0
Paltos	12,3	0,0
Nogales	51,2	2,8
Durazneros	23,2	5,5
Huerto Casero	51,4	0,0
Maíz	58,8	0,0
Trigo	8,9	0,0
Sandía	22,8	0,0
Pradera Natural	1.021,9	91,7
Total Riego	**1.500,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de DOH (2000).

Un aspecto importante a destacar es el hecho de que los resultados se obtuvieron a partir de información climática y productiva con una antigüedad de 17 años, por lo que necesariamente variarán al realizar la actualización del estudio agroeconómico. En particular, con respecto al uso de suelo, dadas las visitas a terreno realizadas y las tendencias productivas regionales, es de esperar que las demandas de riego disminuyan, debido a la mayor presencia de frutales que incorporan métodos de riego tecnificado, tales como nogal, palta y uvas pisquera y de mesa, en desmedro de praderas regadas con el método de tendido en forma permanente o eventual.

CUADRO 3.5.2-2
DEMANDA BRUTA DE AGUA PARA RIEGO RÍO MOSTAZAL

Cultivos	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
Vid de Mesa	48.894	0	0	0	23.199	65.455	120.742	167.627	201.663	185.223	129.510	81.226	1.023.539
Vid Pisquera	151.443	0	0	0	71.855	202.741	373.986	519.205	624.631	573.710	401.144	251.587	3.170.303
Paltos	21.978	7.416	2.566	7.097	12.106	21.462	31.653	37.669	45.306	44.815	37.030	31.947	301.043
Nogales	47.002	0	0	0	0	42.803	84.634	140.953	193.792	227.635	168.294	93.952	999.065
Durazneros	0	0	0	0	0	22.198	47.577	68.498	93.366	114.078	73.629	44.930	464.275
Huerto Casero	0	0	0	0	0	76.588	158.930	236.391	307.072	318.732	185.897	80.184	1.363.794
Maíz	0	0	0	0	0	0	90.965	252.549	368.856	407.782	372.443	195.865	1.688.459
Trigo	0	0	0	7.364	15.354	29.984	50.691	43.872	0	0	0	0	147.264
Sandía	0	0	0	0	0	0	14.707	27.978	49.093	65.898	42.982	0	200.657
Pradera Natural	0	0	0	533.438	1.325.419	2.667.188	4.479.036	2.507.770	0	0	0	0	11.512.850
Total (m3/mes)	**269.316**	**7.416**	**2.566**	**547.898**	**1.447.932**	**3.128.419**	**5.452.920**	**4.002.511**	**1.883.778**	**1.937.872**	**1.410.930**	**779.691**	**20.871.249**
Total (L/s)	**103,9**	**2,8**	**1,0**	**204,6**	**540,6**	**1.207,0**	**2.035,9**	**1.544,2**	**703,3**	**723,5**	**583,2**	**291,1**	**-**
Tasa de Riego ponderada (m3/ha/mes)	**179,5**	**4,9**	**1,7**	**365,3**	**965,3**	**2.085,6**	**3.635,3**	**2.668,3**	**1.255,9**	**1.291,9**	**940,6**	**519,8**	**13.914,2**
Tasa de Riego ponderada (L/s/ha)	**0,07**	**0,00**	**0,00**	**0,14**	**0,36**	**0,80**	**1,36**	**1,03**	**0,47**	**0,48**	**0,39**	**0,19**	**-**

Fuente: Elaboración propia a partir de DOH (2000).

CUADRO 3.5.2-3
DEMANDA BRUTA DE AGUA PARA RIEGO RÍO SAN MIGUEL

Cultivos	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
Vid de Mesa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vid Pisquera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paltos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nogales	2.525	0	0	0	0	2.300	4.547	7.574	10.413	12.231	9.043	5.048	53.681
Durazneros	0	0	0	0	0	5.260	11.274	16.231	22.124	27.032	17.447	10.646	110.014
Huerto Casero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sandía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pradera Natural	0	0	0	67.049	166.594	335.243	562.977	315.206	0	0	0	0	1.447.069
Total (m3/mes)	**2.525**	**0**	**0**	**67.049**	**166.594**	**342.803**	**578.799**	**339.010**	**32.536**	**39.263**	**26.490**	**15.695**	**1.610.764**
Total (L/s)	**1,0**	**0,0**	**0,0**	**25,0**	**62,2**	**132,3**	**216,1**	**130,8**	**12,1**	**14,7**	**10,9**	**5,9**	**-**
Tasa de Riego ponderada (m3/ha/mes)	**25,3**	**0,0**	**0,0**	**670,5**	**1.665,9**	**3.428,0**	**5.788,0**	**3.390,1**	**325,4**	**392,6**	**264,9**	**156,9**	**16.107,6**
Tasa de Riego ponderada (L/s/ha)	**0,01**	**0,00**	**0,00**	**0,25**	**0,62**	**1,32**	**2,16**	**1,31**	**0,12**	**0,15**	**0,11**	**0,06**	**-**

Fuente: Elaboración propia a partir de DOH (2000).

3.5.3. Modelo de Operación Preliminar

3.5.3.1. Objetivos

El propósito de este modelo es calcular en forma preliminar los balances a nivel mensual, en este caso solo de los recursos hídricos superficiales de la zona de estudio. Los datos de entrada corresponden a los caudales proporcionados por el modelo hidrológico, las demandas de riego estimadas en el Acápite precedente, la información de Derechos de Aprovechamiento de Aguas obtenida de los antecedentes legales de la Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes, y la propuesta de alternativas de embalse superficial.

Los objetivos específicos del modelo desarrollado son los siguientes:

- Representar los balances de oferta y demanda de agua de riego en la zona de estudio, considerando en este caso solo la simulación de la componente superficial del área de estudio.

- Calcular la seguridad de riego de los valles de estudio, para distintos volúmenes útiles dados en las alternativas de embalse Tranca Morada y San Miguel Alto.

Un aspecto clave a destacar es que la modelación contempla un set de combinaciones de uso de ambos embalses, incluyendo el uso del embalse San Miguel Alto para abastecer al área de riego del Río Mostazal, luego haber satisfecho las necesidades hídricas del área de riego perteneciente a los canales del Río San Miguel.

Aquellos fenómenos que impliquen una representación más detallada, tanto a nivel espacial (sectorización de la zona de riego y de las captaciones en cada una de ellas) o incluyendo la componente subterránea del valle, serán abordados en el Capítulo 7 Modelo de Operación del estudio.

3.5.3.2. Esquema General del Modelo (Topología)

En la Figura 3.5.3.2-1 se ilustra un esquema general del modelo desarrollado.

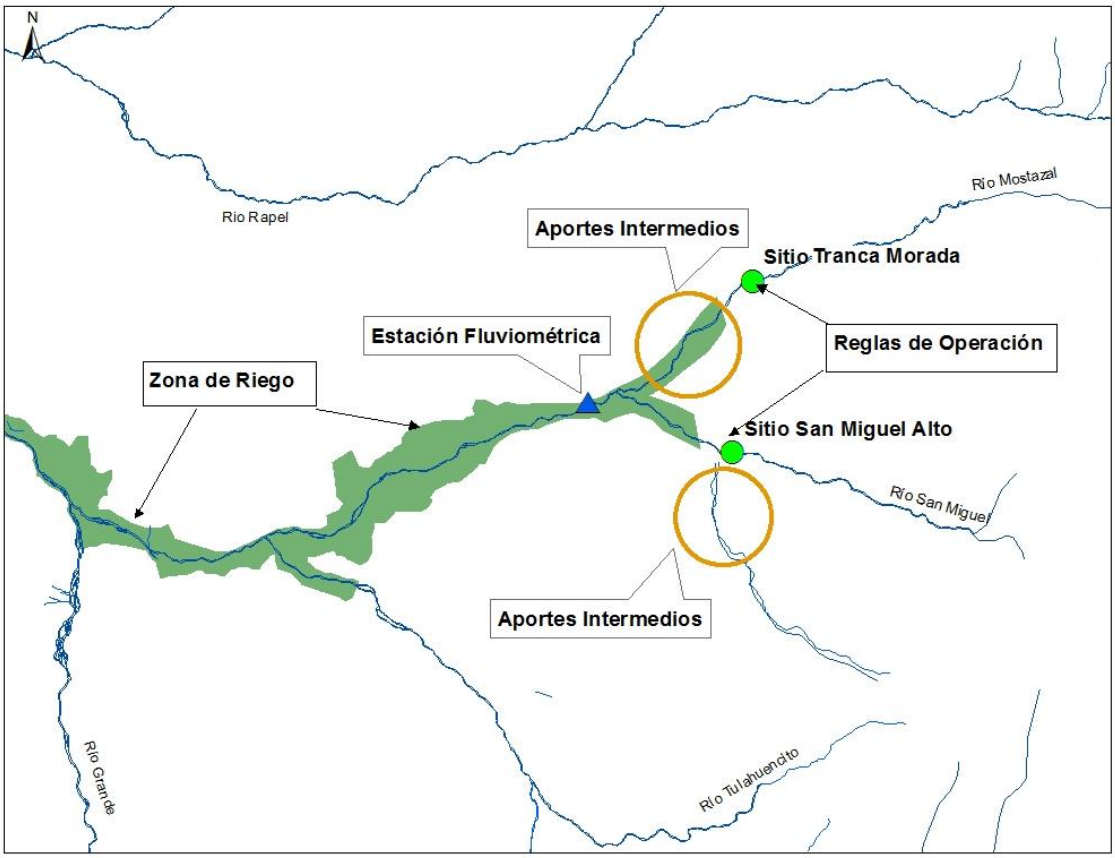


FIGURA 3.5.3.2-1
ESQUEMA GENERAL DEL MODELO DESARROLLADO
Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.3. Ecuaciones del Modelo

El balance hídrico de cada embalse, es decir, el volumen de agua presente en cada mes, queda representado por la Ecuación 3.5.3.3-1:

$$V_t = V_{t-1} + Qa_{t-1} - Et_{t-1} - Ev_{t-1} \qquad \text{Ec. 3.5.3.3-1}$$

Donde *V* es el volumen en el embalse, *Qa* es el caudal afluente al embalse, *Et* es la entrega total del embalse, *Ev* es la pérdida por evaporación desde el espejo de agua del embalse. Cada una de estas variables está expresada en m³/mes. Los subíndices *t* y *t-1* indican el instante de tiempo actual y anterior respectivamente. En este caso no se consideraron pérdidas por infiltración.

El *Qa* se obtiene directamente desde el modelo hidrológico calibrado y **en el caso del Río Mostazal considera los aportes del río san Miguel, tanto en fracción no regulada, como también de los recursos almacenados en el Embalse San Miguel Alto y que no son utilizados para el riego del área de San Miguel**. *Et* se calcula de acuerdo a la Ecuación 3.5+.3.3-2 y corresponde a la regla de operación del embalse:

$$Et_t = \begin{cases} Er_t + D_t & si \quad Er_t + D_t \leq Qder \\ Qder & si \quad Er_t + D_t > Qder \end{cases}$$ Ec. 3.5.3.3-2

Este valor debe ser sometido a la regla que permite despejar el caudal disponible para la bocatoma, que capta en consideración a un caudal máximo que está dado por los derechos de agua constituidos en cada valle (Qder), los que se presentan en el Cuadro 3.5.3.3-1.

CUADRO 3.5.3.3-1
DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS RÍOS MOSTAZAL Y SAN MIGUEL

Fuente de Agua	Derechos Permanentes			Derechos Eventuales		
	Ribera Derecha	Ribera Izquierda	Total	Ribera Derecha	Ribera Izquierda	Total
Río Mostazal y Afluentes	1.635,000	1.700,000	3.335,000	0,000	0,000	0,000
Río San Miguel	80,000	220,000	300,000	100,000	80,000	180,000

Fuente: Escritura Junta de Vigilancia Río Mostazal y sus Afluentes.

Dt es el derrame del embalse, es decir, el agua que el embalse debe liberar cuando el volumen de agua supera la capacidad del mismo (Volumen útil o *K*). Este derrame se calcula de acuerdo a la Ecuación 3.5.3.3-3:

$$D_t = \begin{cases} V_t + Qa_t - Er_t - K & si \quad V_t + Qa_t - Er_t \geq K \\ 0 & si \quad V_t + Qa_t - Er_t < K \end{cases}$$ Ec. 3.5.3.3-3

Por su parte, *Er* es la entrega de riego, es decir, el agua que cada embalse libera para satisfacer la demanda de riego, y se calcula de acuerdo a la Ecuación 3.5.3.3-4:

$$Er_t = \begin{cases} Def_t & si \quad V_t + Qa_t \geq Def_t \\ V_t + Qa_t & si \quad V_t + Qa_t < Def_t \end{cases}$$ Ec. 3.5.3.3-4

Donde *Def* es el déficit de riego, es decir el agua que se demanda al embalse por parte de los sectores de riego ya habiendo descontado los aportes intermedios ($Qinter_t$). El valor de *Def* queda dado por la Ecuación 3.5.3.3-5:

$$Def_t = Qriego_t - Qinter_t$$ Ec. 3.5.3.3-5

Donde *Qriego* es el caudal que demandan los cultivos (ya está considerada la eficiencia de aplicación de los métodos de riego intraprediales, no así la eficiencia de conducción por los canales), y *Qinter* es la suma de los aportes intermedios de las quebradas laterales y cuencas de cabecera que no son aportantes al embalse.

La evaporación desde el espejo de agua del embalse, es función del área inundada (*A*), la que a su vez es función del **Volumen útil (*V)*** y del **Volumen muerto (*Vm*)**.

3.5.3.4. Resultados del Modelo

Tal como se mencionó anteriormente, se evaluaron distintas combinaciones de acumulación en los sitios de embalses propuestos Tranca Morada y San Miguel alto, con el fin de determinar la variación de la seguridad de riego del área de estudio, con especial atención en el valle del río Mostazal. En el caso del Río San Miguel, el área de riego considerada (100 ha) posee una seguridad de riego de 90% en el escenario sin acumulación, pudiendo ser abastecida con un 100% de seguridad con un volumen útil muy bajo de agua almacenada en el embalse San Miguel Alto. Lo anterior refuerza la propuesta de poder utilizar los restantes recursos acumulados para abastecer el área de riego de los canales del Río Mostazal.

En el Cuadro 3.5.3.4-1 se entrega un resumen de los principales resultados del modelo operacional para el valle del río Mostazal. En este Cuadro se puede observar que existen diversas combinaciones de volúmenes útiles que pueden aumentar la seguridad de riego a un 85%, las que deberán ser estudiadas en cuanto su factibilidad técnica y económica. El modelo se presenta en el Anexo 3-2.

CUADRO 3.5.4.5-1
RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELO OPERACIONAL

Situación	Volumen útil de embalse (hm³)		Sup. 85% Mostazal (ha)	Seg. Riego 1.500 ha Mostazal (%)	Sup. Mostazal sin seg. 85% (ha)
	Mostazal 2 (Tranca Morada)	San Miguel Alto			
SA y SSP	0,00	0,00	520,0	40,0	980,0
SCP	5,00	0,00	1.078,0	73,3	422,0
	6,00	0,00	1.162,0	80,0	338,0
	7,00	0,00	1.246,0	83,3	254,0
	8,00	0,00	1.330,0	83,3	170,0
	9,00	0,00	1.408,0	83,3	92,0
	10,00	0,00	1.479,0	83,3	21,0
	10,64	0,00	1.500,0	86,7	0,0
	5,00	1,00	1.162,0	80,0	338,0
	5,00	2,00	1.246,0	83,3	254,0
	5,00	3,00	1.330,0	83,3	170,0
	5,00	4,00	1.408,0	83,3	92,0
	5,00	5,00	1.479,0	83,3	21,0
	5,25	5,00	1.500,0	86,7	0,0
	6,25	4,00	1.500,0	86,7	0,0
	7,57	3,00	1.500,0	86,7	0,0
	8,59	2,00	1.500,0	86,7	0,0
	9,62	1,00	1.500,0	86,7	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recordar que inicialmente este modelo no contempla el aporte de la componente de agua subterránea o de afloramientos en el río Mostazal, ya que la estadística se basa esencialmente en

caudales registrados en la estación fluviométrica ubicada en el sector de Cuestecita. **SI se incorpora de manera simplificada este aporte, en términos de un complemento para la demanda satisfecha, el volumen de útil de cada embalse podría situarse en los 5,0 hm³ para alcanzar una seguridad de riego de 85% para 1.500 ha.**

3.6. Diseños Simplificados e Inversiones Totales

El análisis desarrollado se presenta en el Anexo 3-3 y en forma resumida en el Cuadro 3.6-1.

Por último, en el Cuadro 3.6-2 se presenta el presupuesto preliminar del embalse Tranca Morada y San Miguel Alto. Los valores mostrados son netos, no consideran IVA. El detalle de los presupuestos se presenta en el Anexo 3-4.

CUADRO 3.6-1
RESUMEN RESULTADOS DISEÑO SIMPLIFICADO EMBALSES

Parámetros		Tranca Morada	San Miguel Alto
Área (km²)		224	125
Volumen Muerto (m³)		986.153	550.309
Volumen Útil (m³)		5.000.000	5.000.000
Volumen Total (m³)		5.986.153	5.550.309
Cota Umbral (msnm)		1.585	1.575
Cota Fondo (msnm)		1.515	1.496
Volumen Total (m³)		6.194.173	5.684.400
Largo Vertedero (m)		40	15
Caudal (m³/s)	Diseño	92	36
	Verificación	202	79
Carga (m)	Diseño	1	1
	Verificación	1,7	1,7
Revancha Final (m)		2,9	2,7
Cota Coronamiento (m)		1.587,90	1.577,70
Cota Fondo (msnm)		1.515	1.495
Altura Total Muro (m)		72,9	82,7
Obra de Desvío			
Caudal para T = 20 años (m³/s)		15	6
Pendiente		6	7,5
Manning		0,018	0,018
Ancho (m)		1,5	1
Altura Normal (m)		1,22	0,85
Altura Cajón (m)		2	2

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 3.6-2
PRESUPUESTO EMBALSE

Ítem	Descripción	Tranca Morada	San Miguel Alto
1	**Instalación de Faenas**	299.500.000	299.500.000
2	**Muro Embalse**	10.323.783.957	12.618.555.487
3	**Evacuador de Crecidas**	2.711.220.842	2.272.662.999
4	**Obra de Desvío, Captación y Entrega**	1.405.087.464	1.488.579.234
	Total Costo Directo	14.739.592.263	16.679.297.720
	Gastos Generales y Utilidades e Imprevistos	7.369.796.131	8.339.648.860
	Sub-Total Neto	22.109.388.394	25.018.946.580
5	**Expropiaciones**	349.525.800	293.688.200
	Total	22.458.914.194	25.312.634.780

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Análisis Ambiental de las Alternativas

3.7.1. Introducción

En base a los antecedentes recopilados, se definieron algunas consideraciones ambientales, con el objeto de prestar información relevante para la selección y jerarquización de las diferentes alternativas de mejoramiento del riego en el río Mostazal y sus afluentes, en concordancia con lo analizado en el Estudio de Análisis Ambiental (EAA.

En adelante se analizan los principales impactos ambientales asociados tanto a alternativas de mejoramiento a partir del manejo de agua superficial y agua subterránea.

3.7.2. Impactos Preliminares para Alternativas de Manejo de Agua Superficial

3.7.2.1. Antecedentes Generales

Las alternativas de manejo que se analizan en este apartado se asocian a la eventual construcción de embalses de acumulación de agua superficial para riego en cuatro sitios dentro del área de estudio, y a posibilidades de mejora a la infraestructura de conducción (canales) de agua para riego.

En términos generales, tal como se indica en la metodología del EAA, las distintas actividades generan diferentes impactos en los componentes ambientales analizados. En el Cuadro 3.7.2.1-1 se muestran los principales impactos potenciales identificados en cada componente, al considerar las alternativas de manejo de aguas superficiales. Estos impactos, los cuales provienen de la experiencia del Consultor en el estudio de este tipo de obras, fueron considerados como punto de partida para analizar cada alternativa.

Cabe señalar que en el presente apartado no se realiza una evaluación de impactos ambientales detallada. No obstante, la metodología completa, donde se estima la sensibilidad ambiental de cada componente, la agresividad de las actividades “tipo” de las obras, y finalmente la intensidad de cada impacto ambiental, se desarrolla en el Volumen 3 de Estudio de Análisis Ambiental.

CUADRO 3.7.2.1-1
IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES

Componente	Impacto Ambiental
Flora y Vegetación Terrestre (FVt)	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de flora.
	Pérdida de Vegetación.
Fauna Terrestre (FAt)	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de fauna.
	Pérdida de ejemplares de fauna terrestre con problemas de conservación.
Flora y Fauna Acuática (FFa)	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de flora y fauna acuática.
	Pérdida de ejemplares de fauna acuática con problemas de conservación.
Hidrología (Hi)	Alteración del régimen hidrológico y sedimentológico del río.
Asentamientos Humanos (AH)	Alteración del sistema de vida, tradiciones y costumbres.
	Relocalización de viviendas.
	Alteración de sitios de interés comunitario ancestral.
Patrimonio Arqueológico (PAr)	Pérdida de patrimonio arqueológico.
Calidad de Aguas (Ca)	Alteración de la calidad de las aguas.
Infraestructura (Inf)	Modificación/interferencia en la infraestructura y/o equipamiento.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se mencionarán algunas características de ciertos componentes ambientales que son transversales a toda el área de estudio, por ende, no permiten discriminar alternativas desde el punto de vista de impactos ambientales. No obstante, merecen destacarse y ser consideradas en análisis futuros, puesto que determinan la sensibilidad ambiental del componente.

a) Flora y Vegetación Terrestre

No existen antecedentes a la fecha que permitan diferenciar impactos en las distintas alternativas, se debe terminar la campaña de terreno para obtener los resultados en los distintos puntos de muestreo. No obstante, se sabe que el tipo de clima existente genera fuertes restricciones a la flora y vegetación nativa, la que se debe adaptar a condiciones de elevada radiación, temperatura y escasez hídrica. Por lo general, el territorio se encuentra dominado por matorral desértico de baja altura, con una cobertura media a baja, donde las especies son xerofíticas, es decir, presentan adaptaciones fisiológicas a climas áridos. De manera puntual y sólo asociados a los cauces de escurrimiento superficial permanente, es posible encontrar matorrales de *Baccharis* principalmente, así como formaciones arbóreas de Maitén y Sauce, que forman zonas boscosas.

Las especies identificadas corresponden, de acuerdo a la literatura, principalmente a especies nativas (94,4%), dominando de igual manera los estratos herbáceo y arbustivo, representando en su conjunto el 83,4% de la flora potencial. Las especies endémicas corresponden al 24,3% de la flora potencial y del total de especies, solo un 9% está protegido, destacando la presencia de especies suculentas dentro de alguna categoría de conservación.

Respecto de la protección de especies nativas para el territorio nacional, un 9% de las especies potenciales del área de estudio se encuentra dentro de alguna categoría de conservación (Cuadro 3.7.2.1-2).

CUADRO 3.7.2.1-2
FLORA POTENCIAL PROTEGIDA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

N°	Familia	Nombre científico	Nombre Común	Estrato	Origen	Categoría	Fuente
1	Cactaceae	*Austrocylindropuntia miqueli*	Tunilla / Tuna de Miguel	Suculenta	Endémica	Preocupación menor	DS 13/2013 MMA
2	Caricaceae	*Carica chilensis*	Palo gordo	Arbustivo	Endémica	Vulnerable	DS 51/2008 MINSEGPRES
33	Adiantaceae	*Cheilanthes mollis*	Doradilla	Herbáceo	Nativa	Preocupación menor	DS 38/2015
44	Boraginaceae	*Cordia decandra*	Carbonillo / Mendoza	Arbustivo	Endémica	Casi amenazada	DS 42/2011 MMA
45	Cactaceae	*Echinopsis chiloensis*	Quisco	Suculenta	Endémica	Casi amenazada	DS 41/2011 MMA
46	Cactaceae	*Echinopsis coquimbana*	Quisco coquimbano	Suculenta	Endémica	Casi amenazada	DS 41/2011 MMA
57	Equisetaceae	*Equisetum giganteum*	Cola de caballo / Yerba del Platero	Herbáceo	Nativa	Preocupación menor	DS 13/2013 MMA
58	Cactaceae	*Eulychnia acida*	Copao	Suculenta	Endémica	Preocupación menor	DS 41/2011 MMA
89	Krameriaceae	*Krameria cistoidea*	Pacul	Arbustivo	Endémica	Preocupación menor	DS 42/2011 MMA
910	Cactaceae	*Maihueniopsis glomerata*	Leoncito	Suculenta	Endémica	Casi amenazada	DS 13/2013 MMA
911	Cactaceae	*Maihueniopsis ovata*	Gatito / Perrito	Suculenta	Nativa	Casi amenazada	DS 19/2012
112	Zygophyllaceae	*Porlieria chilensis*	Guayacán	Arbóreo	Endémica	Vulnerable	DS 51/2008 MINSEGPRES
113	Fabaceae	*Prosopis chilensis*	Algarrobo	Arbóreo	Nativa	Vulnerable	DS 13/2013 MMA

Fuente: Gajardo (1994), Luebert & Pliscoff (2006), CNR (2012), MOP-DOH (2015).

Un aspecto relevante a considerar es la presencia de bosque nativo en las zonas de ribera de los cauces de escurrimiento superficial permanente (ríos Mostazal, San Miguel, Tulahuencito y Grande), lo que implica que, previo a la corta de esta unidad vegetacional, el Titular del Proyecto debe elaborar y tramitar un Plan de Manejo Forestal (PMF) para Obras Civiles con la autoridad competente (Corporación Nacional Forestal, CONAF). En caso que el presente Proyecto ingrese al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), entonces este Plan debe ser tramitado como un Permiso Ambiental Sectorial (PAS).

Asimismo, en caso que, luego de realizar el trabajo en terreno, se determine que en el bosque nativo se encuentran especies protegidas clasificadas como “en peligro de extinción", "vulnerables", "raras", "insuficientemente conocidas" o "fuera de peligro", previo a la corta de la unidad vegetacional identificada, el Titular del Proyecto debe elaborar y tramitar un Plan de Manejo de Preservación con la CONAF. En caso que el presente Proyecto ingrese al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), entonces este Plan debe ser tramitado como un Permiso Ambiental Sectorial (PAS).

Por otro lado, en las unidades vegetacionales que, luego del terreno a ejecutarse, sean descritas como una formación xerofítica según la normativa vigente (como por ejemplo *Puya berteroniana, Schinus polygamus* y *Baccharis linearis*, las tres potencialmente presentes en el área de estudio), el Titular del Proyecto debe elaborar y tramitar un Plan de Trabajo con la CONAF. En caso que

el presente Proyecto ingrese al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), entonces este Plan debe ser tramitado como un Permiso Ambiental Sectorial (PAS).

En caso que el Proyecto sea evaluado en el SEIA, se deben presentar medidas de manejo ambiental que aseguren la preservación de especies aisladas protegidas, por ejemplo, las leñosas *Porlieria chilensis*, *Prosopis chilensis* y *Carica chilensis*, así como de los cactus *Maihueniopsis ovata, M. glomerata, Echionopsis chiloensis, E. coquimbanus, Austrocylindropuntia miqueli* y *Eulychnia acida*. Las medidas podrían contener planes de rescate y relocalización de cactáceas, así como también revegetación como compensación por la pérdida de individuos, y sus seguimientos temporales.

b) Fauna Terrestre

En relación a las aves, se ha registrado una elevada riqueza y diversidad potencial en el área de influencia, con un total de 110 especies. El Cuadro 3.7.2.1-3 muestra las especies potenciales que poseen alguna categoría de conservación.

CUADRO 3.7.2.1-3
AVES POTENCIALES PROTEGIDAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

Nombre científico	Nombre común	Origen	Clasificación	Fuente
Accipiter bicolor	Peuquito	Nativa	R	DS 5/1998 MINAGRI
Buteo albigula	Aguilucho chico	Nativa	R	DS 5/1998 MINAGRI
Anas platalea	Pato cuchara	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Merganetta armata	Pato cortacorrientes	Nativa	NT	DS 38/2015 MMA
Anas bahamensis	Pato gargantillo	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Oressochen melanopterus	Piuquén	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Ardea cocoi	Garza cuca	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Ixobrychus involucris	Huairavillo	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Vultur gryphus	Cóndor	Nativa	V	DS 5/1998 MINAGRI
Columba araucana	Torcaza	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Nativa	V	DS 5/1998 MINAGRI
Laterallus jamaicensis	Pidencito	Nativa	IC	DS 5/1998 MINAGRI
Pandion hanaetus	Águila pescadora	Nativa	V	DS 5/1998 MINAGRI
Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	Nativa	R	DS 5/1998 MINAGRI
Cyanoliseus patagonus	Tricahue	Nativa	EN	DS 151/2007 MINSEGPRES
Rostratula semicollaris	Becacina pintada	Nativa	EN	DS 5/1998 MINAGRI
Gallinago paraguaiae	Becacina	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Numenius borealis	Zarapito boreal	Nativa	CR	DS 13/2013 MMA
Asio flammeus	Nuco	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Theristicus melanopis	Bandurria	Nativa	V	DS 5/1998 MINAGRI
Plegadis chihi	Cuervo de pantano	Nativa	EN	DS 5/1998 MINAGRI
Attagis gayi	Perdicita cordillerana	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Pseudocolopteryx flaviventris	Pájaro amarillo	Nativa	IC	DS 5/1998 MINAGRI

Categorías R: rara; LC: preocupación menor; NT: casi amenazada; V: vulnerable; EN: en peligro; CR: peligro crítico; IC: insuficientemente conocida, DD: datos insuficientes, FP: fuera de peligro.
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las especies de anfibios potenciales de encontrar en el área de influencia, se estimó una diversidad media y un elevado endemismo de especies, todas ellas se encuentran listadas en alguna categoría de conservación (Cuadro 3.7.2.1-4).

En términos generales, se ha descrito una elevada riqueza y diversidad de reptiles, identificándose 21 especies potenciales de encontrar dentro del área de influencia del Proyecto, todas en alguna categoría de conservación (Cuadro 3.7.2.1-5).

CUADRO 3.7.2.1-4
ANFIBIOS POTENCIALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

Nombre Científico	Nombre común	Origen	Categoría	Fuente
Rhinella arunco	Sapo de rulo	Endémica	V	DS 41/2011 MMA
Rhinella atacamensis	Sapo de Atacama	Endémica	V	DS 41/2011 MMA
Rhinella spinulosa	Sapo espinoso	Nativa	LC	DS 41/2011 MMA
Calyptocephalella gayi	Rana chilena	Endémica	V	DS 50/2008 MINSEGPRES
Alsodes nodosus	Sapo arriero	Endémica	NT	DS 42/2011 MMA
Pleurodema thaul	Sapito de cuatro ojos	Nativa	NT	DS 41/2011 MMA

Categorías R: rara; LC: preocupación menor; NT: casi amenazada; V: vulnerable; EN: en peligro; CR: peligro crítico; IC: insuficientemente conocida, DD: datos insuficientes, FP: fuera de peligro.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 3.7.2.1-5
REPTILES POTENCIALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

Nombre Científico	Nombre común	Origen	Categoría	Fuente
Philodryas chamissonis	Culebra de cola larga	Endémica	LC	DS 16/2016 MMA
Tachymenis chilensis	Culebra de cola corta	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Homonota gaudichaudii	Salamanqueja del norte chico	Endémica	LC	DS 52/2014 MMA
Liolaemus atacamensis	Lagartija de Atacama	Endémica	LC	DS 16/2016 MMA
Liolaemus chiliensis	Lagarto chileno	Nativa	LC	DS 19/2012 MMA
Liolaemus fuscus	Lagartija oscura	Nativa	LC	DS 19/2012 MMA
Liolaemus lorenzmuelleri	Lagarto de Müller	Endémica	V	DS 16/2016 MMA
Liolaemus lemniscatus	Lagartija lemniscata	Nativa	LC	DS 19/2012 MMA
Liolaemus maldonadae	Lagartija de Maldonado	Endémica	V	DS 52/2014 MMA
Liolaemus monticola	Lagartija de los montes	Endémica	LC	DS 16/2016 MMA
Liolaemus nigroviridis	Lagartija negro verdosa	Endémica	LC	DS 19/2012 MMA
Liolaemus fitzgeraldi	Lagartija de Fitzgerald	Nativa	NT	DS 52/2014 MMA
Liolaemus nitidus	Lagarto nítido	Endémica	NT	DS 19/2012 MMA
Liolaemus platei	Lagartija de Plate	Endémica	LC	DS 16/2016 MMA
Liolaemus pseudolemniscatus	Lagartija lemniscata falsa	Endémica	FP	DS 5/1998 MINAGRI
Liolaemus robertoi	Lagartija de Roberto	Endémica	V	DS 16/2016 MMA
Liolaemus tenuis	Lagartija esbelta	Endémica	LC	DS 19/2012 MMA
Liolaemus zapallarensis	Lagarto de Zapallar	Endémica	LC	DS 16/2016 MMA
Phymaturus bibronii	Matuasto	Endémica	CR	DS 16/2016 MMA
Callopistes maculatus	Iguana chilena	Endémica	NT	DS 16/2016 MMA
Microlophus atacamensis	Corredor de Atacama	Nativa	V	DS 5/1998 MINAGRI

Categorías R: rara; LC: preocupación menor; NT: casi amenazada; V: vulnerable; EN: en peligro; CR: peligro crítico; IC: insuficientemente conocida, DD: datos insuficientes, FP: fuera de peligro.
Fuente: Elaboración propia.

Se reportó un total de 34 especies de mamíferos potenciales de encontrar dentro del área de influencia del Proyecto. El Cuadro 3.7.2.1-6 expone las especies con algún grado de protección oficial.

CUADRO 3.7.2.1-6
MAMÍFEROS POTENCIALES PROTEGIDOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

Nombre científico	Nombre común	Origen	Categoría	Fuente
Abrocoma bennetti	Ratón chinchilla común	Endémica	LC	DS 16/2016 MMA
Lama guanicoe	Guanaco	Nativa	V	DS 33/2012 MMA
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	Nativa	LC	DS 33/2012 MMA
Lycalopex griseus	Zorro chilla o gris	Nativa	LC	DS 33/2012 MMA
Chinchilla laniger	Chinchilla costina	Endémica	EN	DS 52/2014 MMA
Lagidium viscacia	Vizcacha	Nativa	EN	DS 5/1998 MINAGRI
Abrothrix longipilis	Ratón lanudo común	Nativa	LC	DS 19/2012 MMA
Thylamys elegans	Llaca	Endémica	LC	DS 16/2016 MMA
Leopardus colocolo	Colo-colo	Nativa	NT	DS 42/2011 MMA
Leopardus guigna	Güiña	Nativa	V	DS 42/2011 MMA
Puma concolor	Puma	Nativa	NT	DS 42/2011 MMA
Conepatus chinga	Chingue común	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Galictis cuja	Quique	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Myocastor coypus	Coipo	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Spalacopus cyanus	Cururo	Endémica	LC	DS 16/2016 MMA
Desmodus rotundus	Vampiro, Piuchén	Nativa	R	DS 5/1998 MINAGRI
Lasiurus cinereus	Murciélago ceniciento	Nativa	DD	DS 16/2016 MMA
Lasiurus varius	Murciélago	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
Myotis atacamensis	Murciélago de Atacama	Nativa	NT	DS 16/2016 MMA

Categorías R: rara; LC: preocupación menor; NT: casi amenazada; V: vulnerable; EN: en peligro; CR: peligro crítico; IC: insuficientemente conocida, DD: datos insuficientes, FP: fuera de peligro.
Fuente: Elaboración propia.

c) Limnología

Respecto a las macrófitas, se ha registrado una considerable riqueza y diversidad de flora acuática potencial, registrándose la presencia de 14 taxas de flora acuática, de las cuales 11 corresponden a especies nativas (*Azolla filiculoides, Cardamine nastutioides, Chara vulgaris, Cyperus eragrostis, Equisetum bogotense, Myriophyllum aquaticum, Potamogeton pusillus, Ranunculus trichophyllus, Mimulus glabratus, Mimulus luteus* y *Typha angustifolia*) y 4 a especies introducidas (*Callitriche palustris, Juncus effusus, Paspalum distichum y Eichhornia crassipes*). De las especies listadas, la mayoría (78,6%) es nativa del territorio nacional, sin embargo, ninguna se encuentra listada en alguna categoría de conservación según normativa vigente.

En términos generales, se ha descrito una elevada riqueza y diversidad de macroinvertebrados bentónicos, con 28 taxa potenciales en el área de estudio. En este caso, predominan los grupos funcionales depredadores (principalmente insectos del orden Diptera y Odonata), ramoneadores (insectos del orden Ephemeroptera y gastrópodos del orden Basommatophora) y recolectores (insectos del orden Diptera y Trichoptera, junto con gusanos segmentados de la clase Oligochaeta),

De las 63 especies nativas que componen la fauna de anfibios chilena, sólo 6 especies han sido consideradas como potenciales para el área de influencia: sapo arriero (*Alsodes nodosus*); rana chilena (*Calyptocephalella gayi*), sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul*), sapo de rulo (*Rhinella arunco*), sapo de Atacama (*Rhinella atacamensis*) y sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*). En este caso,

todas las especies potenciales se encuentran listadas dentro de alguna categoría de conservación vigente.

Respecto de la composición de los peces, se ha descrito una baja riqueza y diversidad en la cuenca del río Limarí (DGA, 2004). Particularmente se han reportado 2 especies chilenas: Pejerrey chileno (*Basilichthys microlepidotus)* y Bagrecito (*Trichomycterus areolatus*), ambas consideradas como "Vulnerable" según el DS 51/2008 MINSEGPRES.

d) Calidad de Agua

En relación a la calidad del agua y de acuerdo a los muestreos efectuados en marzo del 2017, se observa que en general la calidad del agua es buena, tanto para riego como para los parámetros de vida acuática (NCH 1.333). Solo un parámetro, Molibdeno, sobrepasó la norma para Riego en la mayoría de los puntos de muestreo. Además, destaca el valor de coliformes fecales en las cercanías de la localidad de Colliguay, aguas abajo de todas las alternativas de embalse, parámetro que prácticamente está en el límite de la norma para Uso de Riego.

e) Patrimonio Arqueológico

Para analizar este componente se requieren los resultados de la campaña de terreno, dirigida por un arqueólogo, que permiten identificar la presencia de elementos arqueológicos en cada una de las alternativas. De manera preliminar y de acuerdo a los antecedentes secundarios, no se identificaron hallazgos arqueológicos dentro del área de Estudio, ni tampoco se ha registrado referencias de los actores locales que den cuenta de sitios de importancia.

En lo que sigue se mencionan los impactos más relevantes identificados en cada una de las alternativas en estudio.

3.7.2.2. Impactos Ambientales de Alternativas

Alternativa de Embalse Tranca Morada:

- Asentamientos Humanos: Posible inundación de propiedad donde habita una familia (40 ha aproximadamente) que posee una plantación de nogales. Evaluar relocalización de población, expropiación e impactos económicos en el hogar afectado.

Alternativas de Embalse San Miguel Alto:

- Infraestructura: Existe interferencia con una bocatoma menor.
- Calidad de Agua: Ausencia de punto de muestreo de calidad de agua (alternativa se definió posteriormente). Se requieren más antecedentes primarios para la evaluación.

Alternativa de Embalse San Miguel:

- Asentamientos Humanos: Posible inundación de área de empastada (evaluar impacto económico) y camino que se dirige al interior.

- Infraestructura: Presencia de interferencias tales como: postación eléctrica, canal a media ladera, y posible alteración de la accesibilidad debido a la existencia de un camino que se dirige al interior del valle.

Alternativa de Embalse Cuestecita:

- Asentamientos Humanos: Posible zona de inundación ubicada sobre casas (se requiere definir número de viviendas y población afectada). Se constata una abierta oposición de la comunidad a la construcción de un embalse en esta zona, manifiesta en las actividades de participación ciudadana efectuadas por la Consultoría. Corresponde al emplazamiento que presenta mayores impactos negativos sobre este componente. Expropiaciones y relocalización de población serían de una magnitud mayor al resto de las alternativas.

- Infraestructura: Existencia de interferencias relacionadas con un camino público de tierra, un poste con línea de baja tensión y la presencia de viviendas.

Alternativas de Mejora de Infraestructura de Distribución:

- Estas alternativas corresponden a una serie de posibilidades que se analizarán para el mejoramiento de la infraestructura de distribución, entre ellas: mejoramiento de bocatomas, revestimiento de canales, construcción de compuertas de regulación, tranques de regulación y otras, las que en su conjunto se analizarán como complemento a las alternativas de embalsamiento (superficial y/o subterráneo).

  En términos generales, las acciones que involucran a estas alternativas tendrían un impacto principalmente en los siguientes componentes:

  – Flora y Vegetación Terrestre: Alteración de la vegetación ripariana debido, por ejemplo, a la impermeabilización de los canales de regadío, o bien a la inundación de sitios potenciales para la construcción de tranques de regulación
  – Hidrología: Alteración del régimen hidrológico aguas abajo de las obras, debido a la disminución de derrames.

3.7.3. Impactos Ambientales Preliminares para Alternativas de Manejo de Agua Subterránea

3.7.3.1. Antecedentes Generales

Respecto a las posibilidades de manejo de agua subterránea, se ha considerado la evaluación de alternativas de embalsamiento artificial de agua subterránea en cuatro sectores inicialmente seleccionados (sitios: Tulahuencito, Pedregal, Colliguay y Cuestecita), así como el aprovechamiento de la acumulación natural de agua que existe en las zonas acuíferas del área de

estudio, mediante su extracción por bombeo. Ambas posibilidades surgen como alternativas en sí mismas o complementarias a las consideradas con el uso de agua uperficial, de modo de contar con una seguridad de riego de interés dentro del área de estudio.

Cabe destacar, como se ha señalado previamente en los antecedentes hidrogeológicos que los niveles piezométricos en el sector hidrogeológico del área de estudio resultan someros. Lo cual deja abierta la posibilidad, dada las características del Valle, que se esté en presencia de "embalses" de agua subterránea naturales, desarrollados en rellenos sedimentarios que se han llenado de agua producto de la presencia de "muros" subterráneos, creados por barreras hidrogeológicas naturales en forma de estrechamientos del valle en la roca que actúa de basamento hidrogeológico y/o presencia de sedimentos menos permeables (depósitos aluviales). En este contexto, las posibilidades de embalse subterráneo artificial se restringen en términos de capacidad de acumulación (volumen extra de agua acumulable) y eventualmente se deba asumir la necesidad de anegamiento de los sitios de acumulación.

Respecto al uso de "embalses" subterráneos naturales, cabe señalar que éstos se analizarán en términos ambientales dado el potencial de crear un esquema de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas para mejorar la seguridad de suministro. Bajo este concepto, durante la época de sequía se extrae agua subterránea para complementar el suministro superficial menguado, mientras que durante las épocas húmedas se propicia la recarga o llenado del "embalse" subterráneo, de modo de propiciar un equilibrio de largo plazo en el sistema hidrogeológico, no induciendo a una sobreexplotación del recurso.

En adelante se señalan los principales impactos ambientales para las dos alternativas mencionadas referidas al aprovechamiento de agua subterránea, independiente de sus posibilidades de ubicación.

3.7.3.2. Impactos Ambientales de Alternativas

Implementación y Uso de Embalse Subterráneo Artificial:

- Hidrogeología: Alteración del flujo hídrico subterráneo aguas abajo de la obra de captación (Muro), en tanto se alteran las condiciones de drenaje en los sitios de embalsamiento. Esta situación es posible de asumir tanto en etapa de construcción como en etapa de implementación, con una mayor magnitud del impacto en esta última.

- Calidad del Suelo: Considerando como posibilidad el anegamiento por el aumento del nivel freático en superficie, se asume un cambio de uso de suelo en sectores de interés agrícola. Esta situación es posible de asumir tanto en etapa de construcción como en etapa de implementación, con una mayor magnitud del impacto en la etapa de implementación.

- Flora y Fauna Terrestre: Las condiciones de anegamiento en sitios de embalse generan cambios ecosistémicos, modificando hábitat tanto de especies vegetales como de la

fauna existente. Esta situación si bien depende del nivel de anegamiento, se asume la pérdida de especies vegetales que no se adapten a nuevas condiciones del medio. De igual forma, se asume el desplazamiento de fauna que habita los sitios. Los impactos asociados a estos componentes son posibles de asumir en un nivel medio, tanto en la etapa de construcción como en la de implementación, considerando una posibilidad de adaptación al medio por parte de ciertas poblaciones de flora y fauna.

- Infraestructura y Equipamiento: Dependiendo de la ubicación de esta alternativa de mejora, se tendría una alteración en interferencias relacionadas con un camino público de tierra, potación con línea de baja tensión. Este impacto se asume en un nivel más bien bajo en etapa de construcción.

Utilización de Embalse Subterráneo Natural:

Los impactos ambientales negativos asociados a la construcción y uso de pozos para el aprovechamiento de un "embalse subterráneo natural", se asocian principalmente a la etapa de construcción, dado que los impactos vinculados a la implementación o uso, quedan determinados por el nivel de extracción en relación al volumen útil del acuífero y las demandas de extracción ya existentes. En este contexto, se presentan a continuación los principales impactos ambientales asociados a la etapa de construcción de pozos:

- Flora y Fauna Terrestre: Se asume un impacto menor en la pérdida y desplazamiento temporal de Flora y fauna terrestre, producto del paso de maquinaria y remoción de tierra. Atendiendo a que es una intervención puntual y localizada, por lo que resulta totalmente posible controlar el impacto minimizándolo en la selección del punto de captación.

- Infraestructura y Equipamiento: Se asume un impacto menor en interferencias relacionadas con el paso de equipamiento en camino público de tierra.

Análisis Comparativo de Efectos Ambientales en Alternativas

Al analizar los posibles efectos ambientales de las alternativas de uso de agua subterránea de acuerdo a los antecedentes que actualmente se manejan, es posible señalar en términos comparativos que la alternativa de embalse subterráneo artificial involucra *a priori,* una mayor cantidad de efectos ambientales negativos, tanto en número como en magnitud de los impactos, en relación al uso de embalsamiento natural de agua subterránea, lo que involucra el aprovechamiento del recurso por medio de pozos.

Cabe destacar que la implementación y uso de un embalse artificial de agua subterráneo implica impactos negativos tanto en su etapa de construcción como de implementación, este es el caso de la afectación de los componentes hidrogeológicos (flujo hídrico; características del drenaje); Calidad productiva del suelo; Estado de Flora y vegetación terrestre y Fauna terrestre. Situación que, para el

caso del uso de agua subterránea por pozo en la situación actual de embalsamiento natural, se reduce a impactos negativos no significativos, sólo en la etapa de construcción en los componentes de Flora y Vegetación terrestre, así como también en fauna terrestre.

Por otra parte, los posibles efectos ambientales negativos que se pueden atribuir a la etapa de implementación en ambas alternativas se ven disminuidas en el uso de pozos en situación actual de embalsamiento natural, dado que estos estarían atribuidos esencialmente al nivel de extracción de agua, el cual eventualmente, de ser necesario podría paralizarse; no así los efectos ambientales negativos asociados a la implementación de un embalse artificial subterráneo, el cual en gran medida son atribuidos más que a los niveles de extracción, a la alteración del flujo hídrico y los efectos al cambio de uso del suelo en los sectores que involucra como efectos puntuales a mayor escala.

3.7.4. Conclusiones

De acuerdo al análisis de impactos preliminares para las **alternativas de manejo de aguas superficiales**, se desprende que, con los antecedentes a la fecha, los principales componentes ambientales que nos permitirían jerarquizar las alternativas tienen relación con el medio Sociocultural, en específico los asentamientos humanos y la infraestructura y equipamiento. De ello, es posible indicar que la alternativa de embalse Cuestecita es la que presenta mayores dificultades. Luego, San Miguel sería el otro emplazamiento que tendría inconvenientes, aunque bastante menores que Cuestecita.

En relación a la alternativa Tranca Morada, se requiere verificar en terreno la existencia y ubicación de viviendas en el área de influencia, junto con los predios involucrados (Roles). Esta información, más la que entreguen los avances del estudio de ingeniería, permite corroborar si efectivamente existen viviendas afectadas directamente con las obras, situación que se analiza en Informe de Estudio de Análisis Ambiental (EAA).

Resulta necesario considerar nuevos antecedentes que permitan analizar con mayor profundidad las características e impactos potenciales de la alternativa San Miguel Alto, sitio que fue definido posterior a la planificación de muestreos y campañas de terreno de la línea de base ambiental. En este sentido se ha considerado incorporar un punto de muestreo de calidad de agua superficial en Río San Miguel (Agua arriba de nuevo sitio de embalse “San Miguel Alto”), así como también un punto de monitoreo de Flora y Fauna acuática en las proximidades de dicho sitio de embalse. De manera preliminar, no se visualizan mayores inconvenientes en relación a los impactos negativos que se puedan generar en los componentes ambientales antes señalados. Esta alternativa está incluida en el Estudio de Análisis Ambiental (EAA).

En todos los sitios de embalse, conviene recabar antecedentes de primera fuente (PAC) respecto a la significancia local del aspecto estético a impactar (Paisaje), con el fin de poder otorgarle un sentido positivo, por ejemplo, en caso de haber interés en desarrollar actividades turísticas en el lago, o negativo.

En general, las acciones para mejorar las redes de conducción del agua para riego, presentada como otra de las alternativas del estudio, presentan impactos menores en la mayor parte de los componentes analizados.

En relación a las **alternativas de manejo de aguas subterráneas**, se reconocen un mayor número de impactos ambientales negativos, en número y magnitud, en la implementación y uso de un embalse artificial de agua subterránea, en comparación con la construcción y/o utilización de pozos en situación actual de embalsamiento natural de agua subterránea.

Los efectos ambientales en la etapa de implementación para el uso de pozos en situación actual de embalsamiento natural resultan reversibles, no así para el uso de un embalse artificial de agua subterránea.

Comparativamente, en términos ambientales resulta de mayor interés la posibilidad de aprovechar las características actuales de acumulación de agua subterránea, como una posibilidad complementaria a una o más alternativas de mejoras para el aprovechamiento de agua superficial.

En el Cuadro 3.7.4-1 se presenta un resumen de los principales hallazgos a la fecha para todas las alternativas de mejoras que se encuentran en evaluación, en relación a los posibles impactos ambientales de las distintas alternativas en estudio. Cabe señalar que no se presentan todos los componentes ambientales analizados en el EAA, puesto que se priorizó resumir sólo aquellos que aportan antecedentes relevantes para seleccionar y jerarquizar las alternativas.

CUADRO 3.7.4-1
IMPACTOS AMBIENTALES PRELIMINARES PARA ALTERNATIVAS DE MANEJO EN ANÁLISIS

Componentes Ambientales de Interés		Embalse sitio Tranca Morada		Embalse sitio San Miguel Alto		Embalse sitio San Miguel		Embalse sitio Cuestecita		Mejoramiento Infraestructura de Distribución		Embalse subterráneo Artificial		Captación de Agua Subterránea Mediante Pozos Acumulación Natural	
		Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación
Agua	Calidad de Agua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrología	Alteración del Flujo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	-	-	-	-
Hidrogeología	Alteración del Flujo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Baja	Alto	-	-
	Características del Drenaje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Baja	Alto	-	-
Suelo	Calidad del suelo (productivo)	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-	Baja	Alto	-	-
Medio Biótico	Flora y Vegetación Terrestre	-	-	-	-	-	-	-	-	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	-
	Fauna Terrestre	-	-	-	-	-	-	-	-	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	-
	Flora y Fauna acuática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sociocultural	Paisaje	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	-	-	-	-
	Infraestructura y Equipamiento	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	-	Bajo	-
	Asentamientos Humanos	Medio	Medio	-	-	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	-	-	-	-

Observación: Las celdas con guión corresponden a aquellas alternativas cuyo impacto preliminar no pudo ser definido en dicho componente debido a la falta de antecedentes a la fecha de la presente Etapa del estudio.
Fuente: Elaboración propia.

3.8. Análisis Legal de las Alternativas

3.8.1. Introducción

En este Capítulo se analizan las principales implicancias legales de las alternativas estudiadas, tanto superficiales como subterráneas, además de los principales procedimientos necesarios para que puedan ser aprobados y construidos.

3.8.2. Alternativas Superficiales

3.8.2.1. Derechos de Aprovechamiento de Aguas y Organizaciones de Usuarios

Como ya se ha señalado en el Diagnostico Organizacional y Legal, en la Escritura de Constitución Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes (1998) se distribuyen los derechos de aprovechamiento de aguas permanentes y eventuales constituidos entre los canales pertenecientes a la Junta de Vigilancia con una relación de 1 acción= 1 l/s. Por otra parte, es importante considerar que todos los recursos que sobrepasen los 3.335 l/s en el Río Mostazal y Afluentes y los 480 l/s en el Río San Miguel se encuentran asignados para almacenamiento en el Embalse Paloma, ubicado en el Río Grande.

Lo anterior tiene implicancias directas en los recursos posibles de ser acumulados en cada alternativa de embalse, siendo de interés la ubicación de las captaciones de DAA dentro del área de estudio. En este contexto, se presenta el Cuadro 3.8.2.1-1, en el cual se resume los derechos de aprovechamiento aguas arriba y abajo de las alternativas de Tranca Morada y San Miguel Alto.

CUADRO 3.8.2.1-1
UBICACIÓN DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS
RESPECTO A LOS SITIOS DE EMBALSE

Ubicación	Fuente de Agua	Derechos de Aprovechamiento de Aguas (acciones o l/s)	
		Permanentes	Eventuales
Sitio Tranca Morada - Aguas Arriba	Rio Sasso	240,0	0,0
Sitio Tranca Morada - Aguas Abajo	Quebrada de Sasso	35,0	0,0
	Rio Sasso	540,0	0,0
Sitio San Miguel Alto - Aguas Arriba	Río San Miguel	160,0	100,0
Sitio San Miguel Alto - Aguas Abajo	Estero Las Mollacas	20,0	0,0
	Río San Miguel	140,0	80,0
Agua abajo de Confluencia Ríos Mostazal y San Miguel	Rio Mostazal	2.500,0	0,0
Total		3.635,0	180,0

Fuente: Elaboración propia a partir de Constitución Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes (1998) y catastro de infraestructura.

En el caso de los canales que se ubican sobre las obras se recomienda que la operación contemple un mecanismo de tributación de los derechos de aprovechamiento de aguas de los canales de aguas arriba hacia el embalse en un periodo del año acordado entre los regantes, de forma de

acumular la mayor cantidad de recursos posibles para la temporada de riego, en la cual estos mismos canales podrán extraer la totalidad de sus derechos, independiente del caudal afluente del cauce ni las fracciones alícuotas calculadas a partir de las acciones constituidas.

Un caso particular sucede con los sectores de riego ubicados bajo la confluencia de los ríos Mostazal y San Miguel. Una de las opciones de operación de los embalses en forma complementaria consiste en utilizar los recursos acumulados en el embalse San Miguel Alto, luego de satisfacer las demandas de este valle, para abastecer a los canales del río Mostazal bajo la confluencia con el Río San Miguel. El funcionamiento histórico de la distribución del agua de riego del valle es concordante con dicha premisa, ya que se reconoce por parte de la junta de vigilancia un acuerdo para el uso compartido de las aguas del río San Miguel de la siguiente forma:

- **Acuerdo histórico:** Tributación nocturna diaria (12 horas) de las aguas del río San Miguel para su uso en el río Mostazal.

- **Acuerdo actual:** Turno de 72 horas seguidas para uso del agua del río San Miguel por los regantes del valle homónimos y posterior tributación al río Mostazal por 96 horas seguidas.

Si bien la Junta de Vigilancia declara que este acuerdo se encuentra formalizado en documentos antiguos y actas de las reuniones de directorio, hasta el día de hoy no se ha podido tener acceso a dicha información. No obstante, se destaca, en base a la información de regantes del río San Miguel y Mostazal, la amplia aceptación del acuerdo.

Dados los significativos excedentes de agua generados al realizar el balance oferta-demanda del río San Miguel, no se identifican limitantes para que este acuerdo continúe vigente con una posible obra de acumulación. Sin embargo, se recomienda que el acuerdo de distribución sea formalizado (o reformalizado) en un nuevo documento con reconocimiento legal, además de ser incorporado en la regla de operación de las obras propuestas.

3.8.2.2. Expropiaciones

Los terrenos que serán utilizados por las obras de embalse, zona de inundación y otras obras anexas deben ser expropiados, de acuerdo con la Ley General de Expropiaciones Nº27.117.

Ambas alternativas de embalse se ubican en predios con un único propietario, los cuales hasta el momento han manifestado interés por la realización del proyecto. El embalse Mostazal 2 (Tranca Morada) se ubica en el predio denominado Fundo Sasso, propiedad de la Sra. Eva Valdivia. Por su parte el embalse San Miguel está situado en el Fundo San Miguel, propiedad de la Sucesión Villalobos.

En los capítulos siguientes se determinan los costos de expropiación de cada alternativa, en base al valor comercial de la tierra en el área de estudio y la zona intervenida con las obras.

3.8.2.3. Procesos Administrativo - Legales para Aprobación y Construcción

Desde la evaluación a nivel de Prefactibilidad hasta la construcción y el traspaso de las obras a los regantes, se deben contemplar los elementos y mecanismos presentes en el DFL 1123, de 1983 y sus modificaciones, referentes a las obras de riego del Estado.

En el marco del DFL 1123, independiente de la alternativa de embalse, la Dirección General de Aguas reconoce a la junta de vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes y a las Comunidades de Aguas Constituidas en el valle, por lo que será esta organización la que aprobará la construcción del proyecto, en su calidad de poseedores de los derechos de aprovechamiento de aguas a acumular y regular. En este sentido se indica que la DOH "podrá ordenar la confección del proyecto definitivo si los interesados que representen a lo menos el 33% de los nuevos terrenos por regar o el 33% de los derechos de aprovechamiento cuando se trate de obras de uso múltiple manifiesten por escrito que aceptan el anteproyecto a que se refiere el artículo anterior. Cuando se trate de obras de mejoramiento se considerará, para realizarlas, la suscripción del 33% del aumento de las disponibilidades de agua". Para el caso, cuando se refiere a un proyecto definitivo, se trata de la etapa de "Diseño".

Una vez terminado el estudio definitivo del proyecto, la DOH "lo someterá a la consideración de los interesados. El Ministerio de Obras Públicas podrá incluir el proyecto en sus programas de construcción cuando hubiere interesados que representen a lo menos el 50% de las nuevas disponibilidades de agua, que acepten la ejecución de las obras y se comprometan a reembolsar su costo en la forma y condiciones que se establezcan en el reglamento". En este caso, se trataría de una obra con derechos de aprovechamiento ya asignados, lo que en la práctica tiene el mismo tratamiento, se requiere de los mismos porcentajes antes descritos.

Al finalizar la construcción de las obras, se debe contemplar un período de explotación provisional de las obras durante el cual se elaborará el rol de regantes definitivo del embalse, a la cual se le efectuará el traspaso de las obras y de los correspondientes derechos de agua. De esta forma, la organización de usuarios de las aguas tendrá como objetivo operar el o los embalses, distribuir las aguas reguladas de acuerdo con los derechos y velar por la seguridad y mantención de las obras, sin perjuicio de otras labores que le correspondan de acuerdo al Código de Aguas.

Por otra parte, cabe destacar que actualmente el MOP se encuentra planificando obras de riego por medio de la Ley de Concesiones, que se sustenta en una asociación del Estado con los privados que permite desarrollar infraestructura, la que es cobrada por medio de tarifas a los usuarios, o bien por medio de subsidios y préstamos a los agricultores que poseen menos de 12 ha de riego básico.

En definitiva, se estima que este proyecto tiene factibilidad legal para su implementación, toda vez que, además, existe una organización constituida y que, teniendo la transferencia de capacidades adecuada, se puede hacer cargo de la operación de las obras.

3.8.3. Alternativas Subterráneas

3.8.3.1. Derechos de Aprovechamiento de Aguas

Respecto a los derechos de agua subterránea, actualmente sólo se tiene registro de 4 captaciones con solicitudes de DAA aprobados, asociados a 1 Pozo, 2 norias y la captación en una vertiente, sumando un caudal total de 6,61 l/s. Por su parte, se evidencian expedientes de solicitud de captaciones de DAA de 2 pozos de APRs (Pedregal y Maqui) que no registran documentación para término de proceso, sumando un caudal total de 12 l/s y una solicitud de captación por medio de dren que ha sido denegada (sin referencia de caudal solicitado).

Este registro de aprovechamiento de aguas contrasta con la aparente alta capacidad de abastecimiento desde fuentes subterráneas en el área de estudio. Una posible explicación es que actualmente no se realizan explotaciones puntuales, prefiriendo utilizar los recursos provenientes de afloramientos directamente en los canales, ya que debido al gradiente gravitacional o eventualmente mediante elevación mecánica en periodos de mayor escasez.

En relación con lo anterior, y al no existir tampoco información de resoluciones dictaminadas por la DGA que generen zonas de prohibición o agotamiento de los recursos subterráneos, **resulta viable la solicitud de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterránea en distintos puntos del valle del río Mostazal para ser usados en riego**.

En términos generales, las disposiciones para la solicitud y constitución de derechos de aprovechamiento de aguas se encuentran señaladas en el Código de Aguas DFL 1122/1981. En complemento, y con el fin de definir los procedimientos específicos en lo referente a las aguas subterráneas, en marzo del año 2013 se publicó en el Diario Oficial el Decreto Supremo del Ministerio de Obras Públicas Nº 203/2013 que aprobó el nuevo reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas, que reemplazó la Resolución DGA Nº 425/2007. Se establece que el nuevo reglamento es aplicable tanto a las nuevas solicitudes como a aquellas actualmente en trámite.

En este documento se abordan distintos ámbitos, tales como:

- Exploración de Aguas Subterráneas.
- Solicitud de derechos de aguas subterráneas.
- Limitantes para la constitución de derechos de aprovechamientos.
- Áreas de Protección.
- Requisitos y características Comunidades de Aguas Subterráneas.
- Modificaciones de las características del derecho de aprovechamiento.
- Recarga artificial de acuíferos.

El Reglamento no modifica sustancialmente las normas sobre exploración y explotación de aguas subterráneas existentes. Sin embargo, sí introduce algunas innovaciones, tales como:

(a) Derechos No Consuntivos: la consagración expresa que la DGA puede constituir derechos de aprovechamiento de aguas subterráneos no consuntivos;

(b) Derechos Provisionales (propios de áreas de restricción): Sólo podrán ejercerse una vez que la DGA apruebe un sistema de control de extracciones (medición de caudales instantáneos y volúmenes anuales), información que deberá ser enviada a la autoridad. Asimismo, se establece como requisito adicional para transformar un derecho de aprovechamiento provisorio a definitivo -al cabo de 5 años- el que el volumen total anual del derecho haya sido utilizado al menos en un 80%, lo que se verificará con el sistema de control de extracción señalado;

(c) Puntos de Captación Alternativos y Recarga: Se consagra y regula expresamente la autorización de solicitudes con puntos de captación alternativos, así como la ejecución de obras para la recarga artificial de acuíferos, creándose a este respecto un Registro Público de Obras de Recarga Artificial de Acuífero, y

(d) Cambios de Punto de Captación: Se reglamenta con mayor detalle el cambio de punto de captación, señalando, que es posible solicitar la autorización provisional para utilizar el nuevo pozo, aun cuando la solicitud de cambio se encuentre en trámite y también que una vez aprobada la solicitud, el punto de captación anterior deberá ser deshabilitado, total o parcialmente, según sea el caso.

3.8.3.2. Comunidades de Aguas Subterráneas

Una posibilidad cierta de tipo legal, pero también con efectos en la gestión de los recursos subterráneos potencialmente generados por el proyecto es la constitución de comunidades de aguas subterráneas.

Como marco general, las organizaciones de usuarios se encuentran reguladas en el Título III, Libro II, del Código de Aguas. El párrafo 1° de ese Título aborda las comunidades de aguas, regulando el procedimiento de organización, la forma de elección y conformación de un directorio que las dirige, los derechos y obligaciones que surgen entre sus miembros y, en general, cualquier cuestión relevante para los efectos de administrar y distribuir las aguas conforme al ordenamiento.

Sin embargo, en cuanto a las comunidades de aguas subterráneas, las únicas normas del Código de Aguas que las reconocen expresamente son los artículos 63 y 65, destacando que las declaraciones de zonas de prohibición o de áreas de restricción darán origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidas en ellas.

Cabe señalar entonces que las normas contenidas en el Título III Libro II antes indicado, no especifican si se trata de comunidades aguas superficiales o subterráneas, siendo aplicables las normas a ambos tipos de organizaciones de usuarios; no obstante, ello, se desprende que el espíritu del

legislador fue regular en especial las primeras. La regulación específica de las segundas, se encuentra en el DS MOP Nº 203/2013, que, si bien es un acto administrativo, se ha constituido en un verdadero sustituto legal o reglamentario y que ha venido a desarrollar el régimen que afecta a las aguas subterráneas en nuestro país.

Así, si dos o más personas aprovechan las aguas de un mismo acuífero del sector hidrogeológico de aprovechamiento común, podrán organizarse como comunidad de aguas subterráneas, la que deberá organizarse en la forma dispuesta en el párrafo 1º del Título III del Libro Segundo del Código de Aguas.

Cabe destacar que en términos legales no existen limitantes para una coordinación del uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales, excepto por las propias del proceso independiente de constitución de ambos derechos de aprovechamiento, en cuanto a los requisitos y restricciones del uso de las fuentes de recursos, en base a las disposiciones del código de aguas y reglamentos y protocolos relacionados. De esta forma, habiéndose cumplido las disposiciones legales, el desafío coordinación radica en aspectos gestión del recurso por parte de la Junta de Vigilancia y las Comunidades de Aguas, en este último caso contemplando las existentes y la o las potenciales Comunidades de Aguas Subterráneas futuras.

3.9. Evaluación y Selección de Alternativas

Dados los antecedentes técnicos presentados en los Capítulos precedentes se establece como solución general del estudio una combinación de obras que utilizan recursos de fuentes superficiales y subterráneas, aprovechando de esta forma el potencial del área de estudio en cuanto a estas dos componentes, lo que además permite diseñar soluciones más efectivas a nivel local.

En este sentido, con respecto a la definición de alternativas de embalse superficial el análisis se puede resumir de la siguiente forma:

- **Sitio Cuestecita:** Si bien presenta condiciones favorables en cuanto a su materialidad (en comparación con San Miguel y Tranca Morada) y es la presa con la mejor relación agua/muro analizada, presenta una seria limitante con respecto a la aceptación y viabilidad social, ya que el área de inundación y muro se encuentra en una zona con numerosas viviendas, existiendo una férrea oposición por parte de los directamente afectados, como también de otros habitantes del valle. **La propuesta es no contemplar este sitio en futuras etapas.**

- **Sitio Tranca Morada:** La relación agua/muro y las características del material presente no son las óptimas, siendo en ese aspecto superior el sitio de Cuestecita. No obstante, tiene la ventaja de estar alejado de la zona poblada, en predio con un único propietario. Si se contempla un embalse pequeño con un volumen útil máximo cercano a los 5 hm^3 **podría resultar una alternativa factible de ser analizada en las siguientes etapas**.

- **Sitios en río San Miguel:** La potencialidad de esta cuenca de proveer de recursos y seguridad de riego al valle del Río Mostazal convierten a una alternativa de embalse en el Río San Miguel en una opción con un impacto significativo en los beneficios del proyecto, en el caso de poder afianzar un mecanismo para utilizar recursos con derechos de aprovechamiento de agua constituidos por regantes de canales del valle del Río San Miguel en canales del Río Mostazal. Desde el punto de vista técnico, el sitio San Miguel Alto presenta ventajas con respecto al sitio ubicado aguas abajo, debido a la presencia de roca de mejor calidad y la menor afectación a actividades productivas dentro del Fundo San Miguel, con el consecuente apoyo de los propietarios. **Por ello se propone avanzar con el análisis del sitio San Miguel Alto.**

Con respecto a las alternativas subterráneas, los antecedentes entregados en el estudio hidrogeológicos, además del análisis técnico y ambiental expuesto en esta Etapa, **permiten destacar la opción de analizar alternativas de extracción mediante elevación mecánica desde baterías de pozos distribuidas en distintos sectores del valle** (Cuestecita, quebrada Honda, Pedregal, Tulahuencito y Colliguay) para ser entregados a los canales de riego, en desmedro de la propuesta de un muro subterráneo y extracción mediante tuberías guiadas por la gradiente gravitacional. Más aún, la alternativa de muro subterráneo presenta severas desventajas con respecto a la utilidad efectiva de un muro en una zona donde la profundidad del acuífero puede ser muy baja, el caudal potencial de extracción gravitacionalmente, la posibilidad de manejar el caudal extraído en el área adyacente al sitio de embalse y el potencial costo de una obra en un sitio específico, en comparación múltiples extracciones capaces de abastecer sectores diversos en episodios de escasez.

Finalmente, dada la presencia de sectores de napas a profundidades bajas y sectores de afloramiento bien identificados en el valle, existe la posibilidad de implementar algunas soluciones locales en base a muro pequeños con inyecciones. Esta alternativa podría permitir en puntos específicos aumentar afloramientos para la mejor captación por parte de bocatomas de canales, particularmente para aquellos con dificultades de abastecimiento en periodos de escasez, en que ni siquiera el sistema de turno permite mejora la entrega de agua, como sucede en el sector de Colliguay.

4. TRABAJOS DE TERRENO

4.1. Trabajos Topográficos

4.1.1. Introducción

En el presente capítulo se detallan los trabajos topográficos correspondientes al sistema de transporte de coordenadas (poligonal base), utilizado para la posterior elaboración de la restitución topográfica del área de estudio, y el levantamiento de singularidades de los canales.

4.1.2. Sistema de Transporte de Coordenadas

4.1.2.1. Materialización de Puntos de Referencia o PR's

Finalmente, luego de un reconocimiento y recorrido exhaustivo del área de proyecto, fueron determinadas 45 posiciones con las condiciones de cobertura necesarias para el normal desarrollo de los trabajos aerofotogramétricos.

Es importante señalar que, según lo dispuesto en reunión preliminar con personal de la **CNR**, la distribución de la poligonal quedaría en intervalos de 1 km aproximadamente.

Cada uno de los 45 PR's, fueron construidos según las características dispuestas en **Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos de la CNR v 2015.**

a) Cercanos a la zona de estudio, permitiendo que de una sola operación instrumental sea posible el control o los replanteos correspondientes.

b) Fuera del área de influencia de futuras obras.

c) Alejados de construcciones en altura, líneas de alta tensión o bosques. No obstante, se mantiene la distancia entre ellos.

d) Cada PR fue pintado en color azul. Además, quedaron pintadas dos mediciones de amarre sobre objetos permanentes, con el objetivo de reponer dicho punto si es tapado o destruido.

e) El nombre de los PR's quedó establecido como "RM-NN" (Nomenclatura fija + Correlativo)

En la Figura 4.1.2.1-1, se presenta un ejemplo de los PR's.

Los monolitos se construyeron de acuerdo a las normas sobre PR's mencionadas en el Numeral 7.1 de la **Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos de la CNR v 2015**. Se denominarán genéricamente PR's, y dadas las condiciones particulares y envergadura de la zona objeto de estudio, serán construidos sólo bajo el criterio de un distanciamiento mínimo de 500 m y máximo de 1 km. En general, los puntos quedaron materializados de forma lineal siguiendo la ruta principal del valle **"D-587"**, con el objeto de tener la cobertura necesaria para el vuelo aerofotogramétrico.



FIGURA 4.1.2.1-1
CARACTERÍSTICAS PR´S
Fuente: Elaboración propia.

En el centro del monolito y anclada en el hormigón se colocó una barra de fierro de 12 mm de diámetro y de 0,30 m de longitud, cuyo extremo redondeado, sobresale de la parte superior del hormigón en 0,01 m, de tal manera que asegure una sola posición de la mira. Esta única posición quedó materializada por un corte en cruz sobre la cabeza redondeada de la barra. Ejemplo de esto se presenta en la Figura 4.1.2.1-2.

Estos monolitos fueron pintados de color AZUL con LETRAS BLANCAS y están ligados mediante amarras a dos puntos físicos, ya sean cercos, postes, árboles, estructuras, etc. Quedando indicado el lugar y la distancia al que haya sido medido con pintura blanca sobre fondo azul.

Con el objeto de identificar fácilmente la referencia topográfica, se indicará la ubicación por medio de **Monografías,** las cuales incluirán fotografías digitales del punto en primer plano y general. Un ejemplo de las monografías se presenta en la Figura 4.1.2.1-3.

Cada monografía contiene la información suficiente que permita una fácil ubicación de los puntos; Descripción de la ubicación, fotografías en primer plano y panorámica, monografía descriptiva, coordenadas UTM, etc.

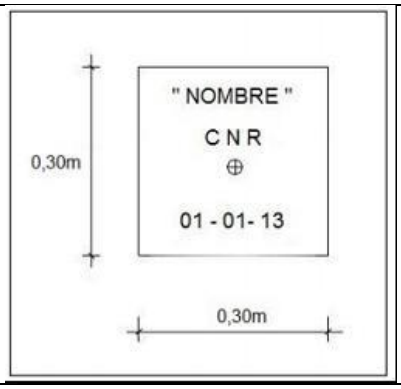
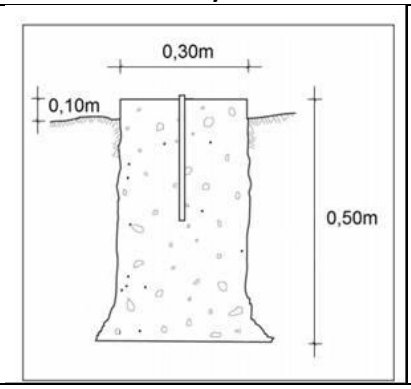
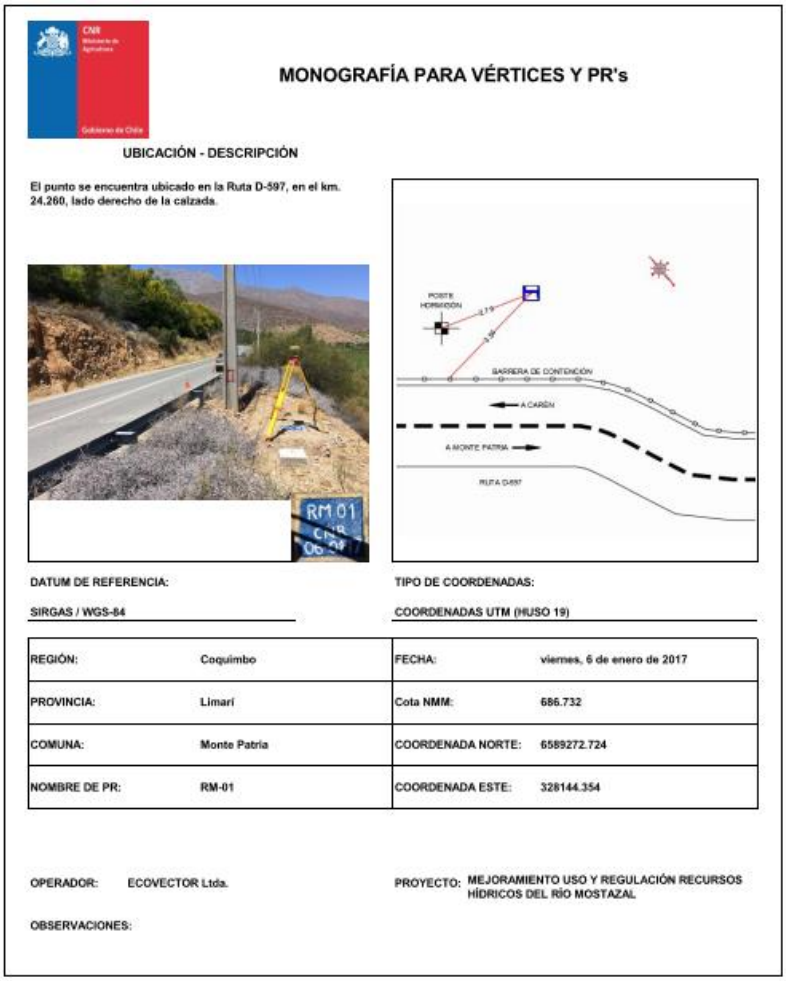
Dimensiones	Vista en elevación y sus dimensiones
	

FIGURA 4.1.2.1-2
DISEÑO HITO TIPO PARA PUNTO DE REFERENCIA (PR)
Y VÉRTICE DE POLIGONAL
Fuente: Especificaciones Técnicas CNR.



MONOGRAFÍA PARA VÉRTICES Y PR's

UBICACIÓN - DESCRIPCIÓN

El punto se encuentra ubicado en la Ruta D-597, en el km. 24.260, lado derecho de la calzada.

DATUM DE REFERENCIA: SIRGAS / WGS-84

TIPO DE COORDENADAS: COORDENADAS UTM (HUSO 19)

REGIÓN:	Coquimbo	FECHA:	viernes, 6 de enero de 2017
PROVINCIA:	Limarí	Cota NMM:	686.732
COMUNA:	Monte Patria	COORDENADA NORTE:	6589272.724
NOMBRE DE PR:	RM-01	COORDENADA ESTE:	328144.354

OPERADOR: ECOVECTOR Ltda.

PROYECTO: MEJORAMIENTO USO Y REGULACIÓN RECURSOS HÍDRICOS DEL RÍO MOSTAZAL

OBSERVACIONES:

FIGURA 4.1.2.1-3
MONOGRAFÍA EJEMPLO
Fuente: Elaboración propia a partir de Especificaciones Técnicas CNR.

4.1.2.2. Nivelación Geométrica

Para este estudio fue utilizado el método de nivelación corriente con cierre, el cual se lleva a cabo avanzando desde un PR con cota geométrica conocida, para finalmente concluir el circuito sobre el mismo PR inicial.

Para realizar estas nivelaciones, se utilizaron niveles de ingeniero automáticos marca Pentax y Sokkia, cuyas características se mencionan más adelante.

La altimetría del presente estudio fue vinculada al pilar de nivelación **IGM** denominado **"D78A"**, cuya ubicación se muestra en la Fotografía 4.1.2.2-1, y pertenece a la red de puntos que dicha institución tiene a lo largo de todo el país y cuyo valor de Cota es **729,956 m** (NMM). Desde dicho punto se nivelaron geométricamente, todos los PR's de la poligonal ubicados en la zona de estudio. En la Figura 4.1.2.2-1 se muestra el certificado IGM del punto antes referido, mientras en la Figura 4.1.2.2-2 se presenta la monografía de éste.



FOTOGRAFÍA 4.1.2.2-1
UBICACIÓN PUNTO IGM D78A
Fuente: Equipo Consultor.

La tolerancia máxima admisible para la nivelación corriente para este estudio está determinada por la expresión:

$$e = 0{,}01\ \sqrt{K}$$

Dónde: "e" es la tolerancia de cierre expresado en metros y "K" es la distancia de avance total del recorrido, medido en kilómetros.

Si los resultados de la nivelación cerrada cumplen con la tolerancia, se procede a compensar el error, distribuyéndolo por partes iguales si las distancias son constantes o una distribución proporcional a la distancia existente entre cada punto.



IGM.
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
Cartografía Oficial del Estado de Chile

CERTIFICADO DE PILARES DE NIVELACIÓN
CON VALORES DE ALTURA

27 de enero de 2017
O/T Nº 1-2017

Solicitadas por : MANUEL CARVAJAL AMESTICA.

Unidad : Cota referida al nivel medio del mar (en metros).

Línea	Número del Pilar	Año	Cota
7D	78A	1958	729,956

IVONNE GATICA PLACENCIA
Calculista
Departamento Geodésico

Sala de Ventas - Calle Dieciocho 369, Santiago - Teléfonos: (56-2) 22410 9360 / 22410 9363 - Fax: (56-2) 22410 9380
Email: ventas@igm.cl - compras@igm.cl - Web: www.igm.cl

FIGURA 4.1.2.2-1
CERTIFICADO IGM DEL PUNTO DE NIVELACIÓN "PN-D78A"
Fuente: Instituto Geográfico Militar

MONOGRAFÍA PARA VÉRTICES Y PR's

UBICACIÓN - DESCRIPCIÓN

El punto PN se encuentra materializado junto a la entrada principal de la iglesia Carén, en el poblado del mismo nombre.





DATUM DE REFERENCIA: SIRGAS / WGS-84

TIPO DE COORDENADAS: COORDENADAS UTM (HUSO 19)

REGIÓN:	Coquimbo	FECHA:	viernes, 27 de enero de 2017
PROVINCIA:	Limarí	Cota NMM:	729.956
COMUNA:	Monte Patria	COORDENADA NORTE:	6 585 207.000
NOMBRE DE PR:	PN-D78A	COORDENADA ESTE:	330 710.000

OPERADOR: ECOVECTOR Ltda.

PROYECTO: MEJORAMIENTO USO Y REGULACIÓN RECURSOS HÍDRICOS DEL RÍO MOSTAZAL

OBSERVACIONES:

FIGURA 4.1.2.2-2
MONOGRAFÍA IGM DEL PUNTO DE NIVELACIÓN
Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo final de cotas geométricas, es necesario realizar los siguientes pasos:

Cálculo desnivel: Δh = L at – L ad

Donde:

Δh = Desnivel / L at = Lectura atrás / L ad = Lectura adelante.

En la Figura 4.1.2.2-3, se presenta una gráfica representativa de lo señalado anteriormente.

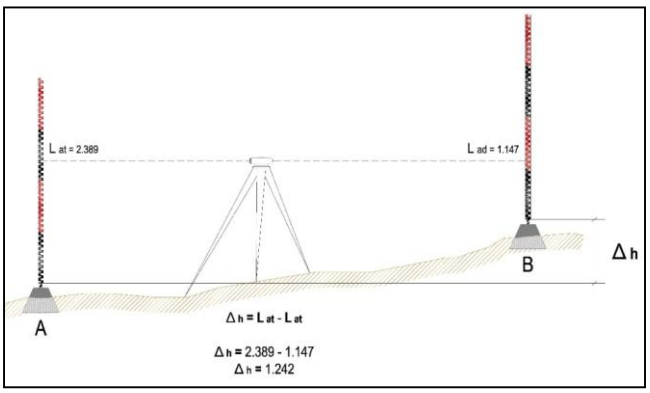


FIGURA 4.1.2.2-3
INSTALACIÓN ELEMENTOS MEDICIÓN CÁLCULO DESNIVEL
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de cota: Cota B = (Cota A + L at) – L ad

En la Figura 4.1.2.2-4, se la instalación instrumental para el cálculo de la cota.

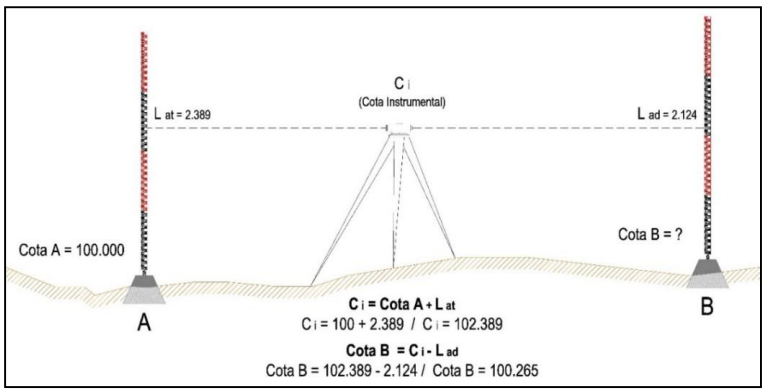


FIGURA 4.1.2.2-4
INSTALACIÓN ELEMENTOS MEDICIÓN CÁLCULO COTA
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.3. Circuitos de Nivelación

Todos los circuitos de nivelación, superaron 1,0 km de longitud, llegando en algunos casos a los 2,5 km, lo cual da tolerancias de 10 a 17 mm. No obstante, cada uno de los cierres estuvo por debajo de la tolerancia mínima exigida.

Es importante señalar que la distancia del circuito de nivelación, no tiene relación con la distancia entre los puntos de referencia, los cuales quedaron emplazados a intervalos de aproximadamente 1 km de distancia como máximo.

4.1.2.4. Poligonal Geodésica

a) Geodesia Satelital

La determinación de una posición con GNSS consigue un objetivo fundamental de la Geodesia; la determinación absoluta de una posición con precisión uniforme en todos los puntos sobre la superficie de la Tierra. Utilizando la Geodesia clásica y técnicas topográficas, la determinación de la posición es siempre relativa a los puntos de partida del levantamiento, y la precisión obtenida es dependiente de la distancia a estos puntos. Por lo tanto, el GNSS ofrece ventajas sobre las técnicas convencionales. La ciencia de la Geodesia es fundamental para el GNSS y a la inversa, el GNSS se ha convertido en la herramienta principal de la Geodesia. Esto se hace evidente si recordamos los objetivos de la geodesia:

- Establecer y mantener las redes de control, geodésico tridimensionales nacionales y globales en tierra, tomando en cuenta la naturaleza cambiante de dichas redes debido al movimiento de las placas tectónicas.
- Medición y representación de fenómenos geofísicos (movimiento de los polos, mareas terrestres y movimientos de la corteza).
- Determinación del campo gravitacional de la Tierra, incluyendo las variaciones temporales.

Aunque la tierra parezca ser una esfera uniforme cuando se la observa desde el espacio, su superficie dista mucho de ser uniforme. Debido al hecho de que el GNSS debe proporcionar coordenadas en cualquier lugar de la Tierra, éste utiliza un sistema de coordenadas geodésico basado en un elipsoide (Esfera aplanada o achatada).

El elipsoide elegido será aquel que se ajuste más exactamente a la forma de la Tierra. Este elipsoide no tiene una superficie física, sino que es una superficie definida matemáticamente. Actualmente existen diversos elipsoides o lo que es lo mismo, diferentes definiciones matemáticas de la superficie terrestre. El elipsoide utilizado por el GNSS es conocido como WGS-84 o Sistema Geodésico Mundial de 1984 (World Geodetic System 1984).

b) Vinculación Geodésica

La metodología utilizada para establecer el sistema de coordenadas se denomina ESTÁTICO – DIFERENCIAL – POST PROCESO, la cual consiste en la obtención de posiciones por medio de dos o más receptores GNSS en forma simultánea, comenzando la medición desde un punto cuyas coordenadas sean conocidas, para posteriormente dar coordenadas a él o los siguientes puntos que forman la red. Dicha metodología se complementa con una dinámica de "POSTAS", es decir, se fijan cada uno de los vectores en manera independiente conforme se avanza con la medición y el punto de control corresponde al vértice denominado "COS2. Esquema de esta metodología se puede apreciar en la Figura 4.1.2.4-1.

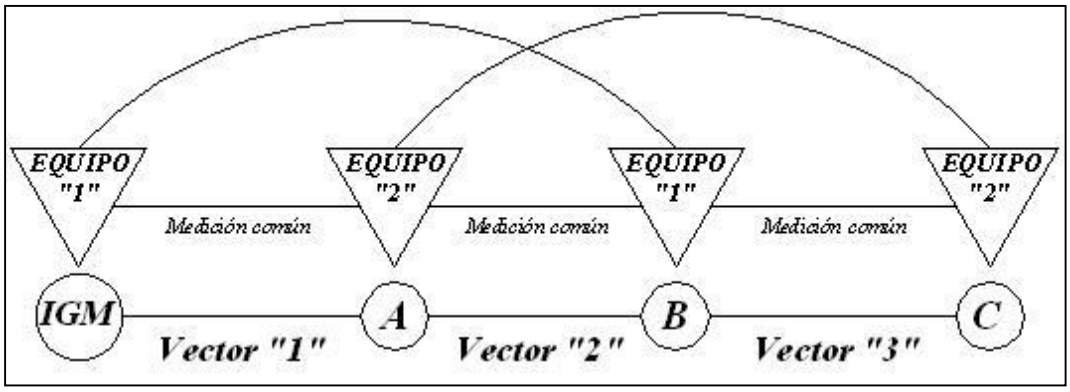


FIGURA 4.1.2.4-1
ESQUEMA METODOLOGÍA VINCULACIÓN GEODÉSICA
Fuente: Elaboración propia.

Con los vértices previamente materializados, se desarrolló la medición de la poligonal, cuyo inicio estuvo determinado por el punto **"MC-4"**, el cual está ubicado en la ruta **D-577**, a 15 km del inicio del estudio, y pertenece a la red del Estudio de Prefactibilidad Avanzada del Proyecto **"Mejoramiento Canal Palqui, Maurat, Semita"** Monte Patria, CNR 2011, el que se muestra en la Fotografía 4.1.2.4-1. La monografía se presenta en la Figura 4.1.2.4-2.



FOTOGRAFÍA 4.1.2.4-1
VÉRTICE MC-4
Fuente: Equipo Consultor.

La medición de la poligonal geodésica fue a través de receptores GNSS doble frecuencia, obteniéndose coordenadas UTM utilizando el Datum **SIRGAS (WGS 84)** y posteriormente calculadas a planas topográficas. Dicho cálculo, ha sido realizado en función de los procedimientos definidos en el manual de procedimientos **Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos de la CNR v 2015**, cuyas fórmulas han sido plasmadas en una planilla cálculo.

La configuración de la medición está definida por vectores individuales, formando cuadriláteros y diagonales, todo lo cual apunta a dar mayor fuerza de cierre a la figura con resultados de mayor precisión.



MONOGRAFÍA PARA VÉRTICES Y PR's

UBICACIÓN - DESCRIPCIÓN

Punto reutilizado del estudio de pre-factibilidad avanzada del proyecto "MEJORAMIENTO CANAL PALQUI, MAURAT, SEMITA – MONTE PATRIA"

DATUM DE REFERENCIA: SIRGAS / WGS-84

TIPO DE COORDENADAS: COORDENADAS UTM (HUSO 19)

REGIÓN:	Coquimbo	FECHA:	viernes, 27 de enero de 2017
PROVINCIA:	Limarí	Cota Ortométrica:	478.268
COMUNA:	Monte Patria	COORDENADA NORTE:	6 601 516.543
NOMBRE DE PR:	MC-4	COORDENADA ESTE:	317 542.300

OPERADOR: ECOVECTOR Ltda.

PROYECTO: MEJORAMIENTO USO Y REGULACIÓN RECURSOS HÍDRICOS DEL RÍO MOSTAZAL

OBSERVACIONES:

FIGURA 4.1.2.4-2
MONOGRAFÍA MC-4
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.5. Transformación de Coordenadas UTM a Topográficas

De acuerdo a las disposiciones de la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura, a través del Numeral **6.1 "TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM A TOPOGRÁFICAS"** de las **Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos de la CNR v 2015**, son descritas las fórmulas matemáticas para realizar dichos cálculos, todos los cuales han sido desarrollados en una planilla de cálculo de acuerdo a los procedimientos que allí se describen:

1) Norte Topográfico $= N_0 + Dplana * COS\ (Az\ Topográfico)$

2) Este Topográfico $= E_0 + Dplana * SIN\ (Az\ Topográfico)$

3) $\Delta E = E_2 - E_1$

4) $\Delta N = E_2 - E_1$

5) D UTM $= (\Delta N^2 + \Delta E^2)^{1/2}$

6) $e_1' = E_1 - 500000$

7) $e_2' = E_2 - 500000$

8) q1 $= 0.000001\ (e_1')$

9) q2 $= 0.000001\ (e_2')$

10) q línea $= (q1+q2)/2$

11) XVIII $= ((1 + e'^2 * COS^2\ (\Phi)) / (2N^2))*(1/K_0^2) * 10^{12}$

12) **Fescala** $= K0\ (1 + XVIII * q^2 + 0{,}00003 * q^4)$

13) Dgeod $=$ D UTM / **Fescala**

14) DH terreno $=$ D geodésica / (1- (Hmedia / Rmedio))
(Hmedia: Cota media entre ambos puntos)

15) $(t-T)'' = 6{,}8755*10^{-8} * (2*E_1' + Ep_2')* XVIII * (-(N_i - N_0))*3.0864$

Para la aplicación de las fórmulas anteriores se usan las siguientes constantes:

1) a = semieje mayor del elipsoide (Psad56, SAD 69 o WGS84)

2) e^2 $= f(2-f) = a^2-b^2/a^2$

3) e'^2 $= f(2-f)/(1-f)^2 = a^2 - b^2 / b^2$

4) $R_{\text{Radio de Curvatura (en meridiano)}}$ $= a * (1 - e^2) / (1 - e^2 * SEN^2 (\Phi))^{3/2}$

5) $N_{\text{Normal}(\text{o primer vertical})}$ $= a / (1 - e^2 * SEN^2 (\Phi))^{1/2}$

6) Φ = Latitud

7) Rmedio $= (N*M)^{1/2}$

El procedimiento de transformación sigue los siguientes pasos:

a) Coordenadas UTM de la Poligonal Cerrada
b) Cálculo de Azimut Utm y Ángulos Interiores de la Poligonal
c) Cálculo de Factor de Escala
d) Cálculo de Distancia Horizontal de Terreno
e) Cálculo de Corrección Angular (T-T) para una Línea de Ida y Vuelta
f) Cálculo de Ángulos Interiores de la Poligonal Sin Factor (T-T)
g) Cálculo de Coordenadas Planas Topográficas

4.1.2.6. Circuito de la Poligonal

Es importante señalar que, con el objeto de unificar el sistema de coordenadas topográficas, fueron definidos varios aspectos; Punto de Altura media, Reducción por vectores individuales y Circuitos de reducción diferenciados. No obstante a los circuitos diferenciados, todas las reducciones quedaron referidas al vértice **"RM-26"**, ya que además de cumplir con la condición de altura media, forma parte de la Red Principal triangulada. En la Figura 4.1.2.6-1 se muestra la poligonal primaria.

RM26-RM25-RM24-RM23-RM22-RM21-RM20-RM19-RM18-RM17-RM16-RM15-RM11-RM10-RM09-RM08-RM07-RM06-RM05-RM04-RM03-RM02-RM01

RM26-RM27-RM28-RM29-RM30-RM31-RM32-RM33-RM34-RM35-RM36-RM37 RM38-RM39-RM45

RM27-RM40-RM41-RM2-RM43-RM44

RM11-RM12-RM13-RM14



FIGURA 4.1.2.6-1
DIAGRAMA POLIGONAL PRIMARIA
Fuente: Elaboración propia usando Google Earth.

4.1.2.7. Recurso Humano y Logístico

Para el desarrollo de este trabajo, se contó con el siguiente equipo humano y logístico:

Recurso Humano:

- 2 Ingenieros Geomensores
- 1 Topógrafo
- 5 Alarifes

Recursos Logísticos:

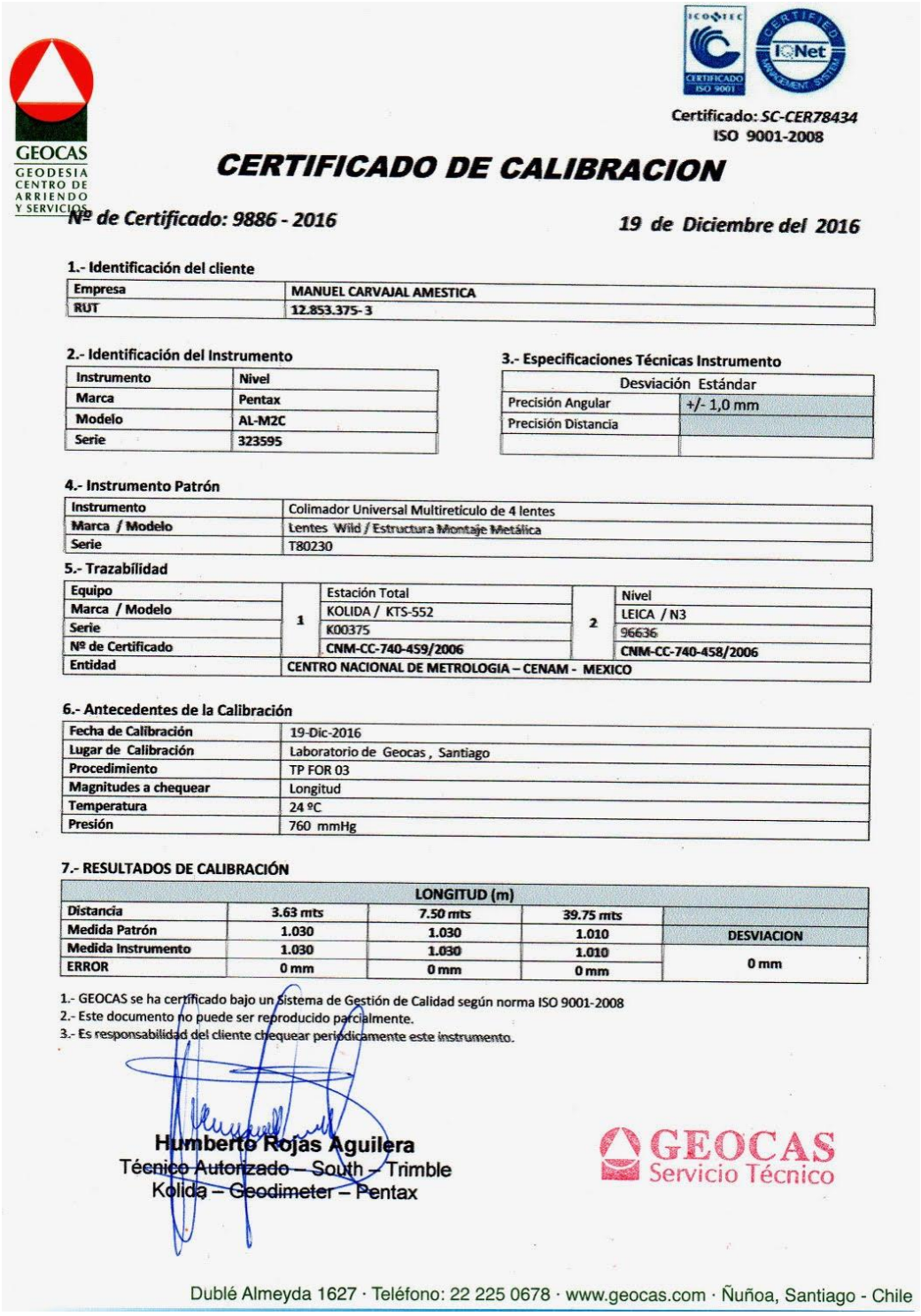
- 3 Receptores GNSS Geodésico Topcon HIPER de Doble Frecuencia RTK
  - (1 Base y 2 Móviles)
  - Receptores Topcon Hiper+ e Hiper GGD
  - 36 Canales de recepción L1/L2
  - GNSS+
- 2 Niveles de Ingeniero Pentax AL-M2c Leica NA-720
  - Óptica 32x
  - Error de cierre ± 0,8 mm x km de nivelación cerrada
  - Compensador Automático de péndulo
- Miras de aluminio graduadas a 0,01 m
- 1 GNSS Navegador Magellan
- 8 Radios VHF
- 2 Vehículos 4x4
- Computadora personal
- Software de post-proceso
- Elementos de protección personal

En la Figura 4.1.2.7-1, se aprecian imágenes de los equipos utilizados.

En las Figuras 4.1.2.7-2 y 4.1.2.7-3 se presentan los certificados de calibración de los equipos.



FIGURA 4.1.2.7-1
EQUIPOS UTILIZADOS
Fuente: Manual de Equipos.



GEOCAS
GEODESIA
CENTRO DE
ARRIENDO
Y SERVICIOS

Certificado: SC-CER78434
ISO 9001-2008

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nº de Certificado: 9886 - 2016 — **19 de Diciembre del 2016**

1.- Identificación del cliente

Empresa	MANUEL CARVAJAL AMESTICA
RUT	12.853.375- 3

2.- Identificación del Instrumento

Instrumento	Nivel
Marca	Pentax
Modelo	AL-M2C
Serie	323595

3.- Especificaciones Técnicas Instrumento

	Desviación Estándar
Precisión Angular	+/- 1,0 mm
Precisión Distancia	

4.- Instrumento Patrón

Instrumento	Colimador Universal Multiretículo de 4 lentes
Marca / Modelo	Lentes Wild / Estructura Montaje Metálica
Serie	T80230

5.- Trazabilidad

Equipo	1	Estación Total	2	Nivel
Marca / Modelo		KOLIDA / KTS-552		LEICA / N3
Serie		K00375		96636
Nº de Certificado		CNM-CC-740-459/2006		CNM-CC-740-458/2006
Entidad	CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA – CENAM - MEXICO			

6.- Antecedentes de la Calibración

Fecha de Calibración	19-Dic-2016
Lugar de Calibración	Laboratorio de Geocas , Santiago
Procedimiento	TP FOR 03
Magnitudes a chequear	Longitud
Temperatura	24 ºC
Presión	760 mmHg

7.- RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

	LONGITUD (m)			
Distancia	3.63 mts	7.50 mts	39.75 mts	
Medida Patrón	1.030	1.030	1.010	DESVIACION
Medida Instrumento	1.030	1.030	1.010	0 mm
ERROR	0 mm	0 mm	0 mm	

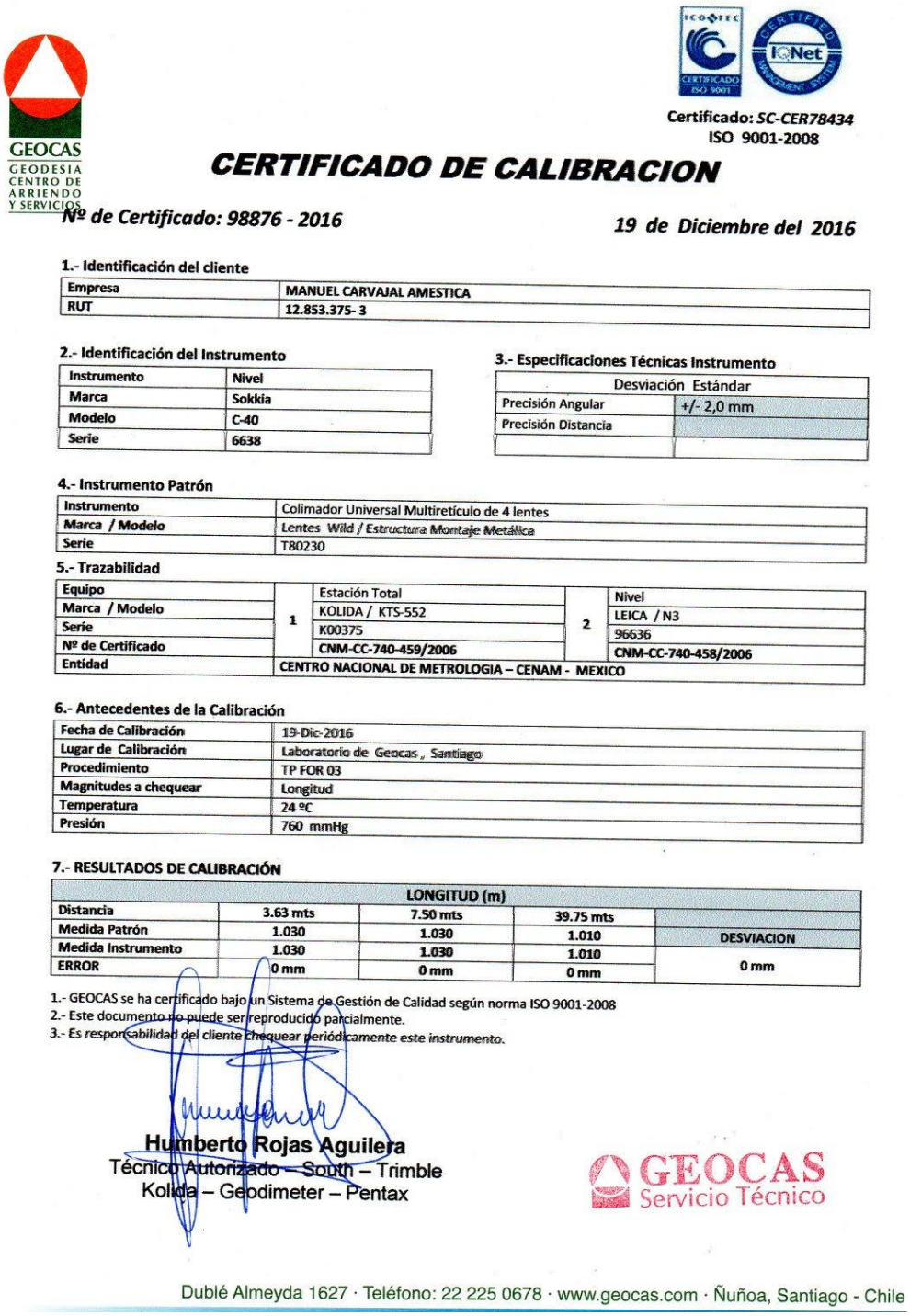
1.- GEOCAS se ha certificado bajo un Sistema de Gestión de Calidad según norma ISO 9001-2008
2.- Este documento no puede ser reproducido parcialmente.
3.- Es responsabilidad del cliente chequear periódicamente este instrumento.

Humberto Rojas Aguilera
Técnico Autorizado – South – Trimble
Kolida – Geodimeter – Pentax

GEOCAS
Servicio Técnico

Dublé Almeyda 1627 · Teléfono: 22 225 0678 · www.geocas.com · Ñuñoa, Santiago - Chile

FIGURA 4.1.2.7-2
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN NIVEL PENTAX AL-M2C
Fuente: Geocas Ltda.



GEOCAS
GEODESIA
CENTRO DE
ARRIENDO
Y SERVICIOS

Certificado: SC-CER78434
ISO 9001-2008

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nº de Certificado: 98876 - 2016 — **19 de Diciembre del 2016**

1.- Identificación del cliente

Empresa	MANUEL CARVAJAL AMESTICA
RUT	12.853.375- 3

2.- Identificación del Instrumento

Instrumento	Nivel
Marca	Sokkia
Modelo	C-40
Serie	6638

3.- Especificaciones Técnicas Instrumento

	Desviación Estándar
Precisión Angular	+/- 2,0 mm
Precisión Distancia	

4.- Instrumento Patrón

Instrumento	Colimador Universal Multiretículo de 4 lentes
Marca / Modelo	Lentes Wild / Estructura Montaje Metálica
Serie	T80230

5.- Trazabilidad

Equipo	1	Estación Total	2	Nivel
Marca / Modelo		KOLIDA / KTS-552		LEICA / N3
Serie		K00375		96636
Nº de Certificado		CNM-CC-740-459/2006		CNM-CC-740-458/2006
Entidad	CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA – CENAM - MEXICO			

6.- Antecedentes de la Calibración

Fecha de Calibración	19-Dic-2016
Lugar de Calibración	Laboratorio de Geocas , Santiago
Procedimiento	TP FOR 03
Magnitudes a chequear	Longitud
Temperatura	24 ºC
Presión	760 mmHg

7.- RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

LONGITUD (m)				
Distancia	3.63 mts	7.50 mts	39.75 mts	
Medida Patrón	1.030	1.030	1.010	DESVIACION
Medida Instrumento	1.030	1.030	1.010	0 mm
ERROR	0 mm	0 mm	0 mm	

1.- GEOCAS se ha certificado bajo un Sistema de Gestión de Calidad según norma ISO 9001-2008
2.- Este documento no puede ser reproducido parcialmente.
3.- Es responsabilidad del cliente chequear periódicamente este instrumento.

Humberto Rojas Aguilera
Técnico Autorizado – South – Trimble
Kolida – Geodimeter – Pentax

GEOCAS Servicio Técnico

Dublé Almeyda 1627 · Teléfono: 22 225 0678 · www.geocas.com · Ñuñoa, Santiago - Chile

FIGURA 4.1.2.7-3
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN NIVEL SOKKIA C-40
Fuente: Geocas Ltda.

4.1.2.8. Resultados del Trabajo Realizado

En los Cuadros 4.1.2.8-1 a 4.1.2.8-4 se encuentran las cotas geométricas y desniveles de los circuitos de nivelación.

CUADRO 4.1.2.8-1
COTAS Y DESNIVELES GEOMÉTRICOS PN-D78A – RM14

DESDE	HASTA	DESNIVEL		DIFERENCIA	DENIVEL PROMEDIO	COTA
		IDA	VUELTA			
	PN D78A					729,956
PN D78A	RM06N	41,881	-41,878	0,003	41,880	771,836
RM06N	RM07N	41,468	-41,470	-0,002	41,469	813,305
RM07N	RM08N	25,349	-25,352	-0,003	25,351	838,655
RM08N	RM09	28,636	-28,637	-0,001	28,637	867,292
RM09	RM10N	8,859	-8,855	0,004	8,857	876,149
RM10N	RM11N	7,725	-7,722	0,003	7,724	883,872
RM11N	RM12A	-2,107	2,104	-0,003	-2,106	881,767
RM12A	RM12B	40,560	-40,565	-0,005	40,563	922,329
RM12B	RM13N	47,011	-47,009	0,002	47,010	969,339
RM13N	RM14	38,106	-38,110	-0,004	38,108	1.007,447

Fuente: Ecovector

CUADRO 4.1.2.8-2
COTAS Y DESNIVELES GEOMÉTRICOS RM11N – RM27N

DESDE	HASTA	DESNIVEL		DIFERENCIA	DENIVEL PROMEDIO	COTA
		IDA	VUELTA			
	RM11N					**883,872**
RM11N	RM15N	3,904	-3,906	-0,002	3,905	887,777
RM15N	RM16N	26,932	-26,933	-0,001	26,933	914,710
RM16N	RM17N	10,986	-10,988	-0,002	10,987	925,697
RM17N	RM18N	71,722	-71,720	0,002	71,721	997,418
RM18N	RM19N	63,657	-63,652	0,005	63,655	1.061,072
RM19N	RM20	12,642	-12,649	-0,007	12,646	1.073,718
RM20	RM21	-0,272	0,270	-0,002	-0,271	1.073,447
RM21	RM22	39,969	-39,970	-0,001	39,970	1.113,417
RM22	RM23	4,549	-4,549	0,000	4,549	1.117,966
RM23	RM24	23,965	-23,962	0,003	23,964	1.141,929
RM24	RM25	53,817	-53,815	0,002	53,816	1.195,745
RM25	RM26	61,630	-61,631	0,000	61,631	1.257,376
RM26	RM27N	4,700	-4,702	-0,002	4,701	1.262,077

Fuente: Ecovector

CUADRO 4.1.2.8-3
COTAS Y DESNIVELES GEOMÉTRICOS RM27N – RM44

DESDE	HASTA	DESNIVEL		DIFERENCIA	DENIVEL PROMEDIO	COTA
		IDA	VUELTA			
	RM27N					**1.262,077**
RM27N	RM40	44,018	-44,021	-0,003	44,020	1.306,096
RM40	RM41	62,879	-62,876	0,003	62,878	1.368,974
RM41	RM42	74,997	-74,992	0,005	74,995	1.443,968
RM42	RM43	87,426	-87,422	0,004	87,424	1.531,392
RM43	RM44	83,255	-83,248	0,007	83,252	1.614,644

Fuente: Ecovector

CUADRO 4.1.2.8-4
COTAS Y DESNIVELES GEOMÉTRICOS RM27 – RM45

DESDE	HASTA	DESNIVEL		DIFERENCIA	DENIVEL PROMEDIO	COTA
		IDA	VUELTA			
	RM27N					**1.262,077**
RM27N	RM28	67,180	-67,182	-0,002	67,181	1.329,258
RM28	RM29	47,680	-47,683	-0,003	47,682	1.376,939
RM29	RM30	38,446	-38,444	0,002	38,445	1.415,384
RM30	RM31	15,305	-15,301	0,004	15,303	1.430,687
RM31	RM32	27,612	-27,610	0,002	27,611	1.458,298
RM32	RM33	39,373	-39,377	-0,004	39,375	1.497,673
RM33	RM34	45,428	-45,433	-0,005	45,431	1.543,104
RM34	RM35	67,700	-67,704	-0,004	67,702	1.610,806
RM35	RM36	67,878	-67,891	-0,013	67,885	1.678,690
RM36	RM37	102,723	-102,723	0,000	102,723	1.781,413
RM37	RM38	39,515	-39,523	-0,008	39,519	1.820,932
RM38	RM39	84,596	-84,600	-0,004	84,598	1.905,530
RM39	RM45	58,429	-58,436	-0,007	58,433	1.963,963

Fuente: Ecovector

Es importante señalar, que todos los puntos intermedios de nivelación, cuentan con su debido respaldo de lecturas, cálculos y compensaciones respectivos. Por último, mencionar que, cada uno de estos puntos, fue constituido por medio de elementos de menor envergadura estructural; clavos empotrados sobre otra estructura, rocas adecuadas sin evidencia de movimiento y/o sobre elementos que otorgaban la certeza de inamovilidad necesaria para estos efectos.

En la Figura 4.1.2.8-1 se pueden apreciar los circuitos de nivelación geométrica a lo largo de todo el proyecto, desde el punto PND78A hasta el punto RM45.

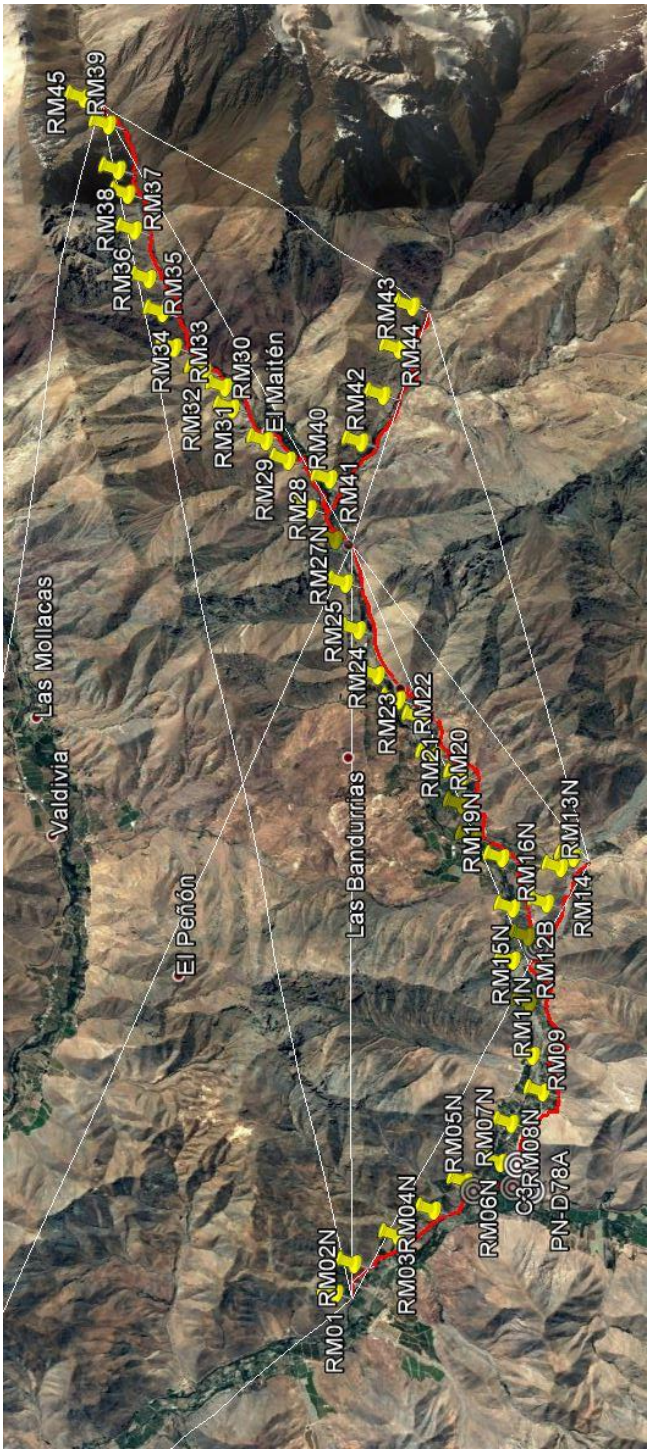


FIGURA 4.1.2.8-1
CIRCUITOS DE NIVELACIÓN
Fuente: Ecovector Ltda.

En el Cuadro 4.1.2.8-5 se presentan un resumen con las cotas UTM. con origen en el vértice RM-26. Por otra parte, en el Cuadro 4.1.2.8-6 se encuentra el resumen de coordenadas y cotas, y en el Cuadro 4.1.2.8-7 se presentan las coordenadas geodésicas.

CUADRO 4.1.2.8-5
COORDENADAS UTM SIRGAS

PUNTO	COORDENADAS UTM		ALTURA ELIPSOIDAL	ONDULACIÓN GEOIDAL	ALTURA ORTOM.
	NORTE	ESTE			
RM01	6.589.272,734	328.144,352	717,885	31,166	686,719
RM02N	6.588.866,525	328.854,479	717,844	31,209	686,635
RM03	6.587.890,070	329.497,736	748,133	31,232	716,901
RM04N	6.587.074,846	330.100,254	736,701	31,260	705,441
RM05N	6.586.357,590	330.766,298	734,319	31,301	703,018
RM06N	6.585.574,849	331.230,040	802,536	31,326	771,210
RM07N	6.585.349,442	332.154,806	844,052	31,390	812,662
RM08N	6.584.653,942	332.891,777	869,455	31,437	838,018
RM09	6.584.895,949	333.706,077	898,154	31,511	866,643
RM10N	6.584.988,331	334.906,647	907,106	31,616	875,490
RM11N	6.585.374,270	335.889,281	914,880	31,707	883,173
RM12A	6.585.043,238	336.437,377	912,810	31,749	881,061
RM12B	6.584.644,567	337.213,359	953,467	31,818	921,649
RM13N	6.584.341,316	338.025,376	1.000,532	31,895	968,637
RM14	6.584.062,374	338.262,926	1.038,657	31,914	1.006,743
RM15N	6.585.401,213	337.086,005	918,881	31,819	887,062
RM16N	6.585.661,240	338.219,456	945,907	31,940	913,967
RM17N	6.586.301,015	338.669,801	956,937	31,999	924,938
RM18N	6.586.585,686	339.423,693	1.028,720	32,084	996,636
RM19N	6.586.592,301	340.083,009	1.092,438	32,152	1.060,286
RM20	6.587.229,375	340.529,751	1.105,133	32,212	1.072,921
RM21	6.587.548,210	341.379,452	1.104,943	32,314	1.072,629
RM22	6.588.060,010	341.780,716	1.144,974	32,380	1.112,594
RM23	6.588.536,921	342.333,501	1.149,565	32,465	1.117,100
RM24	6.588.976,786	343.344,136	1.173,637	32,599	1.141,038
RM25	6.589.283,826	344.395,805	1.227,567	32,732	1.194,835
RM26	6.589.525,131	345.367,812	1.289,311	32,848	1.256,463
RM27N	6.590.118,407	346.050,339	1.294,101	32,950	1.261,151
RM28	6.590.597,719	347.117,609	1.361,409	33,089	1.328,320
RM29	6.591.097,459	347.541,207	1.409,160	33,160	1.376,000
RM30	6.591.856,535	348.251,380	1.447,717	33,275	1.414,442
RM31	6.592.023,690	348.727,541	1.463,072	33,333	1.429,739
RM32	6.592.499,151	349.069,465	1.490,740	33,397	1.457,343
RM33	6.593.143,805	349.563,438	1.530,205	33,512	1.496,693
RM34	6.593.405,466	350.324,022	1.575,738	33,617	1.542,121
RM35	6.593.719,768	351.068,017	1.643,545	33,724	1.609,821
RM36	6.594.024,441	352.100,045	1.711,567	33,862	1.677,705
RM37	6.594.183,809	352.888,355	1.814,394	33,957	1.780,437
RM38	6.594.385,209	353.389,965	1.853,990	34,026	1.819,964
RM39	6.594.596,247	354.351,722	1.938,670	34,143	1.904,527
RM45	6.595.126,485	354.907,761	1.997,229	34,252	1.962,977
RM40	6.589.664,801	346.715,258	1.338,178	32,998	1.305,180
RM41	6.588.979,754	347.541,076	1.401,181	33,051	1.368,130
RM42	6.588.503,960	348.587,311	1.476,218	33,137	1.443,081
RM43	6.588.174,585	349.601,636	1.563,748	33,218	1.530,530
RM44	6.587.887,656	350.540,345	1.647,096	33,292	1.613,804

Fuente: Ecovector Ltda.

CUADRO 4.1.2.8-6
RESUMEN COORDENADAS Y COTAS TOPOGRÁFICAS SIRGAS

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA GEOMÉTRICA (m)
RM01	6.589.272,368	328.140,609	687,382
RM02	6.588.774,326	328.908,275	693,896
RM03	6.587.889,497	329.494,191	717,579
RM04N	6.587.074,146	330.096,799	706,108
RM05N	6.586.356,775	330.762,944	703,646
RM06N	6.585.573,903	331.226,757	771,836
RM07N	6.585.348,449	332.151,683	813,305
RM08N	6.584.652,816	332.888,783	838,655
RM09	6.584.894,861	333.703,241	867,292
RM10N	6.584.987,250	334.904,050	876,149
RM11N	6.585.373,259	335.886,887	883,873
RM12A	6.585.042,158	336.435,097	881,767
RM12B	6.584.643,401	337.211,244	922,329
RM13N	6.584.340,081	338.023,441	969,339
RM14	6.584.061,074	338.261,046	1.007,447
RM15N	6.585.400,198	337.083,862	887,778
RM16N	6.585.660,273	338.217,560	914,710
RM17N	6.586.300,186	338.668,010	925,697
RM18N	6.586.584,919	339.422,078	997,418
RM19N	6.586.591,531	340.081,556	1.061,072
RM20	6.587.228,764	340.528,414	1.073,718
RM21	6.587.547,677	341.378,334	1.073,447
RM22	6.588.059,610	341.779,706	1.113,417
RM23	6.588.536,646	342.332,640	1.117,966
RM24	6.588.976,629	343.343,551	1.141,929
RM25	6.589.283,755	344.395,518	1.195,745
RM26	6.589.525,131	345.367,812	1.257,376
RM27N	6.590.118,588	346.050,546	1.262,077
RM28	6.590.598,052	347.118,149	1.329,258
RM29	6.591.097,956	347.541,883	1.376,940
RM30	6.591.857,288	348.252,290	1.415,385
RM31	6.592.024,502	348.728,612	1.430,688
RM32	6.592.500,129	349.070,651	1.458,299
RM33	6.593.145,014	349.564,793	1.497,674
RM34	6.593.406,775	350.325,650	1.543,104
RM35	6.593.721,199	351.069,919	1.610,806
RM36	6.594.025,999	352.102,344	1.678,690
RM37	6.594.185,438	352.890,970	1.781,413
RM38	6.594.386,927	353.392,787	1.820,932
RM39	6.594.598,064	354.354,955	1.905,531
RM40	6.589.664,841	346.715,671	1.306,096
RM41	6.588.979,572	347.541,753	1.368,974
RM42	6.588.503,615	348.588,338	1.443,968
RM43	6.588.174,120	349.603,019	1.531,392
RM44	6.587.887,081	350.542,074	1.614,644
RM45	6.595.128,543	354.911,234	1.963,963

Fuente: Ecovector Ltda.

CUADRO 4.1.2.8-7
COORDENADAS GEODÉSICAS SIRGAS

Punto	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		Altura Elipsoidal
	Latitud	Longitud	
RM01	30°49'02,02511"S	70°47'47,81990"W	717,885
RM02	30°49'18.59307"S	70°47'19.24446"W	724,443
RM03	30°49'47,62177"S	70°46'57,73544"W	748,133
RM04N	30°50'14,40260"S	70°46'35,55339"W	736,701
RM05N	30°50'38,03424"S	70°46'10,91904"W	734,319
RM06N	30°51'03,68719"S	70°45'53,93358"W	802,536
RM07N	30°51'11,47911"S	70°45'19,26469"W	844,052
RM08N	30°51'34,43668"S	70°44'51,93876"W	869,455
RM09	30°51'26,99169"S	70°44'21,14891"W	898,154
RM10N	30°51'24,59699"S	70°43'35,90980"W	907,106
RM11N	30°51'12,55750"S	70°42'58,70360"W	914,880
RM12A	30°51'23,57908"S	70°42'38,26658"W	912,810
RM12B	30°51'36,90892"S	70°42'09,28994"W	953,467
RM13N	30°51'47,15651"S	70°41'38,90011"W	1.000,532
RM14	30°51'56,33070"S	70°41'30,11791"W	1.038,657
RM15N	30°51'12,27761"S	70°42'13,64884"W	918,881
RM16N	30°51'04,39399"S	70°41'30,84236"W	945,907
RM17N	30°50'43,84153"S	70°41'13,52999"W	956,937
RM18N	30°50'34,96697"S	70°40'44,99781"W	1.028,720
RM19N	30°50'35,07325"S	70°40'20,18268"W	1.092,438
RM20	30°50'14,60391"S	70°40'03,01297"W	1.105,133
RM21	30°50'04,66170"S	70°39'30,86058"W	1.104,943
RM22	30°49'48,23626"S	70°39'15,47629"W	1.144,974
RM23	30°49'33,01569"S	70°38'54,41170"W	1.149,565
RM24	30°49'19,21515"S	70°38'16,14309"W	1.173,637
RM25	30°49'09,74378"S	70°37'36,40626"W	1.227,567
RM26	30°49'02,36605"S	70°36'59,70433"W	1.289,311
RM27N	30°48'43,42110"S	70°36'33,70420"W	1.294,101
RM28	30°48'28,35396"S	70°35'53,29435"W	1.361,409
RM29	30°48'12,32270"S	70°35'37,09081"W	1.409,160
RM30	30°47'48,00168"S	70°35'09,97047"W	1.447,717
RM31	30°47'42,79263"S	70°34'51,97049"W	1.463,072
RM32	30°47'27,51007"S	70°34'38,85681"W	1.490,740
RM33	30°47'06,80234"S	70°34'19,93598"W	1.530,205
RM34	30°46'58,65163"S	70°33'51,19171"W	1.575,738
RM35	30°46'48,78223"S	70°33'23,04507"W	1.643,545
RM36	30°46'39,35298"S	70°32'44,07236"W	1.711,567
RM37	30°46'34,53033"S	70°32'14,34247"W	1.814,394
RM38	30°46'28,21355"S	70°31'55,37394"W	1.853,990
RM39	30°46'21,78646"S	70°31'19,09619"W	1.938,670
RM40	30°48'58,46056"S	70°36'08,93362"W	1.338,178
RM41	30°49'21,08862"S	70°35'38,23125"W	1.401,181
RM42	30°49'37,02134"S	70°34'59,11944"W	1.476,218
RM43	30°49'48,18179"S	70°34'21,12715"W	1.563,748
RM44	30°49'57,92658"S	70°33'45,95541"W	1.647,096
RM45	30°46'04,81282"S	70°30'57,91490"W	1.997,229

Fuente: Ecovector Ltda.

Se adjuntan en el Anexo 4-1 los siguientes documentos:

- Cotas y Nivelaciones
- Certificados
- Monografías
- Coordenadas
- Post-Proceso
- PR's
- Archivos Rinex
- Archivos KMZ

4.1.3. Conclusiones

Las mediciones realizadas han dado como resultado datos de acuerdo a los parámetros normales de precisión requeridas para generar un proyecto de esta naturaleza, y los resultados numéricos son inherentes al equipamiento utilizado, razón por la cual se puede concluir en que los datos entregados en el presente informe técnico, representan de manera apropiada el requerimiento del mandante.

Es importante señalar que, todos los sistemas de trasporte de coordenadas generados en terreno, fueron obtenidos por medio de Georreferenciaciones Geodésicas con mediciones estáticas, cuyos cierres lineales fueron superiores a 1:200.000, superando ampliamente, incluso el orden de cierre de una poligonal de primer orden. En cuanto a las cotas, éstas fueron obtenidas mediante la nivelación geométrica a partir de un Pilar de Nivelación **IGM** denominado **"D78-A"**. Por otra parte, todos los cálculos, procedimientos de terreno y en general, todos los aspectos relacionados a mediciones han estado referidos a las disposiciones de las **Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos de la CNR v 2015**.

Se deja constancia de que todas las mediciones Geodésicas realizadas en terreno, están ligadas al Datum **SIRGAS**, por medio de la vinculación al vértice denominado **"MC-4".** En cuanto a las alturas Ortométricas, fueron calculadas en función del modelo Geoidal **EGM08.**

4.1.4. Levantamiento Topográfico Singularidades

4.1.4.1. Aspectos Generales

Pensando en las necesidades de mejoramiento de los canales, determinadas a partir del catastro de infraestructura anteriormente descrito, se realizaron levantamientos topográficos escala 1:50 en las singularidades más importantes de cada canal.

Los principales aspectos técnicos fueron los siguientes:

- Todos los levantamientos se realizaron según los requerimientos del Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos de la CNR (2015).

- Se utilizó metodología RTK, llegando hasta una escala de 1:50 en los casos de existencia de obras.

- El ajuste de coordenadas se realizó a partir del Sistema de transporte de Coordenadas, tanto de la poligonal primaria como secundaria.

- En cada sector levantado se dejaron al menos 2 estacas de 2"x2", enterradas 30 cm y 5 cm sobre el terreno natural. Estas estacas están pintadas de color azul, con un clavo de 4" en su centro a ras de la estaca, pintado de color blanco. La ubicación de las estacas se realizó procurando asegurar su permanencia en el tiempo y permitir la correcta instalación de instrumental topográfico.

- Se realizaron monografías en el caso de encontrar obras en el sitio del levantamiento.

4.1.4.2. Criterios de Selección

- Las singularidades a levantar se identificaron a partir de la siguiente priorización:

- Cruces de quebradas.

- Cruces de caminos y otra construcción de obras civiles.

- Interferencias

- Obras como tranques, sifones, tuberías, abovedamientos, etc.

- Cambios de sección del canal.

Además, se buscó realizar los levantamientos preferentemente en los canales comunitarios, en desmedro de obras de tipo particular.

4.1.4.3. Sitios Levantados

Se seleccionaron 21 sitios con singularidades en un total de 17 canales. En el Cuadro 4.1.4.3-1 se describe cada punto propuesto para realizar los levantamientos, mientras en la Figura 4.1.4.3-1 se representa su distribución espacial.

CUADRO 4.1.4.3-1
DESCRIPCIÓN SINGULARIDADES A LEVANTAR

ID	Código	Nombre Canal	Norte (m)	Este (m)	Obra/ Singularidad	Material	Material 2	Estado	Descripción
1	TCm_16	Tranca Morada	6592301	348606	Cruce	Tierra	-	Malo	Cruce con quebrada. Sin Obra. Quebrada sin nombre. Se tapa canal con crecida de quebrada. No existe ninguna obra de atravieso.
2	MTb_26	Maiten Bajo	6590652	347323	Cruce	Madera	Tierra	Regular	Cruce en estado regular. Tramo de 6mts aprox.
3	QBh_49	Quebrada Honda	6589698	342642	Cruce	Tierra	-	-	Cruce de quebrada sin Obra. 50 mts aprox.
4	QBh_58	Quebrada Honda	6589270	339756	Cruce	Tierra	-	-	Cruce de quebrada Las Bandurrias, sin Obra. 30 mts aprox.
5	SSb_4	Sasso bajo	6593215	349708	Atravieso	Tierra	-	Malo	Cruce camino abierto sin puente.
6	SSb_27	Sasso bajo	6592231	349136	Cruce	Tierra	-	Malo	Quiebre canal 90º. Cruce Quebrada sin Obra.
7	SSb_45	Sasso bajo	6591508	348579	Cruce	Fierro	-	Regular	Puente para vehículos, Estado regular
8	PC_10	Palcalito	6589618	345777	Cruce	Tierra	-	Malo	Cruce camino en mal estado
9	HB_12	Habitación	6589279	347080	Cruce	Madera	Tierra	Malo	Cruce camino
10	CS_8	Cascada	6588138	348823	Cruce	Hormigón	Fierro	Malo	Fin tramo en uso. Cambio de sección de canal
11	YLb_16	Yerba Loca Bajo	6589663	347080	Cruce	Tierra	-	-	Cruce Quebrada
12	YLb_29	Yerba Loca Bajo	6590028	346818	Cruce	Tierra	Roca	-	Cruce camino
13	AR_29	Arenal	6588994	341577	Atravieso	Tambores	-	Malo	Bajada de quebrada atravieso canal en tambores
14	ARt_18	Arenalito	6588959	343479	Atravieso	Acero	-	Malo	Bajada de quebrada, tramo de canal entubado y suspendido sobre el suelo
15	MQa_12	Maqui Alto	6588275	341835	Atravieso	Fierro	Geomembrana	Regular	Mezcla de materiales entre fierro en la base, geomembrana y tierra encima
16	CGa_78	Colliguay Alto	6586980	330789	Cruce	Tierra	-	Regular	Cruce de quebrada
17	CGb_8	Colliguay Bajo	6585440	333668	Cruce	Tierra	-	Regular	Cruce quebrada colliguay
18	VI_26	Viña	6588043	329281	Cruce	Tierra	-	-	Cruce de quebrada
19	MLv_39	Molino Viejo	6585455	337608	Cruce	Tierra	-	Malo	Abundante vegetación
20	PR_41	Peralito	6585073	336249	Cruce	Tierra	-	Malo	Cruce de río Tulahuencito proveniente de sector La Tranquita
21	CN_28	Cancha	6585381	336026	Cruce	Tierra	-	-	Cruce río Tulahuencito

Fuente: Elaboración propia a partir de castro de infraestructura.

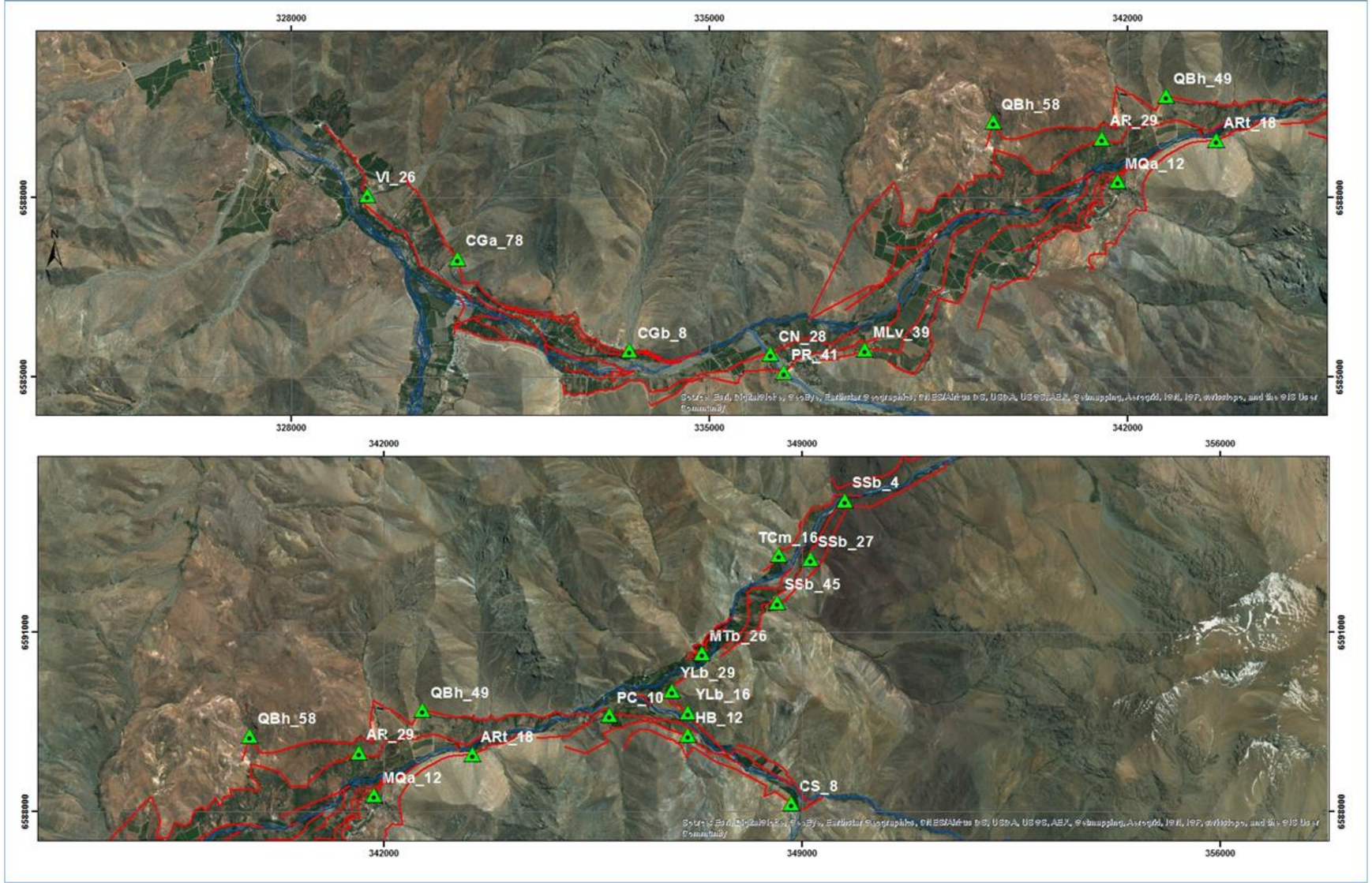


FIGURA 4.1.4.3-1
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL SINGULARIDADES A LEVANTAR
Fuente: Elaboración propia a partir de castro de infraestructura.

4.1.4.4. Desarrollo de Actividades

En el Cuadro 4.1.4.4-1 se presenta un resumen del desarrollo del levantamiento en cada singularidad.

CUADRO 4.1.4.4-1
DESARROLLO DE ACTIVIDADES

ID	Código	Descripción
1	TCm_16	Se solicitó autorización al propietario Sr. Juan Cortés para ingresar y se procedió a realizar las mediciones de forma normal.
2	MTb_26	Se solicitó autorización al propietario para ingresar y se procedió a realizar las mediciones de forma normal.
3	QBh_49	Se solicitó autorización al administrador de fundo para ingresar y se procedió a realizar las mediciones de forma normal.
4	QBh_58	Se realizaron las mediciones de manera normal.
5	SSb_4	Se solicitó autorización de ingreso al administrador de fundo y se procedió a ejecutar levantamiento. Sector con abundante y densa vegetación. Se mide la pasada de agua y lo que permite la vegetación (roce moderado) hacia los costados. Se levanta estación de aforo con miniprisma para mayor precisión.
6	SSb_27	Se solicitó autorización al propietario para ingresar y se procedió a realizar las mediciones de forma normal.
7	SSb_45	Se realizan mediciones de forma normal.
8	PC_10	Se solicitó autorización al propietario para ingresar y se procedió a realizar las mediciones de forma normal. Abundante y densa vegetación en cauce de salida, se mide lo que es posible con roce moderado.
9	HB_12	Se solicitó autorización al encargado para ingresar y se procedió a realizar las mediciones de forma normal. Sector con higuera densa en parte del cauce de entrada, se mide lo posible.
10	CS_8	Se realizaron las mediciones de manera normal.
11	YLb_16	Pendiente abrupta y con densa vegetación. Del canal hacia abajo la densidad de puntos es baja ya que se midió lo posible evitando condiciones inseguras del personal.
12	YLb_29	Mediciones se realizaron de manera normal.
13	AR_29	Se solicitó autorización al propietario para ingresar y se procedió a realizar las mediciones de forma normal.
14	ARt_18	Se realizaron las mediciones de manera normal.
15	MQa_12	Se realizaron las mediciones GNSS. En segunda oportunidad, se acudió a ejecutar levantamiento y se encuentra estaca MQA12-1 extraída. Se coloca de inmediato una de reemplazo y se liga a la estaca MQA12-2 y se ejecuta levantamiento. Por esta razón la ligazón a la red de la estaca MQA12-1 es: RM22->MQA12-1-A->MQA12-2->MQA12-1
16	CGa_78	Se solicitó autorización a la encargada para ingresar y se procedió a realizar las mediciones de forma normal.
17	CGb_8	El punto indicado difiere de lugar de la fotografía indicada. Se mide en el sector de la fotografía, no es posible medir la zona del canal en detalle ya que existe mucha vegetación de árboles, arbustos y cañas, además de taludes pronunciados. Sin embargo, se midieron dos perfiles y se interpoló la pendiente. El canal quedó representado por estos perfiles.
18	VI_26	Sector con abundante vegetación de espinos, álamos y otros. Sector levantado con dificultad.
19	MLv_39	Se realizaron las mediciones de manera normal.
20	PR_41	Se realizaron las mediciones de manera normal.
21	CN_28	Se realizaron las mediciones de manera normal.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.5. Resultados

Los levantamientos se presentan en forma impresa y digital en los planos MTZ-TOP-SNG-001 a MTZ-TOP-SNG-021.

Además, se adjuntan en el Anexo 4-1 los siguientes documentos:

- Ubicación estacas (KMZ)
- Monografías de obras identificadas

4.2. Restitución Aerofotogramétrica

4.2.1. Introducción y Objetivos

En el presente capitulo se detallan los trabajos de terreno correspondientes al vuelo aerofotogramétrico y el sistema de transporte de coordenadas (poligonal base), utilizados para la posterior elaboración de la restitución topográfica del área de estudio. Los trabajos geodésicos que se describen a continuación, se han desarrollado consecuentemente según lo establecido en el Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos (CNR) versión del año 2015, Numeral 10.2 Fotogrametría Digital y a lo indicado en las Bases Técnicas del proyecto.

El vuelo aerofotogramétrico y el posterior levantamiento aerofotogramétrico fue realizado por la empresa GEOCEN Ltda.

Se muestra en la Figura 4.2.1-1 la ubicación general del área de estudio.

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Los objetivos específicos del trabajo de aerofotogrametría son:
- Realización del vuelo digital color escala 1:20.000 de acuerdo al polígono solicitado en las Bases del Proyecto.
- Generar la Cartografía Base escala 1:10.000 y Ortofoto Digital de la zona de estudio, considerando la normativa de la CNR para este tipo de Levantamientos Aerofotogramétricos y así dar cumplimiento a las tolerancias establecidas en la Tabla N° 7 del manual antes mencionado.
- Obtener las mediciones geodésicas diferenciales de las líneas bases que definen cada punto Estereoscópico.



FIGURA 4.2.1-1
UBICACIÓN GENERAL ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: Elaboración propia usando Google Earth.

4.2.2. Planificación del Vuelo

La Planificación del vuelo consideró determinar en forma precisa del sector a levantar. Para obtener lo anterior, se utilizó información existente del Google Earth, con el propósito de planificar con mayor precisión la línea de vuelo en el GNSS del avión. En la Figura 4.2.2-1 se muestra un ejemplo de las líneas de vuelo.

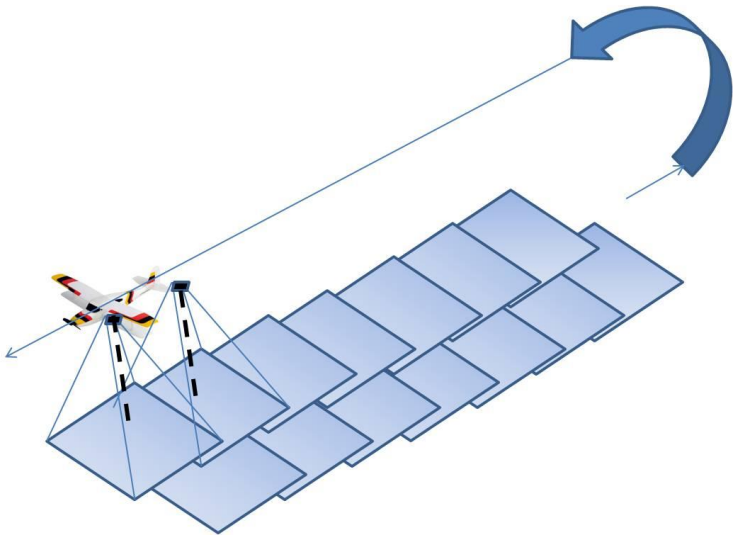


FIGURA 4.2.2-1
EJEMPLO DE TOMA DE LÍNEAS DE VUELO
Fuente: GEOCEN.

De acuerdo al requerimiento señalado en los Requerimientos Técnicos del Estudio, y con el propósito de cubrir el área a levantar, se planificaron 5 líneas de vuelo a escala 1:20.000.

Adicionalmente, se realizaron 3 Líneas de vuelo a escala 1:8.000 para tres posibles alternativas de levantamiento escala 1:2.000.

4.2.3. Vuelos Aerofotogramétricos Realizados

Este proceso consideró la toma de Fotografías Aéreas Digitales Color a escalas 1:20.000 y 1:8.000 de los sectores seleccionados, utilizando un avión equipado con una cámara Fotogramétrica Digital de 80 megapíxeles, permitiendo obtener la toma necesaria según planificación del vuelo. En la Figura 4.2.3-1 se muestran las líneas de vuelo a escala 1:20.000 (tamaño del pixel 34,1 cm) y en la Figura 4.2.3-2 se muestran las líneas para el vuelo a escala 1:8.000.

La planificación del vuelo, tiene como variable la morfología del terreno a fotografiar, ya que es necesario distinguir un terreno excesivamente plano donde es difícil determinar el relieve, a uno montañoso donde el desplazamiento por la diferencia de altura hace imposible la posterior representación tridimensional.

Por lo tanto, se considera una metodología para sectores con mucho relieve, incorporando los parámetros de diferencias de alturas existentes en los sectores fotografiados.

En el Cuadro 4.2.3-1 se indican los números de fotografías asociados a cada línea de vuelo según escala.

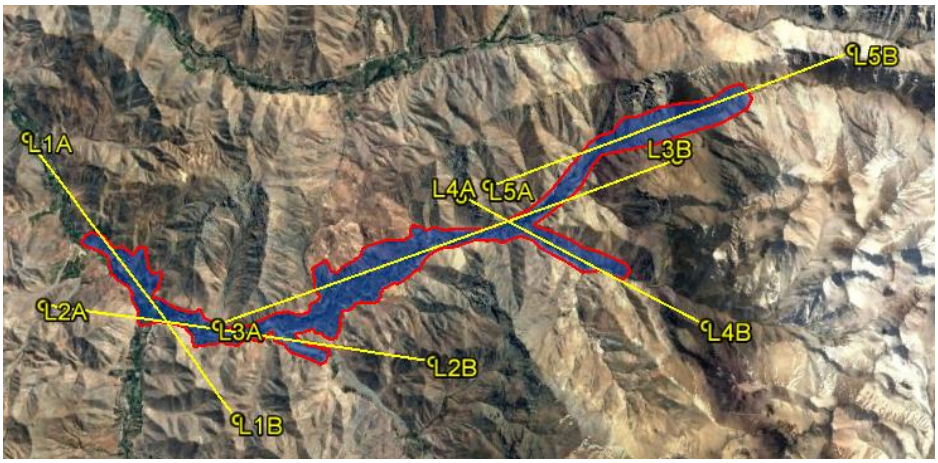


FIGURA 4.2.3-1
PLANIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE VUELO ESCALA 1:20.000
Fuente: GEOCEN.

Las características del vuelo escala 1:20.000 son:

- Altura de Vuelo 3.400 m sobre el terreno en la zona comprendida en el estudio.
- Cobertura del Fotograma 3.525 m x 2.649 m.

- Tamaño del píxel ± 0,341 m.

CUADRO 4.2.3-1
FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A CADA LÍNEA DE VUELO

Vuelo escala 1:20.000		Vuelo escala 1:8.000	
Línea 1	50322 al 50334	Línea 1	50392 al 50399
Línea 2	50335 al 50346	Línea 2	50400 al 50406
Línea 3	50347 al 50364	Línea 3	50407 al 50413
Línea 4	50365 al 50374		
Línea 5	50375 al 50391		

Fuente: GEOCEN.



FIGURA 4.2.3-2
PLANIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE VUELO ESCALA 1:8.000
Fuente: GEOCEN.

4.2.4. Control de Cobertura

El control de cobertura del vuelo se realizó mediante la visualización de las imágenes obtenidas por la cámara digital Trimble TAC-80 verificando que el total de la zona comprendida en el proyecto tenga cobertura fotográfica.

De acuerdo a lo planteado en el párrafo anterior, los vuelos planificados en la zona se efectuaron de forma satisfactoria conforme a las exigencias de los productos requeridos; logrando la cobertura completa del área de estudio en la toma de imágenes aéreas con la cámara fotogramétrica Trimble TAC-80. En la Figura 4.2.4-1 se muestra el control de cobertura obtenido para el vuelo escala 1:20.000.

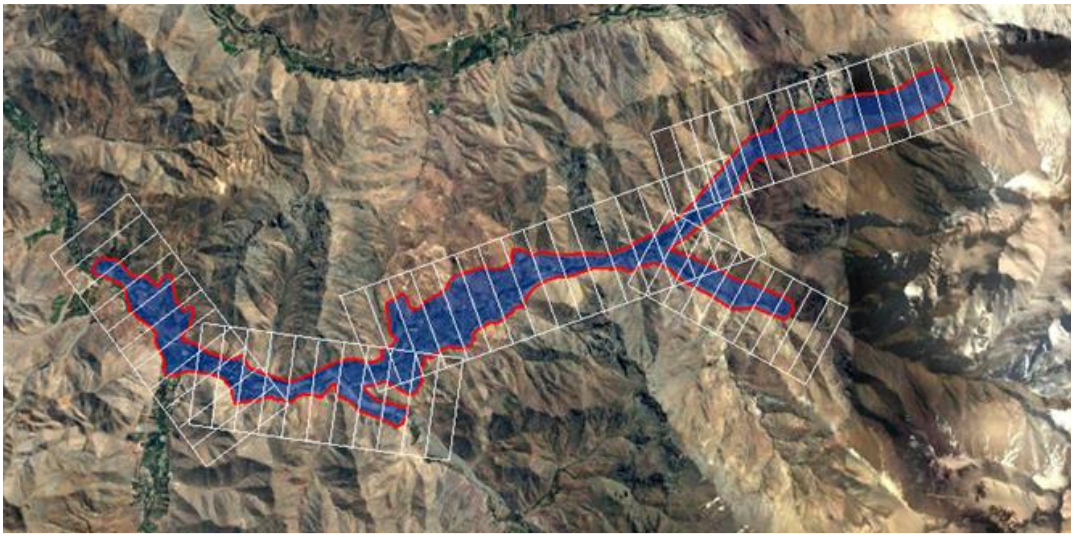


FIGURA 4.2.4-1
CONTROL DE COBERTURA DE LA ZONA DE ESTUDIO
Fuente: Elaboración Propia

4.2.5. Recubrimientos

Se considera solamente recubrimiento lateral que genera la continuidad del vuelo y tiene un rango de 60% ± 10% para zonas con bastante relieve.

4.2.6. Equipamiento Fase del Vuelo Fotogramétrico y Fase Toma de Fotografías

El equipamiento utilizado fue el siguiente:

- **Avión CESSNA 401-172** (Fotografía 4.2.6-1) con un equipo de navegación G.P.S. Garmin y acondicionado con una compuerta eléctrica para la nivelación y transportación de la cámara.

  El avión cuenta con un Kit fotogramétrico especialmente para la instalación y manipulación del IMU y la Cámara Aérea.

- **Cámara Fotogramétrica TRIMBLE TAC-80** (ver Fotografía 4.2.6-2), con las siguientes características:

  1. Cámara métrica: Trimble AIC Pro (IQ180+)
  2. Sensor Size: 10.328 x 7.760 Pixeles
  3. Tipo de lente: HR-Digaron-W 50 4,0/50 (RGB)
  4. Tamaño del Pixel 5,2 µm



FOTOGRAFÍA 4.2.6-1
AVIÓN FOTOGRAMÉTRICO (REFERENCIAL)
Fuente: GEOCEN.



FOTOGRAFÍA 4.2.6-2
CÁMARA FOTOGRAMÉTRICA TRIMBLE TAC-80 (REFERENCIAL)
Fuente: topmap.com.br.

4.2.7. Software de Procesamiento de Datos GNSS

Trimble Business Center es un software diseñado para añadir la fuerza de la tecnología receptora de satélites R-Track™ de Trimble. Con el software Trimble Business Center se puede transferir datos GNSS y ópticos capturados en el campo a la oficina, para luego ser procesados. Una vez que los mismos hayan sido procesados, simplemente se exportan los datos al programa AutoCAD, por ejemplo.

El software Trimble Business Center integra tareas comunes en un paquete unificado y singular, tareas tales como:

- Importación y exportación de datos de levantamientos topográficos GNSS
- Procesamiento de datos de levantamientos topográficos GNSS, incluyendo las señales GLONASS
- Garantía de calidad y control de calidad de datos (GC/CC)
- Procesamiento de línea base GNSS extremadamente rápido

- Ajuste de red de levantamientos topográficos de mínimos cuadrados para datos GNSS
- Modelo de superficie, contornos rápidos y visualización 3D
- Funciones COGO avanzadas
- Transformación de datos y proyecciones
- Creación de sistemas de coordenadas terrestres, y definiciones de sitio basadas en cientos de sistemas de coordenadas publicadas de todo el mundo
- Calibraciones de Sitio
- Reportes

4.2.8. Trabajo de Terreno

4.2.8.1. Objetivos de la Medición GNSS

El objetivo principal del proceso de medición en terreno es posicionar en Norte, Este y Altura sobre la superficie terrestre puntos de control fotogramétrico para el proyecto en estudio. Para ello se realizaron mediciones en terreno con equipos GNSS mediante la metodología Fast Static y RTK.

4.2.8.2. Estático Rápido (Fast Static)

Este es básicamente análogo al método estático, contando como diferencia fundamental, que el tiempo de observación puede reducirse considerablemente a períodos que van desde los 15 a los 30 min. Es decir, uno de los receptores actúa de "base" en un punto de coordenadas conocidas recepcionando datos durante todo el tiempo que dure la sesión mientras que el otro, que se denomina "rover", lo hará en todos los puntos que se pretendan determinar sus coordenadas durante el período de tiempo antes enunciado.

Aplicaciones:

- Levantamientos de Control, densificación
- Sustituye al método clásico de poligonación
- Determinación de puntos de control, ingeniería civil, bases de replanteo
- Levantamiento de detalles y deslindes
- Cualquier trabajo que requiera la determinación rápida de un elevado número de puntos
- Apoyos Fotogramétricos

Ventajas:

- Sencillo, rápido y eficiente comparado con los métodos clásicos

4.2.8.3. Real Time Kinematic (RTK)

Similar a la técnica Post Proceso (PPK) en terreno, o sea adecuada para levantamientos topográficos además de replanteos, pero como parte del equipamiento de los receptores se agregan radios modem y antenas de transmisión que permiten la emisión de corrección diferencial (transmisión de información de fase de cada satélite observado) desde un equipo que hace de BASE en un punto de coordenadas conocidas, hacia el o los equipos denominados MÓVIL que se posicionan en puntos desconocidos. La corrección se refleja en obtener en los equipos MÓVIL coordenadas en terreno en forma instantánea (de ahí su nombre de tiempo real) y con precisiones de centímetro a submétrico, dependiendo del tipo de receptor (simple o doble frecuencia) y del firmware de las libretas o receptores, los cuales varían según la marca del fabricante de equipos GPS.

Algunas aplicaciones en:

- Replanteos en general
- Apoyo de puntos estereoscópicos, proceso fotogramétrico.

Corrección Diferencial por Tiempo Real con RTCM: Como parte del equipamiento se anexan radios de comunicación que, ocupando el protocolo RTCM permiten efectuar corrección diferencial y obtener coordenadas en los Móviles en "tiempo real" con precisión submétrico, del orden de 1,5 a 2,0 cm.

4.2.8.4. Vinculación Planimétrica y Altimétrica

La vinculación planimétrica y altimétrica en la toma de puntos de control se realizó desde los vértices pertenecientes a la Red GPS del proyecto, materializados de forma previa al vuelo Aerofotogramétrico en el sistema UTM Sur Zona 19, Datum SIRGAS (WGS-84) y cota geométrica, y cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.2.8.4-1.

CUADRO 4.2.8.4-1
VÉRTICES UTILIZADOS COMO BASE DEL APOYO

Punto	Latitud	Longitud	Altura Elipsoidal (m)
RM-06N	30°51'03.68719"S	70°45'53.93358"W	802,536
RM-15N	30°51'12.27761"S	70°42'13.64884"W	918,881
RM-32	30°47'27.51007"S	70°34'38.85681"W	1.490,740
RM-35	30°46'48.78223"S	70°33'23.04507"W	1.643,545
RM-39	30°46'21.78646"S	70°31'19.09619"W	1.938,670

Fuente: Poligonal Mostazal 2017.

4.2.8.5. Metodología de Medición (Apoyo Aerofotogramétrico)

La metodología aplicada en la medición de los puntos de control fotogramétricos para el proyecto, se realizó a partir de los vértices generados de forma previa al vuelo y que corresponde a la

Red de PRs del proyecto, con la finalidad de garantizar las precisiones requeridas, las mediciones de los puntos de apoyo Aerofotogramétrico se realizaron con la metodología GPS-RTK por medio de radiación desde los vértices de la Red de PRs del proyecto, considerando las distancias máximas de las líneas bases, para así cumplir con las precisiones requeridas y asegurar las tolerancias para el método aplicado.

4.2.8.6. Medición de los Puntos de Control

La medición de los puntos de control en el apoyo aerofotogramétrico, además de servir como la base para la georeferenciación de las imágenes tomadas durante el vuelo, permiten el control de calidad de los productos generados en el proyecto.

Para la obtención de puntos de control al vuelo aerofotogramétrico, se realizan mediciones en terreno sobre detalles que puedan ser fotointerpretados en función de la resolución de las imágenes obtenidas y de la escala de dibujo de la planimetría.

La técnica de medición GNSS utilizada, garantizó obtener las precisiones requeridas en el control de los productos de este proyecto y también como patrón de calidad de dichos productos.

Además de la medición de los puntos de control fotogramétrico, se materializaron en terreno un total de 18 puntos estereoscópicos, cuya ubicación y distribución se muestra en la Figura 4.2.8.6-1.

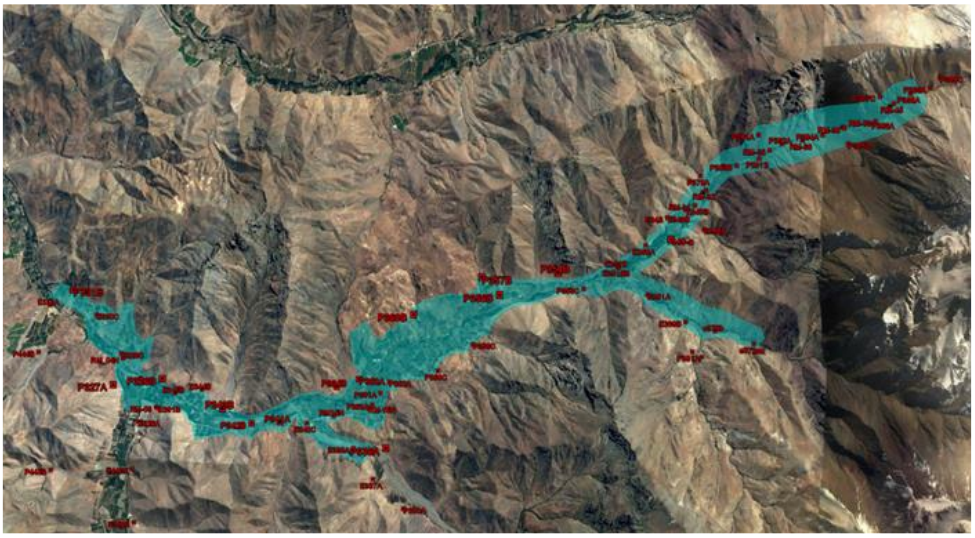


FIGURA 4.2.8.6-1
DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL EN LA ZONA DE ESTUDIO
Fuente: GEOCEN

4.2.9. Estereorestitución Fotogramétrica

4.2.9.1. Generalidades

Para la obtención de la cartografía a escala 1:10.000, se consideró la utilización del vuelo realizado a escala 1:20.000 para la zona planificada.

Para este proyecto, la fotogrametría suministra información de tipo cuantitativa exacta, para lo cual se utilizan procedimientos y equipos métricos precisos.

4.2.9.2. Proceso Digital

Básicamente comienza cuando el operador coloca la "marca" estereoscópica sobre las fotografías aéreas digitales, y establece automáticamente el sistema de coordenadas (UTM).

El trazado es digitalizado sistemáticamente, de tal manera que todos los detalles se almacenan en los elementos básicos, tales como rectas, curvas etc.

Los atributos son ingresados por el teclado, y toda la información es almacenada geográficamente en forma digital.

Las coordenadas del Modelo son entonces medidas; de modo que los parámetros de transformación de modelo a tierra pueden ser establecidos para los datos registrados.

Los puntos de control del Modelo son digitalizados en la modalidad de punto, las líneas en la modalidad de corriente, los puntos discretos en una línea tales como el comienzo y final de líneas rectas.

4.2.9.3. Procedimientos

Los distintos procedimientos de orientación en las Estaciones Fotogramétricas, son los pasos necesarios para establecer a cierta escala específica las condiciones geométricas relativas que existían entre dos fotogramas cuando ellas fueron tomadas.

4.2.9.4. Restitución Digital

Se utilizan las imágenes digitales en alta resolución, obtenidas de la Cámara Aérea Trimble TAC 80 (80 Megapíxeles).

El control a las imágenes del vuelo, considera la precisión geométrica, radiométrica, y su resolución.

A modo de ejemplo se muestra en la Figura 4.2.9.4-1 una imagen del proceso.

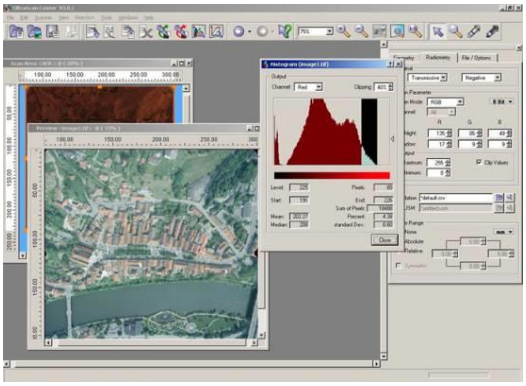


FIGURA 4.2.9.4-1
CHEQUEO IMÁGENES DIGITALES (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: GEOCEN.

Para la restitución se emplean Estaciones Fotogramétricas Digitales Summit Evolution, los cuales permiten realizar todas las funciones de un restituidor analítico en forma totalmente digital. El diseño de este está basado en algoritmos de fotogrametría analítica y de tecnología de imágenes aéreas rasterizadas.

Básicamente el proceso corresponde al uso de monitores preparados para la estereovisión, los cuales proporcionan una velocidad de refresco vertical de 120 Hz, logrando una visión sin temblores e incorporando un adaptador gráfico de alta resolución.

El sistema de visión presenta secuencialmente al ojo izquierdo y derecho la correspondiente imagen de sincronización con el obturador de las gafas LCD.

Con este sistema de control del cursor, es posible capturar las coordenadas x,y,z de cada elemento.

El sistema de restitución permite lo siguiente:

- Obtener Imágenes estables (Sin deformación)
- Generar parámetros de orientación de cada fotograma almacenados junto con las imágenes
- Obtener la salida digital con registro de caracteres para AutoCad.

A modo de ejemplo se muestra en la Figura 4.2.9.4-2 el ingreso de los parámetros en las fotografías, y en la Figura 4.2.9.4-3.

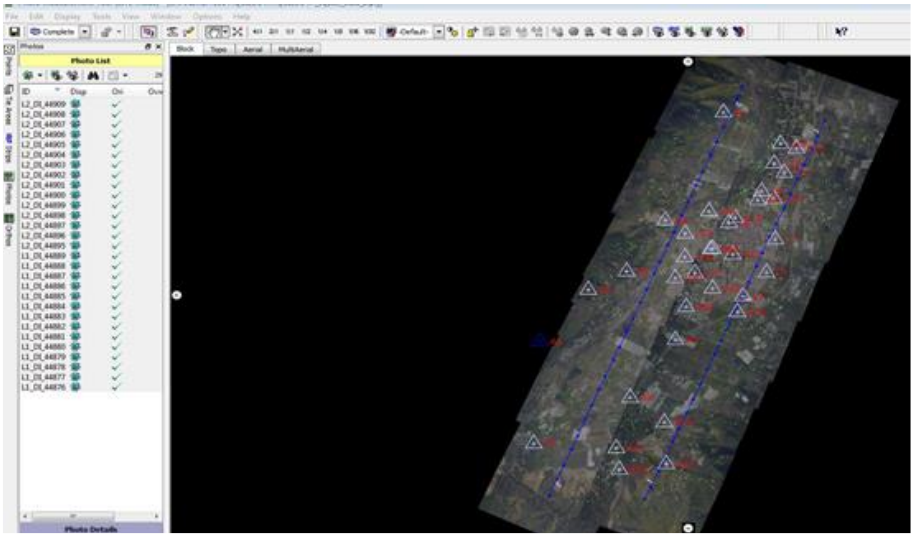


FIGURA 4.2.9.4-2
INGRESO DE LOS PARÁMETROS DE LAS FOTOGRAFÍAS (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: GEOCEN.

Los distintos procedimientos de orientación en las Estaciones Fotogramétricas, son los pasos necesarios para establecer a cierta escala específica las condiciones geométricas.

Finalmente, se realiza la corrección del par estereoscópico empleando los puntos de control medidos en terreno. Esta posición, debe corresponder exactamente a los puntos fotoidentificables en las imágenes, según se muestra en forma esquemática en la Figura 4.2.9.4-4.

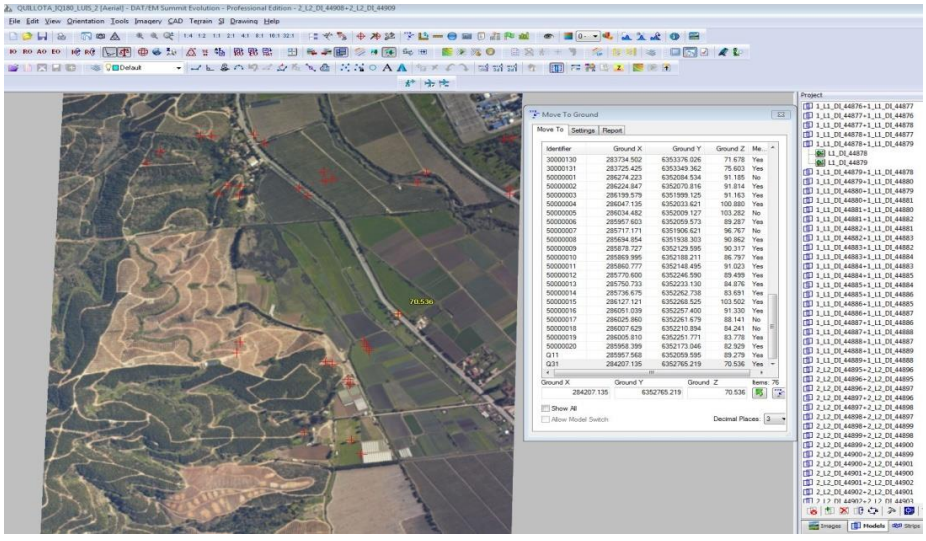


FIGURA 4.2.9.4-3
REVISIÓN DE LOS PARES ESTEREOSCÓPICOS DE CADA IMAGEN (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: GEOCEN.

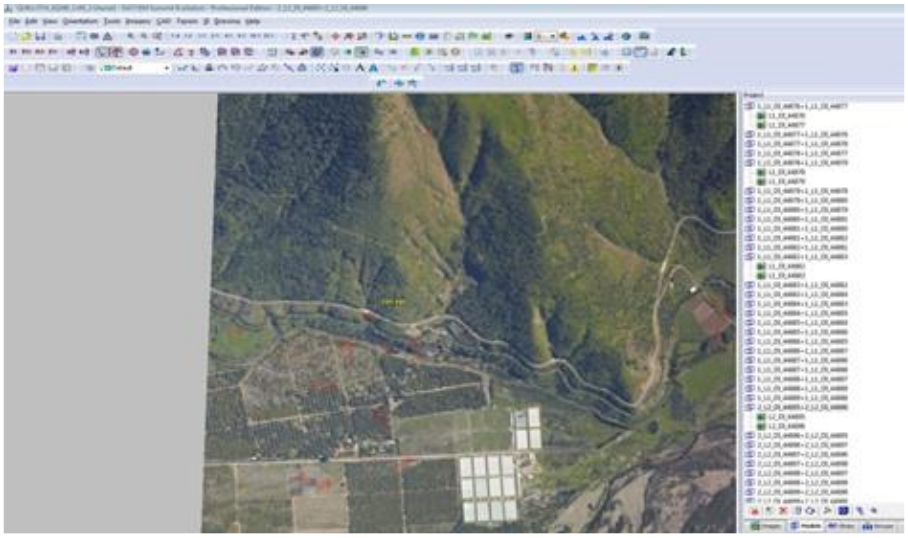


FIGURA 4.2.9.4-4
MODELO FOTOGRAMÉTRICO ORIENTADO (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: GEOCEN.

El proceso de captura de la información a través de la restitución, obedece a la capacidad de contar con la tecnología adecuada, para ello se cuenta con sistemas de restitución digital SUMMIT EVOLUTION, las cuales son estaciones de trabajo fotogramétricas que permiten la captura de datos tridimensionales en entorno AutoCAD, MicroStation. En el Cuadro 4.2.9.4-1 se muestra en forma esquemática el flujo de información para el proceso de restitución digital.

CUADRO 4.2.9.4-1
FLUJO DE TRABAJO PROCESO DE RESTITUCIÓN DIGITAL

Creación del Proyecto	Transformación de Imágenes en formato Tiff al formato nativo smti Importación de los datos del sensor Importación archivo puntos de control (GCP)
Orientación de las Imágenes	Corrección geométrica Generación del modelo fotogramétrico en 3D.
Captura Vectorial	Microstation v-8

Fuente: GEOCEN.

4.2.9.5. Edición de Planos Finales

Concluida la etapa de transferencia de la información, se procede a revisar cada uno de los modelos editados, con el fin de complementar o corregir toda aquella información que no esté de acuerdo con la escala del plano.

4.2.10. Fase de Ortorectificación Digital

El proceso de obtención de la información a través de ortorectificación, obedece a la capacidad de contar con la tecnología adecuada, para ello se cuenta con sistemas de software de la Suite INPHO de TRIMBLE.

Corrección Radiométrica de las Imágenes Aéreas: Las distorsiones o errores en las imágenes aéreas (Sistema Óptico), corresponde a un error que influye en la radiación o el valor radiométrico del Pixel o elemento del terreno. Esto se debe a efectos de la atmósfera, iluminación del sol, cambios de estaciones climáticas, o simplemente ruidos que alteran dichos valores.

Correcciones a considerar: Durante el proceso del revelado de las imágenes, se calculan sus histogramas con relación a las imágenes estándar con los parámetros entregados por la fábrica de la cámara aérea TRIMBLE. Los efectos atmosféricos se controlan según la ventana considerada en el rango del Espectro Electromagnético. El proceso determina el mejor contraste (Diferencia de valor de tono entre las áreas más oscuras y más claras de la imagen), el Brillo (medida de variaciones de intensidad de radiación electromagnética en la zona), y Resolución (Midiendo la habilidad del sensor para discriminar información dentro de la imagen).

A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 4.2.10-1 una imagen de una ortofoto.



FIGURA 4.2.10-1
IMAGEN DE LA ORTOFOTO REALIZADA
Fuente: GEOCEN.

4.2.11. Resultados

Los resultados del proceso se entregan en el Anexos 4-2:

- Índice de Vuelos
- Fotografías
- Datos GPS
- Informe Procesamiento Datos GPS

- Listado de Coordenadas
- Monografías
- Restitución

4.3. Levantamientos Topográficos de Sitios de Embalse (Escala 1:2.000)

4.3.1. Introducción

En el presente acápite se detallan los trabajos realizados para la generación de la cartografía de los sectores en donde se ubicarán los posibles embalses Tranca Morada y San Miguel Alto con una escala de precisión 1:2.000.

Los trabajos geodésicos que se describen a continuación, se han desarrollado consecuentemente según lo establecido en el Manual De Procedimientos Geodésicos Y Topográficos (CNR) versión del año 2015, punto *9 Levantamientos Topográficos* y a lo indicado en las Bases Técnicas del proyecto.

En la Figura 4.3.1-1 se presenta la ubicación de los sitios de embalse.



FIGURA 4.3.1-1
UBICACIÓN GENERAL DE LOS LEVANTAMIENTOS
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Objetivos

4.3.2.1. Objetivo General

Exponer la metodología de obtención y generación de la Cartografía Base de las zonas comprometidas en el proyecto.

4.3.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del estudio son

- Realizar el vuelo digital color escala 1:4.000 de acuerdo al polígono solicitado en la zona de Tranca Morada.
- Generar la Cartografía Base escala 1:2.000 de la zona de emplazamiento del embalse, en la zona de Tranca Morada, considerando la normativa de la CNR para este tipo de Levantamientos y así dar cumplimiento a las tolerancias establecidas en el Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos (CNR) versión del año 2015.
- Materialización de 4 PRs en las zonas de emplazamiento de los embalses, que sirvan como base de los trabajos topográficos.
- Realizar el levantamiento topográfico de la zona de San Miguel Alto con una escala de precisión de 1:2.000, considerando la normativa de la CNR para este tipo de Levantamientos y así dar cumplimiento a las tolerancias establecidas en el Manual De Procedimientos Geodésicos Y Topográficos (CNR) versión del año 2015.

4.3.3. Antecedentes del Vuelo Fotogramétrico

4.3.3.1. Aspectos Generales

La cubierta fotográfica se realizó en enero de 2017, y se ajusta a lo especificado por el mandante para el área comprometida en el estudio (ver Figura 4.3.3.1-1 Área General del Levantamiento Fotogramétrico Sector Tranca Morada). Las tolerancias del trabajo están regidas por las ETT-CNR, numeral *10 Levantamientos Fotogramétricos.*



FIGURA 4.3.3.1-1
ÁREA GENERAL DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO SECTOR TRANCA MORADA
Fuente: TR_Anexo A.

4.3.3.2. Elaboración y Características del Vuelo realizado 1:4.000

Para la planificación de vuelo, se consideró como base el polígono entregado en las bases técnicas (Ver Figura 4.3.3.2-1) correspondientes a la zona de estudio y se determinó la siguiente planificación de vuelo.

- Escala de vuelo 1:4.000
- Asegurar cobertura total del área de estudio, para evitar zonas sin imagen.
- Número de Líneas de vuelo, 1 líneas
- Tamaño de píxel capturado (10 cm)

Para obtener el resultado solicitado por el mandante y cumplir con las especificaciones del proyecto y de acuerdo a la experiencia de GEOCEN en la elaboración de cartografía mediante vuelos Aerofotogramétricos; el vuelo realizado tiene las siguientes características:

- Altura de Vuelo 1.000 m. sobre el terreno en la zona comprendida en el estudio.
- Escala del fotograma 1:4.000

- Cobertura del Fotograma 1.037 m. x 779 m.
- Tamaño del píxel ± 0.10 m.

En la Figura 4.3.3.2-1 se presentan las líneas de vuelos programadas para el presente proyecto (Línea 1 Fotos N° 50322 al 50334).

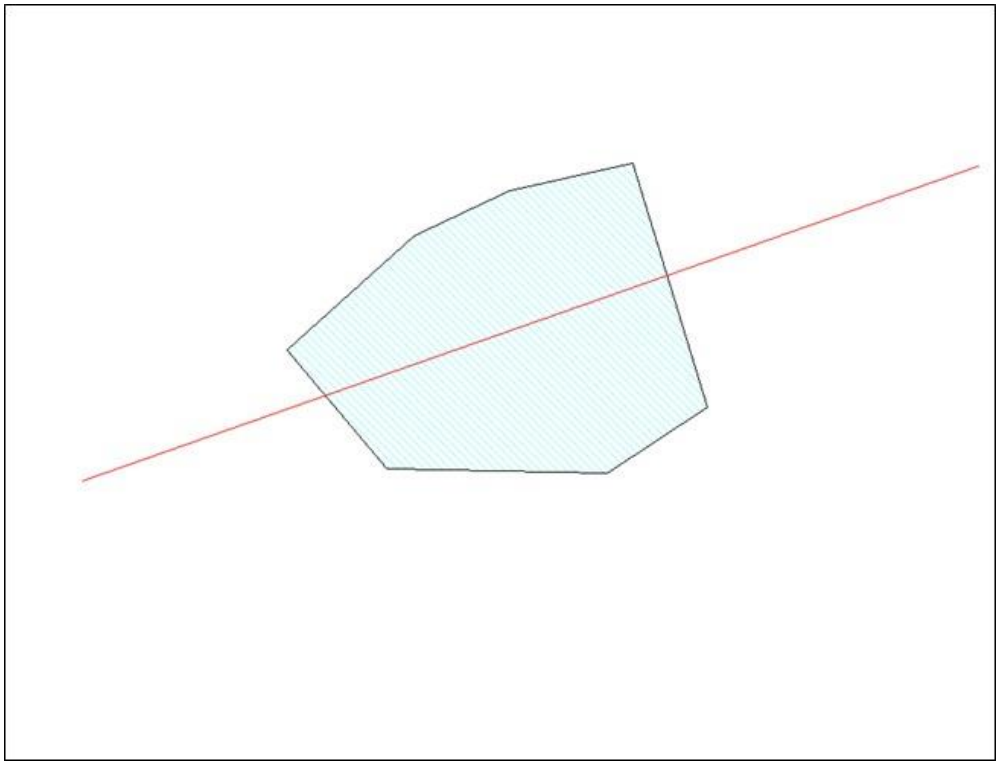


FIGURA 4.3.3.2-1
ESQUEMA LÍNEAS DE VUELO, ESCALA 1:4.000
Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.3. Recubrimientos

Longitudinal: Este recubrimiento es el que genera la continuidad del vuelo (Ver Figura 4.3.3.3-1) y tiene un rango de 60% ± 10% para zonas con relieve variable.

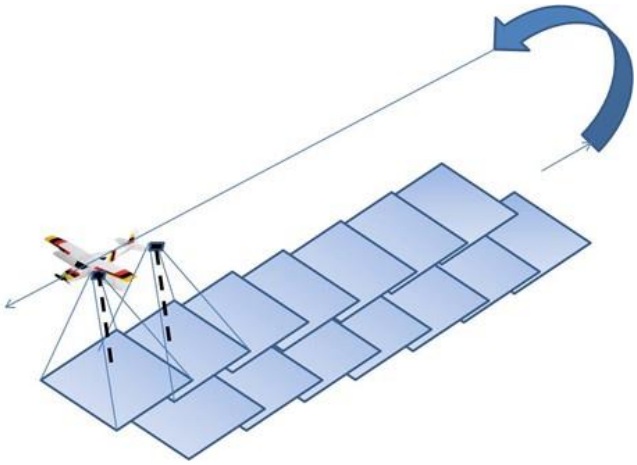


FIGURA 4.3.3.3-1
ESQUEMA RECUBRIMIENTO LONGITUDINAL DURANTE EL VUELO
Fuente: www.emmtopografia.com.

4.3.3.4. Control de Cobertura

El control de cobertura del vuelo se realizó mediante la visualización de las imágenes obtenidas por la cámara digital Trimble TAC-80 verificando que el total de la zona comprendida en el proyecto tenga cobertura fotográfica. En la Figura 4.3.3.4-1 se esquematiza el control de cobertura para el sector Tranca Morada.

De acuerdo a lo planteado en el presente ítem, el vuelo planificado en la zona se efectuó de forma satisfactoria conforme a las exigencias de los productos requeridos; logrando la cobertura completa del área de estudio en la toma de imágenes aéreas con la cámara fotogramétrica Trimble TAC-80.

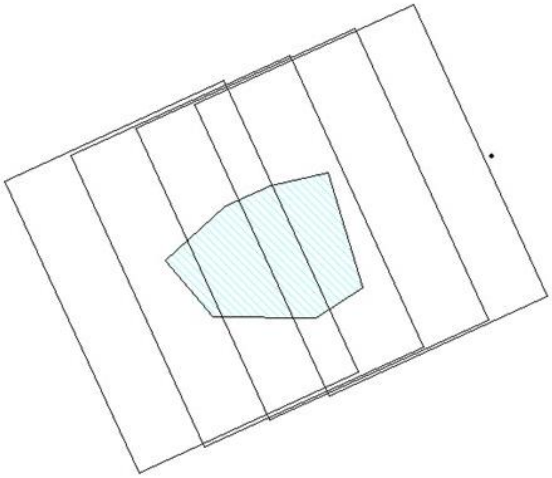


FIGURA 4.3.3.4-1
CONTROL DE COBERTURA SECTOR TRANCA MORADA
Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Equipos Utilizados

4.3.4.1. Aspectos Generales

El siguiente acápite describe el equipamiento utilizado durante la ejecución del vuelo y el apoyo terrestre del levantamiento fotogramétrico.

4.3.4.2. Equipamiento Fase Toma de Fotografías

- **Cámara Fotogramétrica TRIMBLE TAC-80**

Las características de la cámara fotogramétrica son:

- Cámara métrica: Trimble AIC Pro (IQ180+)
- Sensor Size: 10.328 x 7.760 Pixeles
- Tipo de lente: HR-Digaron-W 50 4,0/50 (RGB)
- Tamaño del Pixel 5,2 um

En la Fotografía 4.3.4.2-1 se puede apreciar la cámara Timble TAC – 80.



FOTOGRAFÍA 4.3.4.2-1
CÁMARA TRIMBLE TAC-80
Fuente: Trimble.

4.3.4.3. Receptores (GNSS) Empleados

Las mediciones fueron realizadas con receptores Trimble Modelo R8 y Trimble Modelo R10 Doble frecuencia (L1 y L2) GPS + Glonass RTK con 72 Canales y Portadora L1/L2 de ciclo completo, lo cual garantiza obtener la información necesaria para la solución del tipo Geodésica. Los receptores mencionados se componen como unidad Compacta, tal como se muestra en la Fotografía 4.3.4.3-1.







FOTOGRAFÍA 4.3.4.3-1
EQUIPOS GPS UTILIZADOS EN LOS TRABAJOS
Fuente: Trimble.

La precisión obtenida de los equipos GPS, está determinada por el fabricante y corresponde a:

- Levantamientos GNSS static y faststatic:
  - Horizontal: 3 mm + 0,1 ppm RMS
  - Vertical: 3, 5 mm + 0,4 ppm RMS
- Levantamientos RTK:
  - Horizontal: 20 mm + 1 ppm RMS
  - Vertical: 40 mm + 2 ppm RMS
  - Tiempo de inicialización: por lo general, menos de 25 segundos
  - Fiabilidad de la inicialización: por lo general, más de un 99,9%

4.3.4.4. Software de Procesamiento de datos GNSS

Trimble Business Center es un software diseñado para añadir la fuerza de la tecnología receptora de satélites R-Track™ de Trimble. Con el software Trimble Business Center se puede transferir, datos GNSS y ópticos capturados en el campo a la oficina, para luego ser procesados. Una vez que los mismos hayan sido procesados, simplemente se exportan los datos al programa de software de nuestros clientes.



FIGURA 4.3.4.4-1
PROGRAMA TRIMBLE BUSINESS CENTER – TRIMBLE
Fuente: Trimble.

El software Trimble Business Center integra tareas comunes en un paquete unificado y singular, tareas tales como:

- Importación y exportación de datos de levantamientos topográficos GNSS
- Procesamiento de datos de levantamientos topográficos GNSS, incluyendo las señales GLONASS
- Garantía de calidad y control de calidad de datos (GC/CC)
- Procesamiento de línea base GNSS extremadamente rápido
- Ajuste de red de levantamientos topográficos de mínimos cuadrados para datos GNSS
- Funciones COGO avanzadas
- Transformación de datos y proyecciones
- Creación de sistemas de coordenadas terrestres, y definiciones de sitio basadas en cientos de sistemas de coordenadas publicadas de todo el mundo
- Calibraciones de Sitio
- Reportes

4.3.5. Red Geodésica y Apoyo Terrestre

4.3.5.1. Objetivos de la Medición GNSS

El objetivo principal del proceso de medición en terreno es posicionar en Norte, Este y Altura sobre la superficie terrestre puntos de control fotogramétrico para el proyecto en estudio. Para ello se realizaron mediciones en terreno con equipos GNSS mediante la metodología FastStatic y RTK.

4.3.5.2. Métodos de Medición

a) Estático Rápido (FastStatic)

Similar al método estático, contando como diferencia fundamental, que el tiempo de observación puede reducirse considerablemente a períodos que van desde los 15 a los 30 minutos. Es decir, uno de los receptores actúa de "base" en un punto de coordenadas conocidas recepcionando datos durante todo el tiempo que dure la sesión mientras que el otro, que se denomina "rover", lo hará en todos los puntos que se pretendan determinar sus coordenadas durante el período de tiempo antes enunciado.

Aplicaciones:

- Levantamientos de Control, densificación
- Sustituye al método clásico de poligonación
- Levantamiento de detalles y deslindes
- Apoyos Fotogramétricos

Ventajas:

- Sencillo, rápido y eficiente comparado con los métodos clásicos

b) Real Time Kinematic (RTK)

Adecuada para levantamientos topográficos además de replanteos, como parte del equipamiento de los receptores GNSS se agregan radios modem y antenas de transmisión que permiten la emisión de corrección diferencial (transmisión de información de fase de cada satélite observado) desde un equipo que hace de BASE en un punto de coordenadas conocidas, hacia el o los equipos denominados MOVIL que se posicionan en puntos desconocidos. La corrección se refleja en obtener en los equipos MOVIL coordenadas en terreno en forma instantánea (de ahí su nombre de tiempo real) y con precisiones de centímetro a submétrico, dependiendo del tipo de receptor.

Algunas aplicaciones en:

- Replanteos en general
- Apoyo de puntos estereoscópicos, proceso fotogramétrico.

4.3.5.3. Monumentación

Los nuevos vértices se materializaron en 2 bases (04 vértices) intervisibles, distribuidos de un par por zona de trabajo. La denominación de cada PR fue determinada por las iniciales del estudio RM-XXA y RM-XXB, la materialización se realizó mediante placas de aluminio de 10*10 cm con perno empotrado en afloramientos rocosos.

El criterio para la materialización de los vértices fue el siguiente:

- Situarse bajo cielos despejados y libres de interferencias en la captación satelital
- Asegurar su permanencia en el tiempo.
- Permitir una amplia visión de las zonas de levantamiento.

4.3.5.4. Vinculación Planimétrica

La vinculación al sistema de referencia del proyecto, de los nuevos trabajos se realizó desde los vértices materializados en la etapa previa, en el Sistema SIRGAS, UTM-HUSO 19S. Los vértices utilizados para la vinculación de los nuevos PRs fueron los siguientes:

- Tranca Morada, se utilizaron los PRs existentes RM-33 y RM-34 (Ver Figura 4.3.5.4-1 y Cuadro 4.3.5.4-1).
- San Miguel Alto, se utilizaron los PRs existentes RM-42 y RM-43 34 (Ver Figura 4.3.5.4-2 y Cuadro 4.3.5.4-3).

En adelante, se muestran en los resultados estadísticos de las mediciones realizadas en el proceso de vinculación (Ver Cuadros 4.3.5.4-2 y 4.3.5.4-4)

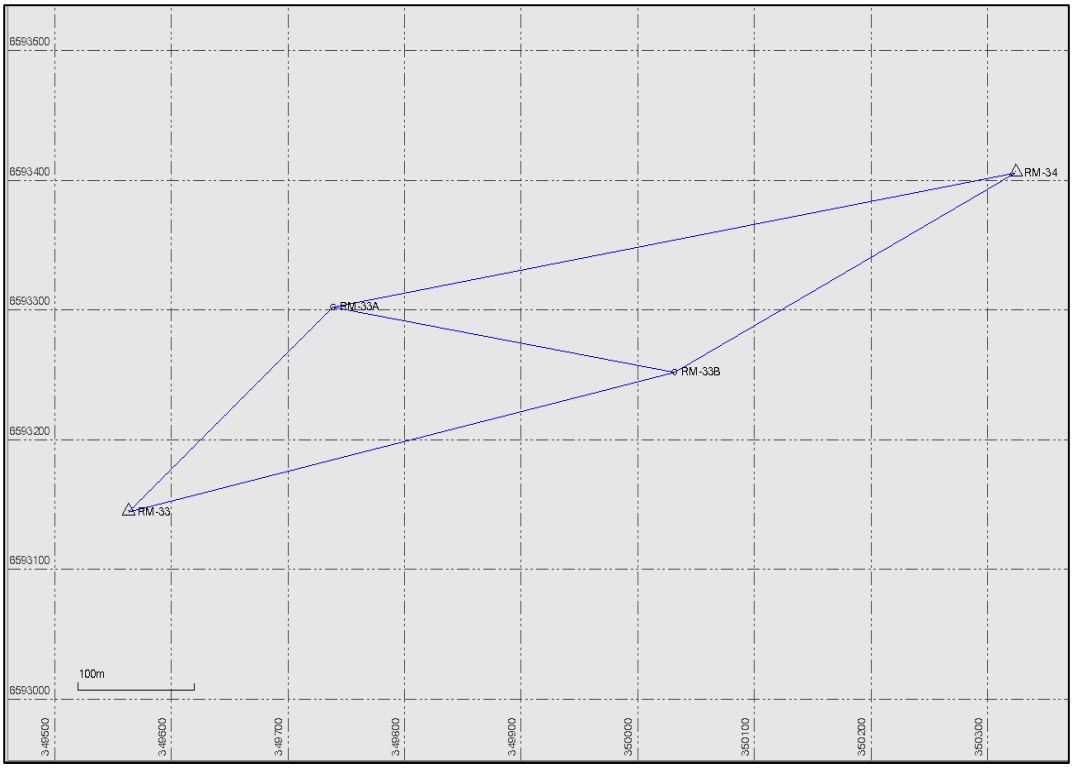


FIGURA 4.3.5.4-1
POLIGONAL DE VINCULACIÓN SECTOR TRANCA MORADA
Fuente: TBC V.3.2

CUADRO 4.3.5.4-1
RESUMEN PROCESAMIENTO LÍNEAS BASE VINCULACIÓN SECTOR TRANCA MORADA

ID Origen	ID de punto	Tipo de solución	PDOP	Precisión h, (95%)	Precisión v, (95%)	Desde altura	A altura	Duración
RM-33	RM-33B	Fija	1,89	0,003	0,004	2,047	1,677	0:53:15
RM-33A	RM-33	Fija	2,68	0,002	0,003	1,623	2,047	0:53:15
RM-33A	RM-33B	Fija	2,68	0,002	0,002	1,623	1,677	1:50:15
RM-33A	RM-34	Fija	2,01	0,003	0,004	1,623	0,995	0:30:50
RM-34	RM-33B	Fija	2,01	0,003	0,004	0,995	1,677	0:30:50

Fuente: TBC V.3.2

CUADRO 4.3.5.4-2
RESUMEN AJUSTE DE RED SECTOR TRANCA MORADA

Informe de ajuste de red

Estadísticas del ajuste

Número de iteraciones para un ajuste exitoso:	2
Factor de referencia de red:	0,95
Prueba de chi al cuadrado (95%):	Pasado
Nivel de confianza de la precisión:	95%
Grados de libertad:	7

Límites de punto de control

ID de punto	Tipo	Este σ (m)	Norte σ (m)	Altura σ (m)	Elevación σ (m)
RM-33	Cuadrícula	Fijo	Fijo		Fijo
RM-34	Cuadrícula	Fijo	Fijo		Fijo
Fijo =0.000001(Metro)					

Coordenadas de cuadrícula ajustadas

ID de punto	Este (m)	Este Error (m)	Valor norte (m)	Valor norte Error (m)	Elevación (m)	Elevación Error (m)	Límite
RM-33	349.563,438	Fijo	6.593.143,805	Fijo	1.496,693	Fijo	ENe
RM-33A	349.738,696	0,001	6.593.301,896	0,001	1.522,291	0,005	
RM-33B	350.031,797	0,001	6.593.251,594	0,001	1.533,086	0,005	
RM-34	350.324,022	Fijo	6.593.405,466	Fijo	1.542,121	Fijo	ENe

Coordenadas geodésicas ajustadas

ID de punto	Latitud	Longitud	Altura (m)	Altura Error (m)	Límite
RM-33	S30°47'06,80235"	O70°34'19,93600"	1.530,192	Fijo	ENe
RM-33A	S30°47'01,74866"	O70°34'13,26084"	1.555,820	0,005	
RM-33B	S30°47'03,51549"	O70°34'02,26355"	1.566,641	0,005	
RM-34	S30°46'58,65164"	O70°33'51,19171"	1.575,719	Fijo	ENe

Fuente: TBC V.3.2

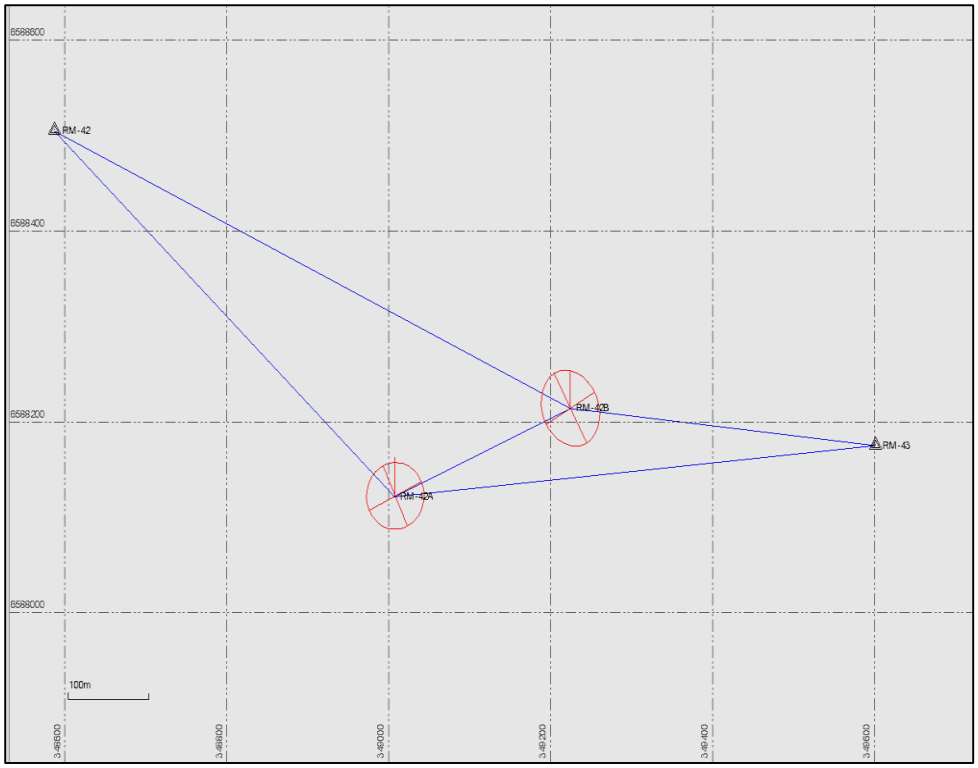


FIGURA 4.3.5.4-2
POLIGONAL DE VINCULACIÓN SECTOR SAN MIGUEL ALTO
Fuente: TBC V.3.2

CUADRO 4.3.5.4-3
RESUMEN PROCESAMIENTO LÍNEAS BASE VINCULACIÓN SECTOR SAN MIGUEL ALTO

ID Origen	ID de punto	Tipo de solución	PDOP	Precisión h, (95%)	Precisión v, (95%)	Desde altura	A altura	Duración
RM-42	RM-42A	Fija	2,2	0,002	0,003	1,789	1,014	0:33:25
RM-42	RM-42B	Fija	1,89	0,004	0,005	1,789	1,98	0:31:20
RM-42A	RM-42B	Fija	1,89	0,003	0,004	1,014	1,98	0:33:25
RM-42A	RM-43	Fija	2,15	0,003	0,005	1,665	1,425	0:33:25
RM-43	RM-42B	Fija	2,44	0,002	0,008	1,425	1,753	0:31:20

Fuente: TBC V.3.2

CUADRO 4.3.5.4-4
RESUMEN AJUSTE DE RED SECTOR SAN MIGUEL ALTO

Informe de ajuste de red

Estadísticas del ajuste

Número de iteraciones para un ajuste exitoso:	2
Factor de referencia de red:	0,95
Prueba de chi al cuadrado (95%):	Pasado
Nivel de confianza de la precisión:	95%
Grados de libertad:	7

Límites de punto de control

ID de punto	Tipo	Este σ (m)	Norte σ (m)	Altura σ (m)	Elevación σ (m)
RM-42	Cuadrícula	Fijo	Fijo		Fijo
RM-43	Cuadrícula	Fijo	Fijo		Fijo
Fijo =0,000001(Metro)					

Coordenadas de cuadrícula ajustadas

ID de punto	Este (m)	Este Error (m)	Valor norte (m)	Valor norte Error (m)	Elevación (m)	Elevación Error (m)	Límite
RM-42	348587,311	Fijo	6.588.503,960	Fijo	1.443,081	Fijo	ENe
RM-42A	349007,669	0,011	6.588.121,033	0,010	1.489,942	0,016	
RM-42B	349224,993	0,012	6.588.213,487	0,013	1.499,529	0,021	
RM-43	349601,636	Fijo	6.588.174,585	Fijo	1.530,530	Fijo	ENe

Coordenadas geodésicas ajustadas

ID de punto	Latitud	Longitud	Altura (m)	Altura Error (m)	Límite
RM-42	S30°49'37,02136"	O70°34'59,11945"	1.476,218	Fijo	ENe
RM-42A	S30°49'49,64887"	O70°34'43,50590"	1.523,100	0,016	
RM-42B	S30°49'46,74630"	O70°34'35,27915"	1.532,713	0,021	
RM-43	S30°49'48,18180"	O70°34'21,12716"	1.563,748	Fijo	ENe

Fuente: TBC V.3.2

En el Cuadro 4.3.5.4-5 se presenta un resumen de coordenadas de nuevos PRS.

CUADRO 4.3.5.4-5
RESUMEN COORDENADAS NUEVOS PRS

COORDENADAS GEODÉSICAS				COORDENADAS UTM		
PUNTO	**LATITUD**	**LONGITUD**	**Altura Elipsoidal (m)**	**NORTE (m)**	**ESTE (m)**	**Altura Ortométrica (m)**
RM-33A	-30°47'01.74866"	-70°34'13.26084"	1.555,820	6.593.301,896	349.738,696	1.522,291
RM-33B	-30°47'03.51549"	-70°34'02.26355"	1.566,641	6.593.251,594	350.031,797	1.533,086
RM-34	-30°46'58.65164"	-70°33'51.19171"	1.575,719	6.593.405,466	350.324,022	1.542,121
RM-33	-30°47'06.80235"	-70°34'19.93600"	1.530,192	6.593.143,805	349.563,438	1.496,693
RM-42	-30°49'37.02136"	-70°34'59.11945"	1.476,218	6.588.503,960	348.587,311	1.443,081
RM-43	-30°49'48.18180"	-70°34'21.12716"	1.563,748	6.588.174,585	349.601,636	1.530,530
RM-42A	-30°49'49.64887"	-70°34'43.50590"	1.523,100	6.588.121,033	349.007,669	1.489,942
RM-42B	-30°49'46.74630"	-70°34'35.27915"	1.532,713	6.588.213,487	349.224,993	1.499,529

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.5. Transformación de UTM a Topográfica

La transformación de coordenadas UTM a Topográficas se realizó a partir de las planillas entregadas en la etapa anterior del proyecto, Se generaron dos circuitos de transformación (uno para cada zona de levantamiento), siguiendo la metodología presentada en la etapa anterior.

4.3.5.6. Vinculación Altimétrica

La vinculación altimétrica de los nuevos vértices materializados para los levantamientos topográficos se realizó desde los PRs existentes más cercanos a las zonas de trabajo.

RM-33 para el sector de Tranca Morada, que cuenta con cota Geométrica de **1.497,674 m.**

RM-42 para el sector de San Miguel Alto, que cuenta con cota Geométrica de **1.443,968 m.**

La tolerancia de la nivelación está dada por:

$e = \pm 0{,}010K^{0{,}5}$ donde:

e: Tolerancia de cierre de nivelación

K: Distancia total del recorrido expresada en kilómetros

En los Cuadros Cuadro 4.3.5.6-1 y 4.3.5.6-2 se presenta un resumen de Nivelación y coordenadas Topográficas respectivamente.

CUADRO 4.3.5.6-1
RESUMEN NIVELACIÓN

Desde	Hasta	Desnivel		Error Cierre	Desnivel Promedio	Cota CORREGIDA	Punto
		Ida	Vuelta				
						1497,674	RM-33
RM-33	RM-33A	25,59458	-25,59472	-0,0001	25,595	1523,269	RM-33A
						1443,968	RM-42
RM-42	RM-42A	46,81806	-46,81852	-0,0005	46,818	1490,786	RM-42A

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.3.5.6-2
RESUMEN COORDENADAS TOPOGRÁFICAS

NORTE (m)	ESTE (m)	Cota geométrica (m)
6.593.303,162	349.740,113	1.523,269
6.593.252,844	350.033,320	1.533,086
6.593.406,775	350.325,650	1.543,104
6.593.145,014	349.564,793	1.497,674
6.588.503,610	348.588,338	1.443,968
6.588.174,120	349.603,019	1.531,392
6.588.120,550	349.008,841	1.490,786
6.588.213,039	349.226,242	1.499,529

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.7. Metodología de medición (Apoyo Aerofotogramétrico)

h) Aspectos Generales

La metodología aplicada en la medición de los puntos de control fotogramétricos para el proyecto, se realizó a partir de los vértices generados en esta etapa del proyecto con la finalidad de garantizar las precisiones requeridas, las mediciones de los puntos de apoyo Aerofotogramétrico se realizaron con la metodología GPS-RTK por medio de radiación, considerando las distancias máximas de las líneas bases, para así cumplir con las precisiones requeridas y asegurar las tolerancias de los productos generados.

i) Medición de los Puntos de Control

La medición de los puntos de control en el apoyo Aerofotogramétrico, además de servir como la base para la georeferenciación de las imágenes tomadas durante el vuelo, permiten el control de calidad de los productos generados en el proyecto.

Para la obtención de puntos de control al vuelo Aerofotogramétrico, se realizan mediciones en terreno sobre detalles que puedan ser fotointerpretados en función de la resolución de las imágenes obtenidas y de la escala de dibujo de la planimetría (Ver Cuadro 4.3.5.7-1).

La técnica de medición GNSS utilizada, garantizó obtener las precisiones requeridas en el control de los productos de este proyecto y también como patrón de calidad de dichos productos.

CUADRO 4.3.5.7-1
RESUMEN COORDENADAS PLANAS TOPOGRÁFICAS APOYO FOTOGRAMÉTRICO

PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	Cota (m)
P409A	6.593.446,530	349.478,991	1.547,057
P409B	6.593.305,680	349.728,529	1.521,887
P409C	6.593.092,710	349.882,706	1.600,436
P410A	6.593.257,950	350.055,597	1.533,226
P410B	6.593.076,090	350.069,964	1.597,758
P411A	6.593.347,460	350.148,048	1.532,449
P411C	6.593.188,270	350.215,433	1.598,779

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6. Estereorestitución Fotogramétrica

4.3.6.1. Generalidades

Para la obtención de la cartografía a escala 1:2.000, se considera la utilización del vuelo realizado a escala 1:4.000 para la zona planificada.

Para este Proyecto, la Fotogrametría suministra información de tipo cuantitativa exacta, para lo cual se utilizan procedimientos y equipos métricos precisos.

4.3.6.2. Proceso Digital

Básicamente comienza cuando el operador coloca la "marca" estereoscópica sobre las fotografías aéreas digitales, y establece automáticamente el sistema de coordenadas (UTM).

El trazado es digitalizado sistemáticamente, de tal manera que todos los detalles se almacenan en los elementos básicos, tales como rectas, curvas etc.

Los atributos son ingresados por el teclado, y toda la información es almacenada geográficamente en forma digital.

Las coordenadas del Modelo son entonces medidas; de modo que los parámetros de transformación de modelo a tierra pueden ser establecidos para los datos registrados.

Los puntos de control del Modelo son digitalizados en la modalidad de punto, las líneas en la modalidad de corriente, los puntos discretos en una línea tales como el comienzo y final de líneas rectas.

4.3.6.3. Procedimientos

Los distintos procedimientos de orientación en las Estaciones Fotogramétricas, son los pasos necesarios para establecer a cierta escala específica las condiciones geométricas relativas que existían entre dos fotogramas cuando ellas fueron tomadas.

4.3.6.4. Restitución Digital

Se utilizan las imágenes digitales en alta resolución, obtenidas de la Cámara Aérea Trimble TAC 80 (80 Megapixeles), tal cual como se aprecia en la Figura 4.3.6.4-1.

El control a las imágenes del vuelo, considera la precisión geométrica, radiométrica, y su resolución.

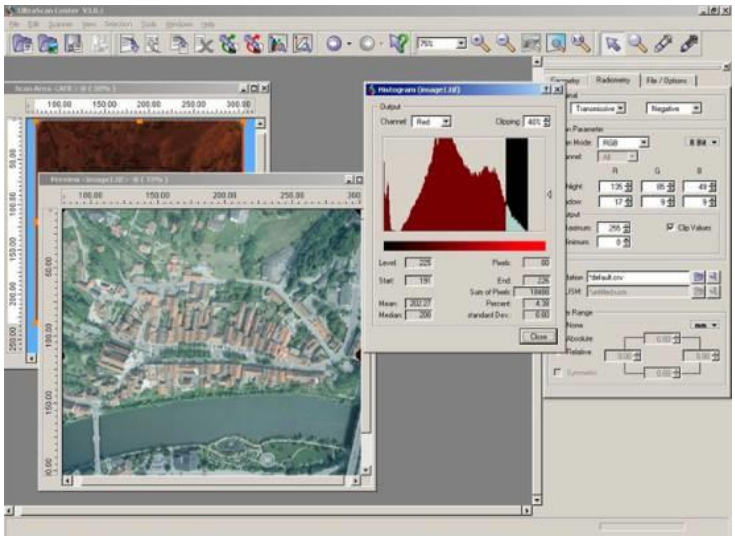


FIGURA 4.3.6.4-1
CHEQUEO IMÁGENES DIGITALES (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: Elaboración propia.

Para la restitución se emplean Estaciones Fotogramétricas Digitales Summit Evolution, los cuales permiten realizar todas las funciones de un restituidor analítico en forma totalmente digital. El diseño de este está basado en algoritmos de fotogrametría analítica y de tecnología de imágenes aéreas rasterizadas.

Básicamente el proceso corresponde al uso de monitores preparados para la estereovisión, los cuales proporcionan una velocidad de refresco vertical de 120 Hz, logrando una visión sin temblores e incorporando un adaptador gráfico de alta resolución.

El sistema de visión presenta secuencialmente al ojo izquierdo y derecho la correspondiente imagen de sincronización con el obturador de las gafas LCD.

Con este sistema de control del cursor, es posible capturar las coordenadas x,y,z de cada elemento. En la Figura 4.3.6.4-2 se aprecia una imagen de referencia que representa el ingreso de los parámetros de las fotografías.

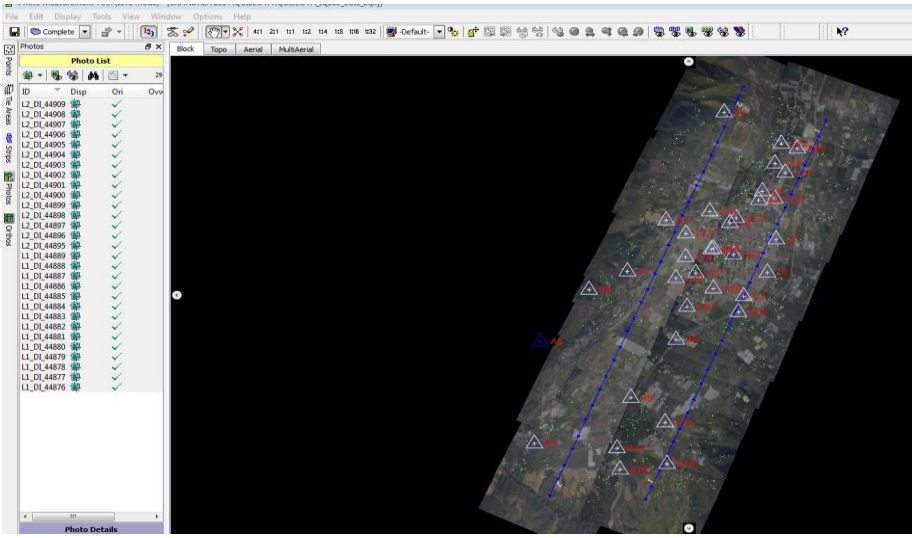


FIGURA 4.3.6.4-2
INGRESO DE LOS PARÁMETROS DE LAS FOTOGRAFÍAS (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: Elaboración propia.

El sistema de restitución permite lo siguiente:

- Obtener Imágenes estables (Sin deformación)
- Generar parámetros de orientación de cada fotograma almacenados junto con las imágenes
- Obtener la salida digital con registro de caracteres para AutoCad.

En la Figura 4.3.6.4-3 se aprecia una imagen de referencia que ejemplifica parte del proceso de revisión de los pares estereoscópicos de cada imagen.

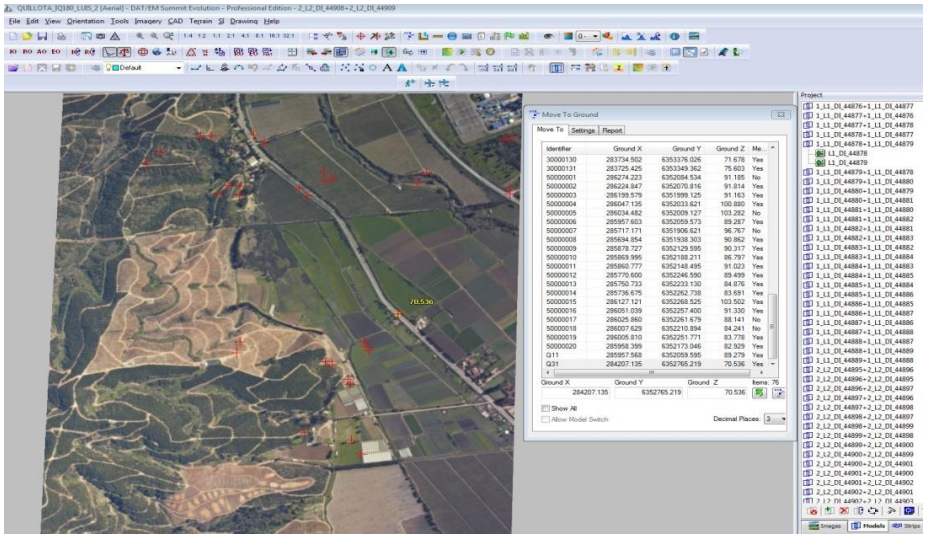


FIGURA 4.3.6.4-3
REVISIÓN DE LOS PARES ESTEREOSCÓPICOS DE CADA IMAGEN (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: Elaboración propia.

Los distintos procedimientos de orientación en las Estaciones Fotogramétricas, son los pasos necesarios para establecer a cierta escala específica las condiciones geométricas.

Finalmente, se realiza la corrección del par estereoscópico empleando los puntos de control medidos en terreno. Esta posición, debe corresponder exactamente a los puntos fotoidentificables en las imágenes (Ver Imagen de referencia en Figura 4.3.6.4-4).

El proceso de captura de la información a través de la restitución, obedece a la capacidad de contar con la tecnología adecuada, para ello se cuenta con sistemas de restitución digital SUMMIT EVOLUTION, las cuales son estaciones de trabajo fotogramétricas que permiten la captura de datos tridimensionales en entorno AutoCAD, MicroStation. En el Cuadro 4.3.6.4-1 se presenta el Flujo de Trabajo del proceso de restitución digital, en tanto en la Fotografía 4.3.6.4-1 se presenta una imagen referencial del proceso.

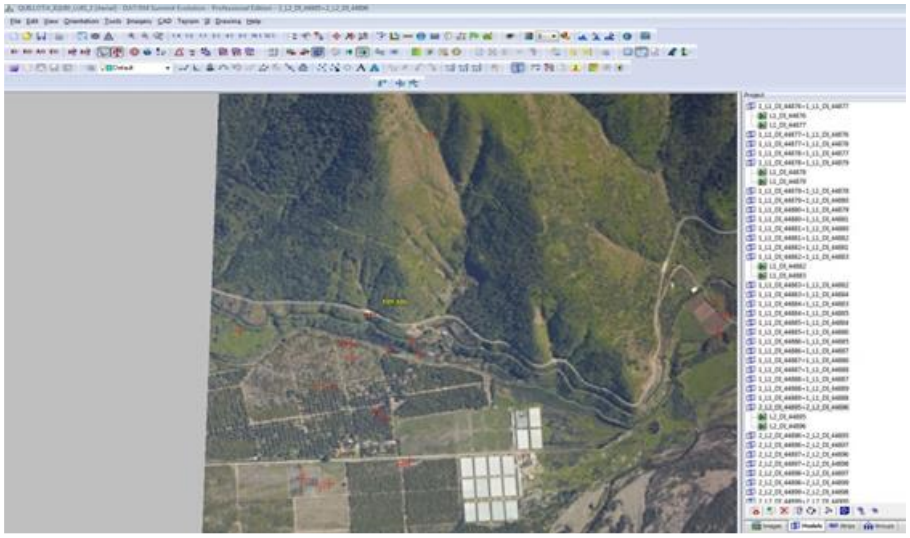
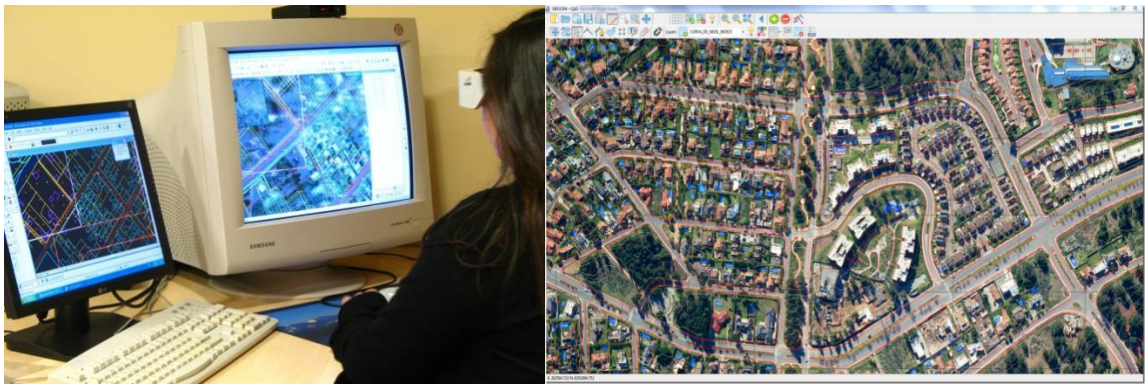


FIGURA 4.3.6.4-4
MODELO FOTOGRAMÉTRICO ORIENTADO (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.3.6.4-1
FLUJO DE TRABAJO PROCESO DE RESTITUCIÓN DIGITAL

Creación del Proyecto	Transformación de Imágenes en formato Tiff al formato nativo. smti Importación de los datos del sensor Importación archivo puntos de control (GCP)
Orientación de las Imágenes	Corrección geométrica Generación del modelo fotogramétrico en 3D.
Captura Vectorial	Microstation v-8

Fuente: Elaboración propia.



FOTOGRAFÍA 4.3.6.4-1
PROCESO DE RESTITUCIÓN DIGITAL (IMAGEN REFERENCIAL)
Fuente: Elaboración propia.

4.3.6.5. Edición de Planos Finales

Concluida la etapa de transferencia de la información, se procede a revisar cada uno de los modelos editados, con el fin de complementar o corregir toda aquella información que no esté de acuerdo con la escala del Plano.

4.3.6.6. Corrección Radiométrica de las Imágenes Aéreas

Las distorsiones o errores en las imágenes aéreas (Sistema Óptico), corresponde a un error que influye en la radiación o el valor radiométrico del Pixel o elemento del terreno.

Esto se debe a efectos de la atmósfera, iluminación del sol, cambios de estaciones climáticas, o simplemente ruidos que alteran dichos valores.

4.3.6.7. Correcciones a Considerar

Durante el proceso del revelado de las imágenes, se calcularán sus Histogramas con relación a las imágenes estándar con los parámetros entregados por la fábrica de la cámara aérea TRIMBLE.

Los efectos atmosféricos se controlan según la ventana considerada en el rango del Espectro Electromagnético.

El proceso determinará el mejor Contraste (Diferencia de valor de tono entre las áreas más oscuras y más claras de la imagen), el Brillo (medida de variaciones de intensidad de radiación electromagnética en la zona), y Resolución (Midiendo la habilidad del sensor para discriminar información dentro de la imagen).

4.3.7. Levantamientos Topográficos

Se realizó un levantamiento topográfico con una precisión de 1:2.000 en el sector denominado San Miguel Alto (ver Figura 4.3.7-1).

La toma de puntos de terreno en los levantamientos Topográficos solicitados se realizó mediante mediciones con Estación Total Trimble, modelo M3 3” y equipos GPS-RTK en el sistema UTM-HUSO 19, estas coordenadas fueron reducidas a coordenadas planas topográficas mediante planillas de transformación, siguiendo la secuencia de cálculo empleada en la entrega anterior.

Para la obtención de la cota de las mediciones realizadas con GPS-RTK, se realizó una “Calibración Local” en el sitio de trabajo con egm2008, lo que consiste en la obtención de parámetros que establecen la relación entre mediciones con el Sistema GNSS y coordenadas locales, en este caso la cota obtenida con Nivelación Geométrica.

Debido a la existencia de zonas rocosas y alta pendiente existentes en la zona de levantamiento, existen sectores que fueron completados con información del levantamiento fotogramétrico realizado anteriormente. Esto con la finalidad de no dejar zonas sin información y por seguridad de los trabajadores que debían subir por dichos sectores.



FIGURA 4.3.7-1
ZONA DE LEVANTAMIENTO SECTOR SAN MIGUEL ALTO
Fuente: Elaboración propia.

4.3.8. Productos Entregados

Como resultado del trabajo realizado se entregan los siguientes resultados:

j) Información sobre los nuevos PRs generados en cada zona de levantamiento.

k) Cartografía a escala 1:2.000 en formato DWG, Planos MTZ-RES-012 Levantamiento Tranca Morada y MTZ-RES-013 Levantamiento San Miguel Alto.

En el Anexo 4-3 se detallan los siguientes antecedentes:

- Datos GPS
- Monografías PRs de Vinculación
- Informes Procesamiento Datos GPS
- Nivelación
- UTM a Planas Topográficas
- Listado de Coordenadas
- Monografías
- Levantamientos escala 1:2.000

4.4. Catastro de Captaciones de Aguas Subterráneas

4.4.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del catastro de extracciones subterráneas realizadas dentro del área de estudio, la cual ha sido plasmada en un Sistema de Información Geográfico (SIG) compatible con el SIIR de la comisión Nacional de Riego, entregándose de esta forma información espacial referida a la ubicación de los diferentes tipos de extracciones de agua subterránea identificadas en terreno, junto con los antecedentes propios de cada sitio de extracción catastrado.

4.4.2. Catastro

4.4.2.1. Metodología

El catastro de captación de agua subterránea se ha generado a partir de la recopilación de antecedentes en campaña de terreno, desarrollada entre el 23 de enero y el 23 de febrero de 2017. La metodología empleada consta de una inspección in situ de cada sitio de extracción de agua subterránea, tomando como referencia la constancia de sitios identificados en estudios previos y los registros de Captaciones de Agua Subterráneas de la DGA en el Catastro Público de Aguas (CPA), lo cual se complementó con antecedentes señalados por colaboradores locales como fuente primaria. Los antecedentes recopilados se registraron en una ficha de catastro, constatando diversos antecedentes de interés, entre ellos: el tipo de obra, sean estos pozos, norias, socavones, drenes u otros; su ubicación por coordenadas UTM; sus dimensiones (diámetro, profundidad y niveles característicos), tipo y periodo de uso; método de extracción; entre otros, complementado con un registro fotográfico de apoyo. (En Anexo 4-4 se presenta el Formato de Ficha de Catastro utilizado).

Por definición, se utilizó los siguientes conceptos asociados a obras de captación subterráneas:

- **Pozo Profundo o Sondeo:** Un pozo profundo es una perforación en el subsuelo, la cual va revestida de una tubería con el fin de impedir el derrumbe, esta tubería es ranurada en su parte inferior para que el acuífero aporte con agua y pueda ser extraída mediante bombas de distintos accionamientos. La profundidad del pozo se determina realizando un estudio previo basado en técnicas como la resistividad eléctrica, y en general superan los 30 m, con diámetros que fluctúan entre 6 y 16 pulgadas.

- **Norias:** Son perforaciones de poca profundidad, en general no más allá de 20 m, y con diámetros usuales de 1 a 3 m. Su objetivo es captar y extraer aquellas aguas que escurren en forma subterránea por acuíferos cercanos a la superficie del suelo. Normalmente estos acuíferos son el tipo freático, es decir, no están sometidos a presión interna y para extraer el agua es necesario bombearla. Por lo general estas excavaciones son revestidas en los primeros tramos para evitar derrumbes.

- **Socavones:** Son excavaciones con características similares a las norias, por lo general de mayores dimensiones, aunque con profundidades que no suelen superar los 10 m, sin que exista revestimiento de sus bordes.

- **Punteras:** Corresponden a tubería metálica o de PVC de diámetros de entre 30 y 50 mm, que se hincan en el terreno y que se interconectan en la superficie, en acople con un equipo de bombeo. Este método de perforación es utilizado de preferencia en sedimentos sueltos de grano fino, y con profundidades entre 6 y 15 m.

- **Zanjas y Drenes:** Se trata de excavaciones lineales de escasa profundidad, que actúan a modo de colector, realizados generalmente sobre materiales permeables poco consolidados, donde el nivel de agua se haya próximo a la superficie. Dentro de estas zanjas, se instala una tubería filtrante con ranuras apropiadas al material que lo rodea, y/o bien se procede al relleno con grava o piedras que permitan el libre paso del agua. La evacuación del agua se realiza normalmente por gravedad, aunque el agua puede ser conducida en último término a pozos desde donde será extraída mediante bombeo.

- **Captaciones en Vertientes:** Son obras de captación naturales, donde normalmente aflora el agua al cortar a la superficie piezométrica (napa freática), la superficie del terreno; aunque también pueden ocurrir en zonas donde existen rocas fracturadas. En general y debido a que son descargas naturales de los acuíferos, su productividad persiste durante todo el año o puede variar hasta agotarse, y su rendimiento será un índice de la calidad del acuífero que las alimenta.

Posterior a la toma de datos en terreno, los antecedentes recopilados fueron sistematizados en gabinete, generando una base de datos del catastro (ver Anexo 4-4), la cual fue revisada y analizada, de modo de verificar la información a modo de corregir antecedentes erróneos, tanto por su ubicación y descripción, para lo cual, se toma como referencia el apoyo de imágenes satelitales y fotografías de respaldo, de modo de contar con antecedentes coherentes para su análisis.

Cabe destacar la complejidad que se tuvo en terreno para acceder a los antecedentes considerados en la ficha de catastro, dado que para gran parte de las captaciones visitadas no se pudo contactar a los propietarios de las obras en cuestión, quienes por lo general mantienen información de importancia para el catastro, en este sentido de igual forma se recogió información aportada por informantes claves como celadores, administradores de predios y operarios de sistemas de captación.

Es importante considerar que para la mayoría de las obras visitadas no se mantienen informes asociados a pruebas de bombeo ni planos de construcción, dado que por lo general estas resultan ser construcciones improvisadas que no han pasado por un proceso de inscripción ante la Dirección general de Aguas (DGA). Para el caso de las captaciones llevadas a cabo por servicios de APRs, se solicitó a la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) los antecedentes relacionados con Informes técnicos de construcción (informe Prueba de Bombeo y Plano de construcción) además de registros históricos de niveles y calidad de agua. En respuesta a la solicitud realizada, la DOH da cuenta de la escasa información con que cuenta, considerando la antigüedad de las construcciones asociadas a estos

servicios de APRs, por lo cual sólo se hace entrega de información de niveles de fuentes para el mes de junio de 2016 (Ver Anexo 4-4). De igual forma se solicitó a la DGA, vía solicitud de transparencia, Información técnica contenida en Expedientes de Solicitud de Derechos de Agua registrados para el área de estudio de acuerdo a los antecedentes registrados en el Catastro Público de Aguas. Los antecedentes en cuestión aportados por la DGA han quedado contenidos en Anexo 3-1 (ver Diagnostico Organizacional y Legal en Capítulo 3).

En Anexo 4-4 se presentan las fichas con información catastrada, así como también, un álbum fotográfico asociado a cada sitio de extracción.

En adelante se describen los diferentes tipos de extracciones subterráneas identificadas en terreno dentro del área de estudio.

4.4.2.2. Resultados Catastro de Extracciones Subterráneas

a) Antecedentes Generales

Dentro del área de estudio se pudo constatar la presencia de diversos tipos de extracción de agua subterránea ubicados en el acuífero Río Mostazal, Código DGA IV-14, específicamente en las localidades de Rapelcillo, San Miguel, Agua amarilla, Pedregal, Tulahuencito y Colliguay.

A partir de la campaña de terreno se pudo constatar la presencia de cinco captaciones registradas en el CPA (Captaciones vinculadas a los propietarios; Renato Flores y APRs Colliguay, Pedregal, El Maqui y el Maitén), además de otras captaciones que no se mantienen en los registros de la DGA.

En total se identificaron 22 sitios de extracción de agua subterránea, destacándose: Pozos profundos, utilizados en el área de estudio por servicios de Agua Potable Rural (APR); Norias, destinados principalmente para riego; Socavones, que al igual que las norias son destinados para riego, siendo utilizados eventualmente para descargar a canales de regadío en cotas más bajas como aporte a la red de distribución de agua de riego superficial; extracciones en vertientes, ya sea para agua potable como para su uso en riego agrícola; y finalmente extracciones a partir de drenes, utilizados para habilitar sectores con interés agrícola, lo cual en la actualidad se ha traducido en la presencia de superficies con plantaciones de viñedos y cultivos de alfalfa en el sector de Pedregal, realizándose la descarga de agua drenada al río Mostazal (Ver Figura 4.4.2.2-1).

En adelante se describe cada uno de los sitios catastrados, en relación al sistema de extracción realizada, tomando como fuente de antecedentes aportados por informantes claves locales, registrándose datos que pueden diferir de información bibliográfica analizada previamente.

b) Pozos Profundos

En el área de estudio se identificó un número de 3 sitios de extracción de tipo pozo profundo, que en total suman un caudal de explotación de 15,2 l/s. La totalidad de estos sitios de

extracción corresponden a servicios de agua potable rural (APRs), los cuales se han mantenido un uso entre 20 años y 32 años, dependiendo de cada caso. En general estos pozos se encuentran en un buen estado.

Estos APRs, extraen agua mediante bombas superficiales durante todo el año, entre 8 y 18 horas diarias. Respecto a los niveles estáticos de extracción, estos varían entre 3 y 5 m; mientras que la mayor profundidad de extracción se presenta en el APR Colliguay con 59 m de profundidad (ver Cuadro 4.4.2.2-1).

De forma particular, se destaca que sólo dos de estos pozos, del total de las captaciones catastradas, cuenta con información de pruebas previas de gasto constante y recuperación, este es el caso de los pozos de APRs Colliguay y Pedregal (Ver antecedentes en Expedientes DGA en Anexo 4-4). A partir del Informe Técnico DARH Ovalle 26-2011 se da cuenta que en el pozo del APR Colliguay, para un caudal de bombeo constante de 4,7 l/s el nivel del pozo se deprime 0,5 m; en tanto en Informe Técnico DARH 73-2011 referido a pozo APR Pedregal, se destaca que el caudal Máximo disponible es de 9,8 l/s, estabilizándose a los 10,12 m. Además, cabe señalar que sólo se cuenta con Planos de Construcción del Pozo en APR Pedregal contenido en expediente de solicitud de derecho (Ver Anexo 3-1).

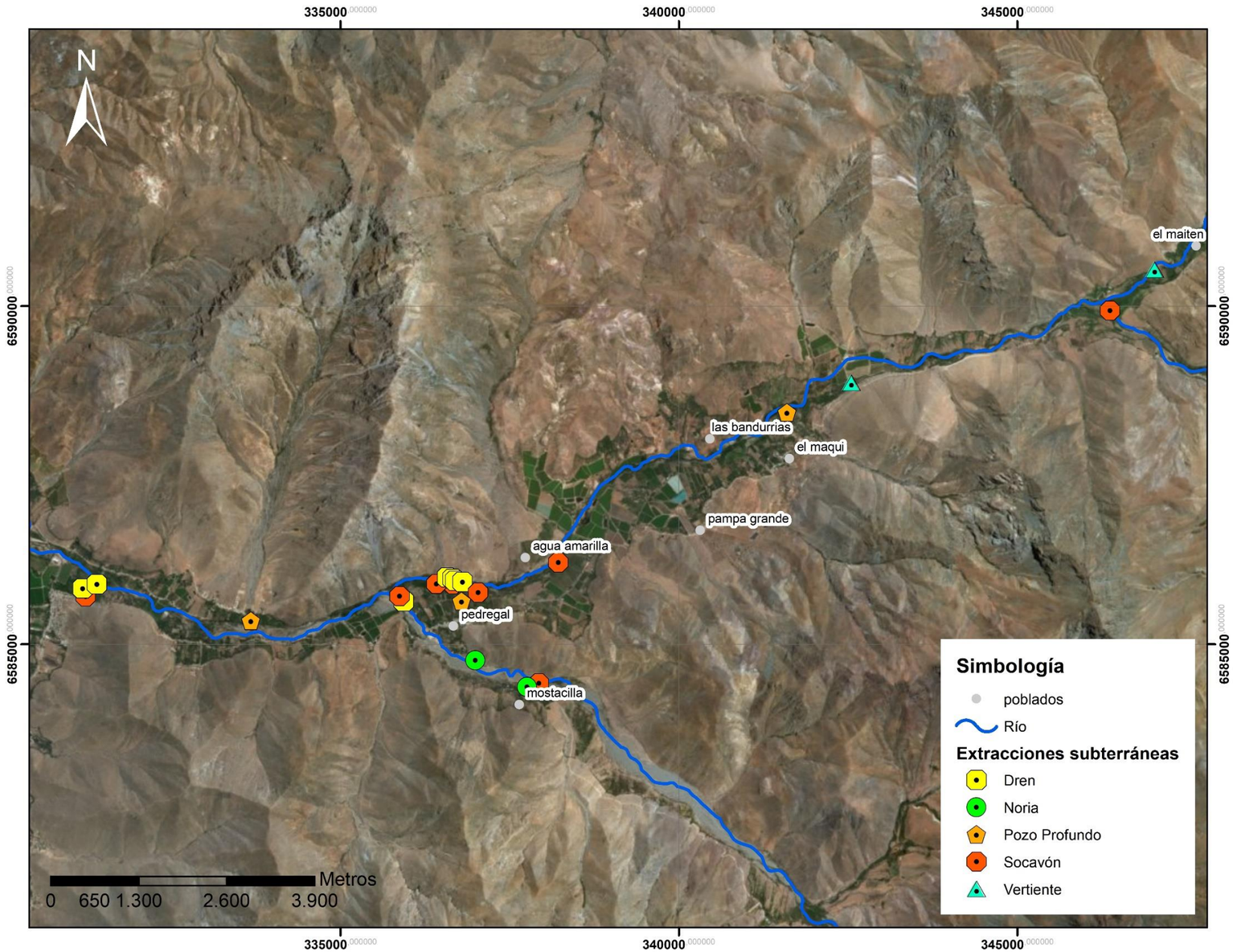


FIGURA 4.4.2.2-1
MAPA EXTRACCIONES SUBTERRÁNEAS
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.4.2.2-1
PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA POR POZO PROFUNDO

ID Ficha (Sitio Catastrado)	1	2	4
Tipo de obra	Pozo Profundo	Pozo Profundo	Pozo Profundo
Propietario/Propiedad	APR Pedregal	APR El Maqui	APR Colliguay
Localidad	Pedregal	El Maqui	Colliguay Alto
Caudal (l/s) (*)	3,5 l/s	6 l/s	5,7 l/s
Coordenada Norte	6585636	6588427	6585345
Coordenada Este	336790	341598	333677
Estado	Bueno	Bueno	Bueno
Antigüedad (Años)	32	(S/I)	20
Diámetro de Obra (m)	0,06	0,06	0,06
Profundidad Total (m)	30,00	16,00	59,00
Nivel Estático	3,00	5,00	4,00
Nivel dinámico	7,00	8	7,00
Altura Actual	27,00	11,00	55,00
Uso	Potable	Potable	Potable
Uso Horas día (Actual)	12,00	12,00	12,00
Periodo de uso	Todo el año	Todo el año	Todo el año
Horas secado	(S/I)	(S/I)	(S/I)
Horas Recarga	(S/I)	(S/I)	(S/I)
Tipo Extracción	Mecánico	Mecánico	Mecánico
Tipo Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Tipo Consumo	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica
Potencia	7,5 HP 6,40 kW	380 Vlt 11 kW	(S/I)

(*): Asociado a valor de explotación registrado en entrevista de terreno.

(S/I): Sin información.

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

La información completa proveniente del catastro se encuentra en Anexo 4-4.

En Figura 4.4.2.2-2 se presenta espacialmente ubicación de pozos catastrados.

En Fotografía 4.4.2.2-1 se presentan parte del registro fotográfico del catastro de pozos (Ver registro fotográfico completo en Anexo 4-4).



Ficha 1: APR Pedregal



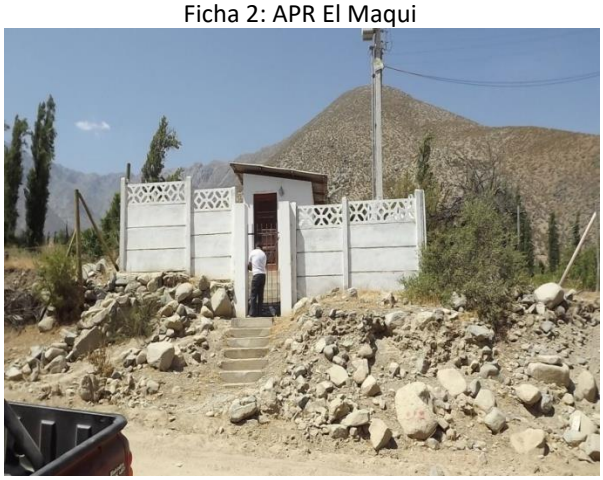
Ficha 1: APR Pedregal



Ficha 2: APR El Maqui



Ficha 2: APR El Maqui



Ficha 4: APR Colliguay



Ficha 4: APR Colliguay

FOTOGRAFÍA 4.4.2.2-1
REGISTRO FOTOGRÁFICO POZOS CATASTRADOS
Fuente: Equipo Consultor.

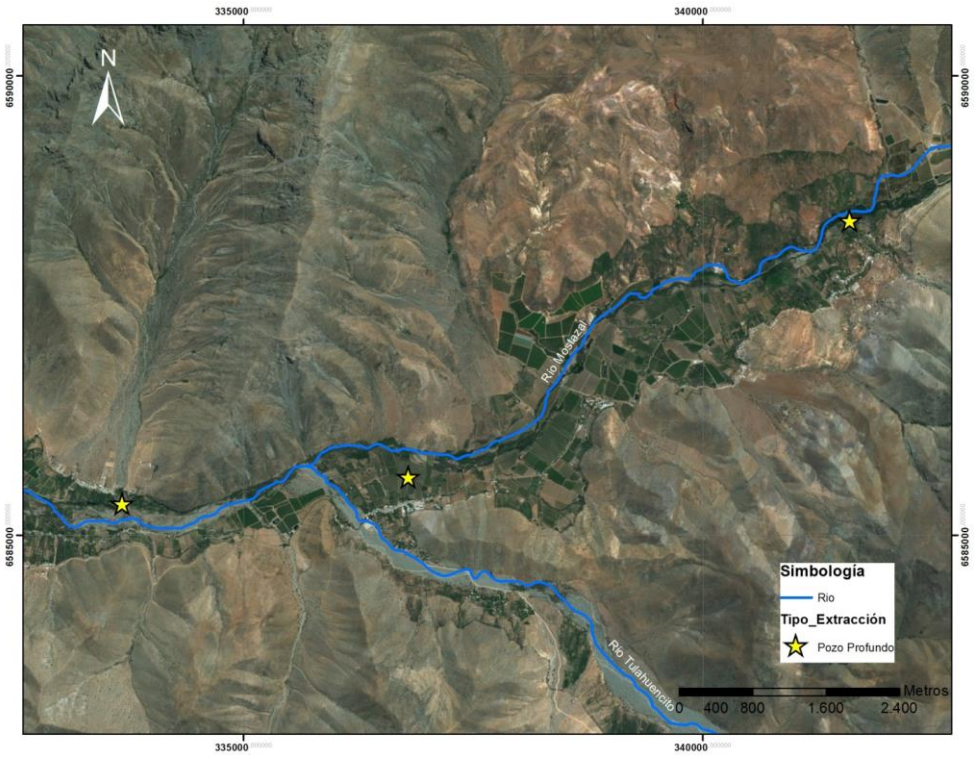


FIGURA 4.4.2.2-2
UBICACIÓN ESPACIAL DE POZOS CATASTRADOS
Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

c) Norias

Del catastro en la zona, se registraron dos obras de extracción tipo noria. La noria más antigua alcanza los 30 años, se encuentra en desuso, sin inscribir y presenta una profundidad de 8 m.

La otra noria se encuentra inscrita y su uso es agrícola, presenta estructura de hormigón y una bomba eléctrica sumergible para la extracción; El periodo de funcionamiento varía entre 8 y 12 horas.

En el Cuadro 4.4.2.2-2 se entrega un resumen del catastro de norias, cuya ubicación espacial se muestra en la Figura 4.4.2.2-3.



FIGURA 4.4.2.2-3
UBICACIÓN ESPACIAL DE NORIAS CATASTRADAS
Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

En Fotografía 4.4.2.2-2 se presentan parte del registro fotográfico del catastro de norias.


Ficha Nº 6: Sector Tulahuencito


Ficha Nº 7: Sector Tulahuencito

FOTOGRAFÍA 4.4.2.2-2
REGISTRO FOTOGRÁFICO NORIAS CATASTRADAS
Fuente: Equipo Consultor.

CUADRO 4.4.2.2-2
PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA POR NORIAS

ID Ficha (Sitio Catastrado)	6	7
Tipo de obra	Noria	Noria
Propietario/Propiedad	Renato Flores	Amadiel Tapia (Familia Olivares)
Localidad	Tulahuencito	Tulahuencito
Caudal (l/s)	(S/I)	(S/I)
Coordenada Norte	6584368	6584763
Coordenada Este	337756	336994
Estado	Bueno	Malo
Antigüedad (Años)	2	30
Diámetro de Obra (m)	1,50	1,30
Profundidad Total (m)	4,00	8,00
Nivel Estático	2,00	7,00
Nivel dinámico	S/I	S/I
Altura Actual	2,00	1,00
Uso	Agrícola	Sin Uso
Uso Horas día (Actual)	11,00	0,00
Periodo de uso	S/I	S/I
Horas secado	(S/I)	(S/I)
Horas Recarga	(S/I)	(S/I)
Tipo Extracción	Mecánico	Manual
Tipo Bomba	Sumergible	(S/I)
Tipo Consumo	Eléctrica	(S/I)
Potencia	(S/I)	(S/I)

(S/I): Sin información.

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

d) Socavones

De las extracciones subterráneas catastradas, diez corresponden a Socavones; todos de uso agrícola. La antigüedad de los Socavones varía entre 4 y 30 años.

Es importante destacar que dos de los Socavones descargan por gravedad al canal mediante mangueras (1,5" y 2"), por lo cual se considera que están en funcionamiento a tiempo completo. Los otros dos Socavones, poseen bombas sumergibles para la extracción del agua, las cuales funcionan entre 5 y 8 horas diarias.

Más datos del catastro de socavones se muestran en Cuadro 4.4.2.2-3.

En Figura 4.4.2.2-4 se presenta espacialmente ubicación de Socavones catastrados.

CUADRO 4.4.2.2.-3
PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA POR SOCAVONES

ID Ficha (Sitio Catastrado)	5	8	10	11	12	17	18	19	20	22
Tipo de obra	Socavón	Socavón	Socavón	Socavón	Socavón	Socavón	Socavón	Socavón	Socavón	Socavón
Propietario/Propiedad	Renato Flores	Fundo San Miguel	S/I	Familia Olivares	Nivaldo Rodríguez	Aldo Contreras	Reinaldo contreras	Juan Castillo	S/I	Gonzalo Muñoz
Localidad	Tulahuencito	San Miguel	Agua Amarilla	Pedregal	Pedregal	Pedregal	Lomita Baja de Carén	Lomita Baja de Carén	Lomita Baja de Carén	Pedregal
Caudal (l/s)	(S/I)	(S/I)	(S/I)	(S/I)	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Coordenada Norte	6584422	6589931	6586209	6585888	6585891	7E+06	6585704	6585824	7E+06	6585710
Coordenada Este	337929	346370	338217	336660	336416	337034	331233	331190	331399	335871
Estado	Malo	Regular	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo
Antigüedad (Años)	30	4	8	20	S/I	S/I	30	50	80	50
Diámetro de Obra (m)	6,00	30	2	5	4	5	3	4	5	4
Profundidad Total (m)	2,10	3	1,5	2,25	1,5	2,7	5	4,2	4	3,2
Nivel Estático	1,10	1,2	1	0,15	0,5	1	1	-	-	0,8
Nivel dinámico	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	-	-	-	2,1
Altura Actual	1,00	1,8	0,5	2,1	1	1,7	4	-	-	2,4
Uso	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola
Uso Horas día (Actual)	24,00	8	24	5	24	S/I	12	24	25	4
Periodo de uso	S/I	S/I	Todo el año	S/I	S/I	S/I	S/I	Todo el año	Todo el año	Todo el año
Horas secado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Horas Recarga	-	-	0	-	-	-	-	-	-	1
Tipo Extracción	Gravitacional	Mecánico	Gravitacional	Mecánico	Gravitacional	Gravitacional	Mecánico	Gravitacional	Gravitacional	Mecánico y Gravitacional
Tipo Bomba	-	Sumergible	-	Superficial	-	-	Sumergible	-	-	Superficial
Tipo Consumo	-	Eléctrica	-	Combustible	-	-	Eléctrica	-	-	Combustible
Potencia	-	S/I	-	S/I	-	-	S/I	-	-	S/I

(S/I): Sin información.

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

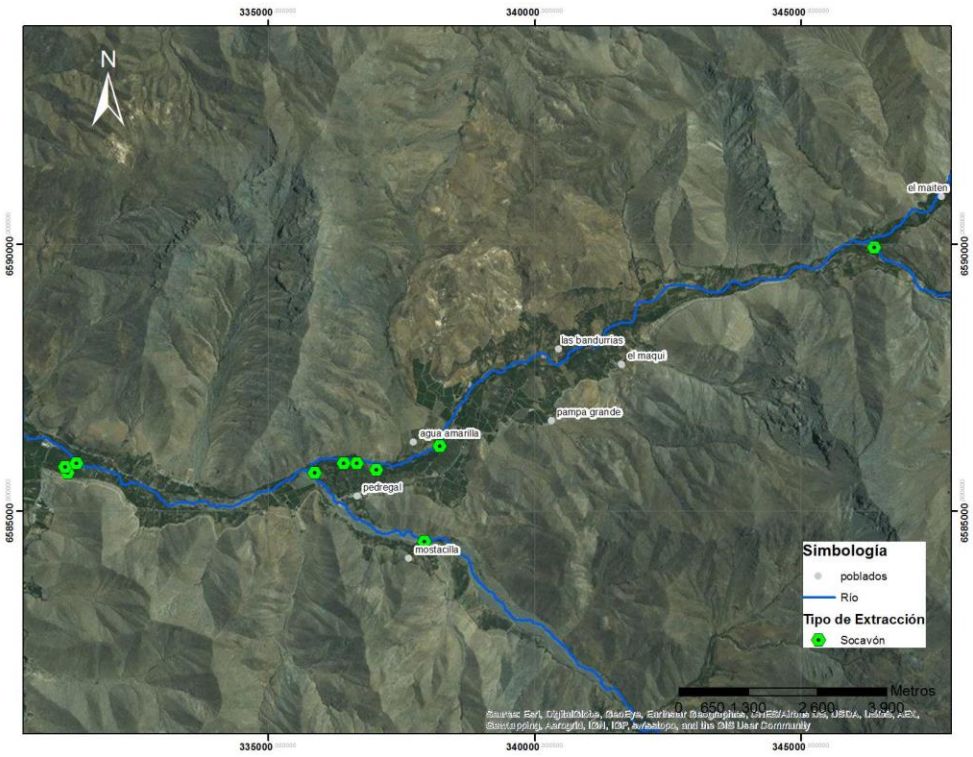


FIGURA 4.4.2.2-4
UBICACIÓN ESPACIAL DE SOCAVONES CATASTRADOS
Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

En Fotografía 4.4.2.2-3 se presentan parte del registro fotográfico del catastro de Socavones (Ver registro fotográfico completo en Anexo 4-4).



Ficha Nº 5: Sector Tulahuencito



Ficha Nº 8: Fundo San Miguel



Ficha Nº 10: Agua Amarilla



Ficha Nº 11: Pedregal



Ficha Nº 12: Agua Amarilla



Ficha Nº 17: Pedregal



Ficha Nº 18: Lomitas de Carén



Ficha Nº 19: Lomitas de Carén



Ficha Nº 20: Lomitas de Carén



Ficha Nº 22: Pedregal

FOTOGRAFÍA 4.4.2.2-3
REGISTRO FOTOGRÁFICO SOCAVONES CATASTRADOS
Fuente: Equipo Consultor.

e) Extracciones desde Vertientes

En el área de estudio, se identificaron sólo dos vertientes de los cuales se hace extracción. Una de estas se usa para el abastecimiento de agua potable por parte del APR El Maitén; y la otra, luego de su afloramiento, presenta un gran sector de acumulación (45 m de diámetro aproximadamente) donde se retiene el agua para riego. Cabe destacar que se ha realizado además un catastro de vertientes o afloramientos de aguas subterráneas en Capítulo 5 del presente Informe, en donde se precisa cada uno de estos independiente de si se realiza una captación efectiva para un determinado uso.

En particular la extracción de agua por el APR el Maitén se realiza a través de dos bombas sumergibles que trabajan alternadamente; el periodo de funcionamiento total de las bombas varía entre 8 y 14 horas. El caudal utilizado por este APR es de 1,5 l/s (de acuerdo a solicitud de derechos de agua).

Por su parte la otra extracción a vertiente se hace a través de una bomba superficial, que funciona entre 6 y 8 horas diarias. El sector de acumulación posee una profundidad de 3,6 m y una altura estática de 1,20 m (actualmente presenta una altura de agua de 2,4 m).

Otros detalles sobre estas extracciones se presentan en el Cuadro 4.4.2.2-4.

CUADRO 4.4.2.2-4
PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA DESDE VERTIENTES

ID Ficha (Sitio Catastrado)	3	9
Tipo de obra	Vertiente	Vertiente
Propietario/Propiedad	APR EL Maitén	Fundo La Campana
Localidad	El Maitén	Rapelcillo
Caudal (l/s)	(S/I)	(S/I)
Coordenada Norte	6590540	6588867
Coordenada Este	347017	342535
Estado	Bueno	Bueno
Antigüedad (Años)	(S/I)	S/I
Diámetro de Obra (m)	(S/I)	45
Profundidad Total (m)	(S/I)	3,6
Nivel Estático	(S/I)	1,2
Nivel dinámico	(S/I)	(S/I)
Altura Actual	(S/I)	2,4
Uso	Potable	Agrícola
Uso Horas día (Actual)	12	8
Periodo de uso	Todo el año	Todo el año
Horas secado	(S/I)	(S/I)
Horas Recarga	(S/I)	(S/I)
Tipo Extracción	Mecánico	Mecánico
Tipo Bomba	Sumergible	Superficial
Tipo Consumo	Eléctrica	(S/I)
Potencia	(S/I)	(S/I)

(S/I): Sin información.

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

En Figura 4.4.2.2-5 se presenta espacialmente ubicación de las extracciones desde vertientes catastradas.

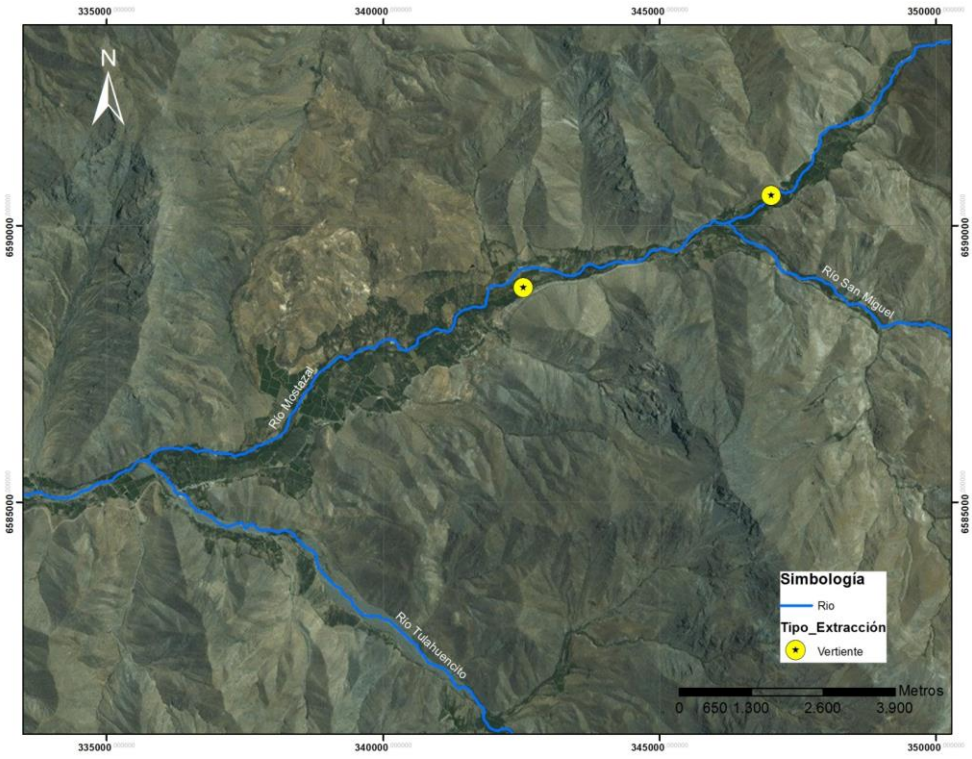


FIGURA 4.4.2.2-5
UBICACIÓN ESPACIAL EXTRACCIONES DESDE VERTIENTES CATASTRADAS
Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

En Fotografía 4.4.2.2-4 se presentan parte del registro fotográfico del catastro de extracciones desde vertientes (Ver registro fotográfico completo en Anexo 4-4).



Ficha Nº 3: APR El Maitén



Ficha Nº 3: APR El Maitén



Ficha Nº 9: Fundo La Campana



Ficha Nº 9: Fundo La Campana

FOTOGRAFÍA 4.4.2.2-4
REGISTRO FOTOGRÁFICO EXTRACCIONES DESDE VERTIENTES CATASTRADAS

Fuente: Equipo Consultor.

f) Drenes

Se identificó la presencia de cinco sistemas de captación de agua tipo Drenes. Estos sistemas de captación se caracterizan en la totalidad de los casos visitados por la construcción de zanjas en las que se le depositan rocas y piedras, cubriendo estas con tierra en superficie. Estos sistemas de drenaje son dirigidos hacia el río Mostazal donde se realiza la descarga. La longitud de los drenes en los sitios visitados varía entre 70 y 80 m de largo, presentándose un caso en particular con una distancia menor, de 7,2 m de largo. La profundidad de los drenes varía entre 0,7 a 1,2 m (Ver Cuadro 4.4.2.2-5).

En Figura 4.4.2.2-6 se presenta espacialmente ubicación de descarga de los drenes catastrados.

En Fotografía 4.4.2.2-5 se presentan parte del registro fotográfico del catastro de sistemas de Drenes (Ver registro fotográfico completo en Anexo 4-4).

CUADRO 4.4.2.2-5
PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA POR DRENES

ID Ficha (Sitio Catastrado)	13	14	15	16	21
Tipo de obra	Dren	Dren	Dren	Dren	Dren
Propietario/Propiedad	Osvaldo Toledo	Familia Olivares	Toledo Castañón	Guido Rodríguez	Gustavo Muñoz
Localidad	Pedregal	Pedregal	Pedregal	Pedregal	Pedregal
Caudal (l/s)	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
Coordenada Norte	6585988	6585966	6585936	6585920	6585633
Coordenada Este	336576	336656	336693	336803	335936
Estado	Regular	Regular	Regular	Regular	Malo
Antigüedad (Años)	S/I	S/I	S/I	S/I	3
Diámetro de Obra (m)	-	-	-	-	-
Profundidad Total (m)	-	-	-	-	
Nivel Estático	-	-	-	-	-
Nivel dinámico	-	-	-	-	-
Altura Actual	-	-	-	-	-
Uso	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola
Uso Horas día (Actual)	24,00	24,00	24,00	24,00	26,00
Periodo de uso	Todo el año	Todo el año	Todo el año	Todo el año	Todo el año
Horas secado	-	-	-	-	-
Horas Recarga	-	-	-	-	-
Tipo Extracción	Gravitacional	Gravitacional	Gravitacional	Gravitacional	Gravitacional
Tipo Bomba	-	-	-	-	-
Tipo Consumo	-	-	-	-	-
Potencia	-	-	-	-	-

(S/I): Sin información.

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.

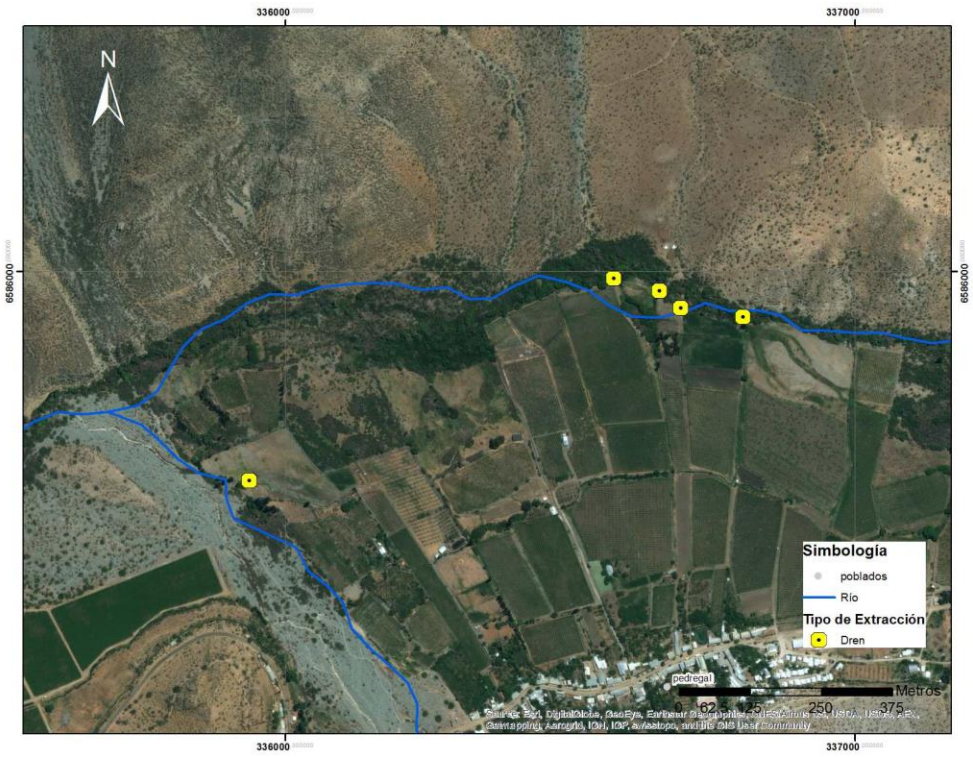


FIGURA 4.4.2.2-6
UBICACIÓN ESPACIAL DE DESCARGAS DE DRENES CATASTRADOS
Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de catastro.



Ficha Nº13: Pedregal



Ficha Nº14: Pedregal



Ficha Nº15: Pedregal



Ficha Nº16: Pedregal



Ficha Nº21: Pedregal

FOTOGRAFÍA 4.4.2.2-5
REGISTRO FOTOGRÁFICO SISTEMAS DE DRENAJE CATASTRADOS
Fuente: Equipo Consultor.

4.5. Pruebas de Bombeo

4.5.1. Aspectos Generales

Se realizaron pruebas de bombeo de agotamiento y recuperación, con una duración máxima de 24 horas, para obtener los parámetros elásticos que permitan caracterizar adecuadamente el acuífero.

4.5.2. Metodología Pruebas de Bombeo

Con la finalidad de determinar los parámetros elásticos del acuífero y para dimensionar las obras de captación, se realizaron cinco pruebas de agotamiento.

Los datos obtenidos en las pruebas de bombeo fueron analizados a partir de relaciones depresión-tiempo durante el periodo de bombeo y el de recuperación, una vez interrumpido el bombeo.

Para la evaluación de los parámetros elásticos se utiliza el método de la perforación No Entubada. En este caso se tiene un pozo de sección idealmente circular, aunque es aplicable en otras secciones, el que comprometer parcial o totalmente la napa de aguas subterráneas a lo menos en una longitud de 50 cm. El nivel de aguas se deprime mediante el uso de una bomba y se mide su recuperación a través del tiempo. La Figura 4.5.2-1 muestra un esquema que ilustra este método.

En el caso que la perforación atraviese solo parcialmente la napa, que es lo más frecuente, el coeficiente de permeabilidad se estima a partir de la siguiente relación:

$$K = \frac{a \cdot S \cdot \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{(2 \cdot d + a) \cdot (t_2 - t_1)} (m/s)$$

Donde S viene dado por:

$$S = \frac{a \cdot d}{0{,}19} \quad (m)$$

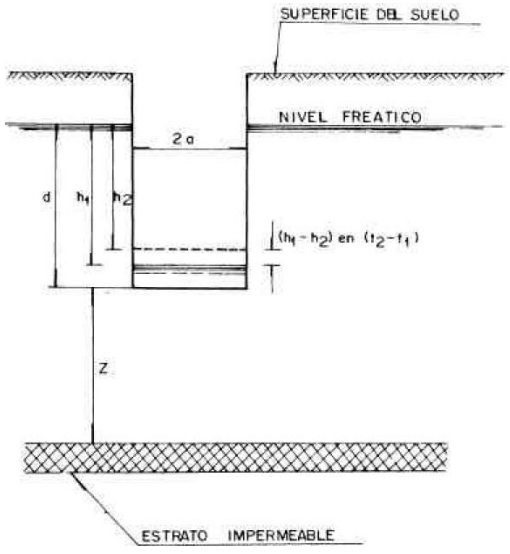


FIGURA 4.5.2-1
PRUEBA EN PERFORACIÓN NO ENTUBADA

4.5.3. Resultados

En primer lugar, se muestra en la el Cuadro 4.5.3-1 la ubicación de los puntos en que se realizaron las pruebas de bombeo.

CUADRO 4.5.3-1
UBICACIÓN SITIOS PRUEBAS DE AGOTAMIENTO[1]

		Coordenadas (m)	
Prueba	**Lugar**	**UTM Norte**	**UTM Este**
1	Noria Renato Flores	6.584.374	337.753
2	Socavón Gonzalo Muñoz	6.585.705	335.874
3	Socavón Reinaldo Contreras	6.585.707	331.235
4	Socavón Lila Rivera	6.585.887	331.404
5	Socavón Iván Olivares	6.585.886	336.670

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se presenta en el Cuadro 4.5.3-2 las permeabilidades obtenidas. El detalle de los cálculos se presenta en el Anexo 4-5. Se hace notar que los resultados obtenidos son en general del mismo orden de magnitud entre los 5 puntos, siendo los valores obtenidos con las pruebas de recuperación menores a los obtenidos con el agotamiento.

CUADRO 4.5.3-2
PERMEABILIDADES DETERMINADAS CON PRUEBA DEL AUGER HOLE

		Permeabilidad (m/s)		
Prueba	**Lugar**	**Agotamiento**	**Recuperación**	**Promedio**
1	Noria Renato Flores	0,000012	0,000009	0,000010
2	Socavón Gonzalo Muñoz	0,000446	0,000362	0,000404
3	Socavón Reinaldo Contreras	0,001652	0,000871	0,001262
4	Socavón Lila Rivera	0,001730	0,001494	0,001612
5	Socavón Iván Olivares	0,000912	0,000837	0,000875

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Mecánica de Suelos

4.6.1. Introducción

Esta parte del estudio relacionado con la disciplina de Mecánica de Suelos tiene relación con la verificación de la competencia geotécnica de la zona de donde se emplazarán las obras de las alternativas seleccionadas. Para este análisis se excavaron 3 pozos de reconocimiento de hasta 6 m de profundidad en cada uno de los sitios de embalses a estudiar con mayor detalle, en los cuales se

[1] Inicialmente se contempló realizar 6 pruebas de agotamiento. No obstante, uno de los propietarios finalmente desistió de participar en la actividad, aludiendo una oposición al proyecto.

realizaron pruebas de permeabilidad a carga constante, a modo de determinar en forma aproximada la capacidad de filtración de la zona a inundar.

Considerando 2 de estos 6 pozos, se desarrolló un estudio de yacimientos con el fin de cuantificar los potenciales materiales para rellenos de las obras y áridos para hormigones, en una cantidad que supere al menos en un 50% a los volúmenes teóricos requeridos.

Para realizar el análisis granulométrico de los sedimentos del lecho de los ríos Mostazal y San Miguel en sitios de emplazamiento de los embalses, se excavaron calicatas de 6,0 m de profundidad en una zona representativa de las características sedimentológicas de la zona en estudio.

El muestreo del sedimento se realizó en capas intermedias entre los 2 y 2,5 m de profundidad. El análisis granulométrico se efectuó in-situ para las fracciones más gruesas del sedimento (D > 8 mm), y el resto, que corresponde a las fracciones más finas, se analizó en laboratorio.

Adicionalmente se realizó un análisis macro granulométrico de la capa superficial del material del lecho.

4.6.2. Ubicación de los Pozos de Reconocimiento

En el sector de Tranca Morada se excavaron 3 pozos de reconocimiento, al igual que en sitio de San Miguel Alto.

En el Cuadro 4.6.2-1 y Figura 4.6.2-1 a 4.6.2-2 se consignan las coordenadas de los pozos y su ubicación.

CUADRO 4.6.2-1
COORDENADAS UTM POZOS DE RECONOCIMIENTO

CALICATAS TRANCA MORADA		
Pozo	**UTM Este**	**UTM Sur**
TM-C1	350.355,98	6.593.426,62
TM-C2	350.177,65	6.593.351,29
TM-C3	350.109,60	6.593.310,09
CALICATAS SAN MIGUEL ALTO		
Pozo	**UTM Este**	**UTM Sur**
SMA-C1	349.522,79	6.588.204,90
SMA-C2	348.968,00	6.588.214,00
SMA-C3	348.965,80	6.588.135,96

Nota: coordenadas ubicadas con navegador GPS, Datum GWS 84

Fuente: Elaboración propia.

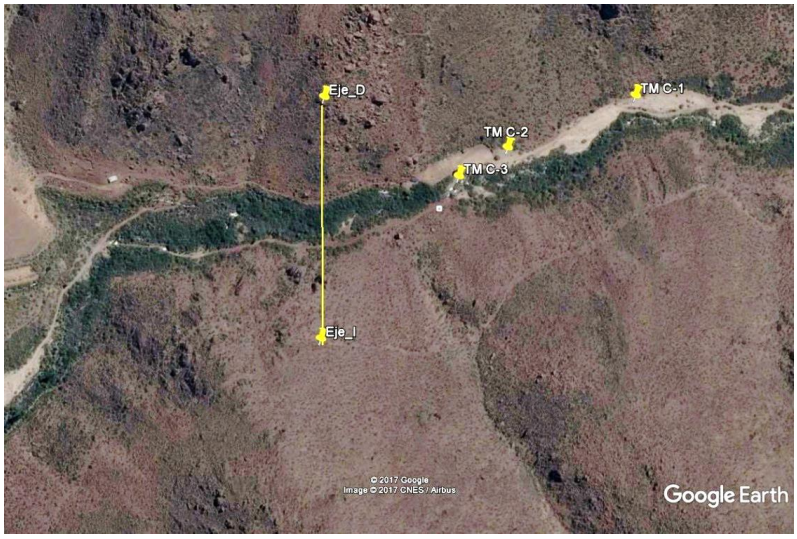


FIGURA 4.6.2-1
UBICACIÓN POZOS DE RECONOCIMIENTO SITIO TRANCA MORADA
Fuente: Elaboración propia, en imagen Google Earth.



FIGURA 4.6.2-2
UBICACIÓN POZOS DE RECONOCIMIENTO SITIO SAN MIGUEL ALTO
Fuente: Elaboración propia en imagen Google Earth

La ubicación de los pozos de reconocimiento queda registrada dentro de la cartografía del proyecto y los resultados de los análisis se presentan en el Anexo 4-6, junto al álbum fotográfico.

4.6.3. Estratigrafías Calicatas

El modelo estratigráfico para ambos sectores se presenta en el Cuadros 4.6.3-1.

CUADRO 4.6.3-1
MODELO ESTRATIGRÁFICO CALICATAS ZONA DE INUNDACIÓN

Horizonte Nº	Rango Profundidad (m)	Espesor (m)	Descripción Visual
TM-C1 – TRANCA MORADA			
1	0,00-0,25	0,25	Capa vegetal
2	0,25-1,20	0,95	Arena gravosa de color gris, humedad media, plasticidad nula, compacidad baja, estructura homogénea, gravas de cantos sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo 8"
3	1,20-6,00	4,80	Grava arenosa de color gris, humedad alta, plasticidad nula compacidad media, gravas de cantos redondeados y sub angulares de tamaño máximo 19", estructura homogénea, en inicio del estrato se observan bolones mayor a 30", vías preferenciales de agua.
TM-C2 – TRANCA MORADA			
1	0,00-6,00	6,00	Grava arenosa de color gris amarillenta, humedad baja a media, plasticidad baja a nula estructura homogénea, compacidad baja, gravas de cantos sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo 30", se observan raíces y raicillas dispersas hasta 2,50 m.
TM-C3 – TRANCA MORADA			
1	0,00-0,50	0,50	Relleno artificial compuesto por arena limosa de color café, humedad alta, plasticidad baja, estructura homogénea, compacidad baja, se observa basura.
2	0,50-1,30	0,80	Arena limosa de color gris negruzca humedad alta, plasticidad nula, estructura estratificada, compacidad baja, se observa filtración desde 1,30 m.
3	1,30-6,00	4,70	Grava arenosa de color gris, humedad alta, plasticidad nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo bloqueada por bolones mayor a 30", se observan raíces y raicillas al inicio del estrato
SMA-C1– SAN MIGUEL ALTO			
1	0,00-1,10	1,10	Grava areno limosa de color gris café, humedad baja, plasticidad nula, estructura homogénea, compacidad baja, gravas de cantos angulares, sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo 34", se observan raíces y raicillas
2	1,10-4,00	2,90	Grava arenosa de color gris, humedad media a alta, plasticidad nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares, sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo 32", se observan raicillas aisladas
3	4,00-6,00	2,00	Grava areno limosa de color café, humedad saturada, plasticidad nula, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 14"
SMA-C2– SAN MIGUEL ALTO			
1	0,00-1,50	1,50	Grava areno limosa de color gris café, humedad baja, plasticidad nula, estructura homogénea, compacidad baja, gravas de cantos angulares, sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo 14", se observan bolones superficiales sobre 40"
2	1,50-4,10	2,60	Grava arenosa de color gris, humedad media a alta, plasticidad nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares, sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo 32", se observan raicillas aisladas
3	4,10-6,00	5,90	Grava areno limosa de color verdosa, humedad saturada, plasticidad nula, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 14"
SMA-C3– SAN MIGUEL ALTO			
1	0,00-3,00	3,00	Grava areno limosa de color gris café, humedad baja, plasticidad nula, estructura homogénea, compacidad baja, gravas de cantos angulares, sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo 13", se observan bolones superficiales sobre 40"
2	3,00-5,00	2,00	Grava limo arenosa de color café verdoso, humedad media, plasticidad baja, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares, sub angulares y sub redondeados de tamaño máximo 28"

Fuente: Elaboración propia.

4.6.4. Calicatas de Exploración para Análisis de Suelo

Para un análisis preliminar de los suelos característicos de ambos sitios de embalse, se excavaron 2 calicatas (TM-C2 y SMA-C1) cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4.6.4-1. En las Gráficos 4.6.4-1 y 4.6.4-2 se muestran las curvas granulométricas, y finalmente en el Cuadro 4.6.4-2 se muestran los diámetros característicos.

CUADRO 4.6.4-1
GRANULOMETRÍA CALICATAS

Granulometría (% que pasa en peso)	Diámetro (mm)	TM-C2– Tranca Morada	SMA-C1 – San Miguel Alto
LNV 105-86		Ubicación de la Muestra	Ubicación de la Muestra
Tamices		TM-C2	SMA-C1
ASTM	Nch		
Horizonte		1	2
Cota		2,00-2,50	2,00-2,50
Criba 3"	80	100	100
Criba 2 1/2"	63	84	87
Criba 2"	50	73	83
Criba 1 1/2"	40	65	72
Criba 1"	25	60	66
Criba 3/4"	20	58	61
Criba 3/8"	10	55	51
Malla N 4	5	50	43
Malla N 10	2	40	29
Malla N 40	0,42	14	10
Malla N 200	0,08	3	4
Bolones sobre 3" (%)		23,0	15,6
Clasificación según USCS		GP	GW
Clasificación según AASHTO			
	Características Físicas		
Nch 1517/2-79	Índice plasticidad	0	0
Nch 1515-79	Humedad Natural	5,8	6,5
Nch 1532-80	Densidad de Part. Sólidas	2,78	2,78

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.6.4-2
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS

Diámetro Característico	Curva Granulométrica TM-C2 – Tranca Morada	Curva Granulométrica SMA-C1 – San Miguel Alto
Dm	21,3	18,9
d_{35}	1,6	2,4

Fuente: Elaboración propia.

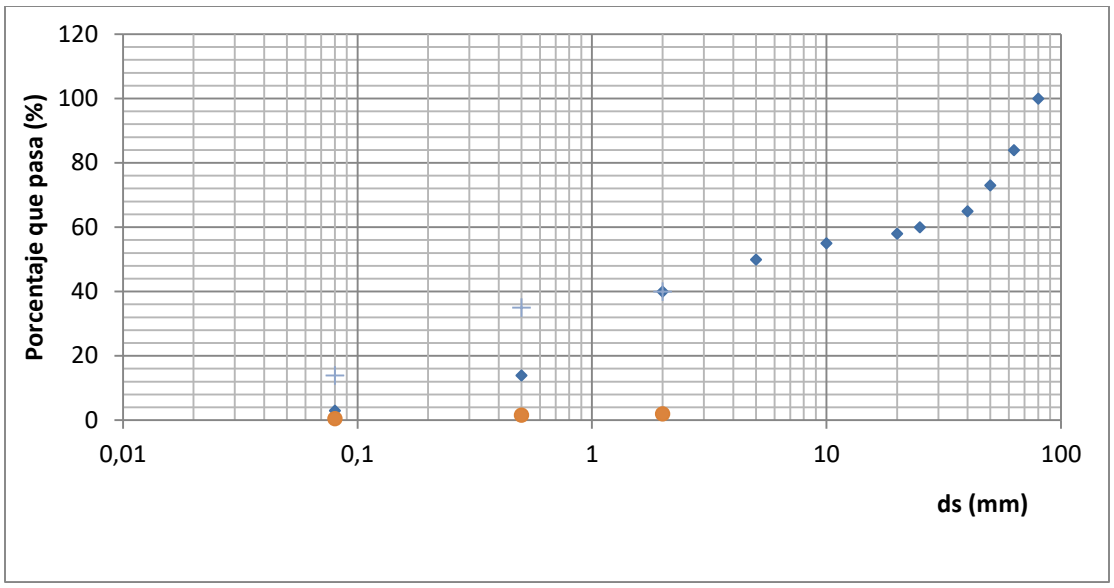


GRÁFICO 4.6.4-1
CURVA GRANULOMÉTRICA TM-C2 – TRANCA MORADA
Fuente: Elaboración propia.

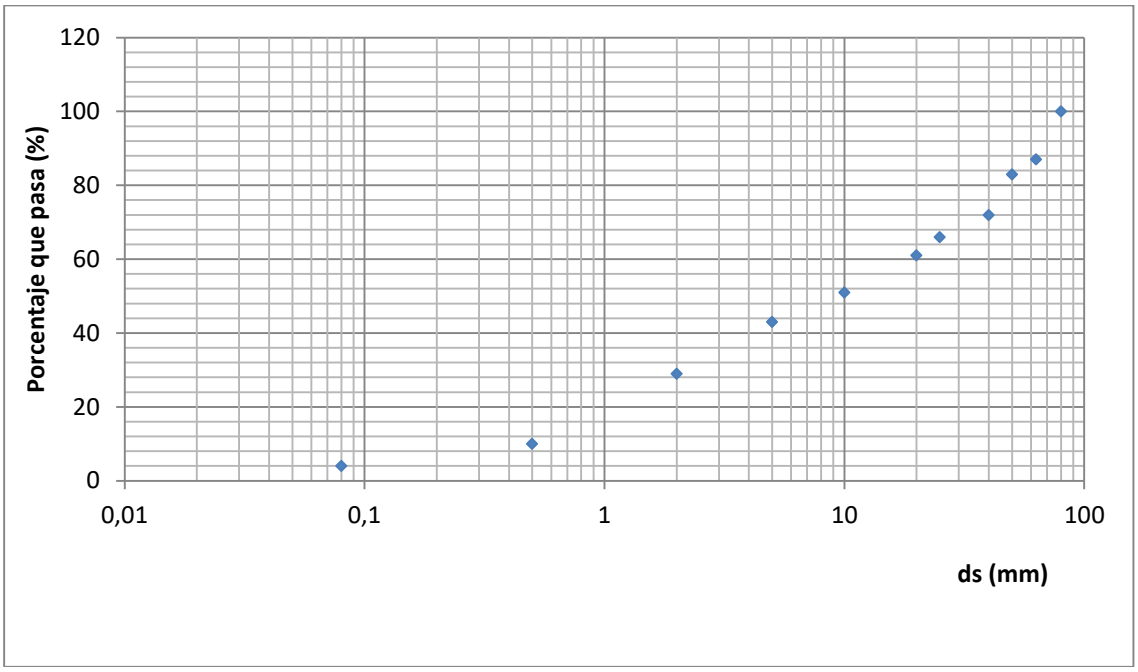


GRÁFICO 4.6.4-2
CURVA GRANULOMÉTRICA SMA-C1 – SAN MIGUEL ALTO
Fuente: Elaboración propia.

4.6.5. Calicatas de Exploración para Análisis de Macrogranulometría

Para un análisis preliminar de los suelos característicos de ambos sitios de embalse, se excavaron 2 calicatas (TM-C2 y SMA-C1) cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4.6.5-1 y Gráficos 4.6.5-1 y 4.6.5-2.

De acuerdo a los antecedentes incluidos en el cuadro y gráficos mencionados, es posible agregar información granulométrica de la coraza, en particular el diámetro característico medio de la coraza ya que es válido ligar éste con el diámetro característico 90% y 84% de la granulometría integral del lecho.

En el Cuadro 4.6.5-2 se muestran los diámetros característicos D_{16}, D_{50}, D_{84} y D_{90} para ambos sitios analizados y las desviaciones estándar de cada uno de los casos.

CUADRO 4.6.5-1
RESULTADOS MACROGRANULOMETRÍA

CALICATA Nº		**TM-C2**	**SMA-C1**
COTA (m)		**1,50-3,00**	**0,00-1,50**
HORIZONTE		**3**	**1**
CRIBAS	(mm)	% que pasa	% que pasa
19"	475	92	90
13"	325	85	80
11"	275	82	79
9"	225	80	75
7"	175	77	70
5"	125	75	69
4"	100	71	67
3"	75	68	60
2 1/2"	62,5	65	55
2"	50	60	50
1 1/2"	37,5	55	46
1"	25	49	40
3/4"	19	44	35
3/8"	9,5	36	30
4	4,75	31	26
10	2	23	20
40	0,425	6	15
200	0,075	2	8

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.6.5-2
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MATERIAL DEL LECHO

SITIO	**DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS (mm)**					
	D_{16}	**D_{50}**	**D_{84}**	**D_{90}**	**D_G**	**σ**
Tranca Morada	1,2	27	346	432	20,3	17
San Miguel Alto	0,5	49	402	450	14,2	28

Fuente: Elaboración propia.

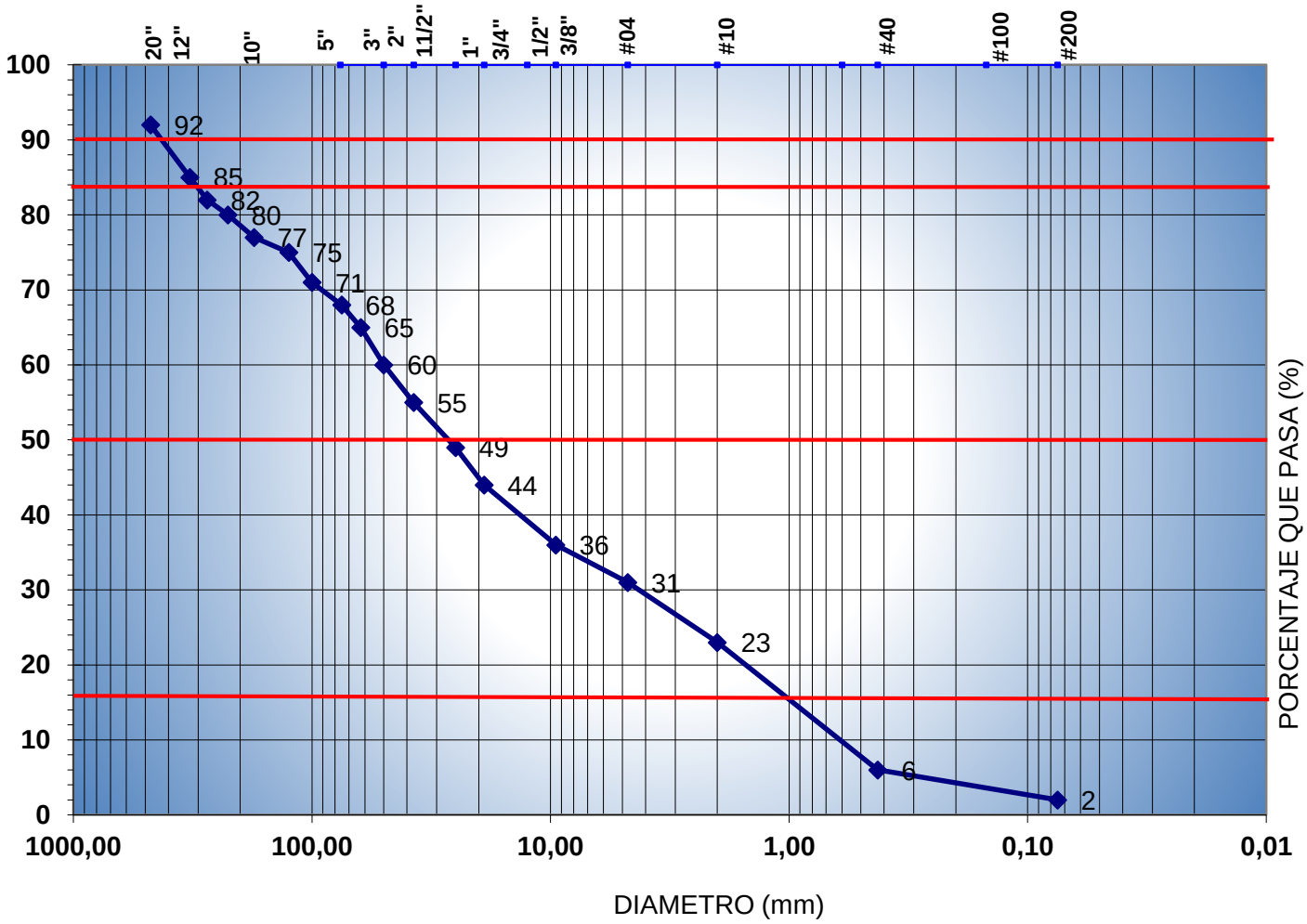


GRAFICO 4.6.5-1
CURVA MACRO GRANULOMETRÍA TM-C1 – TRANCA MORADA
Fuente: Elaboración propia.

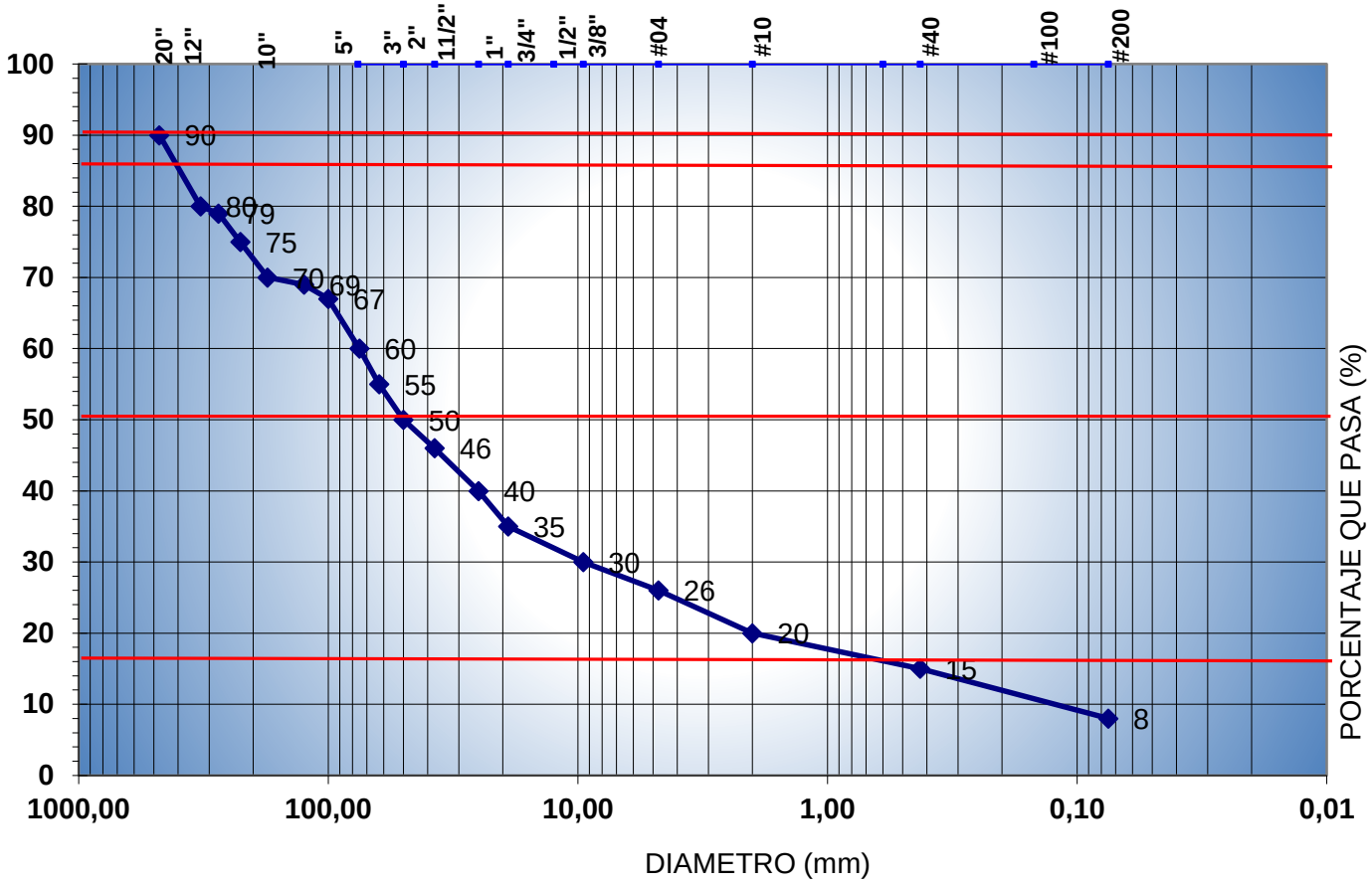


GRÁFICO 4.6.5-2
CURVA MACROGRANULOMETRÍA SMA-C1 – SAN MIGUEL ALTO
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Diámetro geométrico (D_G) $D_G = \sqrt{D_{84} \cdot D_{16}}$

Desviación Estándar (σ) $\sigma = \sqrt{D_{84} / D_{16}}$

4.6.6. Calicatas de Exploración para Análisis de Infiltración Porchet

Para la estimación de la tasa de infiltración en terreno se puede utilizar el método de Porchet, el cual consiste en excavar un cilindro de radio R y se llenarlo con agua hasta una altura h, según el esquema de la Figura 4.5.6-1.

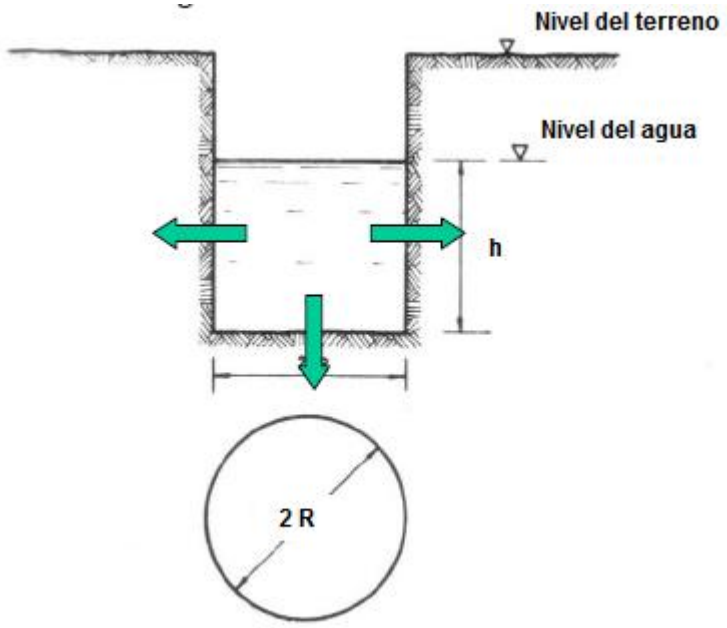


FIGURA 4.6.6-1
ESQUEMA ESTIMACIÓN TASA DE INFILTRACIÓN MÉTODO PORCHET

Para un tiempo, dt, suficientemente pequeño para que pueda suponerse que la capacidad de infiltración, f, es constante se verificará la igualdad:

$$\pi \cdot R \cdot (2 \cdot h + R) \cdot f = \pi \cdot R^2 \cdot \frac{dh}{dt}$$

Integrando la expresión anterior, se tiene:

$$f = \frac{R}{2 \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot h_1 + R}{2 \cdot h_2 + R}\right)$$

En los Cuadros 4.6.6-1 y 4.6.6-2 se presentan los datos de la prueba de infiltración.

CUADRO 4.6.6-1
RESULTADOS PRUEBA DE INFILTRACIÓN PORCHET POZO TM-02 – TRANCA MORADA

Pozo Nº			TM-C2	
Estrato			1	
Profundidad (m)			2,00-2,50	
Diámetro Excavación (mm)			400	
Alt. Excavación (mm)			400	
Nivel (mm)	**Tiempo (s)**	**Tiempo (h)**	**2h+R (mm)**	**Infiltración (mm/h)**
400	0	0	1000	-
380	32	0,009	960	459
360	78	0,022	920	333
340	133	0,037	880	291
320	201	0,056	840	246

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.6.6-2
RESULTADOS PRUEBA DE INFILTRACIÓN PORCHET POZO SMA-C1 – SAN MIGUEL ALTO

Pozo Nº			SMA-C1	
Estrato			2	
Profundidad (m)			2,00-2,50	
Diámetro Excavación (mm)			400	
Alt. Excavación (mm)			400	
Nivel (mm)	**Tiempo (s)**	**Tiempo (h)**	**2h+R (mm)**	**Infiltración (mm/h)**
400	0	0	1000	-
380	29	0,008	960	507
360	70	0,019	920	374
340	123	0,034	880	302
320	188	0,052	840	258

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Calicatas en Canales

4.7.1. Aspectos Generales

Con el fin de evaluar las características del suelo del Área de Estudio, y en específico las potenciales y criterios para el revestimiento de canales, se realizaron calicatas en sectores de canales no revestidos. La profundidad de las calicatas fue 50 cm bajo la cota de radier del revestimiento proyectado.

Se consideraron los siguientes ensayos por cada calicata:

- Clasificación U.S.C.S.
- Límites de Attemberg
- Granulometría
- Peso Específico
- Contenido de Humedad

4.7.2. Criterios de selección

Los canales seleccionados para realizar calicatas se identificaron a partir de los siguientes criterios, ordenados según su relevancia:

- Canales en uso.
- Canal de uso comunitario.
- Proporción de canal no revestido (Aplica mayor porcentaje sin revestir).
- Distancia adecuada entre calicatas, idealmente no más cercanas a 600 m entre ellas.
- Mayor cantidad de usuarios.
- Referencias de la Junta de Vigilancia de Canales con mayores problemas de filtraciones (Sasso Bajo, Arenal, Colliguay Alto).

4.7.3. Sitios Prospectados y Resultados

Se seleccionaron 20 canales, lo cuales se presentan en el Cuadro 4.7.3-1, detallando Distancia Total canal, distancia sin revestir, Número de usuarios, y Cantidad de calicatas.

En el Cuadro 4.7.3-2 se presentan las coordenadas UTM de cada una de las 23 calicatas prospectadas, 21 calicatas principales y 2 de verificación. En la Figura 4.7.3-1 se muestra la distribución espacial de las mismas.

En el Cuadro 4.7.3-3 se presentan los resultados de la estratificación de las calicatas. En el Anexo 4-7 se presentan los resultados de los análisis realizados, en términos de la estratigrafía y la clasificación de los suelos, y los informes de laboratorio.

CUADRO 4.7.3-1
CANALES SELECCIONADOS PARA CALICATAS

ID	Nombre Canal	Largo (m)	Distancia sin revestir		Nº Usuarios	Nº Calicatas
			(m)	%		
1	Maiten Alto	1.348,00	1.050,90	78%	38	1
2	Maiten Bajo	997	958,90	96%	28	1
3	Quebrada Honda	7.032,90	6.125,20	87%	10	1
4	Sasso bajo	3.976,40	3.592,90	90%	17	1
5	Arenal	9.324,30	7.830,10	84%	25	1
6	Maqui Alto	5.429,70	4.988,40	92%	64	1
7	Maqui Bajo	2.854,90	1.634,80	57%	53	1
8	Veguita	925,9	925,90	100%	8	1
9	Vega	5.057,50	4.313,10	85%	25	1
10	Colliguay Alto	6.917,10	5.808,80	84%	6	3
11	Colliguay Bajo	3.504,20	2.934,70	84%	113	2
12	Carrizalito	1.655,60	1.457,40	88%	26	1
13	Viña	4.304,20	3.708,70	86%	25	1
14	Molino Viejo	4.282,80	1.957,20	46%	20	1
15	Peralito	5.053,40	2.999,10	59%	34	1
16	Cancha	5.652,20	3.922,80	69%	78	1
17	Chaguaral Bajo	1.308,50	1.057,40	81%	22	1
18	Guindo	1.423,70	1.198,10	84%	17	1
19	Alfaro	1.401,90	1.271,80	91%	21	1
20	Mollar	2.085,10	896,20	43%	25	1
TOTAL		**74.535,20**	**58.632,40**	**78,7%**	**655**	**23**

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.7.3-2
CALICATAS PROSPECTADAS

Sitio	Canal	UTM_Este	UTM_Norte	Sitio	Canal	UTM_Este	UTM_Norte
1	Colliguay Alto	331.772	6.586.150	12	Chaguaral Bajo	333.266	6.585.010
2	Colliguay Bajo	333.865	6.585.410	13	Viña	328.676	6.589.060
3	Quebrada Honda	345.018	6.589.620	14	Maqui Bajo	340.957	6.587.560
4	Arenal	343.377	6.589.100	15	Maqui Alto	342.404	6.588.660
5	Vega	339.657	6.587.240	16	Sasso Bajo	349.163	6.592.420
6	Colliguay Alto	329.933	6.588.330	17	Molino Viejo	338.657	6.586.290
7	Peralito	336.851	6.585.380	18	Arenal	338.821	6.587.760
8	Veguita	341.317	6.588.270	19	Maitén Bajo	347.707	6.591.060
9	Cancha	334.913	6.585.060	20	Maitén Alto	347.100	6.590.640
10	Carrizalito	332.212	6.585.670	21	Alfaro	331.163	6.586.020
11	Viña	330.227	6.586.830				

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.7.3-3
RESULTADOS ESTRATIGRAFÍA CALICATAS

Calicata	Horizonte Nº	Rango Profundidad (m)	Espesor (m)	Descripción Visual
C-1	1	0,00-1,00	1	Arcilla color café humedad baja, plasticidad media, estructura homogénea, consistencia media se observan gravas, raíces y raicillas dispersas. Se observan bolones sobre 20 " que bloquean calicata.
C-1-A	1	0,00-0,60	0,60	Relleno por limo arcilloso, color café, humedad baja, plasticidad media, estructura homogénea, consistencia baja.
	2,00	0,60-1,20	0,60	Grava arcillo, color café, humedad alta a saturada, plasticidad media a alta, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares, de tamaño máximo 9 " se observa raíces, raicillas y bolones dispersos de 16".
C-2	1	0,00-1,50	1,50	Grava areno limosa, color café, humedad baja, plasticidad baja a nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 13" se observan bolones entre 0,20 y 1,50 m de profundidad que bloquean calicata.
C-2-A	1	0,00-0,50	0,50	Relleno por limo arcilloso, color café, humedad baja, plasticidad media, estructura homogénea, consistencia baja, se observan raíces y raicillas.
	2	0,50-1,00	1,00	Grava arcillosa, color café, humedad baja, plasticidad media, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 7".
	3	1,00-1,70	0,70	Grava areno limosa, color café, humedad media, plasticidad baja a nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 13".
	4	1,70-2,00	0,30	Grava arenosa algo limosa, color gris café, humedad alta a saturada, plasticidad baja a nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares y subangulares de tamaño máximo 9 ".
C-3	1	0,00-1,10	1,10	Limo arenoso, color café, humedad baja a media, plasticidad baja, estructura homogéneo compacidad baja, se observan bolones entre 12" y 15" dispersos.
C-3	2	1,10-2,00	0,90	Arena arcillosa, color café, humedad alta, plasticidad media a alta, estructura homogénea, consistencia media, se observa bolones entre 15" y 20" en fondo de calicata.
C-4	1	0,00-0,80	0,80	Arcilla gravosa, color café amarillenta, humedad media, plasticidad media, estructura homogénea, consistencia media a alta , se observa bolón de 18 " .
	2	0,80-2,00	1,20	Grava arcillosa, color café, humedad baja a media, plasticidad media, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares, de tamaño máximo 10 " se observa raíces, raicillas y bolones dispersos de 16 ".

CUADRO 4.7.3-3
RESULTADOS ESTRATIGRAFÍA CALICATAS

Calicata	Horizonte Nº	Rango Profundidad (m)	Espesor (m)	Descripción Visual
C-5	1	0,00-0,70	0,70	Limo, color café, humedad baja, plasticidad baja, estructura homogénea, consistencia baja se observan algunas raíces, raicillas y bolones dispersos de tamaño máximo 11 ".
	2	0,70-1,00	0,30	Arcilla gravosa algo arenosa, color café oscura, humedad alta a saturada, plasticidad media a alta, estructura homogénea consistencia media.
	3	1,00-2,00	1,00	Arena arcillosa, color café claro, humedad alta, plasticidad alta, estructura homogénea compacidad media, se observa filtración de canal a 2,00 m de profundidad.
C-6	1	0,00-0,60	0,60	Relleno compuesto por arcilla limosa, color café, humedad baja, plasticidad media, estructura homogénea, consistencia media se observan raíces y raicillas.
	2	0,60-0,80	0,20	Bolones sobre 20 " que bloquean calicata en matriz areno arcillosa color café humedad saturada, plasticidad media a alta, estructura heterogénea, consistencia media.
C-7	1	0,00-0,80	0,80	Arcilla, color café, humedad baja, plasticidad media, a alta, estructura homogénea, consistencia media, a alta.
	2	0,80-2,00	1,20	Grava arcillosa, color café, humedad media, plasticidad media, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 3".
C-8	1	0,00-0,70	0,70	Grava arcillosa, color café, humedad baja, plasticidad media a alta, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 15 " se observan raíces y raicillas dispersas.
	2	0,70-1,40	0,70	Roca fracturada descompuesta, que ser excavada se comporta como grava limosa, color café, humedad baja, plasticidad baja a media, estructura heterogénea, compacidad media.
	3	1,40-2,00	0,60	Grava arenosa, color gris, humedad media, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos redondeados y sub angulares tamaño máximo 3 ".
C-9	1	0,00-0,50	0,50	Relleno compuesto por arcilla limosa, color café, humedad baja, plasticidad media, estructura homogénea, consistencia baja, se observan raíces y raicillas.
	2	0,50-0,80	0,30	Grava arcillosa, color café, humedad alta, plasticidad media a alta, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 14 " se observan raíces y raicillas dispersas.
	3	0,80-1,00	0,20	Roca fracturada.
C-10	1	0,00-2,00	2,00	Grava arenosa algo limosa, color gris, humedad baja, plasticidad baja a nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares y subredondeados de tamaño máximo 13 ".
C-11	1	0,00-1,50	1,50	Arena arcillo gravosa, color café, humedad media, elasticidad media, estructura homogénea, compacidad media.

CUADRO 4.7.3-3
RESULTADOS ESTRATIGRAFÍA CALICATAS

Calicata	Horizonte Nº	Rango Profundidad (m)	Espesor (m)	Descripción Visual
C-12	1	0,00-0,10	0,10	Limo arenoso color café, humedad baja, plasticidad baja, estructura homogénea, consistencia media.
	2	0,10-1,50	1,40	Grava arenosa, color gris, humedad baja a media, plasticidad baja a nula, estructura homogénea, compacidad baja, gravas de cantos angulares y subredondeados de tamaño máximo 16", derrumbe de calicata.
C-13	1	0,00-0,30	0,30	Limo arenoso color café, humedad baja, plasticidad baja, estructura homogénea, consistencia media, se observan raíces y raicillas.
	2	0,30-2,00	1,70	Grava arenosa, color gris, humedad baja, plasticidad baja a nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares y subredondeados de tamaño máximo 14" .
C-14	1	0,00-2,00	2,00	Grava arenosa algo limosa, color gris, humedad baja a media, plasticidad baja a nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares y subredondeados de tamaño máximo 15 ".
C-15	1	0,00-2,00	2,00	Grava arcillosa, color café, humedad baja, plasticidad media a alta, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 18 " se observan raíces y raicillas dispersas.
C-16	1	0,00-0,30	0,30	Grava arcillosa, color café, humedad baja, plasticidad media, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 2 " se observan raíces y raicillas dispersas.
	2	0,30-0,60	0,30	Grava arcillosa, color rojiza, humedad alta, plasticidad alta, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 7".
	3	0,60-2,00	0,30	Arena arcillo gravosa color rojiza, humedad alta a saturada, plasticidad alta estructura homogénea consistencia media, filtraciones del canal 1. 10 m.
C-17	1	0,00-1,10	1,10	Relleno compuesto por arena arcillo gravosa, color café, humedad media a alta, estructura homogénea, consistencia baja se observan abundantes raicillas.
	2	1,10-1,20	0,10	Roca fracturada.
C-18	1	0,00-0,50	0,50	Relleno por limo arcilloso, color café, humedad media, plasticidad baja, estructura homogénea, consistencia baja, se observan raíces y raicillas.
	2	0,50-070	0,20	Relleno compuesto por - grava areno arcillosa, color gris café, humedad saturada, plasticidad baja, estructura homogénea, compacidad baja, gravas de cantos angulares y subangulares tamaño máximo 2" filtraciones del canal desde 0.90 mts.
	3	0,70-1,50	0,80	Arena arcilla gravosa, color café, humedad saturada, plasticidad alta, estructura homogénea, compacidad media.
C-19	1	0,00-1,30	1,30	Grava limosa, color café, humedad alta, plasticidad media, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 7" se observan raíces y raicillas.
	2	1,30-1,50	0,20	Roca fracturada.

CUADRO 4.7.3-3
RESULTADOS ESTRATIGRAFÍA CALICATAS

Calicata	Horizonte Nº	Rango Profundidad (m)	Espesor (m)	Descripción Visual
C-20	1	0,00-0,15	0,15	Capa vegetal.
	2	0,15-1,00	0,85	Grava areno limosa, color café, humedad baja, plasticidad baja a nula, estructura homogénea, compacidad media, gravas de cantos subangulares y subredondeados de tamaño máximo 14" calicata bloqueada por bolones sobre 20".
C-21	1	0,00-0,40	0,40	Relleno por limo arcilloso, color café, humedad media, plasticidad baja, estructura homogénea, consistencia baja, se observan raíces y raicillas.
	2	0,40-1,60	1,20	Arcilla gravosa color café, humedad alta, plasticidad alta estructura homogénea consistencia media.
	3	1,60-2,00	0,40	Grava arcillosa, algo arenosa, color café, humedad alta a saturada, plasticidad media, estructura homogénea, compacidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 8".

Fuente: Elaboración propia.

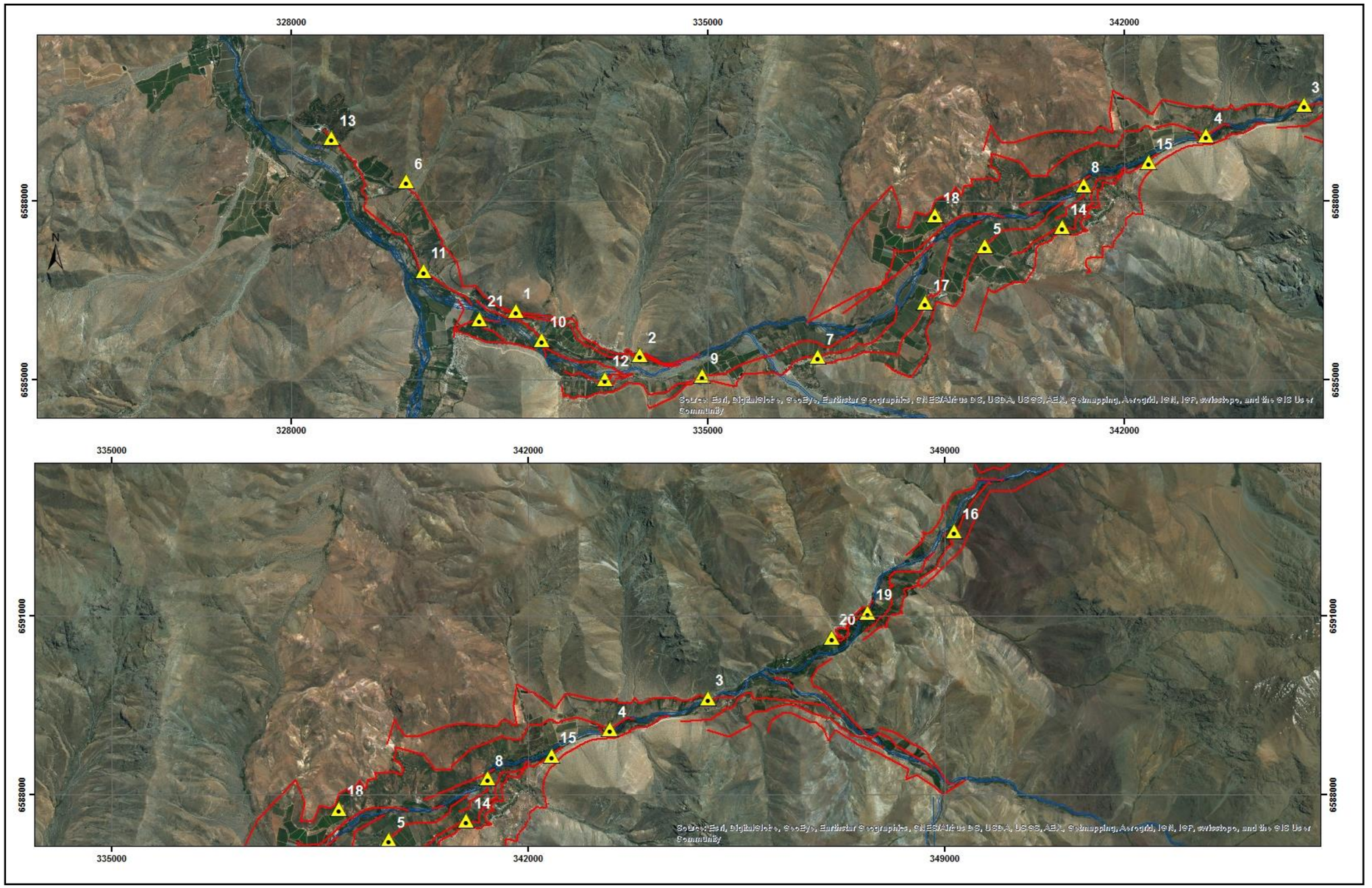


FIGURA 4.7.3-1
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL CALICATAS
Fuente: Elaboración propia, a partir de castro de infraestructura.

5. ESTUDIOS BÁSICOS

5.1. Determinación de Regímenes Hidrológicos y de Crecidas

5.1.1. Hidrología de Recursos Hídricos

5.1.1.1. Aspectos Generales

En el presente capítulo se expone la modelación de los caudales medios mensuales de las alternativas de embalse propuestas en el presente estudio.

Las series de caudales se obtuvieron mediante la implementación y calibración del modelo hidrológico WEAP. Dicho modelo es ampliamente utilizado en estudios de disponibilidad de recurso hídrico y ha sido aplicado en la Cuenca de los ríos Elqui, Choapa y Limarí en los siguientes estudios:

- Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario, Recursos Hídricos y Edáficos de Chile Frente a Escenarios de Cambio Climático. Capítulo Análisis de Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos de Chile Frente a Escenarios de Cambio Climático. Río Illapel en Las Burras. Realizado por AGRIMED de la Universidad de Chile, CONAMA, 2008.

- Impactos del Cambio Climático en la Hidrología de una Cuenca Basada en Deshielo en un Sector Semiárido de Chile. Sebastián Vicuña, René D. Garreaud, James McPhee. Revista de Cambio Climático, 2010.

- Estudio de Modelos de Gestión de Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa. (CRDP Coquimbo, 2014).

En el estudio realizado por AGRIMED de la Universidad de Chile (2008), se calibró un modelo WEAP para una subcuenca de la zona alta del Río Choapa, delimitada por la Estación de Illapel en Las Burras. El estudio realizado por Vicuña et al. (2010), aplicó el modelo WEAP a la Cuenca del Río Limarí con el objetivo de evaluar impactos del cambio climático en la zona. Dado los buenos resultados obtenidos por este modelo en ambos casos, y la necesidad de generar caudales provenientes de una cuenca nivo-pluvial, con un aporte importante de deshielo, es que se decidió utilizar este modelo para la generación de series de caudales medios mensuales en el Río Mostazal para el presente estudio.

Las principales características de la zona de estudio corresponde a cuencas con una hidrología con dependencia nivo-pluvial en la que es necesario generar caudales de cabecera y en distintos nodos, incluyendo la ubicación de alternativa de embalse, en este sentido el Modelo WEAP ofrece la capacidad de modelar fenómenos nivales y pluviales y tal como se mencionó anteriormente ha sido aplicado a subcuencas de características similares, incluso en estudios realizados en la zona alta de la misma cuenca (Universidad de Chile, 2008).

5.1.1.2. Descripción de la Cuenca y Características Geomorfológicas

Para cada alternativa en estudio se delimitó la cuenca aportante, las que se muestran en la Figura 5.1.1.2-1, mientras que las características geomorfológicas se obtuvieron a partir de la información del Modelo de Elevación Digital (DEM) satelital denominado ASTER-GDEM (generado por el instrumento radiométrico ASTER de Japón, a bordo del satélite TERRA de la NASA, se puede descargar libremente del sitio http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/). En el Cuadro 5.1.1.2-1 se muestran las características geomorfológicas de las cuencas.

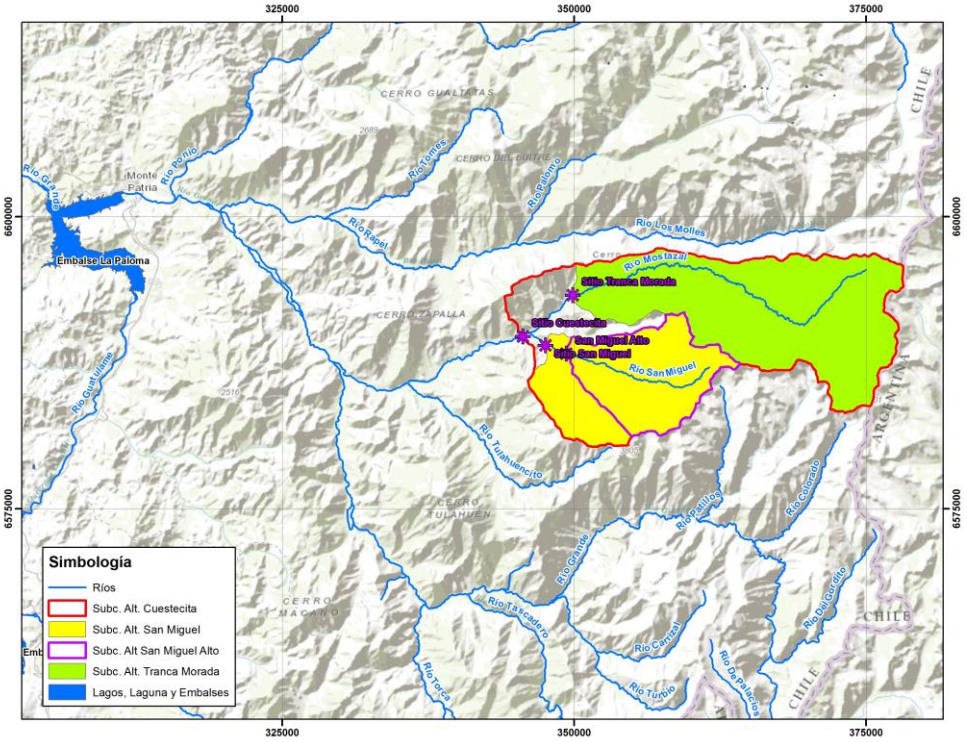


FIGURA 5.1.1.2-1
SUBCUENCAS APORTANTES A ALTERNATIVAS DE EMBALSE RÍO MOSTAZAL
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 5.1.1.2-1
CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS POR ALTERNATIVA

Parámetro	Unidad	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
Área Total	**km²**	393,13	223,98	125,02	87,33
Área Nival Máxima	**km²**	386,81	223,98	125,02	87,33
Pendiente media de la cuenca (*)	**%**	47,17	41,5	48,22	48,54
Pendiente media del cauce	**%**	0,059	0,061	0,125	0,125
Largo Cauce	**km**	43,296	37,091	16,933	14,45
Distancia Centro Gravedad	**km**	24,006	21,798	8,156	7,22
H_{min}	**m.s.n.m.**	1.239	1.515	1.369	1.461
H_{max}	**m.s.n.m.**	4.379	4.379	4.234	4.234
$H_{centroide}$	**m.s.n.m.**	2.571	2.852	2.185	2.729
$H_{promedio}$	**m.s.n.m.**	3.063	3.356	2.885	3.053
$\Delta H_{máximo}$	**m**	3.140	2.864	2.865	2.773
$\Delta H_{\text{centro de gravedad}}$	**m**	1.332	1.337	816	1.268

(*) Corresponde al promedio las pendientes de cada uno de los píxeles ubicados al interior de le cuenca, calculada a partir del DEM

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.3. Enfoque Adoptado para la Modelación

Para la generación de la serie de caudales medios mensuales se realizó el siguiente procedimiento, considerando todos los antecedentes disponibles:

1. Generación de un modelo hidrológico de 12 subcuencas y 2 ríos sobre la plataforma WEAP. De estas 12 subcuencas, 3 corresponden a las alternativas de embalse analizadas.

2. Calibración del modelo hidrológico en la Estación “Río Mostazal en Cuestecita” (en régimen natural) para el periodo 1986/87-2005/06.

3. Validación del modelo para el período 2006/07-2015/15.

4. Evaluación del modelo en los nodos de interés (ubicación de alternativas de embalse) y generación de las series de registro para el periodo 1986/87-2015/16 para la estación “Río Mostazal en Cuestecita” y para los sitios de embalse.

A continuación, se muestra la descripción del modelo y los resultados obtenidos de la modelación.

5.1.1.4. Información Hidrometeorológica Utilizada

a) Relleno de Datos

Tanto los datos de precipitación mensual, temperaturas mensuales y caudales mensuales fueron sometidos a un proceso de relleno, utilizando un modelo de regresión lineal corregido con una variable aleatoria (relleno estocástico) que permite preservar los parámetros estadísticos de cada serie, según la expresión:

$$Y_1 = \alpha \cdot Y_2 + \beta + \sqrt{1 - R^2} \cdot \varepsilon \cdot S_Y$$

Donde:

Y1:	La variable que se desea rellenar
Y2:	La variable que se utilizará para rellenar la estadística de Y1
α:	Pendiente de la regresión entre la variable Y1 e Y2
β:	Coeficiente de intersección de la regresión entre la variable Y1 e Y2
R2:	Coeficiente de determinación de la regresión entre la variable Y1 e Y2
ε:	Error aleatorio asociado a una distribución normal N(0,1)
Sy:	Desviación estándar de la serie Y1 original

Esta metodología de relleno se presenta con más detalle en la Revista SOCHID Vol. 10, Fernández B. y Salas J., 1995, y ha sido ampliamente utilizada en estudios para la Dirección General de Aguas y Dirección de Obras Hidráulicas. La ventaja de este método es que preserva la variabilidad natural que existe originalmente entre ambas series y no ve afectado su coeficiente de determinación inicial al utilizar directamente el relleno mediante correlación lineal simple.

La metodología se puede utilizar para rellenar directamente las series de precipitación, temperaturas o caudales, o bien utilizar variables transformadas para aquellas series que poseen asimetría negativa o positiva, o una alta variabilidad de valores extremos (lo cual no fue necesario en el presente estudio).

b) Pluviometría

Las estaciones pluviométricas utilizadas, corresponden a 7 y pertenecen a la red de la DGA, éstas son: Carén, El Tome, Las Ramadas, Paloma Embalse, Rapel, Tascadero y Tulahuén. La Figura 5.1.1.4-1 muestra la ubicación de estas estaciones, mientras que el Cuadro 5.1.1.4-1 muestra la disponibilidad de datos en el período de modelación.

Como se observa en el Cuadro 5.1.1.4-1, la disponibilidad de datos es bastante buena, siendo la estación con menor disponibilidad de datos, la estación Carén, con sólo 16 meses sin información de un total de 375, es decir 4,3% del total. De acuerdo con la Figura 5.1.1.4-1, la estación más representativa del valle de estudio y cercana a la cuenca de interés es la estación Carén, la cual fue

usada como estación base a partir de la cual se estimaron los gradientes orográficos de precipitación durante la fase de calibración. El Gráfico 5.1.1.4-1 muestra las precipitaciones medias mensuales de las 7 estaciones analizadas. Como puede apreciarse en dicho gráfico, las precipitaciones se concentran en los meses de invierno (junio a agosto), siendo la estación más lluviosa la estación Las Ramadas, alcanzando los 83 mm en junio y una media anual de 299 mm, ubicada en la zona alta del valle del Río Grande. Los datos tabulados de las precipitaciones procesadas y rellenadas pueden verse en el Anexo 5-1 (PMM).

CUADRO 5.1.1.4-1
DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS
(MESES CON INFORMACIÓN)

	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20
Carén	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	9	8	12	12
El Tome	12	12	12	12	12	11	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12
Las Ramadas	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Paloma Embalse	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Rapel	12	12	12	12	11	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Tascadero	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12
Tulahuén	12	12	12	11	12	12	12	12	6	12	12	12	12	12	12	12
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Carén	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	7	12	1
El Tome	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	3
Las Ramadas	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3
Paloma Embalse	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3
Rapel	12	11	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	2
Tascadero	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3
Tulahuén	12	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3

Nota: En el año 2016 se considera un total de 3 meses, ya que el año hidrológico termina en marzo

Fuente: Elaboración propia.

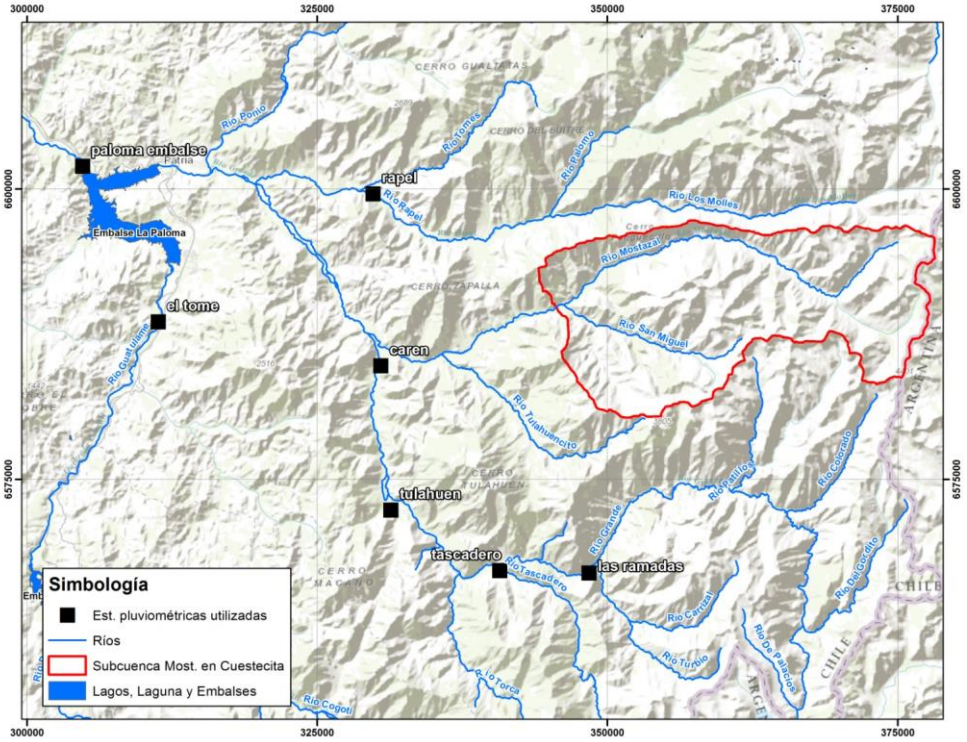


FIGURA 5.1.1.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS
Fuente: Elaboración propia.

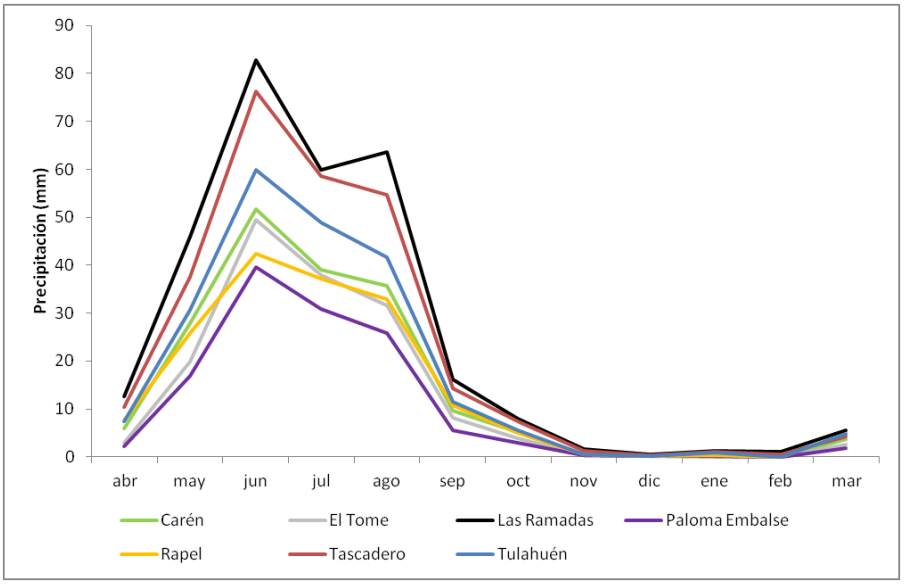


GRÁFICO 5.1.1.4-1
PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES
Fuente: Elaboración propia.

c) Fluviometría

Las estaciones fluviométricas consideradas, corresponden a 4 y pertenecen a la red de la DGA: Río Mostazal en Cuestecita, Río Grande en Puntilla San Juan, Río Mostazal en Carén y Río Rapel en Junta. La Figura 5.1.1.4-2 muestra la ubicación de estas estaciones, mientras que en el Cuadro 5.1.1.4-2 se muestra la disponibilidad de datos en el período de modelación.

Como puede verse en el Cuadro 5.1.1.4-2, la disponibilidad de datos es buena, siendo la estación con menor disponibilidad de datos, la estación Río Mostazal en Carén, con 48 meses sin información de un total de 375, es decir 12,8% del total. De acuerdo con la Figura 5.1.1.4-2, la estación más representativa del valle de estudio y cercana a la cuenca de interés es la estación Mostazal en Cuestecita, la cual fue usada como estación base para la calibración del modelo hidrológico. Sin embargo, el régimen observado de dicha estación no está en régimen natural, lo cual es necesario para una adecuada calibración del modelo hidrológico.

Para la determinación del régimen natural en esta estación (Mostazal en Cuestecita), se optó por devolver los caudales extraídos aguas arriba de la estación de acuerdo a las acciones de que dispone cada canal. Esta información fue extraída del diagrama unifilar del Río Mostazal y se resume en el Cuadro 5.1.1.4-3.

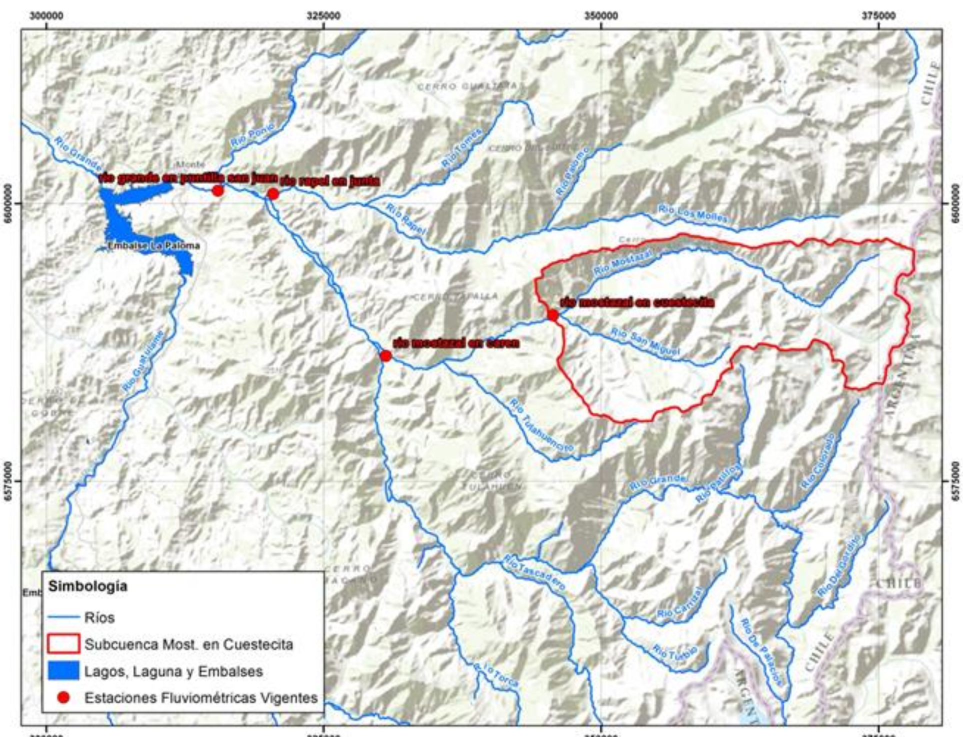


FIGURA 5.1.1.4-2
UBICACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS
Fuente: Elaboración propia.

Tal como puede verse en el Cuadro 5.1.1.4-3, el caudal medio extraído aguas arriba de la estación Mostazal en Cuestecita es de 0,98 m³/s mientras que el caudal medio de la estación 1,46 m³/s. Esto quiere decir que se extrae aproximadamente el 40% antes de la estación, por lo que puede aproximarse el régimen natural devolviendo este porcentaje, tal como se indica en la siguiente ecuación:

$$Qnat = \frac{Qobs}{1 - Ext}$$

Donde *Qnat* es el caudal en régimen natural, *Qobs* es el caudal observado en la estación y *Ext* es la proporción de caudal extraído aguas arriba de la estación, que en este caso es igual a 0,4.

CUADRO 5.1.1.4-2
DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CONSIDERADAS
(MESES CON INFORMACIÓN)

	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20
R. Mostazal Cuestecita	12	12	12	11	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
R. Grande en P. San Juan	12	11	12	12	12	12	12	12	12	11	11	12	12	12	12	12
R. Mostazal en Carén	0	9	12	9	12	9	6	12	8	9	12	11	8	12	12	12
R. Rapel en Junta	11	11	12	11	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	19	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**20**
R. Mostazal Cuestecita	12	11	12	12	12	12	12	12	11	11	12	12	12	12	12	3
R. Grande en P. San Juan	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	11	12	12	12	12	3
R. Mostazal en Carén	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	9	12	9	12	10	3
R. Rapel en Junta	12	12	12	12	12	12	12	12	11	8	6	11	12	12	12	3

Nota: En el año 2016 se considera un total de 3 meses, ya que el año hidrológico termina en marzo
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 5.1.1.4-3
CAUDAL EXTRAÍDO AGUAS ARRIBA DE LA ESTACIÓN RÍO MOSTAZAL EN CUESTECITA

Río	Canal	Acciones	Caudal (L/s)
Mostazal	Quemado	40	40
	Huracán	80	80
	Tranca Morada	120	120
	Maitén Alto	80	80
	Maitén Bajo	100	100
	Panguecillo	20	20
	Sasso Alto	100	100
	Sasso Bajo	120	120
	Mollarcito	20	20
	Mollarcito	100	100
San Miguel	Cascada	100	100
	Habitación	80	80
	Palcalito	20	20
Total		980	980

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 5.1.1.4-2 muestra los caudales medios mensuales de la estación Mostazal en Cuestecita en régimen natural. Como puede apreciarse en dicho gráfico, los mayores caudales se concentran en los meses de primavera (octubre a diciembre), observándose también un leve aumento en junio. De esta forma se confirma régimen nivo-pluvial bastante notorio, alcanzando los 5,03 m³/s en el mes de noviembre y un caudal anual de 2,44 m³/s (período 1985/86-2015/16). Los datos tabulados de los caudales procesados y rellenados pueden verse en el Anexo 5-1 (QMM).

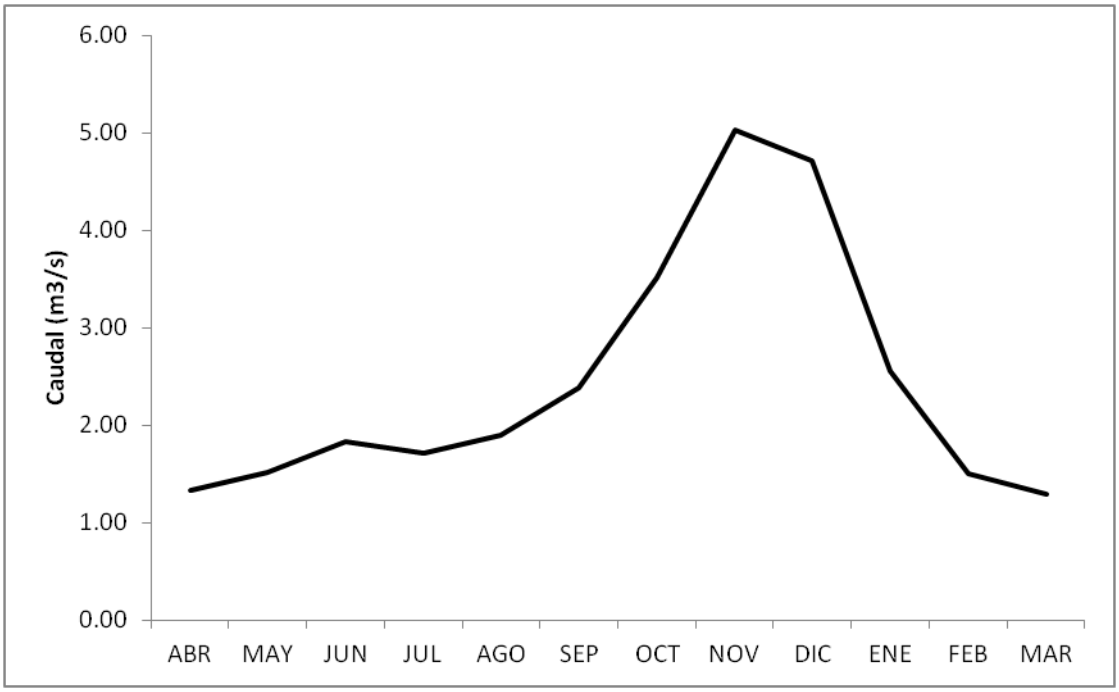


GRÁFICO 5.1.1.4-2
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN RÉGIMEN NATURAL EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA
Fuente: Elaboración propia.

d) Temperaturas

Las estaciones de temperatura consideradas corresponden a 5 y pertenecen a la red de la DGA, éstas son: Carén, El Tome, Las Ramadas, Paloma Embalse y Cogotí Embalse. La Figura 5.1.1.4-3 muestra la ubicación de estas estaciones, mientras que el Cuadro 5.1.1.4-4 muestra la disponibilidad de datos en el período de modelación.

Como puede verse en el Cuadro 5.1.1.4-4, la disponibilidad de datos es buena salvo por una estación, correspondiente a la estación El Tome, con 333 meses sin información de un total de 375, es decir 89% del total, sin embargo, dicha estación no es relevante para el proceso de modelación, por lo que no se considera en el análisis. De acuerdo con la Figura 5.1.1.4-3, la estación más representativa del valle de estudio y cercana a la cuenca de interés es la estación Carén, la cual sólo poseía un 7,5% de datos faltantes, y fue usada como estación base a partir de la cual se estimaron los gradientes térmicos de precipitación durante la fase de calibración. El Gráfico 5.1.1.4-3 muestra las temperaturas medias mensuales de las 4 estaciones analizadas. Como puede apreciarse en dicho gráfico, las mayores

temperaturas ocurren en los meses de verano (enero y febrero), siendo la estación más fría la estación, Las Ramadas, alcanzando los 11,9 °C en julio y una media anual de 16,5°C, mientras que la estación Carén presenta una media anual de 17,7 °C. Los datos tabulados de las temperaturas procesadas y rellenadas pueden verse en el Anexo 5-1 (TMM).

CUADRO 5.1.1.4-4
DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES DE TEMPERATURA CONSIDERADAS (MESES CON INFORMACIÓN)

	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20
Carén	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	9	8	12	12
El Tome	12	12	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Las Ramadas	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Paloma Emb.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Cogotí Emb.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Carén	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	3	5	0
El Tome	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Las Ramadas	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	2
Paloma Emb.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3
Cogotí Emb.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	12	12	12	3

Nota: En el año 2016 se considera un total de 3 meses, ya que el año hidrológico termina en marzo

Fuente: Elaboración propia.

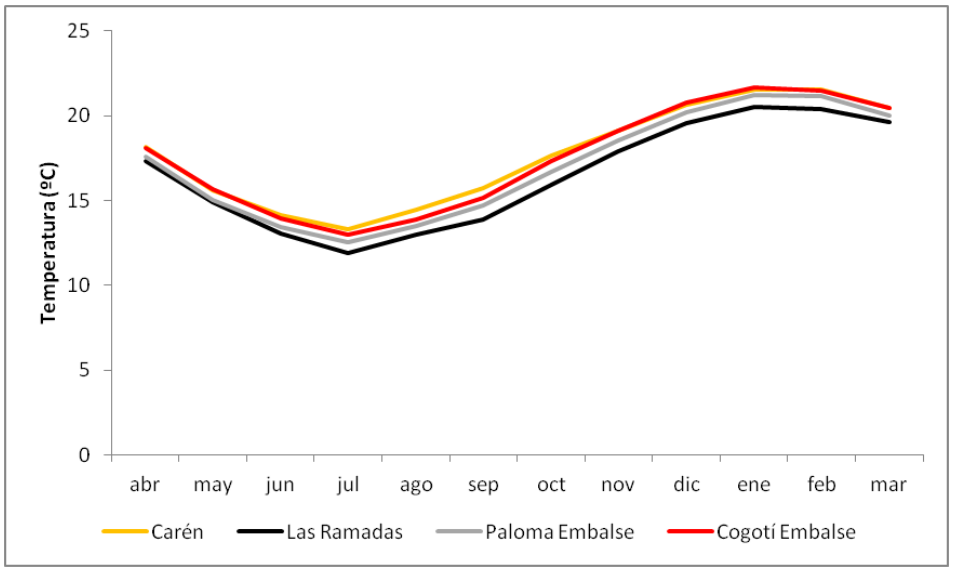


GRÁFICO 5.1.1.4-3
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES
Fuente: Elaboración propia.

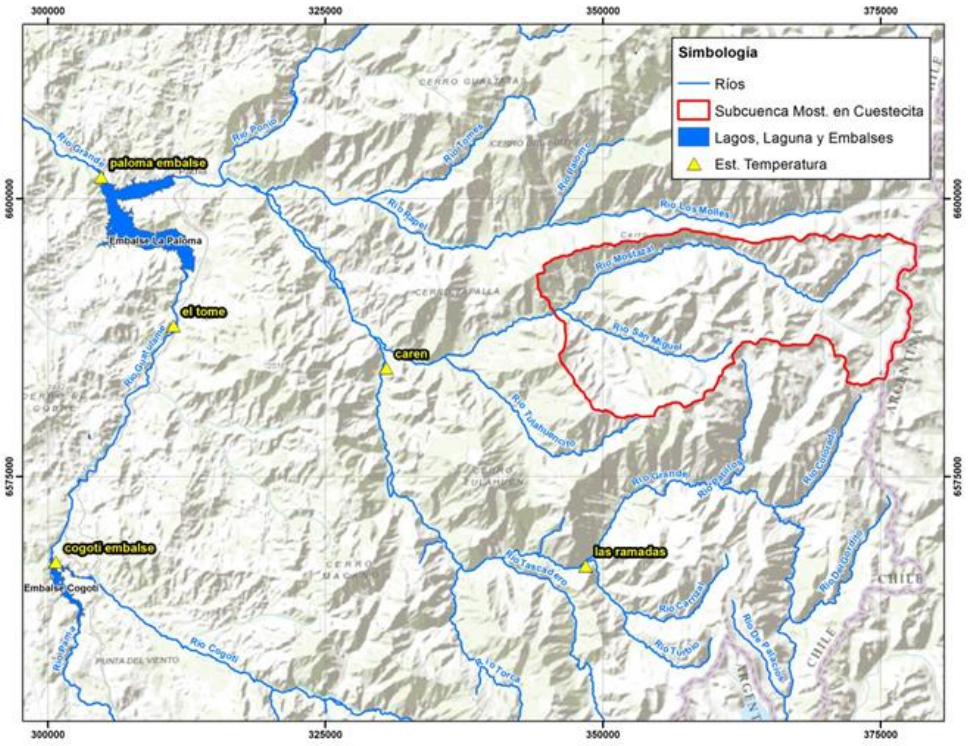


FIGURA 5.1.1.4-3
UBICACIÓN ESTACIONES DE TEMPERATURA UTILIZADAS
Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.5. Descripción del Modelo WEAP

El modelo hidrológico WEAP (*Water Evaluation And Planning system*) fue desarrollado por el SEI (*Stockholm Environment Institute*) en 1989, ha sido aplicado con bastante popularidad y buenos resultados, tanto en estudios de disponibilidad como de planificación del recurso hídrico. Este modelo posee una interface amigable y provee un enfoque integral, que permite su aplicación con diferentes objetivos.

Es una herramienta computacional de modelación para la planificación y distribución de aguas. Incluye específicamente un modelo hidrológico y funciona en base a balances de oferta y demanda de aguas. A diferencia de otros modelos de planificación de recursos hídricos basados en modelación hidrológica externa, WEAP es un modelo forzado por variables climáticas. Además, incluye rutinas diseñadas para distribuir el agua entre diferentes tipos de usuarios desde una perspectiva humana y ecosistémica. Estas características lo convierten en un modelo ideal para la gestión y planificación de los Recursos Hídricos.

En la Figura 5.1.1.5-1 se muestra un esquema simplificado del Modelo WEAP, básicamente consiste en un modelo de balance de dos estanques, donde el estanque superior se asocia al flujo superficial y sub-superficial, mientras que el estanque inferior corresponde al almacenamiento subterráneo que está directamente relacionado con el flujo base.

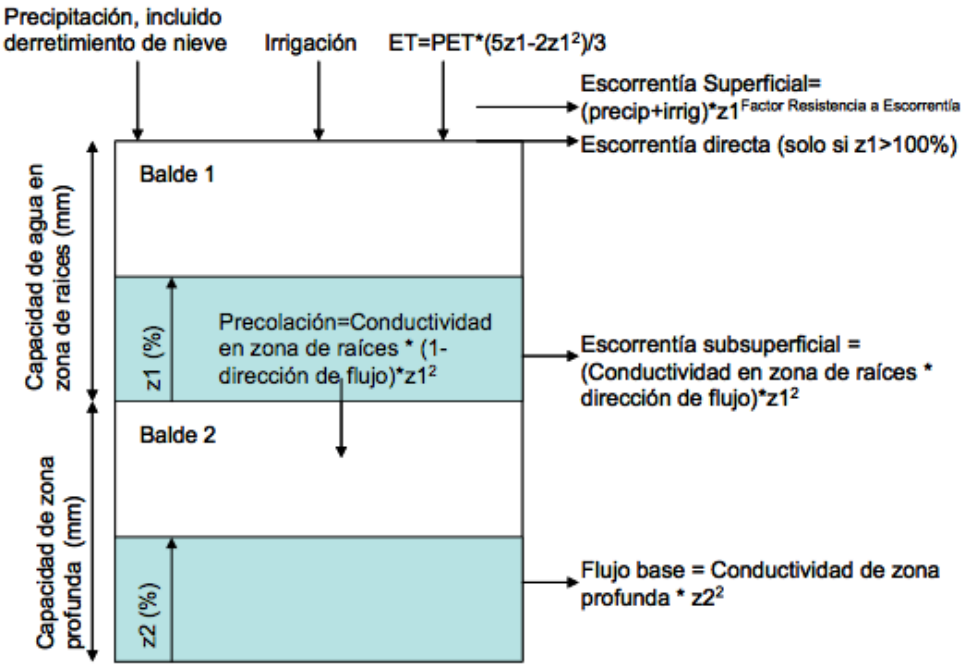


FIGURA 5.1.1.5-1
ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL MODELO WEAP
Fuente: Guía Metodológica, Centro de Cambio Global UC, 2009.

La modelación del derretimiento nival se realiza con el método de grado día, considerando temperaturas límites de derretimiento y congelamiento, para la estimación de porcentaje de precipitación y nieve caída. Una descripción detallada puede ser revisada en el documento "Guía Metodológica Modelación Hidrológica y de Recursos Hídricos con El Modelo WEAP", desarrollado por el Centro de Cambio Global de la UC, 2009 y en los documentos proporcionados en la página www.weap21.org.

Las variables climáticas involucradas en la modelación son: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, todas las cuales son input del modelo (series de tiempo). Además, se requieren variable de índole física y geográfica como la latitud, el uso del suelo y las superficies. Respecto de los parámetros generadores de escorrentía (suelo) que deben ser calibrados para la modelación hidrológica, estos se muestran en el Cuadro 5.1.1.5-1.

La aplicación de este modelo hidrológico se puede realizar mediante diferentes procesos de segmentación del área modelada, entre ellos los más utilizados corresponden a segmentación de subcuencas y bandas de elevación.

CUADRO 5.1.1.5-1
RESUMEN DE PARÁMETROS GENERADORES DE ESCORRENTÍA DE WEAP

Parámetro	Unidad
Capacidad de almacenamiento del suelo	mm
Capacidad de Zona Profunda	mm
Conductividad Zona Profunda	mm/mes
Conductividad en Zona de Raíces	mm/mes
Temperatura Deshielo	°C
Temperatura de Congelamiento	°C
Factor de resistencia de escorrentía	-
Dirección preferente de flujo	-

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.6. Segmentación de la Cuenca

Como ya fue dicho anteriormente, la cuenca del Río Mostazal en Cuestecita fue subdividida en 12 subcuencas, cada una de las cuales constituye un "catchment" que genera un caudal propio. El caudal se va sumando a medida que se unen los distintos cauces, y el total generado por las 12 subcuencas es sumado en el punto de salida. La Figura 5.1.1.6-1 muestra la subdivisión de 12 subcuencas mientras que la Figura 5.1.1.6-2 se muestra la topología del modelo en la interface de WEAP.

El Cuadro 5.1.1.6-1 muestra las características de cada subcuenca.

CUADRO 5.1.1.6-1
CARACTERÍSTICAS SUBCUENCAS MODELO

ID Subcuenca	Cota Mínima (m)	Cota Máxima (m)	Cota promedio (m)	Superficie (km²)	Nodo de Descarga	Alternativa de Embalse
1	1.239,0	2.636,0	1.839,9	30,0	5	Cuestecita
2	1.369,0	2.912,0	1.908,7	12,7	9	San Miguel
3	1.515,0	3.528,0	2.236,7	15,6	4	Tranca Morada
4	2.402,0	4.145,0	3.465,1	13,6	7	-
5	2.403,0	4.234,0	3.400,2	27,1	7	-
6	1.773,0	3.987,0	2.905,9	37,7	8	-
7	1.459,0	3.781,0	2.583,1	34,0	10	-
8	3.088,0	4.319,0	3.665,2	35,6	1	-
9	3.088,0	4.379,0	3.734,7	58,9	1	-
10	2.502,0	4.309,0	3.481,3	69,2	2	-
11	1.794,0	4.147,0	2.810,7	44,7	3	-
12	1.421,0	4.097,0	2.596,8	14,2	6	-

Fuente: Elaboración propia.

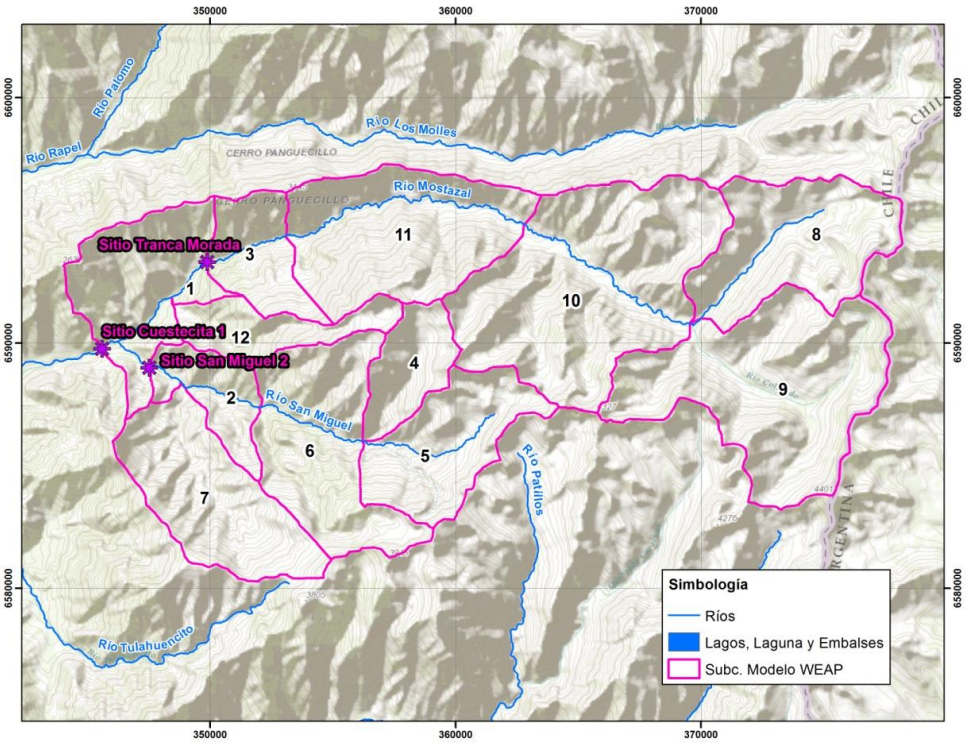


FIGURA 5.1.1.6-1
SUBDIVISIÓN DE SUBCUENCAS PARA LA MODELACIÓN
Fuente: Elaboración propia.

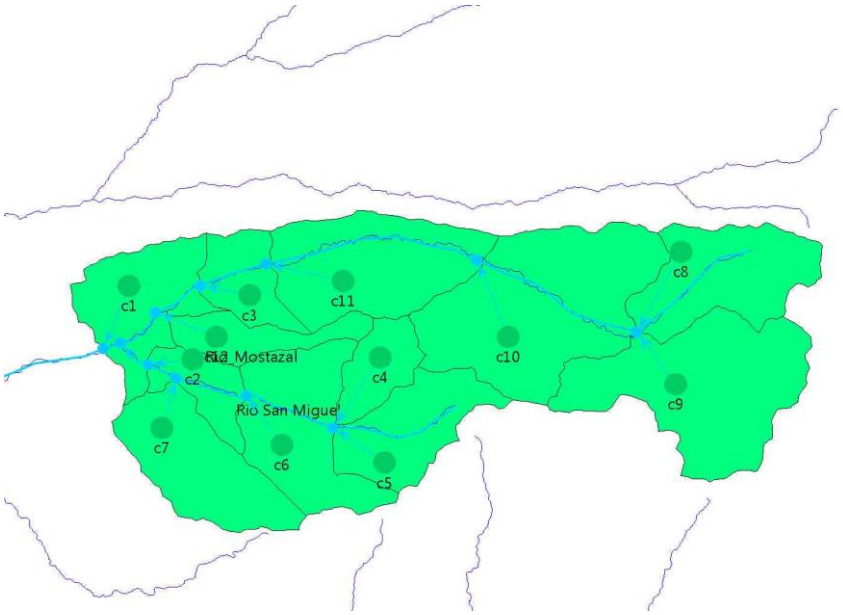


FIGURA 5.1.1.6-2
TOPOLOGÍA WEAP EN MODELO RIO MOSTAZAL
Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.7. Calibración

a) Estrategia de Calibración

La estrategia de calibración empleada se resume en los siguientes puntos:

1. Todos los parámetros fueron calibrados utilizando Macros en lenguaje Visual Basic compatibles con WEAP que fueron especialmente programados para el presente estudio.

2. El criterio de calibración principal fue el coeficiente de eficiencia E de Nash-Sutcliffe, el cual indica el grado de ajuste entre los caudales observados y los modelados en la serie temporal de caudales mensuales completa en el punto donde está ubicada la estación "Río Mostazal en Cuestecita". Éste corresponde a uno de los indicadores de eficiencia más usados en este tipo de modelos, el cual varía desde $-\infty$ hasta 1, siendo el 1 el ajuste perfecto entre los datos observados y los modelados. Valores sobre 0 ya indican que el modelo es mejor que un comportamiento completamente aleatorio. Se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{T}(Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^{T}(Q_o^t - \overline{Q_o})^2}$$

Donde Qo son los caudales observados, Qm son los caudales modelados y el $\overline{Qo}$ es el promedio de los Qo. El súper índice t indica el paso de tiempo. El período de calibración empleado fue desde abril de 1986 a marzo de 2006, sin embargo, la modelación comienza 1 año antes, es decir desde abril de 1985 para así asegurarse que los caudales modelados están independizados de las condiciones iniciales. Este primer año de modelación se descarta de los resultados y se denomina comúnmente "período de calentamiento" del modelo.

3. Los parámetros generadores de escorrentía (ver Cuadro 5.1.1.7-1) fueron calibrados usando como punto de partida aquellos determinados en el estudio "Diseño para el Aprovechamiento Óptimo de los Recursos Hídricos del Río Chalinga y Estero Derecho" (DOH 2017, en proceso de finalización). A partir de los valores calibrados por dicho estudio, se comenzó la búsqueda de los valores que mejor permitieran el ajuste entre los caudales modelados y los observados en el presente estudio. Los valores usados como punto de partida pueden verse en el Cuadro 5.1.1.7-1.

4. Para estimar las precipitaciones en las zonas altas de la cuenca de calibración, donde no existen estaciones pluviométricas, se utilizó el método de los gradientes orográficos, incorporando como parámetro a calibrar el gradiente orográfico a nivel estacional. Como punto de partida se utilizaron los gradientes observados en la zona baja del valle a partir de las estaciones pluviométricas seleccionadas.

CUADRO 5.1.1.7-1
PARÁMETROS CALIBRADOS EN ESTUDIO DOH (2017) USADOS COMO PUNTO DE PARTIDA EN EL PRESENTE ESTUDIO

Parámetro	Rango	Unidad	Descripción
Capacidad de almacenamiento del suelo	280 - 490	mm	Capacidad de retención de agua de la primera capa de suelo
Capacidad de Zona Profunda	60 - 80	mm	Capacidad de retención de agua de la capa de suelo profunda
Conductividad Zona Profunda	7 - 21,3	mm/mes	Conductividad hidráulica de la capa de suelo profunda
Conductividad en Zona de Raíces	22,1 - 415	mm/mes	Conductividad hidráulica de la primera capa de suelo
Temperatura Deshielo	7,25	°C	Temperatura umbral para el derretimiento de la nieve
Temperatura de Congelamiento	-2,5	°C	Temperatura umbral para la acumulación de la nieve
Factor de corrección de gradientes de precipitación	0,53	-	Factor que multiplica a los gradientes de precipitación observados en la zona del valle (Cuadro 5.1.1.4-1), y que permite generar las series de precipitación en altura donde no existen estaciones.
Gradiente de Temperatura invierno-otoño	-6,5	°C/km	Variación de la temperatura respecto de la altitud
Gradiente de Temperatura primavera	-7,3	°C/km	Variación de la temperatura respecto de la altitud
Gradiente de Temperatura verano	-6,8	°C/km	Variación de la temperatura respecto de la altitud
Factor de resistencia de escorrentía	0,26 - 4,29	-	Relacionado con la superficie del suelo, controla la magnitud de la escorrentía directa
Dirección preferente de flujo	0,2 – 0,82	-	Factor que divide el flujo que va desde la primera capa de suelo hacia la profunda

Fuente: Elaboración propia

b) Resultados de la Calibración

Para la calibración realizada (periodo 1986/87-2005/06) se obtuvo un coeficiente de Eficiencia Nash-Sutcliffe (E) de la serie temporal completa de 0,63, lo cual es considerado como satisfactorio para este tipo de modelos, y un caudal medio anual modelado de 2,91 m^3/s lo que comparado con los 3,07 m^3/s observados implican un error del 5,7%. En el Cuadro 5.1.1.7-2 se resumen las eficiencias del modelo en todas sus dimensiones, esto es, serie completa, promedios mensuales, promedios anuales y curva de duración mensual.

Como puede verse, el modelo presenta indicadores satisfactorios en todas sus dimensiones. Si se observan los Gráficos 5.1.1.7-1 al 5.1.1.7-5 puede verse gráficamente la calidad de los distintos ajustes. En el Gráfico 5.1.1.7-1 puede verse la comparación de los caudales mensuales observados (Qobs) v/s los modelados (Qmod), apreciándose algunos intervalos de tiempo con un bajo grado de ajuste. Se observa por ejemplo que en el período abr-92 a abr-96 los caudales observados se alejan de los modelados. Sin embargo, el modelo es sistemático en generar crecidas nivales ante la presencia de precipitaciones invernales, lo cual ocurre así en la mayor parte del período modelado observándose

una buena correspondencia. Se cree que aquellos eventos de precipitación que no originan una respuesta en los caudales, y por lo tanto un desacoplamiento de ambas curvas graficadas, se debe a que la estación pluviométrica usada como base para estimar las lluvias en altura (Estación Carén) no sería del todo representativa de las precipitaciones que caen realmente sobre la cuenca, sin embargo, no existe otra más cercana en el valle con datos suficientes. No obstante, lo anterior, el patrón que origina el desacople de las curvas no es el dominante en el período completo de calibración ya que la serie analizada en su totalidad cumple de forma satisfactoria, lo que queda reflejado en el factor E calculado.

En el Gráfico 5.1.1.7-2 se ve la correlación entre los Qobs y Qmod. En dicho gráfico, la nube de puntos debiera agruparse en torno a la recta de pendiente 1, a ambos lados tanto por sobre como por debajo. Esto indica que el modelo no presenta sesgos. Esto ocurre así en la mayor parte de la nube de puntos salvo en aquella región ubicada por sobre los 12 m^3/s en los Qobs, donde todos los caudales se encuentran por debajo de la recta. Esto quiere decir que el modelo sub estima los caudales mayores a partir de los 12 m^3/s. En el período de tiempo analizado ocurren 8 eventos de crecida que estarían siendo sub estimados por el modelo, sin embargo, debe considerarse que, por lo general, los modelos hidrológicos que se desarrollan a escala mensual presentan dificultades para llegar a las crecidas, ya que éstas corresponden a eventos extremos que muchas veces escapan al comportamiento habitual de los procesos modelados.

CUADRO 5.1.1.7-2
INDICADORES DE EFICIENCIA DEL MODELO HIDROLÓGICO

Ajuste	Período de Calibración	
	E (*)	R^2
Serie temporal	0,63	0,66
C.D. Mensual	0,64	0,95
Ajuste medias mensuales	0,84	0,87
Ajuste medias anuales	0,69	0,88

(*) Coeficiente de Eficiencia Nash-Sutcliffe

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte el Gráfico 5.1.1.7-3 se puede ver la comparación de medias mensuales de los Qobs con los Qmod. En general la curva presenta un buen ajuste, observándose una subestimación de los caudales de invierno y primavera sobrestimación en los caudales de verano, lo que implicaría un exceso de congelamiento en invierno dando pie a un exceso de derretimiento en verano. No obstante, ello, el comportamiento de la curva mensual presenta un ajuste satisfactorio, recalcándose que el indicador E calculado para esta curva es de 0,84 lo cual es considerado como bueno.

En el Gráfico 5.1.1.7-4 puede verse la comparación de promedios anuales de los Qobs v/s los Qmod. Se observan 3 años donde el desajuste es llamativo, mientras que todo el período restante se comporta de manera satisfactoria. Estos 3 años anómalos son 1987/88, 1997/98 y 2002/03 coincidentes con los años de mayores crecidas de deshielo del período analizado, muy probablemente relacionados con el fenómeno del niño las 2 primeras. Dichos eventos extremos, tal como ya fue dicho,

son difíciles de modelar con este tipo de herramientas ya que en ellos confluyen procesos de alta complejidad que se escapan al comportamiento habitual de los eventos de precipitación más recurrentes en una cuenca.

Finalmente, en el Gráfico 5.1.1.7-5 se muestra la comparación entre ambas curvas de duración, la de los Qmod v/s Qobs. Como se aprecia, el ajuste es perfecto hasta aproximadamente los 10 m^3/s, correspondientes al 3% de probabilidad de excedencia. De ese valor hacia arriba las dos curvas presentan un desajuste, viéndose una subestimación de los caudales mayores por parte del modelo. Esto quiere decir que el modelo sólo se aleja de la realidad el 3% del tiempo, siendo consistente con lo antes expuesto en los otros gráficos.

El Cuadro 5.1.1.7-3 muestra el resumen de los parámetros resultantes del proceso de calibración. Se incluye además el Anexo 5-1 (Calibración y Validación Weap Mostazal) con el respaldo de los resultados mencionados en el presente apartado y el proyecto WEAP con el modelo presentado.

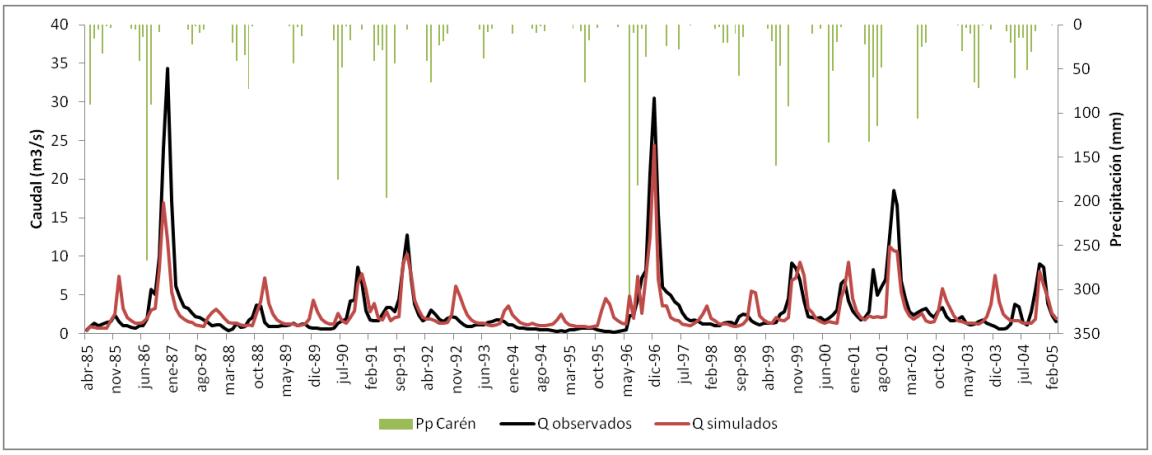


GRÁFICO 5.1.1.7-1
CORRELACIÓN (A) Y SERIE TEMPORAL DE CAUDALES MODELADOS V/S OBSERVADOS (B)
Fuente: Elaboración propia.

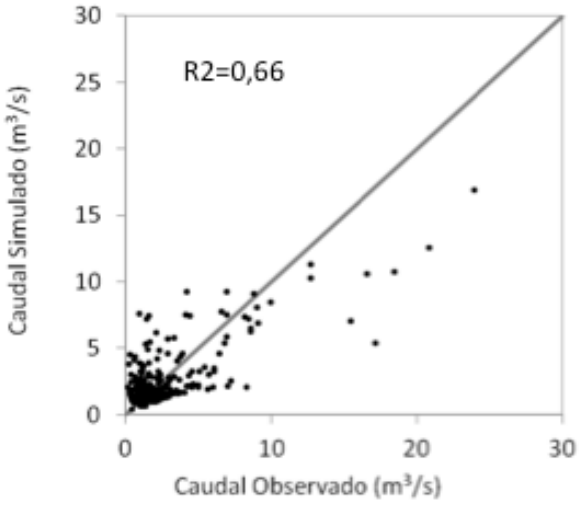


GRÁFICO 5.1.1.7-2
CORRELACIÓN DE CAUDALES MODELADOS V/S OBSERVADOS
Fuente: Elaboración propia.

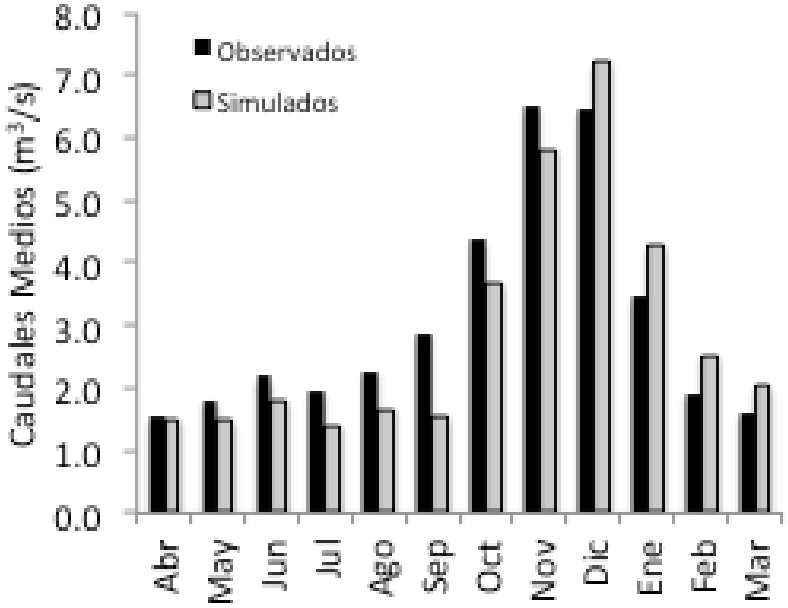


GRÁFICO 5.1.1.7-3
COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES MODELADOS V/S OBSERVADOS
Fuente: Elaboración propia.

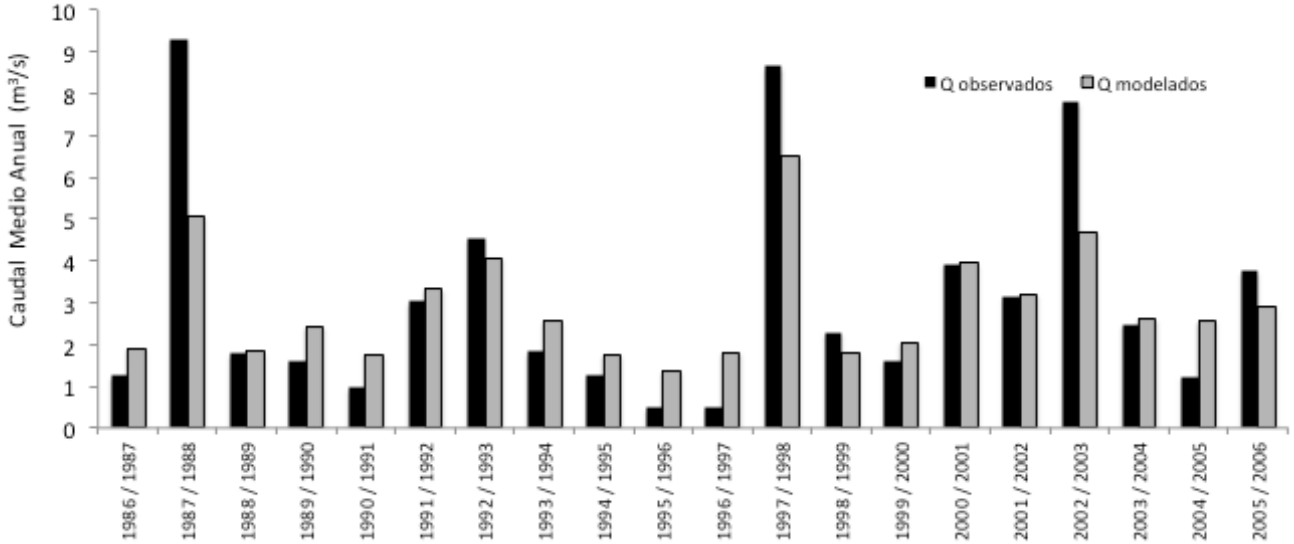


GRÁFICO 5.1.1.7-4
COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS ANUALES MODELADOS V/S OBSERVADOS
Fuente: Elaboración propia.

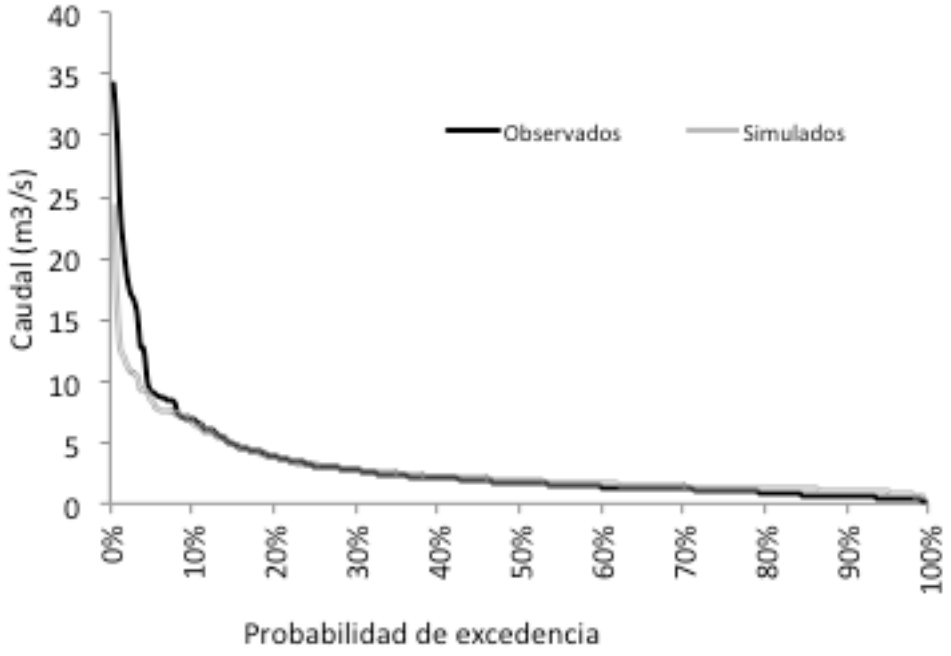


GRÁFICO 5.1.1.7-5
COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS ANUALES MODELADOS V/S OBSERVADOS
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 5.1.1.7-3
RESUMEN DE PARÁMETROS CALIBRADOS

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción
Kc	0,69	-	Coeficiente de cultivo
Capacidad de almacenamiento del suelo	333.2-583,1	mm	Capacidad de retención de agua de la primera capa de suelo
Capacidad de Zona Profunda	79,8-106,4	mm	Capacidad de retención de agua de la capa de suelo profunda
Conductividad Zona Profunda	8,87-26,62	mm/mes	Conductividad hidráulica de la capa de suelo profunda
Conductividad en Zona de Raíces	20,1-91,35	mm/mes	Conductividad hidráulica de la primera capa de suelo
Temperatura Deshielo	5,5	°C	Temperatura umbral para el derretimiento de la nieve
Temperatura de Congelamiento	-0,5	°C	Temperatura umbral para la acumulación de la nieve
Gradiente orográfico mensual	Valores observado en estaciones del valle	mm/km	Variación de las precipitaciones respecto de la altitud a lo largo del valle (ver valores en Anexo 5-1, PMM pestaña "Gradientes").
Factor de corrección general de gradientes de precipitación	0,97	-	Factor que multiplica a todos los gradientes de precipitación mensuales observados en la parte baja de la cuenca, y que permite generar las series de precipitación en altura donde no existen estaciones.
Factor de corrección estacional de gradientes de precipitación	otoño: 1,5 invierno: 0,5 primavera: 2,9 verano: 0,25	-	Factor que multiplica a los gradientes de precipitación mensuales según estación del año, y que permite sensibilizar las series de precipitación en un mayor grado.
Gradiente de Temperatura estacional	otoño: -5,7 invierno: -7,2 primavera: -6 verano: -2,1	°C/km	Variación de la temperatura respecto de la altitud por estación del año, que permite generar las series de temperatura en altura donde no existen estaciones.
Factor de corrección de gradientes de temperatura	0,99	-	Factor que multiplica a los gradientes de temperatura, y que permite sensibilizar la estimación de las temperaturas.
Factor de resistencia de escorrentía	0,58-7,64	-	Relacionado con la superficie del suelo, controla la magnitud de la escorrentía directa
Dirección preferente de flujo	0,2-0,82	-	Factor que divide el flujo que va desde la primera capa de suelo hacia la profunda

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.8. Validación

Se realizó la modelación del período 2006-2015 usando los parámetros resultantes de la calibración, sin embargo, se detectó una fuerte inconsistencia, observándose resultados deficientes en la validación. Como puede verse en el Gráfico 5.1.1.8-1, donde se comparan los Qobs v/s los Qmod para el período de validación, se aprecia que los Qobs presentan valores bajos en todo momento sin siquiera presentar respuesta antes los pulsos de precipitación que antecede a cada temporada de derretimiento. Esto implica un cambio de comportamiento importante respecto de lo observado en el

período de calibración, donde sí existía una clara correspondencia entre las lluvias observadas en invierno y las posteriores crecidas de deshielo tanto observadas como modeladas. En este sentido, y con el fin de encontrar la explicación a esta anomalía, se plantearon las siguientes hipótesis, las que fueron investigadas y evaluada:

1. La estación fluviométrica comienza a medir mal en la última década. Esto explicaría el porqué de los bajos caudales con ausencia casi total de aumentos.

2. La sequía prolongada de la última década produjo un cambio significativo en el régimen de extracciones, produciendo una sobre extracción del recurso aguas arriba de la estación. En otras palabras, la poca agua que llevaba el río, era extraída en exceso por los canales de riego.

3. La sequía prolongada de la última década, produjo un cambio en el patrón hidrológico de la cuenca en estudio, caracterizado por una ausencia de nevadas en las zonas altas de la cuenca aun cuando la estación pluviométrica de Carén sigue registrando precipitaciones en forma normal, tanto en magnitud como en frecuencia. En otras palabras, la estación pluviométrica Carén ya no es representativa de las lluvias que ocurren en la zona alta, pudiendo observarse lluvias en la zona baja, pero sin nevadas en la zona alta, lo que origina una inconsistencia en el modelo ya que éste está configurado de modo tal que las precipitaciones de la zona alta se estiman a partir de las lluvias observadas en la zona baja.

Los datos de la validación no exitosa pueden verse en el Anexo 5-1 (Calibración y Validación Weap Mostazal).

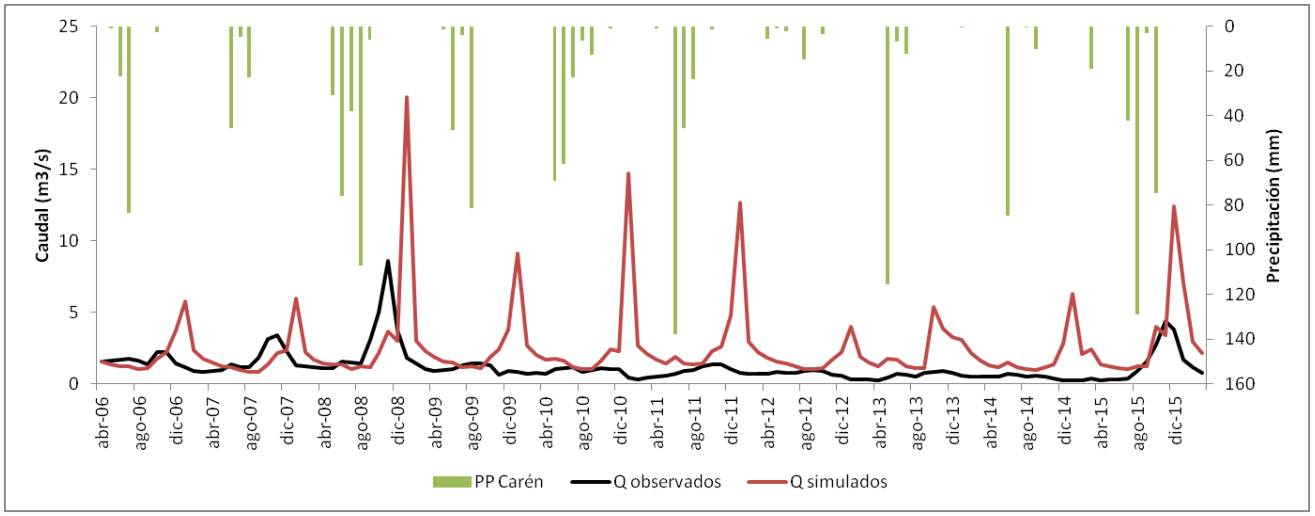


GRÁFICO 5.1.1.8-1
COMPARACIÓN DE CAUDALES MODELADOS V/S OBSERVADOS EN EL PERÍODO DE VALIDACIÓN
Fuente: Elaboración propia

5.1.1.9. Solución Alternativa

Respecto de las 3 hipótesis planteadas en el Acápite 5.1.1.8, y luego de realizar distintas indagaciones, se ha concluido que la hipótesis 3 es la más razonable, descartando la 1 luego de realizar distintos balances hidrológicos y consultando al personal de la DGA. Por su parte la hipótesis 2 se descarta al dimensionar la cantidad de agua que debería ser extraída por los regantes aguas arriba de la estación Cuestecita, y resulta improbable.

Habiendo adoptado la hipótesis 3, y habiendo descartado los resultados primarios entregados por WEAP (serie de caudales medios mensuales), se resuelve que la mejor forma de representar los recursos hídricos de las distintas alternativas, es conservar la serie de datos observados en el caso de la Alternativa Cuestecita, mientras que para las alternativas ubicadas aguas arriba de ésta (San Miguel, San Miguel Alto y Tranca Morada), usar los factores de transposición de las distintas subcuencas entregados por la calibración de WEAP. De esta forma se conservan las relaciones entre caudales de las distintas subcuencas aportantes a Mostazal en Cuestecita, provenientes de un proceso de modelación lluvia-escorrentía y acumulación-derretimiento de nieve, al mismo tiempo que se ajustan a los caudales observados en la estación fluviométrica usada como referencia en la totalidad del período. Dichos factores de transposición poseen una variación estacional y se condicen con los distintos procesos característicos de cada estación del año. El Gráfico 5.1.1.9-1 muestra la variación temporal de estos factores de transposición para las distintas alternativas de embalse. De esta forma, el caudal estimado en cada alternativa está dado por la Ecuación 5.1.1.9-1:

$$Q_{Alt\ X} = Qobs_{Cuestecita} \cdot Ft_{Qcuest\ Weap-QAlt\ x\ Weap} \qquad \text{Ecc. 5.1.1.9-1}$$

Donde $Q_{Alt\ X}$ es el caudal modelado en la alternativa X, $Qobs_{Cuestecita}$ es el caudal observado en "Mostazal en Cuestecita", y $Ft_{Qcuest\ Weap-QAlt\ x\ Weap}$ es el factor de transposición obtenido en WEAP entre el punto Cuestecita y el punto de la Alternativa X.

En el Acápite 5.1.1.10 se pueden ver las series definitivas de caudales medios mensuales adoptados para cada alternativa.

Los cálculos por los que fueron generadas las series de caudales definitivas se encuentran en el Anexo 5-1 (Caudales Modelados).

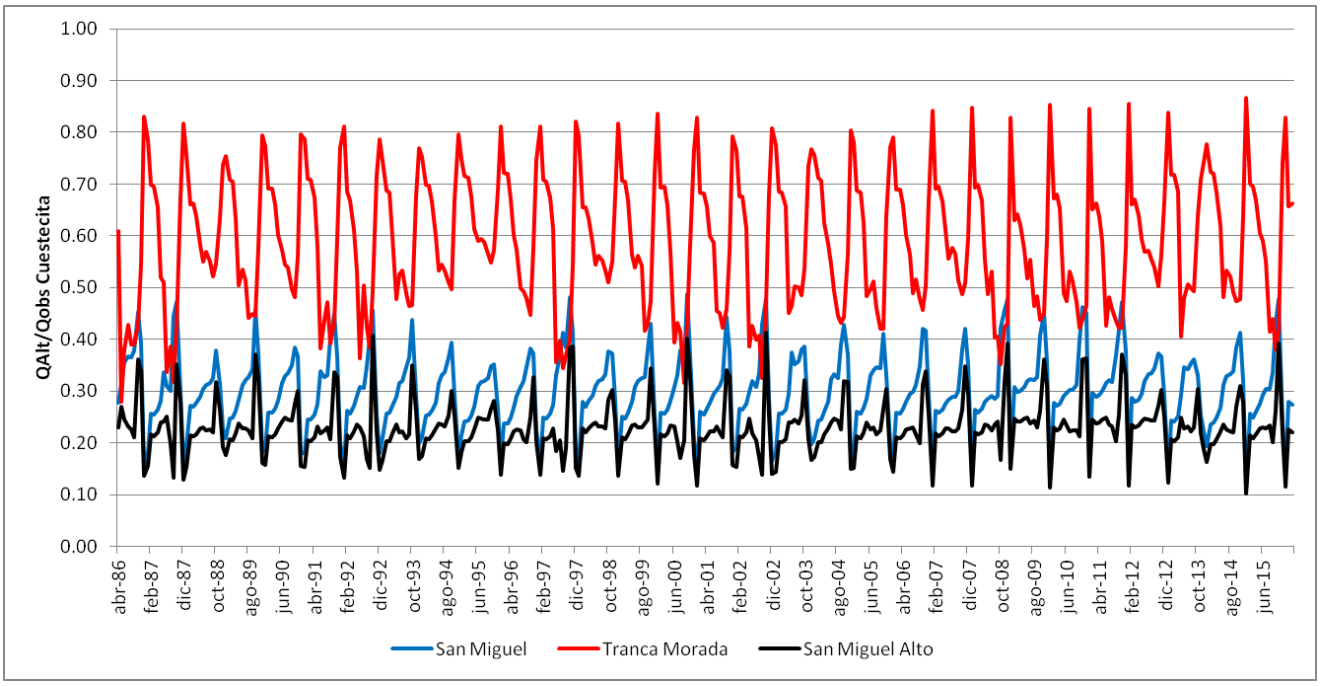


GRÁFICO 5.1.1.9-1
COMPARACIÓN DE CAUDALES MODELADOS V/S OBSERVADOS EN EL PERÍODO DE VALIDACIÓN
Fuente: Elaboración propia

5.1.1.10. Caudales Modelados en los Sitios de Embalse

Ya habiendo elegido el método a utilizar, se generaron las series de caudales para los 4 sitios evaluados. En lo que sigue se presentan los Gráficos 5.1.1.10-1 al 5.1.1.10-4 con las curvas de caudal modelado para las 4 alternativas en sus series temporales completas, medias mensuales, medias anuales y curva de duración mensual, respectivamente. Los datos de respaldo de dichos gráficos pueden verse en el Anexo 5-1 (Caudales Modelados).

Como puede verse, la alternativa Cuestecita es aquella que presenta una mayor oferta hídrica al estar ubicada más aguas abajo y contener las aguas de ambos brazos de la cuenca de Mostazal. El caudal medio anual es de 2,44 m^3/s, 1,46 m^3/s, 0,738 m^3/s y 0,567 m^3/s para Cuestecita, Tranca Morada, San Miguel y San miguel Alto, respectivamente.

En el Gráfico 5.1.1.10-2 puede verse que las 4 alternativas presentan un régimen predominantemente nival, viéndose que tanto en Cuestecita como en Tranca Morada los máximos se observan en los meses de noviembre y diciembre alcanzando los 5,1 y 3,8 m^3/s respectivamente, mientras que, en San Miguel y San Miguel Alto, el máximo se presenta en noviembre, alcanzando los 1,8 m^3/s y 1,6 m^3/s respectivamente. Esta diferencia posiblemente se explica por las diferencias de las alturas y áreas nivales de las distintas cuencas, ya que la cuenca de San Miguel posee menos superficie nival y a menor altura, y las nieves ubicadas en zonas más bajas se derriten antes dentro de la misma temporada.

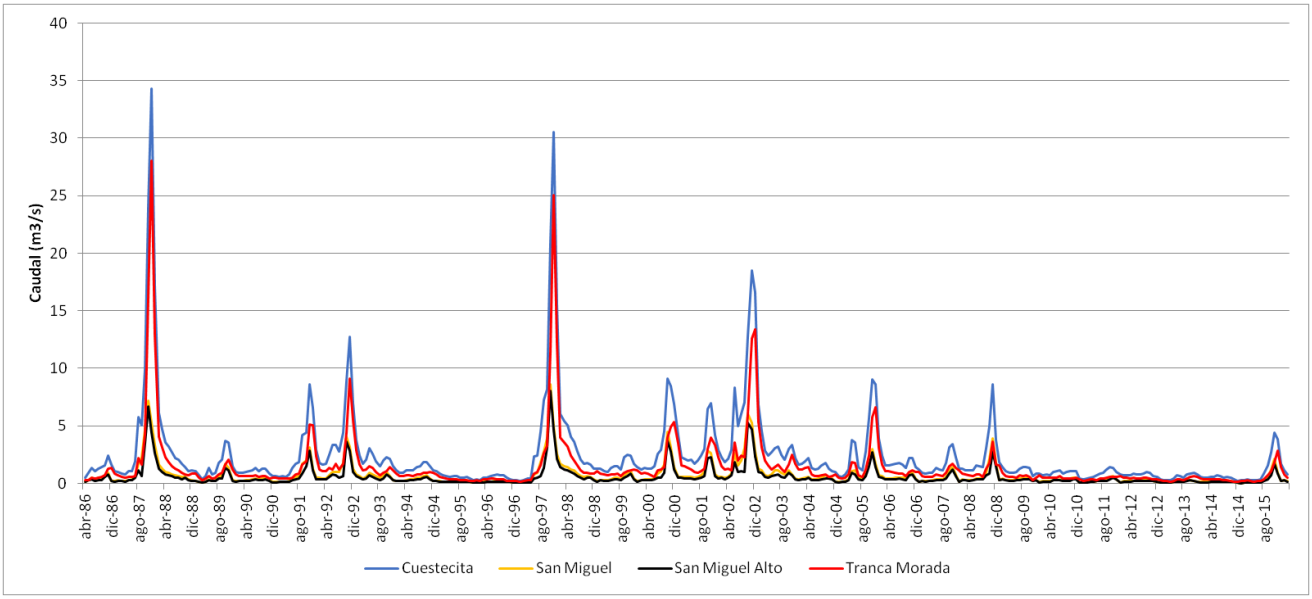


GRÁFICO 5.1.1.10-1
SERIE DE CAUDALES MENSUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 1986-2016
Fuente: Elaboración propia.

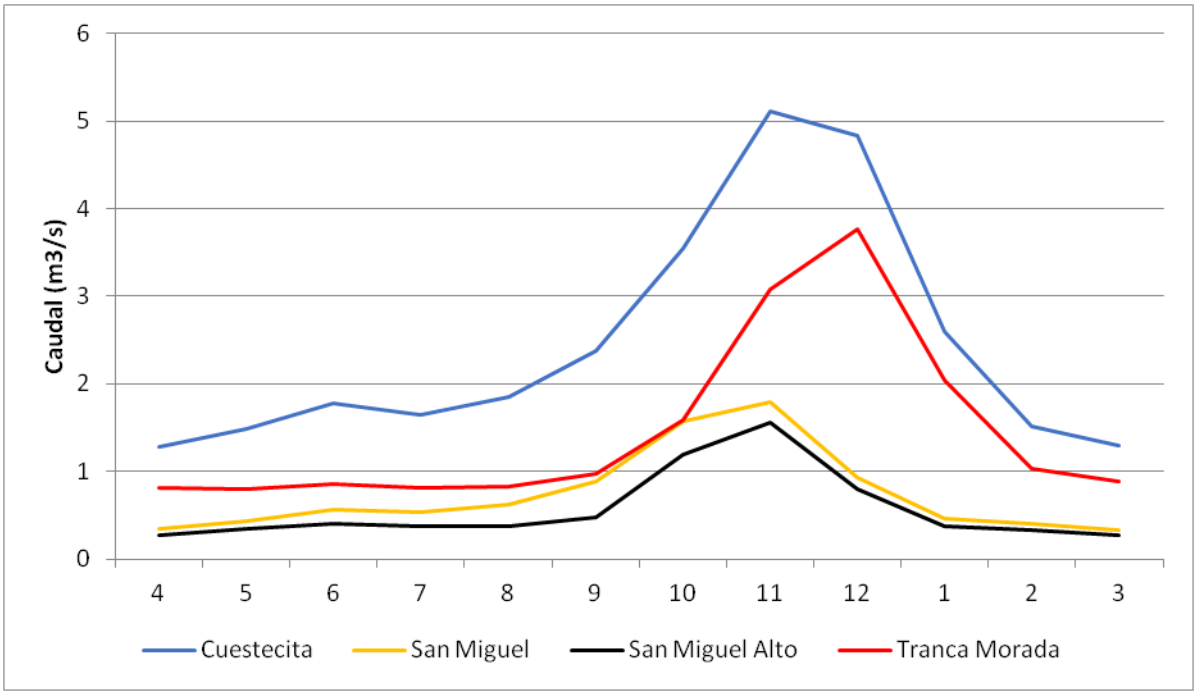


GRÁFICO 5.1.1.10-2
CAUDALES MEDIOS MENSUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 1986-2016
Fuente: Elaboración propia.

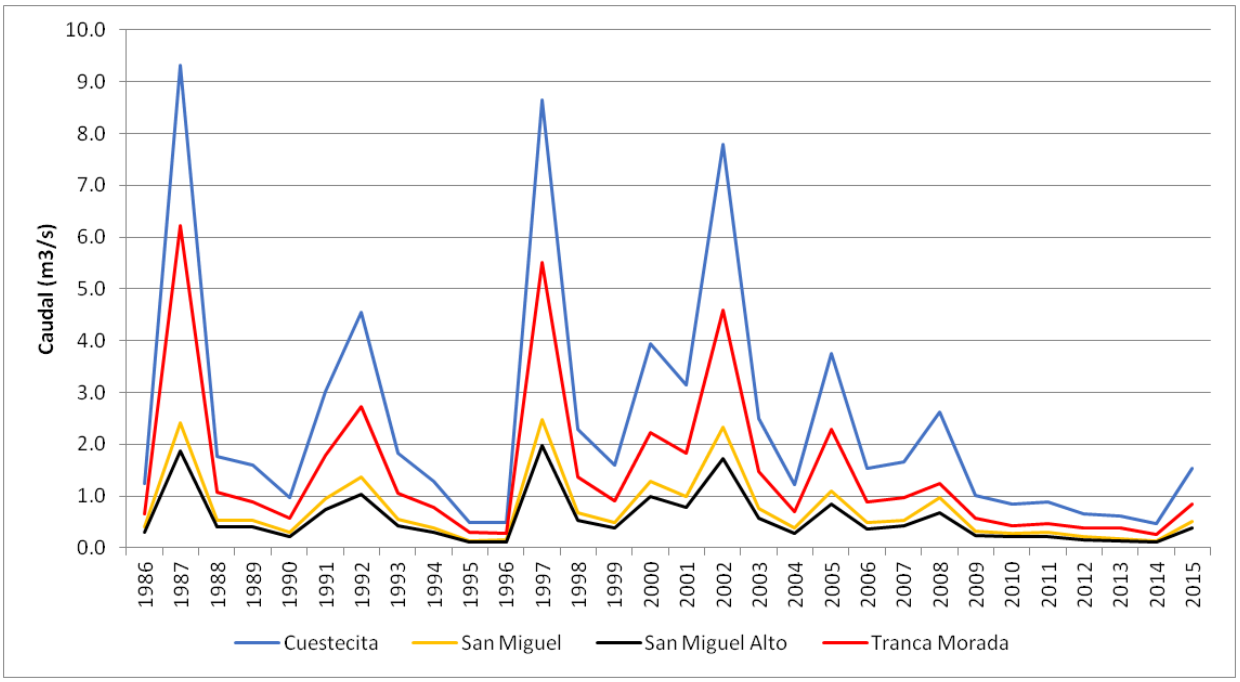


GRÁFICO 5.1.1.10-3
CAUDALES MEDIOS ANUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 1986-2016
Fuente: Elaboración propia.

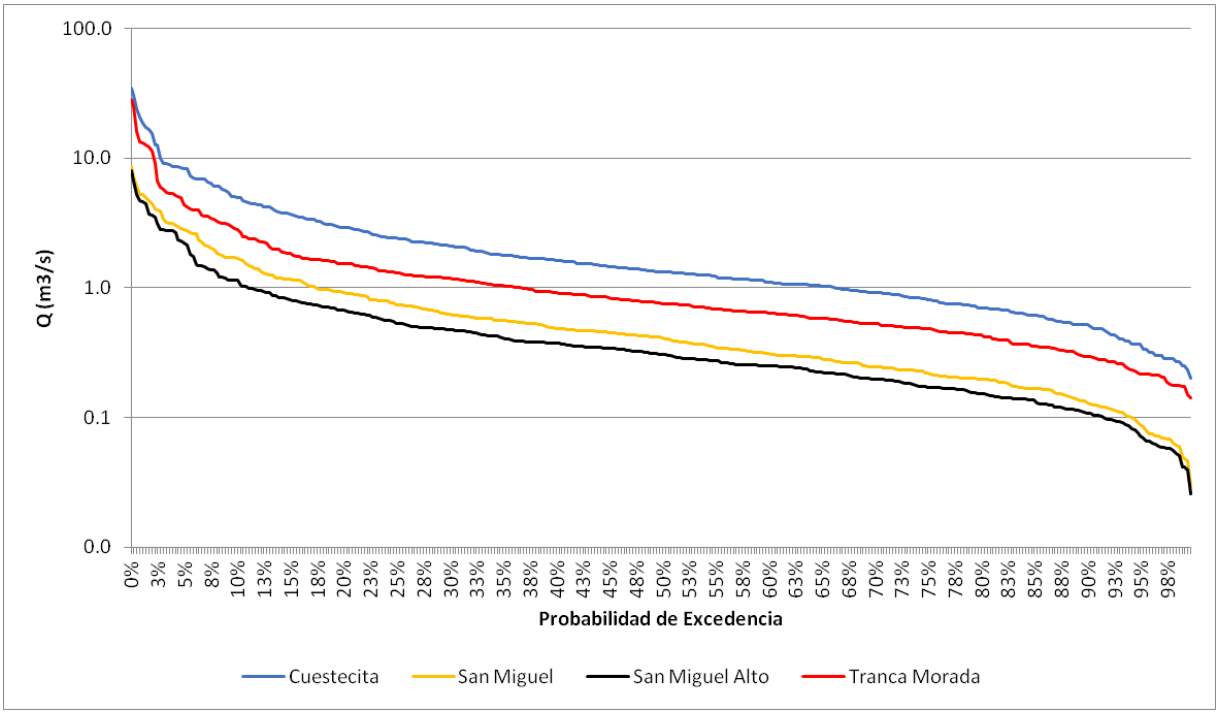


GRÁFICO 5.1.1.10-4
CURVA DE DURACIÓN MENSUAL MODELADA PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 1986-2016
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en el Gráfico 5.1.1.10-3 puede verse cómo se alternan los períodos de relativa escasez y abundancia, destacándose los años "Niño" (1987/88 y 1997/98). En el Gráfico 5.1.1.10-4 se muestran las curvas de duración para cada alternativa, siendo los caudales que se superan el 85% del tiempo total, 0.62 m³/s, 0,35 m³/s, 0,17 m³/s y 0,14 m³/s para Cuestecita, Tranca Morada, San Miguel y San Miguel Alto respectivamente.

A continuación, se presenta el Cuadro 5.1.1.10-1 y Gráficos del 5.1.1.10-5 al 5.1.1.10-8 con las curvas de variación estacional de cada alternativa. Los datos de respaldo se presentan en el Anexo 5-1 (CVE Alternativas).

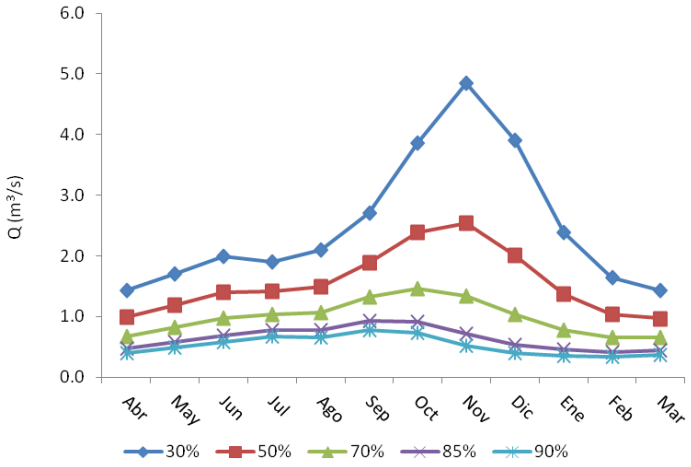


GRÁFICO 5.1.1.10-5
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVA CUESTECITA
Fuente: Elaboración propia.

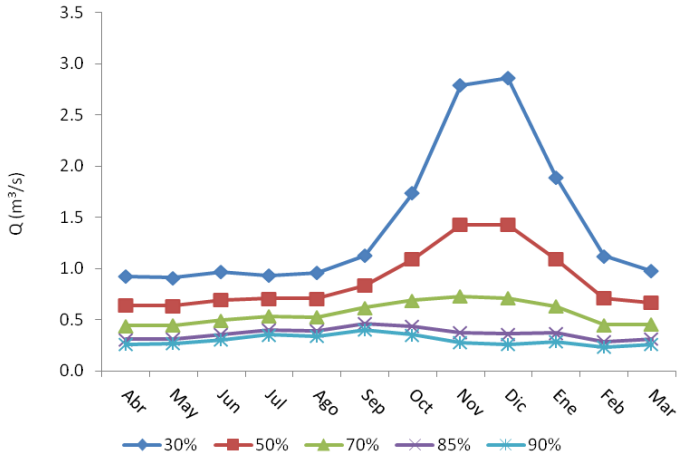


GRÁFICO 5.1.1.10-6
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVA TRANCA MORADA
Fuente: Elaboración propia.

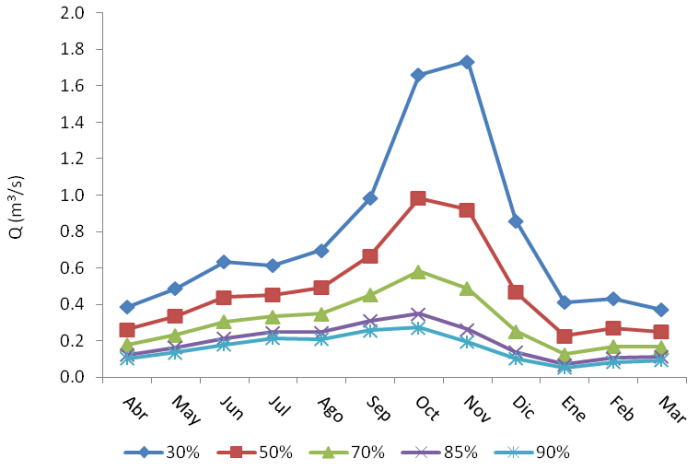


GRÁFICO 5.1.1.10-7
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVA SAN MIGUEL
Fuente: Elaboración propia.

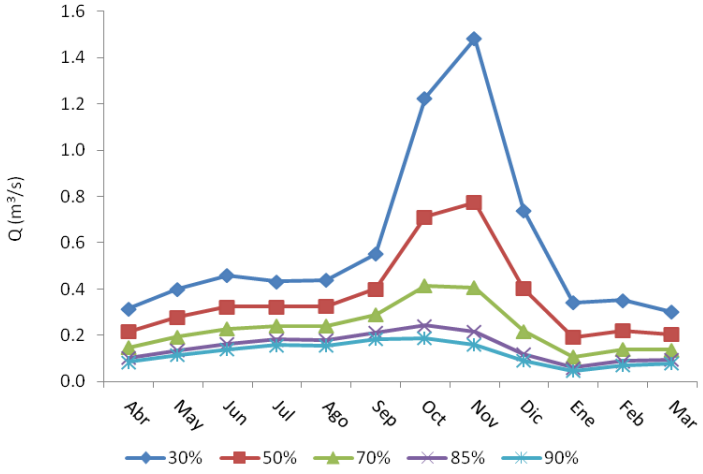


GRÁFICO 5.1.1.10-8
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVA SAN MIGUEL ALTO
Fuente: Elaboración propia.

Tal como puede verse en el Cuadro del 5.1.1.10-1 y Gráficos del 5.1.1.10-5 al 5.1.1.10-8, en las curvas de variación estacional de todas las alternativas puede notarse los regímenes nivales predominantes, con máximas en los meses de noviembre y diciembre en los años más abundantes para las alternativas Cuestecita y Tranca Morada respectivamente, alcanzando los 4,9 y 2,8 m³/s en año húmedo (30% de probabilidad de excedencia) y 0,61 y 0,33 m³/s para años muy secos (95% de probabilidad de excedencia). Por su parte las alternativas San Miguel y San Miguel Alto presentan máximos en noviembre en los años más abundantes, alcanzando 1,73 m³/s y 1,48 m³/s en años húmedos (30%) y 0,20 m³/s y 0,15 m³/s para años muy secos (95%).

CUADRO 5.1.1.10-1
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ALTERNATIVAS

		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Año
Cuestecita	Media	1,27	1,49	1,78	1,65	1,85	2,38	3,54	5,11	4,83	2,60	1,52	1,30	2,44
	Max.	5,02	4,08	8,33	4,98	6,04	7,24	12,71	23,98	34,30	17,16	6,10	5,44	9,31
	Min.	0,25	0,28	0,30	0,39	0,52	0,52	0,49	0,37	0,23	0,25	0,20	0,28	0,46
	Dsv.Est.	1,04	1,05	1,54	0,99	1,38	1,76	3,27	6,35	8,25	4,01	1,54	1,20	2,35
	Prob.Exc	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Año
	30%	1,438	1,702	1,994	1,908	2,093	2,709	3,861	4,851	3,905	2,385	1,643	1,428	2,662
	50%	0,985	1,185	1,397	1,410	1,496	1,889	2,381	2,543	2,011	1,366	1,034	0,967	1,727
	70%	0,675	0,825	0,979	1,042	1,069	1,317	1,468	1,333	1,035	0,782	0,651	0,655	1,120
	85%	0,467	0,579	0,691	0,775	0,770	0,926	0,916	0,710	0,542	0,454	0,414	0,448	0,734
	90%	0,391	0,489	0,585	0,673	0,658	0,782	0,730	0,525	0,397	0,350	0,334	0,373	0,600
	95%	0.301	0.380	0.457	0.546	0.522	0.609	0.523	0.335	0.251	0.238	0.242	0.285	0.444
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Año
Tranca Morada	Media	0,82	0,79	0,86	0,81	0,83	0,98	1,59	3,08	3,76	2,05	1,03	0,88	1,46
	Max.	3,18	2,39	3,56	1,99	2,45	2,67	5,95	16,12	28,04	12,98	4,03	3,56	6,21
	Min.	0,17	0,17	0,18	0,21	0,26	0,28	0,22	0,18	0,15	0,22	0,14	0,20	0,26
	Dsv.Est.	0,65	0,55	0,68	0,44	0,53	0,57	1,46	4,09	6,79	3,09	1,02	0,79	1,50
	Prob.Exc	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Año
	30%	0,925	0,911	0,968	0,936	0,957	1,129	1,740	2,794	2,860	1,894	1,123	0,976	1,557
	50%	0,640	0,638	0,692	0,706	0,709	0,837	1,095	1,426	1,430	1,094	0,712	0,666	1,000
	70%	0,442	0,447	0,494	0,533	0,524	0,620	0,689	0,728	0,715	0,632	0,452	0,454	0,642
	85%	0,308	0,316	0,356	0,405	0,391	0,462	0,438	0,378	0,363	0,370	0,290	0,313	0,417
	90%	0,259	0,267	0,304	0,355	0,340	0,402	0,353	0,276	0,263	0,286	0,234	0,262	0,339
	95%	0,201	0,209	0,241	0,292	0,276	0,326	0,256	0,173	0,162	0,196	0,171	0,201	0,249
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Año
San Miguel	Media	0,340	0,430	0,570	0,530	0,620	0,880	1,570	1,790	0,930	0,460	0,400	0,340	0,740
	Max.	1,410	1,190	2,660	1,540	2,020	3,030	6,070	8,610	5,260	3,350	1,700	1,470	2,480
	Min.	0,060	0,080	0,090	0,120	0,170	0,170	0,190	0,140	0,070	0,030	0,050	0,070	0,140
	Dsv.Est.	0,290	0,310	0,500	0,320	0,480	0,740	1,580	2,140	1,300	0,740	0,420	0,320	0,660
	Prob.Exc	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Año
	30%	0,390	0,490	0,630	0,610	0,700	0,980	1,660	1,730	0,860	0,410	0,430	0,370	0,820
	50%	0,260	0,340	0,440	0,450	0,490	0,670	0,980	0,920	0,470	0,230	0,270	0,250	0,530
	70%	0,180	0,230	0,310	0,330	0,350	0,450	0,580	0,490	0,250	0,130	0,170	0,170	0,350
	85%	0,120	0,160	0,210	0,250	0,250	0,310	0,350	0,260	0,140	0,070	0,110	0,110	0,230
	90%	0,100	0,140	0,180	0,220	0,210	0,260	0,270	0,200	0,100	0,050	0,080	0,090	0,190
	95%	0,080	0,110	0,140	0,170	0,170	0,200	0,190	0,130	0,070	0,040	0,060	0,070	0,140
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Año
San Miguel Alto	Media	0,280	0,350	0,410	0,370	0,380	0,480	1,200	1,560	0,800	0,380	0,330	0,270	0,570
	Max.	1,140	0,960	1,820	1,020	1,140	1,370	5,260	8,030	4,620	2,650	1,390	1,200	1,970
	Min.	0,050	0,060	0,070	0,090	0,110	0,130	0,120	0,110	0,060	0,030	0,040	0,060	0,110
	Dsv.Est.	0,230	0,250	0,340	0,210	0,240	0,290	1,320	1,960	1,140	0,590	0,330	0,260	0,510
	Prob.Exc	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Año
	30%	0,320	0,400	0,460	0,430	0,440	0,550	1,230	1,480	0,740	0,340	0,350	0,300	0,630
	50%	0,220	0,280	0,320	0,320	0,330	0,400	0,710	0,780	0,400	0,190	0,220	0,200	0,410
	70%	0,150	0,190	0,230	0,240	0,240	0,290	0,410	0,410	0,220	0,110	0,140	0,140	0,270
	85%	0,100	0,140	0,160	0,180	0,180	0,210	0,240	0,220	0,120	0,060	0,090	0,090	0,180
	90%	0,090	0,110	0,140	0,160	0,160	0,180	0,190	0,160	0,090	0,050	0,070	0,080	0,140
	95%	0,070	0,090	0,110	0,130	0,130	0,150	0,130	0,100	0,060	0,030	0,050	0,060	0,110

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Hidrología de Crecidas

5.1.2.1. Aspectos Generales

Este análisis de crecidas tiene como objetivo determinar con el mayor sustento físico y estadístico posible, las crecidas asociadas a los periodos de retorno 1.000 y 10.000 años para el diseño

del embalse en el río Mostazal, para las tres ubicaciones propuestas: Cuestecita, Tranca Morada y San Miguel.

Para la determinación de las crecidas asociadas a los periodos de retorno mencionados, se emplean dos métodos fundamentales, que consisten en determinación directa por datos fluviométricos en el río Mostazal, adaptado a cada una de las cuencas de las alternativas propuestas, y determinación a partir de métodos indirectos con información de precipitaciones en la zona de estudio.

5.1.2.2. Información Hidrológica Disponible en la Zona de Estudio

a) Información Fluviométrica

Para la determinación de crecidas a partir del método directo, se requiere información de caudales instantáneos máximos, los que se obtienen directamente de la estación indicada en el Cuadro 5.1.2.2-1.

CUADRO 5.1.2.2-1
ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA EL ESTUDIO

CÓDIGO BNA	NOMBRE	UTM		Altura	Periodo	Tipo de Registro
		Este	Norte	m.s.n.m.	Utilizado	
04515002-K	Rio Mostazal en Cuestecita	330.781	6.586.494	700	1973-2016	Fluviométrica

Fuente: Elaboración propia a partir de información BNA - DGA

b) Información Pluviométrica

Las estaciones pluviométricas utilizadas en el estudio corresponden a las indicadas en el Cuadro 5.1.2.2-2 y pueden verse en la Figura 5.1.2.2-1.

CUADRO 5.1.2.2-2
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA EL ESTUDIO

CÓDIGO BNA	NOMBRE	UTM		Altura	Periodo	Tipo de Registro
		Este	Norte	(m.s.n.m.)	Utilizado	
04513004-5	Carén	330.669	6.585.105	715	1969-2016	Pluviométrica
04540006-9	Paloma Embalse	304.978	6.602.287	354	1969-2016	Pluviométrica
04522003-6	Rapel	330.009	6.599.909	870	1969-2016	Pluviométrica
04537003-8	El Tome	311.496	6.588.881	419	1969-2016	Pluviométrica
04511003-6	Las Ramadas	348.619	6.567.266	1380	1969-2016	Pluviométrica
04513003-7	Tulahuén	331.530	6.572.676	1021	1969-2016	Pluviométrica
04512002-3	Tascadero	340.924	6.567.461	1245	1969-2016	Pluviométrica

Fuente: Elaboración propia a partir de información BNA – DGA

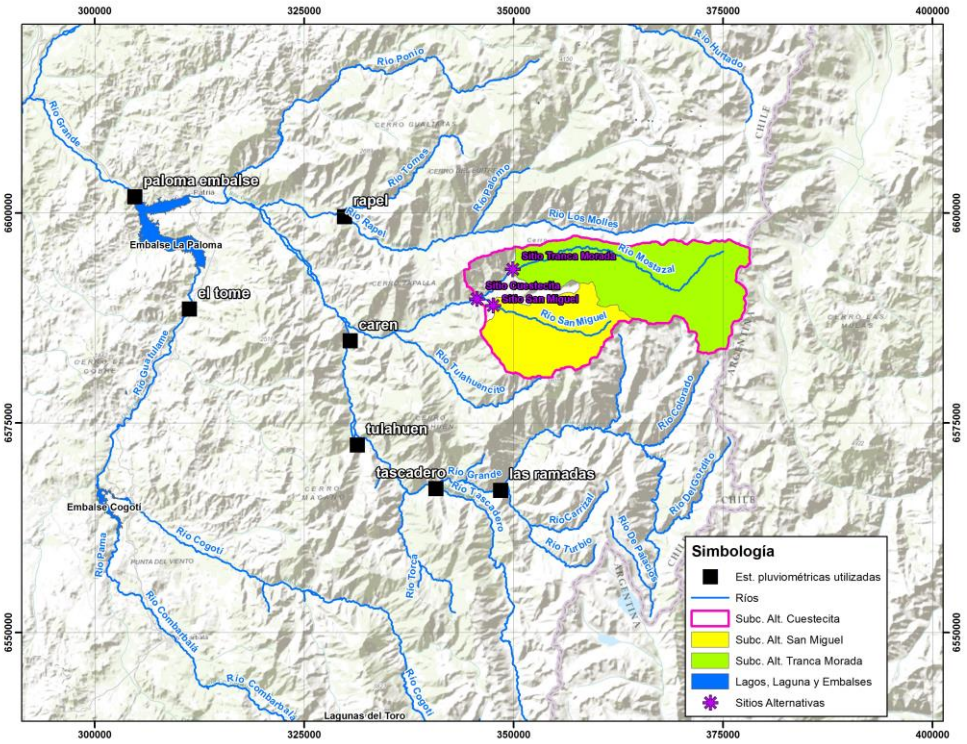


FIGURA 5.1.2.2-1
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS EN ESTUDIO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS
Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.3. Estudio a Partir de Información Fluviométrica

a) Caudales Máximos Registrados en Zona de Estudio

Con la información disponible recopilada por la estación Rio Mostazal en Cuestecita (BNA 04515002-K), se procede a determinar los caudales máximos instantáneos anuales en la zona de estudio. El hecho de que la ubicación de esta estación coincida con el punto de salida de la cuenca de la alternativa Cuestecita simplifica bastante el análisis hidrológico a realizar, y, por consiguiente, unos datos completamente representativos de la zona de estudio.

En una primera instancia, se decide por separar el análisis de caudales máximos en período de lluvias y período de deshielo, que consisten en abril a septiembre, y octubre a marzo, respectivamente. Una vez se haya separado los caudales de crecidas pluviales y de deshielo, se procede a comparar ambos datos, la que se muestra en el Gráfico 5.1.2.3-1.

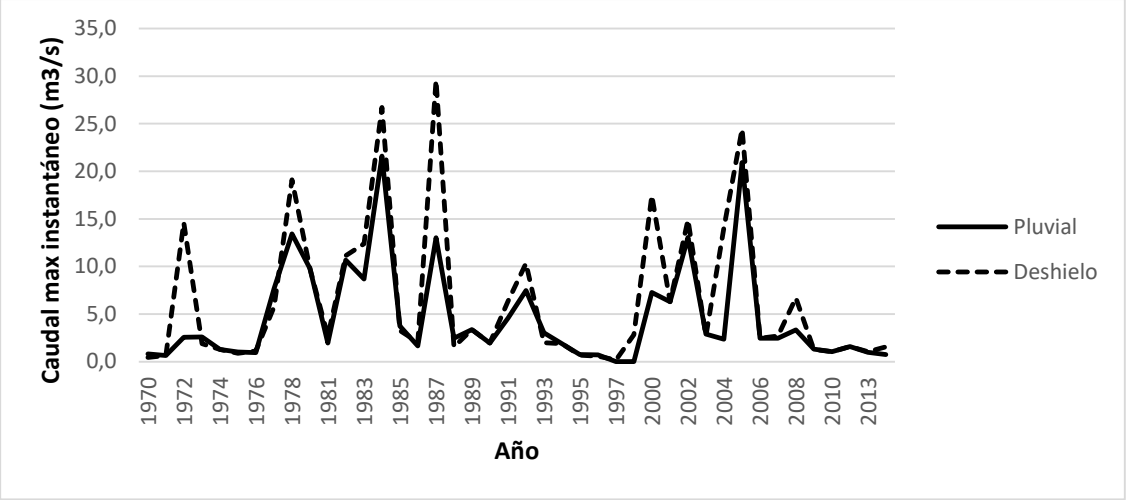


GRÁFICO 5.1.2.3-1
COMPARACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN PERÍODO PLUVIAL Y DE DESHIELO
Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo que se muestra en el Gráfico 5.1.2.3-1, es posible confirmar que el régimen de crecidas en la cuenca es principalmente de deshielo. A pesar de lo anterior, dicha dominancia no es absoluta, y se tiene que la cuenca de la alternativa San Miguel posee un área pluvial mayor que nival, se opta por realizar un análisis de ambos períodos hidrológicos.

Los caudales para los períodos de deshielo y pluvial se pueden observar en los Cuadros 5.1.2.3-1 y 5.1.2.3-2, respectivamente. Para mayor detalle de este análisis se debe consultar el Anexo 5-1 (Datos Hidrológicos para estudio de crecidas) y el Anexo 5-1 (Crecidas Datos Fluviométricos).

CUADRO 5.1.2.3-1
CAUDALES UTILIZADOS PARA ANÁLISIS DE FRECUENCIA EN PERÍODO DE DESHIELO

Año	Q max (m³/s)	Año	Q max (m³/s)	Año	Q max (m³/s)
1970	0,4	1985	3,3	2000	17,5
1971	0,6	1986	2,0	2001	6,3
1972	14,6	1987	29,6	2002	14,9
1973	1,9	1988	1,5	2003	2,7
1974	1,3	1989	3,4	2004	14,0
1975	0,9	1990	1,9	2005	24,5
1976	1,1	1991	6,4	2006	2,5
1977	5,8	1992	10,3	2007	2,7
1978	19,1	1993	2,0	2008	6,7
1979	9,8	1994	1,9	2009	1,3
1981	2,7	1995	0,7	2010	1,0
1982	11,1	1996	0,6	2011	1,6
1983	12,4	1997	0,2	2013	1,0
1984	26,7	1999	2,8	2014	1,6

Fuente: Elaboración propia a partir de información BNA – DGA

CUADRO 5.1.2.3-2
CAUDALES UTILIZADOS PARA ANÁLISIS DE FRECUENCIA EN PERÍODO PLUVIAL

Año	Q max (m^3/s)	Año	Q max (m^3/s)	Año	Q max (m^3/s)
1970	0,8	1985	3,7	2000	7,3
1971	0,6	1986	1,7	2001	6,3
1972	2,6	1987	13,0	2002	13,1
1973	2,6	1988	2,5	2003	2,9
1974	1,3	1989	3,4	2004	2,4
1975	1,0	1990	1,9	2005	20,9
1976	1,0	1991	4,6	2006	2,5
1977	7,7	1992	7,5	2007	2,4
1978	13,4	1993	3,0	2008	3,3
1979	9,8	1994	1,9	2009	1,3
1981	1,9	1995	0,7	2010	1,0
1982	10,7	1996	0,7	2011	1,6
1983	8,7	1997	0,0	2013	1,0
1984	21,6	1999	0,0	2014	0,7

Fuente: Elaboración propia a partir de información BNA – DGA

b) Análisis de Frecuencia para Período de Deshielo

Para la realización del análisis de frecuencia se utiliza la serie mostrada en el Cuadro 5.1.2.3-3, que consiste en los caudales máximos instantáneos registrados por la estación Mostazal en Cuestecita (BNA 04515002-K) en período de deshielo, durante los años 1970 – 2014. Con dichos datos, se realiza un análisis de frecuencias ajustando a las series las funciones de distribuciones Normal, Log-Normal, Pearson, Log-Pearson y Gumbel.

Para definir la distribución de mejor ajuste, se consideraron los resultados del test de bondad de ajuste χ^2. Este test de bondad se basa en el uso de las hipótesis tradicionales del análisis estadístico, cuyo detalle puede consultarse en "Hidrología Aplicada de Ven T. Chow et. al. Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-4.

CUADRO 5.1.2.3-3
RESULTADOS DE TEST χ^2 PARA FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN EN CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PARA PERÍODO DE DESHIELO

	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN				
	Normal	**Log-Normal**	**Pearson**	**Log-Pearson**	**Gumbel**
$\chi^2_{Calc.}$	17,9	2,6	3,4	9,8	4,0
$\chi^2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Rechazado	**Aceptado**	**Aceptado**	Rechazado	**Aceptado**

Fuente: Elaboración propia.

Para las funciones de distribución estadística que aprueban el test de bondad de ajuste χ^2 se realiza un análisis visual, en el que se escoge la que más se ajusta a los datos existentes,

específicamente en los períodos de retorno de interés. En los Gráficos 5.1.2.3-2 a 5.1.2.3-4 se presenta el ajuste de las tres funciones de distribución aceptadas por el test de bondad de ajuste χ^2. A partir de dicha información se escoge la distribución Log-Normal, que es la que mejor se ajusta a la serie de caudales considerada.

CUADRO 5.1.2.3-4
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA

T (años)	Q (m³/s)
10	16,2
50	42,8
100	60,4
1.000	158,2
10.000	349,5

Fuente: Elaboración propia.

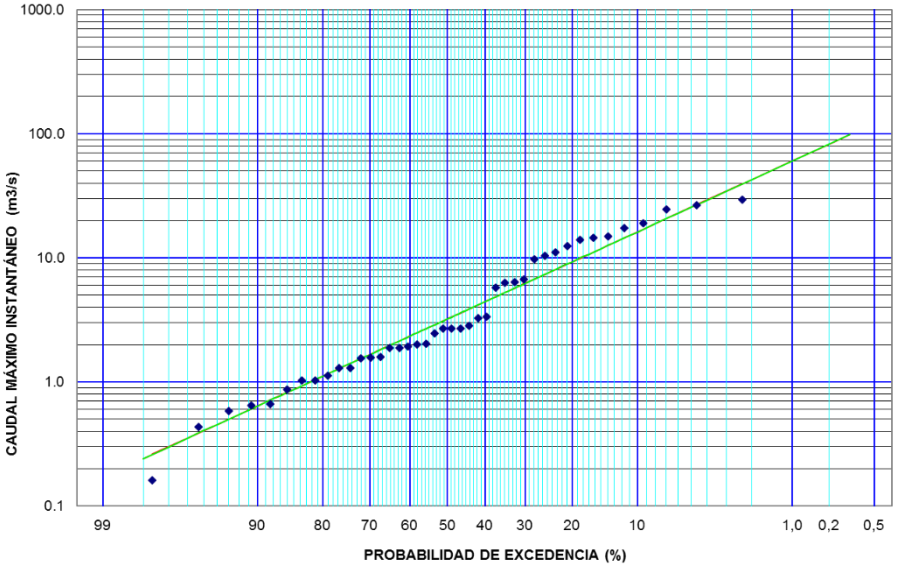


GRÁFICO 5.1.2.3-2
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO DE DESHIELO

Fuente: Elaboración propia.

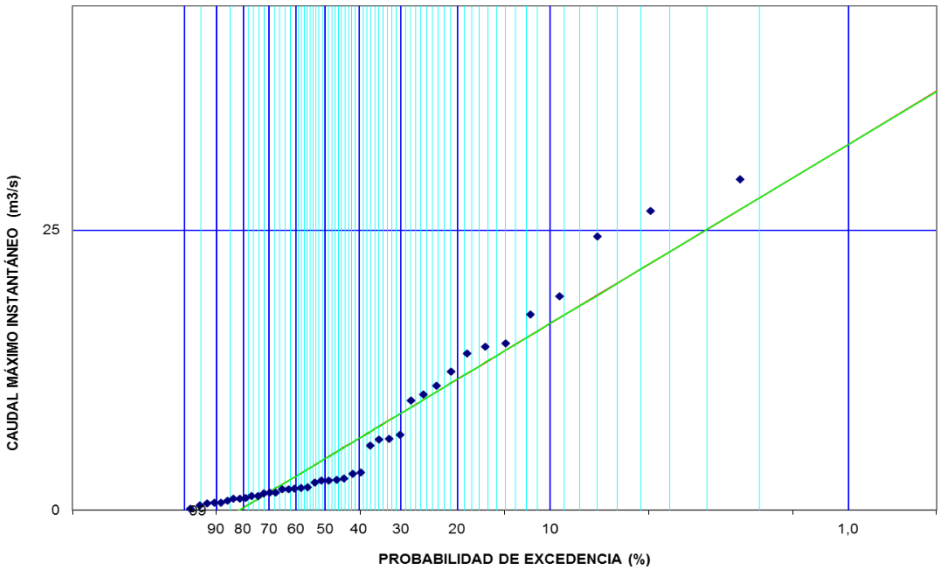


GRÁFICO 5.1.2.3-3
DISTRIBUCIÓN PEARSON PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO DE DESHIELO
Fuente: Elaboración propia.

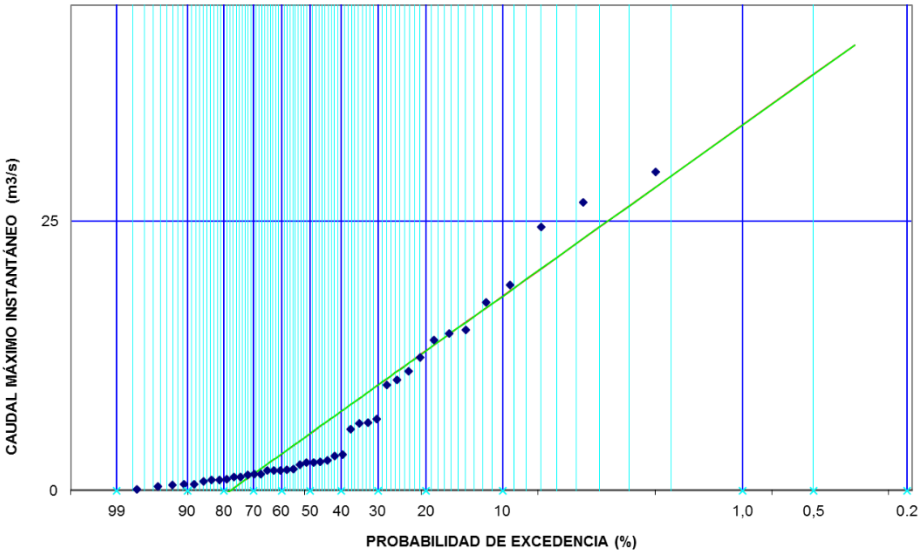


GRÁFICO 5.1.2.3-4
DISTRIBUCIÓN GUMBEL PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO DE DESHIELO
Fuente: Elaboración propia.

Los caudales obtenidos en la estación Mostazal en Cuestecita a partir del análisis de frecuencia realizado, son los que se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-4.

Para la determinación de los caudales instantáneos máximos en cada punto de salida de las cuencas generadas por las distintas alternativas se realiza una transposición por área nival, las que se determinan a partir de un análisis de imágenes captadas por el satélite MODIS. Con dichas imágenes se puede crear una imagen ráster con información del área nival asociada a la cuenca de estudio para distintos días. En el caso de este estudio, se obtienen las áreas nivales de cada una de las cuencas estudiadas, desde el año 2001 hasta el año 2013. Dichos datos pueden consultarse en el Anexo 5-1 (Línea de Nieve).

Las áreas nivales utilizadas para la determinación de los caudales de deshielo corresponden a las máximas históricas captadas por el satélite MODIS durante los años que se tiene información. Dichos valores se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-5.

CUADRO 5.1.2.3-5
ÁREAS NIVALES PARA LAS CUENCAS DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS

	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
Area Cuenca (km^2)	393,1	224,0	125,0	87,3
Area Nival (km^2)	386,8	224,0	124,5	86,7

Fuente: Elaboración propia.

Dado que ya se han determinado las áreas nivales de cada una de las cuencas, se procede a determinar el caudal asociado a cada una de ellas a partir de la siguiente expresión:

$$QMI_{cuencaA} = \frac{AN_{cuencaA}}{AN_{cuencaB}} \cdot QMI_{cuencaB}$$

Donde:

$QMI_{cuencaA}$: Caudal instantáneo máximo de la cuenca A.

$QMI_{cuencaB}$: Caudal instantáneo máximo de la cuenca de referencia.

$AN_{cuencaA}$: Área nival de la cuenca A.

$AN_{cuencaB}$: Área nival de la cuenca de referencia.

Debido a que la cuenca de referencia corresponde a Cuestecita, cuyo punto de drenaje coincide con la ubicación de la estación fluviométrica desde la que se obtienen los datos de caudales, se procede a determinar los caudales máximos instantáneos de las cuencas de las otras dos alternativas, y los resultados son los que se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-6.

CUADRO 5.1.2.3-6
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PARA LAS TRES ALTERNATIVAS ANALIZADAS

T (años)	Q (m³/s)			
	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
10	16,2	9,4	5,2	3,6
20	25,6	14,8	8,2	5,7
50	42,8	24,8	13,8	9,6
100	60,4	35,0	19,4	13,5
1.000	158,2	91,6	50,9	35,5
10.000	349,5	202,3	112,5	78,3

Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de frecuencia realizado con los datos de caudales instantáneos máximos.

c) Análisis de Frecuencia para Período Pluvial

Con los datos mostrados en el Cuadro 5.1.2.3-6, se realiza el análisis de frecuencia ajustando las funciones de distribución Normal, Log-Normal, Pearson, Log-Pearson y Gumbel.

Tal como para el análisis realizado con los datos del período de deshielo, se consideraron los resultados del test de bondad de ajuste χ^2. Este test de bondad se basa en el uso de las hipótesis tradicionales del análisis estadístico, cuyo detalle puede consultarse en "Hidrología Aplicada de Ven T. Chow et. Al. Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-7.

CUADRO 5.1.2.3-7
RESULTADOS DE TEST χ^2 PARA FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN EN CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PARA PERÍODO PLUVIAL

	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN				
	Normal	Log-Normal	Pearson	Log-Pearson	Gumbel
$\chi 2_{Calc.}$	15,4	1,5	2,5	3,2	4,3
$\chi 2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Rechazado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado

Fuente: Elaboración propia.

Para las funciones de distribución que aprueban el test de bondad de ajuste χ^2, se realiza un análisis visual, considerando la mayor consistencia de la línea de tendencia y datos observados para períodos de retorno altos. A partir de ello, la función de distribución que se adopta para la serie de caudales instantáneos máximos en el período pluvial corresponde a la distribución Log-Normal. En los Gráficos 5.1.2.3-5 a 5.1.2.3-7 se pueden ver los ajustes de las funciones de distribución aceptados para los caudales máximos instantáneos en período pluvial.

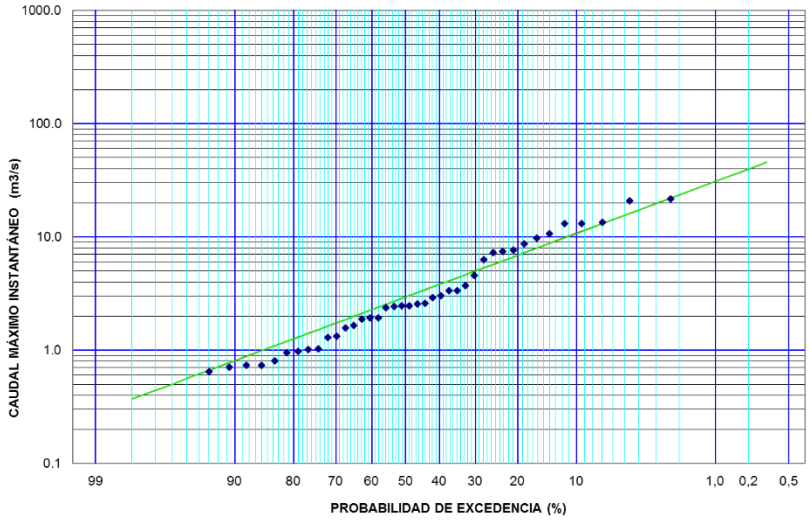


GRÁFICO 5.1.2.3-5
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO PLUVIAL
Fuente: Elaboración propia.

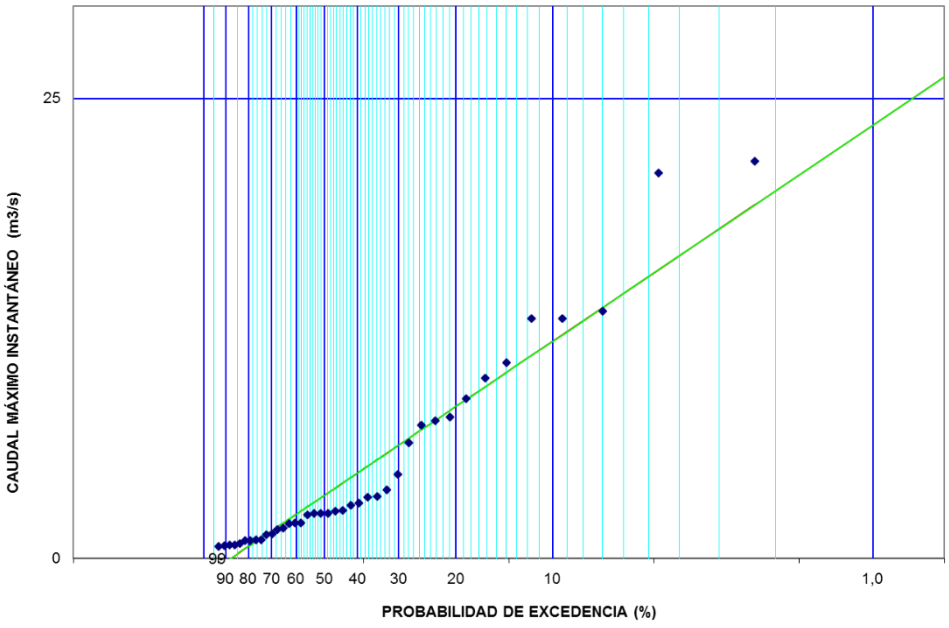


GRÁFICO 5.1.2.3-6
DISTRIBUCIÓN PEARSON PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO PLUVIAL
Fuente: Elaboración propia.

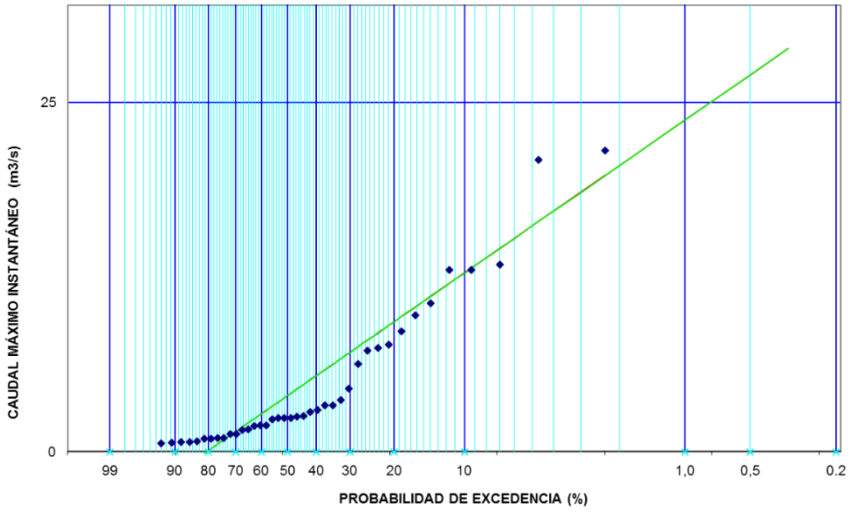


GRÁFICO 5.1.2.3-7
DISTRIBUCIÓN GUMBEL PARA CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA PERÍODO PLUVIAL

Fuente: Elaboración propia.

Los caudales obtenidos en la estación Mostazal en Cuestecita a partir del análisis de frecuencia realizado, son los que se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-8.

CUADRO 5.1.2.3-8
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN ESTACIÓN MOSTAZAL EN CUESTECITA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA

T (años)	Q (m^3/s)
10	10,7
50	23,4
100	30,8
1.000	66,6
10.000	125,5

Fuente: Elaboración propia.

Las áreas pluviales para la determinación de los caudales de las cuencas analizadas corresponden al complemento del promedio de las áreas nivales máximas anuales, y se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-9.

CUADRO 5.1.2.3-9
ÁREAS PLUVIALES PARA LAS CUENCAS DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS

	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
Area Cuenca (km^2)	393,1	224,0	125,0	87,3
Area Pluvial (km^2)	50,2	16,0	14,1	4,9

Fuente: Elaboración propia.

Dado que ya se han determinado las áreas pluviales de cada una de las cuencas, se procede a determinar el caudal asociado a cada una de ellas a partir de la siguiente expresión:

$$QMI_{cuencaA} = \frac{AP_{cuencaA}}{AP_{cuencaB}} \cdot QMI_{cuencaB}$$

Donde:

$QMI_{cuencaA}$: Caudal instantáneo máximo de la cuenca A.

$QMI_{cuencaB}$: Caudal instantáneo máximo de la cuenca de referencia.

$AP_{cuencaA}$: Área pluvial de la cuenca A.

$AP_{cuencaB}$: Área pluvial de la cuenca de referencia.

Debido a que la cuenca de referencia corresponde a Cuestecita, cuyo punto de drenaje coincide con la ubicación de la estación fluviométrica desde la que se obtienen los datos de caudales, se procede a determinar los caudales máximos instantáneos de las cuencas de las otras dos alternativas, y los resultados son los que se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-10.

CUADRO 5.1.2.3-10
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PARA LAS TRES ALTERNATIVAS ANALIZADAS

T (años)	Q (m³/s)			
	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
10	10,7	3,4	3,0	1,0
20	15,5	4,9	4,4	1,5
50	23,4	7,4	6,6	2,3
100	30,8	9,8	8,7	3,0
1.000	66,6	21,2	18,7	6,5
10.000	125,5	39,9	35,3	12,3

Fuente: Elaboración propia.

d) Caudales de Crecida Elegidos a Partir del Método Directo

Comparando los resultados obtenidos a partir del análisis de frecuencia del período nival, en el Cuadro 5.1.2.3-6, con los resultados obtenidos para el período pluvial, en el Cuadro 5.1.2.3-10, se puede apreciar que los caudales asociados al período de deshielo son mayores para todos los casos. Es por esto que para este método de determinación de caudales máximos instantáneos se eligen los obtenidos a partir del análisis en el período de deshielo. Los caudales adoptados se muestran en el Cuadro 5.1.2.3-11.

CUADRO 5.1.2.3-11
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ADOPTADOS PARA EL MÉTODO DIRECTO

T (años)	Q (m^3/s)			
	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
10	16,2	9,4	5,2	3,6
20	25,6	14,8	8,2	5,7
50	42,8	24,8	13,8	9,6
100	60,4	35,0	19,4	13,5
1.000	158,2	91,6	50,9	35,5
10.000	349,5	202,3	112,5	78,3

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.4. Estudio a partir de Información Pluviométrica

a) Datos de Precipitación en Zona de Estudio

Con la información disponible recopilada por las estaciones indicadas en el Cuadro 5.1.2.2-1, se procede a determinar las precipitaciones máximas anuales en 24 horas en cada una de las estaciones.

Debido a que en la zona de estudio no existen estaciones con información completa y actualizada de precipitaciones máximas diarias, el procedimiento a realizar para la determinación de éstas en la zona de estudio consiste en la comparación de la actualización de las isoyetas del Balance Hídrico de Chile 1987, y la aplicación de un gradiente por altura en la cuenca de estudio.

b) Análisis de Frecuencia para Precipitaciones Máximas Diarias

Para cada una de las estaciones utilizadas, se procede a realizar un análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas diarias anuales, con el fin de obtener los valores de entrada para los métodos indirectos de determinación de caudal instantáneo máximo.

Se utilizaron datos de todas las estaciones en los años 1969-2016. Con dichos datos, se realiza un análisis de frecuencias ajustando a las series las funciones de distribuciones Normal, Log-Normal, Pearson, Log-Pearson y Gumbel.

Para definir la distribución de mejor ajuste, se consideraron los resultados del test de bondad de ajuste χ^2. Este test de bondad se basa en el uso de las hipótesis tradicionales del análisis estadístico, cuyo detalle puede consultarse en “Hidrología Aplicada de Ven T. Chow et. Al. Los resultados de este análisis para cada una de las estaciones utilizadas se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-1.

CUADRO 5.1.2.4-1
RESULTADOS DE TEST χ^2 PARA FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN EN PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN				
	Normal	**Log-Normal**	**Pearson**	**Log-Pearson**	**Gumbel**
Estación Carén (BNA 04513004-5)					
$\chi^2_{Calc.}$	3,8	1,1	1,5	6,8	0,4
$\chi^2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado
Estación Paloma Embalse (BNA 04540006-9)					
$\chi^2_{Calc.}$	1,3	4,9	0,6	7,0	0,8
$\chi^2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado
Estación Rapel (BNA 04522003-6)					
$\chi^2_{Calc.}$	5,2	3,1	2,2	6,8	2,3
$\chi^2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado
Estación El Tome (BNA 04537003-8)					
$\chi^2_{Calc.}$	6,6	3,4	2,3	9,7	2,0
$\chi^2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Rechazado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado
Estación Las Ramadas (BNA 04511003-6)					
$\chi^2_{Calc.}$	1,0	1,1	0,3	2,1	0,8
$\chi^2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
Estación Tulahuén (BNA 04513003-7)					
$\chi^2_{Calc.}$	3,3	4,1	2,4	4,0	2,5
$\chi^2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado
Estación Tascadero (BNA 04512002-3)					
$\chi^2_{Calc.}$	8,3	8,1	7,4	9,6	6,7
$\chi^2_{Teor.}$	6,0	6,0	3,8	3,8	6,0
Test	Rechazado	Rechazado	Rechazado	Rechazado	Rechazado

Fuente: Elaboración propia.

Para las funciones de distribución estadística que aprueban el test de bondad de ajuste χ^2 se realiza un análisis visual, en el que se escoge la que más se ajusta a los datos existentes, específicamente en los períodos de retorno de interés. Con respecto a la estación Tascadero (BNA 04512002-3), es posible notar que ninguna función de distribución aprueba el test de bondad de ajuste, por lo que se escoge la serie más representativa para los períodos de retorno de interés.

La función de distribución Log-Normal coincide en todas las estaciones como la que más se ajusta a la serie registrada según el consultor, y para períodos de retorno mayores a 100 años, no

subestima los datos. En los Gráficos 5.1.2.4-1 a 5.1.2.4-7 se muestra de manera gráfica el ajuste de la función de distribución Log-Normal a los datos de cada estación.

Las precipitaciones obtenidas a partir del análisis de frecuencia para cada una de las estaciones analizadas se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-2. Para mayor detalle de este análisis se debe consultar el Anexo 5-1 (Análisis de frecuencia Pp max diaria).

CUADRO 5.1.2.4-2
PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA PARA DISTINTAS ESTACIONES ANALIZADAS

T (años)	Pp (mm)						
	Carén	Paloma Embalse	Rapel	El Tome	Las Ramadas	Tulahuén	Tascadero
10	85,9	84,1	74,9	86,1	88,2	100,4	109,3
50	137,5	156,2	117,4	155,1	122,9	162,6	170,2
100	162,3	194,4	137,6	191,0	138,2	192,8	199,0
1.000	258,6	358,7	214,7	341,9	191,9	310,5	308,2
10.000	379,4	594,0	309,7	552,1	251,4	459,7	442,0

Fuente: Elaboración propia.

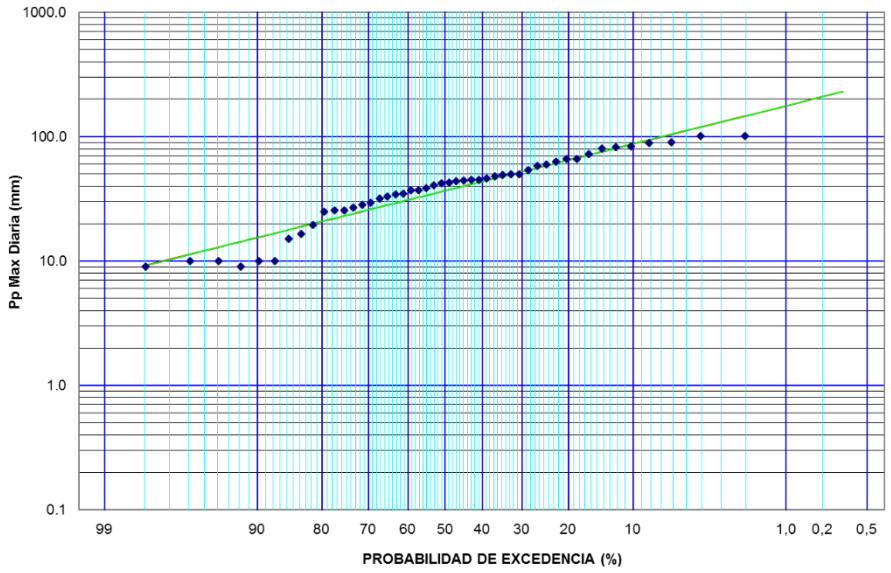


GRÁFICO 5.1.2.4-1
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN CARÉN

Fuente: Elaboración propia.

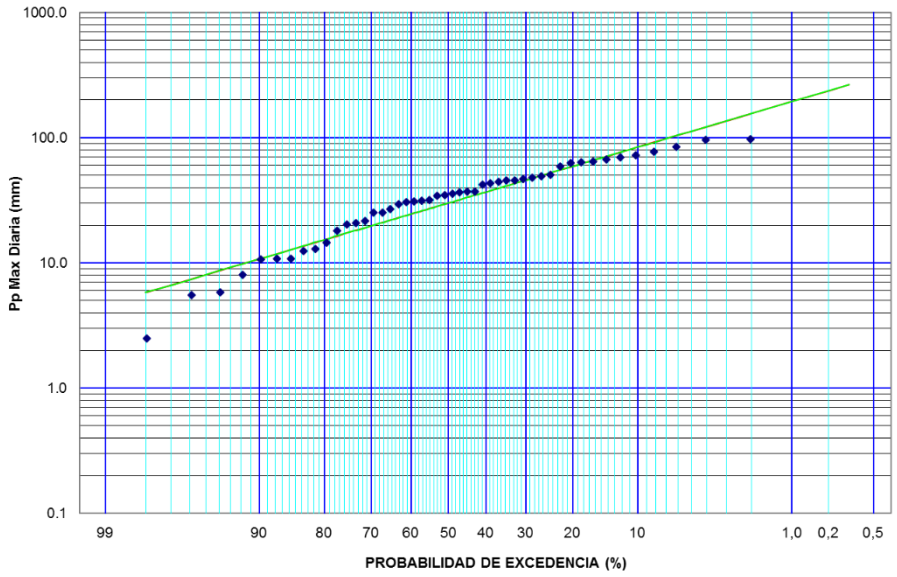


GRÁFICO 5.1.2.4-2
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN PALOMA EMBALSE
Fuente: Elaboración propia.

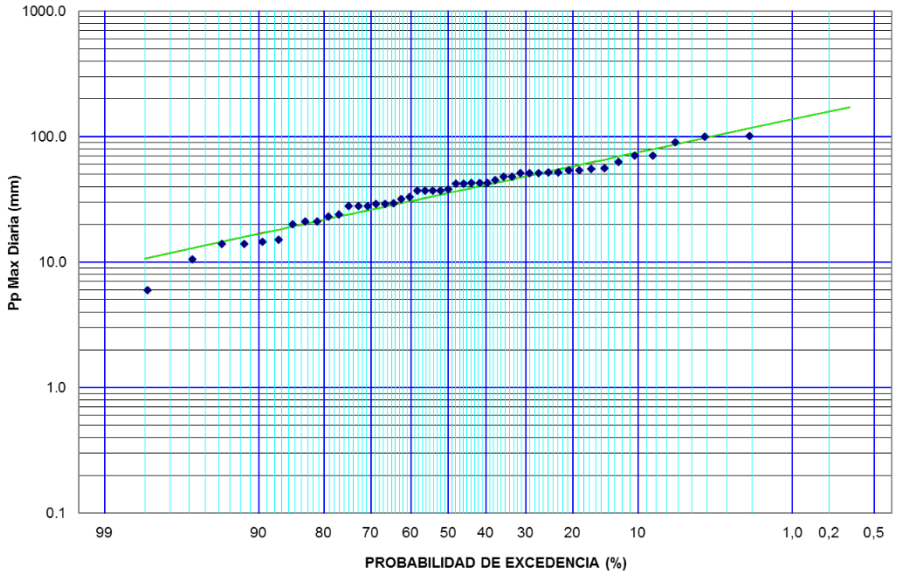


GRÁFICO 5.1.2.4-3
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN RAPEL
Fuente: Elaboración propia.

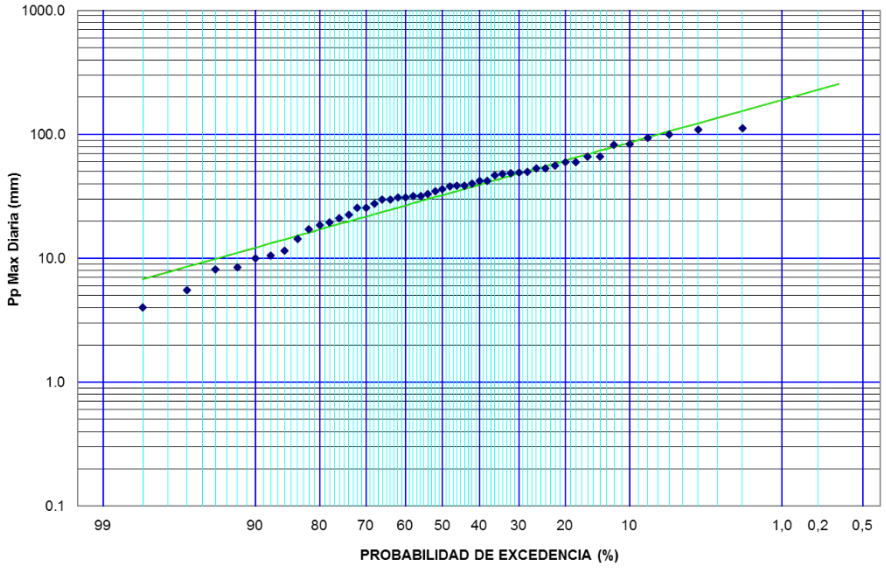


GRÁFICO 5.1.2.4-4
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN EL TOME
Fuente: Elaboración propia.

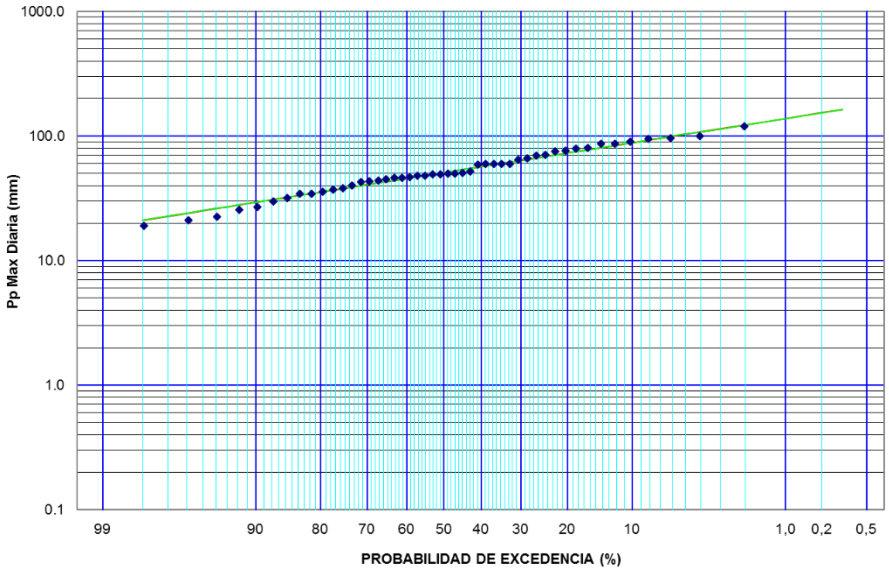


GRÁFICO 5.1.2.4-5
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN RAMADAS
Fuente: Elaboración propia.

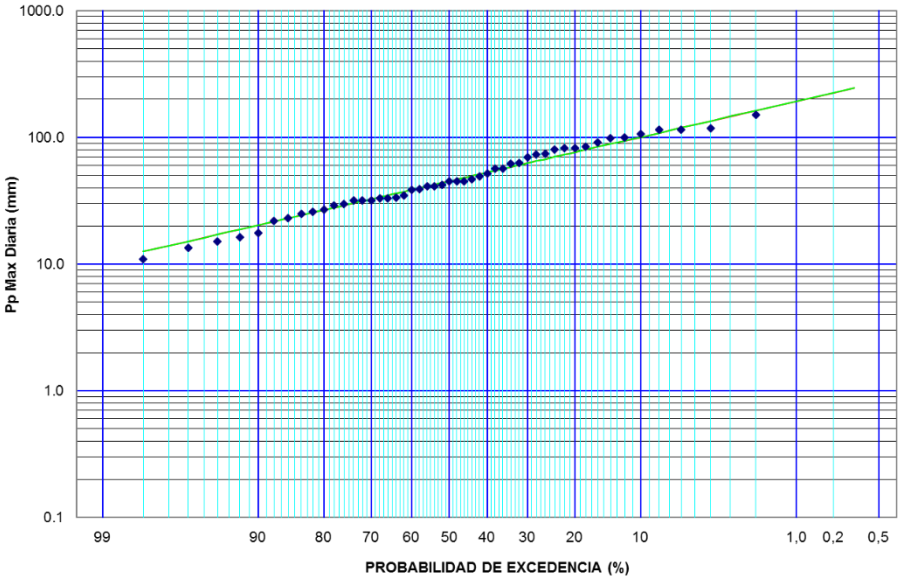


GRÁFICO 5.1.2.4-6
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN TULAHUÉN
Fuente: Elaboración propia.

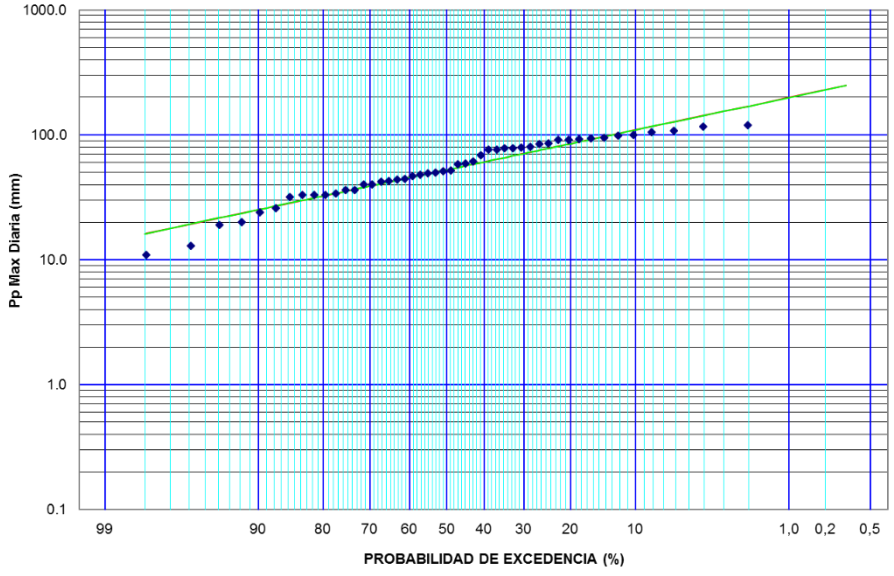


GRÁFICO 5.1.2.4-7
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN ESTACIÓN TASCADERO
Fuente: Elaboración propia.

c) Determinación de las Isoyetas en la Zona de Estudio

Para la determinación de las isoyetas en la zona de estudio, se utiliza como base lo propuesto por el Balance Hídrico de Chile, en el año 1987, y los resultados obtenidos a partir del análisis de frecuencia de los datos de las estaciones utilizadas para el estudio. Las estaciones y los datos utilizados para este análisis son las que se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-3.

CUADRO 5.1.2.4-3
PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA PARA DISTINTAS ESTACIONES ANALIZADAS

Estación	PP max diaria 1987 (mm)	Pp max diaria actual (mm)
Tascadero	118,1	109,3
Tulahuén	117,8	100,4
Carén	103,6	87,3
Rapel	86,1	74,9
El Tome	88,2	86,1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos Balance Hídrico de Chile

La actualización se hizo mediante la interpolación de las isolíneas en el software de SIG, obteniendo una grilla con la distribución espacial de la P máxima diaria con período de retorno 10 años. Dicha grilla fue corregida mediante la aplicación de un factor de corrección obtenido de la correlación entre las P antiguas y las P actuales tal como lo muestra el Gráfico 5.1.2.4-8.

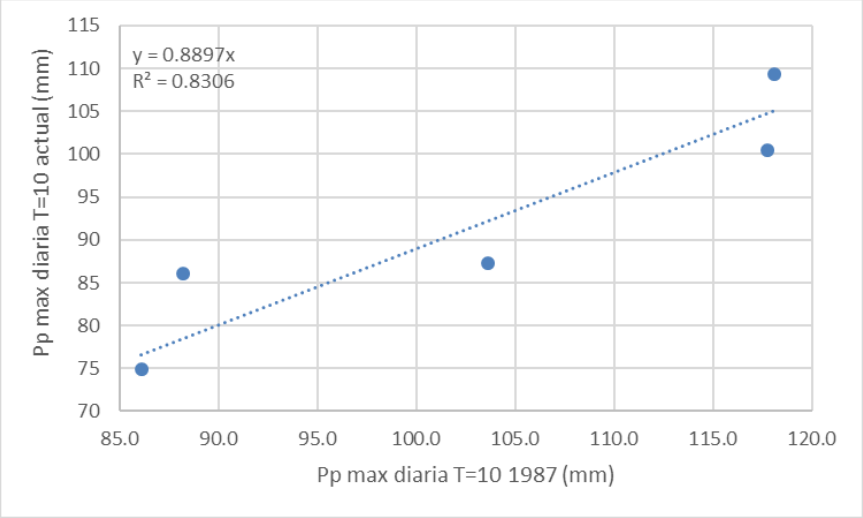


GRÁFICO 5.1.2.4-8
CORRELACIÓN ENTRE PP MAX DIARIA 1987 Y PP MAX DIARIA ACTUAL
Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el valor del coeficiente de correlación es bastante bueno, pero la cantidad de datos no es suficiente como para asumir que la correlación obtenida es válida, se debe hacer el test de

significancia estadística para el coeficiente de correlación. Este test consiste en afirmar con una probabilidad, que en este caso es de un 90%, que sea distinto de cero.

Desde el supuesto de la Hipótesis nula, se demuestra que la distribución muestral de correlaciones procedentes de una población caracterizada por una correlación igual a cero sigue una ley de Student con N-2 grados de libertad, que sigue la siguiente relación:

$$t_{\alpha,N-2} = \frac{r_{xy} - 0}{\sqrt{\frac{1-r_{xy}^2}{N-2}}}$$

Donde:

r_{xy}: Coeficiente de correlación obtenido.

$N - 2$: Número de grados de libertad, donde N es el número de datos correlacionados.

$t_{\alpha,N-2}$: valor crítico de distribución t para una probabilidad de no ocurrencia α, y N-2 grados de libertad.

Para un $\alpha = 0{,}05$, es decir, una probabilidad de ocurrencia de un 90%, y N=5, se tiene que el valor de t es de 2,35. El valor obtenido a partir de la expresión a la derecha de la ecuación es 4,03. Esto significa que el coeficiente de correlación aprueba el test de significancia, y por lo tanto se considera válido.

Habiendo validado los datos de la correlación obtenida, se utilizó la ecuación resultante para corregir la grilla. Finalmente fueron trazadas nuevas isoyetas a partir de la grilla corregida, seguido de una verificación visual y corrección manual. De este modo se conservó la forma general del trazado de las isoyetas de 1987 y se corrigió básicamente el valor, resultando en un desplazamiento lateral de las isoyetas en el mapa. A partir de esto, se obtienen los datos de precipitación máxima diaria en la zona de estudio. La Figura 5.1.2.4-1 muestra el resultado de la actualización de las Isoyetas. Para mayor detalle de este análisis se debe consultar el Anexo 5-1 (Análisis para isoyetas).

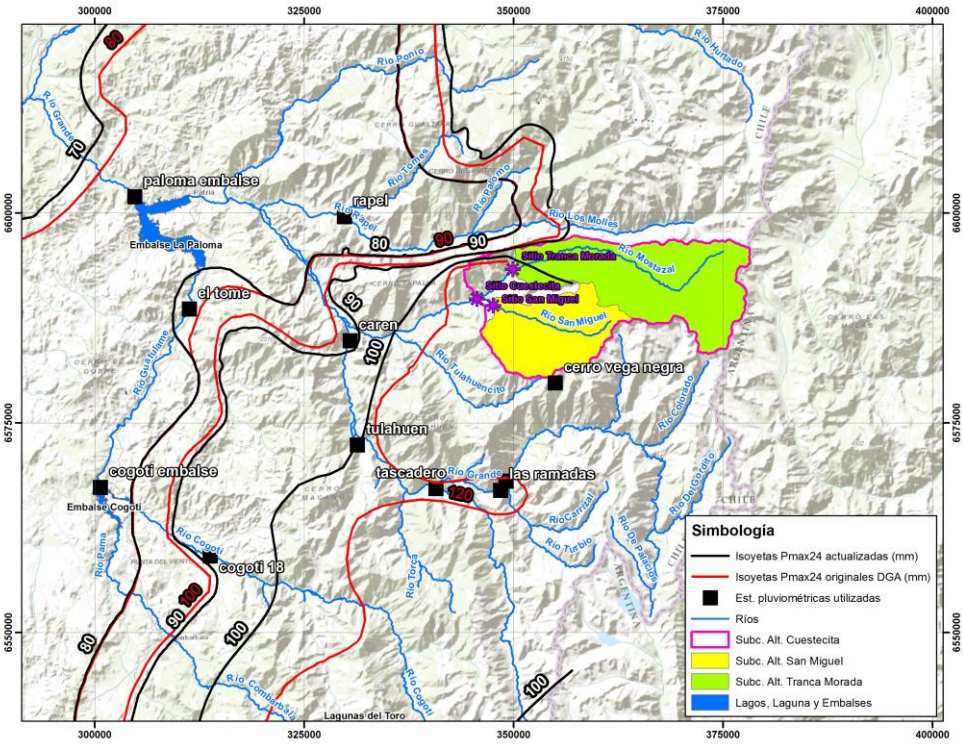


FIGURA 5.1.2.4-1
ACTUALIZACIÓN ISOYETAS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS DE=10 AÑOS
Fuente: Elaboración propia.

d) Gradiente de Precipitación por Altura

Debido a que no hay isoyetas dentro de la zona de estudio, se analiza la elaboración de un gradiente de precipitaciones máximas diarias por altura. Para la realización de esto, se consideran las estaciones que se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-4, con su respectiva altitud y precipitaciones para distintos períodos de retorno.

Se realiza un ajuste que sigue la forma de una función logarítmica, debido a que, si se considera un ajuste lineal, la precipitación se ve muy sobredimensionada para cotas mayores. A partir de esto, el gradiente de precipitaciones máximas diarias para período de retorno 10 años por altura es el que se muestra en el Gráfico 5.1.2.4-9.

CUADRO 5.1.2.4-4
ESTACIONES UTILIZADAS PARA GRADIENTE POR ALTURA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

Estación	Cota (msnm)	Pp max diaria T=10 (mm)	Pp max diaria T=100 (mm)
Paloma Embalse	354,0	84,1	194,5
El Tome	419,0	86,1	191,0
Carén	715,0	87,3	176,9
Tulahuén	1021,0	109,3	192,8
Tascadero	1245,0	100,4	199,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos Balance Hídrico de Chile

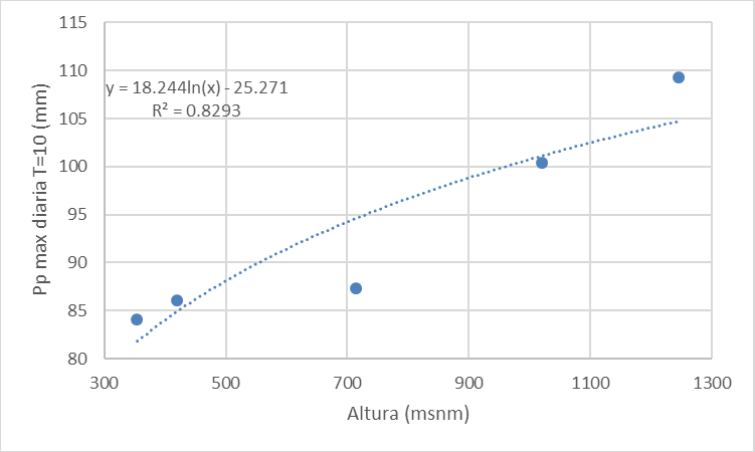


GRÁFICO 5.1.2.4-9
GRADIENTE DE PP MÁXIMA DIARIA POR ALTURA EN ZONA DE ESTUDIO PARA PERÍODO DE RETORNO 10 AÑOS
Fuente: Elaboración propia.

El gradiente de precipitación máxima diaria por altura para período de retorno 100 años se muestra en el Gráfico 5.1.2.4-10.

Al observar los resultados presentados en el Gráfico 5.1.2.4-10, en conjunto con los datos presentados en el Cuadro 5.1.2.4-4, es posible determinar que la estación Carén, a pesar de estar en un punto alto, para el período de retorno 100 años, la precipitación máxima diaria es al menos 15 mm menor que para estaciones ubicadas a cotas menores. Debido a esto, el ajuste realizado no presenta consistencia.

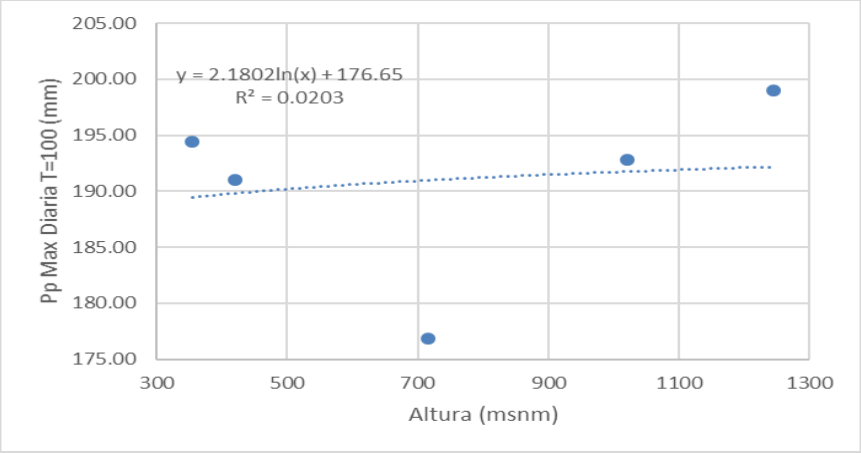


GRÁFICO 5.1.2.4-10
GRADIENTE DE PP MÁXIMA DIARIA POR ALTURA EN ZONA DE ESTUDIO PARA PERÍODO DE RETORNO 100 AÑOS
Fuente: Elaboración propia.

e) Precipitación Adoptada en Cada Alternativa Propuesta

Debido a que el gradiente de precipitación diaria máxima por altura en la zona de estudio presenta errores de consistencia, se opta por utilizar la isoyeta 100 mm para período de retorno 10 años en el proyecto. Esto es debido a que no se debe extrapolar esos datos al área de estudio, ya que en ese caso no se estarían considerando los efectos orográficos y topográficos de la zona.

Para la obtención de precipitaciones máximas diarias para períodos de retorno mayores se utiliza la recomendación del MANUAL DE CALCULO DE CRECIDAS Y CAUDALES MÍNIMOS EN CUENCAS SIN INFORMACIÓN FLUVIOMÉTRICA, en donde se presentan los coeficientes de frecuencia para la cuenca del Rio Grande mostrados en el Cuadro 5.1.2.4-5.

CUADRO 5.1.2.4-5
COEFICIENTES DE FRECUENCIA PARA CUENCA RÍO GRANDE

T (años)	CF
2	0,476
5	0,774
10	1
20	1,236
50	1,568
100	1,838

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, DGA

Para períodos de retorno mayores a 100 años, se utilizan los resultados del análisis de frecuencia de la estación Tulahuén (BNA 04513003-7), debido a que dicha estación corresponde a la isoyeta 100 mm para período de retorno 10 años, y se considera que es representativa de la zona de estudio.

Las precipitaciones máximas diarias del estudio se resumen en el Cuadro 5.1.2.4-6.

CUADRO 5.1.2.4-6
PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

T (años)	Pp max diaria (mm)
10	100,0
20	123,6
50	156,8
100	183,8
1.000	310,5
10.000	459,7

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, según la recomendación de la DGA, se debe corregir las precipitaciones máximas diarias medidas por las estaciones por un factor de 1,13, para obtener las precipitaciones máximas en 24 horas, que son las que se consideran para el diseño. En el Cuadro 5.1.2.4-7 se resumen estas precipitaciones.

CUADRO 5.1.2.4-7
PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS ADOPTADAS PARA EL ESTUDIO

T (años)	Pp max 24 horas (mm)
10	113,0
20	139,7
50	177,2
100	207,7
1.000	350,9
10.000	519,5

Fuente: Elaboración propia.

f) Caudales Obtenidos a partir de Métodos Indirectos en Período Pluvial

f.1) Método de Verni y King Modificado

El método de Verni y King modificado está basado en la fórmula de Verni y King, que relaciona un caudal instantáneo máximo con la precipitación diaria máxima y el área pluvial, a través de una relación de potencias.

La fórmula de Verni y King Modificada corresponde a la siguiente:

$$Q = C(T) \cdot 0{,}00618 \cdot P_{24}^{1,24} \cdot A_p^{0,88}$$

Donde:

Q: Caudal instantáneo máximo asociado al período de retorno de T años (m^3/s).

C(T): Coeficiente empírico de período de retorno T años.

P_{24}: Precipitación máxima diaria asociada a período de retorno T años (mm).

A_p: Área pluvial de la cuenca (km^2).

La validez del método de Verni y King Modificado tiene a lugar en cuencas sin control fluviométrico, de régimen pluvial o pluvionival, con áreas comprendidas entre los 20 y 10.000 km2, y que estén ubicadas entre las regiones III y IX del país.

Los valores de los coeficientes empíricos C(T) para período de retorno T=10 años están descritos en el Cuadro 5.1.2.4-1.

Se debe hacer una modificación según período de retorno a los valores mostrados en el Cuadro 5.1.2.4-8. Dicha modificación, para la IV región - Cuenca del Limarí, se muestra en el Cuadro 5.1.2.4-9.

CUADRO 5.1.2.4-8
COEFICIENTES EMPÍRICOS PARA FÓRMULA DE VERNI Y KING MODIFICADA

Región	C (T=10)
III	0,027
IV - Cuenca Elqui	0,057
IV - Cuenca Limarí	0,180
IV - Cuenca Choapa	0,200
V	0,290
VI	0,680
VII	0,710
VIII	0,790
IX	0,890

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, DGA

Ahora, utilizando la fórmula del método de Verni y King Modificado, en conjunto con los coeficientes mostrados en los Cuadros 5.1.2.4-8 y 5.1.2.4-9; considerando los datos de precipitación mostrados en el Cuadro 5.1.2.4-7, se procede a determinar el caudal instantáneo máximo para cada una de las alternativas consideradas. Estos resultados se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-10.

CUADRO 5.1.2.4-9
MODIFICACIÓN DE COEFICIENTES SEGÚN PERÍODO DE RETORNO PARA LA IV REGIÓN

T (años)	C(T)/C(10)
2	0,44
5	0,75
10	1
20	1,26
50	1,62
100	1,91

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, DGA

CUADRO 5.1.2.4-10
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS OBTENIDOS A PARTIR DE FÓRMULA VERNI Y KING

T (años)	Q (m^3/s)			
	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
2	2,2	0,8	0,7	0,3
5	6,7	2,4	2,2	0,9
10	12,3	4,5	4,0	1,6
20	20,1	7,3	6,6	2,6
50	34,7	12,7	11,4	4,5
100	49,9	18,2	16,3	6,4

Fuente: Elaboración propia.

f.2) Método DGA-AC

Este método corresponde a un análisis regional de crecidas de origen pluvial, basado en series de máximos anuales generadas a partir de la información de caudales medios diarios máximos e instantáneos máximos del período pluvial, de 234 estaciones de control fluviométrico.

El método es válido para cuencas pluviales o pluvio-nivales sin información fluviométrica, con áreas comprendidas entre los 20 y 10.000 km^2.

La ecuación para determinar el caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años a partir de este método está descrito en la siguiente expresión, para la IV región:

$$Q_{10} = 1{,}97\ 10^{-7}\ A_p^{0,776}\ (P_{24}^{10})^{3,108}$$

Donde:

Q_{10}: Caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años (m^3/s)

A_p: Área pluvial de la cuenca (km^2).

P_{24}^{10}: Precipitación diaria máxima de T= 10 años (mm).

Para obtener el caudal máximo instantáneo, el caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años, se debe multiplicar por un factor de conversión empírico, que para este caso, considerando que la cuenca corresponde a la clasificación Jp, es $\alpha = 2{,}14$. La corrección por frecuencia para esta cuenca se muestra en el Cuadro 5.1.2.4-11.

CUADRO 5.1.2.4-11
COEFICIENTES DE AJUSTE PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO PARA MÉTODO DGA - AC

T (años)	Q(T)/Q(10)
2	0,3
5	0,66
10	1
20	1,61
25	1,85
50	2,76
75	3,42
100	3,94

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, DGA

Los caudales máximos instantáneos obtenidos a partir del método DGA-AC se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-12.

CUADRO 5.1.2.4-12
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS OBTENIDOS A PARTIR DE FÓRMULA DGA-AC

T (años)	Q (m³/s)			
	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
2	6,3	2,6	2,3	1,0
5	13,8	5,7	5,1	2,3
10	20,9	8,6	7,8	3,4
20	33,6	13,8	12,5	5,5
50	57,6	23,7	21,5	9,5
100	71,3	29,3	26,6	11,7

Fuente: Elaboración propia.

f.3) Fórmula Racional

La fórmula racional es una expresión empírica, que determina el caudal máximo instantáneo a partir de un coeficiente de escorrentía, la intensidad de la precipitación asociada a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca analizada y al área de la cuenca aportante. La ecuación es la siguiente:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3{,}6}$$

Donde:

Q: Caudal instantáneo máximo de período de retorno T años (m^3/s).

C: Coeficiente de escorrentía asociado al período de retorno T.

i: Intensidad media de lluvia asociada a período de retorno T, y a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca pluvial (mm/h).

A: Área pluvial aportante (km^2).

Las limitaciones de este método consisten en cuencas de a lo más 25 km^2, o de tiempo de concentración menor a 6 horas.

El coeficiente de la formula racional para la IV región de Coquimbo para un período de retorno 10 años corresponde a C(T=10) = 0,078. Dicho valor se obtiene a partir del "Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica", página 56.

Para el ajuste por frecuencia, se deben aplicar los coeficientes de frecuencia mostrados en el Cuadro 5.1.2.4-9, y los caudales obtenidos a partir del método de la fórmula racional se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-13.

CUADRO 5.1.2.4-13
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS OBTENIDOS A PARTIR DE FÓRMULA RACIONAL

T (años)	Q (m³/s)			
	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
2	5,7	5,0	3,2	3,6
5	15,9	13,8	9,0	9,9
10	27,4	23,7	15,5	17,1
20	42,7	36,9	24,1	26,6
50	69,6	60,2	39,3	43,4
100	96,2	83,2	54,3	60,0

Fuente: Elaboración propia.

f.4) Hidrograma Unitario Sintético

El cuarto método considerado corresponde al del Hidrograma Unitario Sintético (HUS), procedimiento que consta de las siguientes etapas:

- Determinación del HUS.
- Determinación de la precipitación media sobre la cuenca durante una tormenta (P).
- Determinación de la Infiltración (I), en la cuenca durante la tormenta que origina una crecida.
- Cálculo de la precipitación efectiva (PE) en la cuenca y su distribución temporal. Se calcula como: $P_E = P - I$
- Cálculo de la onda de crecida para cada período de retorno considerado en el estudio.

El Hidrograma Unitario de una cuenca, se define como el hidrograma resultante de una lluvia efectiva unitaria de 1 mm, de intensidad constante, distribución espacial homogénea y de una duración determinada.

Para determinar el HUS se utilizaron las relaciones tipo Linsley para la IV Región, Análisis de Eventos Hidrometeorológicos extremos en el país caudales máximos y mínimos, DGA, 1995.

$$t_P = 0{,}323 \cdot \left(\frac{L \cdot L_G}{\sqrt{S}} \right)^{0{,}422}$$: Tiempo al peak (horas). Linsley

$$t_u = \frac{t_P}{5{,}5}$$: Tiempo precipitación unitaria (horas)

$$t_B = 5{,}377 \cdot t_P^{0{,}805}$$: Tiempo base (horas)

$$q_P = 144{,}141 \cdot t_P^{-0{,}796}$$: Caudal peak (l/s/km²). Linsley

$$S = \frac{\Delta h}{Ap} \cdot \left(\frac{I_o}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} l_i + \frac{l_n}{2} \right)$$: Pendiente media de la cuenca (m/m)

Donde:

Ap : Área pluvial aportante (km^2)

L : Longitud del cauce principal (km)

LG : Longitud desde el centro de gravedad hasta el punto de salida (km)

S1 : Pendiente media de la cuenca (m/m)

Ii : Longitud de la curva de nivel (m)

Δh : Altura entre las curvas de nivel (m)

Además, para estimar tP, se proponen dos expresiones alternativas, que son las siguientes:

$$t_P = 0.432 \cdot (L \cdot L_G)^{0.414}$$: Relación tipo Snyder.

$$t_P = 0.505 \cdot \left(\frac{L_G^{0.763}}{S_1^{0.208}} \right)$$: Correlación múltiple.

Cuando se usa esta última expresión, el valor máximo del hidrograma unitario se calcula con la expresión de qP1.

$$q_{P1} = 276.6 \frac{L^{0.99} S^{0.331}}{L_G^{1.799}}$$

Para la distribución de la precipitación, se utiliza la propuesta por Espíldora y Echavarría (1979), en la que se utiliza el caso donde la mayor intensidad ocurre en el último cuarto de la duración de la tormenta.

Para estimar la precipitación efectiva en la cuenca es necesario calcular la infiltración en la cuenca durante una tormenta. En la estimación de la infiltración se utilizó el método de la Curva

Número, método desarrollado por el US Soil Conservation Service (U.S.S.C.S.), que permite estimar la precipitación efectiva o escorrentía directa originada por una tormenta, conocida la precipitación media sobre la cuenca, la humedad anterior, el tipo de suelo y la vegetación en la cuenca pluvial. La expresión recomendada por el U.S.S.C.S. es la siguiente:

$$P_E = \frac{(P - 0{,}2 \cdot S)^2}{P + 0{,}8 \cdot S}$$

En que:

PE: Precipitación efectiva (o escorrentía directa), en pulgadas.

P: Precipitación real de la tormenta, en pulgadas.

S: Diferencia potencial máxima entre P y PE, en pulgadas a la hora que comienza la tormenta.

Además, se define el Número de Curva CN, mediante la siguiente expresión:

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \quad \Rightarrow \quad S = \frac{1000}{CN} - 10$$

El valor de CN se encuentra tabulado en función del tipo de suelo y vegetación de la cuenca. Para este estudio se consultaron los valores publicados en el texto "Hidrología Aplicada " de V. T. Chow et. al., de 1996. De acuerdo a las características del suelo y vegetación de las cuencas en estudio, se estimó el valor de CN, el que permite calcular "S" conocida la precipitación, para luego calcular la escorrentía superficial.

Se ha optado por la condición de humedad inicial tipo III, debido a que en la cuenca en estudio se pueden presentar precipitaciones muy intensas, previas a una gran crecida. Para los fines del cálculo de CN(III) se deben usar las expresiones:

$$CN_{II} = \frac{10 \cdot CN_I}{4{,}2 + 0{,}058 \cdot CN_I}$$

$$CN_{III} = \frac{23 \cdot CN_{II}}{10 + 0{,}13 \cdot CN_{II}}$$

Utilizando esta expresión, para las cuencas de las alternativas propuestas, se obtienen los siguientes resultados para CN, los que son concordantes con el valor anteriormente estimado.

A partir de información de uso de suelo realizada en el estudio "Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile – CONAF (2003)", se determinan los valores de CN III para cada una de las sub-cuencas estudiadas, los que se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-14.

CUADRO 5.1.2.4-14
VALORES DE CURVA NÚMERO UTILIZADOS PARA LAS CUENCAS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Cuenca	CN III
Cuestecita	76
Tranca Morada	77
San Miguel	75

Fuente: Elaboración propia.

Los caudales obtenidos a partir del método del Hidrograma Unitario Sintético son los que se muestran en el Cuadro 5.1.2.4-15.

Para mayor detalle acerca del procedimiento realizado para la determinación de los caudales con métodos indirectos a partir de precipitaciones se puede consultar el Anexo 5-1 (Crecidas Método Indirecto).

CUADRO 5.1.2.4-15
CAUDALES OBTENIDOS A PARTIR DE HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO

T (años)	Q (m³/s)			
	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
10	51,4	17,9	15,8	5,6
20	72,8	26,1	23,1	8,3
50	105,2	39,0	34,6	12,9
100	133,5	50,4	44,7	16,9
1000	276,1	110,5	98,2	39,9
10000	454,6	187,3	167,5	71,8

Fuente: Elaboración propia.

g) Caudales Obtenidos a partir de Métodos Indirectos en Período de Deshielo

El caudal máximo instantáneo de origen nival se estimó mediante la metodología DGA-AC propuesta en el Manual de Crecidas DGA, 1995. En el primer paso se estima el caudal máximo diario asociado al periodo de retorno de 10 años, y luego mediante el uso de coeficientes adimensionales Q(T)/Q(10) se obtiene el valor asociado a diferentes periodos de retorno. Para transformar el valor máximo diario a máximo instantáneo se utiliza el coeficiente β=1,11 de la zona homogénea Rn, ya que la zona de estudio se encuentra en la latitud 30,8°. La expresión para obtener el caudal máximo medio diario corresponde a:

$$Q_N(10) = 1{,}81\ 10^{-4}\ A\ (Lat - 26{,}2)^{3{,}392}$$

Donde:

$Q_N(10)$: Caudal Máximo Diario asociado al periodo de retorno 10 años, (m^3/s)

A: Área Nival (km^2)

Lat: Latitud del centro de gravedad de la cuenca, en grados.

En el Cuadro 5.1.2.4-16 se muestran los parámetros de cálculo. En el Cuadro 5.1.2.4-17 aparece la curva adimensional propuesta para la zona homogénea Rn. En el Cuadro 5.1.2.4-18 muestran los caudales máximos instantáneos de origen nival.

Los valores están en caudal máximo instantáneo los cuales se determinaron en base al factor de conversión de caudales diarios a instantáneos, valores que son menores que los obtenidos a partir del análisis de frecuencia realizado con los datos fluviométricos registrados por la estación Mostazal en Cuestecita. Para mayor detalle acerca del procedimiento realizado para la determinación de los caudales con métodos indirectos en período nival se puede consultar Anexo 5-1 (Crecidas Método Indirecto).

CUADRO 5.1.2.4-16
PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO NIVAL MÉTODO DGA-AC

Alternativa	An (km^2)
Cuestecita	393,1
Tranca Morada	224,0
San Miguel	124,5
San Miguel Alto	86,7

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 5.1.2.4-17
CURVA ADIMENSIONAL ZONA RN

T años	DGA-AC Media	DGA-AC Superior	DGA-AC Inferior
2	0,24	0,38	0,16
5	0,61	0,72	0,53
10	1,00	1,00	1,00
20	1,51	1,69	1,31
25	1,70	1,97	1,42
50	2,41	3,05	1,79
75	2,91	3,86	2,02
100	3,30	4,52	2,20

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, DGA

Los valores considerados para efectos de la comparación con los otros resultados serán los de la envolvente superior, y los valores de caudal obtenidos a partir de este método para cada una de las alternativas analizadas se muestra en el Cuadro 5.1.2.4-18.

CUADRO 5.1.2.4-18
CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO DE ORIGEN NIVAL MÉTODO DGA-AC

T (años)	Q (T) (m³/s)			
	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
2	3,3	1,9	1,0	0,7
5	6,2	3,6	2,0	1,4
10	8,6	5,0	2,8	1,9
20	14,5	8,4	4,7	3,2
25	16,9	9,8	5,4	3,8
50	26,1	15,1	8,4	5,9
75	33,1	19,1	10,6	7,4
100	38,7	22,4	12,5	8,7

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.5. Precipitación Máxima Probable y Crecida Máxima Probable

a) Precipitación Máxima Probable (PMP)

El objetivo de esta sección corresponde al cálculo de la crecida máxima probable, en base al registro de precipitaciones antes mostrado en la estación Tulahuén. En primer lugar, se determina la precipitación máxima probable PMP, mediante el método de Hershfield que corresponde a un análisis estadístico de las precipitaciones máximas en 24 horas. El método establece lo siguiente:

$$PMP = P_{media} + S_p \cdot K_0$$

En que:

PMP: precipitación máxima probable (mm)

P_{media}: precipitación media de la serie de datos disponible (mm)

S_p: desviación estándar de la serie de datos (mm)

K_0: factor de frecuencia máximo

Se supuso un factor de frecuencia máximo igual a 16,3. Dicho valor es fijo e independiente de la precipitación y duración de la lluvia, de acuerdo con el estudio "Precipitaciones Máximas Diarias en Chile", Ludwig Stowhas. VII Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica, 1985.

Considerando el registro de precipitaciones máximas diarias en la estación Tulahuén, se obtuvo una PMP diaria de 617 mm. Posteriormente, a partir de dicho valor, se calculó la PMP en 24 horas multiplicando por el factor 1,13 obteniendo un valor de 697 mm, el cual fue usado finalmente en el cálculo de la CMP mediante el HUS.

Para mayor detalle acerca del procedimiento realizado para la determinación de la precipitación máxima probable en este estudio, se puede consultar el Anexo 5-1 (PMP y CMP).

b) Crecida Máxima Probable (CMP) Pluvial

Para la determinación de la crecida máxima probable de origen pluvial, se utiliza la PMP en 24 horas antes estimada, y se aplica el HUS para obtener la CMP de origen pluvial.

Los caudales obtenidos para las distintas cuencas son los que se muestran en el Cuadro 5.1.2.5-1. Las planillas de cálculo pueden verse en el Anexo 5-1 (PMP y CMP)

CUADRO 5.1.2.5-1
CAUDALES DE CRECIDA MÁXIMA PROBABLE PLUVIAL

Q (m³/s)			
Cuestecita	**Tranca Morada**	**San Miguel**	**San Miguel Alto**
643,3	273,2	243,8	107,1

Fuente: Elaboración propia.

c) Crecida Máxima Probable de deshielo

La crecida máxima probable de deshielo se estimó mediante la aplicación del "Procedimiento para la Estimación de Crecidas en Cuencas Nivales" Trabajo presentado por a DGA al VII Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica.

El caudal máximo instantáneo de crecida se determina por medio de la siguiente expresión:

$$QP_x = C_1 \cdot \left(C_2^n \cdot \frac{C_0}{C_1} + \frac{1 - C_2^n}{1 - C_2} \right) \cdot QF_x$$

En que,

QPx Caudal máximo instantáneo de crecida (m³/s)

QFx Caudal de fusión correspondiente a la tasa de derretimiento máxima de diseño (m³/s)

An Área Nival de la cuenca (km^2)

C_1, C_2, n, k, t_m, parámetros del modelo

Donde:

$$C_1 = \frac{2 \cdot k}{2 + k \cdot (1 - t_m)}$$

$C_2 = 0{,}495 + 0{,}041 \cdot LnA_n$ Tendencia media

$C_2 = 0{,}372 + 0{,}050 \cdot LnA_n$ Envolvente inferior

n = días

$$k = -Ln(C_2)$$

$$QF_x = \frac{1}{86{,}4} \cdot \sum_{i=1}^{m} M_i \cdot S_i \ (m^3/s)$$

Donde M_i es el derretimiento máximo de diseño correspondiente a la banda i en mm/día y S_i corresponde a la superficie de la banda i en km^2.

Considerando los valores recomendados por Peña (1985) para los parámetros del modelo correspondientes a t_m = 0,67 días; n = 3-5 días y C_0 = 0,6 y la curva envolvente de derretimiento registrada a la cota 3.750 msnm de 40 mm/día y un gradiente de derretimiento con la elevación de -1,5 mm/100 m, se obtuvieron los siguientes caudales máximos para cada alternativa, Cuadro 5.1.2.5-2.

CUADRO 5.1.2.5-2
CAUDAL MÁXIMO PROBABLE DE DESHIELO CUENCAS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Parámetro	Cuestecita	Tranca Morada	San Miguel	San Miguel Alto
An (km^2)	392,9	224,0	124,5	86,7
C1	0,29	0,32	0,35	0,36
C2	0,67	0,64	0,61	0,60
QFx (m^3/s)	225,9	117,1	75,3	51,2
QPx (m^3/s)	181,1	95,5	62,4	42,8

Fuente: Elaboración propia.

d) CMP adoptada

La CMP corresponde a un evento teórico (jamás observado), altamente extremo y atípico, y el cálculo de ésta apunta a conocer aquel caudal instantáneo más alto que la cuenca pueda generar, con el fin de servir de "techo" a los caudales de diseño que se obtengan como producto de un estudio de crecidas y todos sus análisis, independientemente de si es de origen pluvial o nival. Ya habiendo estimado ambas CMP, pluvial y nival, se adopta la mayor entre ambas, en este caso la pluvial, como CMP definitiva (Cuadro 5.1.2.5-1).

5.1.2.6. Crecida de Diseño y Conclusiones

Los caudales obtenidos a partir de los diferentes métodos utilizados, ya sean directos o indirectos, se resumen en el Cuadro 5.1.2.6-1.

CUADRO 5.1.2.6-1
RESUMEN DE CAUDALES OBTENIDOS POR ALTERNATIVA

T (años)	Q (m³/s)						
	Análisis de frecuencia (deshielo)	DGA-AC (pluvial)	Verni y King modificado (pluvial)	Racional modificada (pluvial)	HUS (pluvial)	DGA-AC (deshielo)	CMP
Cuestecita							
10	16,2	20,9	12,3	27,4	51,4	8,6	-
20	25,6	33,6	20,1	42,7	72,8	14,5	-
50	42,8	57,6	34,7	69,6	105,2	26,1	-
100	60,4	71,3	49,9	96,2	133,5	38,7	-
1.000	158,2	-	-	-	276,1	-	-
10.000	349,5	-	-	-	454,6	-	-
CMP	-						643,3
Tranca Morada							
10	9,4	8,6	4,5	23,7	17,9	5,0	-
20	14,8	13,8	7,3	36,9	26,1	8,4	-
50	24,8	23,7	12,7	60,2	39	15,1	-
100	35,0	29,3	18,2	83,2	50,4	22,4	-
1.000	91,6	-	-	-	110,5	-	-
10.000	202,3	-	-	-	187,3	-	-
CMP	-						273,2
San Miguel							
10	5,2	7,8	4,0	15,5	15,8	2,8	-
20	8,2	12,5	6,6	24,1	23,1	4,7	-
50	13,8	21,5	11,4	39,3	34,6	8,4	-
100	19,4	26,6	16,3	54,3	44,7	12,5	-
1.000	50,9	-	-	-	98,2	-	-
10.000	112,5	-	-	-	167,5	-	-
CMP	-						243,8
San Miguel Alto							
10	3,6	3,4	1,6	17,1	5,6	1,9	-
20	5,7	5,5	2,6	26,6	8,3	3,2	-
50	9,6	9,5	4,5	43,4	12,9	5,9	-
100	13,5	11,7	6,4	60,0	16,9	8,7	-
1.000	35,5	-	-	-	39,9	-	-
10.000	78,3	-	-	-	71,8	-	-
CMP	-						107,1

Fuente: Elaboración propia.

Suponiendo que la estación fluviométrica Mostazal en Cuestecita mide datos de caudales correctamente, y teniendo en cuenta que los caudales máximos instantáneos de las cuencas analizadas corresponden al período de deshielo, se opta por utilizar los datos de crecidas obtenidos mediante el análisis de frecuencia de caudales de deshielo de la estación mencionada. En el caso de la CMP, dado

que se busca representar un evento más que extremo y totalmente atípico, y tal como se explicó anteriormente en el numeral 5.1.2.5, se conserva el valor obtenido para una CMP pluvial, ya que el valor resulta ser más alto que la CMP nival, y tal como su nombre lo indica, es la Crecida Máxima Probable, independiente de su naturaleza.

El resumen de los caudales considerados para el diseño, considerando distintos períodos de retorno se muestran en el Cuadro 5.1.2.6-2.

CUADRO 5.1.2.6-2
CAUDALES PARA DISEÑO

T (años)	Q (m^3/s)			
	Cuestecita	**Tranca Morada**	**San Miguel**	**San Miguel Alto**
10	16,2	9,4	5,2	3,6
20	25,6	14,8	8,2	5,7
50	42,8	24,8	13,8	9,6
100	60,4	35,0	19,4	13,5
1.000	158,2	91,6	50,9	35,5
10.000	349,5	202,3	112,5	78,3
CMP	643,3	273,2	243,8	107,1

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Evaluación de Escenario de Cambio Climático[1]

5.1.3.1. Introducción

El incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (tanto los asociados al carbono, como el de otros aerosoles), lograron que la composición química de la atmosfera se viera sometida a cambios drásticos. Este es el punto de partida del conocido efecto invernadero, que significa una disminución de radiación neta que logra salir de la atmosfera terrestre generándose así un alza de la temperatura global. Esto trae como consecuencias diversos efectos factores sobre el clima a nivel global, por ejemplo, las variaciones de temperatura, cambios de regímenes hidrológicos de cuencas, efectos sobre el nivel del mar, disminución de hielo en los polos, alteraciones de las precipitaciones, entre otras.

Durante un tiempo se consideró posible que estos fenómenos de cambio climático estuvieran asociados a procesos naturales de ecosistema global. Hoy, el IPCC afirma con certeza que el efecto total de la actividad humana desde mediados del siglo XIX ha sido el causante del incremento de la temperatura, por lo que se infiere que la variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles en la atmósfera, y las alternancias de la cubierta terrestre y de la radiación solar, perturban el equilibrio energético del sistema climático.

[1] El contenido de este acápite fue elaborado a partir del estudio "Respuesta Hidrológica del Río Cautín en la IX Región de la Araucanía, Chile, ante Escenarios de Cambio Global", Memoria de Título de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile de Juan Carlos Richard.

En el marco de preparación del quinto IPCC de reporte resumen de cambio climático, se elaboraron un conjunto de nuevos escenarios, los cuales se enfocan en los efectos prácticos del cambio climático y no en la definición de escenarios sociales. Por tanto, se define como factor preponderante el incremento de radiación solar que permanece dentro de la atmosfera (forzamiento radiativo) y se reconoce que estos valores pueden ser logrados por medio de múltiples condiciones de desarrollo. Estos escenarios son normalmente conocidos como Trayectorias Representativas de Concentración, comúnmente referenciadas como los escenarios RCP. En el Cuadro 5.1.3.1-1 se encuentra la cantidad de radiación que queda retenida en la atmosfera, el equivalente en partículas de CO_2 atmosférico y el comportamiento esperado para cada uno de los escenarios. En el Figura 5.1.3.1-1 se ve la proyección de los dos escenarios más y los dos menos severos.

CUADRO 5.1.3.1-1
DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Nobre Escenario	Forzamiento Radiativo (W/m^2)	Concentración atmosférica de CO_2 (ppm)	Comportamiento
RCP 8,5	>8,5 al año 2100	>1370 CO_2equiv, en 2100	En aumento
RCP 6,0	6 una vez estabilizado el año 2100	850 CO_2equiv, (estabilización posterior al año 2100)	Estabilización sin aumentos radicales
RCP 4,5	4,5 una vez estabilizado después del año 2100	650 CO_2equiv, (estabilización posterior al 2100)	Estabilización sin aumentos radicales
RCP 2,6	Radiación máxima de 3 antes del año 2100 con descenso posterior	Concentración máxima de 490 CO_2-equiv, Antes del año 2100 con descenso posterior,	Valor máximo a mediados de siglo y posterior descenso

Fuente: IPCC (2013)

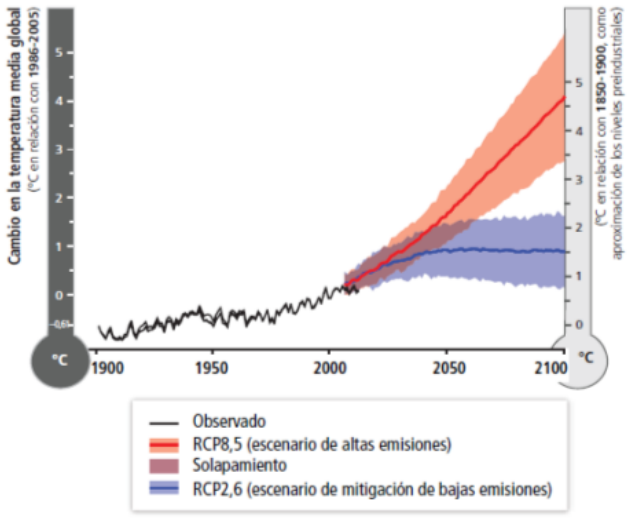


FIGURA 5.1.3.1-1
PROYECCIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO
Fuente: IPCC (2013)

Entre los potenciales efectos del cambio climático sobre eventos relacionados con los recursos hídricos se encuentran los siguientes (Pachauri & Reisenger, 2007):

- En áreas terrestres, días y noches frecuentemente muy cálidos y menor frecuencia de fríos.
- Aumento de la frecuencia, en la mayoría de las extensiones terrestres, de períodos cálidos y olas de calor.
- Aumento de la frecuencia, en la mayoría de las regiones, de episodios de precipitación intensa.
- Aumento de áreas afectadas por el aumento de sequías
- Aumento de la intensidad de ciclones tropicales
- Mayor incidencia de aumento en el nivel del mar (con excepción de los tsunamis).

En el siguiente apartado se presenta la metodología propuesta para la evaluación del efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de los recursos hídricos y caudales extremos y su consiguiente impacto sobre los indicadores económicos y el medio ambiente. Primeramente, se describe de modo general el Modelo de Circulación Global MK3.6, y posteriormente el método de *downsaling* espacial y temporal para generar las series de tiempo en los escenarios con Cambio Climático. El escenario a analizar propuesto corresponde al RCP 8.5, considerado el más pesimista.

5.1.3.2. Modelo de Circulación Global CSIRO-MK3.6

La comunidad científica ha investigado con el fin de comprender los efectos que el cambio climático tendrá sobre el planeta tierra. Para esto se desarrollan predicciones de variables meteorológicas en períodos futuros de manera de poder estimar las variaciones a las que estas se verán sujetas. Estas predicciones son realizadas mediante modelos globales – GCM, Global Circulation Models - que consideran diversas condiciones y escenarios y son ejecutados por centros de investigación, universidades, entre otros. Se debe destacar que un modelo global surge de la integración de dos modelos: un modelo de predicción atmosférica y uno de predicción oceánico.

Los modelos de predicción atmosférica se conforman por un conjunto de ecuaciones, procesos físicos parametrizables, procedimientos numéricos y condiciones iniciales que permiten un desarrollo integral del escenario global en función de un conjunto de condiciones forzantes, las cuales pueden ser modificadas con tal de representar diversos escenarios futuros. Los modelos oceánicos operan de manera análoga a un modelo meteorológico, pero modelando los procesos que se dan en los océanos. Claramente, estos también incluyen todas las componentes necesarias de un modelo, como las ecuaciones por las que se rige, la inclusión de procesos físicos, procedimientos numéricos y las condiciones iniciales.

Ya que ambos modelos tienen una interacción natural y además tienen ciertas variables en común (temperatura, precipitación, entre otras), es posible realizar una integración de ambos,

realizando un proceso de acoplamiento dinámico entre ambos, dando origen entonces a un modelo integrado y global.

Cada uno de estos modelos presenta distintos planteamientos, como por ejemplo distintas resoluciones, tanto de tiempo como de espacio, en la cual trabajaran las ecuaciones. Se han desarrollado más de una veintena de modelos globales climáticos diferentes, que, aunque presentan diferentes principios e hipótesis llegan a resultados similares, bajo los mismos escenarios de emisiones.

Dado que el modelo CSIRO-MK3.6 fue desarrollado en Australia, representa de manera más adecuada la estacionalidad del hemisferio sur, además que presenta puntos de información cercanos a la zona de análisis, aumentando la representatividad de los datos. Por lo anterior, se selecciona éste como el modelo a utilizar en el presente estudio. Un análisis comparativo en el cual se concluye que es más adecuado utilizar este Modelo de Circulación Global por sobre otros en Chile, puede verse en la Memoria de Título de Del Río (2015)[2].

El modelo acoplado oceánico-atmosférico MK3.6 es desarrollado en conjunto por dos instituciones australianas: el Commonwealth Scientific and Industrial ResearchOrganisation – CSIRO – y el instituto Queensland ClimateChange Centre of Excellence –QCCCE – en el marco del proyecto de intercomparación de modelos acoplados, fase 5 – CMIP5. Este modelo presenta una resolución horizontal de aproximadamente 1,9°x1,9° y cada punto atmosférico está relacionado con dos puntos oceánicos, con el fin de mejorar las interacciones interanuales entre ambas componentes. Este modelo es una actualización de la versión anterior del modelo CSIRO-MK3.5 desarrollado por los mismos institutos (Gordon *et al.*, 2010). La mejora considerable que presenta, es que incorpora una dinámica interactiva de los aerosoles a nivel atmosférico, con el fin de modelar de mejor manera las forzantes radiativas atmosféricas.

Es necesario mencionar que los datos del Modelo CSIRO-MK3.6 son gratuitos y ya han sido adquiridos por este consultor.

5.1.3.3. Método Genérico

a) Proceso de Escalamiento – Downscaling

El proceso de escalamiento es una técnica ampliamente utilizada para explorar la respuesta a escala regional y local del cambio climático global simulado por los GCM a una baja resolución. Este tiene un gran atractivo debido a sus bajas necesidades computacionales y su facilidad de aplicación, en relación a la implementación de un modelo climático global. Para proyecciones regionales se ha concluido que las aproximaciones empíricas tienen una precisión similar a la implementación de modelos climáticos regionales numéricos (Hewitson&Crane, 2006). En la Figura 5.1.3.3-1 se presenta un esquema de las distintas escalas asociadas al problema de derivar variables a nivel local.

[2] Del Río, P. 2015. *Análisis del Impacto del Cambio Climático en la Disponibilidad del Recurso Hídrico en la Cuenca de Pangal en Pangal*. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

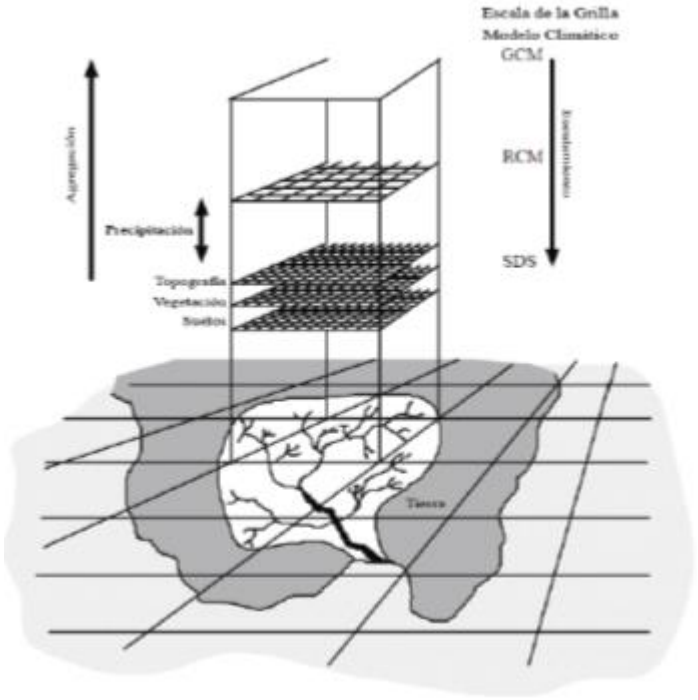


FIGURA 5.1.3.3-1
ESQUEMA DE ESCALAMIENTO Y RELACIÓN ENTRE GCM Y RESOLUCIONES MENORES
Fuente: Wilby et. al, (2002)

La metodología para realizar escalamiento se divide en dos pasos y se presentan a continuación.

El escalamiento es necesario para poder estimar las series futuras de forzantes meteorológicas (ej.: precipitaciones, temperaturas) en los escenarios de Cambio Climático.

b) Escalamiento Espacial

Consiste en llevar la información de la variable a trabajar (ej. Precipitación) desde los nodos del CGM (Modelo de Circulación Global) al punto donde se quiere trabajar, comúnmente una estación meteorológica. En la Figura 5.1.3.3-2 se muestra un ejemplo de lo anteriormente dicho. En ella se ve como los nodos del CGM se encuentran en las esquinas del dominio, mientras que el punto de análisis está sobre el lago.

La información en el punto de análisis, por lo tanto, se estima mediante interpolación, usando (comúnmente) el método del inverso de la distancia al cuadrado.

Una vez hecho esto, se posee la serie de la variable de análisis en la escala del CGM pero sobre el punto de interés. Sólo faltaría llevarlo a la escala de terreno.

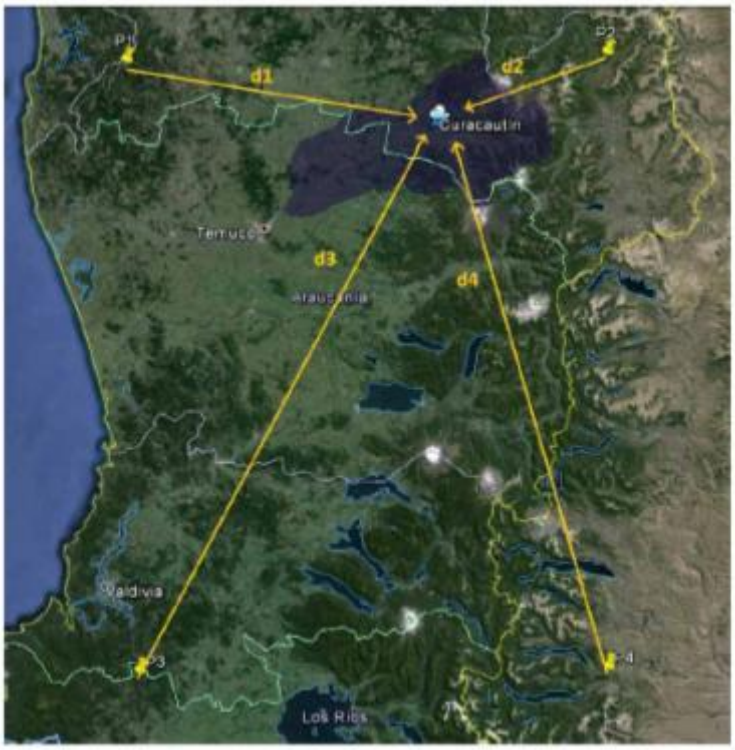


FIGURA 5.1.3.3-2
ESQUEMA EJEMPLO DE UBICACIÓN DE LOS NODOS CGM VS PUNTO DE ANÁLISIS
Fuente: Richard (2014)

c) Escalamiento Temporal (o Estadístico)

Una vez estimado espacialmente la información del GCM en la ubicación de la estación de interés en el período de observación, la serie meteorológica se ajusta a las observaciones locales mediante correlaciones estadísticas entre ambas series. Es decir, se obtiene una función de transferencia a partir de una serie histórica real y la serie histórica entregada por el CGM, con la cual se escala la información. Esta función de transferencia será utilizada en los datos futuros del modelo, para así obtener series de datos futuros en escala de terreno. La Figura 5.1.3.3-3 muestra un ejemplo de ajuste buscado entre la estación (terreno) y el CGM en el período histórico.

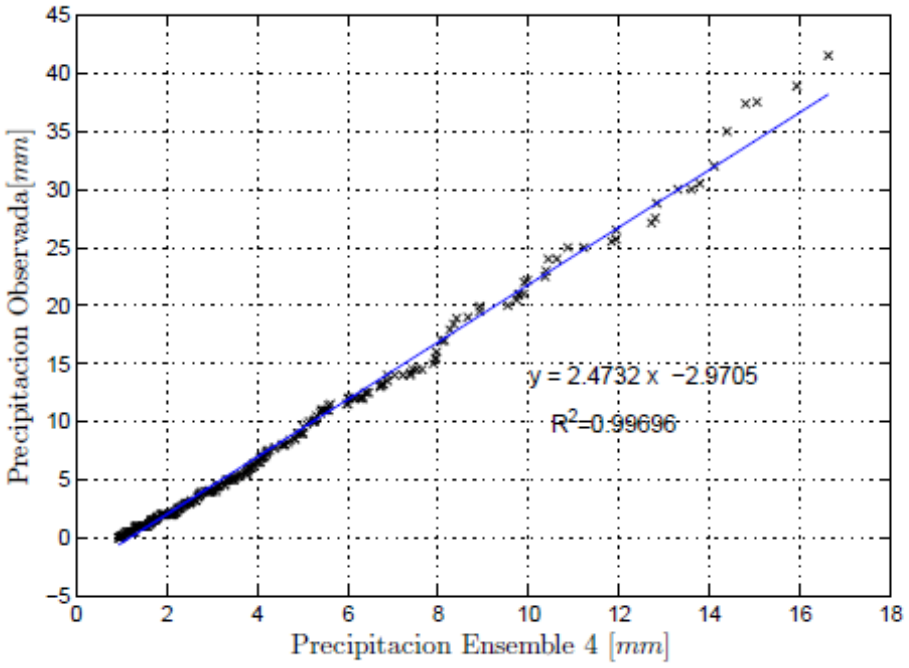


FIGURA 5.1.3.3-3
EJEMPLO DE ESCALAMIENTO ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES
(*) El término "Ensamble" hace referencia a la información en escala CGM

Fuente: Richard (2014)

5.1.3.4. Simulación de Caudales en Escenario de Cambio Climático

Ya teniendo las series de datos futuros (precipitaciones mensuales y temperaturas mensuales), se **empleará el modelo hidrológico antes calibrado y validado** para generar las nuevas series de caudales en el escenario con Cambio Climático, y evaluar así el efecto del mismo sobre los caudales mensuales, obteniendo una nueva Hidrología de Recursos Hídricos.

La nueva Hidrología de Recursos Hídricos será usada además para alimentar el Modelo de Operación (a presentar en las próximas Etapas) y volver a correrlo en el escenario de Cambio Climático, evaluando los impactos sobre el sistema.

5.1.3.5. Aplicación del Método al Presente Estudio

a) Método Específico

Ya habiendo explicado el método en sentido genérico y teórico, se presentan a continuación los pasos a seguir desde el punto de vista práctico y aterrizado al presente estudio.

1. **Modelo Hidrológico de situación actual validado para la cuenca del Río Mostazal en Cuestecita.** Este primer paso es el requisito necesario para poder modelar caudales en un escenario de cambio climático.

2. **Descarga de datos de series de tiempo de precipitación y temperatura, de la situación con cambio climático.** A partir de los resultados entregados por el modelo global CSIRO-MK3.6, se pueden descargar los datos de precipitación y temperatura de cualquiera de los escenarios de cambio climático ahí modelados, de los nodos del modelo más cercanos al área de estudio. Para efectos del presente estudio, se usarán los datos del escenario RCP 8,5 (más desfavorable). Se deben descargar los datos tanto de la situación base (período actual) como del escenario RCP 8,5 (futuro).

3. **Escalamiento espacial**. El escalamiento espacial tiene por objetivo, mejorar la representatividad espacial de la serie de datos antes de someterlo al escalamiento estadístico, pero no es estrictamente necesario en términos de validez estadística. En el presente estudio, se ha optado por no realizar este paso por los siguientes dos motivos:

    a. Si se comprueba una buena correlación estadística entre el nodo del Modelo Global y la Estación meteorológica empleada de manera directa, no es necesario el escalamiento espacial, puesto que la función de transformación dejará de todos modos los datos bien ajustados.

    b. Si los nodos del Modelo Global están demasiado distanciados de sus vecinos, se pierde representatividad espacial, ya que se acude a información demasiado lejana para corregir el valor de los datos, siendo que cada nodo ya define un área representativa.

4. **Escalamiento estadístico.** Dado que los datos que se descargan del modelo CSIRO-MK3.6 provienen de un modelo global, deben adecuarse los datos a una escala y ubicación acorde con el presente estudio, en este caso se realiza únicamente el escalamiento estadístico. Este escalamiento sirve para aterrizar los valores a la escala del estudio. Para esto se calcula la correlación existente entre los datos observados en la estación que se usó de base en el presente estudio (Estación Carén, tanto para precipitaciones como para temperatura) y los datos del modelo global en el período actual. Al obtener las correlaciones, se usan las ecuaciones resultantes para ser aplicadas posteriormente a las series de datos del escenario de cambio climático (situación futura) del modelo global, para así dejarlos en la escala local.

5. **Simulación de caudales en situación con cambio climático.** Ya teniendo las series de datos meteorológicos para el escenario con cambio climático, estos se introducen al modelo WEAP como datos entrada, y se corre el modelo, quedando de esta manera simulados los caudales en escenario de cambio climático. En teoría, los datos de precipitaciones para el escenario de cambio climático debieran ser menores que aquellas observadas en el escenario actual, y asimismo las temperaturas debieran

aumentar, por lo que se espera una disminución de la acumulación de nieves con el correspondiente efecto sobre los caudales.

6. **Evaluación de las diferencias respecto de la situación actual.** Teniendo la serie de caudales modelados en situación con y sin cambio climático, puede realizarse un análisis comparativo a fin de dimensionar el impacto del cambio climático.

b) Paso 1: Modelo Hidrológico de la Situación Actual

Tal como se detalló en el Acápite 5.1.1.8 y 5.1.1.9, el modelo hidrológico calibrado en WEAP para el área de estudio, no pudo ser utilizado directamente en el escenario actual, dada la inconsistencia detectada en le última década de datos (período de validación), atribuida esencialmente al cambio del comportamiento hídrico de la cuenca producto de la sequía prolongada. Dicho motivo produjo que la estación pluviométrica perdiera representatividad respecto de las nevadas que caían en la parte alta de la cuenca. Sin embargo, en el escenario de Cambio Climático, el modelo es perfectamente utilizable, ya que se adopta como supuesto que dicha anomalía no se repetirá en el futuro, y que, si bien pueden existir períodos secos en el futuro, estos quedarán bien representados por la estación Carén.

De acuerdo con lo anterior, el modelo WEAP calibrado para la situación actual puede ser empleado para modelar el escenario con Cambio Climático, debiendo sólo reemplazar las series de forzantes meteorológicas que alimentan al modelo, con aquellas correspondientes al clima futuro.

c) Paso 2: Descarga de Datos de Series de Tiempo de Precipitación y Temperatura, de la Situación Con Cambio Climático

Tal como fue explicado anteriormente, se accedió a los resultados del Modelo de Circulación Global CSIRO-MK3.6, los cuales fueron descargados de manera gratuita. Dicho modelo entrega resultados del clima futuro para varias variables meteorológicas considerando un cambio climático producto del calentamiento global. Para efectos del presente estudio, se ha utilizado el escenario más desfavorable, es decir aquel que considera el mayor calentamiento global. Dicho escenario es el denominado RCP 8,5, en el cual se modela el clima a nivel global considerando un forzamiento radiativo de 8,5 W/m^2 (radiación solar adicional que permanece en la atmósfera producto del efecto invernadero).

Los datos de precipitación y temperatura fueron obtenidos inicialmente en escala diaria, y fueron traspasadas posteriormente a la escala mensual. El período de modelación del escenario futuro va desde el 04/2019 al 03/2050 (32 años). Junto con el período futuro fue descargado el período histórico que va desde el 1970 al 2005, el cual sirve de base para realizar el proceso de downscaling que se explica más adelante.

Las Figuras 5.1.3.5-1 y 5.1.3.5-2 muestran un ejemplo de cómo son las imágenes brutas entregadas por el modelo CSIRO-MK3.6 a nivel mundial tanto para temperatura diaria como para precipitación diaria.

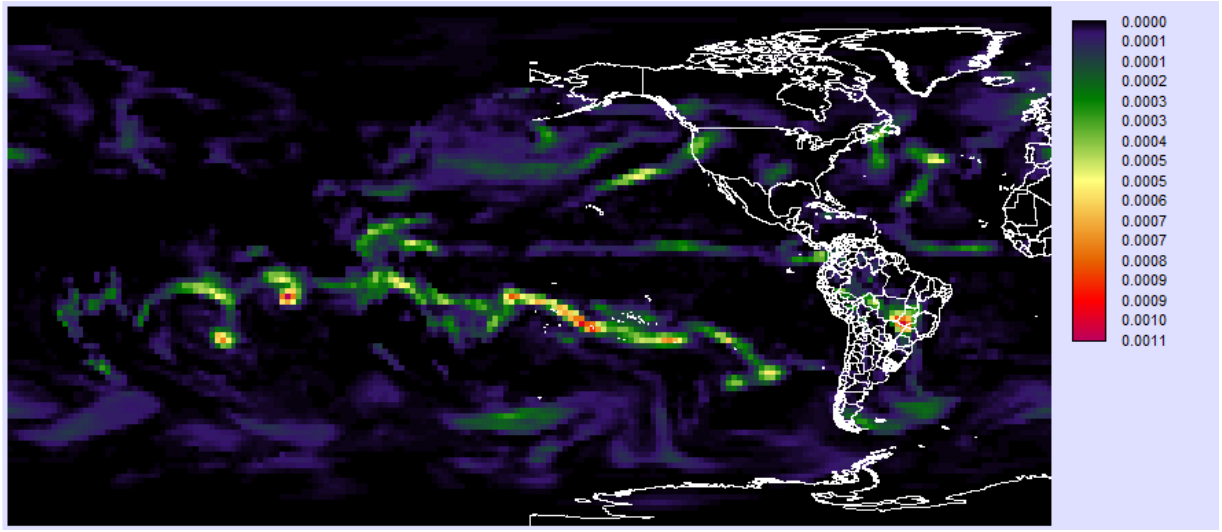


FIGURA 5.1.3.5-1
EJEMPLO PRECIPITACIÓN DIARIA MODELADA PARA EL DÍA 24 DE ENERO DE 2046 POR CSIRO-MK3.6 ($kg/m^2/s$)
Fuente: Elaboración propia.

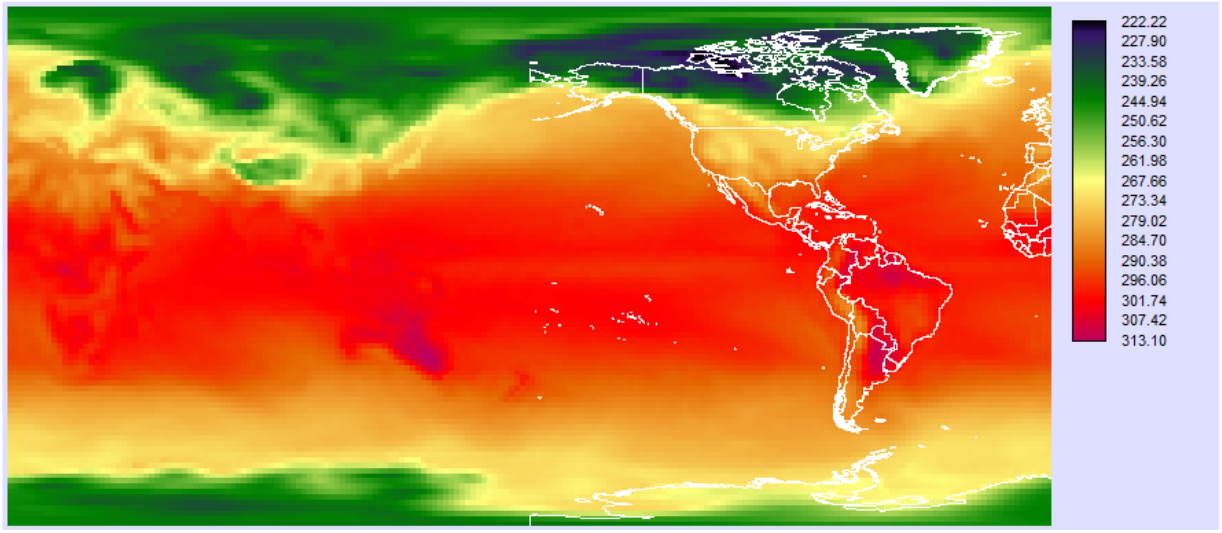


FIGURA 5.1.3.5-2
EJEMPLO TEMPERATURA DIARIA MODELADA PARA EL DÍA 24 DE ENERO DE 2046 POR CSIRO-MK3.6 (°K)
Fuente: Elaboración propia.

Ya teniendo todas las imágenes para las variables deseadas en todo el período, sólo se extrae el dato de aquel nodo (píxel) donde se ubica la estación de interés (Estación Carén), quedando una serie temporal de la variable buscada. El tamaño de píxel del modelo global es de 1,9°x1,9°. La Figura 5.1.3.5-3 muestra un acercamiento al área de estudio donde se ubica la estación Carén sobre la grilla del modelo Global.

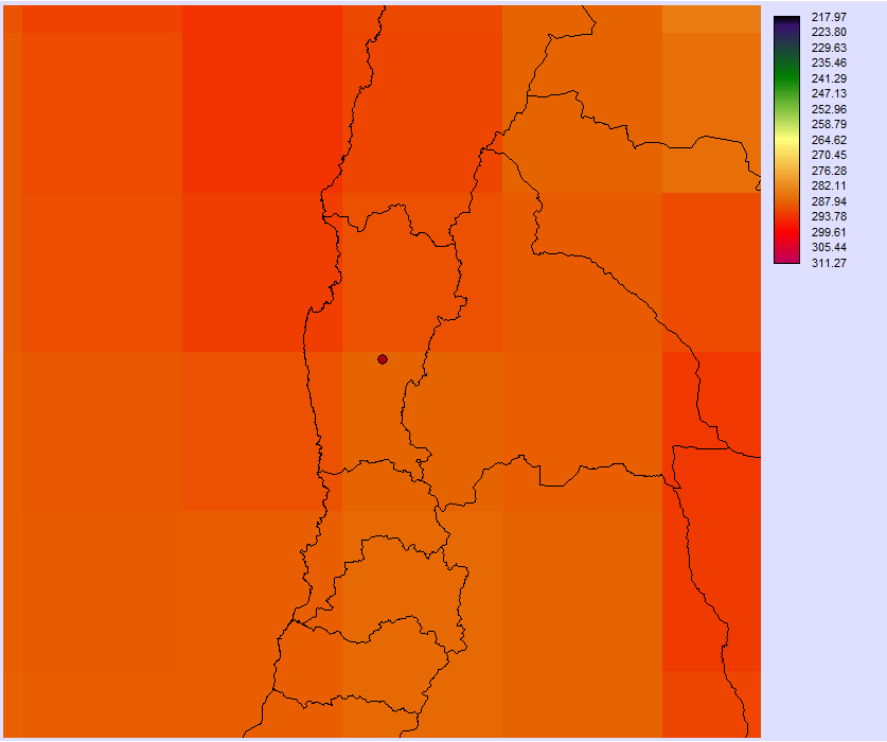


FIGURA 5.1.3.5-3
UBICACIÓN DE ESTACIÓN CARÉN SOBRE LA GRILLA DE TEMPERATURA CSIRO-MK3.6 (°K)
Nota: El punto rojo corresponde a la estación Carén

Fuente: Elaboración propia.

d) Paso 3. Escalamiento espacial

Tal como se adelantó en el Acápite 5.1.3.5 letra a, punto 3, en este caso no fue necesario realizar el escalamiento espacial por los motivos que ahí se señalan, los cuales son:

1. Si se comprueba una buena correlación estadística entre el nodo del Modelo Global y la Estación meteorológica empleada de manera directa, no es necesario el escalamiento espacial, puesto que la función de transformación dejará de todos modos los datos bien ajustados.

2. Si los nodos del Modelo Global están demasiado distanciados de sus vecinos, se pierde representatividad espacial, ya que se acude a información demasiado lejana para corregir el valor de los datos, siendo que cada nodo ya define un área representativa (píxel). En el caso del Modelo empleado en el presente estudio, cada nodo define un pixel de 1,9 x 1,9º, lo que equivale a un área de 204 km x 175 km aproximadamente, por lo que acudir a nodos vecinos implica moverse a lugares lejanos, representativos de otro tipo de climas (ej.: océano, Argentina, otra Región de Chile). Por lo anterior, se supone una estimación más confiable si se considera únicamente el nodo (píxel) más representativo.

En la Figura 5.1.3.5-4 se muestra la superficie abarcada por el pixel representativo del Modelo Global. En ella se puede ver claramente que la estación Carén y la cuenca estudiada quedan comprendidas dentro del píxel escogido, y por lo tanto representadas por el mismo. Posteriormente, en el Acápite 5.1.3.5, letra e), queda validado el escalamiento estadístico con excelentes resultados, por lo cual se corrobora que el escalamiento espacial no fue necesario.

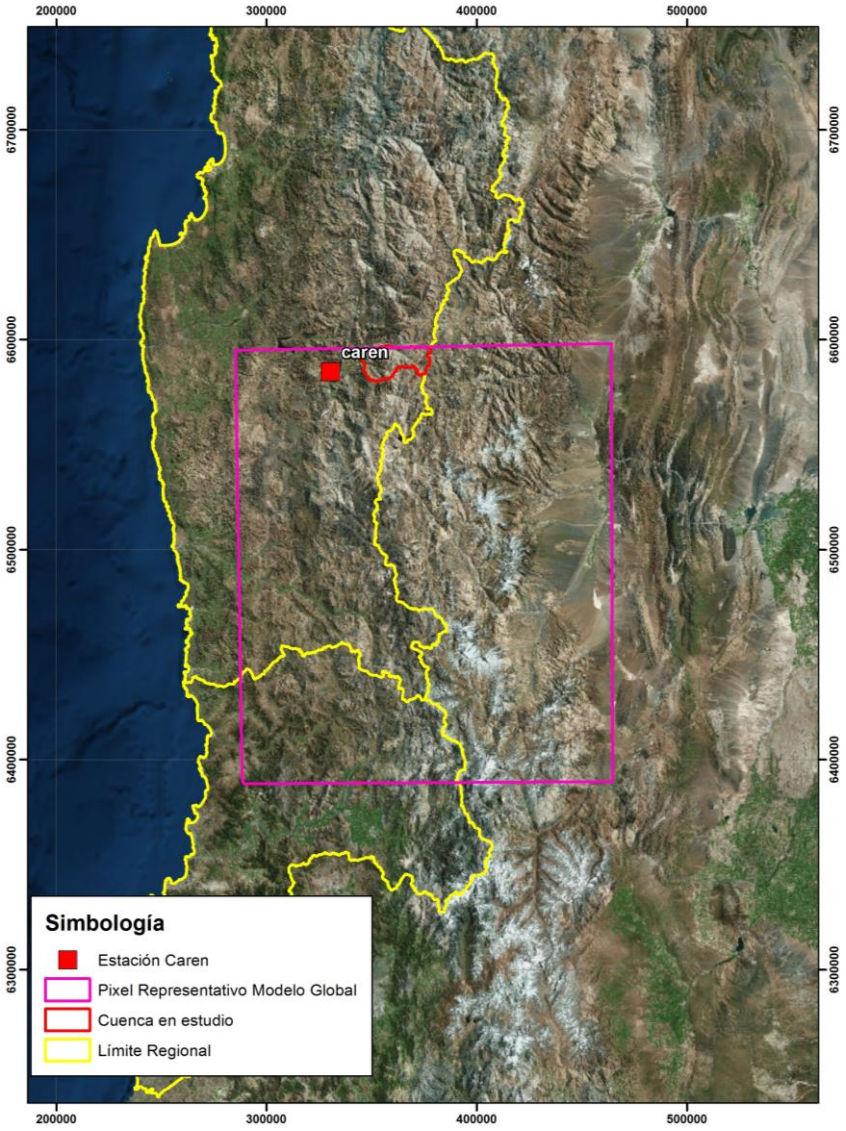


FIGURA 5.1.3.5-4
PIXEL DEL MODELO GLOBAL REPRESENTATIVO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CARÉN
Fuente: Elaboración propia

e) Paso 4: Escalamiento Estadístico

Tras obtener las series brutas de datos descargadas directamente del modelo CSIRO-MK3.6, se procede al escalamiento estadístico o downscaling estadístico. En este paso se ordenan los datos del período histórico del modelo global y se comparan con los datos registrados por la estación Carén en el período concurrente. En este caso, el período concurrente entre el período histórico del modelo global y la estación es desde 04/1986 hasta 12/2005. Deben ordenarse los datos según duración, esto es, de mayor a menor en ambas series, de esta forma se puede conocer la relación entre ambas, de modo tal de mantener el comportamiento estadístico.

El Gráfico 5.1.3.5-1 (a) muestra la relación obtenida para las temperaturas, mientras que el Gráfico 5.1.3.5-1(b), muestra la función resultante graficada en forma continua. Como puede verse, la relación observada presenta dos secciones distintas, en cada una de las cuales se aprecia una tendencia distinta de la relación lineal. Ambas relaciones presentan su punto de quiebre alrededor de la temperatura 8 ºC del nodo del Modelo Global. La ecuación 5.1.3.5-1 muestra el escalamiento estadístico obtenido para la variable temperatura en el presente estudio:

$$T_{mod-escalada} = \begin{cases} 0{,}7569 \cdot T_{mod-original} - 10{,}59 \; si \; T_{mod-original} < 8 \\ 0{,}4236 \cdot T_{mod-original} - 13{,}22 \; si \; T_{mod-original} \geq 8 \end{cases} \qquad \text{Ecc. 5.1.3.5-1}$$

Una vez aplicada la función de escalamiento a la serie de temperaturas brutas provenientes del Modelo Global, se compararon las series de datos resultantes con las observadas con el fin de validar el proceso de escalamiento. Este proceso tiene por objetivo, reproducir el comportamiento estadístico de la serie de datos objetivo, no necesariamente el comportamiento temporal, por lo tanto, la comparación se debe realizar con un enfoque probabilístico y a nivel de estadísticos principales, pero sin perder de vista la coherencia teórica de la serie. Lo anterior quiere decir que debe confirmarse que los datos conservan sus estadísticos fundamentales (promedio, desviación estándar), buen ajuste en sus curvas de duración y un comportamiento cíclico coherente en orden a respetar las estaciones del año. Los Gráficos 5.1.3.5-2 y 5.1.3.5-3 muestran la comparación entre las curvas de duración mensuales y las curvas de temperaturas medias mensuales. El Cuadro 5.1.3.5-1 resume los principales indicadores de ajuste de la serie escalada. Como puede verse, tanto en el Cuadro 5.1.3.5-1 como en los Gráficos 5.1.3.5-2 y 5.1.3.5-3, los ajustes resultan ser más que satisfactorios, con lo cual se permite validar la función de escalamiento estadístico para las temperaturas mensuales, para ser posteriormente utilizada en la modelación del escenario futuro de cambio climático.

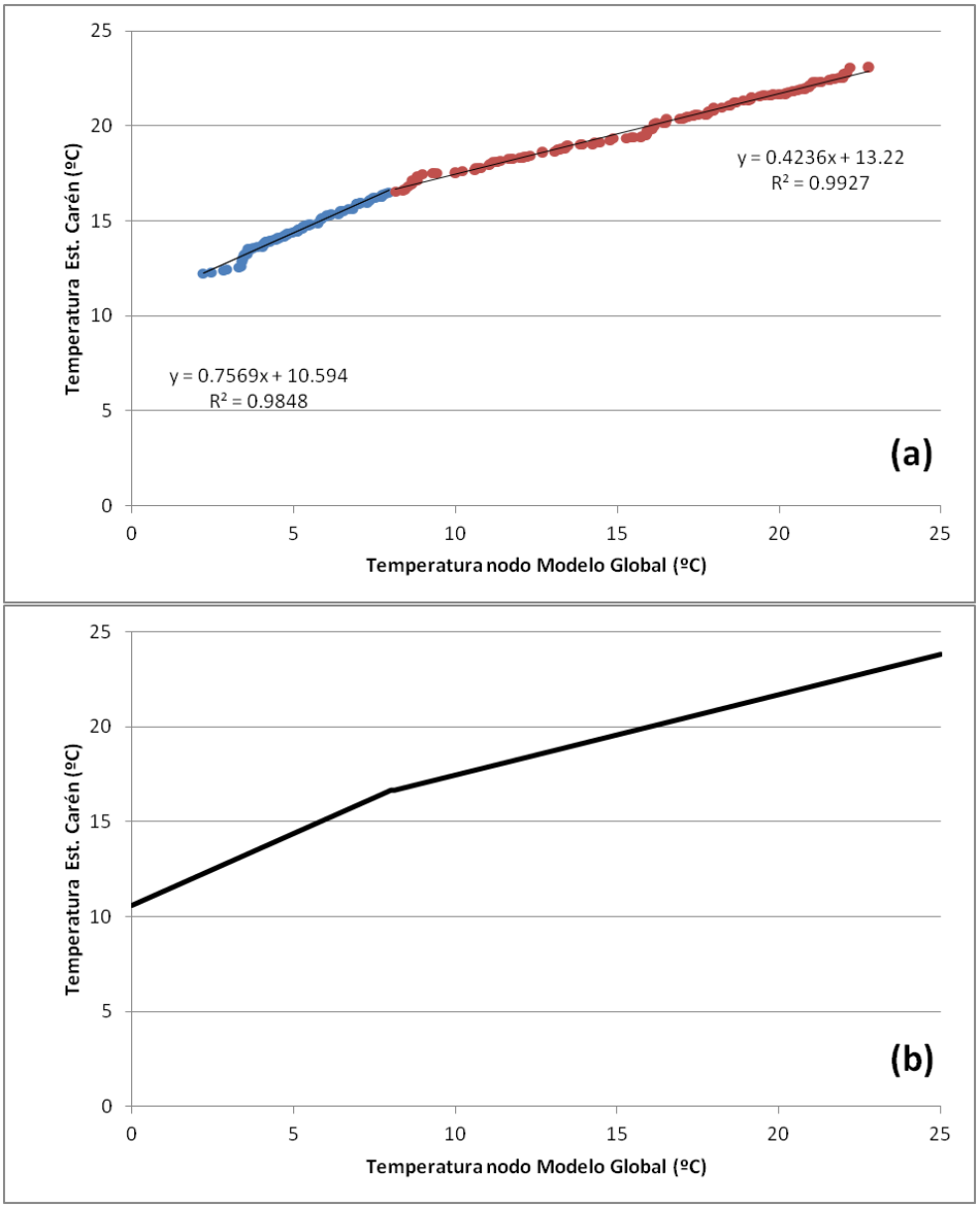


GRÁFICO 5.1.3.5-1
DOWNSCALING ESTADÍSTICO TEMPERATURAS MENSUALES ESTACIÓN CARÉN SEPARACIÓN DE TENDENCIAS (A). FUNCIÓN CONTINUA RESULTANTE (B)
Fuente: Elaboración propia

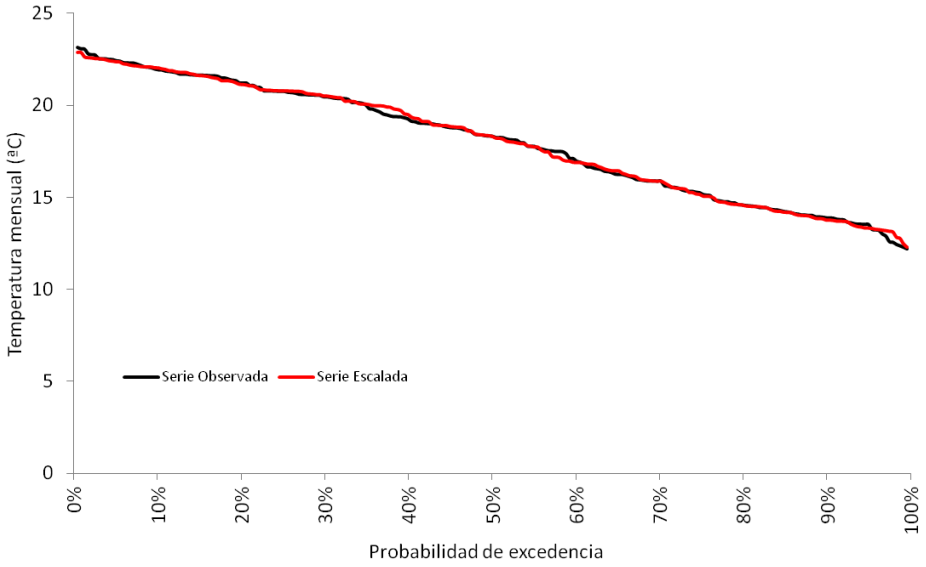


GRÁFICO 5.1.3.5-2
COMPARACIÓN ENTRE SERIE ESCALADA Y SERIE OBSERVADA EN ESTACIÓN CARÉN
CURVA DE DURACIÓN MENSUAL DE TEMPERATURAS
Fuente: Elaboración propia.

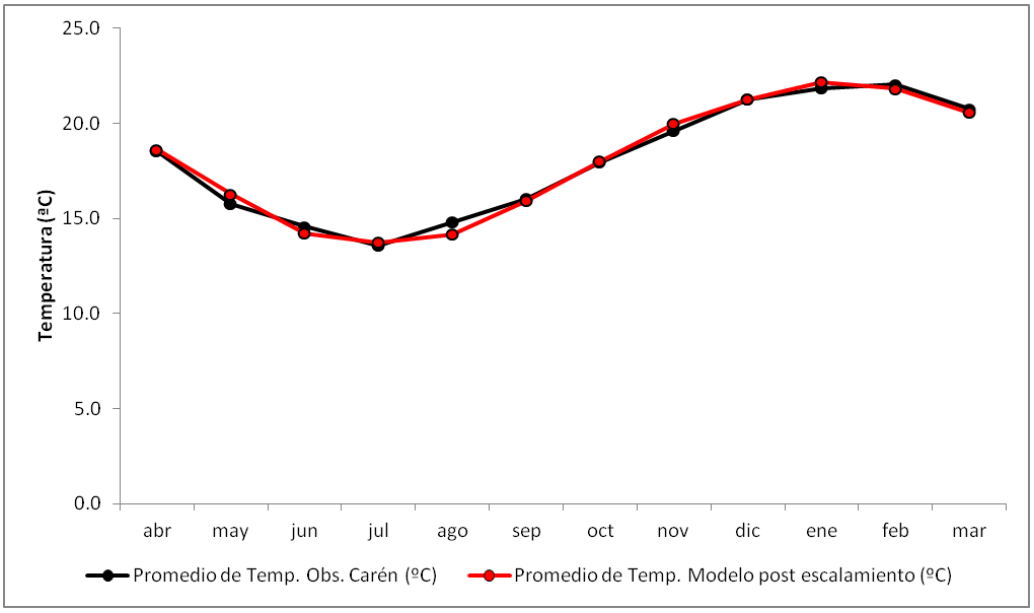


GRÁFICO 5.1.3.5-3
COMPARACIÓN ENTRE SERIE ESCALADA Y SERIE OBSERVADA EN ESTACIÓN CARÉN
CURVA DE PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURAS
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el proceso de escalamiento de las precipitaciones, puede verse en el Gráfico 5.1.3.5-4. En él se ven las relaciones obtenidas por tramos (Gráfico 5.1.3.5-4(a)) y la relación resultante graficada como función continua (Gráfico 5.1.3.5-4(b)). Como puede verse, la relación observada presenta 3 secciones distintas, en cada una de las cuales se aprecia una tendencia distinta de la relación lineal. Las relaciones presentan su punto de quiebre alrededor de la precipitación 62 y 242 del nodo del Modelo Global. La Ecuación 5.1.3.5-2 muestra el escalamiento estadístico obtenido para la variable temperatura en el presente estudio.

$$Pp_{mod-escalada} = \begin{cases} 0{,}3617 \cdot Pp_{mod-original} - 1{,}33 & si \quad Pp_{mod-original} < 62 \\ 1{,}0493 \cdot Pp_{mod-original} - 41{,}804 & si \quad 62 \leq Pp_{mod-original} < 242 \\ 4{,}1972 \cdot Pp_{mod-original} - 803{,}7 & si \quad Pp_{mod-original} \geq 242 \end{cases}$$

Ecc. 5.1.3.5-2

CUADRO 5.1.3.5-1
INDICADORES DE AJUSTE DE LA SERIE ESCALADA DE TEMPERATURA

Indicador	Serie Observada Est. Carén	Serie Escalada Est. Carén
Promedio anual (ºC)	18,0	18,0
Desviación Estándar (ºC)	3,06	3,06
E para curva de duración	0,99	
R^2 para curva de duración	0,99	
E para curva de promedios mensuales	0,99	
R^2 para curva de promedios mensuales	0,99	

Nota: El coeficiente E corresponde a la Eficiencia de Nash-Sutcliffe

Fuente: Elaboración propia.

Una vez aplicada la función de escalamiento a la serie de precipitaciones brutas provenientes del Modelo Global, se compararon las series de datos resultantes con el fin de validar el proceso de escalamiento. Al igual que en el caso de la temperatura, este proceso tiene por objetivo, reproducir el comportamiento estadístico de la serie de datos objetivo, no necesariamente el comportamiento temporal, por lo tanto, la comparación se debe realizar con un enfoque probabilístico y a nivel de estadísticos principales, pero sin perder de vista la coherencia teórica de la serie. Lo anterior quiere decir que debe confirmarse que los datos conservan sus estadísticos fundamentales (promedio, desviación estándar), buen ajuste en sus curvas de duración y un comportamiento cíclico coherente en orden a respetar las estaciones del año. Los Gráficos 5.1.3.5-5 y 5.1.3.5-6 muestran la comparación entre las curvas de duración mensuales y las curvas de precipitaciones medias mensuales. El Cuadro 5.1.3.5-2 resume los principales indicadores de ajuste de la serie escalada. Como puede verse, tanto en dicho Cuadro como en los Gráficos 5.1.3.5-4 y 5.1.3.5-5, los ajustes resultan ser más que satisfactorios, con lo cual se permite validar la función de escalamiento estadístico, esta vez para las temperaturas mensuales, para ser posteriormente utilizada en la modelación del escenario futuro de cambio climático.

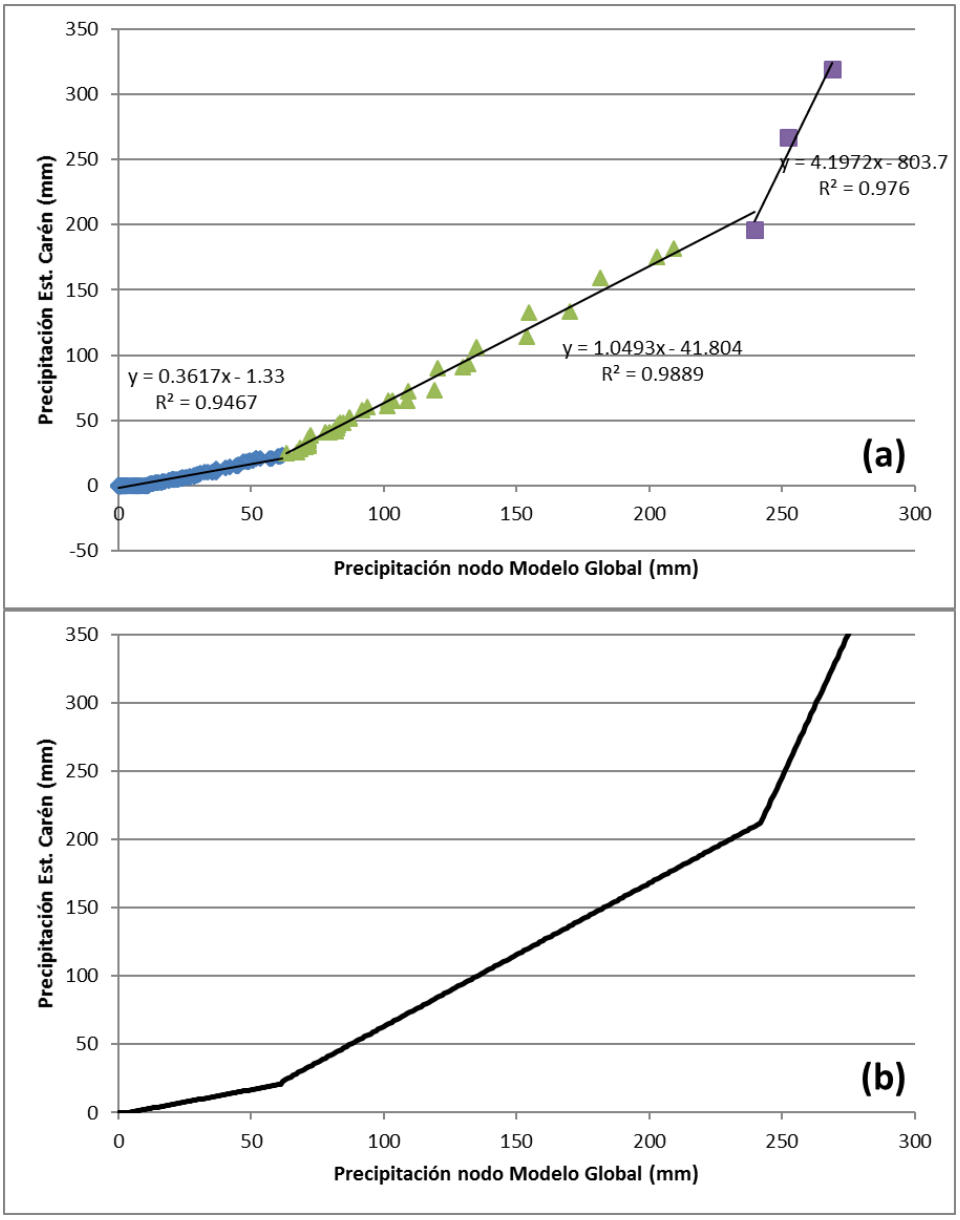


GRÁFICO 5.1.3.5-4
DOWNSCALING ESTADÍSTICO PRECIPITACIONES MENSUALES ESTACIÓN CARÉN SEPARACIÓN DE TENDENCIAS (A). FUNCIÓN CONTINUA RESULTANTE (B)
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado y validado el downscaling para ambas variables, se obtuvieron las series resultantes de precipitación y temperatura para el período futuro 04/2019 al 03/2050. Los Gráficos 5.1.3.5-6 y 5.1.3.5-7 muestran la comparación entre las curvas de medias mensuales para los períodos actual (sin cambio climático) y futuro (con cambio climático) para temperatura y precipitación respectivamente.

CUADRO 5.1.3.5-2
INDICADORES DE AJUSTE DE LA SERIE ESCALADA DE PRECIPITACIÓN

Indicador	Serie Observada Est. Carén	Serie Escalada Est. Carén
Promedio anual (mm)	201,2	205,2
Desviación Estándar (mm)	40,8	40,5
E para curva de duración	0,99	
R^2 para curva de duración	0,99	
E para curva de promedios mensuales	0,92	
R^2 para curva de promedios mensuales	0,95	

Nota: El coeficiente E corresponde a la Eficiencia de Nash-Sutcliffe

Fuente: Elaboración propia

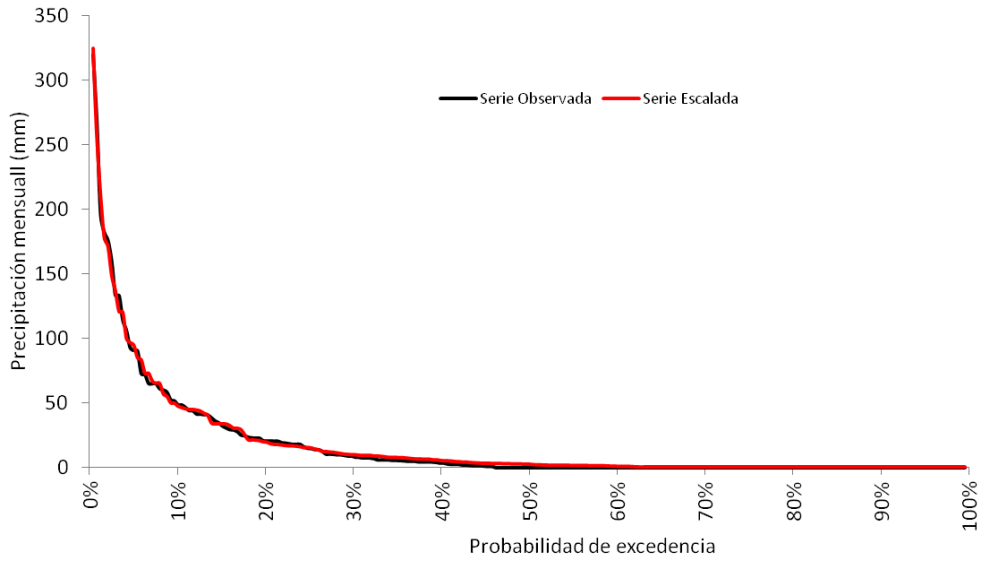


GRÁFICO 5.1.3.5-5
COMPARACIÓN ENTRE SERIE ESCALADA Y SERIE OBSERVADA EN ESTACIÓN CARÉN
CURVA DE DURACIÓN MENSUAL DE PRECIPITACIONES
Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse, en el Gráfico 5.1.3.5-7 se observa un aumento parejo de temperaturas a nivel de promedios mensuales en el clima futuro, los que en términos del promedio anual se traducen en un aumento de 0,87 ºC. En el Gráfico 5.1.3.5-8, en el clima futuro la precipitación mensual es menor en todos los meses a excepción de junio y julio, observándose en términos del promedio anual una disminución de 21 mm producto del Cambio Climático.

Los datos de respaldo de este apartado, pueden verse en el Anexo 5-1 (Datos Cambio Climático).

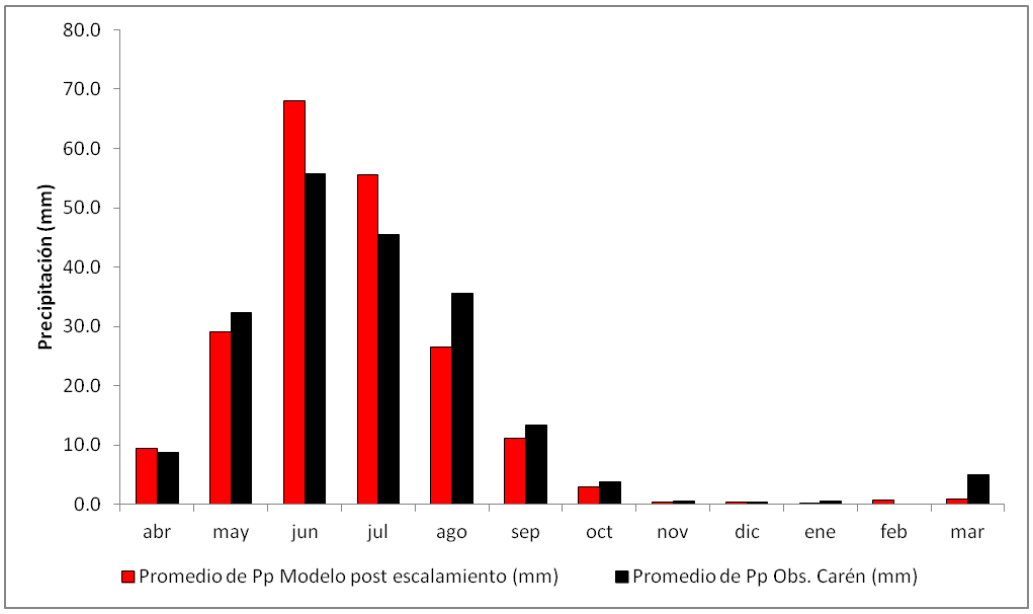


GRÁFICO 5.1.3.5-6
COMPARACIÓN ENTRE SERIE ESCALADA Y SERIE OBSERVADA EN ESTACIÓN CARÉN
CURVA DE PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIONES
Fuente: Elaboración propia.

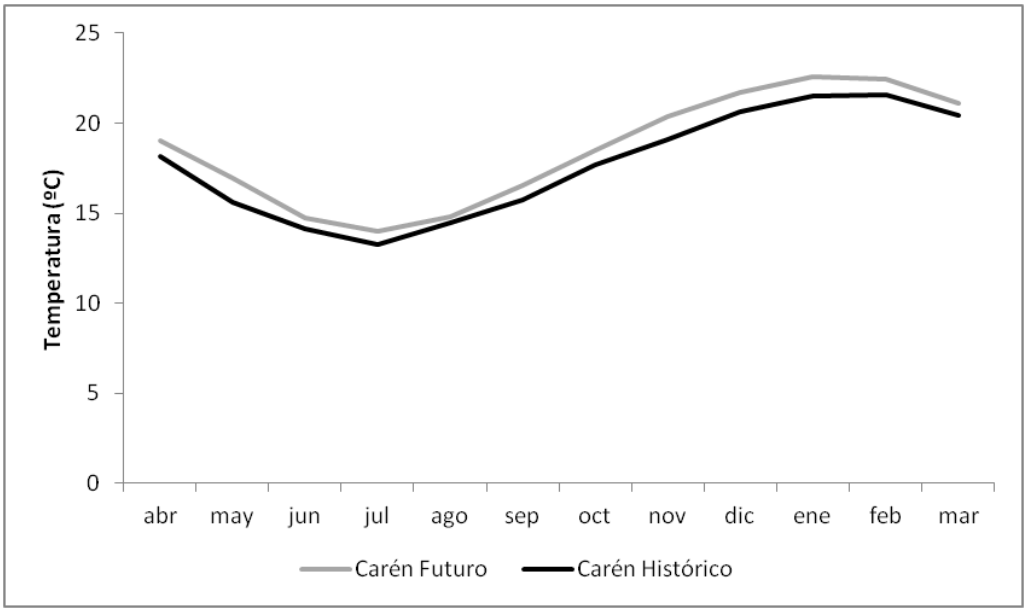


GRÁFICO 5.1.3.5-7
COMPARACIÓN DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES CON Y SIN CAMBIO CLIMÁTICO
Fuente: Elaboración propia

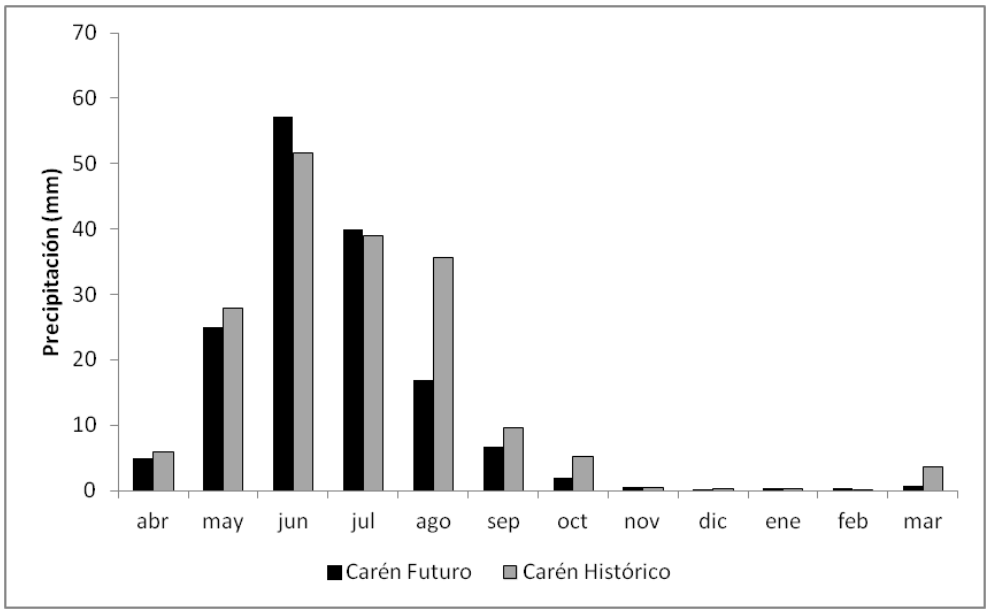


GRÁFICO 5.1.3.5-8
COMPARACIÓN DE PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES CON Y SIN CAMBIO CLIMÁTICO
Fuente: Elaboración propia

f) Paso 5: Modelación de Caudales en Escenario con Cambio Climático

Ingresando las series de precipitación y temperatura del clima futuro al WEAP, y luego modelando, se pudieron obtener las series de caudales en el escenario futuro con Cambio Climático. Los Gráficos 5.1.3.5-9 al 5.1.3.5-12 muestra el resultado de esta modelación para la serie temporal completa, promedios mensuales, promedios anuales y curva de duración mensual respectivamente. Como puede verse en el Gráfico 5.1.3.5-9, la serie completa de caudales deja ver los ciclos internanuales, con crecidas en la época de deshielo. La mayor crecida modelada para el período estudiado, ocurre en noviembre de 2039 alcanzando los 16,7 m^3/s. La mayor parte de las crecidas anuales no supera los 6 m^3/s. Los caudales medios anuales son 2,386 m^3/s, 0,660 m^3/s, 0,529 m^3/s y 1,537 m^3/s para las alternativas Cuestecita, San Miguel, San Miguel Alto y Tranca Morada respectivamente.

En el Gráfico 5.1.3.5-10 se ve que los regímenes siguen siendo predominantemtne nivo-pluvial, y que los caudales medios mensuales siguen teniendo su máximo en los meses de noviembre y diciembre alcanzando los 5,7 m^3/s, 4,2 m^3/s, 1,65 m^3/s y 1,5 m^3/s para las alternativas Cuestecita, Tranca Morada, San Miguel y San Miguel Alto respectivamente.

El Gráfico 5.1.3.5-11 muestra la alternancia de los períodos de escasez y abundancia, destacándose como años abundante los años 2039 y 2044 y como años secos el 2037, 2043 y 2047.

De acuerdo con el Gráfico 5.1.3.5-12, el caudal que se supera el 85% de los meses es 1,16 m^3/s, 0,35 m^3/s, 0,26 m^3/s y 0,59 m^3/s para las alternativas Cuestecita, San Miguel, San Miguel Alto y

Tranca Morada respectivamente. Los datos de respaldo de esta modelación pueden verse en el Anexo 5-1 (Caudales Cambio Climático).

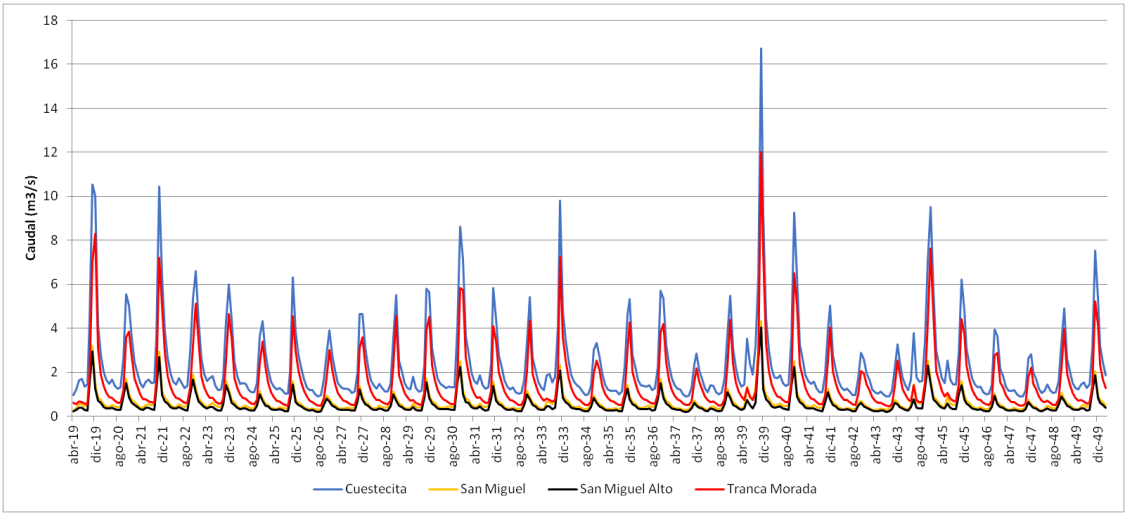


GRÁFICO 5.1.3.5-9
SERIE DE CAUDALES MENSUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 2019-2049
Fuente: Elaboración propia.

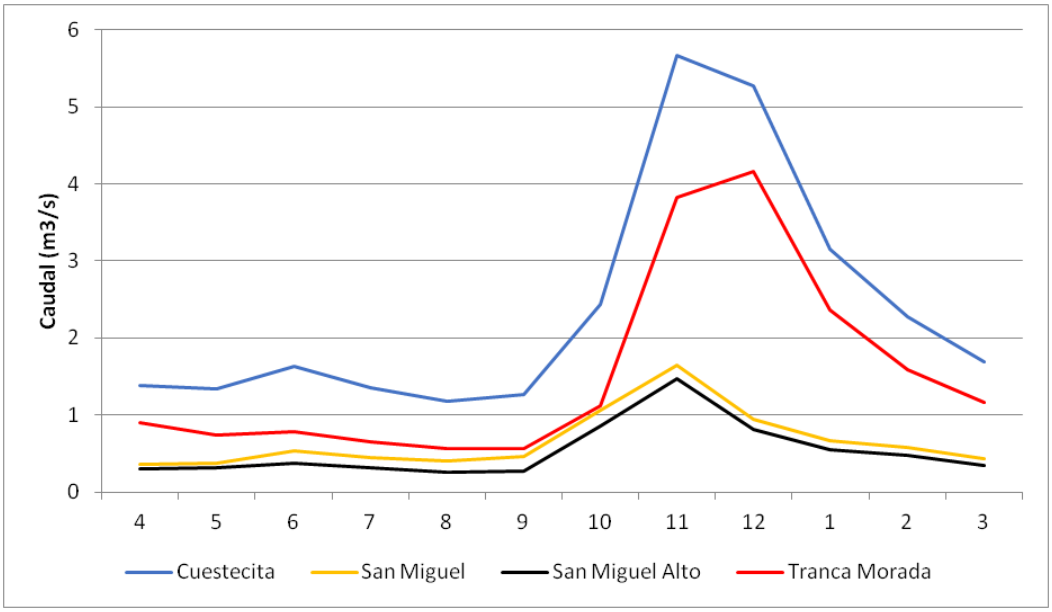


GRÁFICO 5.1.3.5-10
CAUDALES MEDIOS MENSUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 2019-2049
Fuente: Elaboración propia.

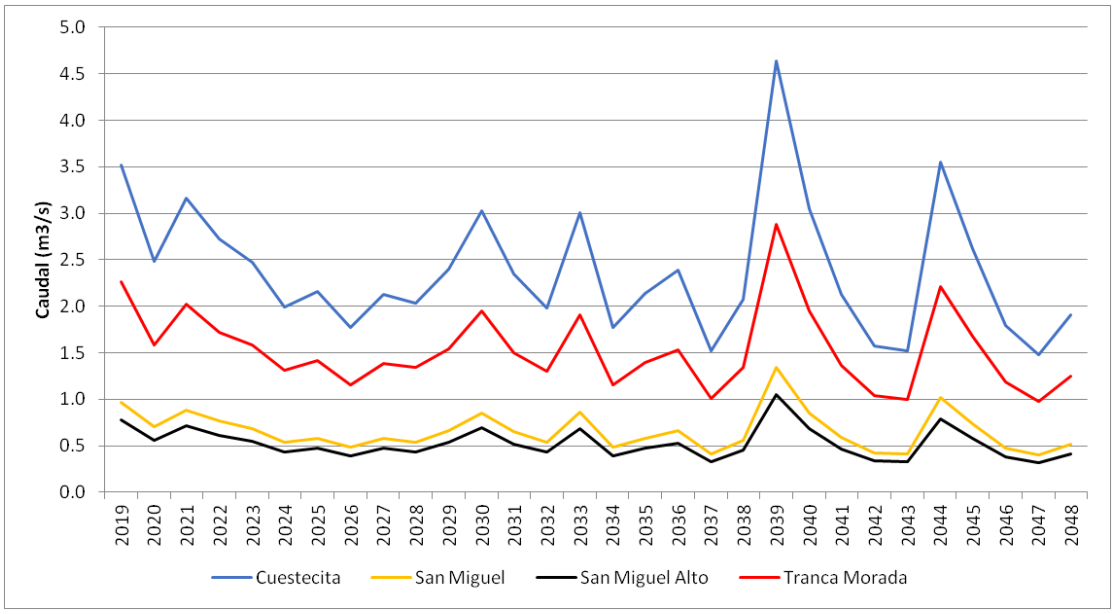


GRÁFICO 5.1.3.5-11
CAUDALES MEDIOS ANUALES MODELADOS PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 2019-2049
Fuente: Elaboración propia.

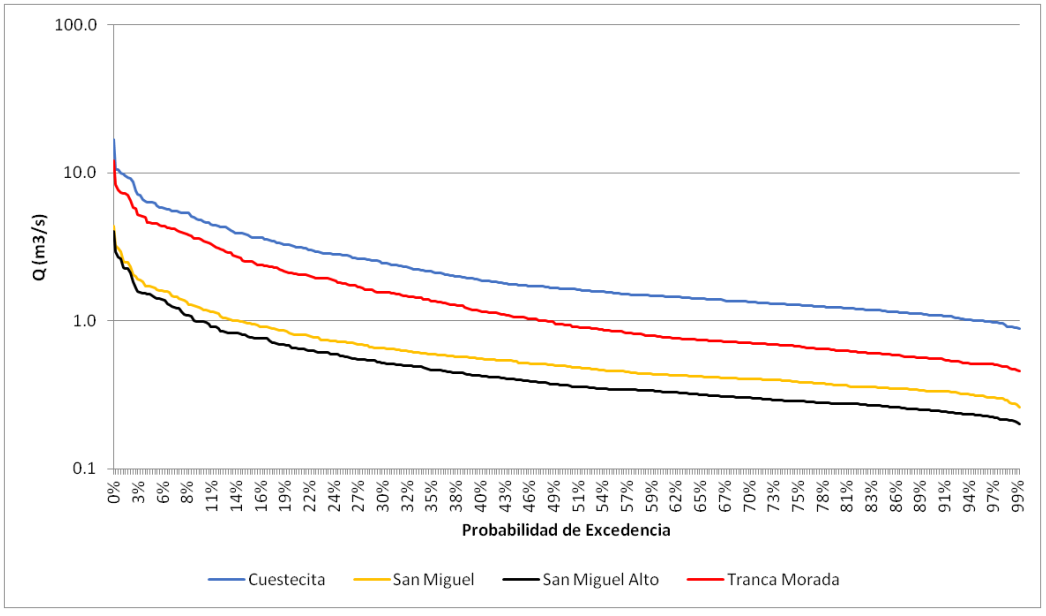


GRÁFICO 5.1.3.5-12
CURVA DE DURACIÓN MENSUAL MODELADA PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PERÍODO 2019-2049
Fuente: Elaboración propia.

g) Paso 6: Evaluación de las Diferencias Respecto de la Situación Actual

En el presente apartado, finalmente se comparan las series de caudales para los períodos históricos y futuro, con el fin de dimensionar el impacto del Cambio Climático sobre los caudales del río Mostazal. Se presentan los Gráficos 5.1.3.5-13 a 5.1.3.5-16 con la comparación de las curvas de caudales medios mensuales entre los escenarios actual y futuro (con cambio climático), para cada Alternativa. Con el fin de que la comparación sea realizada sin sesgos y por lo tanto puedan realizarse interpretaciones adecuadas, para el escenario actual sólo se consideran las 2 primeras décadas del período modelado (1986/87-2005/06). La tercera década (2006/07-2015/16) no forma parte de esta comparación ya que, tal como fue dicho en el Acápite 5.1.1.8, corresponde a un período seco que no es posible de ser modelado a cabalidad, y que implica una disminución de todos los estadísticos de la serie. Por su parte, en los datos de Cambio Climático, no se aprecia la ocurrencia de períodos secos extremos asociados a ciclos interdecadales o de mayor escala temporal (fenómeno de la niña u otros), que permitan hacer comparables ambos sets de datos. Por dicho motivo, los valores medios que se muestran para el escenario histórico en cada alternativa, fueron calculados sin considerar la última década seca. A su vez, el Cuadro 5.1.3.5-3 resume los datos mostrados en los Gráficos 5.1.3.5-13 a 5.1.3.5-16.

CUADRO 5.1.3.5-3
COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO (m³/s)

Escenario	Alternativa	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	Anual	Dif. con esc. Futuro en media anual
Esc. Actual	Cuestecita	1,54	1,82	2,18	1,97	2,26	2,88	4,35	6,49	6,45	3,44	1,90	1,60	3,073	-0,687
	San Miguel	0,41	0,52	0,70	0,64	0,77	1,10	1,96	2,16	1,12	0,62	0,50	0,42	0,910	-0,250
	San Miguel Alto	0,34	0,43	0,49	0,44	0,45	0,56	1,56	1,94	0,97	0,50	0,40	0,34	0,703	-0,174
	Tranca Morada	0,98	0,95	1,03	0,94	1,00	1,14	1,97	4,07	5,17	2,68	1,29	1,09	1,861	-0,324
Esc. Futuro	Cuestecita	1,38	1,34	1,63	1,35	1,18	1,27	2,43	5,67	5,27	3,16	2,28	1,69	2,386	-
	San Miguel	0,36	0,38	0,54	0,45	0,40	0,46	1,06	1,65	0,95	0,66	0,58	0,43	0,660	-
	San Miguel Alto	0,30	0,31	0,38	0,31	0,26	0,27	0,85	1,48	0,81	0,55	0,48	0,35	0,529	-
	Tranca Morada	0,90	0,74	0,78	0,65	0,56	0,57	1,13	3,82	4,16	2,37	1,59	1,17	1,537	-

Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse en los Gráficos 5.1.3.5-13 al 5.1.3.5-16, se aprecian dos diferencias sustantivas. La primea de ellas es que disminuye notoriamente el volumen de escorrentía total en todas las alternativas, al observarse caudales más bajos en las curvas que representan el escenario con Cambio Climático. Esto se explica por el menor input de precipitación pronosticado a través del Modelo Global para las próximas décadas.

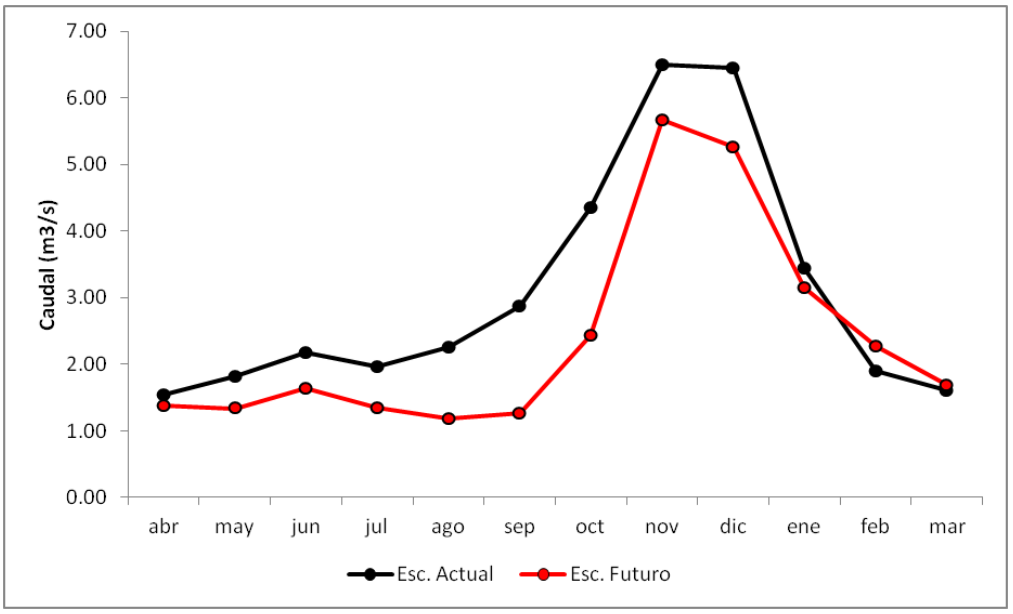


GRÁFICO 5.1.3.5-13
COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO ALTERNATIVA CUESTECITA
Fuente: Elaboración propia.

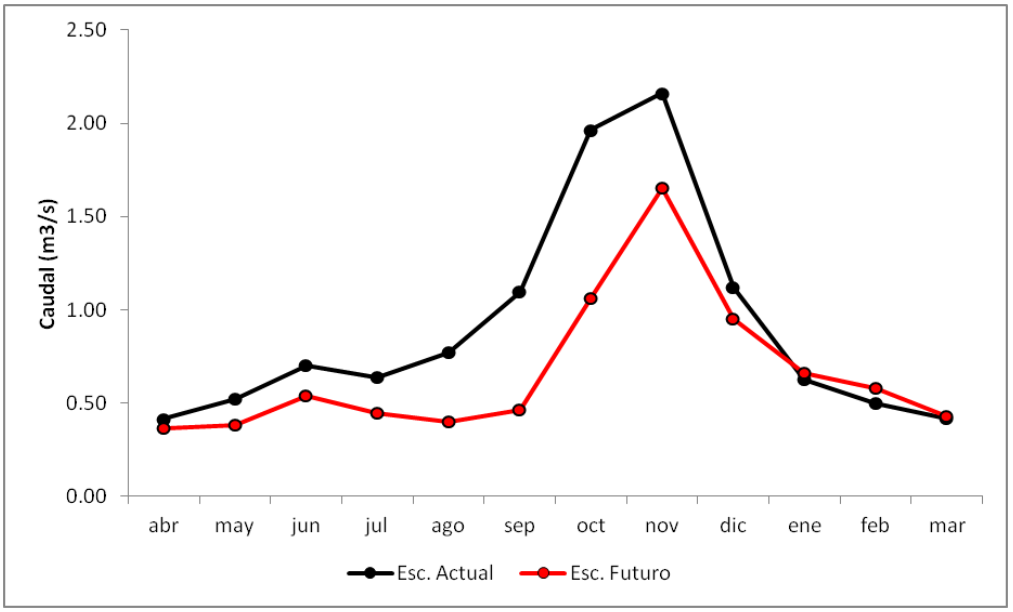


GRÁFICO 5.1.3.5-14
COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO ALTERNATIVA SAN MIGUEL
Fuente: Elaboración propia.

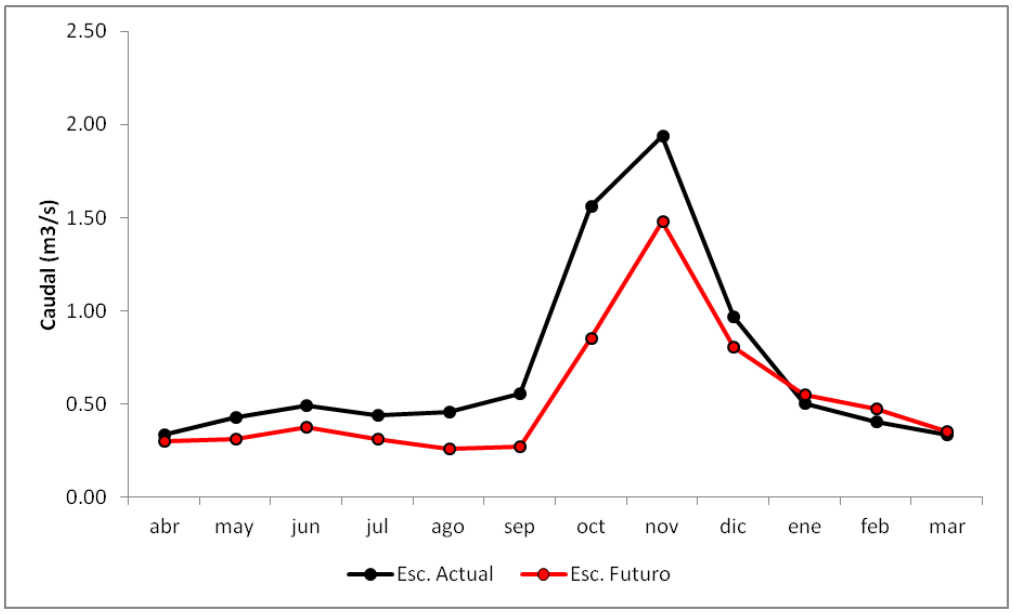


GRÁFICO 5.1.3.5-15
COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO ALTERNATIVA SAN MIGUEL ALTO
Fuente: Elaboración propia.

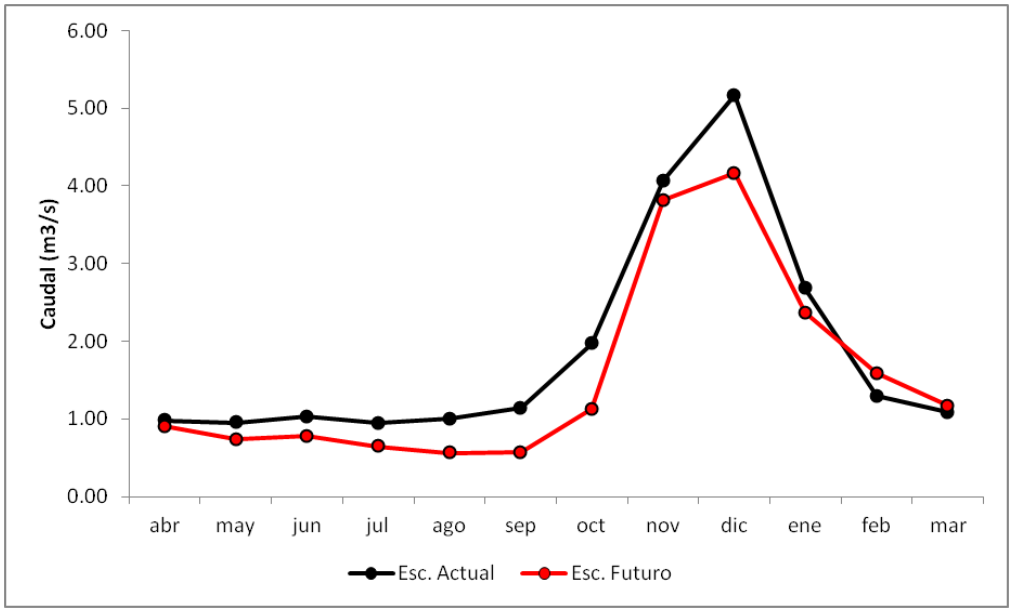


GRÁFICO 5.1.3.5-16
COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ENTRE EL ESCENARIO HISTÓRICO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO ALTERNATIVA TRANCA MORADA
Fuente: Elaboración propia.

La segunda gran diferencia es un desplazamiento hacia la derecha del centro de gravedad de los hidrogramas. Como puede verse, el derretimiento en el escenario actual comienza entorno al mes de agosto, y ya entre agosto y septiembre se observa una curva ascendente. En el escenario futuro por su parte, se aprecia un retardo de los caudales de deshielo, ya que recién en octubre se observa un aumento de los caudales. Esto se explica principalmente porque las temperaturas son mayores, desplazando la línea de nieves hacia arriba. Lo anterior produce una disminución de la superficie nival, la que queda aislada en las zonas más altas de las cuencas. De esta forma el proceso de derretimiento se atrasa notoriamente.

Los datos de respaldo presentados en el presente apartado pueden verse en el Anexo 5-1 (Comparación Caudales Escenario Actual y Futuro).

5.2. Estudio Geológico

5.2.1. Geología Río Mostazal

5.2.1.1. Marco Estructural

La revisión y análisis de imágenes satelitales de la franja de terrenos que participan tanto de la configuración del segmento del valle del río Mostazal, como de sus respectivas hoyas aportantes, complementadas con información referencial contenida en estudios de alcance regional de ***Mpodozis*** y ***Cornejo***, 1998); ***Dedios,*** (1967 y 1969) y ***Pineda*** y ***Calderón*** (2206), permiten establecer que en la zona correspondiente a la alta cordillera andina que alberga el desarrollo de cabeceras de la hoya del río Mostazal, prevalece un estilo estructural de gran complejidad representado por intensa actividad deformacional, genéticamente atribuida a la proximidad y actividad de la megaestructura de longitud o alcance regional (aproximadamente 150 km denominada "Falla Vicuña"; este carácter está representado por el dominio de pliegues isoclinales, clivajes de penetración y cabalgamientos dirigidos hacia el E, (***Mpodozis*** y ***Cornejo***, 1989); en cambio, las secuencias volcánicas geomecánicamente más competentes, correspondientes a las formaciones Viñita, Los Elquios y Algarrobal, presentan plegamientos más suaves y amplios anticlinales (gran longitud de *ondas*)

En la franja de terrenos comprometidos en la zona objeto de estudio, el principal rasgo estructural corresponde a la denominada "Falla Tulahuén", (***Mpodozis*** y ***Cornejo***, 1989); se trata de una estructura cuya traza rectilínea con orientación norte, se desarrolla en continuidad a lo largo de aproximadamente 150 Km, controlando el contacto entre materiales de basamento intrusivo granítico de edad Paleozóico superior y unidades sedimentarias (Río Tascadero, Mostazal y Pucalume) de edades Cretácico inferior y Terciario inferior, respectivamente; la gran mayoría de las fallas locales, se disponen de acuerdo a rumbos generales de 5 a 10° al N (ver plano MTZ-GEO-01).

Los materiales de la formación Rio Tascadero, ***Krt*****,** correspondientes a secuencias marinas finamente estratificadas de calizas, areniscas y calcarenitas, incorporan los mayores desarrollos de estructuras deformacionales, incluyendo anticlinales y sinclinales *volcados*; se trata de terrenos expuestos en ambas vertientes del valle del río Mostazal, entre los afluentes SE, correspondientes al río San Miguel y quebrada Sasso, ver plano MTZ-GEO-01.

Pinedo y ***Calderón***, (2008) consignan que la mayor parte de las unidades sedimentarias y volcanoclásticas desarrollan fuertes plegamientos, anticlinales, provistos de eje N e inclinaciones moderadas a suaves en el rango de 25 a 35° al E u O.

5.2.1.2. Marco Geológico

a) Suelos o Depósitos No Consolidados

i. Consideraciones Previas

En este acápite, se identifican y caracterizan la totalidad de los materiales correspondientes a suelos o depósitos sedimentarios que participan tanto del relleno del valle del río Mostazal y sus correspondientes afluentes, como de las discontinuas coberturas del basamento rocoso local.

Los sedimentos no consolidados incluyen todos aquellos materiales originados durante el Cuaternario y que, normalmente, se presentan como cubiertas bastante sueltas sobre las rocas fundamentales; se asume que el primitivo valle del río Mostazal, que participa de la red local de drenaje de la zona objeto del estudio, habría logrado su mayor grado de profundización y modelamiento por actividad glacial, quedando posteriormente rellenado por importantes espesores de materiales del *acarreos* fluviales, fluvioaluviales – torrenciales, glacifluviales y gravitacionales o de remociones en masa (desprendimientos, deslizamientos, flujos de barro y/o detritos y avalanchas de rocas).

En relación con reconocimientos de superficie asociados a proyectos hidroeléctricos, la aplicación de criterios morfológicos y litológicos (tipo de los materiales, compacidad, espesor y pendiente), permite identificar, delimitar y caracterizar "*unidades geológicas*" de depósitos no consolidados o suelos; se asume que cada *unidad* corresponde a una entidad areal bien marcada, que condiciona una cierta homogeneidad tanto en relación con sus respectivos atributos geológicos, como en sus propiedades y comportamientos geotécnicos.

Importa señalar que, para facilitar el conocimiento de sus respectivas distribuciones y alcances espaciales, en la representación cartográfica de estos materiales en el **Plano Geológico MTZ-GEO-01**, se optó por mantener las claves consignadas para cada una de las 4 unidades cuaternarias identificadas, delimitadas y caracterizadas en el segmento del valle del río Mostazal, por ***Pineda*** y ***Calderón*** (2208).

Tratándose que materiales que decisiva y mayoritariamente participan de los terrenos directamente involucrados en el emplazamiento de las obras de embalses superficiales de regulación y subterráneos de acumulación, junto a gran parte de las respectivas estructuras anexas de distribución (desviación, canales), las características de los materiales expuestas en el señalado documento referencial, han sido complementadas con informaciones captadas durante nuestros recientes directos.

ii. Depósitos Coluviales o Escombreras de Laderas de Cerro

Los objetivos y alcances del estudio de ***Pineda*** y ***Calderón*** (2208) correspondiente a una escala 1:100.000, , limitaron la representación cartográfica en el Plano Geológico MTZ-GEO-01, de información referida a la identificación, delimitación y caracterización geológica de materiales coluviales o escombreras de laderas de cerro, de gran desarrollo y alcance en el tramo de aproximadamente 4,8 km(entre El Maitén y quebrada Panguecillo); se trata de un segmento del valle del río Mostazal, donde se analizaron algunos sitios alternativos para el emplazamiento de los ejes de sendas presas para el eventual almacenamiento y regulación de aguas destinadas al suministro de riego

Los depósitos de esta unida incluyen, indiferenciadamente, secuencias masivas a pobremente estratificadas de materiales granulares inconsolidados, sueltos de diversas formas y tamaños, generados por variados procesos de remociones en masa: desprendimientos, deslizamientos, avalanchas de rocas, derrumbes, flujos coluviales y francamente aluviales, (***Hauser***, 2002); con espesores muy variables enmantan tanto al basamento rocoso local que participa de empinadas laderas como, parcialmente, parte de la sección basal de sedimentos fluviales a fluvioaluviales que participan del relleno mayoritario del fondo del valle del río Mostazal.

Predominantemente, incluyen complejas mezclas heterométricas e inconsolidadas de materiales granulares angulosos a subangulosos (asociados a escasas trayectorias de transporte), sueltos, por tanto, superficialmente inestables, dispuestos conforme a espesores muy variables.

En la medida del avance ladera abajo, a partir de sus respectivas zonas de *arranque* comprometiendo, mayoritariamente, rocas volcánicas y volcanoclásticas: brechas y brechas tobáceas, moradas, asignadas a la formación Mostazal y graníticas: dioritas, granodioritas y tonalitas, ***Jm*** y ***Pg***, respectivamente, indicado en el Plano Geológico, MTZ-GEO-01**.** En ambos casos, se trata de materiales que, a nivel superficial se presentan intensamente fracturados y/o meteorizados, favorables al desarrollo procesos gravitacionales de remociones en masa, enmarcadas en la categorización de avalanchas de rocas, derrames o flujos detríticos; los materiales desplazados, tras alcanzar terrenos llanos del fondo del valle del río Mostazal, configuran activas formas cónicas o en abanicos, provistos de frentes lobulares.

Mayoritariamente, incluyen abundantes bloques rocosos angulosos graníticos, volcánicos y volcanoclásticos, con tamaños medios de 0,4 a 0,5 m y máximos de 3 a 5 m, (megabloques), densos, inalterados, muy resistentes.

Cuando los materiales detríticos sueltos, inconsolidados, enmantan laderas rocosas provistas de fuertes pendientes locales, demuestran gran susceptibilidad al recurrente activo desarrollo de reactivaciones, gatilladas por solicitaciones sísmicas y/o episodios pluviales de intensidad extrema; el único carácter de las fracciones detríticas que, en algunos casos, limita o frena la continuidad de los desplazamientos ladera debajo, corresponde a la angulosidad.

La normal ausencia de coberturas vegetacionales protectoras, junto con dar cuenta de ambientes morfológicos muy inestables, confirma el origen local de este tipo de materiales.

iii. Depósitos Fluviales a Fluvioaluviales Cuaternarios de Relleno del Fondo del Valle del Río Mostazal (Hf)

Tal cual ocurre en la mayor parte de los principales valles andinos del Norte Chico, en el segmento objeto del valle objeto de estudio, los depósitos sedimentarios que participan del relleno de sus respectivas secciones basales, incluyen potentes secuencias macizas a pobremente estratificadas de materiales granulares del tipo ripios, gravas, gravas arenosas, propias de prolongado transporte fluvial a fluvioaluvial, acompañadas de esporádicos niveles lenticulares finos de tipo limoso a limo arcilloso; habitualmente que, en sectores, suelen incorporar abundantes bloques y fragmentos rocosos, producto de aportes gravitacionales, correspondientes a desprendimientos y deslizamientos, provenientes desde empinadas paredes marginales de tipo rocoso.

Se asume que, en la zona objeto de estudio, la importante gradiente hidráulica del río Mostazal, el desarrollo de flujos de gran energía (escurrimiento torrencial) había favorecido durante gran parte del Cuaternario, (últimos 1,8 a 2,0 millones de años antes del presente) el activo trasporte y depositación de voluminosos acopios de materiales granulares (bloques y bolones, densos, inalterados, muy resistentes) que, actualmente participan del relleno mayoritario del fondo del valle.

A lo largo del tramo del valle objeto de estudio, la presencia de una discontinua cobertura de suelos orgánicos, propia de ambientes de vegas o humedales, complementadas con acopios granulares de depósitos gravitacionales del tipo avalanchas de rocas, aluviales, coluviales y aluviocoluviales, limitan la exposición de las secuencias granulares de tipo fluvial a fluvioaluvial del relleno mayoritario del fondo de los valles de los ríos Mostazal y Tulahuencito, Fotografías 5.2.1.2-1 y 5.2.1.2-2, respectivamente.

Los señalados materiales granulares participan de la configuración de remanentes de terrazas marginales y estrechas llanuras de inundación que albergan el actual bien establecido y sinuoso cauce del río; la gran disponibilidad (volumen) y homogeneidad granulométrica de los aportes de materiales sueltos en las empinadas cabeceras andinas, supone que los productos finales de transporte y depositación en la sección inferior del valle (relleno sedimentario) estarían representados por una potente, regular y continua secuencia de depósitos granulares.

Las fracciones granulares, subangulosas a subredondeadas, incluyen materiales heterocomposicionales, densos, inalterados, (aspecto *fresco*), estables (buena calidad física y química), muy resistentes, inmersos en una matriz de gravillas y arenas finas, con escasos finos cohesivos; se trataría de sedimentos inconsolidados a semiconsolidados, con moderadas a altas porosidades y permeabilidades, muy *ripables* (removibles con equipo mecanizado).

Habitualmente, constituyen atractivas fuentes para el efectivo suministro (en calidad y cantidad) de fracciones granulares para diversos destinos: construcción de presas del tipo CFGD,

rellenos, terraplenes, fundaciones y producción de áridos para la preparación de hormigones de variadas calidades.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-1
FONDO DEL VALLE DEL RÍO MOSTAZAL

Leyenda de la fotografía: Sector del río Mostazal, concordante con el punto de confluencia con el río Tulahuencito. Pozo de empréstito para la extracción de materiales granulares, para obras viales. Depósitos fluviales a fluvioaluviales recientes, Pf en Plano MTZ-GEO-01. A una profundidad de 2.5 a 3.0 m, se registran permanentes afloramientos de aguas subterráneas; la trayectoria de los aportes de flujos proviene, dominantemente, del valle del río Tulahuencito.
Fuente: Equipo Consultor.

Importa consignar que para la preparación del presente documento, no se dispuso de registros estratigráficos de pozos profundos, (uso agrícola o potable) perforados en segmentos del valle del río Mostazal y sus afluentes principales: Tulahuencito - San Miguel; esta condición limitó el efectivo conocimiento tanto de las características sedimentarias y granulométricas del relleno, espesores y continuidad, como los comportamientos hidrogeológicos del relleno granular del fondo de los señalados valles.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-2
FONDO DEL VALLE DEL RÍO TULAHUENCITO

Leyenda de la fotografía: Sector río Tulahuencito: ALT-EST, en Plano MTZ-GEO-01. Zona del valle del río Tulahuencito, aguas arriba de su confluencia con el río Mostazal. Depósitos granulares recientes, inconsolidados, de tipo fluvial a fluvioaluvial, Pf, en Plano MTZ-GEO-01. Elementos clásticos heterocomposicionales, (graníticos, volcánicos, volcanoclásticos y sedimentarios), redondeados a subangulosos, con tamaños medios de 5 a 8 cm y máximos de 35 a 40 cm, inalterados, densos, muy resistentes. Secuencia muy porosa y permeable. En este sector, anualmente, durante la estación invernal, se registran importantes afloramientos de aguas subterráneas.
Fuente: Equipo Consultor.

iv. Depósitos de Corrientes Aluviales Torrenciales de Antiguos Remanentes de Terrazas Marginales Altas (PlHc y PlHa)

Los depósitos de esta unidad se concentran tanto en torno a un segmento de 4,5 km de la vertiente izquierda del valle del río Mostazal, como a lo largo de un tramo de aproximadamente 1,5 km del tramo distal o terminal de su afluente izquierdo, el valle del río San Miguel, **Plano MTZ-GEO-01**.

A diferencia de lo consignado en ***Pineda*** y ***Calderón***, (2008), que atribuyen los materiales de esta unidad a "depósitos coluviales", la impresión es que se trataría de una típica secuencia sedimentaria, genéticamente enmarcada en la tipología de "Depósitos de corrientes de flujos aluviales torrenciales de antiguos remantes de terrazas marginales altas".

Atendida esta consideración, la descripción y caracterización de estos depósitos, se ajustará a la señalada tipología, correlacionables con los depósitos sedimentarios que dichos autores asignan a la unidad ***PlHa*** /***PlHc***, en plano geológico MTZ-GEO-01; de acuerdo a ***Pineda*** y ***Calderón*** **208),** alcanzan mayor desarrollo a lo largo de los segmentos distales (o terminales) de las quebradas Seca, (sector las Trancas), Amarilla (sector Agua Amarilla) y Sazo o Sasso, todas afluentes del río Mostazal.

La revisión de imágenes satelitales, complementadas con el reciente reconocimiento directo, permitió determinar la existencia y desarrollo de coberturas de depósitos granulares que, discontinuo segmento de ambas empinadas laderas del valle del río Mostazal, participan de elongados remanentes de terrazas marginales *antiguas,* adosadas al basamento rocoso local, correspondiente a materiales de las formaciones Río Tascadero, ***Krt*** y Pucalume, ***Kp***, en **Plano MTZ-GEO-01**.

Esencialmente, se trata de secuencias macizas a pobremente estratificadas, semiconsolidadas y tonalidades grisáceas, constituidas por ripios, gravas y arenas gruesas, tanto clasto como matriz soportadas, acompañadas de abundantes bolones y bloques rocosos con tamaños medios de 0,3 a 0,4 m y máximos ocasionales de hasta 2,5 a 3,0 m, Fotografías 5.2.1.2-3 a 5.2.1.2-6, inmersos en matrices finas de gravillas y arenas gruesas, acompañadas de escasos finos francamente cohesivos.

La condición maciza y gran heterogeneidad granulométrica, tanto en profundidad como en sentido lateral de estos depósitos, da cuenta de materiales provenientes de variadas fuentes primarias de suministro de origen glacial a fluvioglacial, radicadas en las cabeceras andinas de la hoya hidrográfica del río Mostazal; en este último caso, habrían dominado flujos o corrientes aluvionales o torrenciales, densos, con altas concentraciones de elementos granulares, propios de ambientes torrenciales con gran capacidad de transporte.

En todos los casos, las fracciones granulares, con variadas formas (redondeadas, subredondeadas, angulosas, subangulosas) son heterocomposicionales incluyendo facies graníticas: (granodioritas, tonalitas, monzonitas), volcánicas (andesitas y andesitas – basálticas) y volcanoclásticas (brechas, aglomerados, brechas – tobáceas); habitualmente, se presentan inalteradas, muy densas y resistentes, con buen carácter geomecánico.

El grado de compactación de estos depósitos, condiciona variadas características y comportamientos estables, frente a procesos de erosión superficial; esencialmente, se sitúan en rangos de inestables sometidas a permanente actividad de erosión hídrica y desarrollo de activas cárcavas, hasta aceptablemente estables representadas por paredes subverticales estables de 10 a 12 m de altura, respectivamente.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-3
EJEMPLOS DE SECUENCIAS MACIZAS A POBREMENTE ESTRATIFICADAS ALT-ESM

Leyenda de la fotografía: Zona de apoyo izquierdo de presa ALT- ESM, en Plano MTZ-GEO-01. Corte en canal de riego, constituido por una secuencia maciza semi consolidada de depósitos granulares de corrientes de flujos torrenciales aluviales de terrazas marginales altas o antiguas del valle del río San Miguel, PlHa y PlHc, en Plano MTZ-GEO-01. Compleja mezcla de elementos clásticos, angulosos a subredondeados, heterocomposicionales, inalterados, densos, muy resistentes, inmersos en una abundante matriz de arenas gruesas, arenas limosas y escasos finos cohesivos. Talud subvertical, aceptablemente estable. Escala: Martillo de 28 cm de largo.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-4
EJEMPLOS DE SECUENCIAS MACIZAS A POBREMENTE ESTRATIFICADAS ALT-ESM

Leyenda de la fotografía: Mayor detalle de foto anterior.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-5
EJEMPLOS DE SECUENCIAS MACIZAS A POBREMENTE ESTRATIFICADAS ALT-EC

Leyenda de la fotografía: Corte en camino público, en torno a sitio de emplazamiento del apoyo izquierdo de ***ALT- EC***, en **Plano MTZ-GEO-01**. Talud aceptablemente estable de 6 a 7 m de altura, excavado en secuencia granular maciza, semiconsolidada correspondiente a depósitos asignados a la unidad de flujos aluviales torrenciales, ***PlHa*** y ***PlHc***, en **Plano MTZ-GEO-01**. Escala. Martillo de 28 cm de alargo.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-6
EJEMPLOS DE SECUENCIAS MACIZAS A POBREMENTE ESTRATIFICADAS ALT-EC

Leyenda de la fotografía: Mayor detalle de foto anterior.
Fuente: Equipo Consultor.

b) Basamento Rocoso

i. Consideraciones Previas

Atendidos los alcances, objetivos y escala de trabajo, la identificación, delimitación y caracterización de las diversas unidades que localmente participan del basamento rocoso local, conservó las respectivas denominaciones consignadas en el estudio de geología regional de ***Mpodozis*** y ***Cornejo*** (1988) y ***Pineda*** y ***Calderón*** (2008).

La categorización de "*basamento rocoso*" se aplicó a agregados o masas formadas naturalmente, densas, consolidadas, coherentes y compactas de partículas minerales con fuertes uniones cohesivas permanentes que, habitualmente, se consideran sistemas continuos, en términos de sus propiedades, comportamientos geotécnicos y respuestas ante la acción de fuerzas aplicadas en sus respectivos entornos. De acuerdo a ello, se trata de materiales cuya resistencia o dureza y grado de fracturamiento y/o alteración superficial, determinan que sus respectivas remociones sólo pueden ser realizadas recurriendo al empleo de procedimientos de perforación y tronaduras.

De acuerdo a las consideraciones que anteceden, en la franja de terrenos objeto del estudio, se han identificado, delimitado y caracterizado las siguientes unidades del basamento rocoso.

ii. Cuerpos Intrusivos de Tipo Batolítico

La revisión del carácter petrográfico de los materiales que participan de la composición de cada una de las 9 unidades del basamento rocoso local, en plano geológico MTZ-GEO-01, dan cuenta del predominio de facies graníticas de variado tipo, genéticamente asociadas a intensa actividad intrusiva de alcance regional, ocurrida en un intervalo de tiempo enmarcado entre el Jurásico (155 a 170 Ma) y el Terciario (20 a 35 Ma); esencialmente, se trata de cuerpos intrusivos que penetran a través de considerables espesores a las formaciones cobertizas, representados por cuerpos plutónicos de variadas formas y tamaños, con predominio de composiciones ácidas a intermedias, calco – alcalinas; a nivel regional, las señaladas rocas no admiten ser atribuidas a una intrusión de carácter unitario, sincrónica a lo largo de una importante extensión de la zona preandina de la Región de Coquimbo, sino más bien correspondiente a un varios ciclos intrusivos (desde stocks a batolitos) de diversas edades.

En términos generales, las rocas graníticas se disponen de acuerdo a franjas progresivamente mas más jóvenes, en la medida del avance hacia el este, (zona francamente andina): ***Moscoso*** et al, 1982; ***Thomas***, (1967), ***Rivano y Sepúlveda*** (1997) y ***Pineda y Calderón*** (2008).

Atendida tanto la señalada condición, como los objetivos y alcances del presente informe, centrado en el conocimiento básico del carácter y comportamiento geotécnico e hidrogeológico del basamento rocoso local, los señalados materiales serán considerados rocas graníticas, indiferenciadas, enmarcadas en una gran unidad con tonalidades, características petrográficas y texturales bastante afines, las cuales se pueden visualizar en el **Plano Geológico MTZ-GEO-01.**

- Dioritas Morro Blanco, Edm, de edad circa 34 Ma.

  Dioritas, dioritas cuarcíferas y tonalitas de grano fino de anfíbola –biotita, con textura gráfica.

- Granodiorita Rapelcillo, PaEgdr, de edad circa 57 Ma.

  Granodioritas y facies subordinadas de granitos de grano medio de biotita – anfíbola y anfíbola de piroxena.

- Granitoides de hornblenda y biotita, Pg, de edad circa 294 Ma.

  Incluye tonalitas y granodioritas foliadas de grano grueso de hornblenda y biotita, que presentan inclusiones o xenolitos microdioríticos de anfíbola. En zonas, desarrollan foliación definida por orientación preferencial de hornblenda y biotita.

  Las rocas se observan recorridas por diques máficos, oscuros y félsicos claros y tipo aplítico.

  El mayor desarrollo de estos cuerpos plutónicos corresponde al segmento del valle del río Mostazal, conocido como Panguecillo, concordante con los sitios de emplazamiento de algunas presas alternativas, sobre el valle homónimo, indicadas en plano geológico.

  En torno al sector de Panguecillo, las rocas intruyen a secuencias sedimentarias clásticas de tipo continental, asignadas a la formación Mostazal, Jm.

  A nivel local, las rocas graníticas desarrollan intensos procesos de meteorización, expresados en potentes niveles superficiales de suelos residuales, desagregables, muy ripables, conocidos como maicillo, Fotografía 5.2.1.2-7.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-7
EJEMPLO DE ROCAS GRANÍTICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Leyenda de la fotografía: Sector Panguecillo: ALT-EP. Corte en camino desarrollado por margen derecho del valle del río Mostazal. Suelo residual del tipo maicillo, semiconsolidado, muy ripable, producto de intensa meteorización superficial in situ, de rocas graníticas de la unidad, Pg, en Plano MTZ-GEO-01. Se destaca como escala martillo de 28 cm de largo.
Fuente: Equipo Consultor.

iii. Rocas Estratificadas de Sucesiones Sedimentarias Marinas y Continentales

Todas estas rocas se encuentran identificadas en el **Plano MTZ-GEO-01**.

- Formación Viñita, Kv(a), de edad Turoniano – Campaniano, 91 a 83 Ma

  Secuencia de lavas y brechas andesíticas gris verdosas de anfíbola y piroxena, areniscas epiclásticas y brechas piroclásticas de líticos y cristales.

- Formación Pucalume, Kp, de edad Aptiano – Cenomaniano, 114 a 95 Ma

  Secuencia sedimentaria continental, constituida por alternancias bien estratificadas de conglomerados de grano medio, areniscas muy gruesas, calizas de grano fino y limolitas carbonatadas.

- Formación Río Tascadero, Krt, de edad Berriasiano – Barremiano, 135 a 114 Ma

  Incluye una secuencia carbonatada marina, integrada por calizas de grano fino (mudstone y wakestone), con intercalaciones de calcarenitas fosilíferas, calcilutitas

coquinoídeas, areniscas arcósicas y areniscas volcánicas, (Pinedo y Calderón; p. 11; 2008).

El mayor desarrollo de los materiales de esta unidad se alcanza en el segmento del valle del río Mostazal, entre los puntos de descarga de sus afluentes, el río San Miguel y la quebrada Sasso, correspondiente al sector de El Maitén.

Las rocas de la formación desarrollan intensas deformaciones representadas por estructuras anticlinales y pliegues volcados, recorridas por fallas inversas y normales con rumbo dominante N a NO, Fotografías 5.2.1.2-8 y 5.2.1.2-9.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-8
FORMACIÓN RÍO TASCADERO

Leyenda de la fotografía: Zona del apoyo izquierdo de presa ALT - ESM, en Plano MTZ-GEO-01. Potente secuencia maciza de depósitos granulares, semiconsolidados, asignados a corrientes de flujos aluviales torrenciales de remanentes de terrazas marginales altas o antiguas, PlHa y PlHc, en Plano MTZ-GEO-01. Estos materiales aparecen adosados o sobreyacentes a basamento rocoso de la formación Río Tascadero, Krt, en Plano MTZ-GEO-01. Se indica traza de antiguo canal de riego.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-9
FORMACIÓN RÍO TASCADERO

Leyenda de la fotografía: Se exponen rocas de la formación Mostazal, Jm, en Plano MTZ-GEO-01, que participan del apoyo derecho de la ALT-ESM.
Fuente: Equipo Consultor.

- Formación Mostazal, Jm, de edad Jurásico superior, 152 a 135 Ma.

  Secuencias sedimentarias clásticas continentales, integradas por conglomerados con fragmentos redondeados de andesitas, riolitas porfídicas, fragmentos de cuarzo y tobas de hasta 15 cm de diámetro, inmersos en una abundante matriz grauvática; areniscas de grano medio y conglomerados de color rojizo a morado, constituidos por fragmentos líticos de granito leucocrático, andesita y, en menor proporción, cristales de cuarzo y feldespatos.

  Las rocas de esta unidad, conforme a una estructura monoclinal con rumbo dominante N-S a NO y manteo regional de 60° al O, afloran en el valle del río Mostazal, concordante con los sitios alternativos para la ubicación de presa Panguecillo, ALT-ETP, Fotografías 5.2.1.2-10 a 5.2.1.2-12.



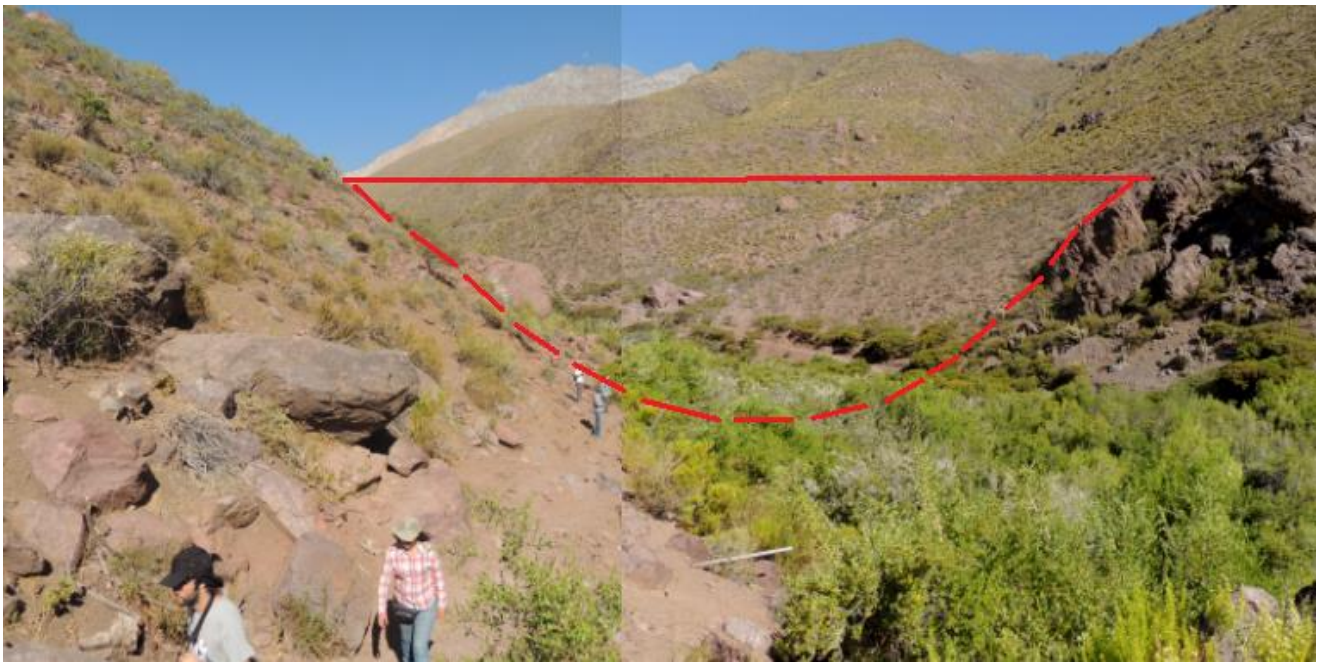
FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-10
FORMACIÓN MOSTAZAL

Leyenda de la fotografía: Apoyo izquierdo de la ***ALT-EP***, (sitio superior). Expone rocas conglomerádicas y brechas tobáceas, rojizas, con discontinuas coberturas de depósitos coluviales, semiconsolidados.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-11
FORMACIÓN MOSTAZAL

Leyenda de la fotografía: Detalle de margen izquierdo el valle del tío Mostazal, en Foto anterior. Aislado afloramiento de rocas brechosas de la formación Jm, en Plano MTZ-GEO-01. El carácter irregular o desmembrado de las rocas expuestas, está condicionado tanto por los rasgos estructurales de la secuencia, con predominio de rumbos normales al eje del valle y moderada inclinación 35° hacia aguas arriba, como por intenso fracturamiento y alteración superficial diferencial.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.2.1.2-12
FORMACIÓN MOSTAZAL

Leyenda de la fotografía: Vista panorámica hacia aguas arriba por valle del río Mostazal. Sector Trancas Moradas **ALT-ETM.** Margen derecho del valle, constituido por voluminosos bloques y bolones sueltos, con tamaños máximos de 2.5 a 3.0 m, correspondientes a rocas del tipo brechas tobáceas, con tonalidades rojizas a moradas, inmersos en suelos inconsolidados del tipo gravilla a gravilla arenosa. En apoyo izquierdo se observa irregular y discontinuo afloramiento de brechas tobáceas de la formación Mostazal, ***Jm***, en **Plano MTZ-GEO-01**, recorridas por un complejo patrón de penetrativas fracturas rectas de gran corrida, que favorecen el activo desprendimiento de bloques sueltos, inestables.
Fuente: Equipo Consultor.

5.2.1.3. Reconocimientos del Sitio Tranca Morada

En este sector se reconoció un segmento de aproximadamente 350 m del margen derecho del valle del río Mostazal. Comprende un segmento de aproximadamente **0,4** km del valle del río Mostazal, correspondientes a las coordenadas N 6.589.246 y E 328.520, ubicado a una cota de aproximadamente, 1.525 msnm.

En este sector, el valle del río Mostazal desarrolla una relativamente angosta y profunda sección transversal, en la cual el río escurre a lo largo de un estrecho y semisinuoso cauce, bastante bien establecido y enmarcado entre cordones marginales constituidos por acopios de bloques y bolones, movilizados por recurrentes crecidas con gran energía de transporte, (flujos torrenciales), gatillados por episodios pluviales de intensidad extrema; el desarrollo local de densas coberturas de especies freatófitas sobre la actual llanura de inundación, da cuenta de la presencia de depósitos granulares *sueltos*, muy porosos y permeables.

En este sector, la vertiente izquierda o S del valle del río Mostazal, ha sido modelada por actividad erosiva cuaternaria, actuando sobre basamento rocoso asignado a la unidad Río Tascadero, ***Krt*** en plano geológico.

Incluye una compleja secuencia estratiforme constituida por bancos alternante de rocas carbonatadas de grano fino, laminadas, constituidas por alternancias de *mudstone* y *wakestone*, junto a litofacies de calcarenitas, calcilutitas y areniscas fosilíferas de grano fino a medio; sectores, las rocas de la formación Río Tascadero, desarrollan una serie de rasgos estructurales, propios de intensa actividad deformacional, representados por la presencia de sinclinales y pliegues *apretados* y *volcados.*

Mientras tanto, la vertiente derecha o N del valle del río Mostazal, expone una secuencia muy bien estratificadas de rocas sedimentarias continentales asignadas a la Pucalume, ***Kp***, en plano geológico, integrada por alternancia de conglomerados, areniscas muy gruesas, calizas de grano fino y limolitas carbonatadas.

En este sector, al igual que en el anterior, el basamento rocoso local discontinuamente expuesto en ambas vertientes del valle del río Mostazal, presenta escasa superficie y formas muy irregulares, enmantado por discontinuas potentes coberturas de depósitos coluviales sueltos, inconsolidados, que incluyen bolones y bloques de gran tamaño; algunos de estos elementos clásticos se disponen en situación de equilibrio crítico.

5.2.2. Geología Río San Miguel

5.2.2.1. Marco Geomorfológico, Estructural y Geológico Local

El breve segmento del valle del río San Miguel objeto de reconocimiento, corresponde a un ambiente montañoso disectado por numerosas profundas y semirectilíneas quebradas y ríos, fuertemente erosionados por actividad fluvial a fluvioaluvial (que aún prosigue), ocurrida a partir del inicio del Pleistoceno (últimos 1,6 millones a 10.000 mil años antes del presente); las cabeceras de las respectivas hoyas hidrográficas están conformadas, dominantemente, por materiales de origen volcánicos (flujos lávicos, brechas, aglomerados, tobas), sedimentarios (conglomerados, areniscas y brechas) e intrusivos (esencialmente graníticos).

En la medida del avance hacia el oriente, los relieves montañosos locales, desarrollan un constante y gradual incremento en altura. Anualmente, las aguas pluviales vertidas sobre las hoyas hidrográficas regionales (originadas durante el invierno boliviano), contribuyen decisivamente a recargar las napas freáticas albergadas en los depósitos granulares que rellenan el fondo de las hoyas locales.

En Figura 5.2.2.1-1 se presenta una representación del marco geológico-estructural en sitios de embalse en sector San Miguel.

El valle del río San Miguel, incluye una profunda incisión semirectilínea provista de una sección transversal bastante asimétrica, con predominio de empinadas laderas moderadamente

estables labradas, dominantemente, en rocas sedimentarias continentales y marinas, provistas de un moderado grado de meteorización y fracturamiento superficial. La señalada condición asimétrica, está condicionada tanto por la configuración el estructural como por el carácter geológico y comportamiento geomecánico del macizo rocoso de materiales sedimentarias asignados a las formaciones Mostazal y Río Tascadero, ***Jm*** y ***Krt***, respectivamente, (***Pineda*** y ***Calderón***, 2008), en Fotografías 5.2.2.1-1 y 5.2.2.1-2. En la zona objeto de reconocimiento, la sección basal del valle del río San Miguel, incorpora una estrecha llanura de inundación con ancho muy variable, donde el actual cauce desarrolla una trayectoria sinuosa, entre incipientes, mal establecidos y conservados discontinuos remanentes de terrazas marginales bajas, juveniles o modernas, (fluviales, fluvioaluviales y fluviolacustres), enmantadas por densas coberturas de vegetación freatófita, Fotografías 5.2.2.1-1 y 5.2.2.1-2.

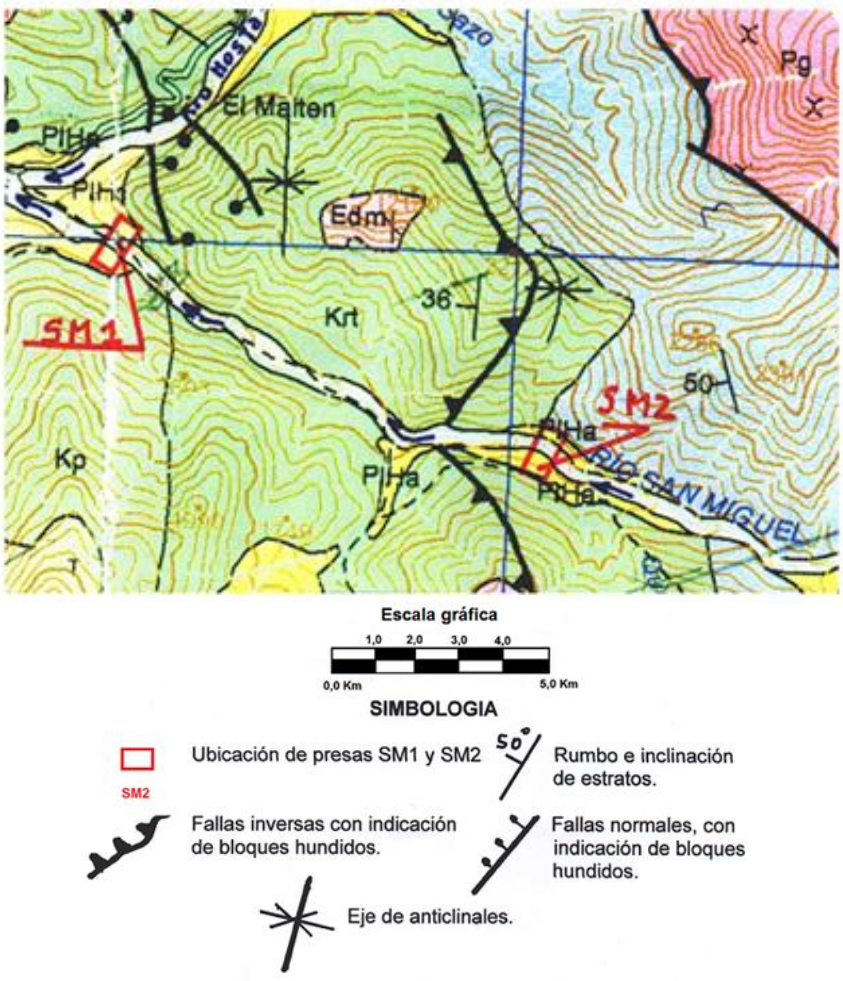
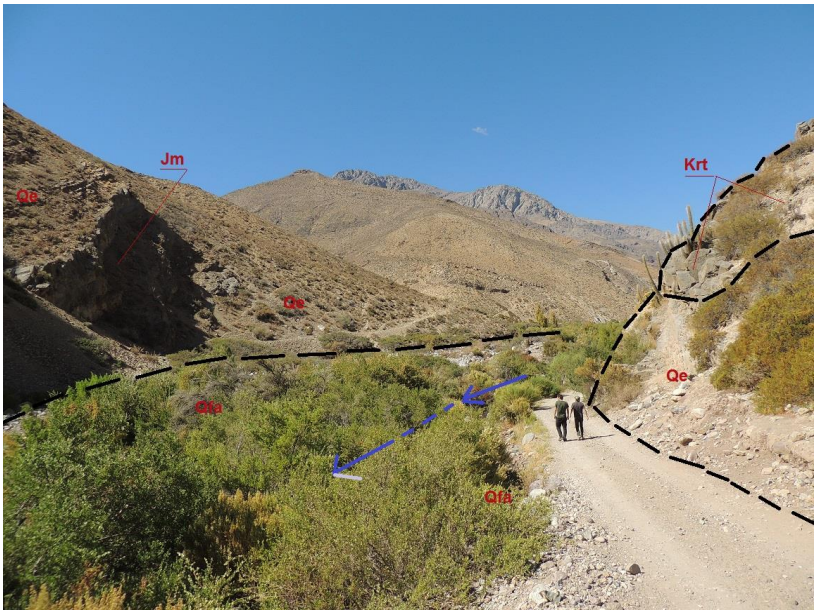


FIGURA 5.2.2.1-1
MARCO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL SITIOS DE EMBALSE SAN MIGUEL BAJO (SMB) Y SAN MIGUEL ALTO (SMA)

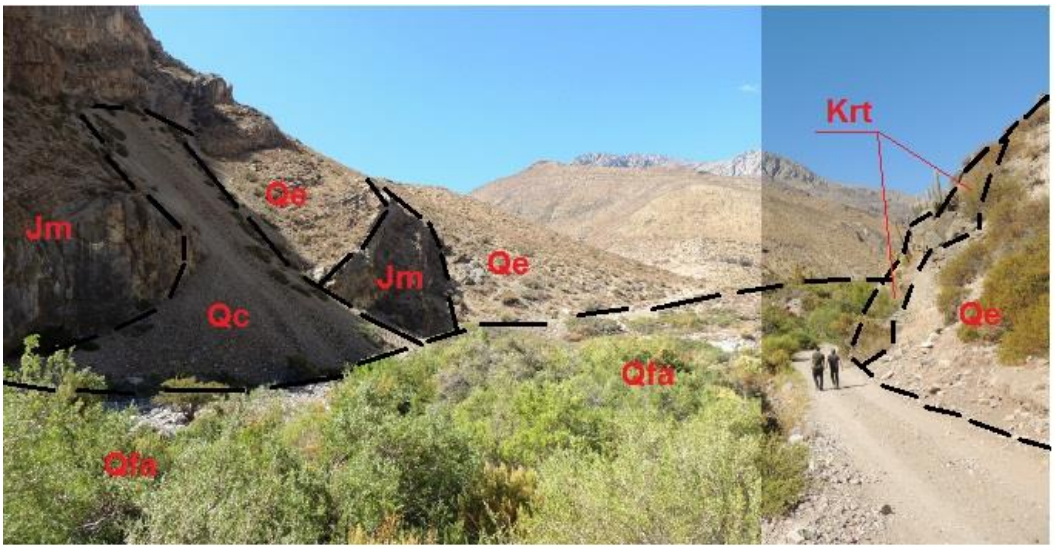


FOTOGRAFÍA 5.2.2.1-1
VISTA GENERAL HACIA AGUAS ARRIBA, DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL VALLE DEL RÍO SAN MIGUEL, CORRESPONDIENTE AL EJE PROPUESTO PARA LA PRESA SMa

Jm = Formación Río Mostazal; ***Krt*** = Formación Rio Tascadero; ***Qfa*** = Depósitos granulares fluviales a fluvioaluviales y ***Qe*** = Depósitos de escombreras de laderas de cerro.
Fuente: Equipo Consultor.

En el sector, ambos márgenes del actual estrecho cauce del río incorporan un denso desarrollo de vegetación freatófita.

En ambos márgenes del valle del río San Miguel, se desarrollan algunas quebradas secundarias de escaso desarrollo, sometidas a recurrentes flujos aluviales, que vierten hacia su llanura de inundación; esencialmente, se trata de procesos de remociones en masa, enmarcados en la categorización de flujos detríticos, activados en respuesta a súbitos episodios pluviales de gran intensidad y corta duración, durante el denominado invierno boliviano; sólo ocasionalmente, las descargas suelen provocar daños focalizados tanto en estructuras lineales (caminos y canales) como en terrenos agrícolas.



FOTOGRAFÍA 5.2.2.1-2
MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR

Qc = Activo cono o abanico coluvial; ***Qfa***= Depósitos granulares fluviales a fluvioaluviales; ***Qe*** = Depósitos de escombreras de laderas de cerro; ***Jm*** = Formación Río Mostazal y ***Krt*** = Formación Río Tascadero.
Fuente: Equipo Consultor.

Conforme a ***Pineda*** y ***Calderón*** (2008), los terrenos correspondientes al sitio propuesto para el emplazamiento alternativo de la presa SMA, están constituidos por los siguientes materiales:

5.2.2.2. Marco Geológico

a) Basamento Rocoso

- Río Tascadero, ***Krt***, de edad Berriasino -Barremiano (esto es 135 116 Ma)

  Constituida por una secuencia carbonatada marina que incluye alternancias de calizas de grano fino, (mudstone y wackestone) con intercalaciones de calcarenitas fosilíferas, calcilutitas coquinoídeas, areniscas arcósicas y volcano arenitas, (***Pineda*** y ***Calderón***, op. cit, p. 21).

  En el sector de la angostura, el basamento rocoso precedentemente descrito, participan de la sección basal de ambas laderas del valle del río San Miguel; en la medida del avance hacia el NE, las rocas de esta secuencia se observan intruídas, en contacto directo, por un voluminoso cuerpo intrusivo de tipo granítico, asignado a la Unidad Granitoides de Hornblenda y Biotita, ***Pg***, en Figura 5.2.2.1-1, de edad Pérmico (ca. 294 Ma), (***Pineda*** y ***Calderón***, op. cit).

- Río Mostazal, Jm, de edad Jurásico superior, esto es, 135 a 152 a Ma

  Esta formación consiste en una secuencia clástica continental, muy bien estratificada, integrada por bancos alternantes de conglomeradas y brechas tobáceas, con fragmentos de cuarzo y tobas de hasta 15 cm de diámetro, inmersos en una abundante matriz grauvática, junto a areniscas de grano medio y conglomerados de color rojizo, constituidos por fragmentos líticos de granito, leucocrático y, en menor proporción, cristales de cuarzo y feldespatos.

b) Suelos o Depósitos de Consolidados

En el segmento del valle del río San Miguel objeto de reconocimiento directo y su entorno inmediato, predominan los siguientes materiales.

- Depósitos Coluviales, Qc

  Las configuraciones morfológicas asociadas a este tipo de depósitos, incluyen tanto estructuras mantiformes, como verdaderos abanicos coalescentes propios de verdaderos conos de deyección. Tratándose básicamente de suelos granulares gravitacionales, de origen local, sueltos e inestables, alcanzan mayor desarrollo y alcance en laderas provistas de fuerte pendiente local, (25 a 35°), aproximadamente concordantes con el ángulo de reposo de materiales detríticos sueltos.

  En la zona objeto de reconocimiento, la presencia de este tipo de materiales granulares, inconsolidados, inestable se concentra exclusivamente, en la sección basa media y basal del margen derecho del valle del río San Miguel, correspondiente a terrenos ubicados inmediatamente aguas abajo del apoyo derecho del nuevo eje propuesto para la presa homónima. Incluyen granulometrías medias a gruesas del tipo ripios, gravas y gravillas, con escasos finos intersticiales que, discontinuamente, enmantan y rellenan con espesores muy variables, tanto remanentes muy erosionados de afloramientos rocosos correspondientes a sedimentos granulares (conglomerados) y/o volcanoclásticos (tobas e ignimbritas).

  De acuerdo a ello, configuran masas muy inestables con elevada propensión a desarrollar reactivaciones, gatilladas por episodios pluviales de intensidad extrema; una vez puestos en acción, se expresan en recurrentes remociones del tipo flujos detríticos secos o húmedos; la normal ausencia de cobertura vegetacional y/o suelos, unida a la inmadurez de los depósitos, da cuenta de procesos históricos.

  En todos los casos, sus respectivas composiciones dependen del carácter litológico de las rocas de la que proceden, estando formados por fragmentos angulosos heterométricos e inalterados. Esencialmente, se trata de depósitos con bajas capacidades de soporte, sobre todo en torno al contacto con el basamento rocoso subyacente y cuando se desarrollan altas presiones intersticiales, producto de altos niveles de precipitaciones pluviales; la incorporación agua en las masas granulares

inconsolidadas, provoca una acción desestabilizadora cuasi instantánea, expresada en el desarrollo de flujos hiperconcentrados, con una efectiva competencia para transportar todo tipo de fracciones granulares. En cortes viales, excavados en este tipo de depósitos, la normal ausencia de coberturas vegetales protectoras, favorece el desarrollo de adversas inestabilidades, (desde simples deformaciones superficiales, hasta desplazamientos del tipo reptación o solifluxión), gatilladas por solicitaciones sísmicas y/o episodios pluviales de gran intensidad; en algunos casos, este carácter, exige la forzada instalación de muros de contención a base de: gaviones, mampostería, cribas u hormigón estructural, destinados a controlar derrames hacia las plataformas y carpetas de rodado de las obras viales.

- Depósitos granulares fluviales a fluvioaluviales del actual cauce y relleno del fondo del río San Miguel, Qfal

  El relleno del actual fondo del valle del río San Miguel, está compuesto por una compleja secuencia masiva de depósitos granulares, sueltos, inconsolidados integrados por bolones, ripios, gravas, grávidas, arenas, con ocasionales niveles lenticulares, finamente estratificados de limos y limos arcillosos, con tonalidades blanquecinas a levemente amarillentas. Los primeros habrían respondido a mecanismos de arrastres torrenciales o aluviales a fluvioaluviales a partir de las propias cabeceras andinas de la hoya hidrográfica del rio San Miguel, mientras que los segundos a episodios depositacionales en ambientes con circulación restrictiva, (baja energía de transporte).

  Importa consignar que, específicamente, en torno al segmento del valle del río san Miguel objeto de reconocimiento, no se detectó la presencia de remanentes mal conservados de terrazas marginales bajas.

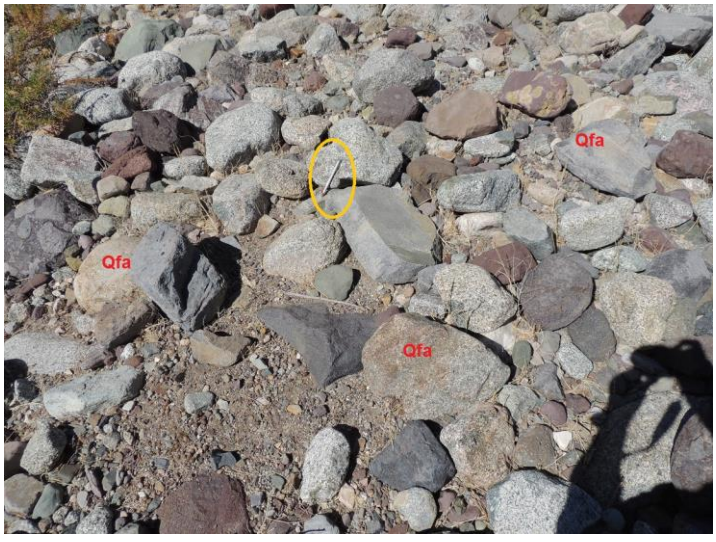
  Los elementos clásticos de los depósitos granulares fluviales a fluvioaluviales, que participan del relleno del fondo del valle del río San Miguel, son heterocomposicionales, representados por materiales graníticos (granitos, granodioritas, dioritas, tonalitas, monzonitas), volcánicos (andesitas, andesitas basálticas) y volcanoclásticos (brechas, aglomerados, tobas e ignimbritas); indiferenciadamente, se presentan muy bien pulimentados, subredondeados a subangulosos, densos, inalterados, físico químicamente estables, muy resistentes, Fotografías 5.2.2.2-1 y 5.2.2.2-2.

  El carácter inconsolidado de los depósitos, permite asignarles elevadas porosidades y permeabilidades; su favorable ripabilidad facilita la simple remoción manual o mecanizada.



FOTOGRAFÍA 5.2.2.2-1
SECCIÓN MEDIA DEL VALLE DEL RÍO SAN MIGUEL, CORRESPONDIENTE A TERRENOS COMPROMETIDOS EN EL DESARROLLO DEL EJE DE LA PRESA SMA. DEPÓSITOS GRANULARES SUELTOS, INCONSOLIDADOS DE TIPO FLUVIAL A FLUVIOALUVIAL QUE PARTICIPAN DEL RELLENO DEL FONDO DEL VALLE

Predominio de clastos subredondeados a subangulosos, heterocomposicionales (graníticos, volcánicos y volcanoclásticos) inalterados, densos, muy resistentes, inmersos en matriz de gravillas y arenas gruesas, con muy escasos finos cohesivos.
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.2.2.2-2
MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR

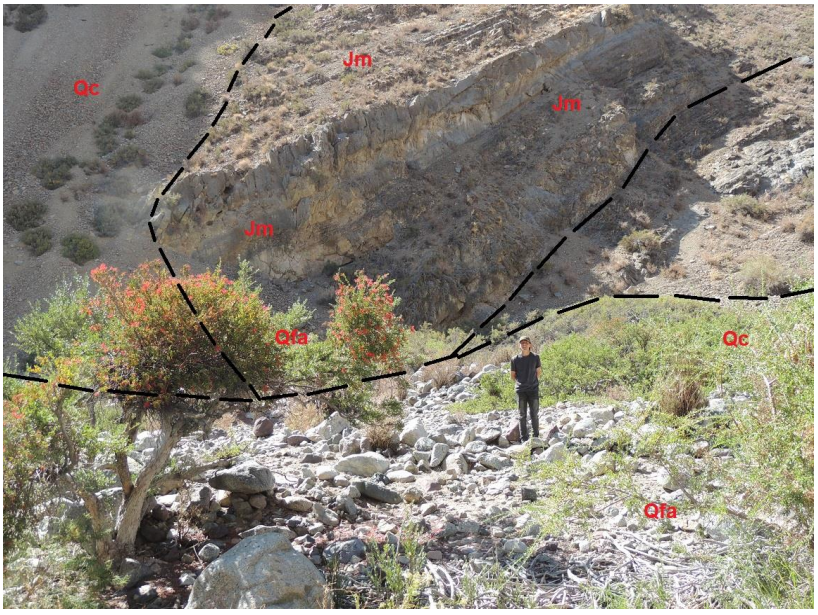
Escala: Lápiz de 14 cm de largo.
Fuente: Equipo Consultor.

- Depósitos de Escombreras de Laderas de Cerro, Qe

  Tal como ocurre a lo largo de nuestra cordillera andina, en la zona objeto del estudio, las laderas rocosas que participan de los escarpados modelados locales del valle del río San Miguel, están constituidas por discontinuos afloramientos de rocas básales sedimentarias marinas y continentales, aparecen, discontinuamente enmantados, con espesores muy variables, por depósitos de escombreras de ladera de cerro, *Qe*, en Fotografías 5.2.2.2-3 a 5.2.2.2-5.

  Esencialmente, se trata de suelos granulares locales, semiconsolidados, generados por sucesivos procesos de erosión, transporte y depositación gravitacional. En cualquier caso, las composiciones de los depósitos, dependen de las rocas de las cuales proceden.

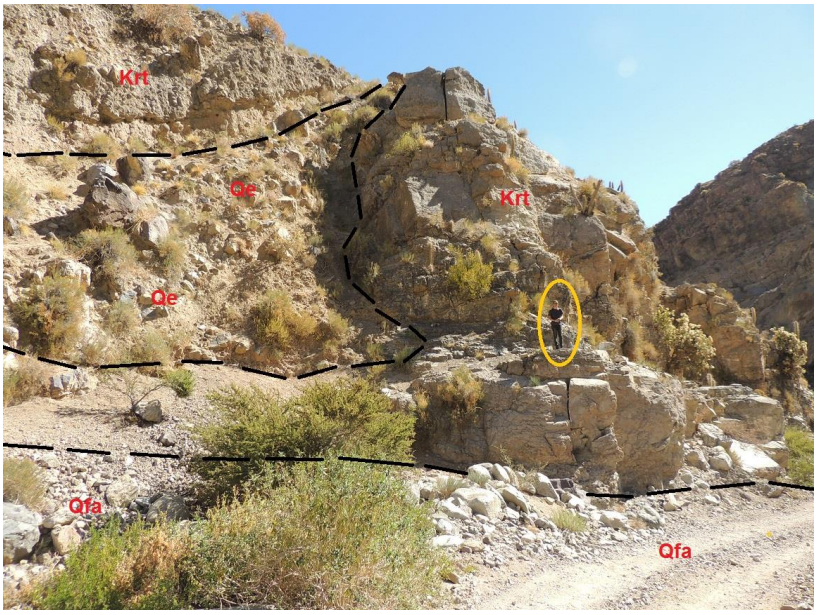
  Los materiales movilizados se acopian discontinuamente, al pie de ambas empinadas laderas del valle del río San Miguel, apoyándose directamente sobre basamento rocoso.



FOTOGRAFÍA 5.2.2.2-3
APOYO DERECHO DE PRESA SMA

Terrenos constituidos por basamento rocoso correspondiente a una secuencia sedimentaria continental, muy bien estratificada, constituida por bancos alternantes de conglomerados y brechas tobáceas; materiales superficialmente bastante densos y resistentes, escasamente meteorizados***, Jm.*** ***Qfa*** = Depósitos granulares superficialmente sueltos a semiconsolidados de tipo fluvial a fluvioaluvial que participan del relleno mayoritario del fondo del valle del río San Miguel. ***Qe***= Depósitos granulares de escombreras de laderas de cerro. ***Qc*** = Activo cono o abanico coluvial. Escala: Persona de 1.75 m de alto. Fuente: Equipo Consultor.

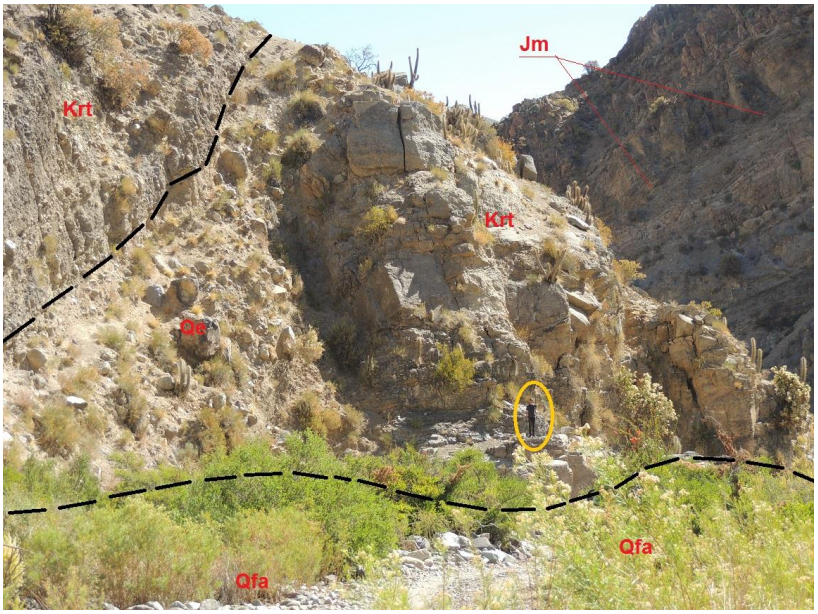
Mayoritariamente, incluyen depósitos macizos con granulometría dominantemente gruesa del tipo ripios, gravas a gravas arenosas, con abundantes bloques, angulosos a subangulosos, heterométricos, varicolores, inalterados, bastante resistentes y aspecto moderadamente fresco", englobados a una abundante matriz fina de gravillas y arenas gruesas. Su composición depende de la / o las rocas de las cuales provienen, con predominio de materiales sedimentarios: conglomerados areniscas, brechas. La coexistencia de variadas fracciones granulométricas (desde bloques hasta materiales arcillosos), les otorga a estos depósitos una gran heterogeneidad y anisotropía.



FOTOGRAFÍA 5.2.2.2-4
VISTA HACIA AGUAS ABAJO DE TERRENOS COMPROMETIDOS EN ESTRIBO O APOYO IZQUIERDO DE PRESA SMA

Ambiente morfológicamente bastante irregular constituido por basamento rocoso asignado a la formación Rio Tascadero, ***Krt,*** esencialmente, está constituido por una secuencia bastante bien estratificada de brechas y brechas conglomerádicas, densas sobreyacentes, en aparente discordancia seudoangular, a alternancias de calizas de grano fino, calcarenitas y calcilutitas, superficialmente bastante densas y resistentes.
Las rocas se observan recorridas por un penetrativo y regular patrón de fracturas seudortogonales, largas, rectas, abiertas, ***Qe*** = Depósitos de escombreras de laderas de cerro. ***Qfa***= Depósitos granulares fluviales a fluvioaluviales. Escala: Persona de 1.75 m de alto.
Fuente: Equipo Consultor.

Habida cuenta que, normalmente, la presencia de este tipo de suelos supone variados problemas geotécnicos, (capacidad de carga y estabilidad) su identificación, delimitación espacial y caracterización geotécnica, constituye una prioridad en las prospecciones.



FOTOGRAFÍA 5.2.2.2-5
MAYOR DETALLE DE FOTOGRAFÍA ANTERIOR

Se observa que, a nivel superficial, los depósitos semiconsolidados de escombreras de laderas de cerro, ***Qe***, incorporan abundantes bloques rocosos subangulares, densos, resistentes, en actual situación de equilibrio crítico.
Fuente: Equipo Consultor.

La habitual presencia local de altas concentraciones de finos cohesivos intersticiales, en los depósitos de escombreras de laderas de cerro, suelen favorecer el desarrollo de moderadas a altas consistencias, reducidas porosidades y permeabilidades, efectivas trabas mecánicas y moderadas a altas compacidades; en cortes viales, las señaladas características suelen imprimir a los taludes, moderadas estabilidades globales.

En zonas, donde los depósitos de escombreras carecen de cobertura vegetacional protectora, (pastos, hierbas, arbustos) pueden desarrollar activas remociones a partir de los respectivos coronamientos de los cortes; el carácter remontante de estos procesos, determina que, en la medida del progreso de las remociones, los coronamientos tiendan a desplazarse ladera arriba, situación que junto con incrementar la superficie expuesta, aumenta el riesgo de inducir sucesivas movilizaciones cada vez mayores. Finalmente, de acuerdo a lo consignado por ***Pineda*** y ***Calderón***, op. cit), en torno al segmento del valle del río San Miguel objeto de reconocimiento, las rocas sedimentarias de la formación Mostazal, se disponen conforme a un rumbo preferente N a N 5 a 8 O e inclinación de 40° a 55° al O - SO, Fotografía 5.2.2.2-3.

En el sector objeto de reconocimiento, los señalados autores consignan el desarrollo de 2 conspicuas y muy bien desarrolladas estructuras del tipo fallas inversas, cuyos respectivos bloques hundidos se orientan hacia NO y SO.

La confiable determinación del carácter geológico y comportamiento geotécnico e hidrogeológico de los materiales que participarían tanto de los apoyos o estribos como de las fundaciones de la presa dispuesta sobre ambas vertientes y sección basal del valle, respectivamente, estarán supeditadas a la futura realización de una breve campaña de prospecciones mediante sondajes, con recuperación de testigos, eventualmente, complementada con perfiles geosísmico.

5.2.2.3. Reconocimiento del Sitio de Embalses San Miguel Alto

La irregular superficie tanto del terreno (suelos y basamento rocoso) como de sus respectivas características geológico - estructurales y consiguiente dudoso comportamiento geomecánico e hidrogeológico, comprometido en el emplazamiento del apoyo estribo izquierdo de la presa SMA, en el sitio alternativo del valle del río San Miguel, objeto del presente análisis, demandarían un reconocimiento de mayor detalle; las señaladas actividades de superficie deberían ser complementadas con la ejecución de, al menos, un sondaje de exploración, con recuperación de testigos de una profundidad de 30 a 35 m.

Importa consignar que, a nivel superficial, los materiales del basamento rocoso que participarían de las fundaciones del apoyo izquierdo de la presa SMA, incorporan gran cantidad de penetrativas fracturas rectas, con largos o corridas observables en el rango medio de 8 a 10 m, dispuestas de acuerdo a patrones seudo ortogonales; en sectores, un número importante de ellas desarrollan aberturas en el rango de 2 a 4 cm, provistas de planos bastante regulares, lisos, por tanto, poco friccionantes, Fotografía 5.2.2.3-1; se trataría de estructuras genéticamente atribuibles tanto a la acción combinada de mecanismos de desconfinamiento de tensiones residuales, como a prolongada actividad erosiva de tipo fluvial v/o solicitaciones sísmicas.

El patrón local de fracturamiento seudoortogonal, favorece el desarrollo de desprendimientos de bloques equidimensionales con tamaños medios de 0,6 a 0,7 m, controlados por mecanismos de cuñas y superficies planas, poco friccionantes, dispuestas conforme a fuertes inclinaciones ladera afuera.

Algunos bloques se encuentran en actual situación o condición de equilibrio crítico; la presencia de penetrativas y bien desarrolladas fracturas abiertas (grietas) da cuenta de un ambiente superficial con dudoso comportamiento inestable.

En este sector, la parte superior del relieve local, correspondiente a terrenos comprometidos en las fundaciones del apoyo izquierdo de la presa SMA, culmina a una altura de aproximadamente, 16,5 -17,0 m sobre el piso del valle del rio San Miguel. Escala: Persona de 1.75 m de alto.



FOTOGRAFÍA 5.2.2.3-1
DETALLE DE APOYO IZQUIERDO DE PRESA SMA

Dominio de basamento rocoso, asignado a la formación Río Tascadero, ***Krt***, representada por rocas carbonatadas, macizas a pobremente estratificadas, bastante densas y resistentes.
Fuente: Equipo Consultor.

Los señalados materiales rocosos se observan recorridos por un complejo patrón de fracturamiento ortogonal, que condiciona el ocurrente desarrollo de remociones en masa: desprendimientos y/o deslizamientos de bloques equidimensionales, controlados por mecanismos de cuñas; carácter que se expresa en un ambiente estructural bastante inestable; en sectores focalizados, la angulosidad y consiguiente favorable traba mecánica de los bloques sueltos, determina que algunos bloques, permanezcan en la actual situación de equilibrio crítico, Fotografía 5.2.2.3-1.

La irregularidad morfológica y condición inestable del terreno local rocoso (suelos y basamento) involucrados en el apoyo izquierdo de la presa San Miguel Alto, condicionado por la presencia de materiales granulares semiconsolidados, desagregadas y fracturados, respectivamente, condicionaría la forzada realización de faenas de preparación previa del apoyo o estribo; incluyendo el retiro o escarificado manual o mecanizado, tanto de bloques en actual situación de equilibrio crítico, como de gran parte de la cobertura de depósitos granulares sueltos, correspondientes a depósitos de escombreras de ladeas de cerro, destinadas a exponer, en profundidad, basamento rocoso geomecánicamente competentes, esto es, sólidas, con baja deformabilidad, mínima solubilidad, gran durabilidad, estabilidad e impermeabilidad.

En su momento, la oportuna detección de zonas con rocas provistas de dudosos comportamientos geomecánicos, (alteradas, friables y/o fracturadas) podría demandar:

- Aplicación de inyecciones de consolidación o sello y,

- Instalación de pernos o tensores de confinamiento y/o estabilización, afianzados en sentido lateral o profundidad a basamento rocoso geomecánicamente competente.

Atendido el normal favorable carácter y comportamiento geomecánico de los fragmentos rocosos superficiales objeto de retiro o escarificado, convenientemente dimensionados, (mediante tronaduras secundarias controladas) podrían ser utilizados, en parte, como elementos de protecciones (rip rap) del futuro paramento aguas de la presa San Miguel Alto.

Se asume que, en el sitio propuesto para el emplazamiento alternativo de la presa homónima, la configuración morfológica de la sección transversal del valle del río San Miguel, condicionaría una relación volumen presa / volumen almacenamiento, algo más favorable respecto del sitio original ubicado 3,9 km aguas abajo.

En primera instancia, supeditada a los resultados de futuras prospecciones orientativas de una confiable fuente de suministro de materiales granulares, en fondo del valle del río San Miguel, la presa propuesta correspondería del tipo CFGD; esto es, un prisma construido a base de gravas y arenas compactadas de tipo fluvial a fluvioaluvial, provisto de una pantalla impermeable de hormigón, en su paramento de aguas arriba.

Ambos apoyos o estribos comprometerían de basamento rocoso que, a nivel local, participan de secuencias sedimentarias marinas (apoyo derecho) y continentales (apoyo izquierdo), asignadas a las formaciones Río Mostazal y Río Tascadero, (apoyo izquierdo), ***Jm*** y ***Krt***, respectivamente. En el apoyo izquierdo, la presencia de materiales (suelos y basamento rocoso) geomecánicamente bastante discontinuos y anisotrópicos, la necesidad de controlar o minimizar riesgos impuestos por el eventual desarrollo de adversos esfuerzos diferenciales sobre los terrenos de fundaciones, forzará el desarrollo del eje de la presa, a un trazado centralizado dispuesto normalmente a la ladera: este procedimiento optimizaría las características morfológicas del terreno local; situación que sólo podrá ser determinada a partir de la disponibilidad de una carta topográfica del sector, a escala de detalle 1:1.000. No debería ser desatendido el hecho de que, en torno al apoyo izquierdo de la presa SMA, la presencia de rocas carbonatadas (calizas, calcarenitas) que participan de la formación Río Tascadero, ***Krt,*** en Fotografías 5.2.2.2-4, 5.2.2.2-5 y 5.2.2.2-3, podrían favorecer el desarrollo de procesos de disolución; aun cuando, normalmente, se trata de actividad de lenta evolución en el tiempo, bajo ciertas condiciones hidrodinámicas, suelen provocar filtraciones muy localizadas o poco extensivas, durante la vida operativa de presas de diversos tipos. Al respecto interesa consignar que, en nuestro país, se carece de antecedentes empíricos, referidos a la ocurrencia de este tipo de problemas, en presas de riego.

Mientras tanto, en la zona de apoyo o estribo derecho de la presa SMA, la presencia de una continua, regular, homogénea y muy bien estratificada secuencia de rocas sedimentarias clásticas de tipo marino, asignadas a la formación Mostazal, ***Jm***, en Fotografías 5.2.1.2-9 y 5.2.1.2-12, compuestas por bancos alternantes de conglomerados, brechas tobáceas y areniscas, (***Pineda*** y ***Calderón***, 2008), supone el compromiso de un basamento rocoso geomecánicamente competente, impermeable y estable. Se deberá prestar particular atención al hecho de que, en torno al apoyo derecho de la presa,

el plinto del talud aguas abajo, deberá evitar el compromiso de activos depósitos granulares coluviales sueltos, muy inestables, Fotografías 5.2.2.1-2-2 y 5.2.2.2-3.

En este sector, la secuencia se dispone de acuerdo a un rumbo general aproximadamente N - S, con inclinación de 45 a 55° al O, (esto es, hacia aguas abajo del valle del río San Miguel), Fotografía 5.2.2.2-3; la intensa y prolongada actividad erosiva de tipo fluvial, actuando sobre los materiales de la señalada secuencia sedimentaria, se expresa en el desarrollo de un empinada pared rocosa, muy bien enmarcada o delimitada lateralmente, por depósitos correspondientes a un activo abanico coluvial, hacia aguas abajo y depósitos de escombreras de laderas de cerro, estabilizados, hacia aguas arriba, ***Qc*** *y* ***Qe***, respectivamente en Fotografías 5.2.2.1-3 y 5.2.2.2-4. La ausencia de cobertura de suelo y vegetación sobre los depósitos coluviales, da cuenta de recurrente actividad, gatillada por episodios pluviales de intensidad extrema, Fotografía 5.2.2.1-3; la excesiva incorporación de agua en suelos permeables con fuerte inclinación, favorecen el súbito desarrollo de procesos de fluidificación, vinculados a reducciones instantáneas de los esfuerzos cortantes.

De acuerdo al señalado carácter, las faenas previas de preparación de las fundaciones en roca asignadas a la formación Mostazal, ***Jm***, del apoyo derecho de la presa SMA, Fotografía 5.2.2.1-3, deberán incluir la remoción o escarificado mecanizado y/o tronaduras controladas de niveles superficiales meteorizados y/o intensamente fracturados.

Importa señalar que, en el estribo o apoyo derecho de la presa SMA, se deberá prestar particular atención al comportamiento estable del basamento rocoso finamente estratificado, con rumbo subnormal al eje del valle y fuerte inclinación hacia aguas abajo; cortes excavados en este tipo de ambiente geológico - estructural, suele favorecer el potencial desarrollo de inestabilidades (deslizamientos laminares), cuando las inclinaciones naturales de los planos de estratificación, con proyecciones libres ladera afuera, superan el ángulo de fricción interna de los planos preexistentes de

Con la información geológica - geotécnica de los materiales que participarían de las fundaciones de la presa SMA, complementadas con el conocimiento del carácter y comportamiento del régimen hidrológico del río San Miguel, se infiere que, en primera instancia, el túnel de desviación de corto desarrollo y mínima sección transversal (7.0 a 8.5 m2), podría ser dispuesto a lo largo de un segmento de la sección basal de la vertiente derecha del valle del río San Miguel; su desarrollo comprometería, exclusivamente. Basamento rocoso asignado a la formación Río Mostazal, **Jm**, en plano geológico y Fotografía 5.2.2.1-3**.**

La necesidad de complementar las fundaciones de la presa con la instalación de una pantalla impermeable, (pared moldeada) estará supeditada a la efectiva determinación, (mediante sondajes de prospección) del tipo, comportamiento geotécnico e hidrogeológico y continuidad en profundidad) tanto del basamento rocoso, como del relleno granular fluvial a fluvioaluvial, subyacente. La programación de actividades de prospección de materiales (suelos y basamento rocoso) estarán supeditados, esencialmente, a los resultados de análisis multicriterio, respecto de: confiables demandas y regulación del recurso hídrico para riego en el valle del río Mostazal, tipo de presa adoptada, capacidad de almacenamiento, (aproximadamente 5 Hm^3), determinación de relaciones

entre los volúmenes de presa/almacenamiento, ubicación de obras anexas (túnel de desviación, vertedero y estructura de descarga a sistemas riego),

La revisión de imágenes satelitales de los terrenos comprometidos en la cubeta de inundación de la presa SMA, permite establecer la ausencia de ambientes o estructuras productivas (suelos llanos de cultivos o pastoreos e instalaciones de viviendas o bodegas); la eventual forzada relocalización parcial de trazados de caminos o huellas de penetración, a terrenos ribereños a la cubeta de inundación, no ofrecería mayores problemas. En primera instancia, se asume que en torno al sitio de emplazamiento de la presa correspondiente el sitio alternativo objeto del presente análisis, el relleno sedimentario del valle del río San Miguel estaría constituido, mayoritariamente, por una continua secuencia masiva, granulométricamente bastante homogénea de depósitos granulares semiconsolidados, integrada por bloques y bolones, heterocomposicioales (graníticos, volcánicos), inalterados, densos, muy resistentes, inmersos en una escasa matriz de ripios, gravas y arenas gruesas, con bajos contenidos de finos cohesivos, Fotografías 5.2.2.1-3 y 5.2.2.2-4; se trata de materiales genéticamente atribuidos a mecanismos de erosión, transporte torrencial y depositación de cursos fluviales geológicamente antecesores y no muy distintos al actual río San Miguel.

Esencialmente, se trataría de suelos granulares muy porosos y permeables, ripables, esto es, removibles mediante el simple empleo de equipo mecanizado: bulldozer, retroexcavadoras, cargadores frontales.

Finalmente, importa consignar que, frente a la adopción de una presa a base de enrocado, el suministro de materiales a partir de la apertura de una cantera, ubicada a corta distancia del sitio de emplazamiento de la presa, se debería restringir a fuentes comprometiendo rocas de muy variado carácter geológico, correspondiente a:

- Formación Río Tascadero, ***Krt***, integrada por una secuencia carbonatada marina (calizas, calcarenitas, calcilutitas, areniscas arcósicas y volcánicas y,

- Formación Mostazal, ***Jm***, correspondiente a una secuencia sedimentaria, continental integrada por conglomerados y brechas tobáceas.

El heterogéneo carácter litológico de los materiales comprometidos en las eventuales fuentes locales de suministro de enrocados, asignados a las formaciones Río Tascadero y Río Mostazal, ***Krt y Jm***, respectivamente, en plano geológico, supone dudosos comportamientos geomecánicos en obras, (cuerpo de la presa SMA), controlados por la granulometría, grado de alteración, resistencia a la compresión, y traba mecánica.

Atendido el carácter de los señalados materiales, une fuerte alternativa de enrocados graníticos, geomecánicamente competentes, se ubicaría en torno al sector de El Maqui, correspondiente a la vertiente izquierda del valle del río Mostazal, aproximadamente 3,5 a 4,0 km, aguas de su confluencia con el río San Miguel.

En torno a los terrenos comprometidos en la cubeta de inundación de la presa SMA, no se registra la presencia de rasgos morfológicos y/o estructurales atribuibles al desarrollo de inestabilidades de laderas o activos procesos de remociones en masa (desprendimientos, deslizamientos, flujos de barro o detritos). En el sitio de emplazamiento de la presa SMA, las aguas del río San Miguel, escurren libres de sólidos en suspensión.

5.2.3. Disponibilidad de Materiales Sueltos y Enrocados

En primera instancia, con el nivel de información geológica, geotécnica e hidrogeológica disponible de los terrenos comprometidos en los emplazamientos alternativos de presas dispuestas a lo largo de segmentos de los valle de los ríos Mostazal y San Miguel, objeto de estudio, es posible asumir la disponibilidad, a distancias adecuadas de transporte, tanto de materiales sueltos fluviales a fluvioaluviales con variadas granulometrías, que participan del relleno sedimentario cuaternario de sus respectivos valles, como de enrocados, con predominio del tipo granítico, para el diseño de sendas presas de riego y correspondientes obras anexas.

Los primeros podrían ser obtenidos a partir de pozos de empréstito cuya localización demandará la realización previa de prospecciones mediante calicatas, dispuestas conforme a mallas que garanticen la representatividad granulométrica de los materiales, para satisfacer las respetivas demandas para el diseño de presas de variados tipos, a base de materiales sueltos: homogéneas, zonadas, con pantallas impermeables.

Mientras tanto, el suministro de enrocados, provendría de la apertura de canteras en ambientes graníticos de amplio desarrollo y exposición en discontinuos segmentos del valle del río Mostazal. En este caso, las prospecciones estarán orientadas a satisfacer demandas de enrocados geológicamente homogéneos, inalterados, densos y muy resistentes, cuyas formas y tamaños deberán ajustarse a las exigencias técnicas impuestas por la propia tipología adoptada para las presas; habitualmente, las prospecciones de enrocados, incluyen la ejecución de pruebas de tronaduras *in situ*, destinadas a garantizar la producción y confiable suministro de los enrocados.

5.2.4. Referencias

- ***ARRAU, L*** 2017. Minuta con resultados preliminares de visita efectuada los días 9 y 10 de enero al valle del río Mostazal; Documento interno ARRAU Ingeniería SpA; 4 p.
- ***Comisión Nacional de Riego. Ministerio de Agricultura, (CNR).*** 2012. Mejoramiento de uso y regulación recursos hídricos del río Mostazal, Comuna de Monte Patria. Región de Coquimbo; 34 p.
- ***Comisión Nacional de Riego. Ministerio de Agricultura. (CNR).***2016. Bases técnicas. Estudio de prefactibilidad de uso y regulación de recursos hídricos del río Mostazal, Comuna de Monte Patria. Región de Coquimbo; 60 p.
- ***Pineda, G., Calderón N., M.*** 2008. Geología del área Monte Patria El Maqui. 2008. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile. Escalla 1:100.000; N° 116; 44 p.

5.3. Estudio Geotécnico

5.3.1. Introducción

Con motivo del estudio de prefactibilidad “Mejoramiento, Uso y Regulación Recursos Hídricos del Río Mostazal” emplazado en la alta cordillera andina, parte oriente de la comuna de Monte Patria, Región de Coquimbo, se realizó un análisis de posibles emplazamientos de un embalse en la cuenca del río. Como parte de este trabajo se realizó un estudio geotécnico para evaluar la permeabilidad del suelo de fundación, la calidad de la roca y el material de empréstito del suelo del río. La zona de estudio se muestra en la Figura 5.3.1-1.

Este estudio está enfocado en los sitios denominados “Tranca Morada” y “San Miguel Alto”, previamente evaluados como los posibles lugares de emplazamiento del embalse.

Como base de este estudio, se han considerado los antecedentes geomorfológicos del sector, junto con la exploración realizada por laboratoristas especializado, que consistió, en una primera etapa, en la ejecución y revisión de 2 sondajes en cada sitio, teniendo en total 4 sondajes. Desde cada sondaje, se efectuaron ensayes de Lefranc-Mandel y Lugeon Modificado para obtener la Permeabilidad del suelo y roca, respectivamente. Para determinar la cualificación de la roca en profundidad, en el sondaje se realizó la medición de *Rock Quality Designation* (RQD).

Adicionalmente, se agregó la exploración de 6 calicatas de 6,0 m de profundidad (3 calicatas por cada sitio). Desde las calicatas, se extrajo muestras para la realización de tamizado in situ del material sobre 5”, y determinación de granulometría de laboratorio con ensayes complementarios para el material bajo 5”. Además, se efectuaron ensayes de Infiltración según el Método Porchet para obtener la Capacidad de Infiltración Global del suelo.

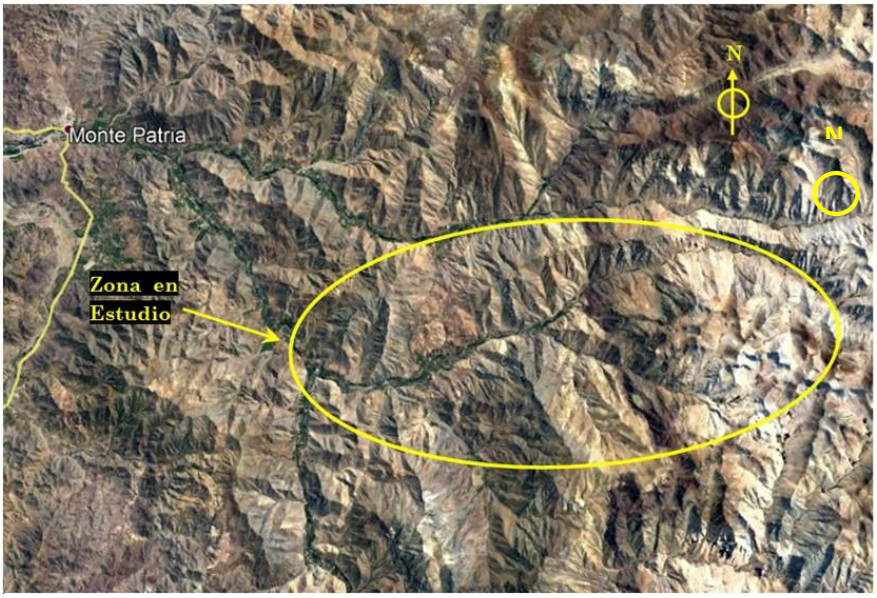


FIGURA 5.3.1-1
UBICACIÓN GENERAL DE LA ZONA EN ESTUDIO
Fuente: Elaboración propia.

Con la información geológica-geotécnica obtenida, se comentan las condiciones geotécnicas para el desarrollo del embalse, tanto de la capacidad de infiltración del vaso como de la calidad del material de empréstito y roca de fundación.

El sitio Tranca Morada en estudio está emplazado entre las localidades de El Maitén y Panguecillo, en el Río Mostazal, según se muestra en la Figura 5.3.1-2, mientras que el sitio San Miguel Alto en estudio está emplazado al norte de la localidad homónima, en el Río San Miguel afluente del Río Mostazal, según se muestra en la Figura 5.3.1-3.

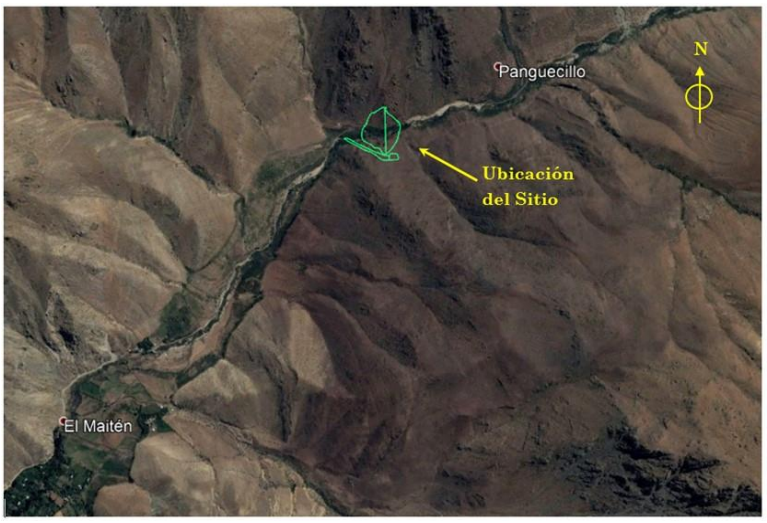


FIGURA 5.3.1-2
UBICACIÓN DEL SITIO TRANCA MORADA
Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 5.3.1-3
UBICACIÓN DEL SITIO SAN MIGUEL ALTO
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Caracterización Geotécnica Sitio Tranca Morada

5.3.2.1. Trabajos de Campo

a) Exploración Profunda Mediante Sondaje

Con fecha 06 de junio al 14 de julio de 2017, se realizó una campaña de exploración geotécnica profunda por medio de dos sondajes verticales ejecutados por la empresa EXPLORA DRILLING. Los sondajes fueron ubicados en sitio del proyecto según se muestra en la Figura 5.3.2.1-1, y alcanzaron profundidades de 54 m para el sondaje S-1 y 55 m para el sondaje S-2.

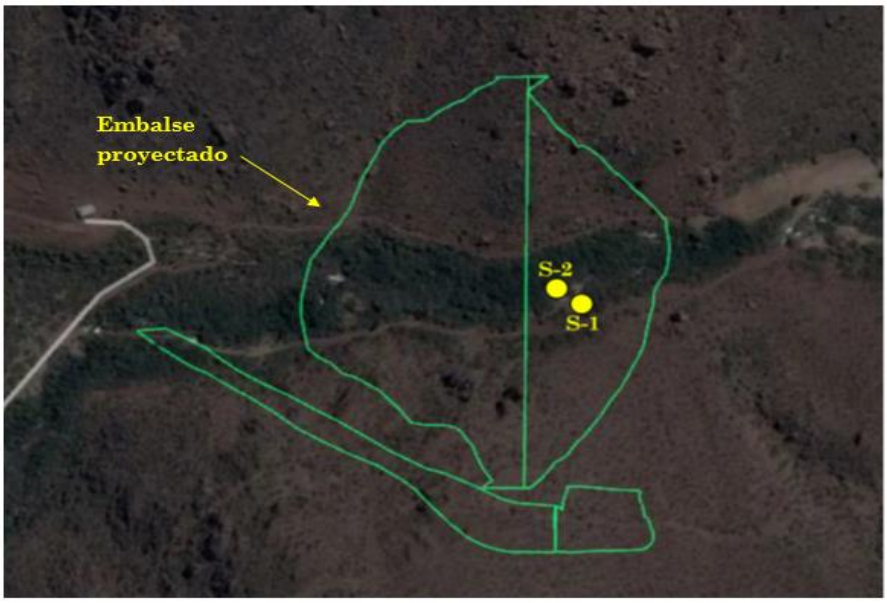


FIGURA 5.3.2.1-1
UBICACIÓN DE LOS SONDAJES DE PROSPECCIÓN EN EL SITIO DEL PROYECTO
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos mediante los sondajes de prospección se adjuntan en el Anexo 5-2. La estratigrafía del subsuelo e Índice RQD (Rock Quality Designation) se muestran gráficamente para el desarrollo del sondaje en el Anexo 5-2.

De los resultados de la campaña de exploración profunda, se observa que el suelo explorado está constituido por grava arenosa con limos de compacidad media a baja, subyacida por grava arenosa de compacidad media a alta, con presencia de bolones y gravas de formas subangulosas a subredondeadas. Bajo los 10.0 m de profundidad se aprecia roca sedimentaria a arena gravosa de cementación alta, subyacida a los 40 m aproximadamente por roca sana, de dureza alta y fragmentación media. Las muestras obtenidas en la campaña de sondajes se presentan en las Fotografías 5.3.2.1-1 a 5.3.2.1-8.



FOTOGRAFÍA 5.3.2.1-1
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-1 A PROFUNDIDADES ENTRE 0,00 m a 15,90 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.2.1-2
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-1 A PROFUNDIDADES ENTRE 15,90 m a 33,80 m
Fuente: Equipo Consultor.



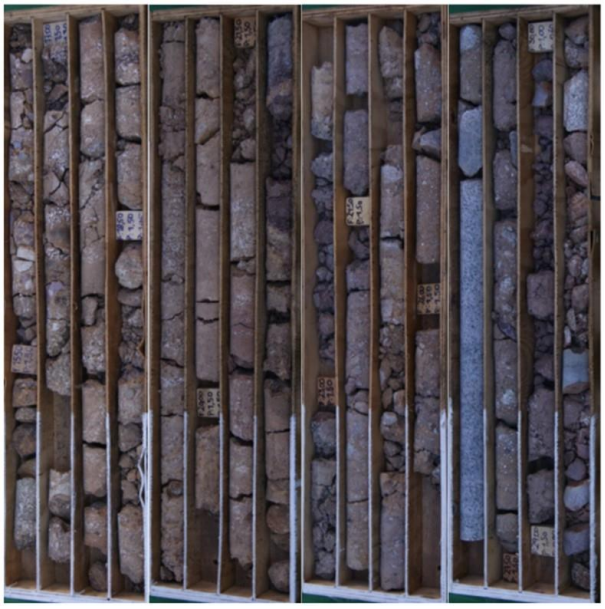
FOTOGRAFÍA 5.3.2.1-3
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-1 A PROFUNDIDADES ENTRE 33,80 m a 46,00 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.2.1-4
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-1 A PROFUNDIDADES ENTRE 46,00 m a 54,00 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.2.1-5
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-2 A PROFUNDIDADES ENTRE 0,00 m a 18,90 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.2.1-6
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-2 A PROFUNDIDADES ENTRE 18,90 m a 31,00 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.2.1-7
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-2 A PROFUNDIDADES ENTRE 31,00 m a 43,50 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.2.1-8
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-2 A PROFUNDIDADES ENTRE 43,50 m a 55,00 m
Fuente: Equipo Consultor.

En el interior de los sondajes, se detectó el nivel freático a aproximadamente los 4,2 m de profundidad.

Además, para determinar la cualificación del macizo rocoso, se realizó ensayos para obtener el *Índice RQD* (Rock Quality Designation), en los últimos metros de avance. Los resultados se presentan en los Cuadros 5.3.2.1-1 y 5.3.2.1-2.

En general, los resultados obtenidos dan cuenta de una roca de calidad media a muy alta, a excepción del macizo existente en el Sondaje S-2, entre los 49.50 y 51.00 m, con un índice RQD de 0%, el cual se encuentra altamente fragmentado con longitudes menores a 10 cm. Esta última medición puede estar condicionada por un fuerte efecto de rotación al momento de ejecución del sondaje.

CUADRO 5.3.2.1-1
RESULTADOS CÁLCULO DE RQD EN SONDAJE S-1

Profundidad (m)	Índice RQD (%)
44,50 – 46,00	98
46,00 – 47,50	36
47,50 – 49,00	40
49,00 – 50,50	77
50,50 – 52,00	87
52,00 – 53,00	66
53,00 – 54,00	100

CUADRO 5.3.2.1-2
RESULTADOS CÁLCULO DE RQD EN SONDAJE S-2

Profundidad (m)	Índice RQD (%)
43,50 – 45,00	55
45,00 – 46,50	100
46,50 – 48,00	79
48,00 – 49,50	49
49,50 – 51,00	0
51,00 – 52,00	70
52,00 – 53,50	61
53,50 – 55,00	38

b) Exploración Superficial Mediante Calicatas

Con fecha 13 de agosto de 2017, mediante la visita de laboratorista especializado de LABSAI, se realizó una inspección visual de las calicatas de exploración, las que se ubicaron en el sitio según se muestra en la Figura 5.3.2.1-2

En total se inspeccionaron 3 calicatas de una profundidad de 6.0 m, cuya descripción estratigráfica se incluye en el Anexo 5-2.

Como se aprecia en las estratigrafías (ver Anexo 5-2), en las calicatas exploradas se observa superficialmente una capa vegetal o relleno artificial, subyacido por una arena gravosa a arena limosa de compacidad baja, que alcanza hasta los 1.3 m de profundidad. Luego se presenta un estrato de grava arenosa color grisáceo, de compacidad media. Las gravas son de formas subangulosas a redondeadas, y se presentan bolones de tamaño máximo 30".

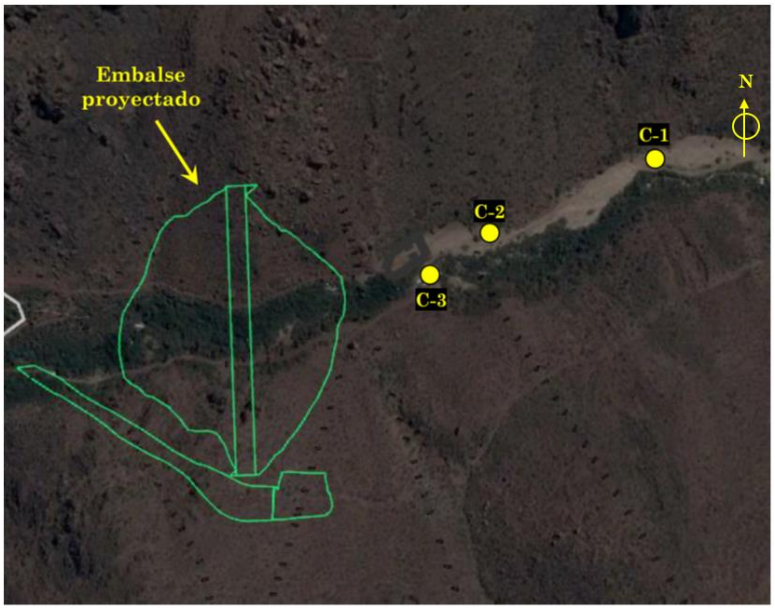


FIGURA 5.3.2.1-2
UBICACIÓN DE CALICATAS DE EXPLORACIÓN
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al contenido de humedad, éste se presenta medio a alto, creciente en profundidad, y no se prevé proximidad de nivel freático, ni afloran napas colgadas.

5.3.2.2. Ensayes de Laboratorio

Desde las paredes de la Calicata C-2 se extrajo muestras para ser analizadas en laboratorio. Los ensayos realizados son: Granulometría, Límites de Atterberg, Clasificación USCS y Densidad de Partículas Sólidas, los que se muestran en el Informe de Ensayos de Mecánica de Suelos emitido por LABSAI, adjunto en el Anexo 5-2.

La muestra ensayada fue tomada desde la Calicata C-2 a una profundidad entre 2,0 y 2,50 m. La muestra clasificó como GP (grava uniforme), según el *Unified Soil Classification System*, lo que da cuenta de un predominio de suelos granulares gruesos (gravas), con contenido de finos bajo tamiz 0,074 mm no mayor a 3%. Estos resultados son típicos para depósitos fluviales, como es el caso en estudio.

5.3.2.3. Resultados Obtenidos

A partir de la exploración geotécnica antes comentada, y ensayes de laboratorio, se obtienen los resultados mostrados en el Cuadro 5.3.2.3-1.

CUADRO 5.3.2.3-1
DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

Profundidad (m)	Descripción
0,00 – 0,50	Capa vegetal superficial o relleno artificial en matriz arena limosa.
0,50 – 1,30	Arena gravosa a arena limosa color gris, compacidad baja, humedad media a alta, finos de plasticidad baja a nula. Las gravas son de formas angulosas a subredondeadas, con bolones de tamaño máximo 8”.
1,30 – 13,00	Grava arenosa color gris, compacidad media a lata, humedad media a alta. Las gravas son de formas subangulosas y redondeadas, con bolones de tamaño máximo 30”. Se observan raíces y raicillas dispersas en la parte superior del estrato
13,00 – 28,00	Roca sedimentaria a arena gravosa fuertemente cementada color café claro, humedad alta. Las gravas son de formas subredondeadas a subangulosas, de tamaño máximo 1”.
28,00 – 44,00	Grava arenosa color grisáceo, compacidad alta, humedad alta. las gravas son de formas subredondeadas a subangulosas, con bolones de tamaño máximo 12”.
44,00 – 55,00	Roca sana color gris claro, dureza media a alta, medianamente fracturada.

Nivel freático: Se detecta nivel freático en los sondajes a 4.20 m de profundidad, en fecha de realizadas las exploraciones (6 de junio al 14 de julio de 2017).
En Calicatas, no fue posible detectar la presencia del nivel freático a la fecha de realizadas las exploraciones (13 de agosto de 2017).
Fuente: Elaboración propia.

5.3.3. Caracterización Geotécnica Sitio San Miguel Alto

5.3.3.1. Trabajos de Campo

a) Exploración Profunda Mediante Sondaje

Con fecha 24 de julio al 11 de agosto de 2017, se realizó una campaña de exploración geotécnica profunda por medio de dos sondajes verticales ejecutados por la empresa EXPLORA DRILLING. Los sondajes fueron ubicados en sitio del proyecto según se muestra en la Figura 5.3.3.1-1, y alcanzaron profundidades de 36,5 m para el sondaje S-3 y 32,0 m para el sondaje S-4.

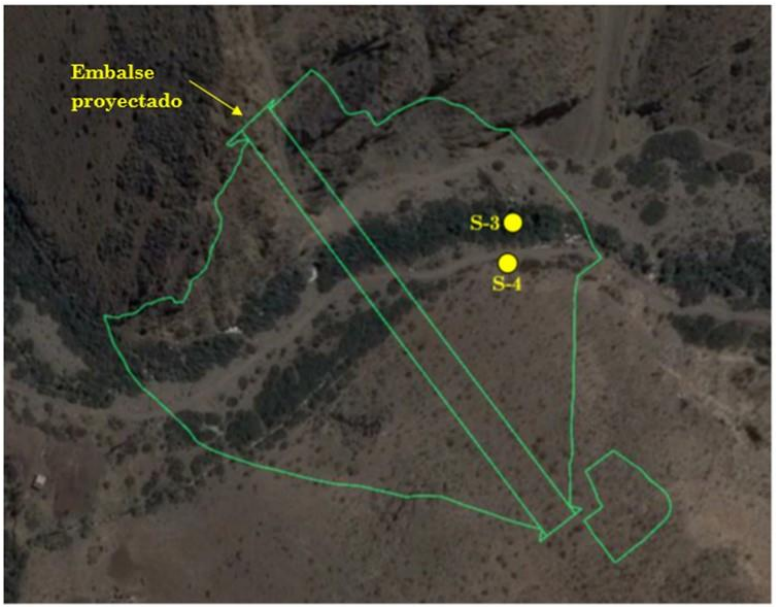


FIGURA 5.3.3.1-1
UBICACIÓN DE LOS SONDAJES DE PROSPECCIÓN EN EL SITIO DEL PROYECTO
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos mediante los sondajes de prospección se adjuntan en el Anexo 5-2. La estratigrafía del subsuelo e Índice RQD (Rock Quality Designation) se muestran gráficamente para el desarrollo del sondaje en el Anexo 5-2.

De los resultados de la campaña de exploración profunda, se observa estratificaciones de grava areno limosa de compacidad media a baja, con gravas de formas subangulosas a subredondeadas. Bajo los 9,0 m de profundidad aproximada, se observa una roca sedimentaria a arena con gravas, con un grado de cementación alto. Desde los 24,00 m se observa la presencia de roca sana, de dureza media a alta y fragmentación media. Las muestras obtenidas en la campaña de sondajes se presentan a en las Fotografías 5.3.3.1-1 a 5.3.3.1-4.

En el interior de los sondajes, se detectó el nivel freático a aproximadamente los 7.0 m de profundidad.

Además, para determinar la cualificación del macizo rocoso, se realizó ensayos para obtener el *Índice RQD* (Rock Quality Designation), en los últimos metros de avance. Los resultados se presentan en los Cuadros 5.3.3.1-1 y 5.3.3.1-2.



FOTOGRAFÍA 5.3.3.1-1
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-3 A PROFUNDIDADES ENTRE 00,00 m a 17,30 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.3.1-2
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-3 A PROFUNDIDADES ENTRE 17,30 m a 36,50 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.3.1-3
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-4 A PROFUNDIDADES ENTRE 00,00 m a 20,20 m
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.3.3.1-4
MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDAJE S-4 A PROFUNDIDADES ENTRE 20,20 m a 32,00 m
Fuente: Equipo Consultor.

CUADRO 5.3.3.1-1
RESULTADOS CÁLCULO DE RQD EN SONDAJE S-3

Profundidad (m)	Índice RQD (%)
26.00 – 27.50	74
27.50 – 29.00	93
29.00 – 30.50	95
30.50 – 32.00	96
32.00 – 33.50	95
33.50 – 35.00	38
35.00 – 36.50	13

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 5.3.3.1-2
RESULTADOS CÁLCULO DE RQD. EN SONDAJE S-4

Profundidad (m)	Índice RQD (%)
22,10 – 23,10	80
23,10 – 24,50	91
24,50 – 26,00	93
26,00 – 27,50	100
27,50 – 29,00	100
29,00 – 30,50	100
30,50 – 32,00	100

Fuente: Elaboración propia.

En general, los resultados obtenidos dan cuenta de una roca de calidad buena a muy buena, corroborándose con lo observado en las figuras anteriormente expuestas.

b) Exploración Superficial Mediante Calicatas

Con fecha 10 de agosto de 2017, mediante la visita de laborista especializado de LABSAI, se realizó una inspección visual de las calicatas de exploración, las que se ubicaron en el sitio según se muestra en la Figura 5.3.3.1-2.

En total se inspeccionaron 3 calicatas de una profundidad de 6.0 m, cuya descripción estratigráfica se incluye en el Anexo 5-2.

Como se aprecia en las estratigrafías (ver Anexo 5-2), en las calicatas exploradas se observan estratificaciones de grava limo arenosa color grisáceo a café, de compacidad baja a alta. Las gravas son de formas angulosas a subredondeadas, y se presentan bolones de tamaño máximo 32”.

En cuanto al contenido de humedad, éste se presenta bajo a alto, creciente en profundidad, y no se prevé proximidad de nivel freático, ni afloran napas colgadas.

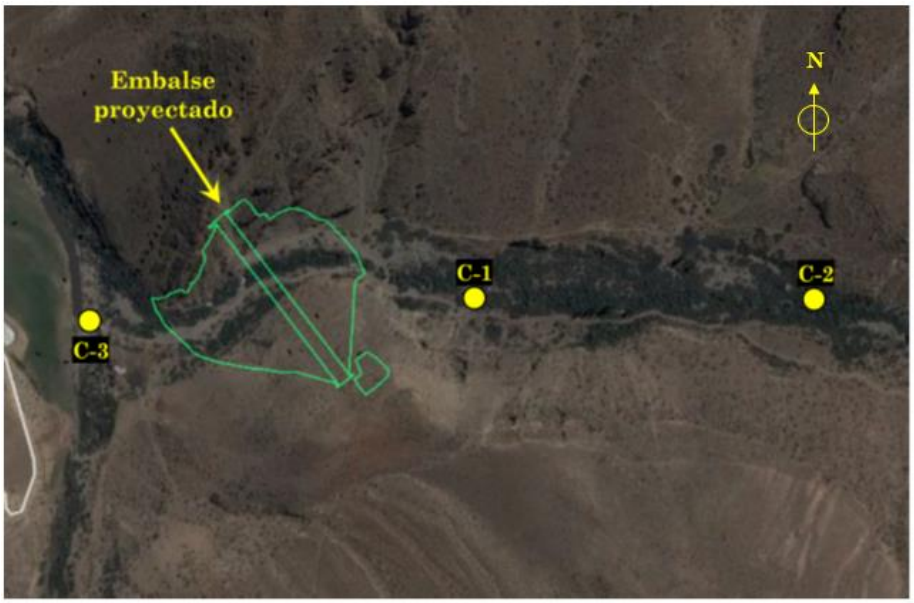


FIGURA 5.3.3.1-2
UBICACIÓN DE CALICATAS DE EXPLORACIÓN
Fuente: Elaboración propia.

5.3.3.2. Ensayes de Laboratorio

Desde las paredes de la Calicata C-1 se extrajo muestras para ser analizadas en laboratorio. Los ensayos realizados son: Granulometría, Límites de Atterberg, Clasificación USCS y Densidad de Partículas Sólidas, los que se muestran en el Informe de Ensayos de Mecánica de Suelos emitido por LABSAI, adjunto en el Anexo 5-2.

La muestra ensayada fue tomada desde la Calicata C-1 a una profundidad entre 2.0 y 2.50 m. La muestra clasificó como GP (grava uniforme), según el *Unified Soil Classification System*, lo que da cuenta de un predominio de suelos granulares gruesos (gravas), con contenido de finos bajo tamiz 0.074 mm no mayor a 4%. Estos resultados son típicos para depósitos fluviales, como es el caso en estudio, y se condicen con los obtenidos para el sitio Tranca Morada.

5.3.3.3. Resultados Obtenidos

A partir de la exploración geotécnica antes comentada, y ensayes de granulometría in situ y de laboratorio, se obtienen los resultados mostrados en el Cuadro 5.3.3.3-1.

CUADRO 5.3.3.3-1
DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

Profundidad (m)	Descripción
0.00 – 11.50	Grava arenosa con algo de limo color grisáceo a café, compacidad baja a alta, humedad baja a alta, finos de plasticidad baja a nula. Las gravas son de formas angulosas a subredondeadas, y se presentan bolones de tamaño máximo 32". Se observan raicillas dispersas. En el Sondaje S-3 presenta un conglomerado hasta los 25 m de profundidad. Éste es color café, cementación fuerte. Las gravas son de formas subredondeadas a subangulosas, de tamaño máximo 1".
11.50 – 23.00	Roca sedimentaria a arena gravosa fuertemente cementada color café claro. Las gravas son de formas subredondeadas a angulosas, de tamaño máximo 1".
20.00 – 23.00	Grava arenosa color café, compacidad media, humedad alta. Las gravas son de formas redondeadas a subredondeadas, de tamaño máximo 4".
23.00 – 36.50	Roca sana color gris azulino, dureza media a alta, medianamente fracturada.

Nivel freático: Se detecta nivel freático en los sondajes a 7.0 m de profundidad, en fecha de realizadas las exploraciones (24 de julio al 11 de agosto de 2017).
En Calicatas, no fue posible detectar la presencia del nivel freático a la fecha de realizadas las exploraciones (10 de agosto de 2017).
Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Capacidad de Infiltración Global del Subsuelo Sitio Tranca Morada

5.3.4.1. Resultados y Análisis de Ensayos Lefranc

Según los resultados obtenidos de los ensayes de Lefranc para cada sondaje y considerando la hipótesis de cilindro alargado para determinar el coeficiente de permeabilidad en suelos (González *et al.*, 2002), se tienen los coeficientes de permeabilidad mostrados en el Cuadro 5.3.4.1-1.

CUADRO 5.3.4.1-1
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Sondaje	Profundidad (m)	Coeficiente de Permeabilidad (cm/s)
S-1	15,0 – 16,0	$4{,}1 \times 10^{-3}$
	19,0 – 20,0	$2{,}8 \times 10^{-3}$
	24,5 – 25,5	$4{,}1 \times 10^{-3}$
	29,0 – 30,0	$2{,}9 \times 10^{-3}$
	33,5 – 34,5	$3{,}9 \times 10^{-4}$
S-2	15,0 – 15,5	$6{,}3 \times 10^{-4}$
	19,5 – 20,0	$4{,}5 \times 10^{-3}$
	25,0 – 26,0	$5{,}4 \times 10^{-3}$
	29,0 – 30,0	$3{,}0 \times 10^{-3}$
	33,5 – 34,5	$3{,}9 \times 10^{-4}$
	40,0 – 40,5	$6{,}1 \times 10^{-4}$

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados, y según los parámetros de nivel de permeabilidad propuesta por Terzaghi y Peck (1980), los suelos ensayados al interior de ambos sondajes presentan en general, una permeabilidad moderada, típica de suelos gravo arenosos.

5.3.4.2. Resultados y Análisis de Ensayos Lugeon

Para el caso de la determinación de permeabilidad en medios rocosos, mediante el Ensayo de Lugeon es posible determinar la admisión de caudal a través de las aperturas, espaciamientos y rellenos presentes en la familia de discontinuidades existentes. Así, mediante la Unidad de Lugeon (U.L.= 1 L/m x min) se consigue clasificar el macizo rocoso y deducir el tipo de comportamiento de éste frente a las infiltraciones (González *et al.*, 2002).

Así, para los ensayes de Lugeon ejecutados al interior de cada sondaje, se tienen los resultados mostrados en el Cuadro 5.3.4.2-1.

CUADRO 5.3.4.2-1
PERMEABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO

Sondaje	Profundidad (m)	Permeabilidad (U.L.)
S-1	49,0 – 54,0	0,84
S-2	50,0 – 55,0	0,52

Según Olalla y Sopeña (visto en González *et al.*, 2002) para las Unidades de Lugeon obtenidas, el macizo rocoso es muy impermeable, y su comportamiento es de circulación laminar (ver Gráficos 5.3.4.2-1 y 5.3.4.2-2), por lo cual es factible la limpieza de las discontinuidades a una fuerte presión.

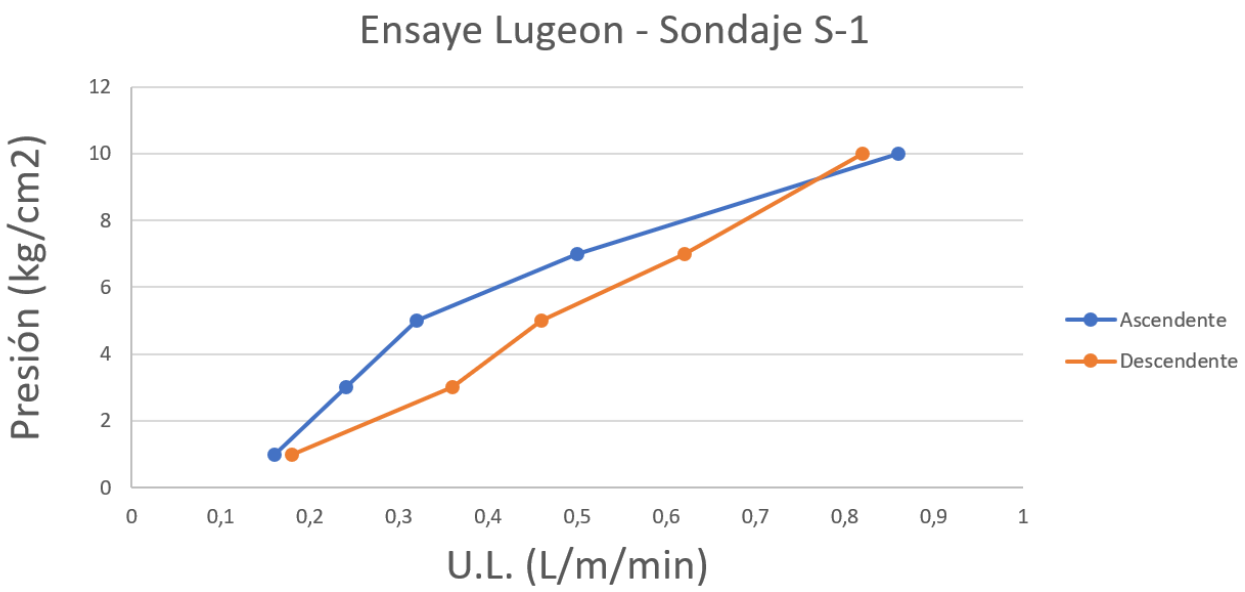


GRÁFICO 5.3.4.2-1
COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN MACIZO ROCOSO. SONDAJE S-1
Fuente: Elaboración propia.

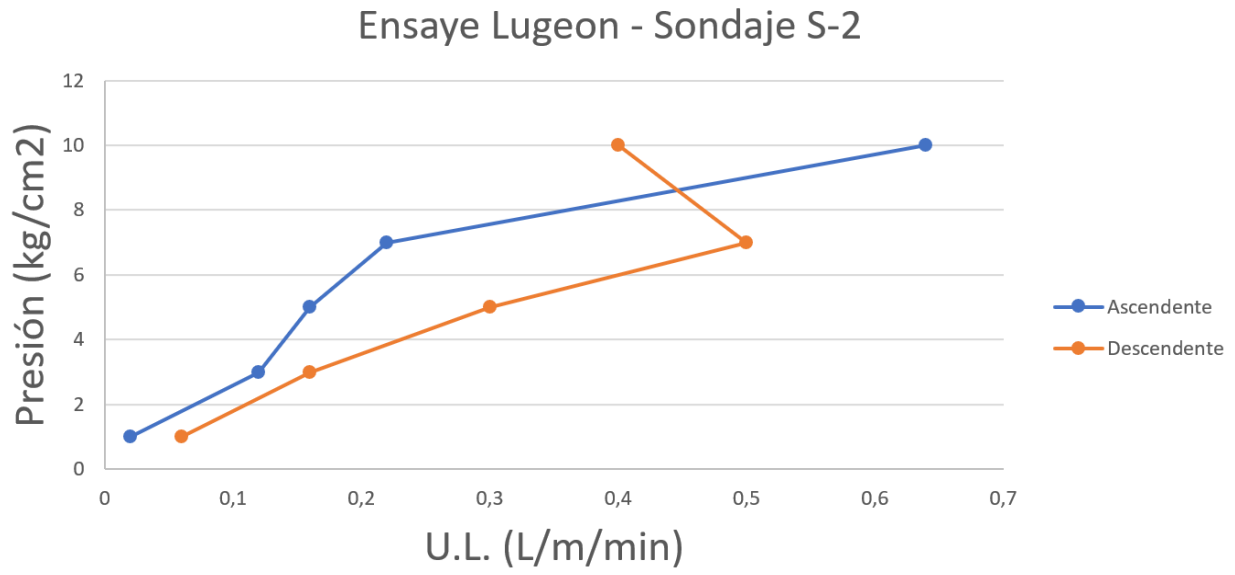


GRÁFICO 5.3.4.2-2
COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN MACIZO ROCOSO. SONDAJE S-2
Fuente: Elaboración propia.

5.3.5. Capacidad de Infiltración Global del Subsuelo Sitio San Miguel Alto

5.3.5.1. Resultados y Análisis de Ensayos Lefranc

Según los resultados obtenidos de los ensayes de Lefranc para cada sondaje y considerando la hipótesis de cilindro alargado para determinar el coeficiente de permeabilidad en suelos (González *et al.*, 2002), se tienen los coeficientes de permeabilidad mostrados en el siguiente cuadro.

CUADRO 5.3.5.1-1
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Sondaje	Profundidad (m)	Coeficiente de Permeabilidad (cm/s)
S-3	7,0 – 8,0	$2,3 \times 10^{-4}$
	11,5 – 12,5	$3,5 \times 10^{-4}$
	16,0 – 17,0	$2,3 \times 10^{-4}$
	22,0 – 23,0	$2,0 \times 10^{-4}$
S-4	14,0 – 15,0	$3,6 \times 10^{-4}$
	19,0 – 20,0	$2,2 \times 10^{-4}$

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5.2. Resultados y Análisis de Ensayos Lugeon

Para el caso de la determinación de permeabilidad en medios rocosos, mediante el Ensayo de Lugeon es posible determinar la admisión de caudal a través de las aperturas, espaciamientos y rellenos presentes en la familia de discontinuidades existentes. Así, mediante la Unidad de Lugeon se consigue clasificar el macizo rocoso y deducir el tipo de comportamiento de éste frente a las infiltraciones (González *et al.*, 2002).

Así, para los ensayes de Lugeon ejecutados al interior de cada sondaje, se tienen los resultados del Cuadro 5.3.5.2-1.

CUADRO 5.3.5.2-1
PERMEABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO

Sondaje	Profundidad (m)	Permeabilidad (U-L.)
S-3	31,5 – 36,5	0,21
S-4	27,0 – 32,0	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Según Olalla y Sopeña (visto en González *et al.*, 2002) para las Unidades de Lugeon obtenidas, el macizo rocoso es muy impermeable, y su comportamiento es de circulación laminar, donde puede ocurrir colmatación a mayores presiones, con una mínima admisión de caudal para el macizo rocoso ensayados en Sondaje S-4 (ver Gráficos 5.3.5.2-1 y 5.3.5.2-2).

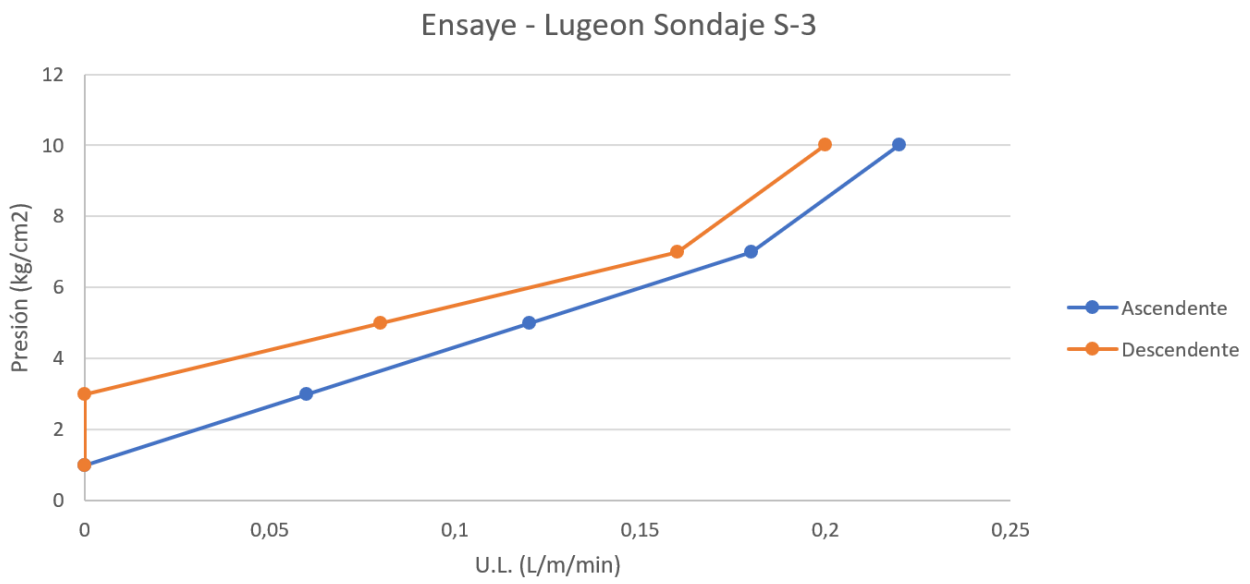


GRÁFICO 5.3.5.2-1
COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN MACIZO ROCOSO. SONDAJE S-3
Fuente: Elaboración propia.

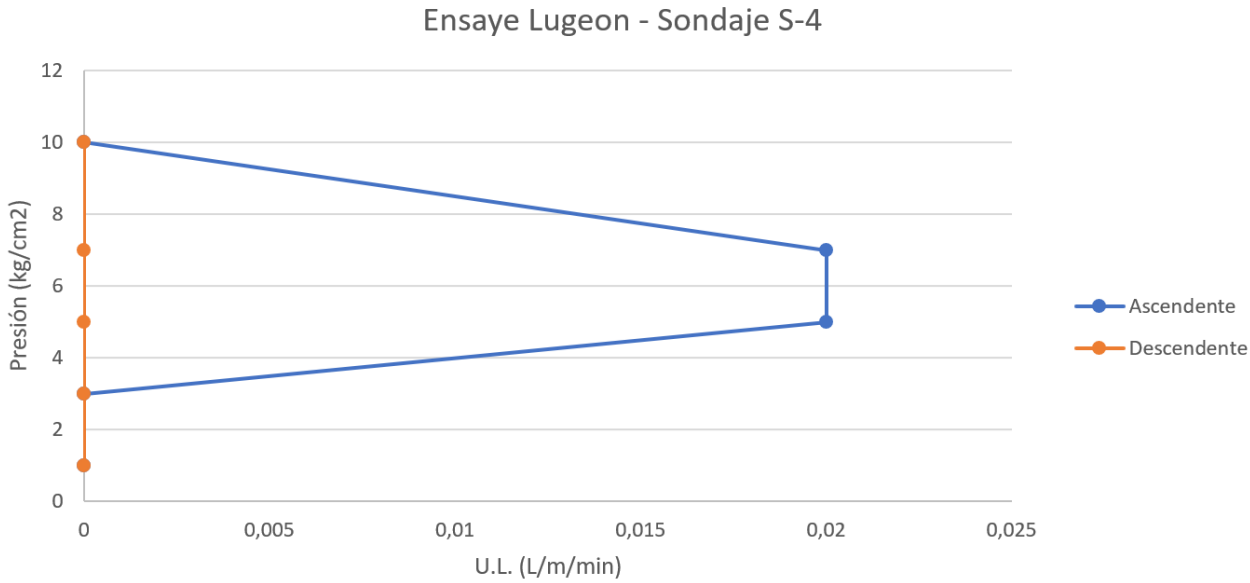


GRÁFICO 5.3.5.2-2
COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN MACIZO ROCOSO. SONDAJE S-4
Fuente: Elaboración propia.

5.3.6. Resultado y Análisis de Macrogranulometría Sitio Tranca Morada

Con el objetivo de estudiar la calidad del material de empréstito para la ejecución del embalse, se realizó un ensaye de Macrogranulometria en la Calicata C-1, entre los 1.50 y 3.00 m de profundidad, mostrados en el Cuadro 5.3.6-1.

CUADRO 5.3.6-1
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MATERIAL DE CALICATA 1 (ESTRATO 3)

ASTM	Tamiz NCh	% que pasa en peso
19”	-	92
13”	-	85
11”	-	82
9”	-	80
7”	-	77
5"	127 mm	75
4"	100 mm	71
3"	80 mm	68
2 ½"	63 mm	65
2"	50 mm	60
1 ½"	40 mm	55
1"	25 mm	49
3/4"	20 mm	44
3/8"	10 mm	36
Nº4	5 mm	31
Nº10	2 mm	23
Nº40	0,50 mm	6
Nº200	0,08 mm	2

Fuente: Elaboración propia.

Según la exploración realizada a la profundidad de muestreo, el suelo muestreado corresponde a una grava arenosa de compacidad media. Las gravas son de formas redondeadas a subangulosas.

De los resultados obtenidos, se observa que la distribución de partículas según tipo de suelo que se muestra en el Cuadro 5.3.6-2.

De esto se puede observar que el material es apto para ser transportado desde el empréstito hasta la zona de ejecución del embalse, esto debido a que la mayor parte del material se encuentra bajo las 19”, dimensiones aptas para ser trasladas en camiones tolva. Asimismo, se cuenta con un 82% de material bajo las 9” y prácticamente nulo contenido de finos (no superior al 2%), lo cual da indicios de un material apto para ser utilizado para la construcción del embalse, lo que debe ser evaluado por el proyectista del embalse.

Por otro lado, el material granular grueso (gravas) posee una buena graduación, lo cual constituye una menor permeabilidad a través de la presa conformada.

CUADRO 5.3.6-2
DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS

Malla o Tamiz	Tipo de Suelo	% presente
> 19”	-	8
19” – 3”	Bolones	24
3” – N°4	Gravas	37
N°4 – N°200	Arenas	29
< N°200	Limos y arcillas	2

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, y según las exploraciones, el material correspondiente a grava arenosa puede ser excavado con la maquinaria convencional (excavadora), y según las prospecciones profundas, este material se encuentra a una profundidad aproximada de 13.0 m.

5.3.7. Resultado y Análisis de Macrogranulometría Sitio San Miguel Alto

Con el objetivo de estudiar la calidad del material de empréstito para la ejecución del embalse, se realizó un ensaye de Macrogranulometria en la Calicata C-2, entre los 0.00 y 1.50 m de profundidad, mostrados en el Cuadro 5.3.7-1.

CUADRO 5.3.7-1
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MATERIAL DE CALICATA 2 (ESTRATO 1)

ASTM	Tamiz NCh	% que pasa en peso
14”	-	90
13”	-	80
11”	-	79
9"	-	75
7"	-	70
5"	127 mm	69
4"	100 mm	67
3"	80 mm	60
2 ½"	63 mm	55
2"	50 mm	50
1 ½"	40 mm	46
1"	25 mm	40
3/4"	20 mm	35
3/8"	10 mm	30
Nº4	5 mm	26
Nº10	2 mm	20
Nº40	0,50 mm	15
Nº200	0,08 mm	8

Fuente: Elaboración propia.

Según la exploración realizada a la profundidad de muestreo, el suelo muestreado corresponde a una grava arenosa de compacidad baja. Las gravas son de formas subredondeadas a angulosas.

De los resultados obtenidos, se observa que la siguiente distribución de partículas según tipo de suelo que se muestra en el Cuadro 5.3.7-2.

CUADRO 5.3.7-2
DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS

Malla o Tamiz	Tipo de Suelo	% presente
> 14”	-	10
14” – 3”	Bolones	30
3” – N°4	Gravas	34
N°4 – N°200	Arenas	18
< N°200	Limos y arcillas	8

Fuente: Elaboración propia.

De esto se puede observar que el material es apto para ser transportado desde el empréstito hasta la zona de ejecución del embalse, esto debido a que la mayor parte del material se encuentra bajo las 14”, dimensiones aptas para ser trasladas en camiones tolva. Asimismo, se cuenta con un 75% de material bajo las 9” y prácticamente nulo contenido de finos (no superior al 8%), lo cual da indicios de un material apto para ser utilizado para la construcción del embalse, lo que debe ser evaluado por el proyectista del embalse.

Por otro lado, el material granular grueso (gravas) posee una buena graduación, lo cual constituye una menor permeabilidad a través de la presa conformada.

Finalmente, y según las exploraciones, el material correspondiente a grava arenosa puede ser excavado con la maquinaria convencional (excavadora), y según las prospecciones profundas, este material se encuentra a una profundidad aproximada de 11.5 m.

5.3.8. Calidad del Macizo Rocoso Sitio Tranca Morada

En consideración a los valores del Índice RQD para las exploraciones profundas realizadas en el sector de Tranca Morada, se observa que a lo largo de los últimos 9 m del sondaje S-1, el macizo rocoso presenta varios grados de fragmentación en los testigos recuperados, pudiendo otorgar a la roca una calidad mala a muy buena. Por otro lado, de forma similar, se observa que los fragmentos de roca recuperados del sondaje S-2, también poseen variados grados de fragmentación, que en resumen permiten determinar una calidad media a muy buena del macizo rocoso. En particular, entre las profundidades 49.50 a 51.00 m, la calidad de la roca es muy mala, con un índice RQD de 0%, lo que se puede corroborar con los testigos presentes en el Anexo 5-2.

De esto se observa que el macizo rocoso es un buen basamento de apoyo para la colocación de un embalse, tanto por capacidad de soporte como de permeabilidad (ver Acápite 5.2).

5.3.9. Calidad del Macizo Rocoso Sitio San Miguel Alto

En consideración a los valores del Índice RQD para las exploraciones profundas realizadas en el sector de San Miguel Alto, se observa que a lo largo de los primeros 7 m del sondaje S-3, el macizo rocoso presenta grados de fragmentación en los testigos recuperados, los cuales se pueden asociar a una roca de calidad buena a muy buena, mientras que los últimos 3 m del sondaje se pueden cualificar a la roca como un macizo de calidad media, con valores RQD entre 13 a 38%. En cuanto a los resultados del sondaje S-4, en general, los testigos presentan longitudes mayores a 10 cm, pudiendo determinar la calidad de la roca como muy buena.

De esto se observa que el macizo rocoso es un buen basamento de apoyo para la colocación de un embalse, tanto por capacidad de soporte como de permeabilidad (ver Acápite 5.2).

5.3.10. Comentarios Generales

Con los resultados y antecedentes mencionados en el presente estudio, se observan distinciones claras en las características del subsuelo y macizo rocoso de las zonas estudiadas.

Por un lado, el sector de Tranca Morada presenta un suelo medianamente permeable, del tipo gravo arenoso, con un 32% de partículas mayores a 80 mm y 37% de gravas. Y en cuanto la roca detectada, ésta se presenta desde los 40.0 m de profundidad aproximadamente, con una calidad mala a muy buena, incluso observándose índices de RQD de 0% en el sondaje S-2. En cuanto a la conductividad hidráulica en esta zona, el macizo rocoso es muy impermeable, y el flujo de agua dentro de las discontinuidades es de forma laminar, con limpieza y fisuras a fuerte presión.

En cuanto al sector de San Miguel Alto, se aprecia un suelo poco permeable, compuesto en superficie por grava areno limosa de compacidad baja con aumento en profundidad. Éste posee un 40% de material retenido en el tamiz de 3” y posee un 34% de gravas. La roca en esta zona se aprecia desde los 23.0 m de profundidad, y posee una calidad buena a muy buena. Finalmente, el macizo rocoso se presenta muy impermeable, y el flujo posible dentro de las discontinuidades es del tipo laminar, con colmatado a fuerte presión.

De lo anteriormente expuesto, se puede comentar que el sector de San Miguel Alto posee características ventajosas con respecto a Tranca Morada, para su uso como zona de acumulación de recursos hídricos mediante un embalse.

5.4. Estudio Geofísico

5.4.1. Antecedentes Generales

Se ejecutaron 101 sondajes geofísicos distribuidos en 51 Sondajes Eléctricos Verticales (SEV), y 50 sondajes electromagnéticos (SEM).

Ambos métodos entregan una columna de resistividad vertical en que se identifican las resistividades del subsuelo y su profundidad, asociadas a cada estrato que lo conforma.

Debido a que la información que alcanza en profundidad el método electromagnético es mayor que la que se obtiene con el método SEV se mantuvo como estrategia destinar los sondeos electromagnéticos a la parte más baja del valle en donde se espera una mayor profundidad para la roca basal. No obstante, se efectuaron interposiciones de ambos métodos en algunos sectores.

5.4.2. Metodologías

5.4.2.1. Metodología Sondajes Eléctricos Vertical (SEV)

a) Características

Este método tiene como objetivo investigar la distribución vertical de resistividades eléctricas bajo el punto central del dispositivo usado.

La condición teórica ideal para la aplicación del método de Sondajes Eléctricos es que el subsuelo corresponda a una formación de capas homogéneas y además planas y paralelas entre sí y al suelo superficial. Además, el método se caracteriza por presentar una resolución bastante aceptable en el caso de capas inclinadas.

A fin de medir en terreno los parámetros a interpretar, se usa un sistema doble de electrodos, tanto de emisión (A B) como de recepción (M N). Leyendo la corriente entregada en A B y el potencial en M N es posible determinar a través de correcciones geométricas un valor de resistividad aparente para profundidades crecientes.

El sistema electródico usado en esta oportunidad fue el tipo "Schlumberger", que resulta ser más adecuado para este tipo de prospecciones.

Las resistividades aparentes obtenidas durante el desarrollo del estudio se llevan en coordenadas bilogarítmicas a un gráfico contra la apertura de los electrodos transmisores AB/2. La curva obtenida, constituye el dato de terreno que luego se usa en la interpretación de los SEV.

Esto último se logra a través de un software computacional especialmente desarrollado, por el autor de este informe, para este tipo de trabajo y de sistemas numéricos sofisticados que implica iterar las numerosas soluciones posibles.

b) Resistividad y Equivalencia Logarítmica

La resistividad de los medios no depende en general de los agregados sólidos que lo componen, ya que normalmente los minerales constitutivos de las rocas (silicatos) son perfectamente aislantes.

La excepción a este caso general la constituyen los minerales conductores tales como algunos sulfuros, metales nativos, grafito y en cierta medida las arcillas por fenómenos de polarización de las moléculas adheridas de agua.

Sin embargo, todos los medios geológicos presentan mayor o menor porosidad y/o fracturas, que al estar rellenas con electrólitos les dan un carácter conductor. A su vez, el aumento en los poros de la concentración de las sales, disueltas en los fluidos, hace aumentar considerablemente el carácter conductor de las rocas.

Es por ello que en general la resistividad de un medio estará asociada a su porosidad y al contenido de electrólitos o arcillas.

En el Cuadro 5.4.2.1-1 se muestra los rangos normales de resistividades que se encuentran en las formaciones que se señalan. No obstante que existen publicaciones con rangos de resistividades diferentes para los distintos medios, el rango de resistividades de este cuadro corresponde a los rangos observados en los numerosos proyectos dentro de Chile.

CUADRO 5.4.2.1-1
RESISTIVIDADES EN MEDIOS NATURALES

Suelos	Resistividades (Ω-m)
Margas	1 – 10
Arcillas	1 – 20
Limos	$1 – 10^2$
Arenas	$20 – 10^3$
Gravas	$20 – 10^4$
Agua Dulce	$30 – 10^3$
Agua Salada	0,1 – 1
Rocas Consolidadas	$10^3 – 10^5$

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.2. Metodología Electromagnética

a) Características

La metodología electromagnética STRATAGEM desarrollado por GEOMETRICS, USA, investiga las resistividades del subsuelo a profundidades mayores que 500 m presentando grandes ventajas comparativas con otros métodos similares tales como el TEM.

"El sistema STRATAGEM resuelve la adquisición de datos realizados con instrumental TEM y MT reemplazando simultáneamente a ambos. Procesa los datos superficiales del primero usando una antena externa que energiza toda el área de investigación y toma los datos del segundo, MT de gran profundidad, procesando todas las señales naturales de baja frecuencia".

Se trata de un instrumental híbrido que remplaza ambas tecnologías por una sola. Por otra parte presenta mejor resolución que aquellos ya que no depende de la configuración del loop de corriente, situación que hace al TEM muy vulnerable a los cambios topográficos. Se debe tener presente que esta última modalidad requiere necesariamente de una coplanaridad del loop de corriente en terreno situación que no puede resolverse en el estudio de valles y quebradas generando una gran imprecisión.

Esta técnica denominada "Scaneo Electromagnético Stratagem"" y que remplaza las tradicionales técnicas TEM y Magnetoltelúrica, muestrea los campos eléctricos y magnéticos escalares creados en el subsuelo a partir de corrientes naturales, artificiales y/o mixtas, (antecedentes del equipo se acompañan más abajo).

El producto a entregar corresponde a secciones de resistividad del subsuelo cuyos valores y profundidades corresponden a los deducidos de campos magnéticos y eléctricos creados por las frecuencias de transmisión del instrumento, más aquellas naturales que pueda recibir el equipo, ajustadas para cada estación. Se trata de secciones de inversión 2-D para cada perfil en dos modalidades, inversión con todos los dipolos medidos e inversión interpolada.

El método Audio-magnetotelurico (AMT STRATAGEM) usa campos electromagnéticos naturales para investigar la conductividad eléctrica del subsuelo. Las fuentes naturales más conocidas de AMT tienen frecuencias sobre un Hertz y provienen de tormentas o descargas eléctricas alrededor del planeta. Estas descargas irradian poderosos campos electromagnéticos, EM, que se propagan a gran distancia. Para los efectos de evaluar estos campos debemos suponer que en la superficie estos se comportan prácticamente como ondas planas y además que la mayor parte de la energía se refleja pero con un pequeño remanente que se propaga verticalmente hacia abajo.

En superficie, la amplitud, fase y las relaciones direccionales entre los campos eléctricos, E, y magnético, H y B, dependen de la distribución de la conductividad eléctrica en el subsuelo (Vozoff, 1991).

Para estudios como el realizado en esta oportunidad, se usan 4 canales por lo que el equipo construido por Geometrics resulta bastante idóneo.

El sistema Geometrics EH-4 Audio-magneto telúrico (AMT) viene con una fuente controlada para llenar el rango de frecuencias (450-4.500 Hz), en dónde la intensidad de la señal se encuentra a menudo bajo los límites de detección del instrumento.

Los parámetros medidos por el EH-4, AMT, son el campo eléctrico en la dirección x, Ex, y el campo magnético en la dirección y, Hy. También se miden los campos ortogonales a los anteriores, esto es, Ey y Hx.

b) Teoría Electromagnética

El tensor (Z) de la impedancia AMT tiene 4 componentes complejas que relacionan los campos medidos, eléctricos (E) y magnéticos (H):

(1)

Las impedancias se calculan a partir de los datos espectrales obtenidos en terreno usando como referencia un campo magnético local H.

(2)

(3)

(4)

(5)

(Dónde R* es el campo de referencia local.)

A partir de las impedancias se determinan las resistividades aparentes y fases usando las cuatro componentes del tensor impedancia (Zxx, Zxy, Zyx, Zyy).

Las resistividades aparentes y sus fases correspondientes se determinan usando:

(6)

(7)

Las transformadas de las profundidades de Bostick son calculadas para cada frecuencia usando:

(8)

En dónde debe usarse la transformada de Hilbert, que relaciona la resistividad aparente y su fase en grados transportados al primer cuadrante, $0 \geq Ø \geq 90°$.

(9)

Calculándose finalmente la profundidad a la que circula la fuente de frecuencia f

(10)

Una explicación más detallada y completa de la teoría, instrumental, proceso e interpretación del método AMT pueden encontrarse en Vozoff (1987) y Spies-Frischknecht (1987).

5.4.3. Instrumental

Para las mediciones SEV se utilizó el siguiente equipamiento:

- 2 Milivoltímetros de alta resolución, 0,1 mV.
- 1 Generador (900 W)
- Transmisor Corriente Continua de 1,0 kW
- Cables y estacas
- 1 Camioneta 4x4WD
- Equipos Radiales
- Para las mediciones TEM el equipo sísmico usado en este estudio es un sismógrafo GEODE digital de 24 canales, marca GEOMETRICS. Además de lo anterior se usaron los siguientes elementos:
- 1 Computador para obtención de datos.
- 24 Geófonos de sensibilidad vertical y horizontal.
- Cables sísmicos.
- Equipos de comunicación.
- Huincha, estacas de madera.
- GPS Garmin, simple.

- Equipo de golpes con martillo.
- 1 Camioneta 4 x 4.

La unidad a utilizar fue un instrumental STRATAGEM, fabricado por la empresa americana GEOMETRICS, USA. En la Fotografía 5.4.3-1 se incluyen fotografías del instrumental.





FOTOGRAFÍA 5.4.3-1
RECEPTOR DE SEÑALES ELECTROMAGNÉTICAS AFE CON ELECTRODOS Y BOBINAS MAGNÉTICAS
Fuente: Elaboración propia.

La unidad incluye bobinas magnéticas, electrodos y toda la cablería necesaria para la conexión con la unidad AFE. Se usa la misma consola correspondiente al Stratagem Standard, unidad capacitada para registrar 10 Hz a 92 kHz con un transmisor que provee 1 kHz a 70 kHz.

5.4.4. Trabajos en Terreno

5.4.4.1. Aspectos Generales

Los trabajos realizados se resumen en el Cuadro 5.4.4.1-1, las mediciones SEV y TEM fueron realizadas en paralelo por técnicos geofísicos de DPI Ingenieros.

CUADRO 5.4.4.1-1
RESUMEN TRABAJOS EN TERRENO

Fecha	Actividad
8 de Febrero de 2017	Viaje de Santiago a Monte Patria
9 de Febrero de 2017	Visita a Terreno
10 al 21 de Febrero de 2017	Mediciones SEV en terreno
13 al 21 de Febrero de 2017	Mediciones TEM en terreno
22 de Febrero	Regreso a Santiago

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.4.4.1-1 se presenta la posición referencial de las mediciones realizadas en terreno.

En el Cuadro 5.4.4.1-2 se presentan las coordenadas WGS84 de todos los Sondajes Eléctricos Verticales realizados en terreno.

Por otra parte, en el Cuadro 5.4.4.1-3 se presentan las coordenadas WGS84 de las mediciones TEM realizadas en terreno.

CUADRO 5.4.4.1-2
RESUMEN DE COORDENADAS WGS84 MEDICIONES SEV

N° SEV	ESTE	NORTE
SEV-01	350.840	6.593.576
SEV-02	339.271	6.587.410
SEV-03	349.930	6.593.234
SEV-04	349.942	6.593.286
SEV-05	349.895	6.593.279
SEV-06	349.905	6.593.221
SEV-07	339.478	6.587.014
SEV-08	349.247	6.592.759
SEV-09	346.223	6.589.942
SEV-10	348.771	6.592.028
SEV-11	338.793	6.587.000
SEV-12	347.995	6.591.452
SEV-13	347.957	6.591.234
SEV-14	348.200	6.591.349
SEV-15	347.319	6.590.637
SEV-16	347.034	6.590.389
SEV-17	346.467	6.590.167
SEV-18	348.691	6.588.368
SEV-19	348.238	6.588.591
SEV-20	346.942	6.590.488
SEV-21	347.697	6.588.957
SEV-22	347.692	6.588.991
SEV-23	347.481	6.589.051
SEV-24	347.552	6.588.994

CUADRO 5.4.4.1-2
RESUMEN DE COORDENADAS WGS84 MEDICIONES SEV

N° SEV	ESTE	NORTE
SEV-25	347.644	6.588.983
SEV-26	347.799	6.588.968
SEV-27	347.167	6.589.350
SEV-28	344.868	6.589.548
SEV-29	346.610	6.589.673
SEV-30	345.908	6.589.895
SEV-31	345.671	6.589.866
SEV-32	345.503	6.589.650
SEV-33	345.488	6.589.704
SEV-34	345.420	6.589.795
SEV-35	345.445	6.589.613
SEV-36	345.401	6.589.697
SEV-37	345.033	6.589.583
SEV-38	338.156	6.585.745
SEV-39	340.638	6.587.566
SEV-40	342.122	6.588.919
SEV-41	342.264	6.588.810
SEV-42	339.790	6.587.697
SEV-43	338.370	6.584.398
SEV-44	338.320	6.584.184
SEV-45	338.363	6.585.464
SEV-46	337.053	6.584.608
SEV-47	338.977	6.586.710
SEV-48	339.983	6.587.206
SEV-49	334.411	6.585.162
SEV-50	345.123	6.589.607
SEV-51	347.148	6.590.774

Fuente: Elaboración propia.

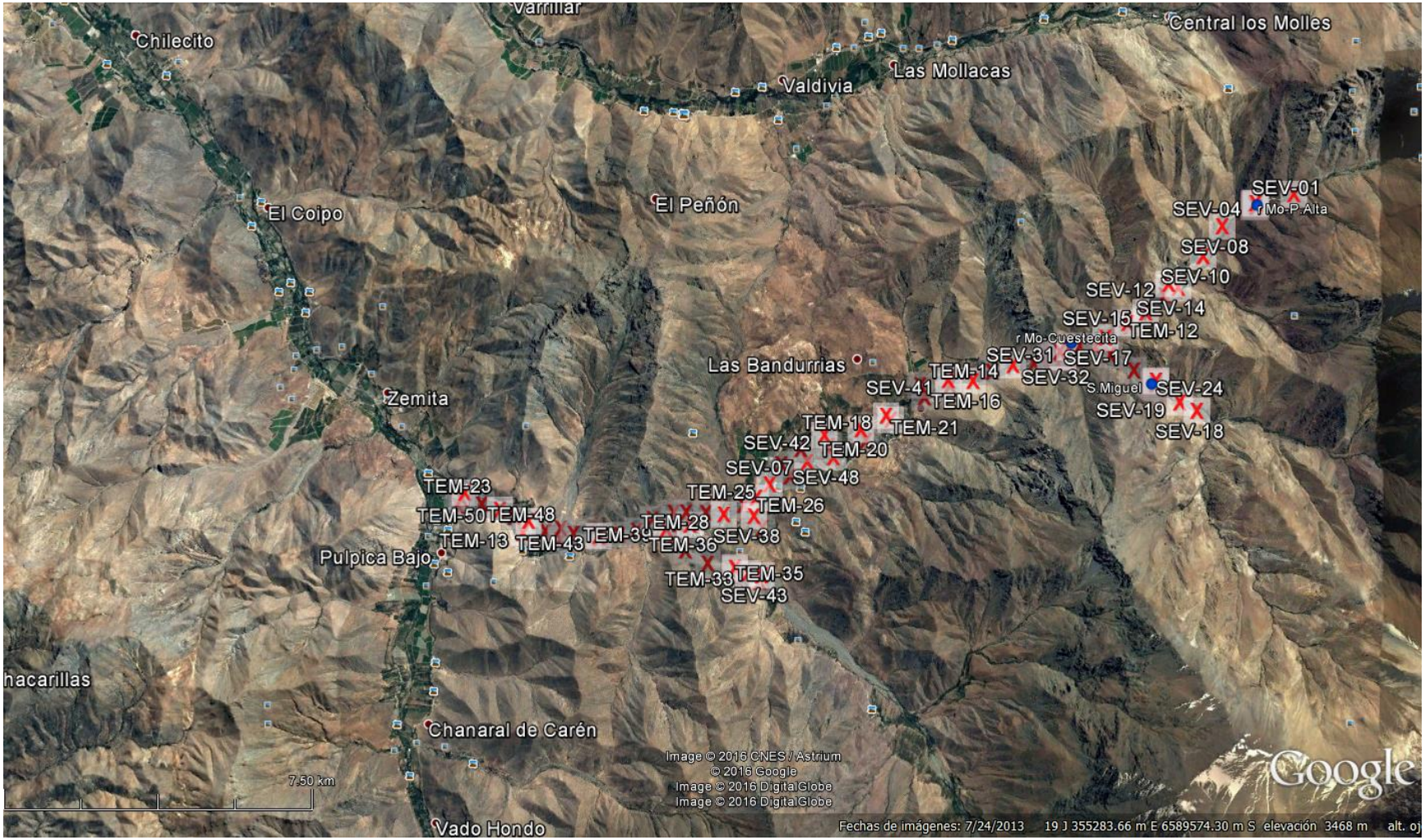


FIGURA 5.4.4.1-1
UBICACIÓN PROSPECCIONES SEV Y TEM
Fuente: Elaboración propia usando Google Earth.

CUADRO 5.4.4.1-3
RESUMEN DE COORDENADAS WGS84
MEDICIONES TEM

N° ESTACA	ESTE	NORTE
TEM-01	349.955	6.593.248
TEM-02	349.911	6.593.233
TEM-03	330.932	6.585.884
TEM-04	347.714	6.588.984
TEM-05	347.682	6.589.005
TEM-06	345.461	6.589.686
TEM-07	345.401	6.589.674
TEM-08	345.394	6.589.689
TEM-09	345.362	6.589.687
TEM-10	345.184	6.589.645
TEM-11	336.335	6.585.537
TEM-12	347.023	6.590.500
TEM-13	332.590	6.585.214
TEM-14	344.262	6.589.296
TEM-15	343.803	6.589.201
TEM-16	343.423	6.588.980
TEM-17	342.845	6.588.860
TEM-18	341.294	6.588.173
TEM-19	342.257	6.588.684
TEM-20	340.706	6.587.911
TEM-21	341.423	6.588.098
TEM-22	339.939	6.587.463
TEM-23	331.089	6.586.211
TEM-24	331.038	6.586.044
TEM-25	338.526	6.586.511
TEM-26	338.183	6.586.183
TEM-27	337.889	6.585.980
TEM-28	337.470	6.585.782
TEM-29	336.982	6.585.819
TEM-30	336.510	6.585.810
TEM-31	336.203	6.585.796
TEM-32	335.705	6.585.638
TEM-33	338.036	6.584.384
TEM-34	337.720	6.584.468
TEM-35	337.703	6.584.525
TEM-36	336.584	6.585.466
TEM-37	336.524	6.584.971
TEM-38	336.191	6.585.172
TEM-39	336.036	6.585.406
TEM-40	335.318	6.585.353
TEM-41	334.850	6.585.260
TEM-42	331.538	6.585.944
TEM-43	334.370	6.585.188
TEM-44	333.503	6.585.122

CUADRO 5.4.4.1-3
RESUMEN DE COORDENADAS WGS84
MEDICIONES TEM

N° ESTACA	ESTE	NORTE
TEM-45	333.732	6.585.290
TEM-46	333.476	6.585.292
TEM-47	333.140	6.585.272
TEM-48	332.701	6.585.512
TEM-49	332.333	6.585.624
TEM-50	331.941	6.585.798

Fuente: Elaboración propia.

5.4.4.2. Trabajos Ejecutados

a) Instalación en el Terreno

Con el fin de visualizar las actividades realizadas, se muestra en las Fotografías 5.4.4.2-1 a 5.4.4.2-10 imágenes del trabajo realizado, tanto para medir los perfiles SEV como SEM.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-1
MUESTRA EQUIPOS INSTALADOS EN SEV-6, SECTOR EMBALSE MOSTAZAL
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-2
MUESTRA PREPARATIVOS EN SEV-18, SECTOR EMBALSE SAN MIGUEL
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-3
MUESTRA UBICACIÓN DE SEV-31, SECTOR EMBALSE CUESTECITA
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-4
MUESTRA REALIZACIÓN DE SEV-39 EN SECTOR PAMPA GRANDE
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-5
MUESTRA PREPARATIVOS EN SEV-43, SECTOR TULAHUENCITO
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-6
MUESTRA EQUIPO STRATAGEM UTILIZADO EN MEDICIONES SEM
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-7
MUESTRA EQUIPO RECEPTOR INSTALADO EN SEM-12, SECTOR CUESTECITA

Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-8
MUESTRA EQUIPOS INSTALADOS EN SEM-18, SECTOR PAMPA GRANDE
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-9
MUESTRA INSTALACIÓN DE EQUIPOS EN SEM-43, AL PONIENTE DE PEDREGAL
Fuente: Equipo Consultor.



FOTOGRAFÍA 5.4.4.2-10
MUESTRA EN TOMA DE DATOS DE SEM-49, SECTOR CAREN
Fuente: Equipo Consultor.

b) Sondajes Eléctricos Verticales SEV

Se ejecutaron 51 SEV distribuidos principalmente a lo largo del valle del río Mostazal. Con la interpretación obtenida en cada uno de ellos se construyeron 4 perfiles longitudinales asociados a Río Mostazal: P-1A, P-1B; Estero san Miguel: P-2; y Sector Pedregal: P-3.

En el Cuadro 5.4.4.2-1 se entrega la identificación para cada perfil de acuerdo a los SEV construidos.

En el Anexo 5-3 se incluyen los Registros SEV.

En la Figura 5.4.4.2-1 se muestra la ubicación de los perfiles.

CUADRO 5.4.4.2-1
IDENTIFICACIÓN PERFILES REALIZADOS

PERFIL LONGITUD.	SEV	PERFIL TRANSVERS.	SECTOR
P-1A	1		Río Mostazal
	3 - 4	P-1A-1	
	5 - 6	P-1A-2	
	8		
	10		
	12 - 14	P-1A-3	
	13		
	15 - 51	P-1A-4	
P-1A	16 - 20	P-1A-5	Río Mostazal
	17		
	9		
	30		
	31		
	32 - 33 - 34	P-1A-6	
	35 - 36	P-1A-7	
	50		
	37		
	28		
P-1B	40 - 41	P-1B-1	Río Mostazal
	39		
	42 - 48	P-1B-2	
	2 - 7	P-1B-3	
	11 - 47	P-1B-4	
	38 - 45	P-1B-5	
P-2	18		Estero San Miguel
	19		
	26		
	21 - 22	P -2-1	
	25		
	24		
	23		
	27		
	29		
	9		
P-3	43 - 44	P-3-1	Pedregal
	46		
	49		

Fuente: Elaboración propia.

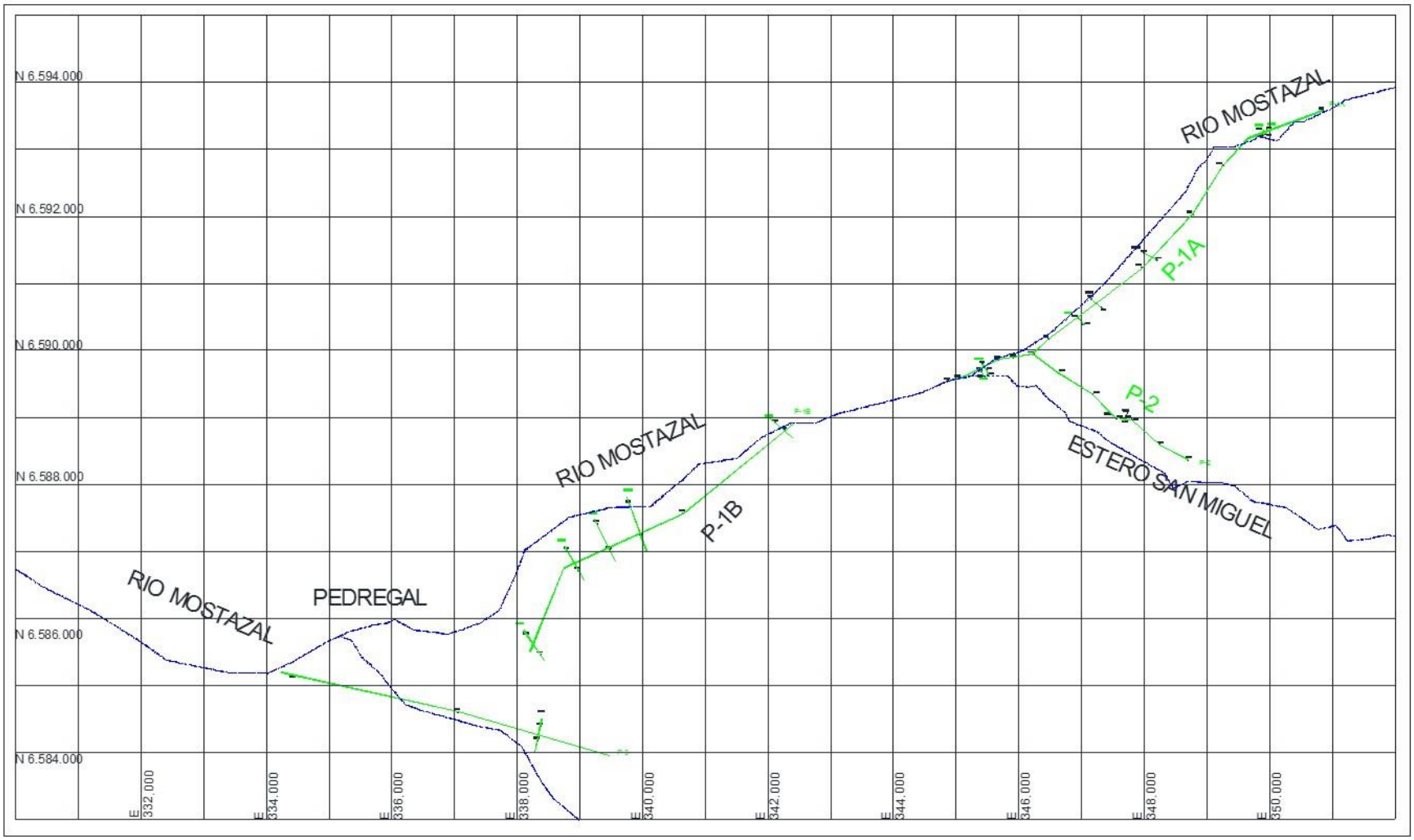


FIGURA 5.4.4.2-1
DISTRIBUCIÓN DE SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES Y PERFILES GEOELÉCTRICOS
Fuente: Elaboración propia.

c) Sondajes Electromagnéticos

Se ejecutaron 50 sondeos electromagnéticos los cuales como se dijo anteriormente se distribuyeron fundamentalmente en la zona baja en estudio del valle del río Mostazal. Con la interpretación de cada uno de ellos se construyeron 6 perfiles electromagnéticos denominados EM1 a EM6 cuyas características son resumidas en el Cuadro 5.4.4.2-2.

En el Anexo 5-3 se incluyen los Registros SEM Resistividad y en las láminas con los Resultados de la Geofísica.

Por último, en la Figura 5.4.4.2-2 entrega la distribución de los sondajes electromagnéticos construidos en las áreas investigadas.

CUADRO 5.4.4.2-2
IDENTIFICACIÓN PERFILES REALIZADOS

PERFIL LONGITUD.	SONDAJE EM	PERFIL TRANSVERS.	SECTOR
EM1	6		Río Mostazal
	7 - 8	EM1-1	
	9		
	10		
	14		
	15		
	16		
	17		
	19		
	18 - 21	EM1-2	
	20		
	22		
EM2	25		Río Mostazal
	26		
	27		
	28		
	29		
	36 - 37	EM2-1	
	30 - 11 - 38	EM2-2	
	31 - 39	EM2-3	
	32		
	40		
	41		
	43		
	45		
	44 - 46	EM2-4	
	47		
	13 - 48	EM2-5	
	49		
	50		
	42		
	3 - 24 - 23	EM2-6	

CUADRO 5.4.4.2-2
IDENTIFICACIÓN PERFILES REALIZADOS

PERFIL LONGITUD.	SONDAJE EM	PERFIL TRANSVERS.	SECTOR
EM3	33		Pedregal
	34 - 35	EM3-1	
	37		
	38		
	39		
	40		
EM4	1 - 2		Río Mostazal
EM5	12		Río Mostazal
EM6	4 - 5		Estero San Miguel

Fuente: Elaboración propia.

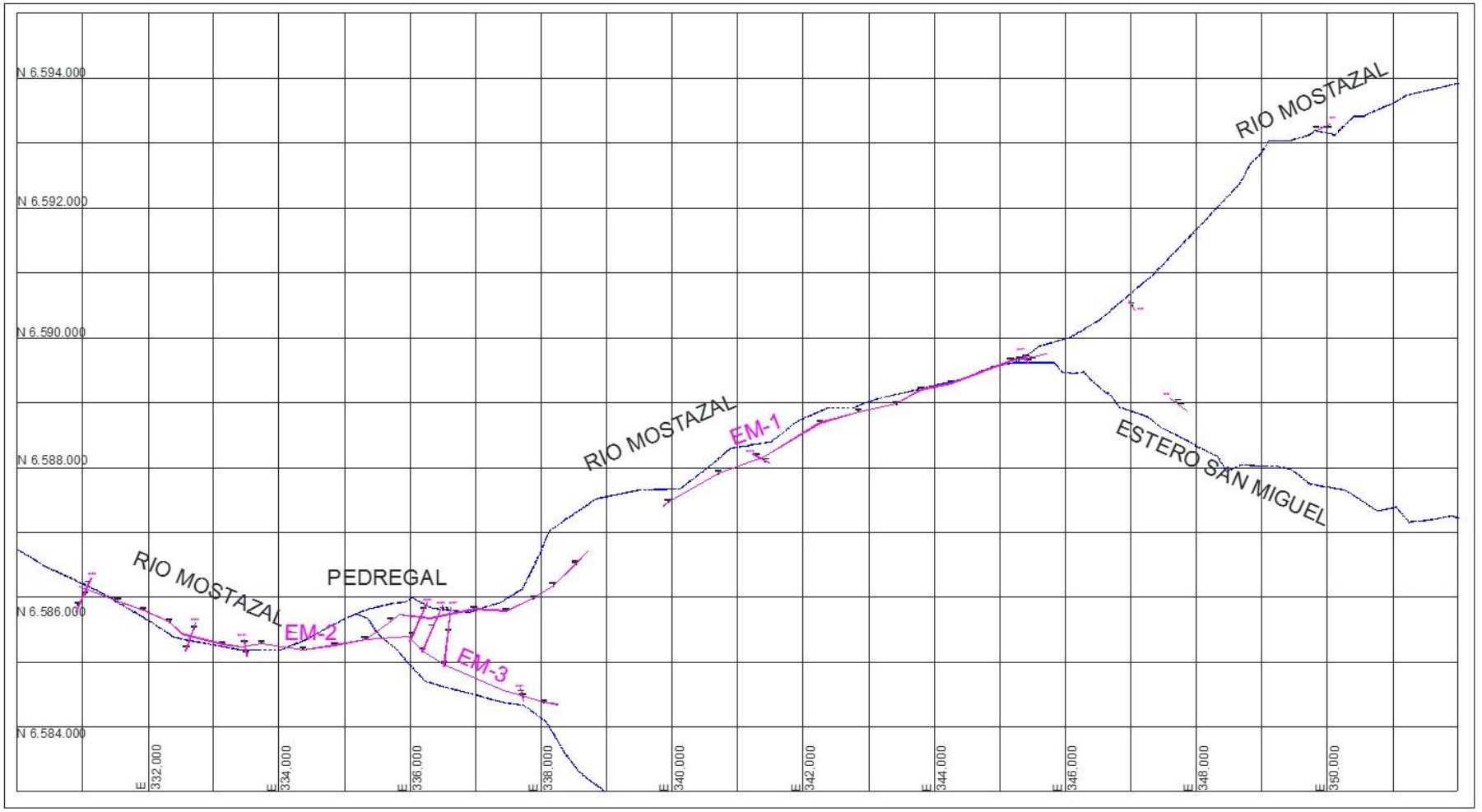


FIGURA 5.2.4.2-2
DISTRIBUCIÓN DE SONDAJES ELECTROMAGNÉTICOS Y PERFILES GEOELÉCTRICOS.
Fuente: Elaboración propia.

5.4.5. Resultados

5.4.5.1. Sondajes Eléctricos Verticales

a) Aspectos Generales

Se ejecutaron 3 perfiles longitudinales ubicados en los valles del río Mostazal, San Miguel y Pedregal, perfiles SEV-1A y SEV-1B, SEV-2 y SEV-3, respectivamente. También se ejecutaron perfiles menores, transversales a cada uno de los perfiles longitudinales mencionados.

b) Valle Río Mostazal

En este valle se construyeron los perfiles longitudinales SEV-1A y SEV-1B con longitudes respectivas de 8.000 y 6.000 m y separados entre sí 2.500 m. Transversal a los perfiles anteriores se construyeron 12 perfiles denominados SEV 1A-1 a SEV 1A-7 y SEV 1B-1 a SEV 1B-5.

- **Perfil Longitudinal SEV-1A:** El perfil SEV-1A se inicia en la parte alta del valle desde dónde se estima una alternativa para la construcción de la presa del embalse. Este perfil presenta características bien definidas a lo largo de su recorrido las cuales son:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas y parcialmente bolones. En general esta sobrecarga presenta resistividades mayores que 200 Ω-m alcanzando valores máximos de 7.000 Ω-m los cuales destacan en parte inferior de este perfil. Desde el punto de vista del contenido de aguas esta unidad refleja la presencia de sedimentos secos.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad promedio de 90 Ω-m y un espesor de 12 m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad promedio de 14,5 m.
  - Roca basal del valle a profundidad variable. Esta unidad se manifiesta a profundidades medias diferentes y que son representativas para cada tramo de un total de tres que se distinguen a lo largo de este perfil.
  - Así, por ejemplo, entre los SEV-1 a 10 la roca se encuentra a una profundidad promedio de 25m. A continuación, aguas abajo, entre los SEV-12 y 30, esta se encuentra a una profundidad promedio de 33m y finalmente, entre los SEV-11 y 28 la roca se encuentra a una profundidad promedio de 19 m. Lo anterior permite precisar el desarrollo de una pequeña cuenca en la parte central de este perfil, entre los SEV-12 y 30.
  - Es posible que esta depresión se encuentre asociada a un rasgo geoestructural del valle sin embargo no es posible determinarlo con el presente estudio dada la gran separación entre mediciones.

- Acuífero secundario desarrollado en la roca basal la cual por meteorización ha sido infiltrada. Este acuífero se manifiesta con una resistividad promedio de 98 Ω-m y un espesor de 27 m.
- En general los acuíferos desarrollados en roca presentan índices de transmisibilidad bastante más bajo que los desarrollado en graves y/o bolones.
- La profundidad que circula este acuífero confirma nuevamente la presencia de un rasgo geoestructural en la parte central del perfil. Entre los SEV-1 a 10 esta unidad se encuentra a una profundidad media de 40m. A continuación, entre los SEV-12 y 30, esta se encuentra a una profundidad media de 60m y finalmente, entre los SEV-11 y 28 se presenta a una profundidad media de 30m.

En la Figura 5.4.5.1-1 puede observarse este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y de los 2 acuíferos en rasgos generales.

- **Perfiles Transversales 1A-1 a 1A-7:** Se ejecutaron 7 perfiles transversales al perfil longitudinal SEV 1A. Estos perfiles se denominaron "Perfiles transversales 1A-1 a 1A-7" y se muestran acontinuación. Los resultados observados en las secciones respectivas confirman el modelo descrito en el perfil longitudinal:

  - Sobrecarga sedimentaria formada fundamentalmente por gravas. Esta sobrecarga presenta resistividades entre 50 y 1.800 Ω-m caracterizando sedimentos secos con valores de resistividades que aumentan en el mismo sentido que aumenta el tamaño de partícula. Tienen un espesor medio de 10m sin embargo en el perfil 1A-3 pueden observarse espesores de hasta 60 m en el relleno fluvial lo que también se observa en la parte media del perfil longitudinal SEV 1A.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad variable entre 40 y 110 y un espesor medio de 20 m. Se observa nuevamente que este nivel se desplaza directamente sobre el basamento.
  - Roca basal del valle a profundidad variable entre 2,5 y 60 m y a un promedio de 30 m. Su mayor profundidad se encuentra bajo el SEV-12, mientras que en el extremo SE del perfil 1A-5 prácticamente se encuentra aflorando.
  - Esta unidad se manifiesta con resistividades mayores que 500 Ω-m.
  - Acuífero secundario desarrollado en la roca basal por meteorización de esta. Este acuífero se manifiesta con una resistividad de 20 a 70 Ω-m y un espesor promedio de 35 m. Presenta un mayor espesor de 50 m en el perfil 1A-5.

En las Figuras 5.4.5.1-2 a 5.4.5.1-7 se pueden observar estos perfiles con la geometría de las unidades del subsuelo y los 2 acuíferos.

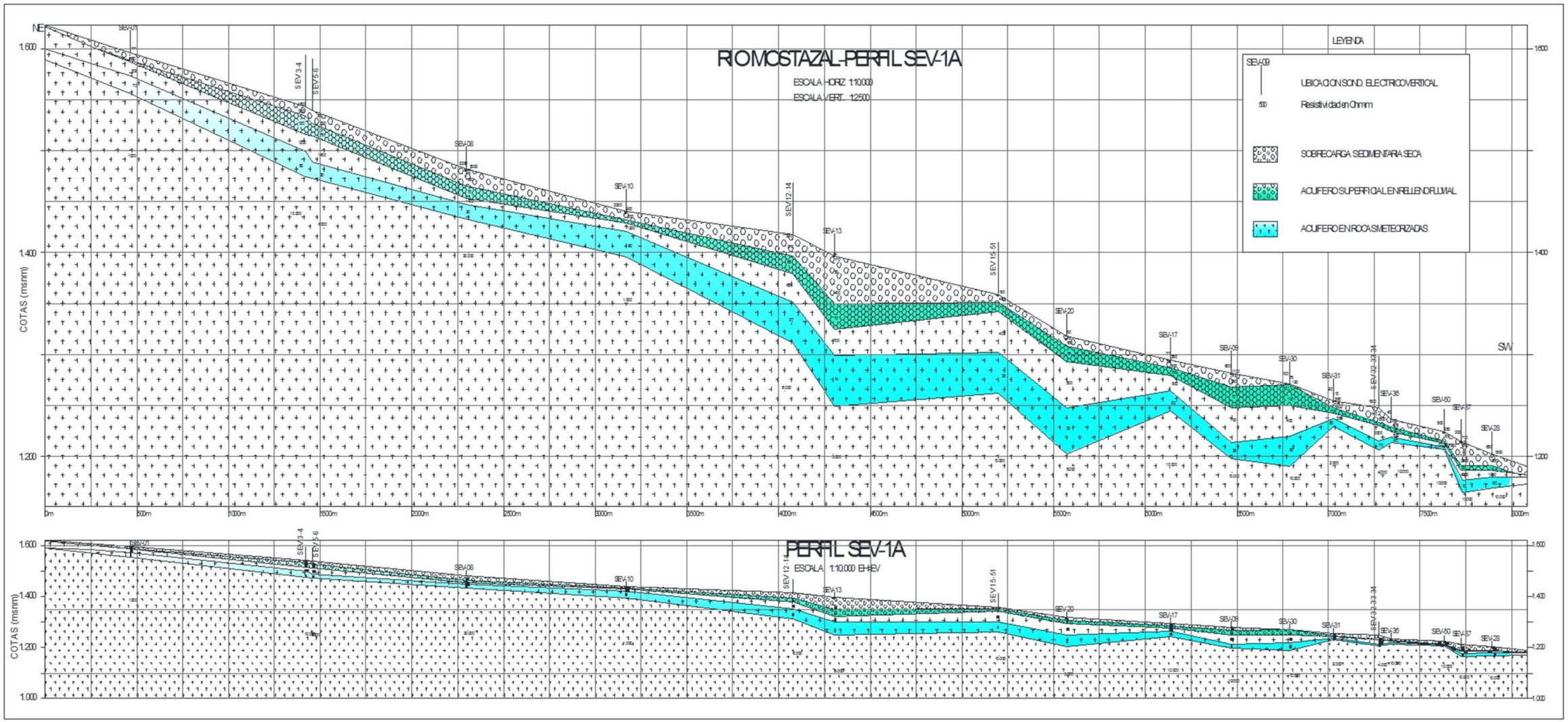


FIGURA 5.4.5.1-1
PERFIL LONGITUDINAL SEV-1A
Fuente: Elaboración propia.

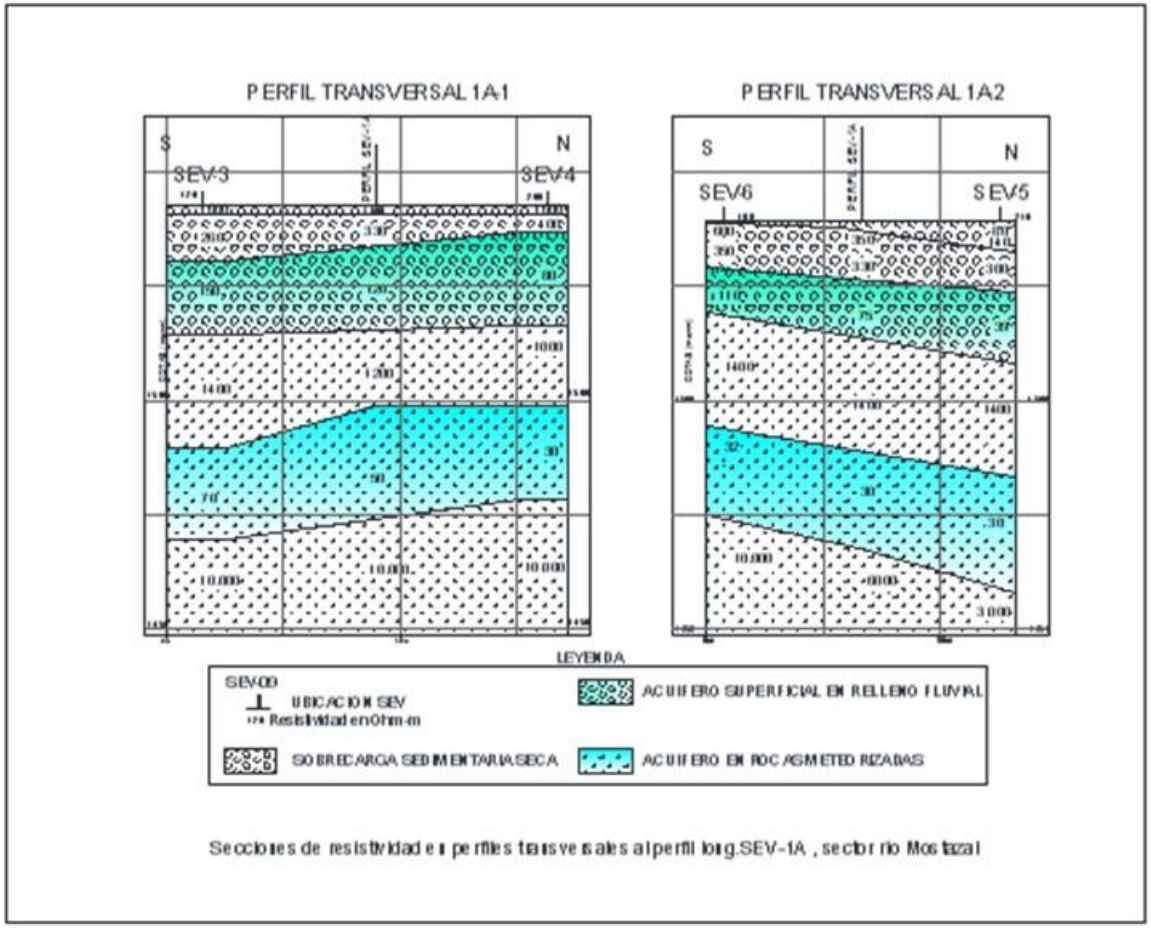


FIGURA 5.4.5.1-2
PERFIL TRANSVERSAL 1A-1 Y 1A-2
Fuente: Elaboración propia.

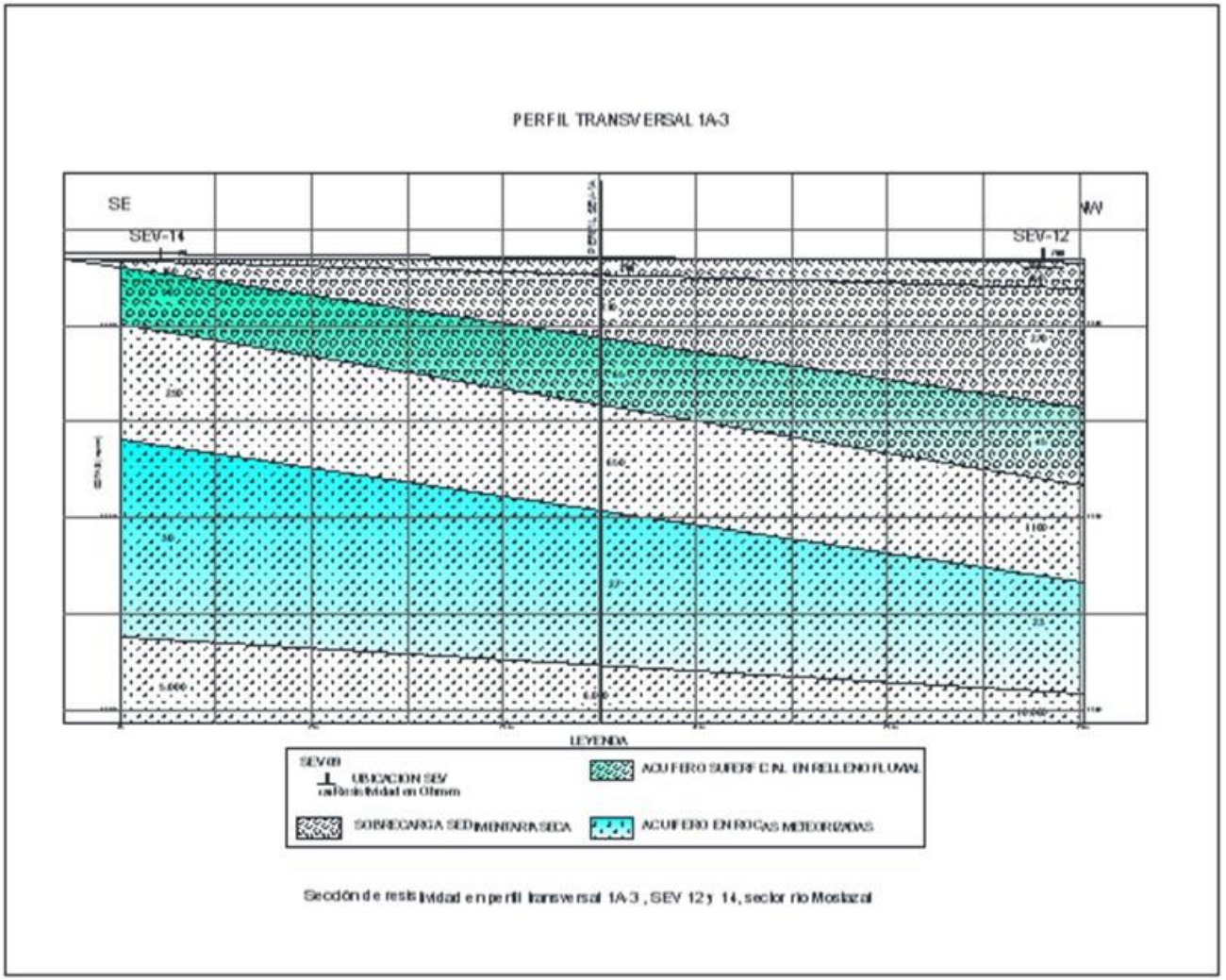


FIGURA 5.4.5.1-3
PERFIL TRANSVERSAL 1A-3
Fuente: Elaboración propia.

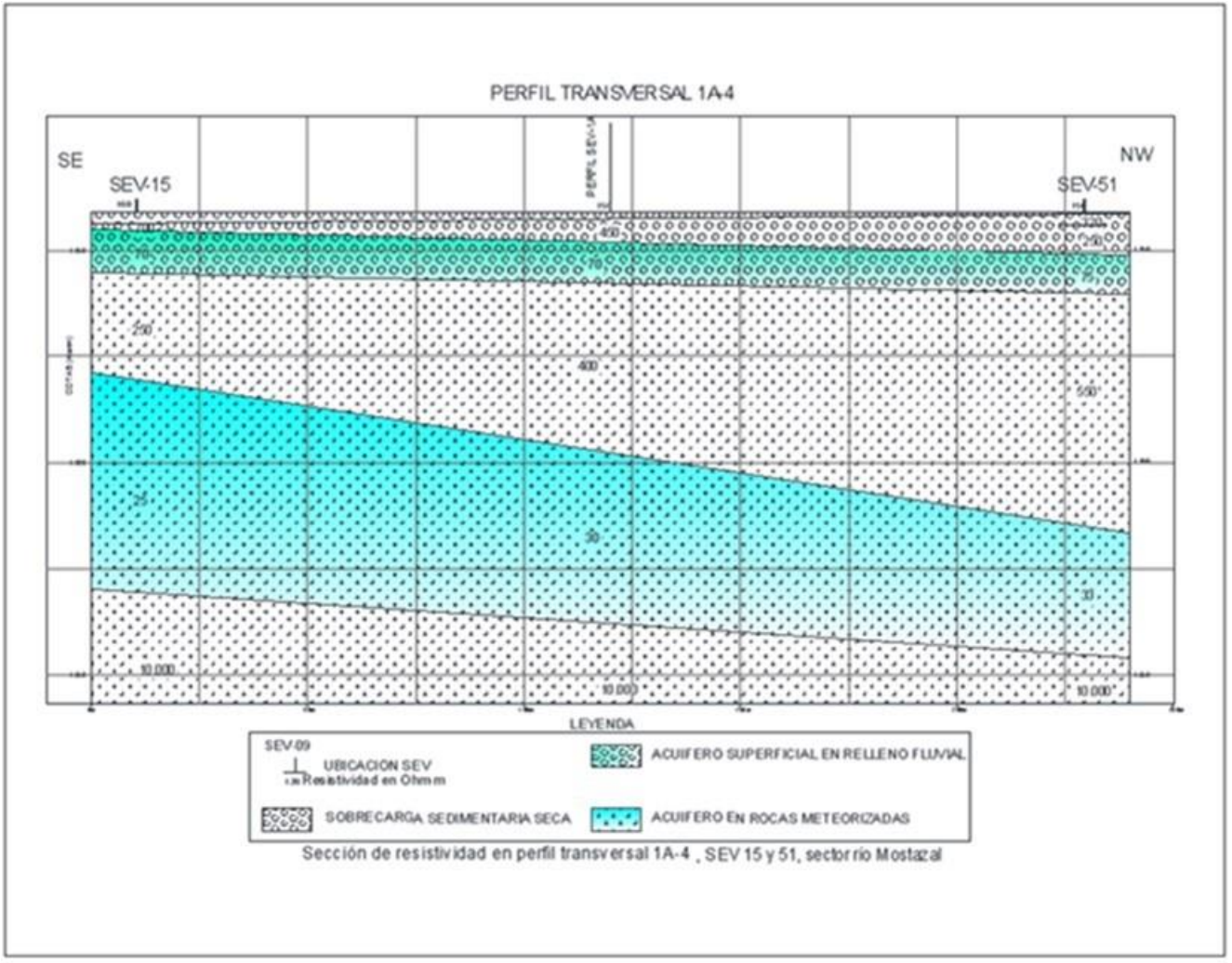


FIGURA 5.4.5.1-4
PERFIL TRANSVERSAL 1A-4
Fuente: Elaboración propia.

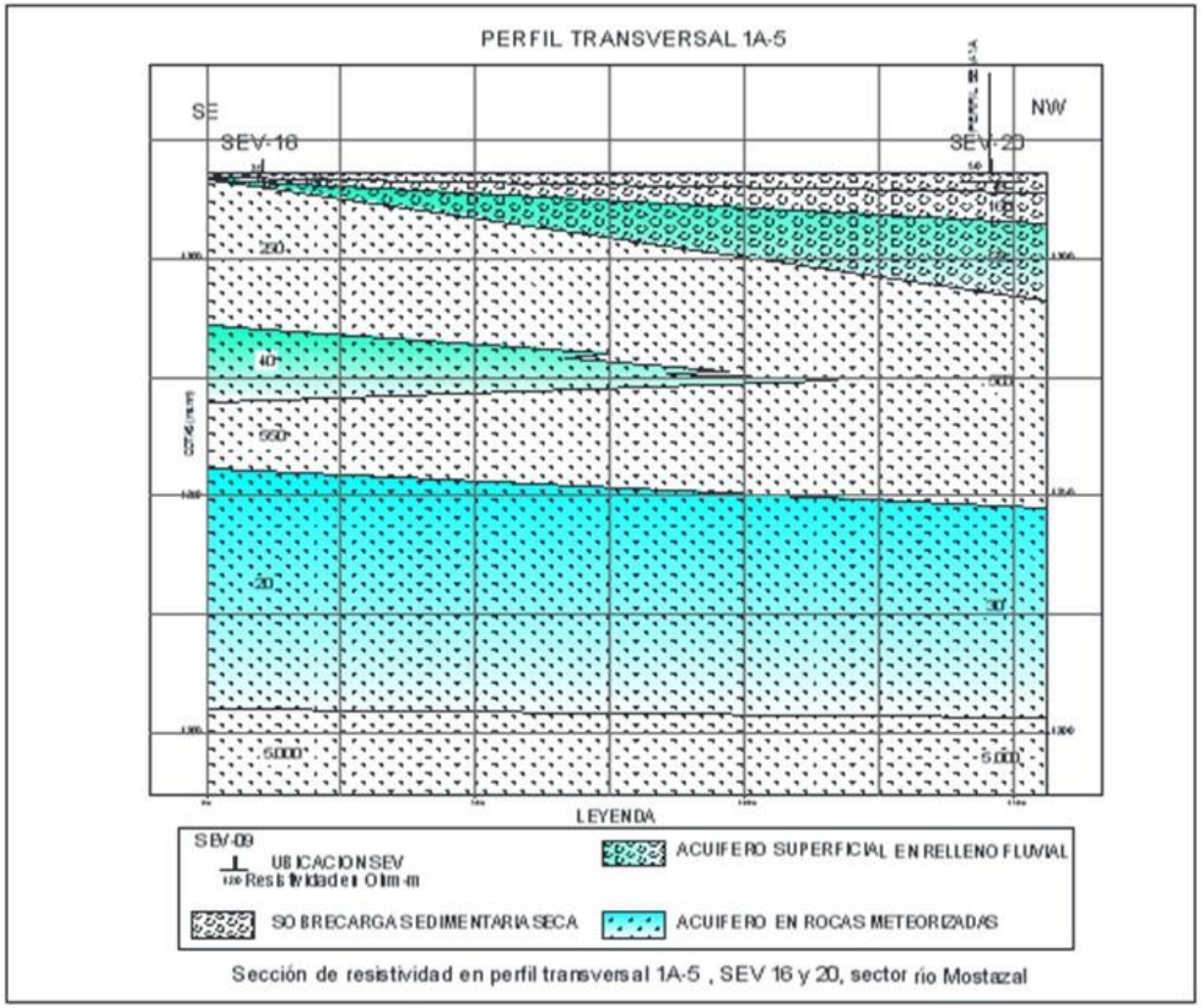


FIGURA 5.4.5.1-5
PERFIL TRANSVERSAL 1A-5
Fuente: Elaboración propia.

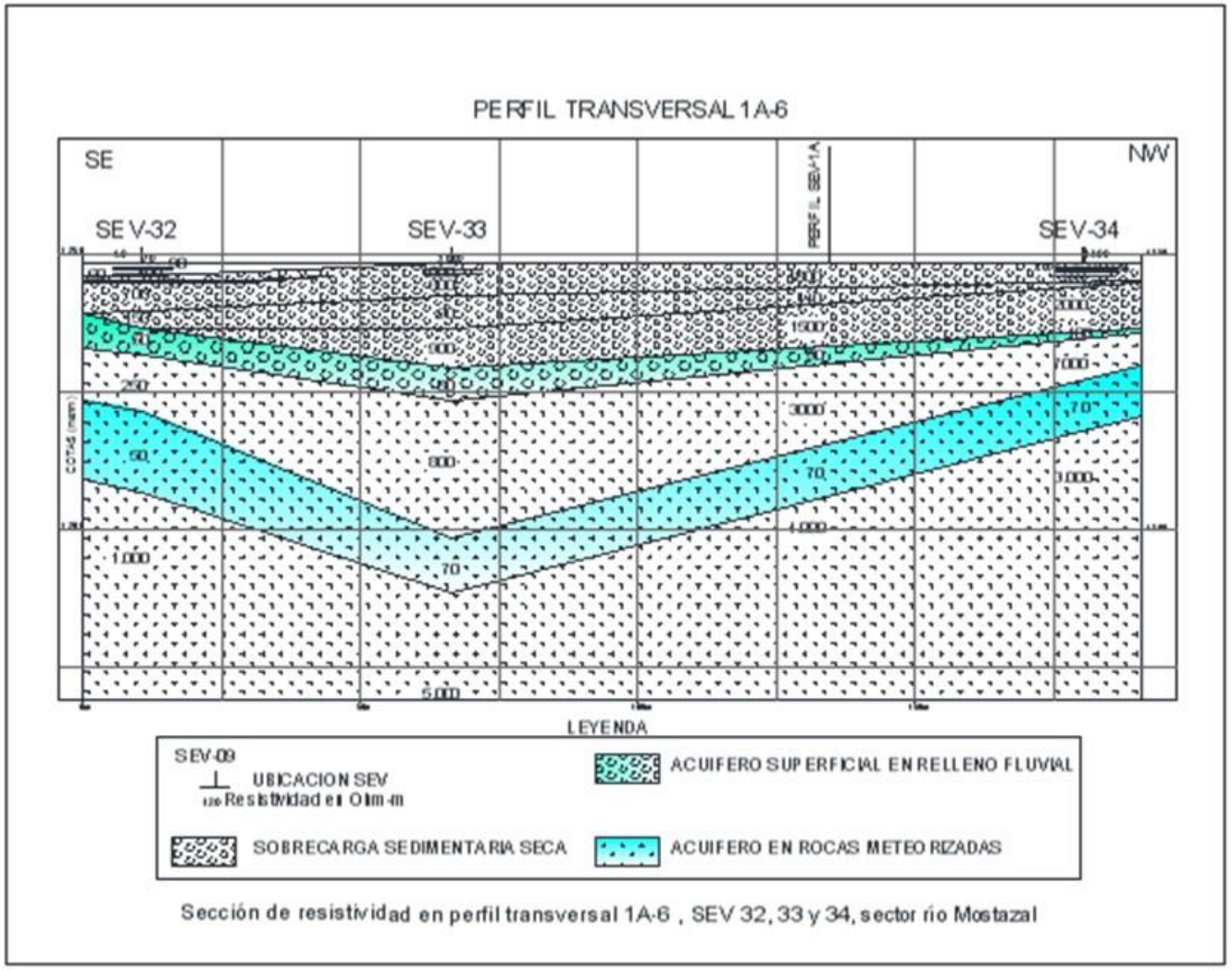
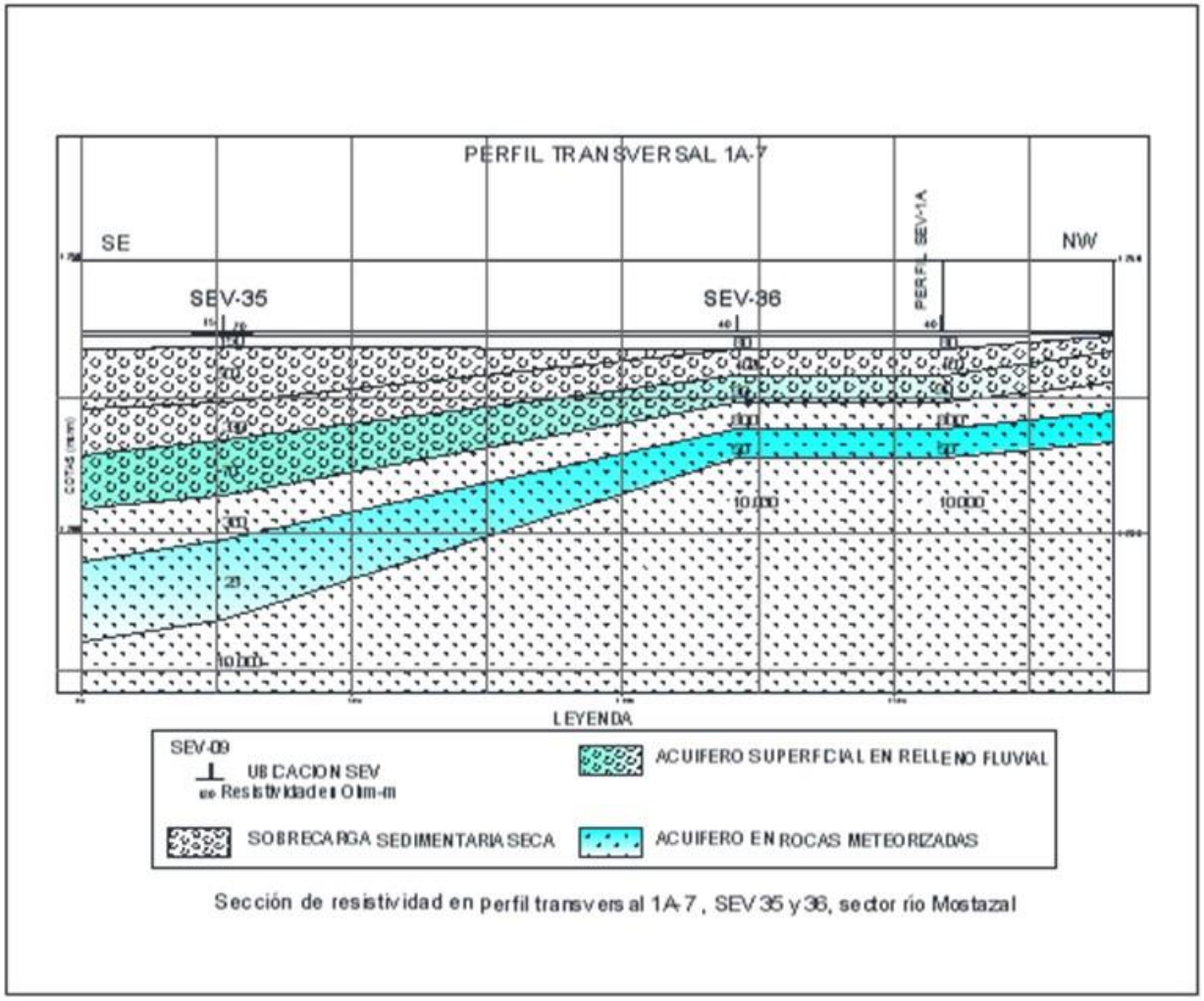


FIGURA 5.4.5.1-6
PERFIL TRANSVERSAL 1A-6
Fuente: Elaboración propia.



Sección de resistividad en perfil transversal 1A-7, SEV 35 y 36, sector río Mostazal

FIGURA 5.4.5.1-7
PERFIL TRANSVERSAL 1A-7
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfil Longitudinal SEV-1B:** El perfil SEV-1B se inicia 2.5km a continuación, aguas abajo, del anterior. Tiene una longitud aproximada de 6.000m. Este perfil presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada fundamentalmente por gravas. Esta sobrecarga presenta resistividades entre 10 y 250 Ω-m caracterizando sedimentos de tamaño menor que los observados en el perfil anterior y generalmente húmedos. Tiene un espesor medio de 11,5 m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad promedio de 35 Ω-m y un espesor medio de 9 m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y en ambos extremos de este perfil prácticamente se encuentra aflorando.
  - Roca basal del valle a profundidad variable entre 2,5 y 35m y a un promedio de 20 m. Su mayor profundidad se encuentra bajo el SEV-11, mientras que en el extremo SW se encuentra a una profundidad de 12,5 m.
  - Esta unidad se manifiesta con resistividades mayores que 100 Ω-m.
  - Acuífero secundario desarrollado en la roca basal por meteorización de esta. Este acuífero se manifiesta con una resistividad promedio de 40 Ω-m y un espesor de 23 m.
  - La profundidad media que circula este acuífero es 35m.

En la Figura 5.4.5.1-8 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y los 2 acuíferos.

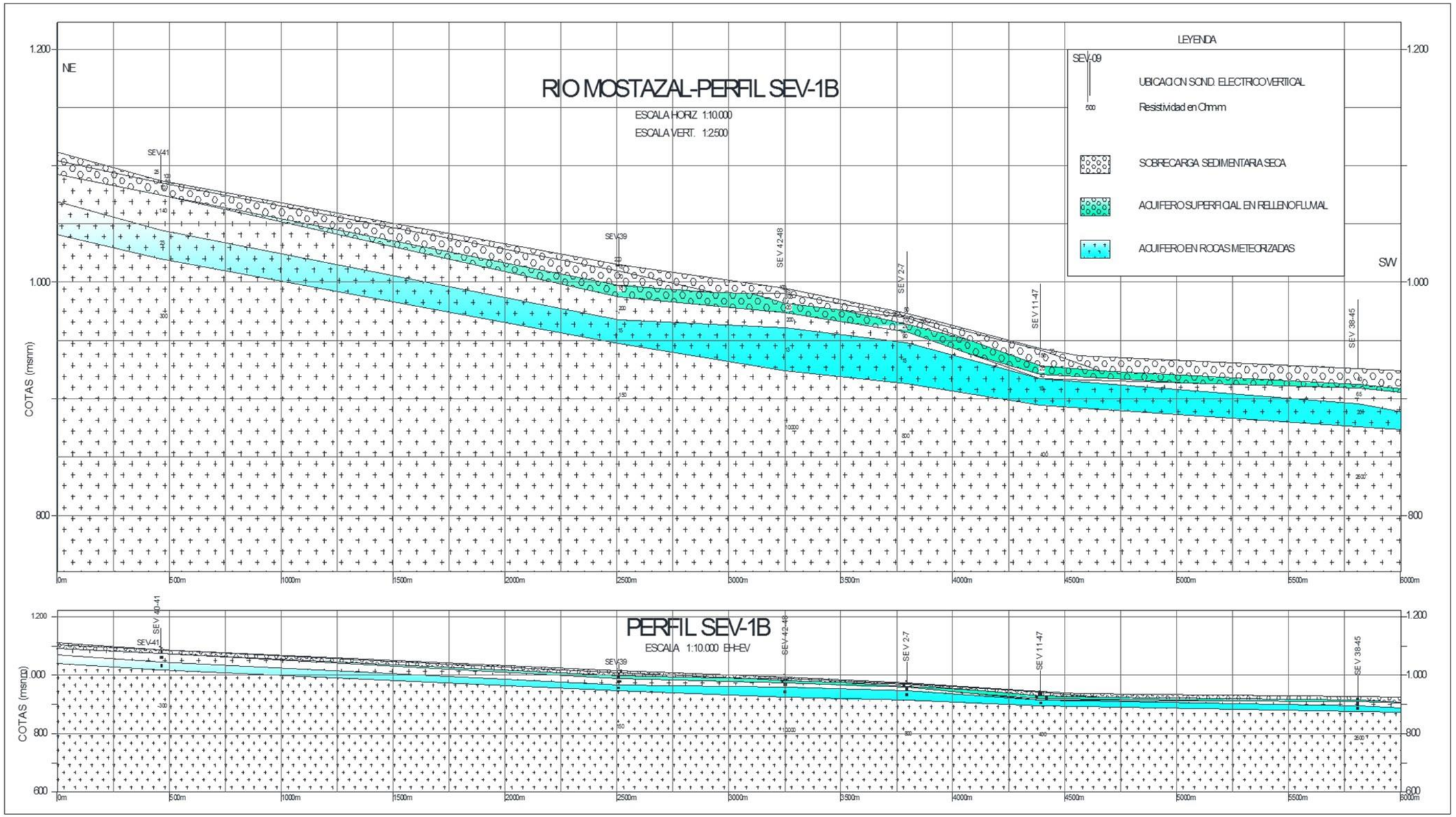


FIGURA 5.4.5.1-8
PERFIL LONGITUDINAL SEV-1B
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfiles Transversales 1B-1 a 1B-5:** Se muestran a continuación 5 secciones transversales al perfil anterior Perfil SEV 1B los cuales confirma el modelo geoeléctrico obtenido por este último con las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada fundamentalmente por gravas secas. Esta sobrecarga presenta resistividades entre 10 y 800 Ω-m caracterizando sedimentos de tamaño menor a mayor, probablemente bloques. Tiene un espesor medio de 15m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad variable entre 10 y 30 Ω-m y un espesor medio de 10m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso.
  - Roca basal del valle a profundidad variable entre 1.5 y 30 m y a un promedio de 20 m. Su mayor profundidad se encuentra bajo el SEV-38 Esta unidad se manifiesta con resistividades mayores que 60 Ω-m dependiendo del grado de fracturación que presente.
  - Acuífero secundario desarrollado en la roca basal por meteorización de esta. Este acuífero se manifiesta con una resistividad variable entre 10 y 25 Ω-m y un espesor de 30 m.
  - La profundidad media que circula este acuífero es 12 m.

En las Figuras 5.4.5.1-9 a 5.4.5.1-13 se pueden observar estos perfiles con la geometría de las unidades del subsuelo y los 2 acuíferos.

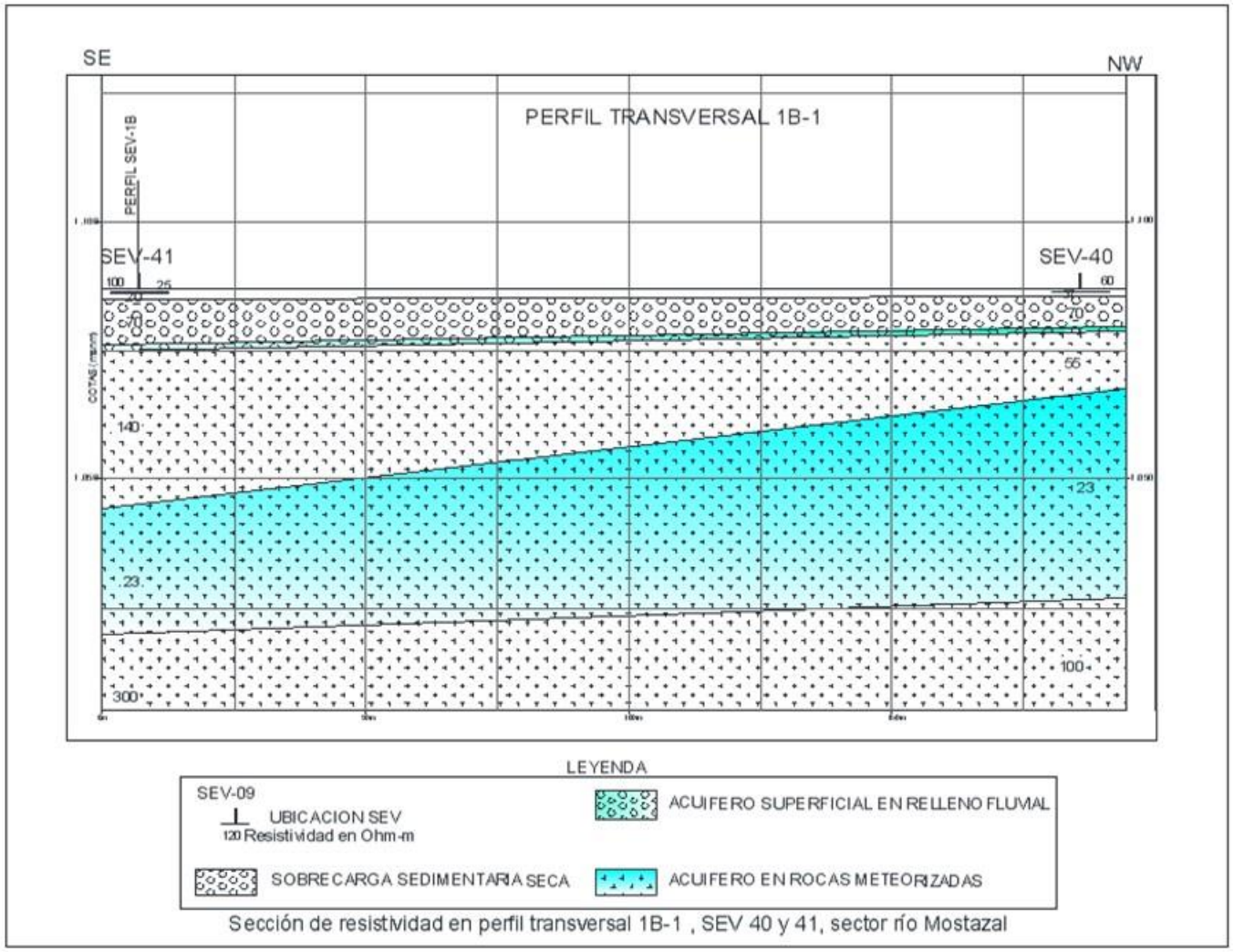


FIGURA 5.4.5.1-9
PERFIL TRANSVERSAL 1B-1
Fuente: Elaboración propia.

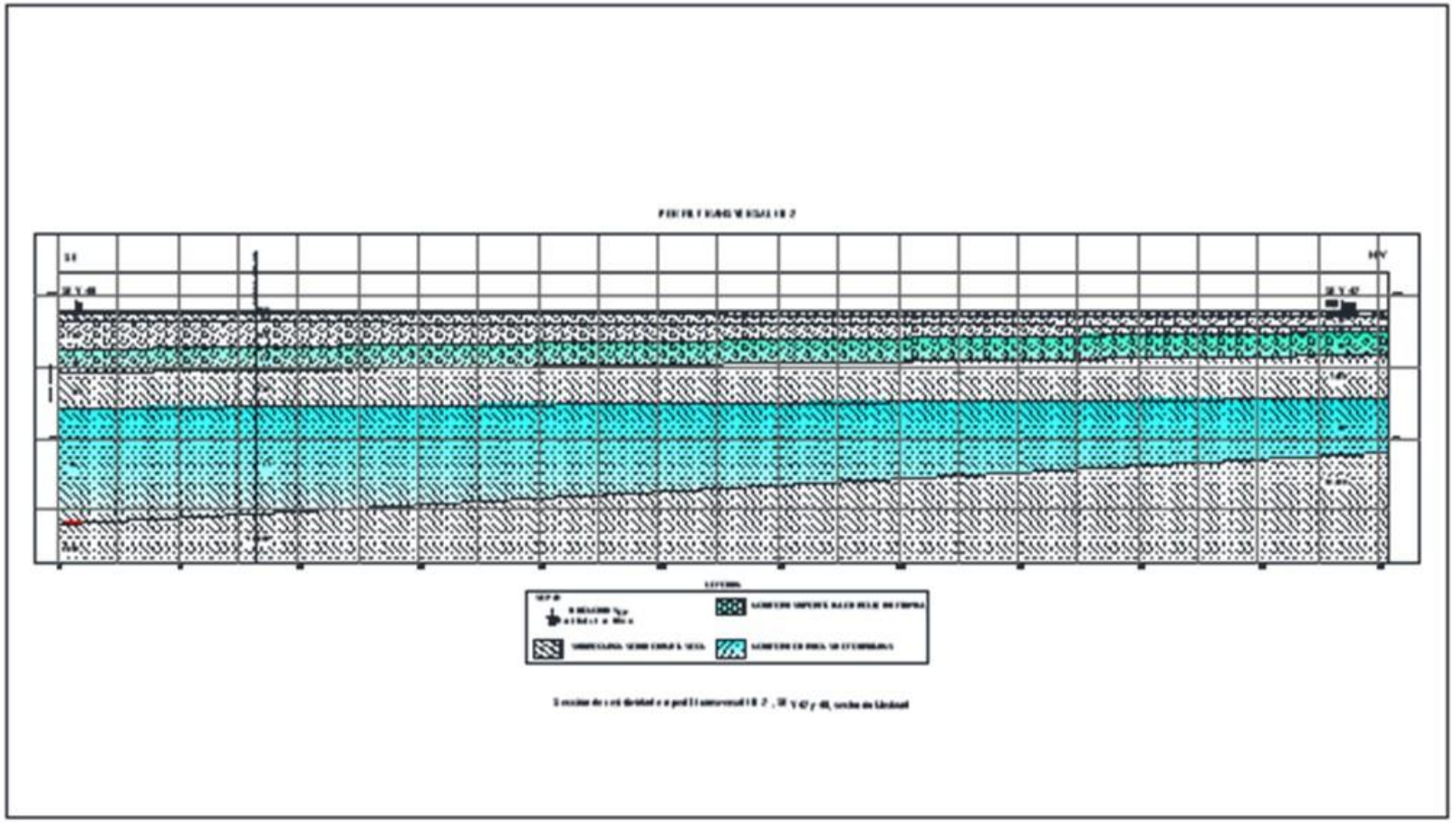


FIGURA 5.4.5.1-10
PERFIL TRANSVERSAL 1B-2
Fuente: Elaboración propia.

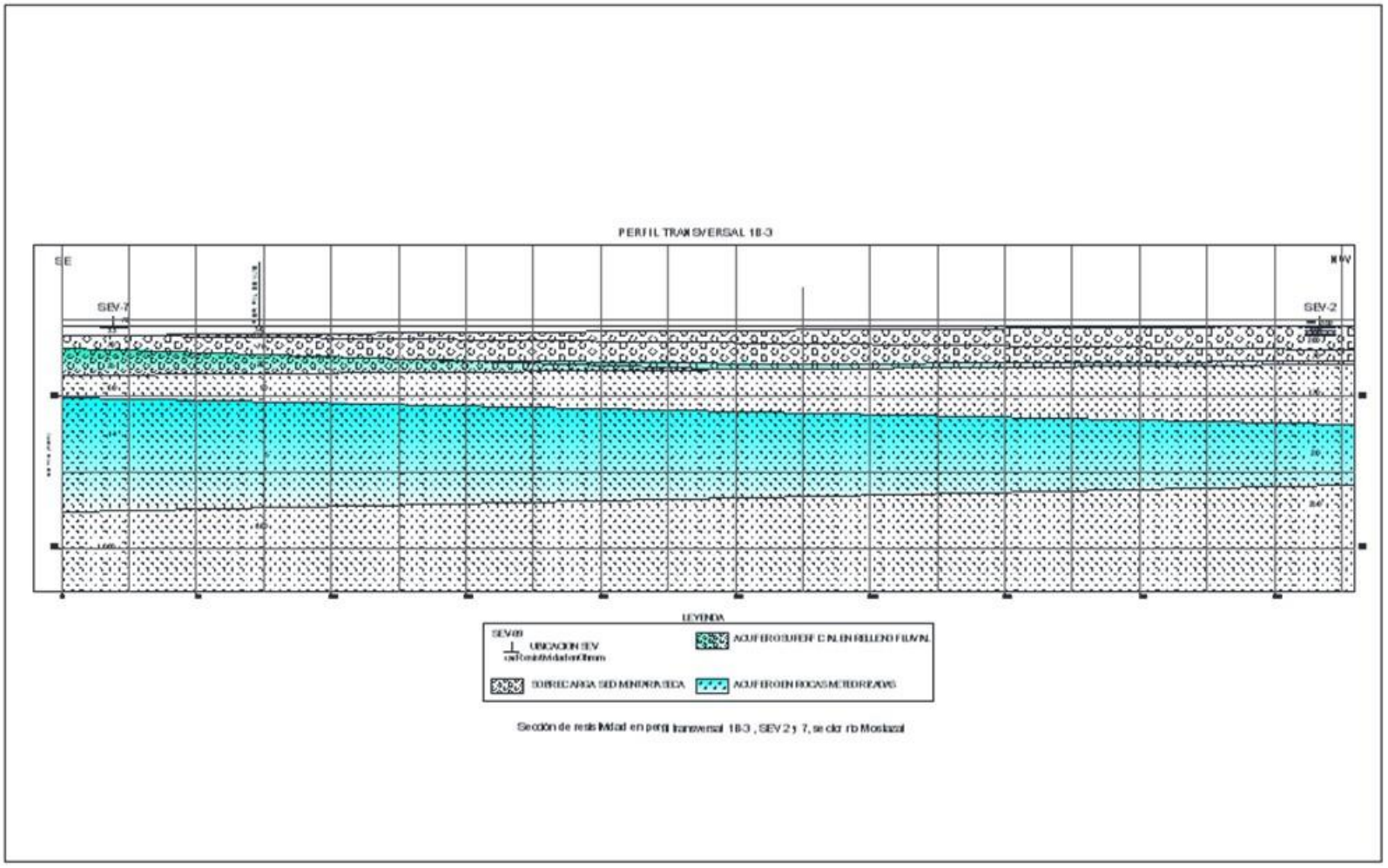


FIGURA 5.4.5.1-11
PERFIL TRANSVERSAL 1B-3
Fuente: Elaboración propia.

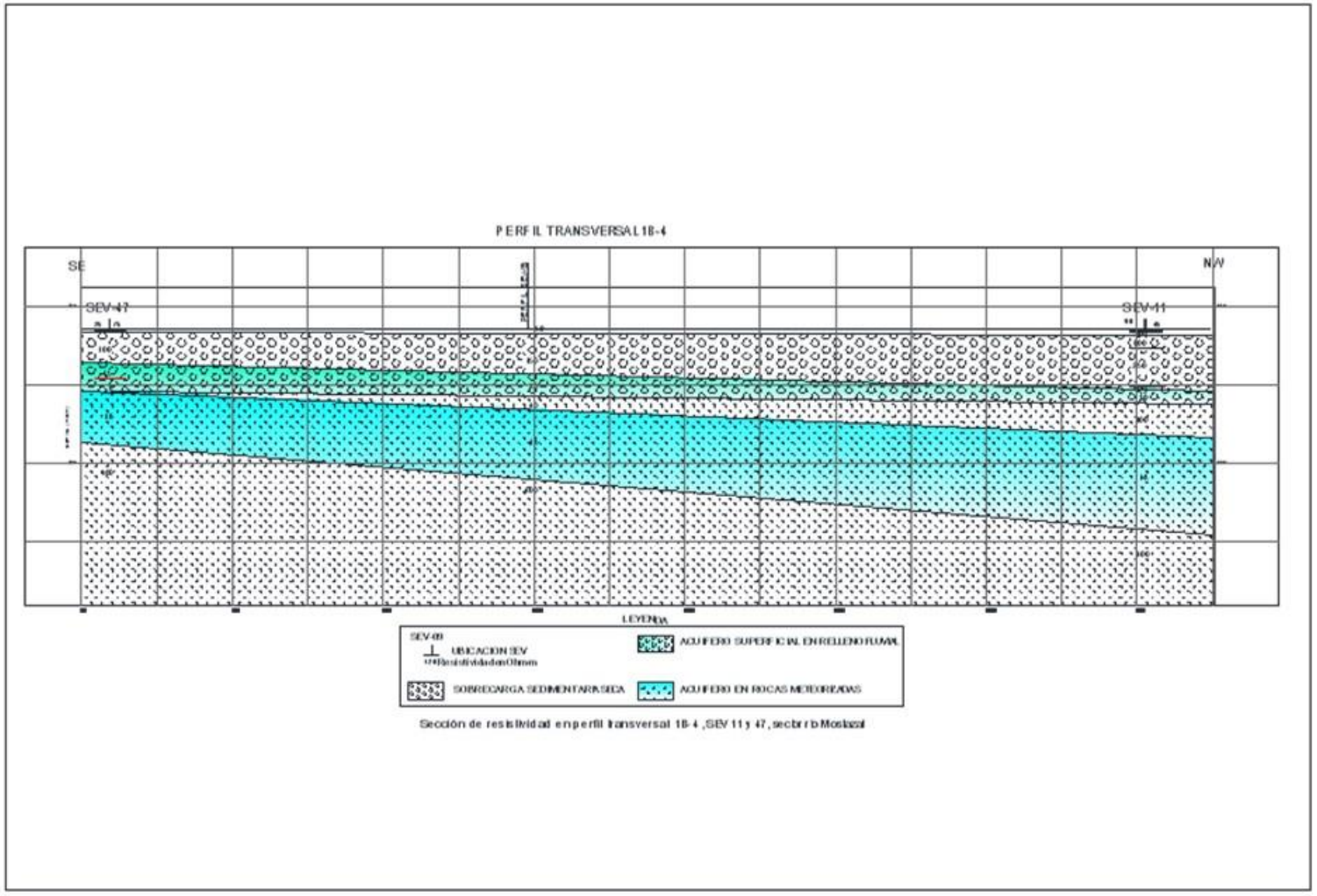
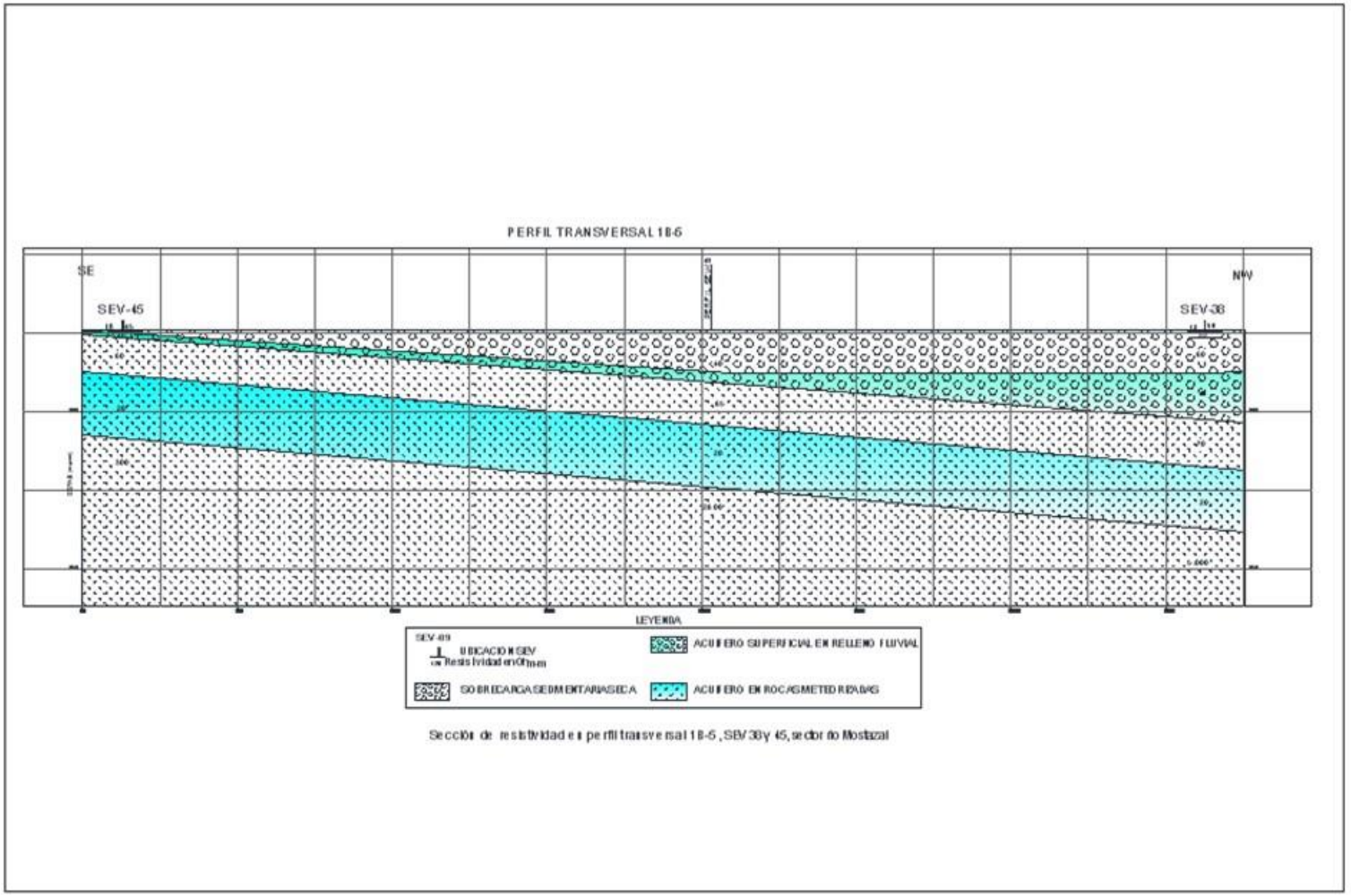


FIGURA 5.4.5.1-12
PERFIL TRANSVERSAL 1B-4
Fuente: Elaboración propia.



Sección de resistividad en perfil transversal 1B-5, SEV 38 y 45, sector do Mostazal

FIGURA 5.4.5.1-13
PERFIL TRANSVERSAL 1B-5
Fuente: Elaboración propia.

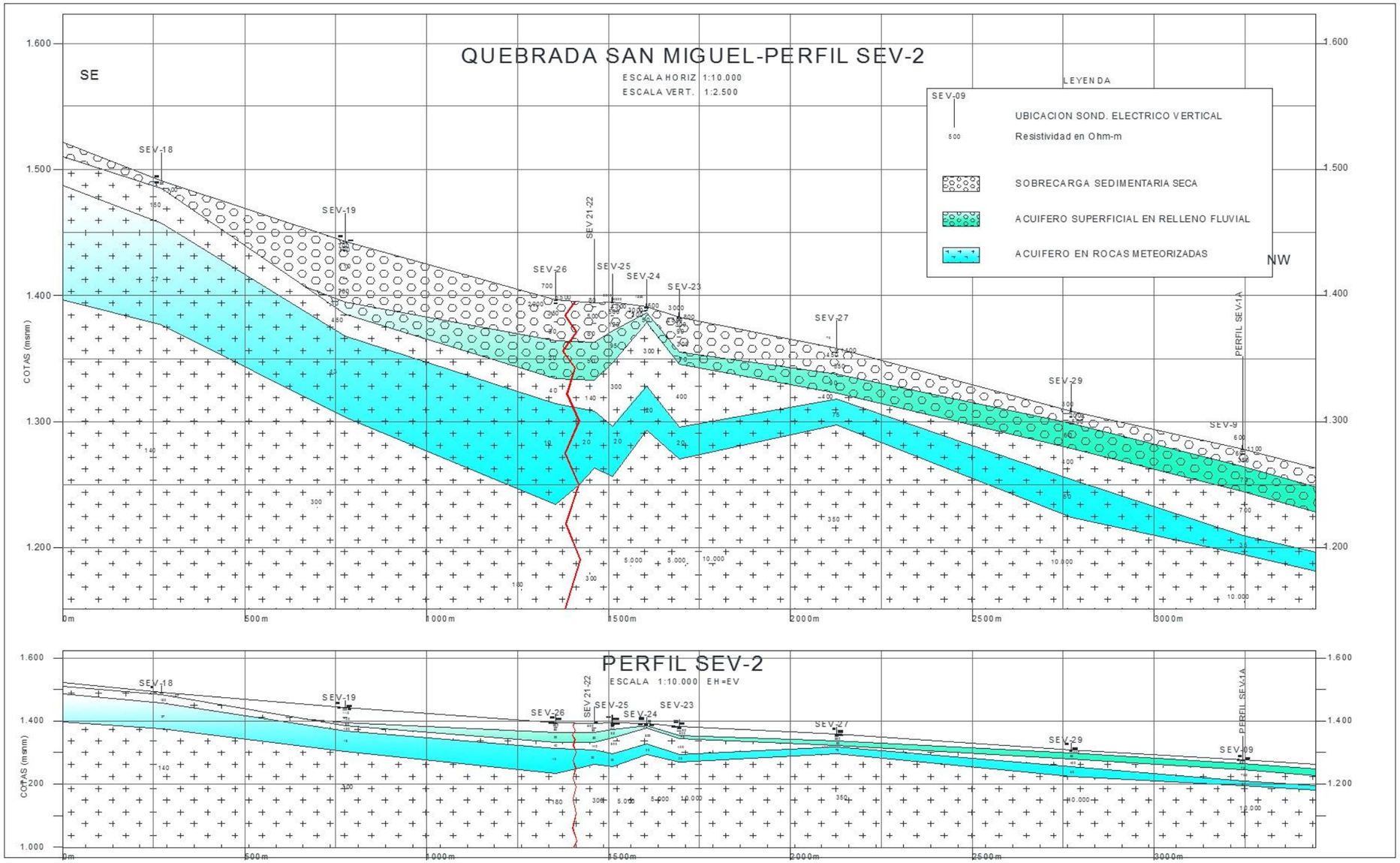
c) Valle Río San Miguel

En este valle se ejecutaron 11 SEV construyéndose el perfil longitudinal SEV-2 de longitud 3,5 km.

- **Perfil Longitudinal SEV-2:** Este perfil presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por gravas y/o bolones. Esta sobrecarga presenta resistividades variables entre 80 y 5.500 Ω-m caracterizando sedimentos heterogéneos de tamaño variable. Tiene un espesor medio de 24 m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad promedio de 60 Ω-m y un espesor medio de 18 m. Este nivel al igual que en los casos anteriores se desplaza directamente sobre el basamento rocoso.
  - Roca basal del valle a profundidad variable entre 6.5 y 60 m y a un promedio de 40 m. Su mayor profundidad 60 m se encuentra en la parte central del perfil acusando la presencia de una falla la cual incluso se manifiesta en un notable cambio de la topografía superficial.
  - Esta unidad se manifiesta con resistividad promedio 300 Ω-m.
  - Acuífero secundario desarrollado en la roca basal por meteorización de esta. Este acuífero se manifiesta con una resistividad promedio de 45 Ω-m y un espesor de 41 m.
  - La profundidad media que circula este acuífero es 70 m.

En la Figura 5.4.5.1-14 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y los 2 acuíferos.



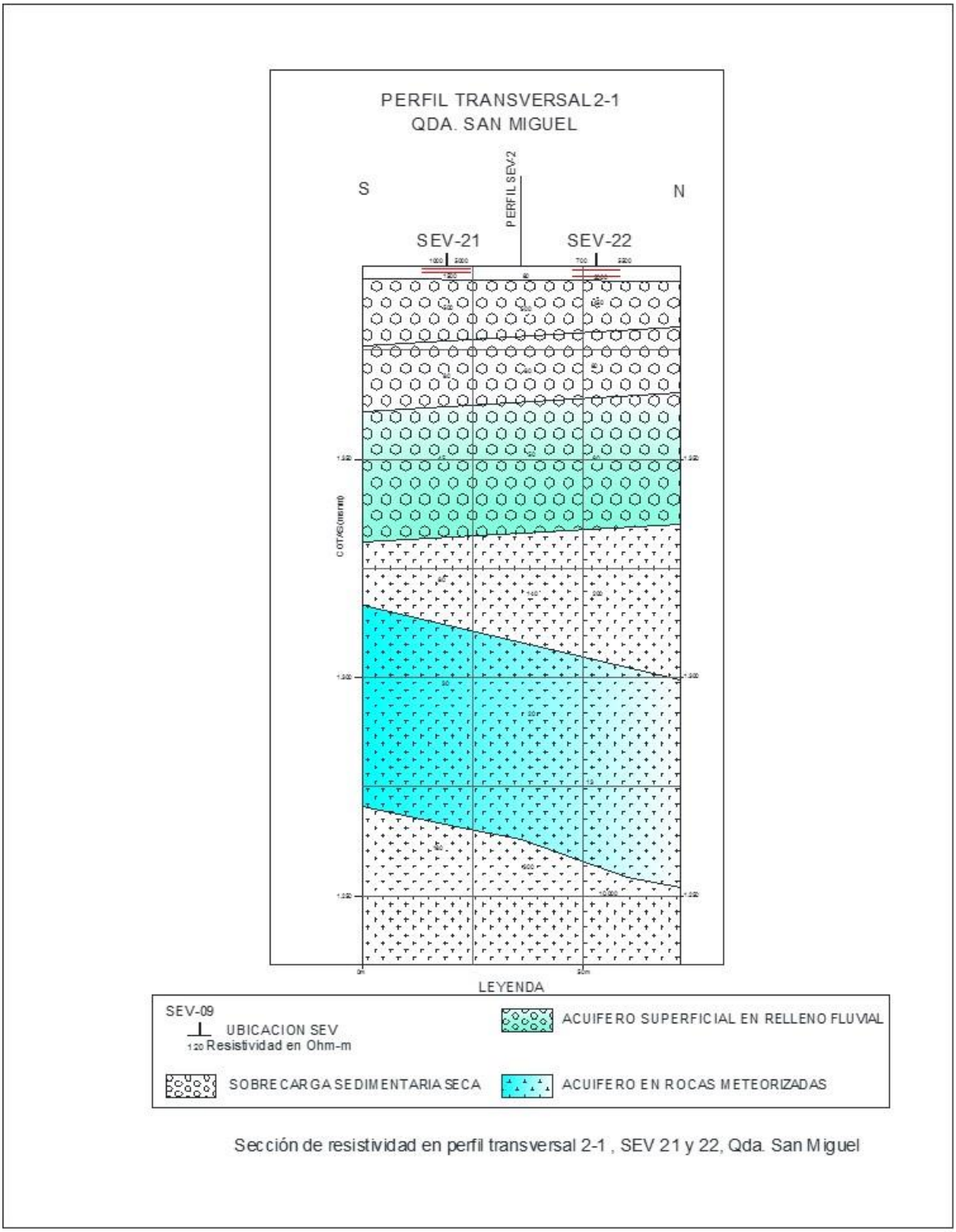
(*) En la parte inferior sin exageración vertical. Puede observarse que se ha marcado en color rojo la zona de discontinuidad asociada a una probable falla.

FIGURA 5.4.5.1-14
PERFIL LONGITUDINAL SEV-2
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfil Transversal 2-1:** Este perfil se formó con lo SEV 21 y 22. Presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada fundamentalmente por grava secas con resistividades variables entre 80 y 5.000 Ω-m caracterizando principalmente sedimentos de tamaño mayor y/o bloques. Tiene un espesor medio de 30 m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con resistividades entre 45 y 60 Ω-m y un espesor medio de 30 m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso.
  - Roca basal del valle a profundidad media de 60m.
  - Esta unidad se manifiesta con resistividades mayores que 100 Ω-m evidenciando la presencia de una roca muy fracturada.
  - Acuífero secundario desarrollado en la roca basal por meteorización de esta. Este acuífero se manifiesta con una resistividad promedio de 25 Ω-m y un espesor de 45m.

En la Figura 5.4.5.1-15 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y los 2 acuíferos.



Sección de resistividad en perfil transversal 2-1 , SEV 21 y 22, Qda. San Miguel

FIGURA 5.4.5.1-15
PERFIL TRANSVERSAL 2-1
Fuente: Elaboración propia.

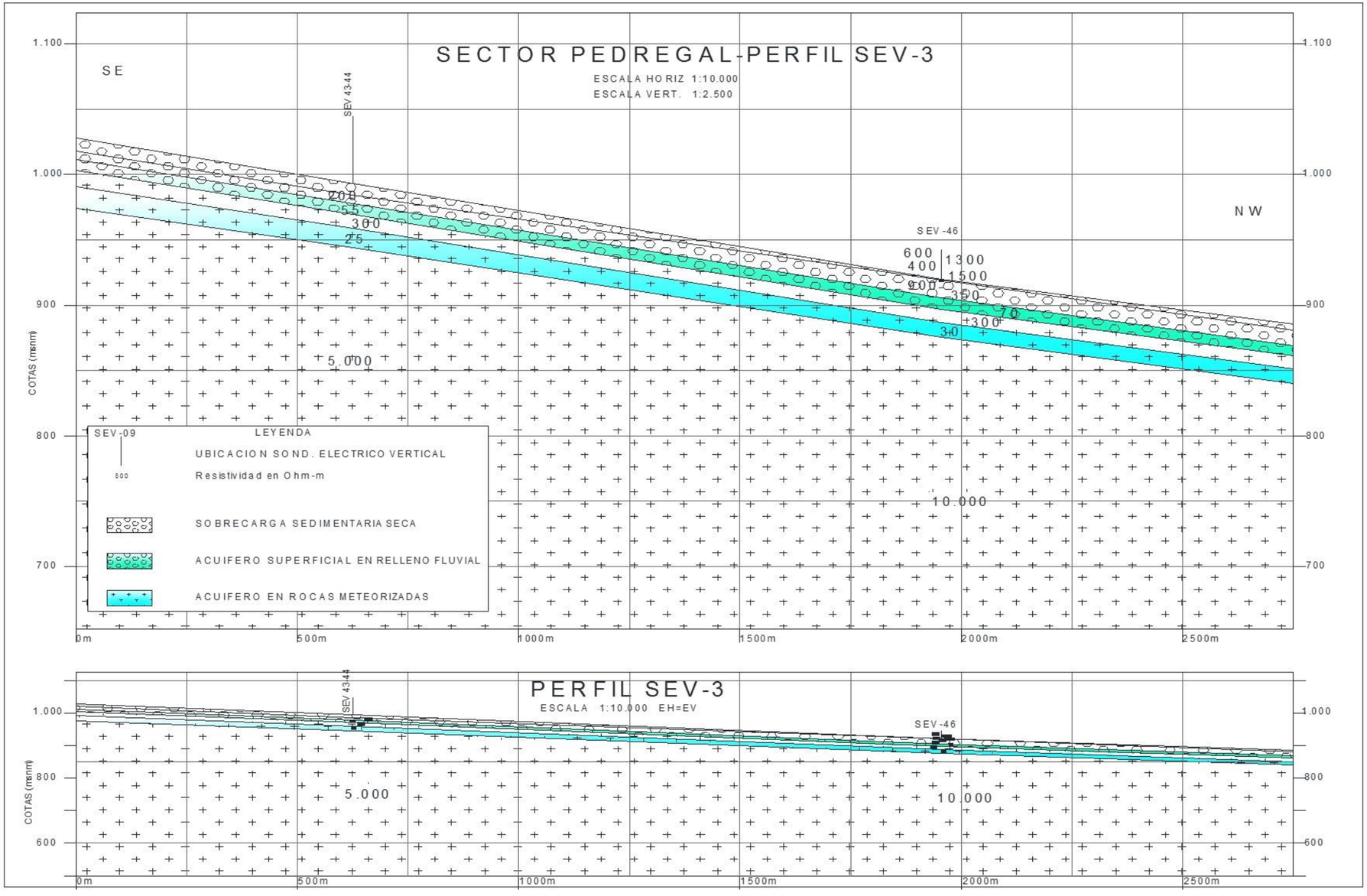
d) Sector Pedregal.

En este valle se ejecutaron 4 SEV, SEV 43, 44, 46 y 49, construyéndose el perfil longitudinal SEV-3 de longitud 5.0km y los perfiles transversales 3-1 y 3-2.

- **Perfil Longitudinal SEV-3:** Este perfil presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por gravas y/o bolones. Esta sobrecarga presenta resistividades variables entre 50 y 7.000 Ω caracterizando sedimentos heterogéneos de tamaño variable. Tiene un espesor medio de 16m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad promedio de 58Ω-m y un espesor medio de 8m. Este nivel al igual que en los casos anteriores se desplaza directamente sobre el basamento rocoso.
  - Roca basal del valle a profundidad variable entre 20 y 27m y a un promedio de 24m. Esta unidad se manifiesta con una resistividad promedio de 275Ω-m.
  - Acuífero secundario desarrollado en la roca basal por meteorización de esta. Este acuífero se manifiesta con una resistividad promedio de 24Ω-m y un espesor de 13m. La profundidad media que circula este acuífero es 35m.

En la Figura 5.4.5.1-16 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y los 2 acuíferos.



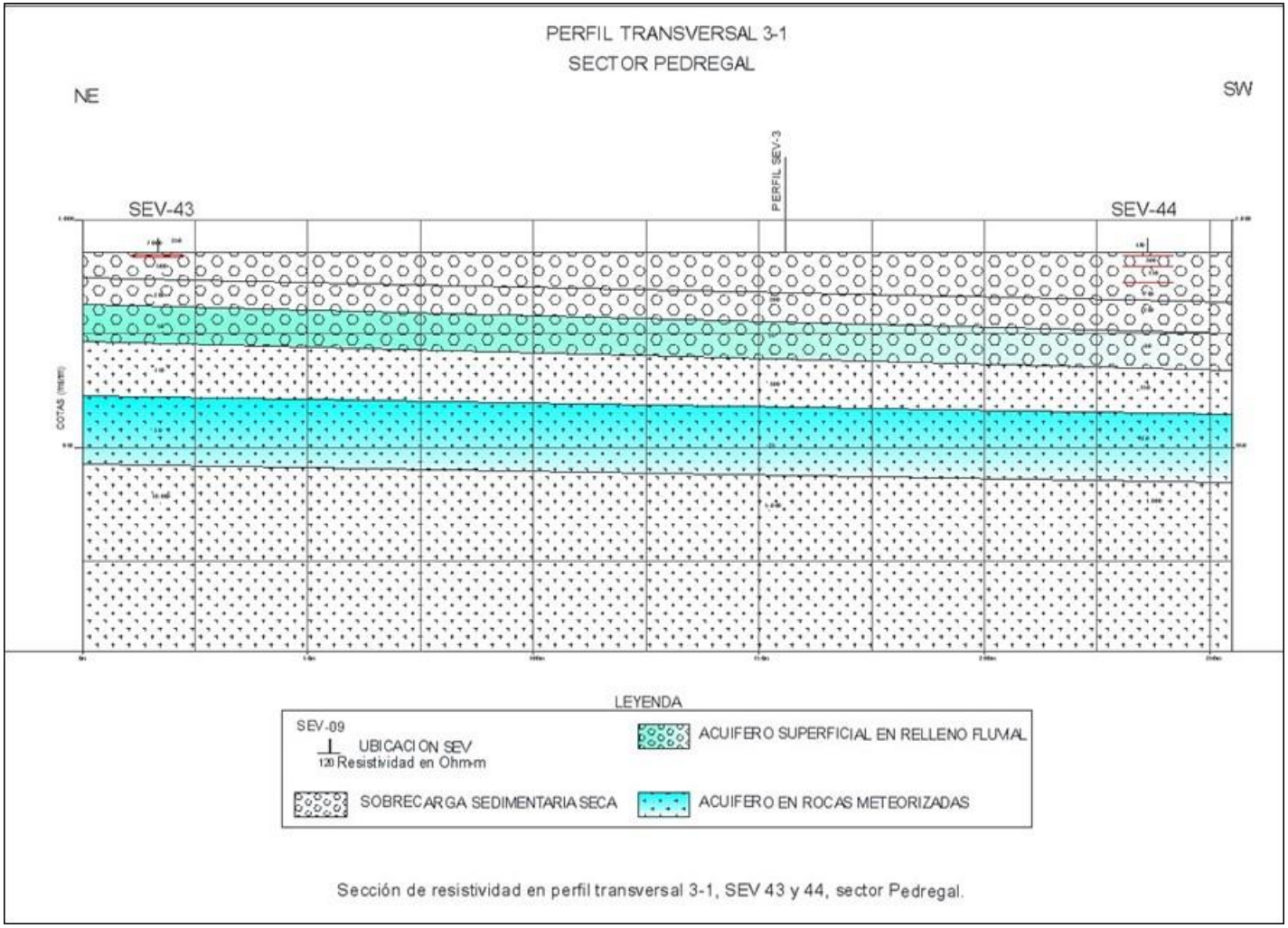
(*) En la parte superior con exageración vertical 4 veces la horizontal y en la parte inferior sin exageración vertical.

FIGURA 5.4.5.1-16
PERFIL LONGITUDINAL SEV-3
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfil Transversal 3-1:** Este perfil se trazó en la quebrada ubicada en el sector Sur de Pedregal y se encuentra formado por los SEV 43 y 44. Presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada fundamentalmente por gravas. Esta sobrecarga presenta resistividades entre 200 y 7.000Ω caracterizando sedimentos de tamaño mayor tipo bloques. Tiene un espesor medio de 15m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad promedio de 55Ω-m y un espesor medio de 9m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso.
  - Roca basal del valle a profundidad media de 25m. Esta unidad se manifiesta con resistividades mayores que 300Ω-m.
  - Acuífero secundario desarrollado en la roca basal por meteorización de esta. Este acuífero se manifiesta con una resistividad promedio de 25Ω-m y un espesor de 15m. La profundidad media que circula este acuífero es 35m.

En la Figura 5.4.5.1-17 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y los 2 acuíferos.



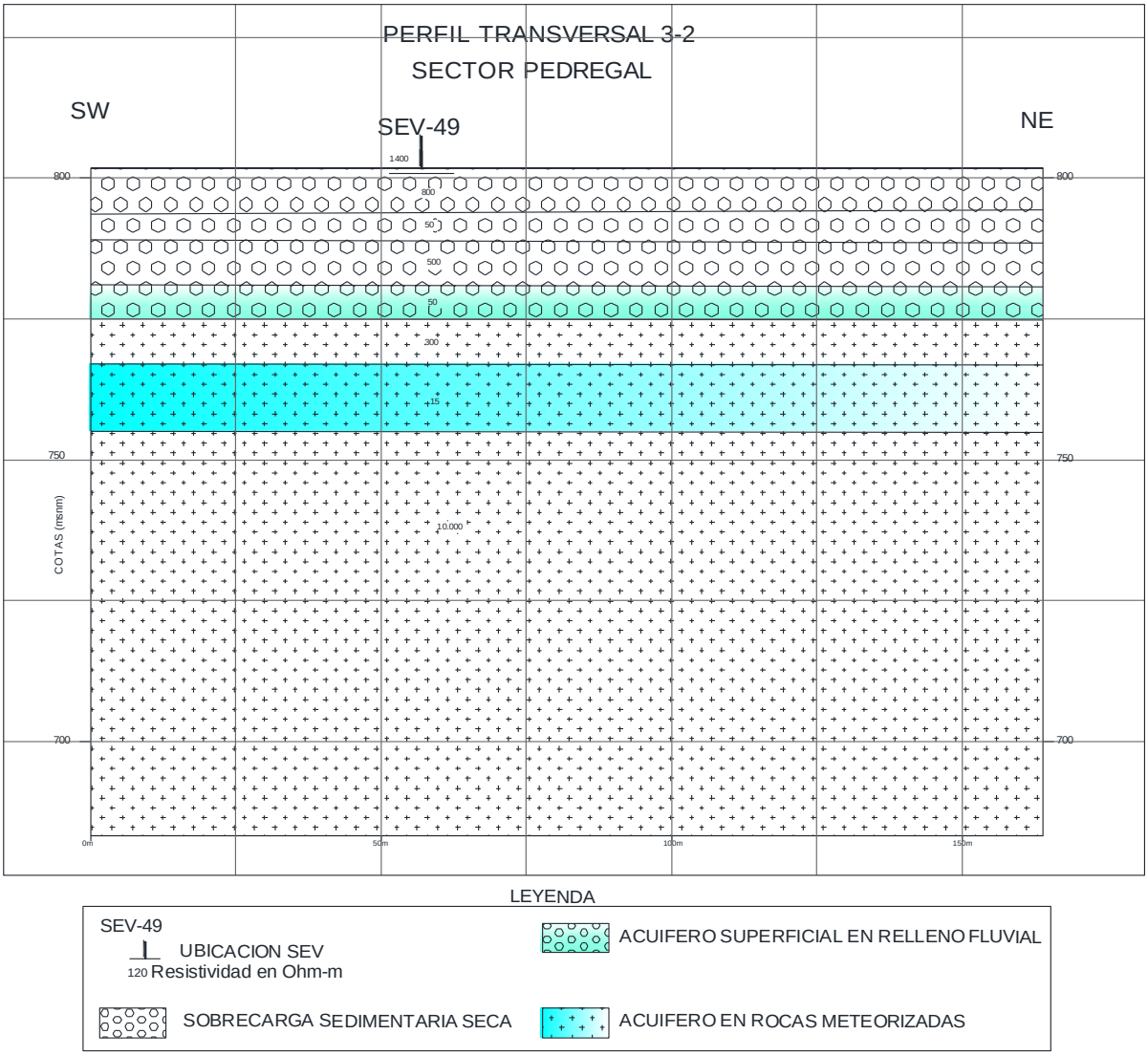
Sección de resistividad en perfil transversal 3-1, SEV 43 y 44, sector Pedregal.

FIGURA 5.4.5.1-17
PERFIL TRANSVERSAL 3-1
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfil Transversal 3-2:** Este perfil se ubica en el valle del río Mostazal en Pedregal, SEV-49. Presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada fundamentalmente por gravas. Esta sobrecarga presenta resistividades entre 50 y 1.400Ω caracterizando sedimentos de tamaño menor que los observados en el perfil anterior. Tiene un espesor medio de 20m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad de 50Ω-m y un espesor medio de 6m desplazándose directamente sobre el basamento rocoso.
  - Roca basal del valle a profundidad de 27m. Esta unidad se manifiesta con resistividad mayor que 300Ω-m.
  - Acuífero secundario desarrollado en la roca basal por meteorización de esta. Este acuífero se manifiesta con una resistividad de15Ω-m y un espesor de 12m.

En la Figura 5.4.5.1-18 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y los 2 acuíferos.



Sección de resistividad en perfil transversal 3.2 , SEV 49, Sector Pedregal

FIGURA 5.4.5.1-18
PERFIL TRANSVERSAL 3-2
Fuente: Elaboración propia.

5.4.5.2. Sondajes Electromagnéticos

a) Aspectos Generales

Se construyeron 3 perfiles longitudinales a los valles del río Mostazal y Pedregal. También se construyeron perfiles transversales a estos.

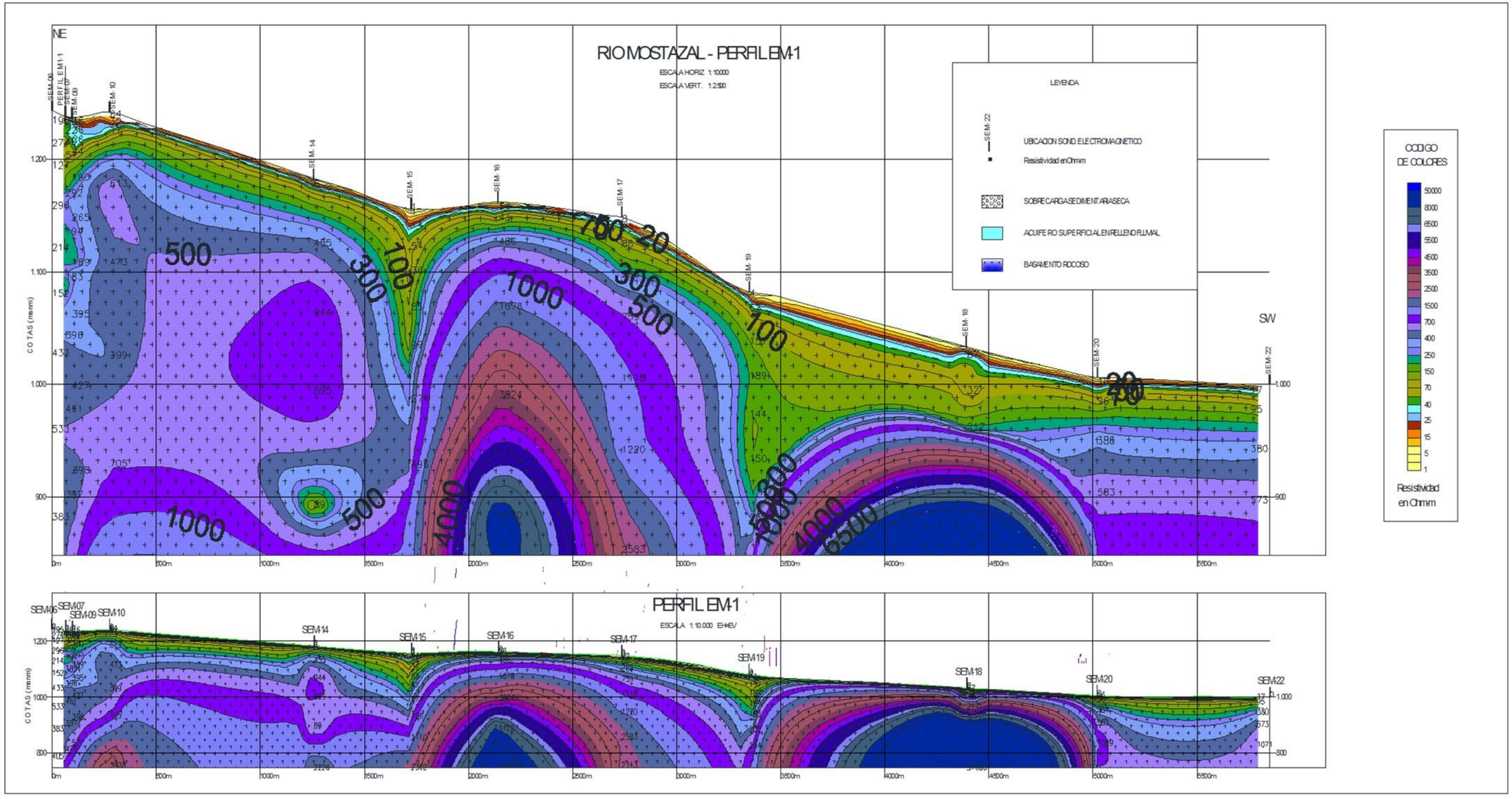
b) Valle Río Mostazal

Se construyeron los perfiles EM-1 y EM-2 con longitudes respectivas de 5.850 y 7.450m y separados entre sí 1.350m.

- **Perfil Longitudinal EM-1:** El perfil EM-1 se inicia en la media del valle desde dónde se ejecutaron 14 mediciones electromagnéticas. Este perfil presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas y parcialmente bolones. En general esta sobrecarga presenta resistividades menores que 25Ω. Desde el punto de vista del contenido de aguas esta unidad se presenta húmeda entre 5 y 15m de profundidad.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad entre 25 y 40Ω-m y un espesor de 12m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad promedio de 15m.
  - Roca basal del valle a profundidad variable. Esta unidad se manifiesta a profundidades medias diferentes variables entre 15 y 25m con un aumento progresivo de la resistividad a partir de los 100Ω-m.
  - No se observan estructuras importantes que pudieran afectar el desplazamiento de las aguas subterráneas sin embargo bajo las mediciones SEM-15 y 19 se manifiestan 2 discontinuidades subverticales que no manifiestan aparentemente interferencias en la circulación de las aguas del acuífero superior. Con respecto a esto último, se debe considerar que la separación de las mediciones de 500m o superior no permiten entregar más detalle.

En la Figura 5.4.5.2-1 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y la unidad saturada.



(*) En la parte superior con exageración vertical 4 veces la horizontal y en la parte inferior sin exageración vertical.

FIGURA 5.4.5.2-1
PERFIL LONGITUDINAL EM-1
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfiles Transversales EM 1-1 y 1-2:** El perfil EM1-1 se inicia en la parte baja del valle en donde confluyen el río Mostazal y la quebrada San Miguel. Se encuentra formado por los SEM 7 y 8. El perfil EM1-2 se encuentra 4.3km "aguas abajo" del anterior y se encuentra formado por los SEM 18 y 21. No obstante la separación que existe entre ambos perfiles guardan características similares:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas y parcialmente bolones. En general esta sobrecarga presenta resistividades menores que 25Ω con un espesor promedio de 6m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad entre 25 y 30Ω-m y un espesor de 5m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad promedio de 12m.
  - Roca basal del valle a profundidad variable. Esta unidad se manifiesta a profundidades medias diferentes variables entre 12 y 18m.
  - No se observan estructuras del tipo fallas sin embargo en el perfil EM1-1 se detectaron niveles profundos de aguas subterráneas en la roca basal provenientes de infiltraciones.

En las Figuras 5.4.5.2-2 y 5.4.5.2-3 se pueden observar la geometría de las unidades del subsuelo y las unidades saturadas.

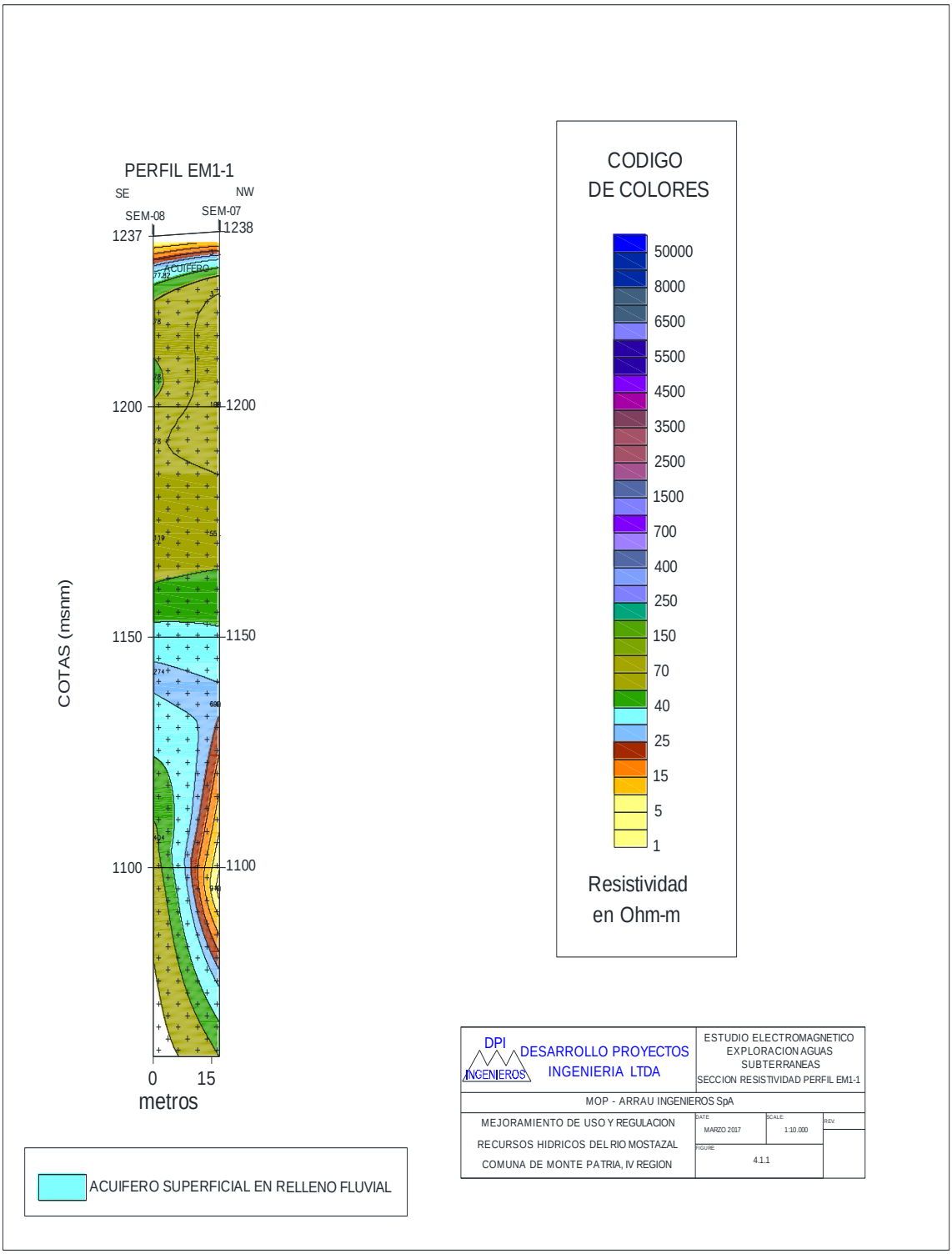


FIGURA 5.4.5.2-2
PERFIL LONGITUDINAL EM 1-1
Fuente: Elaboración propia.

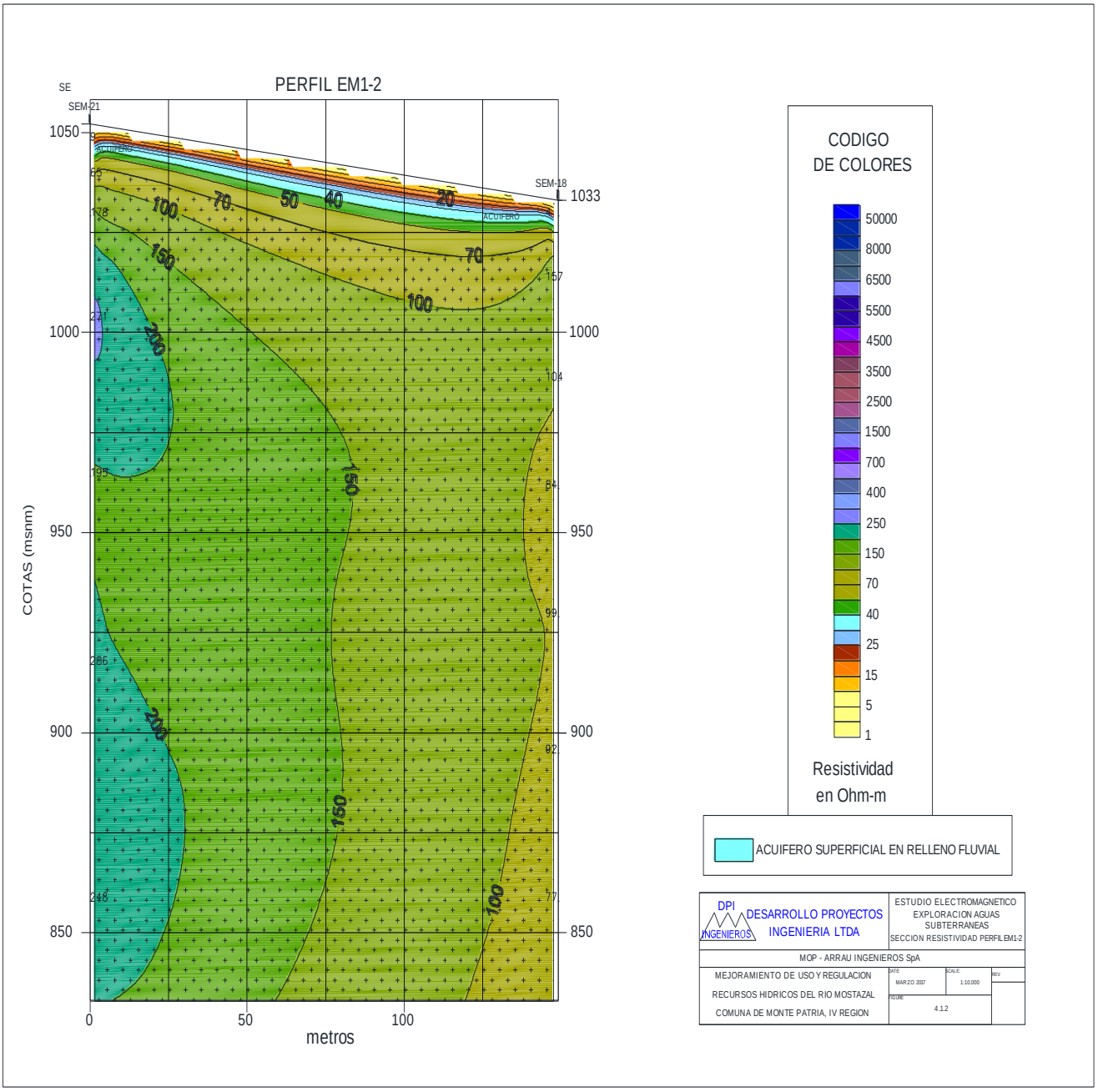
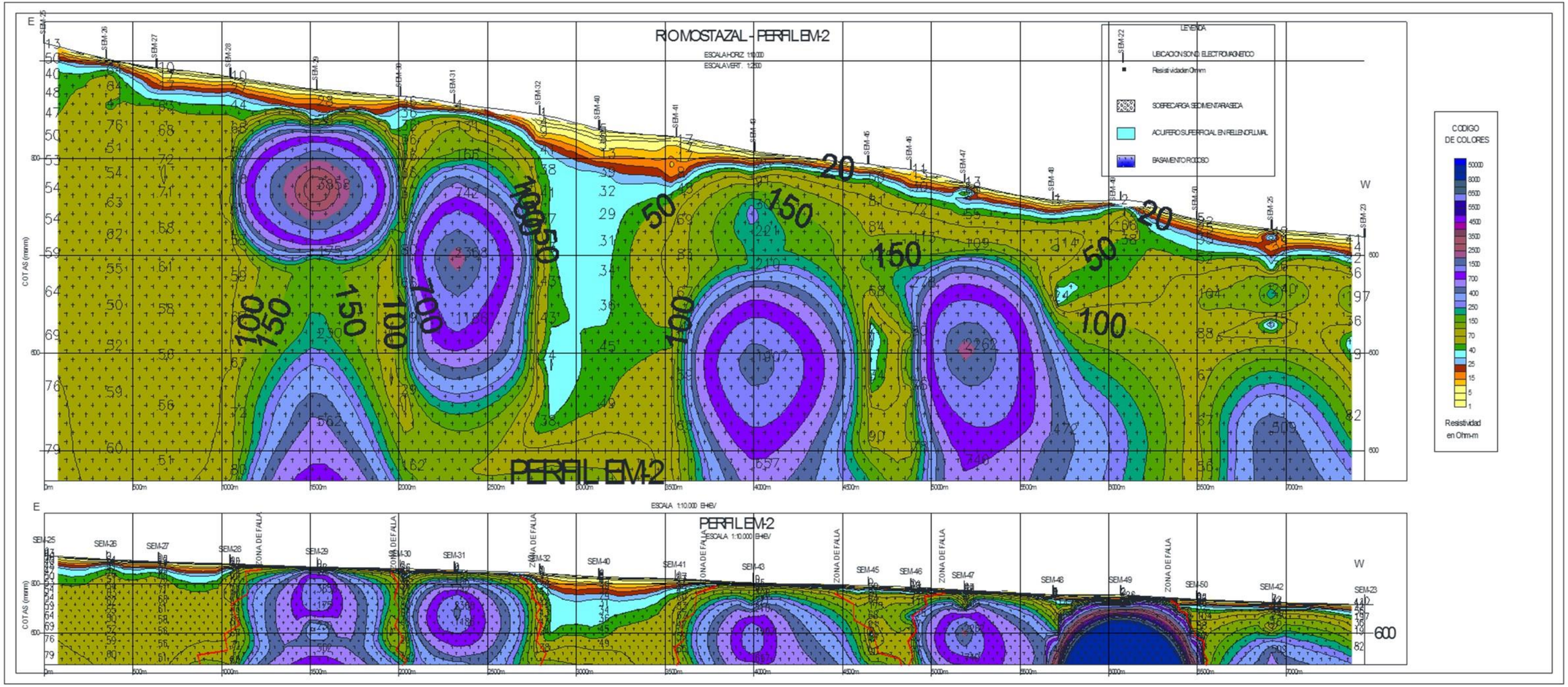


FIGURA 5.4.5.2-3
PERFIL LONGITUDINAL EM 1-2
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfil Longitudinal EM-2:** El perfil EM-2 se inicia en la parte baja del valle del río Mostazal, próximo a Pedregal, desde dónde se ejecutaron 28 mediciones electromagnéticas con una longitud total de 7.400m. Adicionalmente se construyeron 4 perfiles transversales denominados EM2-1 a EM2-4. El perfil longitudinal presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas y parcialmente bolones. En general esta sobrecarga presenta resistividades menores que 25Ω. Desde el punto de vista del contenido de aguas esta unidad se presenta húmeda entre 5 y 15m de profundidad.
  - Esta unidad muestra discontinuidades a lo largo del perfil que son atribuibles a la presencia de roca muy próxima a la superficie, en el rango de 10 a 15m de profundidad. Esta situación se manifiesta en los metrajes 1.100 a 1.800m, 2.000 a 2.700m, 3.700 a 4.500m y 4.900 a 6.500m en dónde además se estima la presencia de estructuras subverticales tipo fallas en profundidad
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad entre 25 y 40Ω-m y un espesor de 12m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad promedio de 15m.
  - Esta unidad muestra la presencia de 2 embalses naturales. El primero de estos se encuentra ubicado en los primeros 1.000m del perfil, SEM-25 a SEM-28, en dónde la roca se encuentra a 80m de profundidad. El segundo embalse se encuentra entre el metraje 2.800 y 3.500m con una profundidad a la roca de 200m.
  - Roca basal del valle a profundidad variable. Esta unidad se manifiesta a profundidades medias diferentes variables entre 15 y 30m con la excepción de los embalses recién descritos.
  - Se observan estructuras del tipo fallas que pudieran afectar el desplazamiento de las aguas subterráneas, estas se ubican en los metrajes 1.200, 2.000, 2.700, 3.600, 4.500 a 5.000, y en 6.400m

En la Figura 5.4.5.2-4 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y la unidad saturada.



(*) En la parte superior con exageración vertical 4 veces la horizontal y en la parte inferior sin exageración vertical.

FIGURA 5.4.5.2-4
PERFIL LONGITUDINAL EM-2
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfiles Transversales EM 2-1 a 2-4:** El perfil EM 2-1 se encuentra en el valle del río Mostazal, aproximadamente 1km aguas arriba de Pedregal. Está formado por los SEM 11 y 30. A partir de este perfil y a distancias sucesivas de 2.97, 0.85 y 1.76km, aguas abajo, se construyeron los perfiles transversales EM 2-2, EM 2-3 y EM 2-4. Estos perfiles presentan las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas y parcialmente bolones. En general esta sobrecarga presenta resistividades menores que 25Ω con un espesor promedio de 6m. Muestra un espesor progresivo en dirección aguas abajo desde 4 a 8m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad entre 25 y 30Ω-m y un espesor de 5m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad promedio de 6m.
  - Roca basal del valle a profundidad variable. Esta unidad se manifiesta a profundidades medias diferentes variables entre 10 y 12m.
  - No se observan estructuras del tipo fallas sin embargo en el perfil EM2-4 se detectó una pequeña cuenca bajo el SEM-24.

En las Figuras 5.4.5.2-5 a 5.4.5.2-8 se pueden observar la geometría de las unidades del subsuelo y las unidades saturadas.

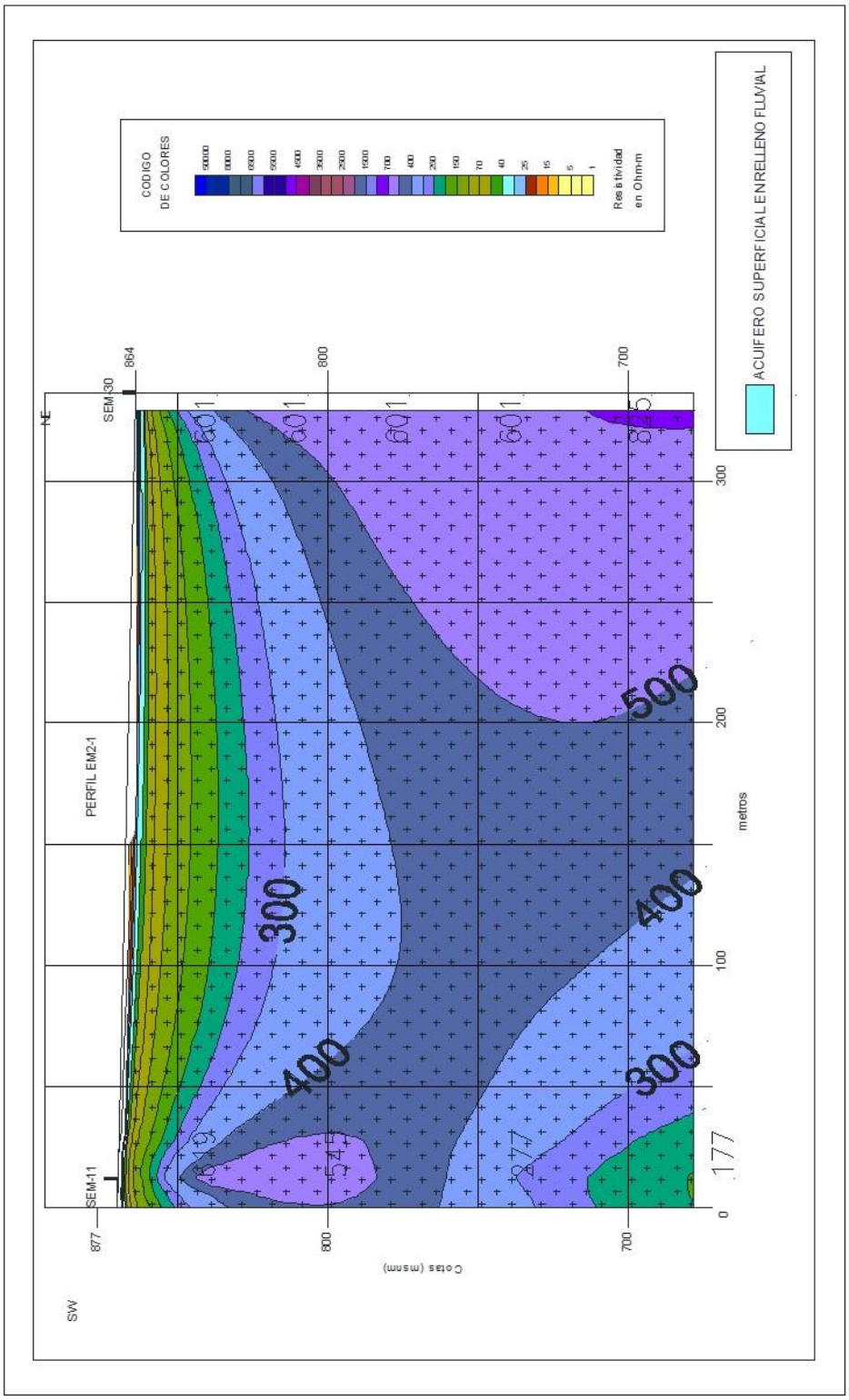


FIGURA 5.4.5.2-5
PERFIL TRANSVERSAL EM 2-1
Fuente: Elaboración propia.

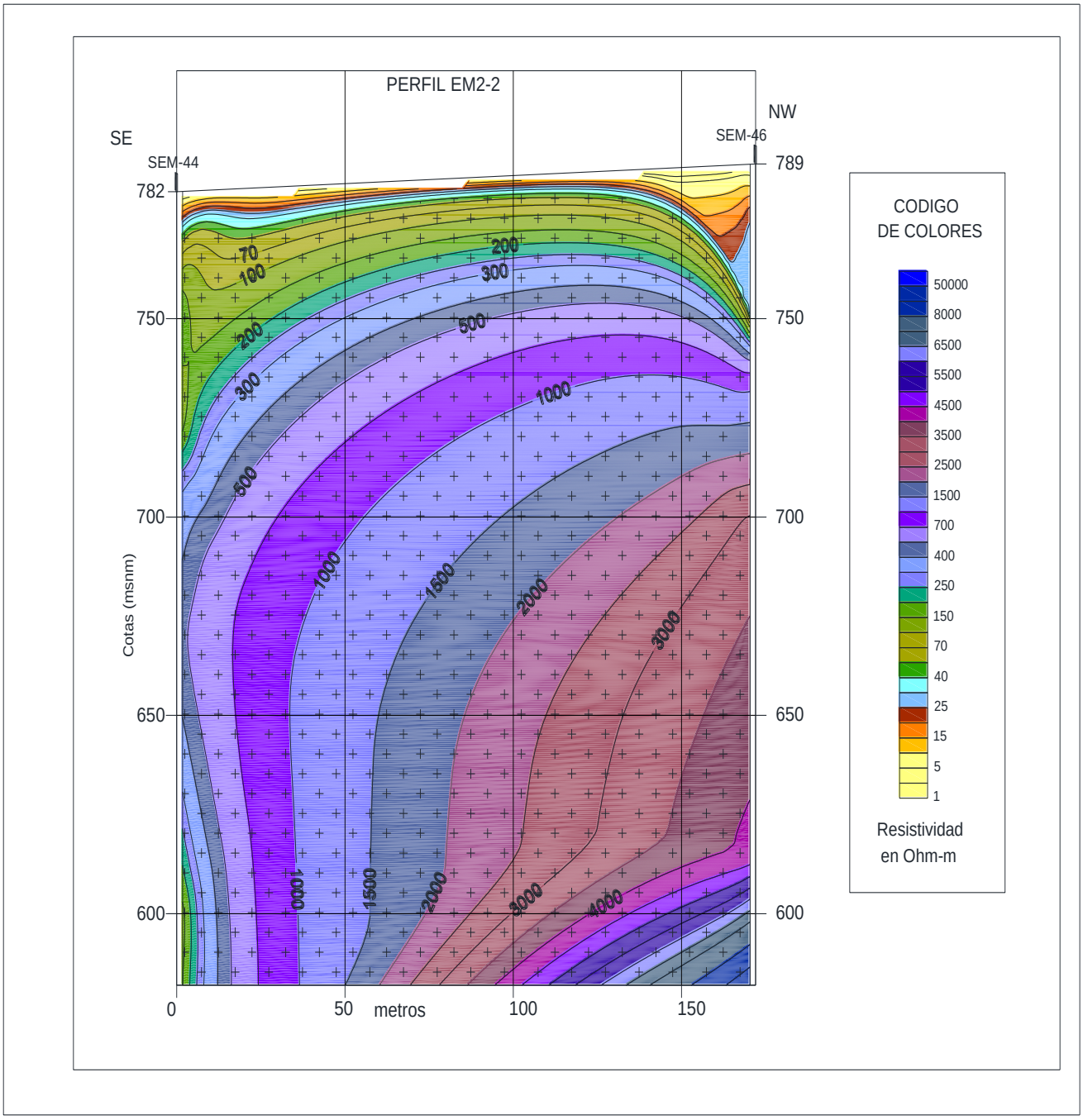


FIGURA 5.4.5.2-6
PERFIL TRANSVERSAL EM 2-2
Fuente: Elaboración propia.

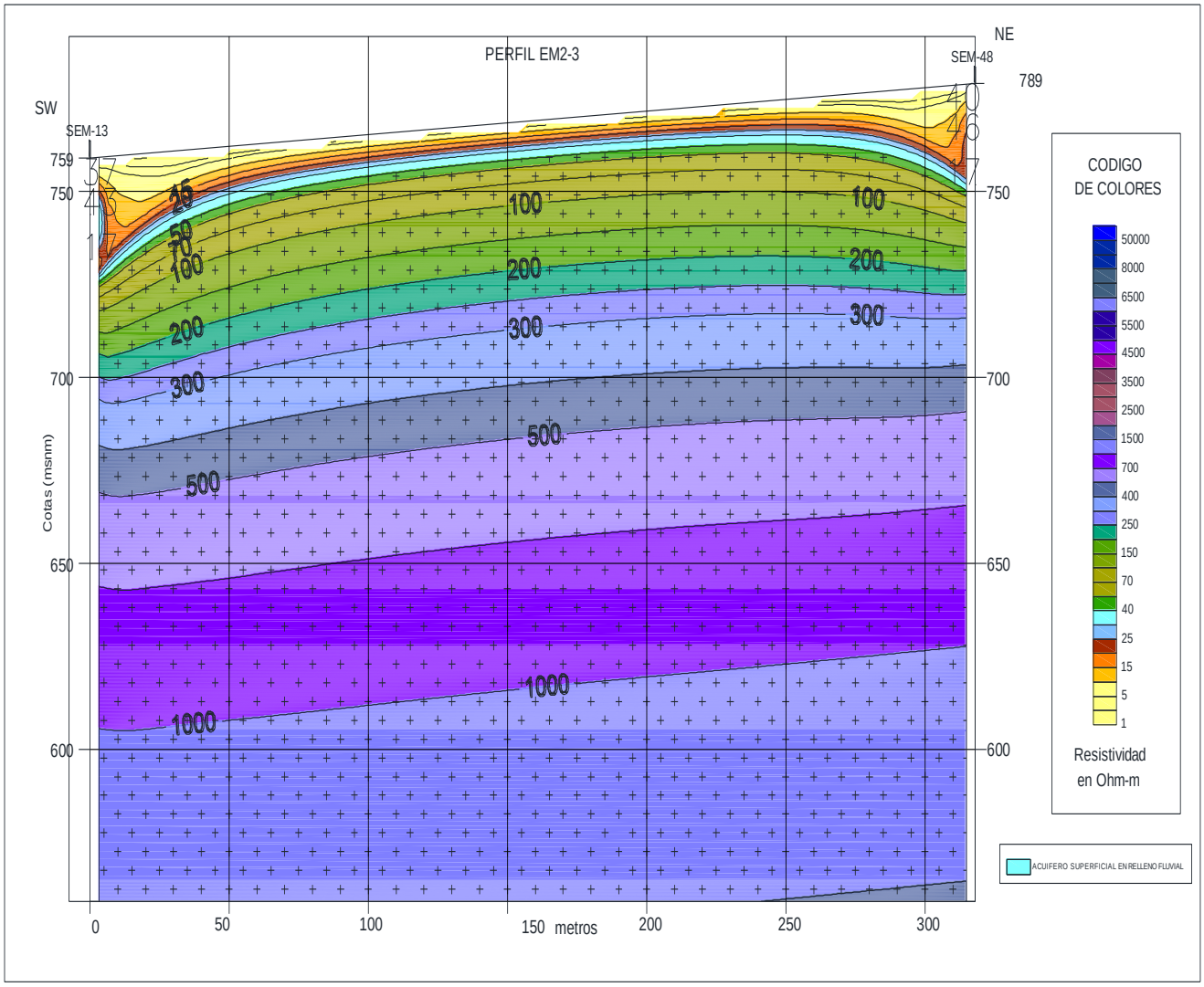


FIGURA 5.4.5.2-7
PERFIL TRANSVERSAL EM 2-3
Fuente: Elaboración propia.

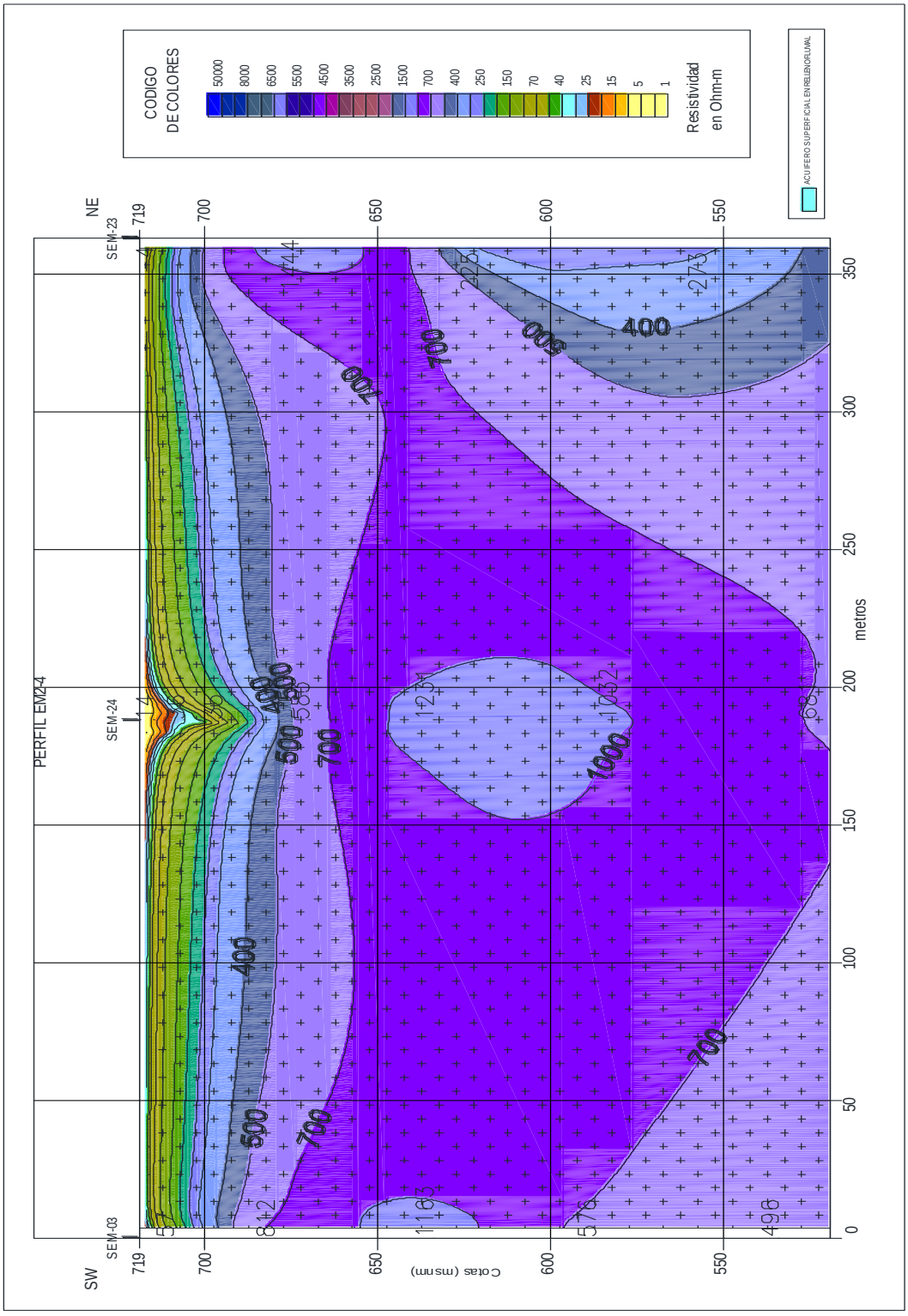


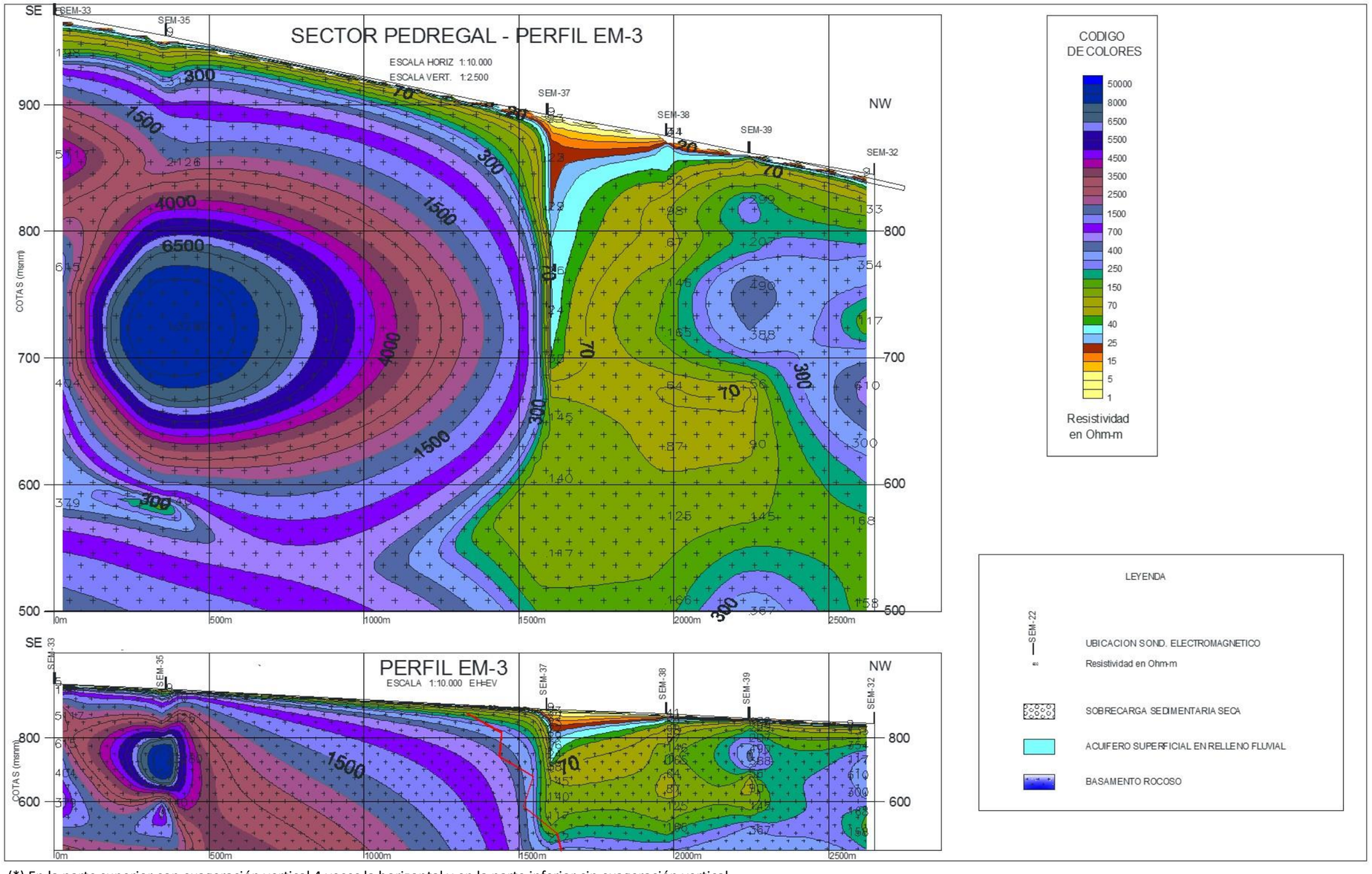
FIGURA 5.4.5.2-8
PERFIL TRANSVERSAL EM 2-4
Fuente: Elaboración propia.

c) Sector Sur Pedregal

- **Perfil Longitudinal EM-3:** El perfil EM-3 se inicia en la quebrada ubicada al Sur de Pedregal, en un poblado conocido como Mostacilla. Desde esa localidad se dirige aguas abajo dónde se forma la junta con el río Mostazal. Se ejecutaron 7 mediciones electromagnéticas, SEM 33 a SEM 39. Adicionalmente se construyeron los perfiles transversales EM 3-1 y EM 3-2. Este perfil presenta las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas y parcialmente bolones con espesor promedio 9m hacia el extremo SE y 15m al NW. En la parte central del perfil, bajo los SEM-37 y 38 hay un aumento considerable del relleno de gravas calculándose en 55m.
  - En general esta sobrecarga presenta resistividades menores que 25Ω. Desde el punto de vista del contenido de aguas esta unidad se presenta húmeda entre 5 y 15m de profundidad.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad entre 25 y 40Ω-m y un espesor de 8m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad promedio de 12m.
  - Esta unidad muestra la presencia de un embalse natural ubicado entre los 1.600 y 1.900m del perfil, SEM-37 a SEM-38, en dónde la roca se encuentra a 130m de profundidad
  - Roca basal del valle a profundidad variable. Esta unidad se manifiesta a profundidades medias diferentes variables entre 15 y 25m con la excepción recién descrita entre las mediciones SEM-37 y SEM-38 en dónde se visualiza el desarrollo de una falla geológica importante.

En la Figura 5.4.2.5-9 se puede observar este perfil con la geometría de las unidades del subsuelo y la unidad saturada.



(*) En la parte superior con exageración vertical 4 veces la horizontal y en la parte inferior sin exageración vertical.

En la parte central del perfil se observa la presencia de una falla importante.

FIGURA 5.4.5.2-9
PERFIL LONGITUDINAL EM-3
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfiles Transversales EM 3-1 a 3-2:** El perfil EM 3-1 se encuentra aproximadamente 2.7km aguas arriba de Pedregal y está formado por los SEM 11 y 30. A partir de estos y a una distancia de 1.3km en dirección del valle del río Mostazal se construyó el perfil transversal EM 3-2. Estos perfiles presentan las siguientes características:

  - Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas. En general esta sobrecarga presenta resistividades menores que 25Ω con un espesor promedio de 35m.
  - Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad entre 25 y 30Ω-m y un espesor de 15m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso.
  - Roca basal del valle a profundidad variable. Esta unidad se manifiesta a profundidades medias diferentes, variables entre 42 y 50m.
  - No se observan estructuras del tipo fallas sin embargo en el extremo del perfil EM3-2 se detectó una pequeña cuenca bajo el SEM-37.

En las Figuras 5.4.5.2-10 y 5.4.5.2-11 se pueden observar la geometría de las unidades del subsuelo y las unidades saturadas.

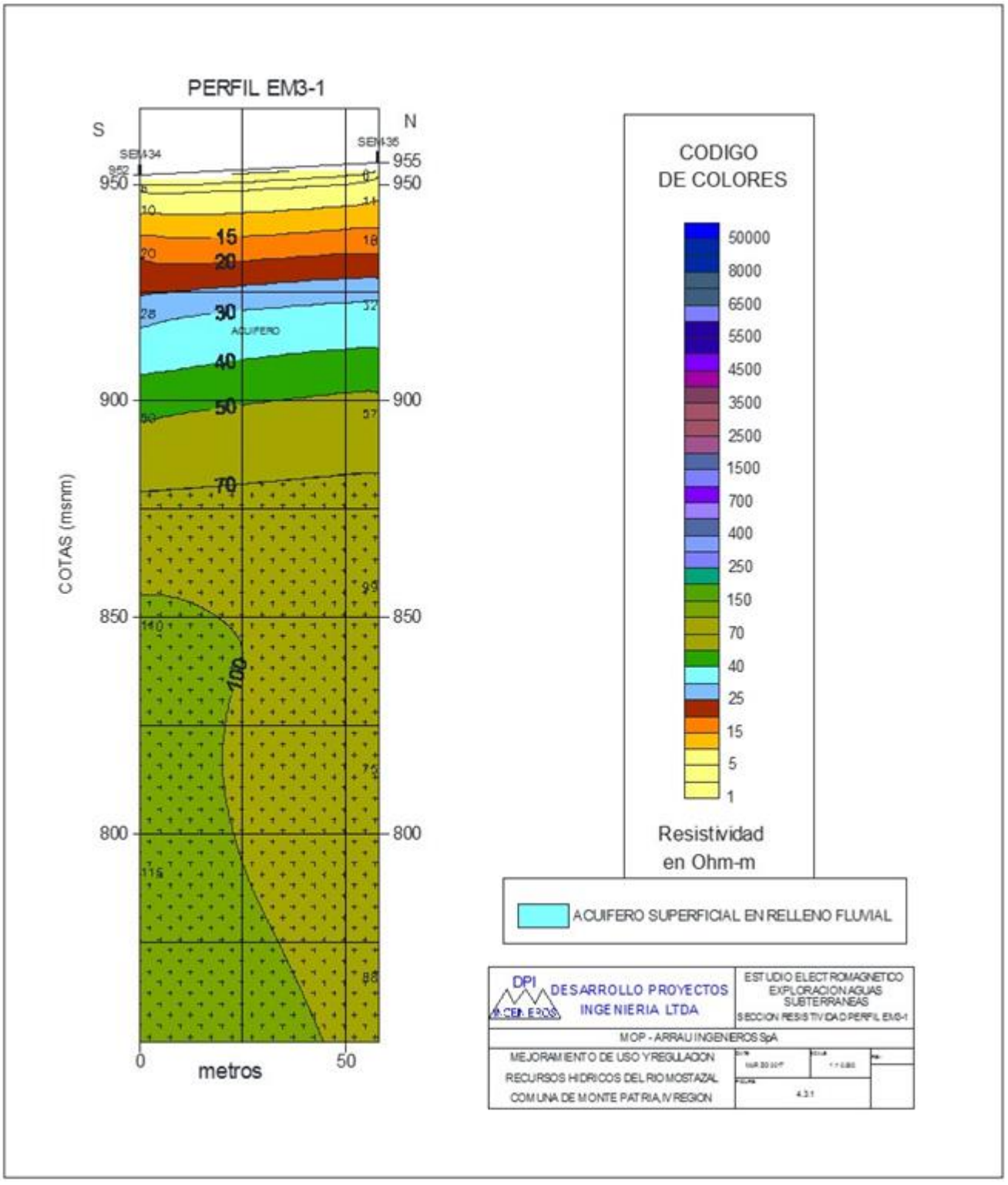


FIGURA 5.4.5.2-10
PERFIL TRANSVERSAL EM 3-1
Fuente: Elaboración propia.

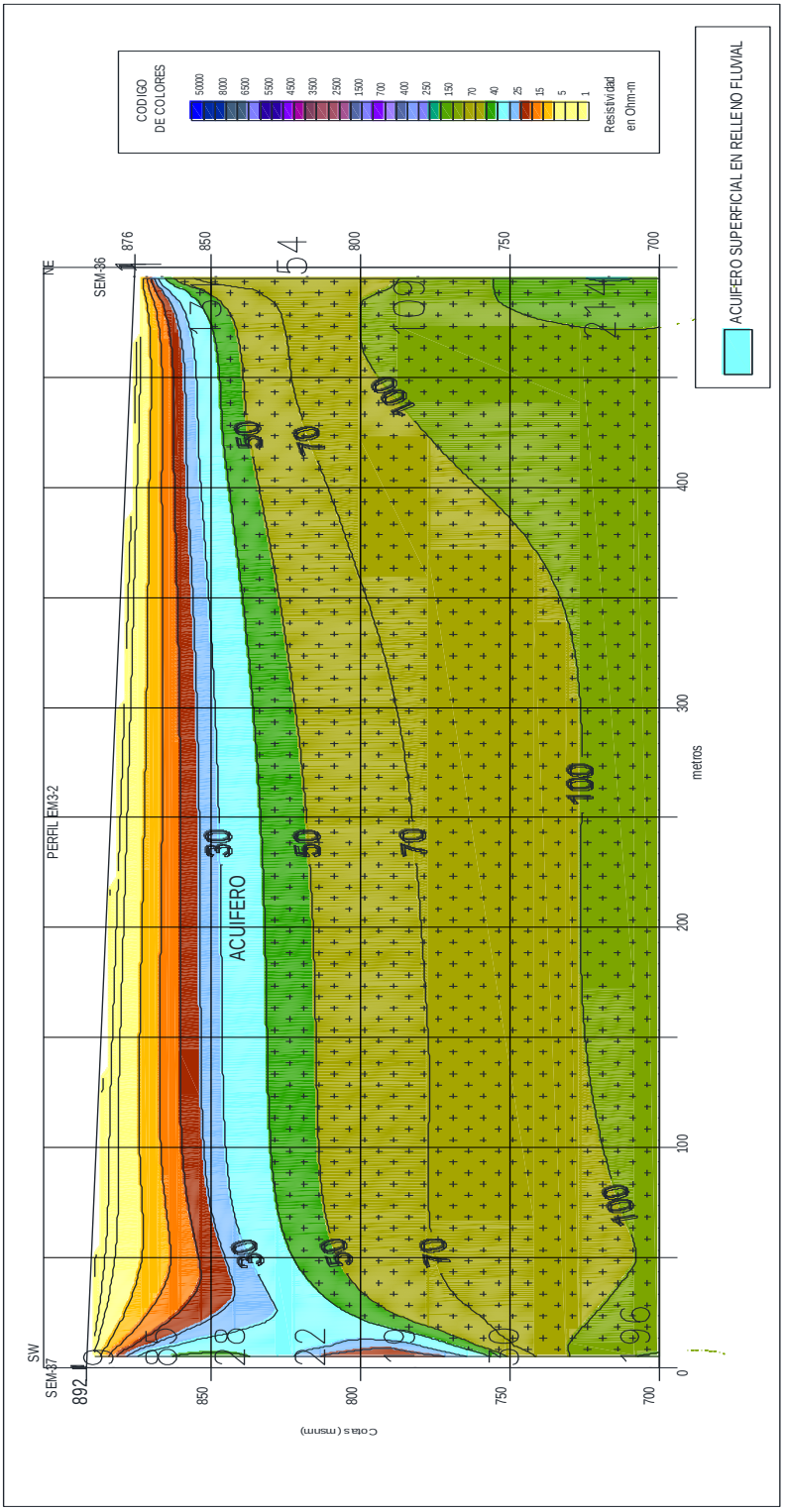


FIGURA 5.4.5.2-11
PERFIL TRANSVERSAL EM 3-2
Fuente: Elaboración propia.

- **Perfiles Longitudinales EM 4, 5 y 6:** Estos perfiles se construyeron, 2 de ellos, en la parte alta, del valle del río Mostazal, EM-4 y EM-5. El tercero, perfil EM-6, se construyó en el valle o quebrada de San Miguel.

  - Los perfiles del valle del río Mostazal, EM-4 y EM-5, muestran la presencia del acuífero entre los 15 y 20m de profundidad. Sin embargo, el perfil EM-4 muestra una clara evidencia de infiltración vertical del acuífero en el basamento rocoso.
  - El perfil EM-6, en la quebrada de San Miguel, muestra la presencia del acuífero a los 6m de profundidad desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad entre 25 y 30Ω-m y un espesor de 4m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad promedio de 12m.

Es importante destacar que en este caso la roca basal confirma su mala calidad con resistividades que decrecen a los 150m de profundidad y dónde probablemente se encuentre una falla geológica.

En las Figuras 5.4.5.2-12 a 5.4.5.2-14 se pueden observar estos perfiles con la geometría de las unidades del subsuelo y las unidades saturadas.

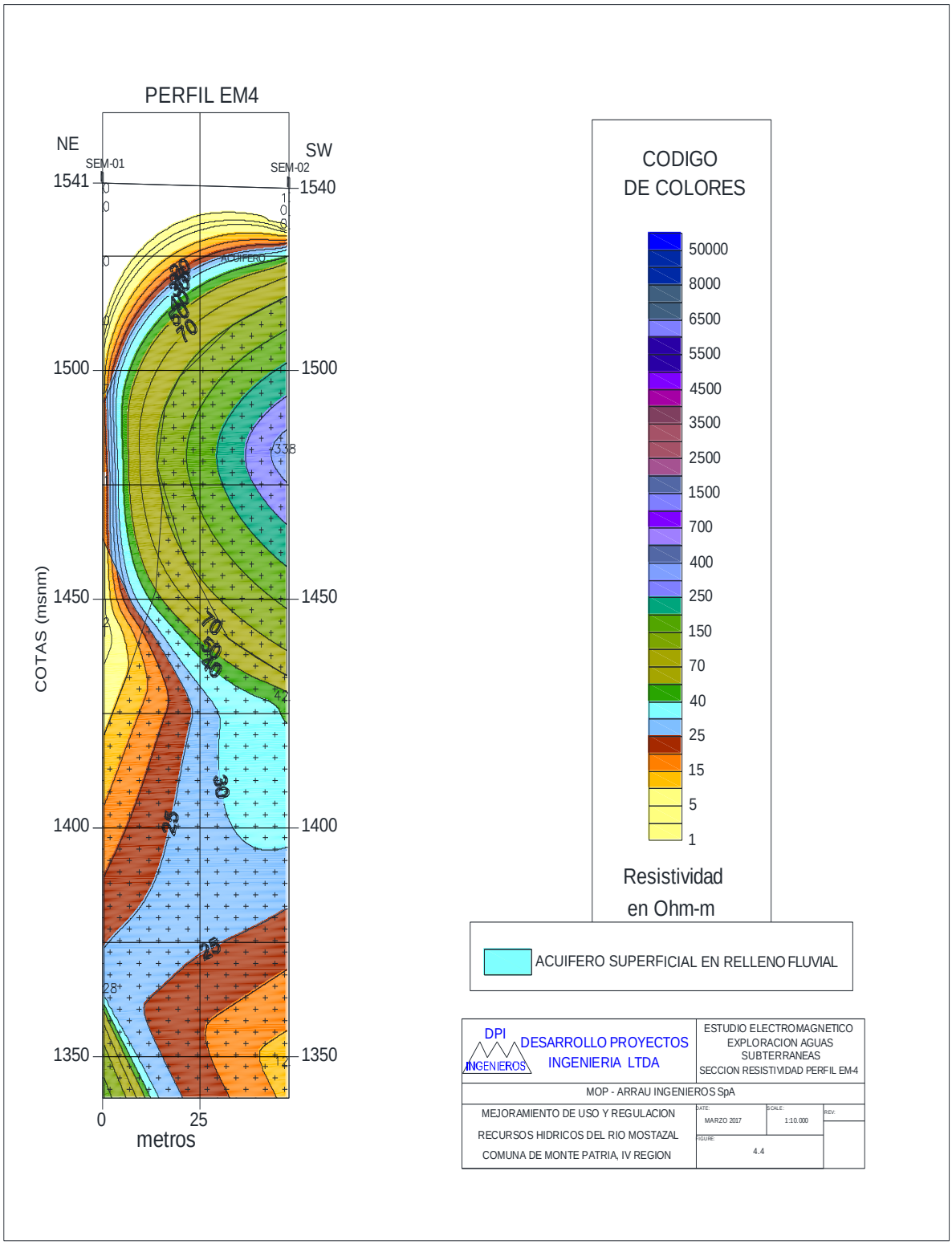


FIGURA 5.4.5.2-12
PERFIL LONGITUDINAL EM-4
Fuente: Elaboración propia.

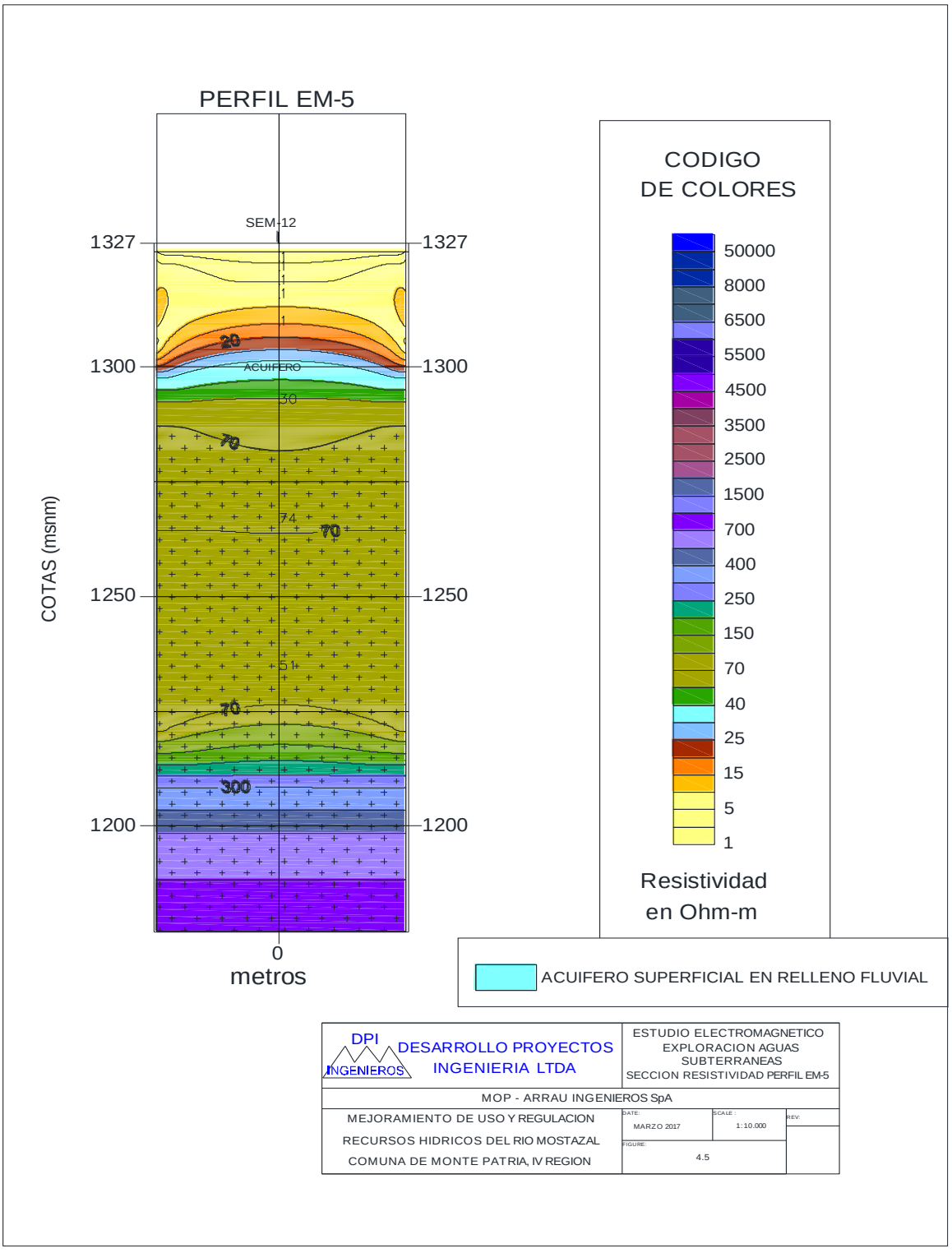


FIGURA 5.4.5.2-13
PERFIL LONGITUDINAL EM-5
Fuente: Elaboración propia.

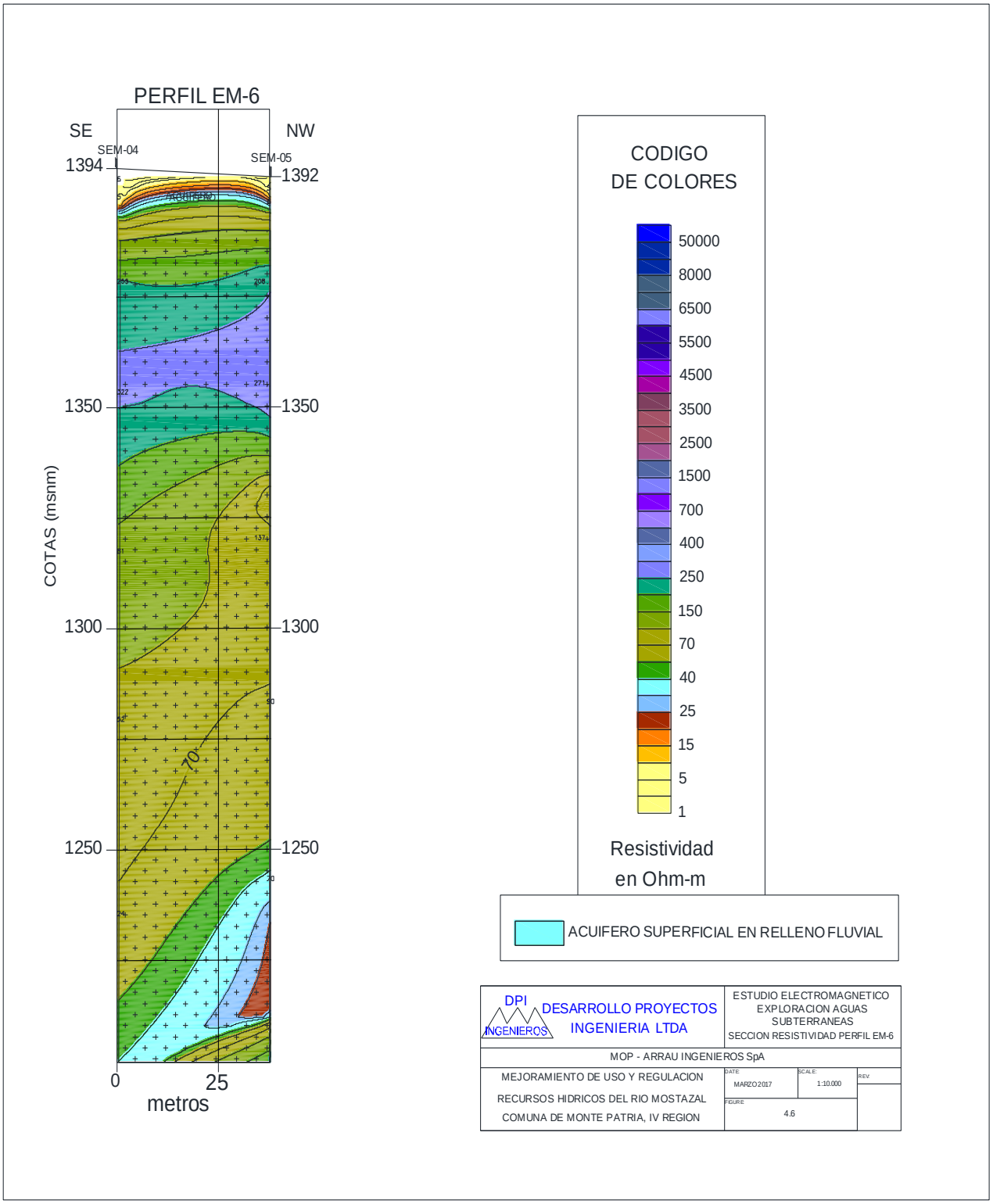


FIGURA 5.4.5.2-14
PERFIL LONGITUDINAL EM-6
Fuente: Elaboración propia.

5.4.6. Resumen y Conclusiones

5.4.6.1. Sondajes Eléctricos Verticales, SEV

Se ejecutaron 51 SEV con los cuales se construyeron 3 perfiles longitudinales a los valles del río Mostazal, San Miguel y Pedregal. Adicionalmente se construyeron perfiles transversales a estos.

Estos perfiles muestran un patrón geológico común en todo el valle del río Mostazal compuesto por las siguientes unidades y características:

- Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas y parcialmente bolones. Presenta resistividades mayores que 100 Ω-m alcanzando valores máximos de 7.000 Ω-m reflejando la presencia de sedimentos secos.

- Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial. Esta unidad se manifiesta con una resistividad entre 20 y 90 Ω-m con un espesor variable entre 5 y 25 m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad variable entre 5 y 15 m.

- Roca basal del valle a profundidad variable entre 15 y 40 m. Esta unidad presenta una depresión en la parte alta del río Mostazal aumentando los espesores del acuífero superficial.

En la quebrada San Miguel la roca basal presenta un quiebre importante que ha sido asociado a una expresión estructural del tipo falla geológica.

- Acuífero secundario desarrollado en la roca basal producto de la infiltración de las aguas superficiales. Este acuífero se manifiesta con espesor promedio de 30m.

Esta unidad es susceptible de ser explotada sin embargo para su evaluación es recomendable realizar estudios de transmisibilidad y permeabilidad de la roca.

5.4.6.2. Sondajes Electromagnéticos

Se ejecutaron 50 mediciones electromagnéticas con los cuales se construyeron 3 perfiles longitudinales, 2 de ellos en el valle del río Mostazal y 1 en el sector de Pedregal. También se construyeron perfiles transversales a estos.

Estos perfiles presentan las siguientes características:

- Sobrecarga sedimentaria formada por un relleno fluvial caracterizado por gravas y bolones en general húmedos.

- Acuífero principal desarrollado en el relleno fluvial con un espesor variable entre 5 y 15m. Este nivel se desplaza directamente sobre el basamento rocoso y se encuentra a una profundidad promedio de 15m.

Esta unidad muestra en el sector bajo del valle la presencia de 2 estructuras importantes, probablemente fallas geológicas, en las cuales se han desarrollado embalses naturales del río Mostazal.

- Roca basal a profundidad variable. En el valle del río Mostazal esta unidad se manifiesta a profundidades variables entre 15 y 30m con la excepción de los embalses recién descritos.

- En el valle frente a Pedregal también se detectó una estructura del tipo falla y que estaría afectando el desplazamiento de las aguas subterráneas.

Los resultados obtenidos a través de esta investigación necesitan complementarse con la ejecución de sondajes con recuperación de testigos y ensayos de permeabilidad a fin de evaluar la factibilidad de explotación en particular del acuífero profundo.

5.5. Estudio Sedimentológico

5.5.1. Antecedentes

El estudio de sedimentación tiene como objetivo determinar el gasto sólido de fondo y en suspensión con el fin de obtener el volumen de sedimento que llega al embalse. De esta manera se determina el volumen muerto en el embalse.

Se entiende como volumen muerto a aquel volumen que ocupa el gasto sólido total a lo largo de la vida útil de la obra, definida con un periodo de vida útil de 50 años. El gasto sólido total se divide en 2 componentes, gasto sólido de fondo y gasto sólido en suspensión.

En el presente capítulo se determinarán los volúmenes de sedimentos en los dos sitios de embalse que se analizan, cuyas áreas aportantes se presentan en el Cuadro 5.5.1-1.

CUADRO 5.5.1-1
CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS APORTANTES

Sitio de Embalse	Cuenca	Área Total (km^2)
Tranca Morada	Río Mostazal	224,0
San Miguel Alto	Río San Miguel	87,3

Fuente: Elaboración Propia

En los acápites siguientes se aplican diferentes metodologías para la estimación del volumen muerto, indicando los antecedentes necesarios para su obtención, tales como caudales de crecidas y granulometrías del cauce aguas arriba.

5.5.2. Caudales Medios y de Crecidas

Para estimar el gasto de sólidos en suspensión se utilizará el caudal medio anual obtenido en el subcapítulo de hidrología, los cuales corresponden a 1,46 m³/s para el sitio de Tranca Morada y 0,57 m³/s para el sitio San Miguel Alto.

El gasto sólido de fondo se estima a partir de los caudales de crecidas. Los caudales máximos se producen por crecidas deshielo y son los que se indican en el Cuadro 5.5.2-1 (ver estudio de crecidas en subcapítulo de hidrología).

CUADRO 5.5.2-1
CAUDALES MÁXIMOS DE CRECIDAS DE DESHIELO PARA LOS SITIOS DE EMBALSE

T (años)	Caudales de crecida Q(T) (m³/s)	
	Sitio Tranca Morada	Sitio San Miguel Alto
10	9,4	3,6
20	14,8	5,7
50	24,8	9,6
100	35,0	13,5
1000	91,6	35,5

Fuente: Elaboración Propia

5.5.3. Curvas Granulométricas

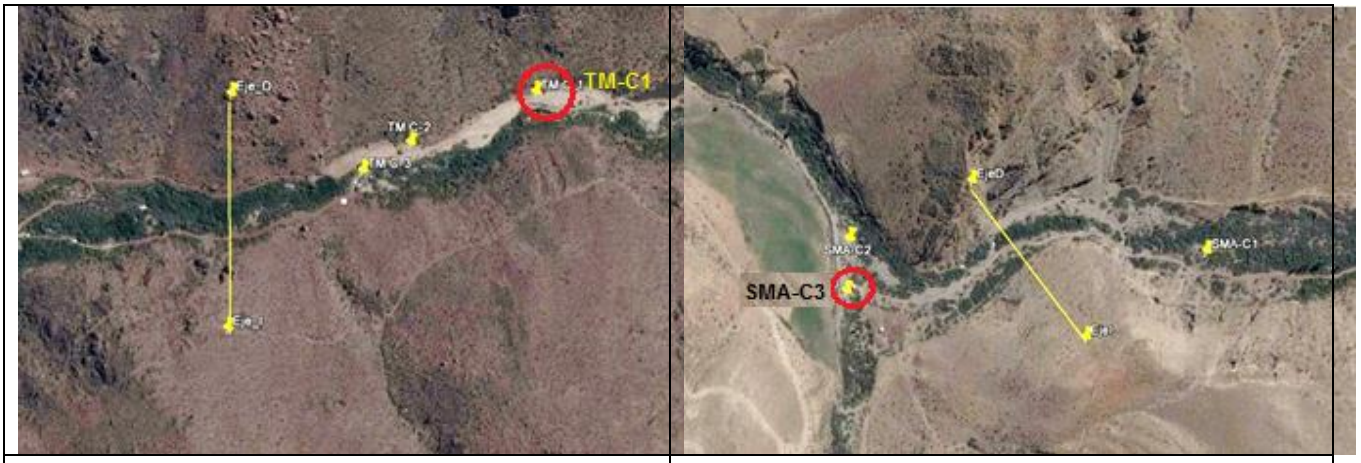
5.5.3.1. Calicatas

En el Cuadro 5.5.3.1-1 y Figura 5.5.3.1-1 se presentan las características y ubicación de las calicatas excavadas donde se hicieron los ensayos de granulometría y que son representativas de los cauces de ambos sitios de embalse.

CUADRO 5.5.3.1-1
CALICATAS REPRESENTATIVAS EMBALSES TRANCA MORADA Y SAN MIGUEL ALTO

ID	Tipo	Ubicación	Coordenadas UTM		Profundidad
			Este	Norte	(m)
TM-C1	Calicata	Sitio embalse Tranca Morada	350.355,98	6.593.426,62	6
SMA-C3	Calicata	Sitio embalse San Miguel Alto	348.965,80	6.588.135,96	6

Nota: Datum WGS84.
Fuente: elaboración propia.



CALICATA TM-C1	CALICATA SMA-C3

FIGURA 5.5.3.1-1
UBICACIÓN CALICATAS REPRESENTATIVAS
Fuente: elaboración propia.

5.5.3.2. Curvas Granulométricas

Las curvas granulométricas representativas de los sitios de Tranca Morada y San Miguel Alto corresponden a las calicatas CM-1 y SM-1, respectivamente, y cuyos datos de presentan en los Cuadros y Gráficos siguientes.

CUADRO 5.5.3.2-1
DATOS CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA SITIO TRANCA MORADA

Tamaño abertura	CM-1
(mm)	**% Pasa**
80	100
63	84
50	73
40	65
25	60
20	58
10	55
5	50
2	40
0,5	14
0,08	3
dm (mm)	**21,3**
d_{35} (mm)	**1,6**

Fuente: elaboración propia.

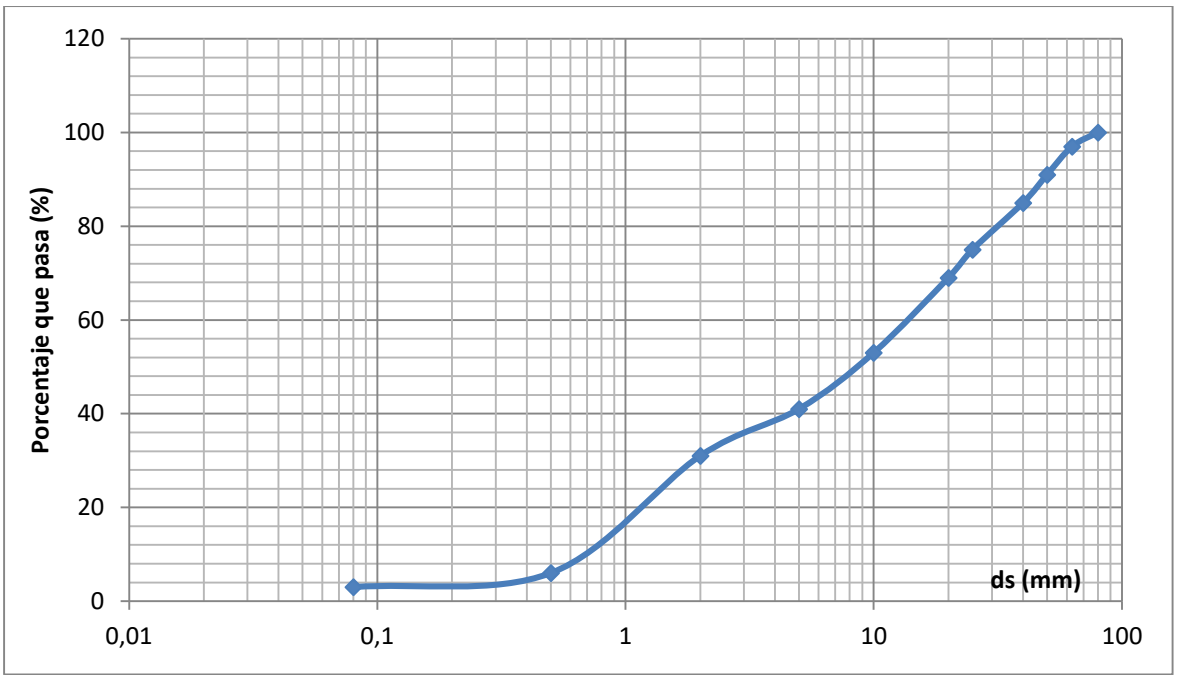


GRÁFICO 5.5.3.2-1
CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA SITIO TRANCA MORADA
Fuente: elaboración propia.

CUADRO 5.5.3.2-2
DATOS CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA SITIO SAN MIGUEL ALTO

Tamaño abertura	CM-1
(mm)	% Pasa
80	100
63	87
50	83
40	72
25	66
20	61
10	51
5	43
2	29
0,5	10
0,08	4
dm (mm)	18,9
d_{35} (mm)	3,3

Fuente: elaboración propia.

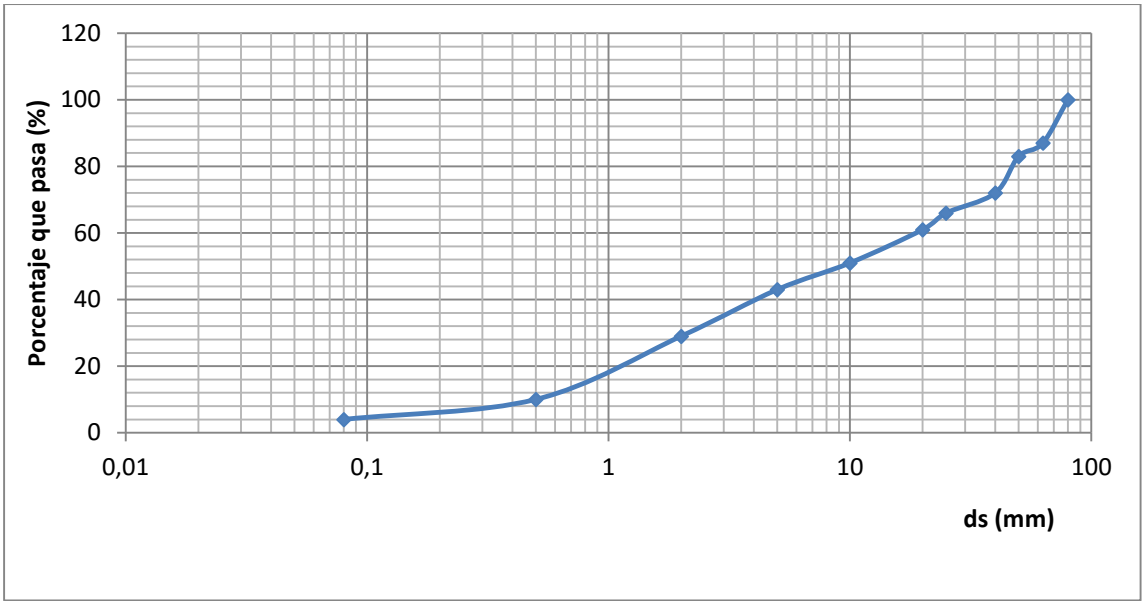


GRÁFICO 5.5.3.2-2
CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA SITIO SAN MIGUEL ALTO
Fuente: elaboración propia.

5.5.4. Cálculo Gasto Sólido en Suspensión

5.5.4.1. Método de Dendy y Bolton (1976)

Dendy y Bolton desarrollaron una ecuación obtenida de evaluar alrededor de 800 embalses en los Estados Unidos para estimar la producción de sedimentos en cuencas. Esta expresión tiene validez en cuencas que van desde 2,5 a 75.000 km^2 de superficie. La ecuación depende de la superficie de la cuenca aportante y del caudal medio anual.

$$s = Sr \cdot C_1 \cdot \left(\frac{Q}{Qr}\right)^{0,46} \cdot \left[1,43 - 0,26 \cdot \log\left(\frac{A}{Ar}\right)\right]$$

Donde:

S = producción específica de sedimento en ton/km^2/año

Sr= producción especifica referencial de sedimento, considerada como 576 t/km2/año

A = superficie de la cuenca en km2

Ar = superficie de cuenca referencial, considerada como 2,59 km2

C1 = coeficiente adimensional 0,375

Q = escorrentía anual en mm/año

Qr = escorrentía de referencia, considerado como 508 mm/año

Por lo tanto, el volumen de sedimentos estimado por el método de Dendy y Bolton es el que se presenta en el Cuadro 5.5.4.1-1.

CUADRO 5.5.4.1-1
VOLUMEN DE SEDIMENTOS FÓRMULA DE DENDY Y BOLTON

Parámetro	Unidad	Tranca Morada	San Miguel Alto
Q	(m^3/s)	1,46	0,57
Q	(mm)	205,5	205,9
A	(km^2)	224,0	87,3
Tasa de Producción Sedimentos	(t/km^2/año)	132,0	147,3
Vol. Anual	(m^3/año)	17.917	7.791
Vol. Vida Útil Embalse	(hm^3)	0,90	0,39

Fuente: Elaboración Propia

5.5.4.2. Estimación de la Producción Anual según Metodología USBR (1974)

La expresión propuesta por la USBR (1974), se obtuvo de correlacionar la producción de sedimento asociada a 29 cuencas de clima semiárido, y corresponde a:

$$Q_s = 1098 \cdot A^{-0,24}$$

En la que Qs representa la producción de sedimentos en términos de m^3/km^2/año, y A representa el área en km^2.

CUADRO 5.5.4.2-1
VOLUMEN DE SEDIMENTOS METODOLOGÍA USBR (1974)

Parámetro	Unidad	Tranca Morada	San Miguel Alto
Área, A	(km^2)	224	87,3
Producción de sedimentos, Qs	(m^3/km^2/año)	300	376
Tasa de Producción Sedimentos	(t/km^2/año)	494	620
Vol. Anual	(m^3/año)	67.111	32.792
Vol. Vida Útil Embalse	(m^3)	3.355.528	1.639.620
Vol. Vida Útil Embalse	(hm^3)	3,4	1,6

Fuente: Elaboración Propia

5.5.4.3. Tasa Regional US

Un promedio obtenido en diversas cuencas de Estados Unidos de 0,24 mm/km^2/año (Tasa US) permiten obtener una estimación del aporte en una vida útil de 50 años.

CUADRO 5.5.4.3-1
VOLUMEN DE SEDIMENTOS TASA REGIONAL US

Parámetro	Unidad	Tranca Morada	San Miguel Alto
Tasa US	(mm/km2/año)	0,24	0,24
Área Cuenca	(Km^2)	224	87,3
Tasa US	(m^3/año)	53.760	20.952
Tasa US	(t/km^2/año)	396	396
Vol. Vida Útil Embalse	(m^3)	2.688.000	1.047.600
Vol. Vida Útil Embalse	(hm^3)	2,69	1,05

Fuente: Elaboración Propia

5.5.4.4. Tasas regionales de Embalses en Chile

Otra forma de la estimación del sedimento sólido en suspensión, considera la utilización de 10 tasas regionales obtenidas de diferentes estaciones sedimentométricas ubicadas en la cuenca del río Choapa, Elqui, Aconcagua y Maipo. En el Cuadro 5.5.4.4-1 se muestran las tasas regionales utilizadas, indicando la estación y el área aportante. Es necesario indicar que estas tasas provienen del Estudio Integral de Riego realizado por la empresa Ingendesa en el año 1995.

CUADRO 5.5.4.4-1
TASAS REGIONALES DE GASTO SÓLIDO SUSPENDIDO

Estación Sedimentométrica	G.S. (t/km^2/año)	Área (km^2)
Río Elqui en Algarrobal	56	5729
Río Turbio en Huanta	103	2284
Río Cogotí en Embalse Cogotí	190	735
Río Putaendo en Resguardo Los Patos	263	927
Río Mapocho en Los Almendros	178	620
Río Chalinga en Limáhuida	128	3644
Río Chalinga en Salamanca	133	2253
Río Chalinga en Cuncumén	143	1091
Río Claro en Montealegre	5	1223
Río Illapel en Las Burras	19	597

Con estos datos se estableció una tendencia representativa de las tasas regionales encontrando una relación dependiente del área, la que resulta:

$$G.S. = 225 * e^{-2E-04*A}$$

Aplicando esta relación resulta un Gasto Sólido de 206 y 217 (t/km2/año) para los sitios de Tranca Morada y San Miguel Alto, respectivamente.

5.5.4.5. Estudio Embalse Chalinga DOH, 2015

En este estudio a nivel de diseño de consideró una tasa de sedimentación de 88 m^3/km^2/año.

5.5.4.6. Elección de la Producción de Sólidos en Suspensión

En el Cuadro 5.5.4.6-1 se incluye un resumen de los valores obtenidos por alternativa. Al revisar los resultados, se considera apropiada utilizar el dato determinado recientemente para el embalse Chalinga y el de Dandy y Bolton, ya que los otros métodos consideran superficies de cuencas mucho mayores que el caso del presente estudio.

CUADRO 5.5.4.6-1
RESUMEN VALORES OBTENIDOS Y VOLUMEN ADOPTADO

Metodología	Tasa de Producción (t/m²/año)		Vol. Vida Útil Embalse (hm3)	
	Tranca Morada	San Miguel Alto	Tranca Morada	San Miguel Alto
Dendy & Bolton	132	147,3	0,90	0,39
USBR	494	620	3,4	1,6
Tasa US	396	396	2,7	1,05
Tasas Regionales Chile	206	2017	1,4	0,57
Embalse Chalinga IV Región	145	145	0.98	0.55
Adoptada	133	133	0,89	0,50

Fuente: Elaboración Propia

5.5.5. Cálculo Gasto Sólido de Fondo

Para estimar el Volumen Muerto Total, se considera que el gasto sólido de fondo corresponde a un 15% del gasto sólido suspendido.

5.5.6. Cálculo Volumen Muerto

Para el Volumen Muerto Asociado al Gasto Sólido Suspendido se consideró un peso específico igual a 1,65 t/m³ y para el Volumen Muerto asociado al Gasto de Arrastre de Fondo se consideró un peso específico igual a 2,2 t/m³. En el Cuadro 5.5.6-1 muestra los volúmenes adoptados para cada alternativa.

CUADRO 5.5.6-1
RESUMEN CÁLCULO VOLUMEN TOTAL DE SEDIMENTOS

Alternativa	Volumen vida Útil de la Obra (m^3)		
	Sólidos en Suspensión	Arrastre de Fondo	Volumen Muerto
Tranca Morada	0,902	0,081	0,984
San Miguel Alto	0,504	0,045	0,55

Fuente: Elaboración Propia

5.6. Estudio Sísmico

5.6.1. Introducción

El presente informe entrega las estimaciones de la demanda sísmica en la zona del proyecto de Mejoramiento del Uso de Recursos Hídricos del río Mostazal, mediante las aproximaciones probabilística y determinística. Ellas son evaluadas considerando los antecedentes disponibles de la sismicidad de la zona y de todo el país al momento de su elaboración. Se incluyen los catálogos publicados en servicios nacionales e internacionales con información relevante. Se ha considerado que las características de las fuentes sismogénicas interplaca e intraplaca de profundidad intermedia son homogéneas. Se han realizado las evaluaciones considerando condiciones de roca o suelo duro, dado los antecedentes disponibles.

5.6.2. Localización del Área de Estudio

El proyecto de Mejoramiento del Uso de Recursos Hídricos del río Mostazal se encuentra localizado, aproximadamente, en 30.78°S, 70.57°W, indicado con una estrella blanca en la Figura 5.6.2-1. En dicha Figura también se presentan las placas tectónicas más importantes de la zona de estudio: placas de Nazca (de origen oceánico) y Sudamericana (de origen continental); las flechas indican el movimiento de las placas de acuerdo al modelo indicado en texto de la Figura. Actualmente, se estima la velocidad de convergencia en 63.0 mm/yr (Khazaradze & Klotz, 2003) produciendo la colisión entre las placas de Nazca y Sudamericana, y luego la subducción de la primera bajo la segunda (ver Figura 5.6.2-3). La Figura 5.6.2-2 presenta las estimaciones de la velocidad de la corteza, restringida a no tener rotación neta (Kreemer y otros, 2000, 2003); las flechas son proporcionales a la velocidad (ver escala en borde superior izquierdo), las cuales reafirman la convergencia de las placas. Este proceso es el principal causante de la alta sismicidad observada en casi todo el oeste del continente Sudamericano.

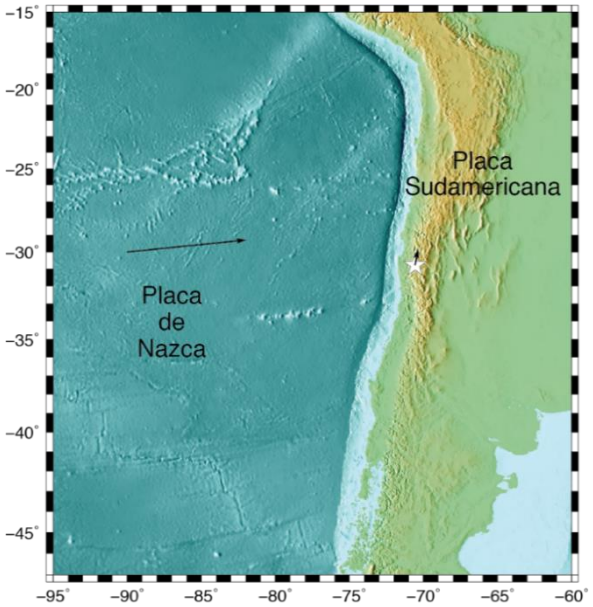


FIGURA 5.6.2-1
MAPA TOPOGRÁFICO CON LA LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: http://sps.unavco.org/crustal_motion/dxdt/gpsvel

La Figura 5.6.2-2 muestra la sismicidad de la zona: cada punto corresponde a un sismo, independiente de su magnitud o fecha de ocurrencia. Además, se ha marcado la posición del borde superior de la placa subductante (Nazca) y la inferior de la placa Sudamericana. Las estrellas muestran, aproximadamente, la posición de los sitios en estudio.

Un corte Este-Oeste de las Figura 5.6.2-2, a la altura de la localidad en estudio, se presenta en la Figura 5.6.2-3, donde se observa la interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana. En ella también se han graficado los sismos registrados en la zona de estudio: en el contacto entre ellas se encuentran los terremotos interplaca tipo thrust (falla inversa de bajo ángulo), los cuales se caracterizan por ocurrir en la zona costera, en el interior de la placa de Nazca ocurren terremotos de tipo intraplaca de profundidad intermedia, con hipocentros bajo el continente, mientras que los sismos más superficiales ocurren dentro de la placa Sudamericana (corticales, con profundidades menores a 25 km).

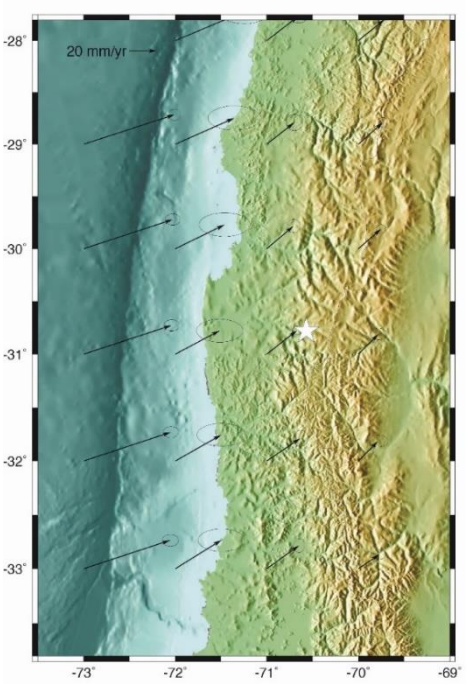


FIGURA 5.6.2-2
MAPA TOPOGRÁFICO REGIONAL QUE MUESTRA LA VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DE LA CORTEZA (FLECHAS) Y EL ERROR DE LA ESTIMACIÓN (ELIPSES)

La escala se presenta en el borde superior izquierdo. las localizaciones de los sitios en estudio se muestran con estrellas blancas.

Fuente: Kreemer Y Otros, 2000, 2003.

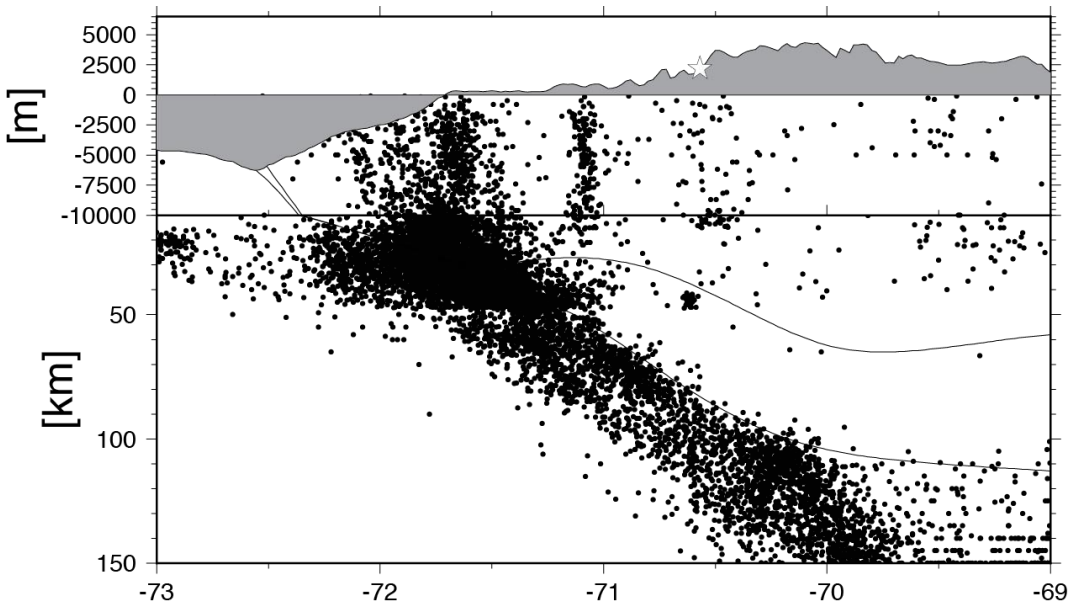


FIGURA 5.6.2-3
CORTE DE LA SUBDUCCIÓN CHILENA EN EL PARALELO 30.8°S

Fuente: Tassara y otros, 2006.

5.6.3. Antecedentes

5.6.3.1. Aspectos Generales

A continuación, se presentan los antecedentes con que se contaba al momento de la elaboración de este informe. Ellos consisten en estimaciones previas del peligro sísmico hechas para la zona y datos de importantes terremotos históricos.

5.6.3.2. Trabajos Previos

En Chile se han desarrollado varias investigaciones que estiman el peligro sísmico a diversas escalas. En primer lugar, se muestran los resultados obtenidos por Susa (2004) en los cuales se estimó la probabilidad de ocurrencia de un terremoto de magnitud importante (sobre 7,0-7,5) en diversas regiones del país (ver Figura 5.6.3.2-1) dentro de un determinado rango de tiempo. Para la zona en estudio se tiene un rango entre 26% al 62% dependiendo del modelo probabilístico considerado; notemos que estas estimaciones fueron realizadas antes del terremoto de Illapel 2016. Por lo tanto, se estima que estos altos valores de probabilidad de ocurrencia hayan disminuido considerablemente tras la ocurrencia del terremoto de 2016.

Por otro lado, el proyecto *Global Seismic Hazard Assessment Program* (GSHAP) (Giardini et al., 1992) desarrollado entre 1992 y 1999, tuvo como objetivo elaborar un mapa a escala global del peligro sísmico. Por ello, se estimó la aceleración máxima en la horizontal para un plazo de vida útil de 50 años considerando un 10% de probabilidad de excedencia (equivalente a un período de retorno de 475 años). Los resultados obtenidos para el área en estudio se presentan en la Figura 5.6.3.2-2.

Para la zona de estudio se tiene una aceleración máxima en la horizontal de 3,73 m/s^2 (38,0% g) para el período de retorno de 475 años. Cabe destacar que en el trabajo desarrollado por Giardini et al. (1992) no se mencionan estimaciones del error que este valor posee.

A nivel nacional se han desarrollado una serie de estudios que estiman el peligro sísmico de manera probabilística. Entre ellos, se destacan los desarrollados por Martin (1990) y Algermissen et al. (1992) los cuales se caracterizan por estar fuertemente influenciados por los registros obtenidos después del terremoto de Valparaíso de 1985; ambos estudios consideran las fuentes sismogénicas interplaca tipo thrust e intraplaca de profundidad intermedia por separado. Martin (1990) define una ley de atenuación que todos los eventos registrados hasta ese momento, sin separar aquellos de tipo interplaca de los intraplaca de profundidad intermedia. Por su parte, Algermissen et al. (1992) considera la ley de atenuación definida por Martin (1990) y, para las fuentes sismogénicas, este estudio define 16 fuentes planares que representan el contacto sismogénico, al igual que otras que incluyen las fuentes intraplaca de profundidad somera (fuentes corticales). Los resultados se presentan en la Figura 5.6.3.2-3, ambos para un periodo de retorno de 475 años.

De estos estudios es posible ver que se estiman aceleraciones horizontales máximas de 48% y 46% de g, en los estudios de Martin (1990) y Algermissen et al. (1992), para un periodo de retorno de 475 años.

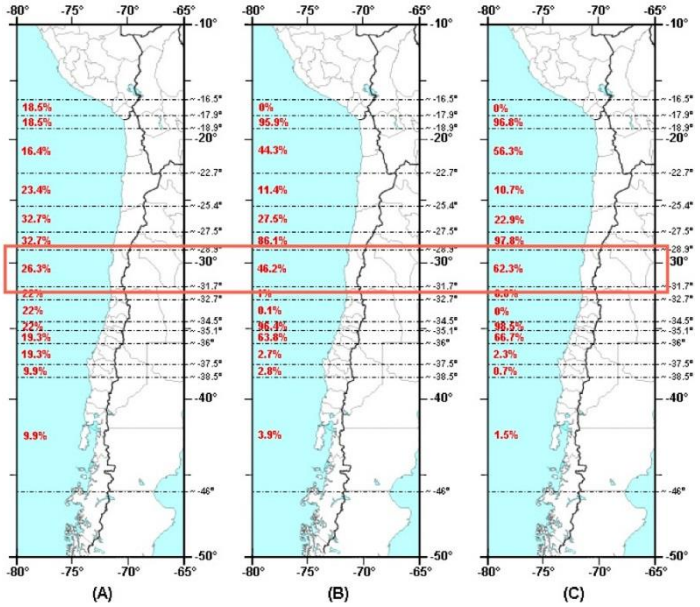


FIGURA 5.6.3.2-1
PROBABILIDADES DE QUE OCURRA UN TERREMOTO DE MAGNITUD SUPERIOR A 7.0-7.5 PARA EL PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE 2004-2024

Para su determinación, se consideraron las siguientes distribuciones: (a) Poisson, (b) Weibull, determinada mediante mínimos cuadrados, y (c) Weibull, determinada mediante máxima verosimilitud.
Fuente: Susa, 2004.

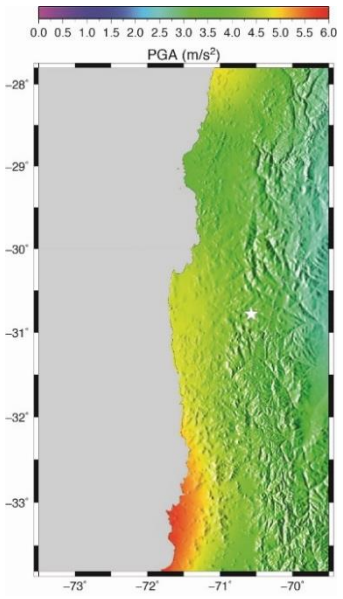


FIGURA 5.6.3.2-2
ESTIMACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO ELABORADO POR EL PROGRAMA GSHAP
El color presenta la aceleración máxima del terreno, PGA en la componente horizontal que tiene un 10% de probabilidad de ser excedido en 50 años (ver escala en el borde superior). La estrella blanca marca la posición del sitio estudiado.
Fuente: Giardini et al., 1992.

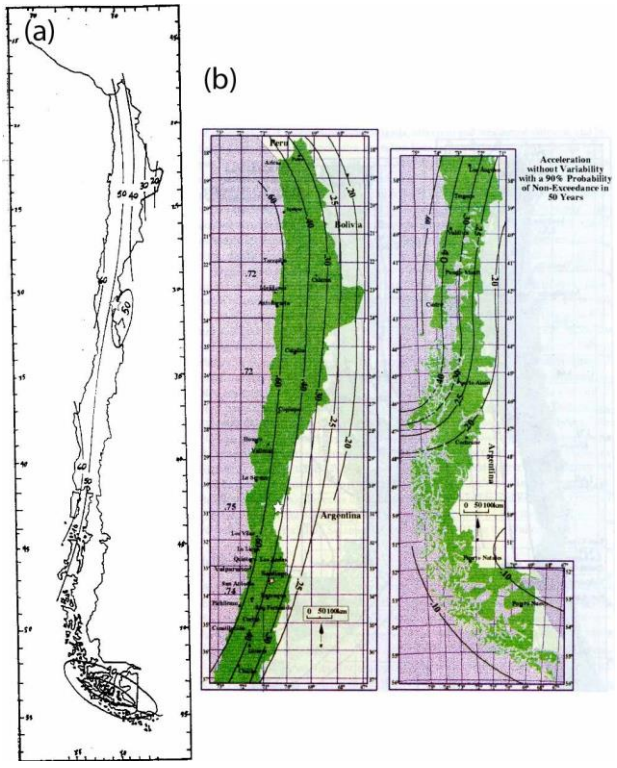


FIGURA 5.6.3.2-3
ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO PROBABILÍSTICOS HECHOS A NIVEL NACIONAL
Ver detalles en el texto; la estrella marca la posición del lugar en estudio.
Fuente: (a) Martin (1990) y (b) Algermissen et al. (1992).

5.6.3.3. Sismos Históricos en la Zona

La zona donde se ubica el proyecto posee antecedentes históricos de grandes terremotos interplaca tipo thrust, los cuales se muestran en la Figura 5.6.3.3-1; cabe destacar la amplia zona previa al siglo XVIII, ausente de información relativa a estos desastres naturales. Estos antecedentes son complementados con registros de grandes eventos de este tipo ocurridos en esta y otras zonas del país. Históricamente en la zona Centro Chile han ocurrido grandes terremotos, los cuales se muestran en la Figura 5.6.3.3-2 y sus datos en el Cuadro 5.6.3.3-1.

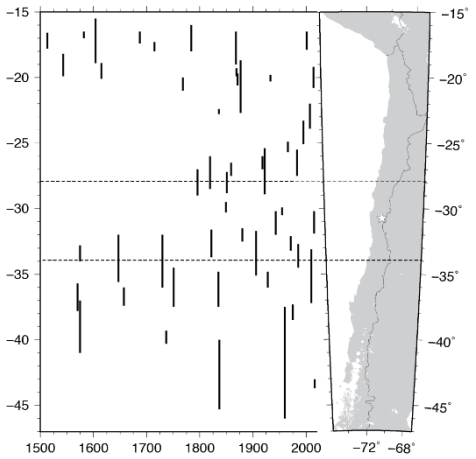


FIGURA 5.6.3.3-1
GRANDES TERREMOTOS INTERPLACA TIPO THRUST (FALLA INVERSA DE BAJO ÁNGULO), OBSERVADOS A LO LARGO DE LA COSTA DE CHILE Y SUR DEL PERÚ

Se destaca la secuencia de eventos del lugar en estudio. Las barras verticales representan la estimación del largo de ruptura de cada evento.
Fuente: Modificada de Susa, 2004.

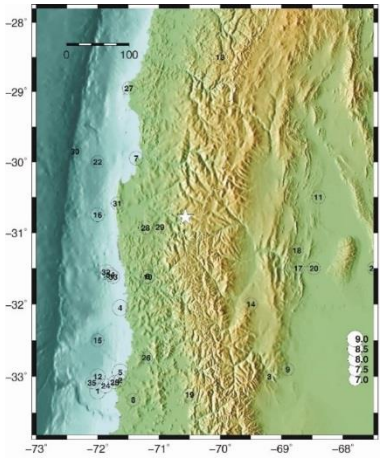


FIGURA 5.6.3.3-2
MAPA TOPOGRÁFICO CON LOS EVENTOS HISTÓRICOS CON EPICENTROS CERCANOS, DE MAGNITUD SUPERIOR A 7.0 OCURRIDOS EN LA ZONA

El tamaño es proporcional a la magnitud y el número corresponde al terremoto del cuadro 5.6.3.3-1.
Fuente: Catálogos SISRA, NEIC y CSN.

CUADRO 5.6.3.3-1
DATOS DE TERREMOTOS DE MAGNITUD SUPERIOR A 7,0 OCURRIDOS EN LA ZONA

Evento	Latitud (S)	Longitud (W)	Profundidad (km)	Magnitud	Año	Mes	Día
1	-72,00	-33,20	30,0	8,9	1647	5	14
2	-71,63	-33,05	30,0	9,1	1730	7	8
3	-69,20	-33,00	30,0	7,0	1782	5	22
4	-71,63	-32,05	30,0	8,9	1822	11	20
5	-71,63	-33,05	30,0	7,2	1829	9	26
6	-71,18	-31,61	30,0	7,5	1847	10	8
7	-71,37	-29,95	30,0	7,7	1849	12	17
8	-71,42	-33,32	30,0	7,3	1851	4	2
9	-68,90	-32,90	30,0	7,0	1861	3	20
10	-71,18	-31,62	30,0	7,9	1880	8	15
11	-68,40	-30,50	30,0	7,5	1894	10	27
12	-72,00	-33,00	35,0	8,4	1906	8	17
13	-70,00	-28,50	35,0	8,3	1922	11	11
14	-69,50	-32,00	110,0	7,1	1927	4	14
15	-72,00	-32,50	35,0	7,1	1931	3	18
16	-72,00	-30,75	35,0	7,9	1943	4	6
17	-68,60	-31,50	30,0	7,4	1944	1	15
18	-68,75	-31,25	50,0	7,4	1944	1	15
19	-70,50	-33,25	100,0	7,1	1945	9	13
20	-68,60	-31,50	30,0	7,0	1952	6	11
21	-67,50	-31,50	35,0	7,0	1952	6	11
22	-72,00	-30,00	30,0	7,0	1955	4	19
23	-71,72	-33,08	36,0	7,4	1985	3	3
24	-71,87	-33,13	33,0	7,8	1985	3	3
25	-71,72	-33,078	36,2	7,4	1985	3	3
26	-71,21	-32,74	33,0	7,0	1985	3	3
27	-71,49	-28,95	29,0	7,1	1995	11	1
28	-71,22	-30,93	58,0	7,6	1997	10	15
29	-70,99	-30,92	60,0	7,4	1997	10	15
30	-72,37	-29,85	33,0	7,0	2003	6	20
31	-71,68	-30,59	33,0	7,0	2003	6	20
32	-71,86	-31,55	11,1	8,4	2015	9	16
33	-71,74	-31,62	26,7	7,1	2015	9	16
34	-71,79	-31,59	16,5	7,6	2015	9	16
35	-72,09	-33,09	24,8	7,0	2017	4	24

Fuente: Catálogos SISRA, NEIC y CSN.

5.6.4. Reseña de Metodología

La metodología que se empleará en este trabajo considera un análisis del marco sismogénico general de la zona en estudio, incluyendo información histórica sobre la localización, magnitud y mecanismo focal de la sismicidad. Ello permitirá definir las principales fuentes sismogénicas presentes en el lugar, al igual que la caracterización de cada una de ellas. También se presentan datos instrumentales registrados, permitiendo su análisis y descripción de modo de poder obtener una buena caracterización de ellos.

Parte importante de la descripción de las fuentes sismogénicas es la caracterización de su productividad sísmica mediante la ley de Gutenberg-Richter (Gutenberg & Richter, 1944). Otro aspecto relevante es determinar el máximo terremoto creíble mediante el análisis de la sismicidad histórica.

A través del estudio de los registros de terremotos en la zona de interés se podrá definir una ley de atenuación que ligue una cierta magnitud con una aceleración horizontal máxima a observar, considerando la pérdida de energía con la distancia. Estas relaciones se denominan leyes de atenuación.

Utilizando estos antecedentes se procederá a la estimación del peligro sísmico mediante el uso de las técnicas probabilística. Ella se basa en el trabajo de Cornell (1968), mediante las aproximaciones hechas por Algermissen & Perkins (1976) y Algermissen y otros (1992), al igual que Anderson & Trifunac (1978). En general, las fuentes sismogénicas serán consideradas homogéneas, teniendo cada una de las subfuentes que la componen las mismas propiedades, supuesto usual en este tipo de estudios (Barrientos, 1980; Algermissen y otros, 1992; Leyton y otros, 2009, 2010).

Finalmente, se aplica la metodología determinística considerando el escenario más extremo para cada tipo de fuente, permitiendo determinar la aceleración horizontal máxima producto de él. Ello es complementado con el análisis desagregado de los resultados probabilísticos, de manera de definir un solo sismo como representativo de cada nivel de demanda. Esta metodología permite definir las fuentes a considerar en la generación de los sismogramas sintéticos.

5.6.5. Marco Sismogénico General

5.6.5.1. Aspectos Generales

A continuación, se presenta el marco sismogénico general, típico del contacto de la placa de Nazca (de origen oceánico) con la placa Sudamericana (de origen continental), donde la primera subducta bajo la segunda; esta interacción es la principal responsable de la sismicidad observada en el borde occidental de la placa Sudamericana, tal como se muestra en la Figura 5.6.5.1-1. El análisis presentado a continuación, permitirá definir conjuntos de eventos con características comunes, denominados como fuentes sismogénicas. Posteriormente, se procederá a analizar la sismicidad histórica, de manera poder definir aquellos parámetros necesarios en la estimación del peligro sísmico probabilístico, tales como la productividad sísmica, terremoto máximo creíble y las leyes de atenuación.

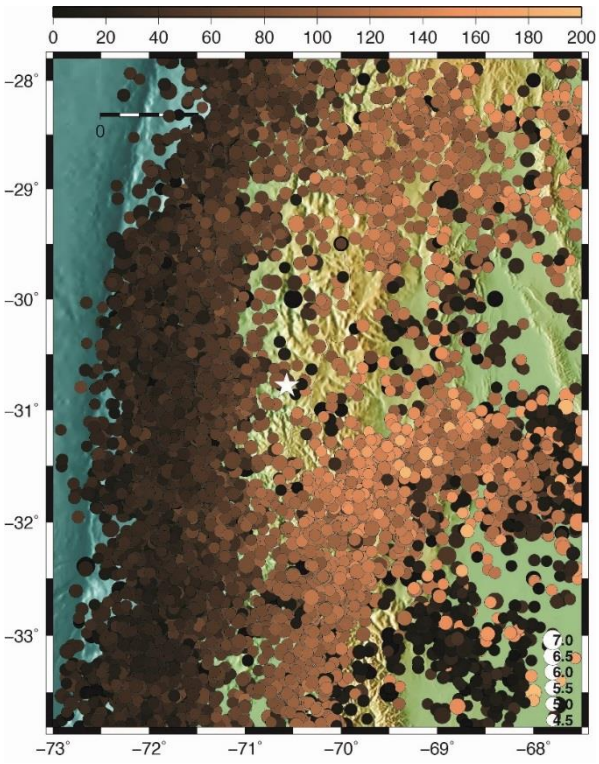


FIGURA 5.6.5.1-1
MAPA TOPOGRÁFICO CON LA SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO
Cada punto representa un sismo, independiente de la fecha de ocurrencia. El color es proporcional a la profundidad, según la escala del borde superior, en km, y el tamaño depende de la magnitud, siguiendo la nomenclatura mostrada en el borde inferior derecho.
Fuente: Catálogos SISRA, NEIC y CSN.

5.6.5.2. Ambiente Sismogénico

En la Figura 5.6.5.1-1 se presentó la sismicidad registrada en las cercanías del proyecto. Como se mencionó anteriormente, este perfil de sismicidad es característico de las zonas de subducción, generando los tres tipos de fuentes sismogénicas principales a detallar más adelante. La subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana posee dos características distintivas: una alta velocidad de convergencia (alrededor de 6-7 cm/año) y una joven placa subductada (del orden de 35 Ma en la zona central). Estos aspectos producen un alto nivel de acoplamiento mecánico en la zona de contacto, permitiendo la acumulación de grandes niveles de energía que ocasionan grandes terremotos. En la zona de estudio, el contacto entre ambas placas se extiende hasta alrededor de los 50 km de profundidad (Tichelaar & Ruff, 1993; Suárez & Comte, 1993; Belmonte-Pool, 1997; Khazaradze & Klotz, 2003; Tassara et al, 2006).

El movimiento convergente de las placas de Nazca y Sudamericana produce una acumulación de esfuerzos en la zona de contacto los cuales son liberados en forma de terremotos. Es posible ver en la Figura 5.6.2-3 como un grupo importante de eventos se localizan en el contacto entre las dos placas; estos eventos sísmicos son denominados como interplaca o thrust. Además, se aprecia una gran cantidad de eventos que ocurren al interior de la placa de Nazca, lejos del contacto, a

profundidades superiores a 50 km; a este conjunto de eventos se les conoce como intraplaca de profundidad intermedia. En la Figura 5.6.2-3 también es posible observar, en mucho menor medida, sismos superficiales en la placa Sudamericana, cerca de la Cordillera de Los Andes, correspondiendo a sismos corticales.

5.6.5.3. Determinación de las Fuentes Sísmicas

a) Generalidades

De la sección anterior se infiere que existen tres fuentes sismogénicas, las cuales poseen características comunes; ellos son: interplaca tipo thrust, intraplaca de profundidad intermedia y cortical. Considerando esta división, es posible clasificar cada uno de los eventos que ocurren en la zona, mostrados en la Figura 5.6.5.3-1. El área de influencia en la zona se determinó como tres grados al Norte y al Sur del lugar de estudio, extendiéndose en la dirección Oeste un ancho necesario de manera de incluir todos los eventos del tipo interplaca tipo thrust y hacia el Este los eventos intraplaca de profundidad intermedia (ambos en longitud). Cabe destacar la poca sismicidad cortical observada en las cercanías de los sitios en estudio, lo cual no permite su inclusión en el análisis probabilístico hecho en el presente trabajo.

Un aspecto relevante al trabajar con catálogos sísmicos es que esta base de datos debe ser limpiada para eliminar los eventos que son réplicas de sismos mayores. Ello permite cumplir con el principio de independencia de los eventos, supuesto básico en un modelo de Poisson, requerimiento esencial del análisis de peligro probabilístico desarrollado por Cornell (1968), Algermissen y Perkins (1976) y Anderson y Trifunac (1978). Para ello se siguió la metodología definida por Reasenberg (1985), debidamente adaptada al caso chileno (Leyton et al., 2009). Ello cobra especial relevancia en el cálculo de las leyes de productividad sísmica, como se verá más adelante.

A continuación, se presenta la definición de los dos tipos de fuentes sismogénicas antes mencionados. Ellas serán descritas mediante subfuentes puntuales, que, al ser sumadas, generan el efecto del total de cada una de las fuentes sismogénicas; de esta manera, es posible describir cualquier tipo de geometría, por muy complejas que éstas sean. Un aspecto relevante es que las fuentes consideradas, esto es, interplaca tipo thrust y la interplaca de profundidad intermedia, son modeladas como homogéneas usual en este tipo de estudios.

b) Sismos Interplaca o Thrust

Corresponden a aquellos eventos que se producen en el contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana (ver Figura 5.6.2-3). Se extienden desde la fosa hasta unos 50 km de profundidad, límite máximo del contacto en la zona de estudio (Tichelaar & Ruff, 1993; Suárez & Comte, 1993; Belmonte-Pool, 1997; Kharadzade & Klotz, 2003). Este tipo de eventos alcanzan grandes magnitudes, usualmente usándose la máxima magnitud creíble de 8,5 (Martin, 1990; Romanoff, 1999; Leyton y otros, 2010), pero, considerando la ocurrencia de los grandes terremotos de 1730 y del 27 de febrero de 2010, en el presente estudio se decidió aumentar la magnitud máxima a M=9,0. En la Figura 5.6.5.3-2 (izquierda) se presenta un mapa con las subfuentes puntuales que la componen la fuente interplaca tipo thrust.

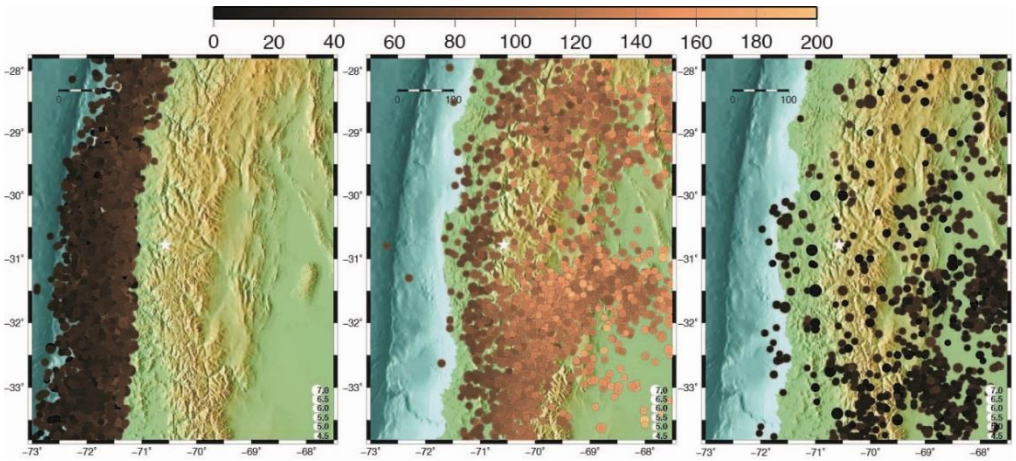


FIGURA 5.6.5.3-1
SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO

Fuente interplaca tipo thrust (izquierda), intraplaca de profundidad intermedia (centro) y corticales (derecha). Cada punto representa un sismo, siendo el tamaño proporcional a su magnitud (ver escala en el borde inferior derecho); el color es proporcional a la profundidad, en km, del evento según la escala del borde superior. Las estrellas marcan la posición de los sitios en estudio y las líneas representan la posición del borde superior la placa de nazca a 0, 50, 100, 150 y 200 km de profundidad, de izquierda a derecha, respectivamente.
Fuente: Modificado de catálogos SISRA, NEIC y CSN.

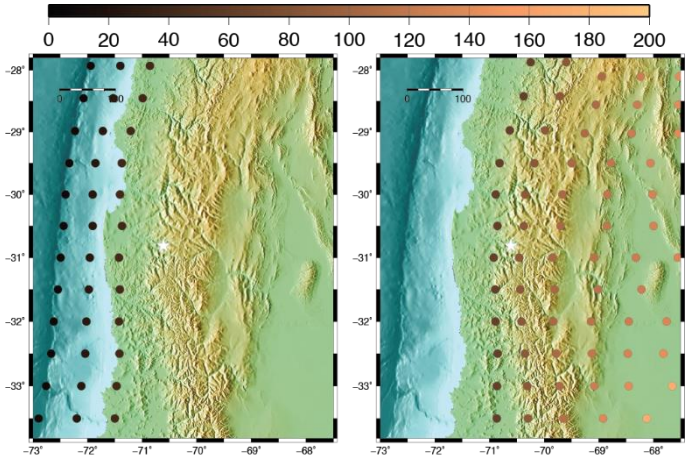


FIGURA 5.6.5.3-2
MAPA TOPOGRÁFICO CON LOCALIZACIÓN DE LAS SUBFUENTES (CÍRCULOS) QUE COMPONEN LA FUENTE SISMOGÉNICA DE TIPO INTERPLACA O THRUST (IZQUIERDA) E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA (DERECHA)

El color es proporcional a la profundidad (en km), según la escala que se muestra en el borde superior; la estrella blanca marca la posición de los sitios estudiados.
Fuente: Elaboración propia.

c) Sismos Intraplaca de Profundidad Intermedia

Esta fuente está compuesta por sismos que ocurren dentro de la placa de Nazca, después de la zona de contacto; ellos poseen profundidades mayores de 50 km y llegan hasta los 150-200 km.

Recientemente, se ha puesto en evidencia que este tipo de eventos poseen notorias diferencias con los de tipo thrust en las características de la fuente (Leyton, 2001; Leyton y otros, 2008b), reflejándose en mayores daños producidos en la zona epicentral (Astroza y otros, 2002) y altas aceleraciones máxima reportadas (Ruiz & Saragoni, 2005). Este tipo de fuente se caracteriza por tener una magnitud máxima creíble de M=8,0 (Martin, 1990; Romanoff, 1999; Leyton y otros, 2010); la Figura 5.6.5.3-2 (derecha) muestra las subfuentes que componen esta fuente.

5.6.5.4. Sismicidad Histórica y Registros Instrumentales

a) Aspectos Generales

A continuación, se presenta una breve reseña histórica de los terremotos más importantes que se han registrado para cada una de las fuentes sismogénicas antes descritas, en torno al sitio estudiado o, en caso de no tenerse registros cercanos, se incluyen datos de los sismos más significativos de otras regiones del país. Estos datos son complementados con datos instrumentales, en caso de disponer de ellos.

b) Sismos Interplaca tipo Thrust

Este tipo de terremotos ocurre en el contacto de las placas de Nazca y Sudamericana (ejemplificada en Figura 5.6.2-3, presentada en Acápite 5.6.2 Localización del Área de Estudio), caracterizándose por producir terremotos de gran magnitud y presentar ubicación costera produciendo, en general, maremotos significativos. De la gran mayoría de ellos no se tiene información instrumental que permita determinar sus características, por lo que, utilizando datos de intensidad de daño, se estiman las áreas de ruptura de estos terremotos (Kausel & Ramírez, 1992). En general, el área de ruptura de los terremotos interplaca tipo thrust corresponde a la zona costera, estando relativamente cercana del lugar de estudio. La ubicación de estos terremotos históricos y la distancia a la que se encuentran de la zona del proyecto es considerada en la definición del terremoto de diseño.

A continuación, se presentan los acelerogramas de algunos terremotos de los cuales se tienen registros; uno de los mejores registrados y estudiados corresponde al terremoto de Valparaíso de 1985 (Figura 5.6.5.4-1), ellos son presentados en términos de la aceleración de gravedad (g). El 27 de febrero de 2010, Chile sufrió uno de los terremotos más grandes de los últimos tiempos (Mw 8,8), afectando desde la V a la VIII región. Este evento fue registrado por una serie de acelerógrafos, tal como se presenta en la Figura 5.6.5.4-2 (Barrientos, 2010; Boroschek y otros, 2010) de los cuales se presentan algunos registros de los disponibles al momento de elaboración de este estudio.

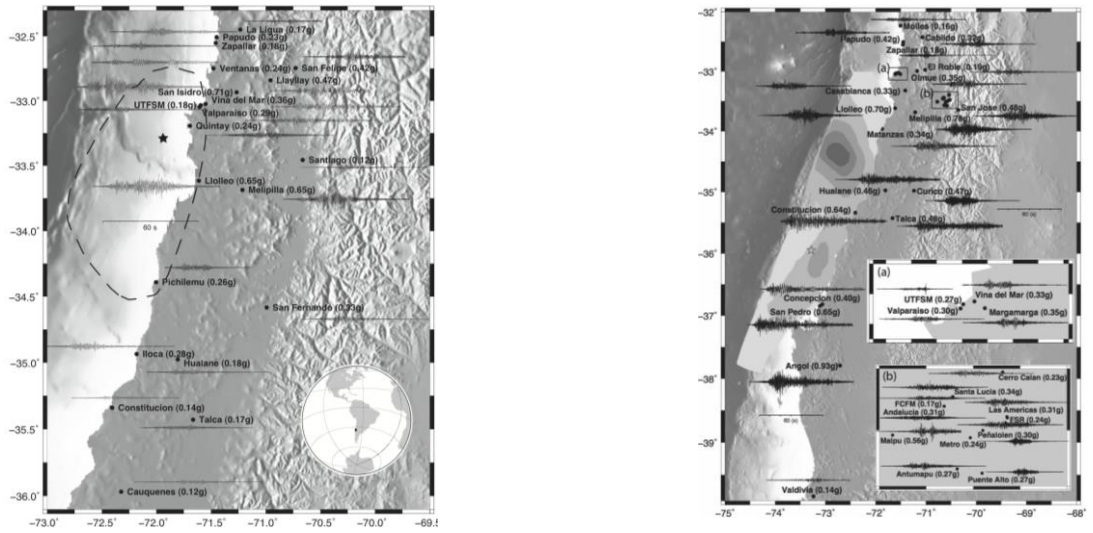


FIGURA 5.6.5.4-1
MAPAS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIONES QUE REGISTRARON EL TERREMOTO DE CHILE CENTRAL DE 1985 (IZQUIERDA) (SARAGONI Y OTROS, 1986) Y EL TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010 (DERECHA)

Se ha dibujado la traza de la componente horizontal con mayor aceleración, mostrando su valor entre paréntesis, en términos de la aceleración de gravedad (g). Las escalas verticales y horizontales de los acelerogramas son las mismas. En la derecha se ha incluido un modelo de asperezas desarrollado por lay y otros (2010).
Fuente: Boroschek y otros, 2010; Barrientos, 2010.

Este evento se caracterizó por presentar 2 zonas de gran liberación de energía o asperezas (Delouis y otros, 2010; Lay y otros, 2010), las cuales se presentan en la Figura 5.6.5.4-2. En los paneles es posible ver: a) cómo se propagó la ruptura, partiendo en las cercanías de Cauquenes y propagándose al norte y al sur, b) presenta la tasa de liberación de momento observada en distintas estaciones, cuyo azimut es marcado en el borde derecho. De esta figura también es posible ver que el desplazamiento sobre el plano de ruptura superó los 20 m.

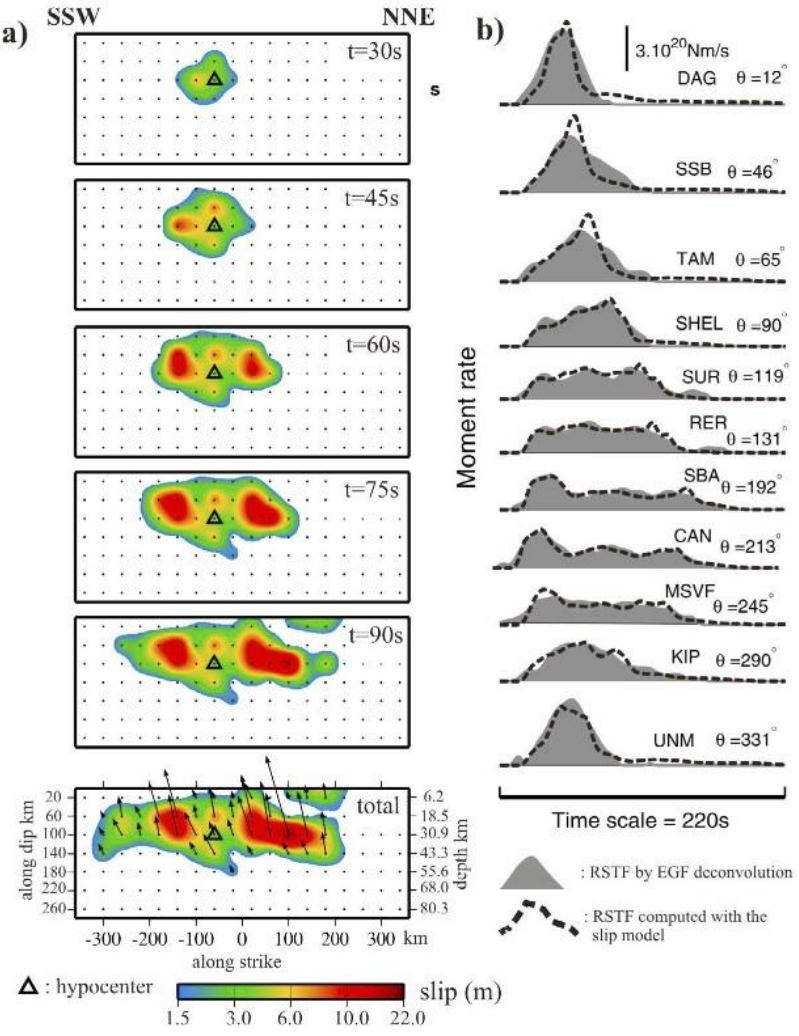


FIGURA 5.6.5.4-2
(A) ESQUEMAS CON LA PROPAGACIÓN DE LA RUPTURA EN EL TIEMPO
(B) DATOS DE LA TASA DE MOMENTO SÍSMICO LIBERADO OBSERVADOS Y MODELADOS QUE PERMITIERON LLEGAR A LA SOLUCIÓN PRESENTADA

El color es proporcional al desplazamiento sobre la falla, según escala del borde inferior.
Fuente: Figura tomada de Delouis y otros (2010).

El año 2014 ocurrió un sismo de magnitud importante en el Norte de Chile, alcanzando una magnitud Mw=8,2, con epicentro cercano a Iquique. Si bien aún no es posible realizar evaluaciones detalladas de los datos obtenidos, en la Figura 5.6.5.4-3 se presentan las trazas del evento principal y su réplica mayor (ver detalles en el texto); en la misma figura se muestran modelos del desplazamiento estimado en la superficie de falla para cada evento.

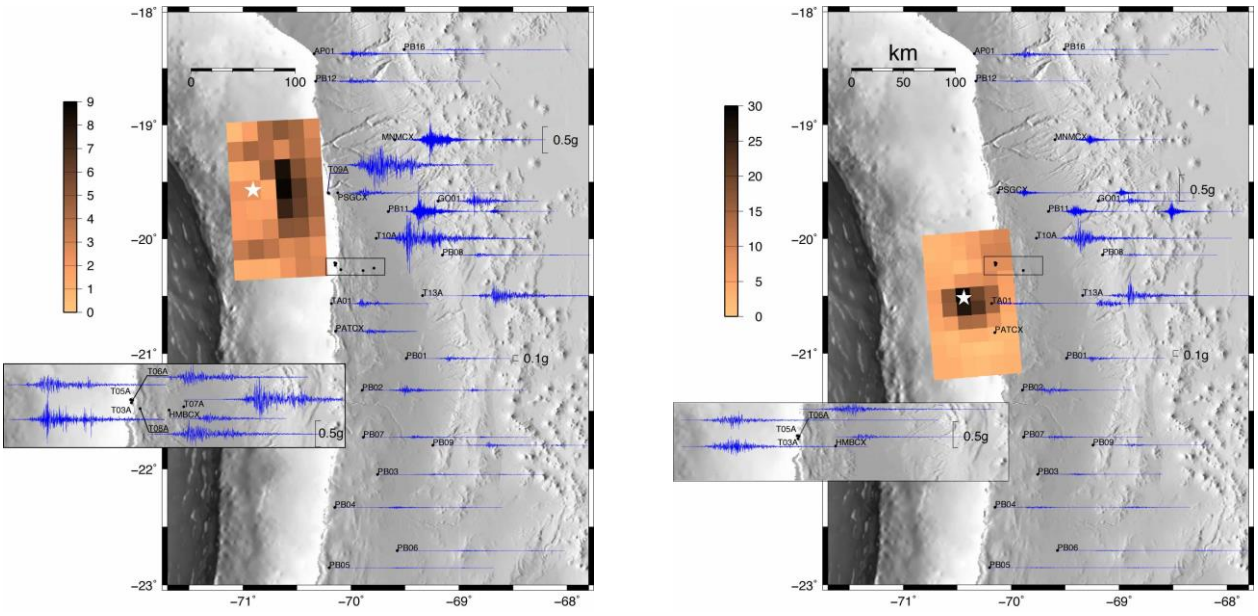


FIGURA 5.6.5.4-3
MAPA TOPOGRÁFICO CON ALGUNOS ACELEROGRAMAS DEL TERREMOTO DEL IQUIQUE DE 2014 (IZQUIERDA) Y SU MAYOR RÉPLICA DE MW=7.5 (IZQUIERDA) EN LAS ESTACIONES DE LA RED IPOC Y DEL CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL

El recuadro muestra un zoom en la zona de Iquique. En colores se presentan modelos de desplazamiento (siguiendo la escala del borde izquierdo, en m) para cada evento.
Fuente: Datos del CSN – Mapas de elaboración propia

Recientemente, el 16 de septiembre de 2015, se produjo otro sismo de gran magnitud en la zona de Illapel, abarcando una ruptura de unos 250 km de extensión (ver Figura 5.6.5.4-4). De este sismo se han obtenido los registros de aceleración más importantes al igual que de su réplica de mayor magnitud (Mw = 7,6). En la Figura 5.6.5.4-5 se observan los registros más cercanos al proyecto del río Chalinga. De esta Figura se observan valores de la aceleración horizontal máxima que varían entre 0,3 a 0,8 g.

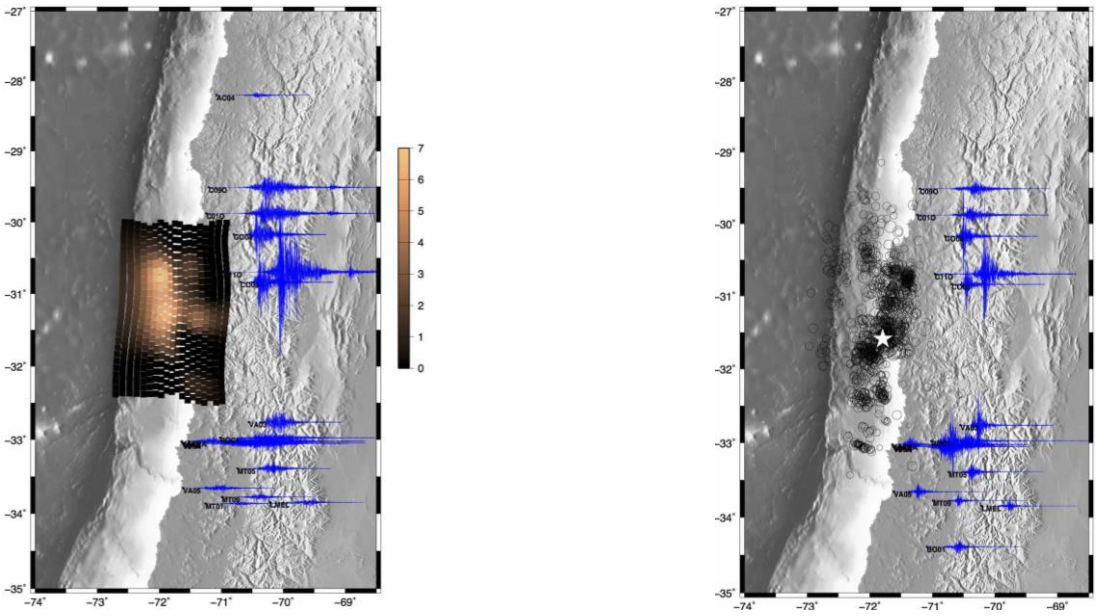


FIGURA 5.6.5.4-4
MAPA TOPOGRÁFICO CON ALGUNOS ACELEROGRAMAS DEL TERREMOTO DEL ILLAPEL DE 2015 (IZQUIERDA) Y SU MAYOR RÉPLICA DE MW=7,6 (IZQUIERDA) EN LAS ESTACIONES DEL CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL Y LA RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS

En el panel de la izquierda, los colores se representa el modelo de desplazamiento obtenido por el Centros Sismológico Nacional (siguiendo la escala del borde izquierdo, en metros); en el panel de la derecha se muestras con círculos las réplicas del evento y la estrella el epicentro de la réplica.
Fuente: Datos del CSN – Mapas de elaboración propia

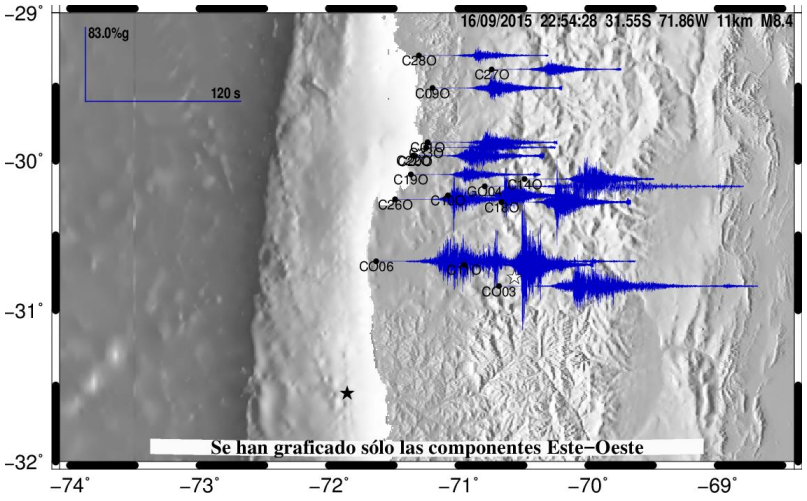


FIGURA 5.6.5.4-5
ALGUNOS REGISTROS EN ACELERACIÓN DEL TERREMOTO DE ILLAPEL DE 2015 EN LAS ESTACIONES DEL CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL Y LA RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS MÁS CERCANAS A LOS SITIOS ESTUDIADOS

Los registros se muestran en m/s2. La estrella negra marca el epicentro y la estrella blanca la posición del proyecto.
Fuente: Datos del CSN – Mapas de elaboración propia

c) Sismos Intraplaca de Profundidad Intermedia

En la zona donde se ubican los proyectos fue testigo de uno de los sismos interplaca de profundidad intermedia más importantes de los ocurridos en Chile: Punitaqui de 1997. Este terremoto produjo una gran cantidad de daños en la zona epicentral, para luego decaer su intensidad fuertemente, a medida que se aleja (Astroza y otros, 2002), tal como se muestra en la Figura 5.6.5.4-6. En la misma figura se presenta otro ejemplo de este tipo de sismos, Tarapacá de 2005, el cual presentó características similares. Si bien no se contaba con muchos instrumentos en la zona, el sismo de Punitaqui de 1997 pudo ser registrado por instrumentos de movimiento fuerte, tal como se indica en la Figura 5.6.5.4-7; en la Figura 5.6.5.4-11 se presenta un registro del terremoto de Tarapacá 2005, el cual alcanza una aceleración horizontal máxima de casi 0,8 g.

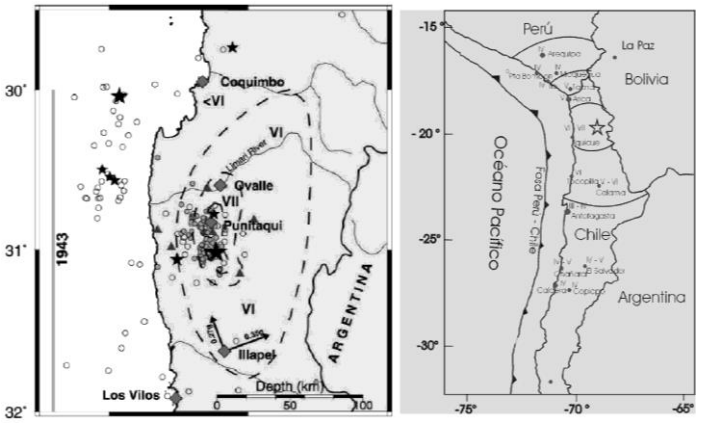


FIGURA 5.6.5.4-6
MAPAS CON LAS INTENSIDADES DE LOS TERREMOTOS INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA DE PUNITAQUI DE 1997 Y TARAPACÁ DE 2005, IZQUIERDA Y DERECHA, RESPECTIVAMENTE
Fuente: Astroza y otros (2002)

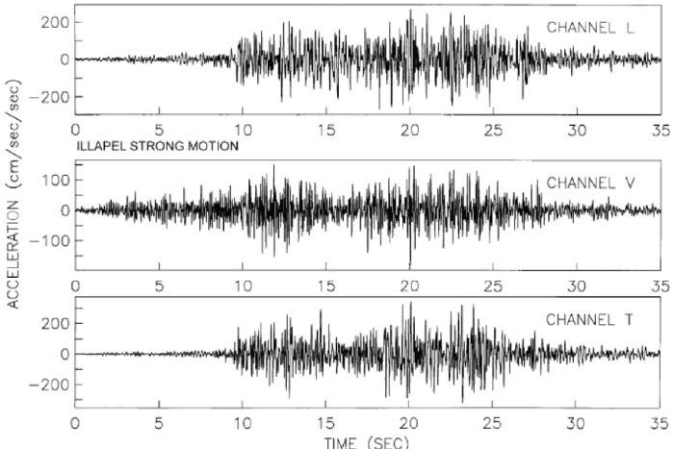


FIGURA 5.6.5.4-7
REGISTROS DE ACELERACIONES OBTENIDOS EN LA CIUDAD DE ILLAPEL PARA EL TERREMOTO DE PUNITAQUI DE 1997
Fuente: Pardo y Otros, 2002.

La zona donde se ubica el proyecto no ha presentado actividad sísmica cercana de la fuente intraplaca de profundidad intermedia importante; es por ello que se analizarán los mayores eventos registrados en otros lugares de Chile. Un evento significativo de este tipo de fuente fue el de Tarapacá de 2005, el cual se presenta en las Figuras 5.6.5.4-8 y 5.6.5.4-9. Ellas presentan este evento como un sismo que rompe la placa subductante de Nazca, en un plano subhorizontal. Además, se caracterizó por presentar 2 claras zonas de liberación de energía o asperezas (Kuge et al., 2010). De este evento y el de Punitaqui de 1997 se presentan las curvas de isosistas en la Figura 5.6.5.4-8. Nótese que estos eventos también presentan altas intensidades en la zona epicentral, decayendo rápidamente con la distancia (Astroza et al., 2002).

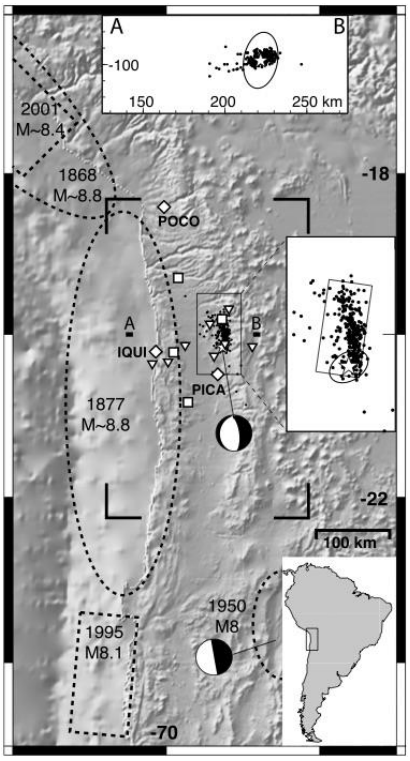


FIGURA 5.6.5.4-8
MAPA TOPOGRÁFICO CON LA LOCALIZACIÓN DE IMPORTANTES EVENTOS DE LA ZONA NORTE Y EL MECANISMO FOCAL DEL TERREMOTO DE TARAPACÁ DE 2005
En los insertos se presenta la probable área de ruptura, reflejada por las réplicas de dicho evento.
Es posible ver que este evento rompe un plano subhorizontal dentro de la placa de nazca.
Fuente: Peyrat et al, 2006.

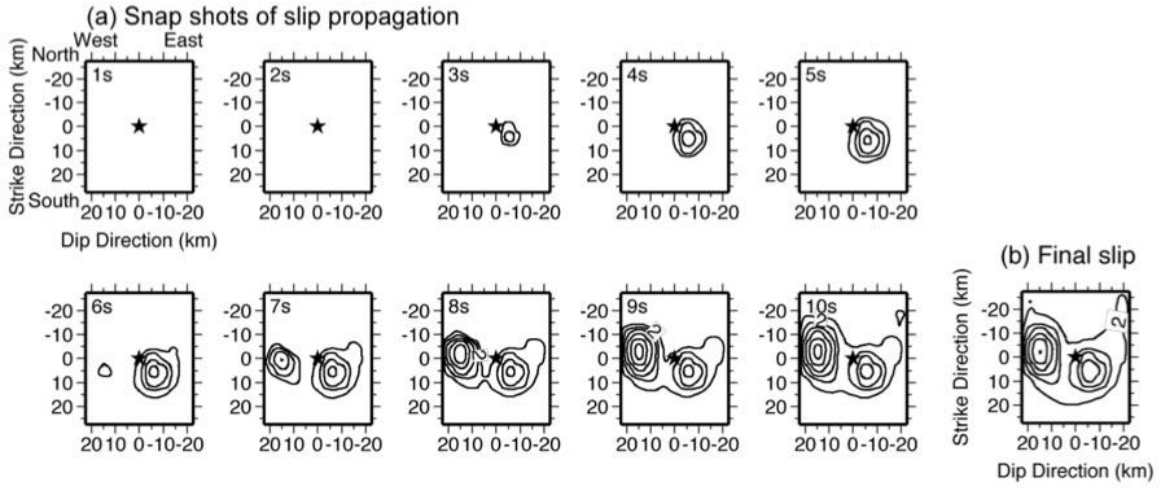


FIGURA 5.6.5.4-9
MODELO DE LA FUENTE DEL TERREMOTO DE TARAPACÁ DE 2005
Es posible ver que se produjeron 2 grandes asperezas, orientadas prácticamente este-oeste; la estrella negra marca la posición del hipocentro.
Fuente: Kuge et al., 2010.

Además, se presentan registros de eventos significativos pertenecientes a esta fuente sismogénica, pero ocurridos en otras localidades, tales como el terremoto de Santiago de 1945, Punitaqui de 1997 y Tarapacá de 2005 (Figuras 5.6.5.4-10, 5.6.5.4-7 y 5.6.5.4-11, respectivamente).

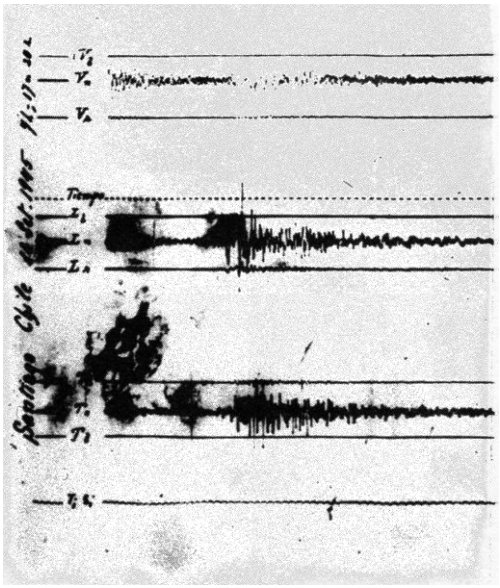


FIGURA 5.6.5.4-10
ACELEROGRAMAS DEL TERREMOTO DE SANTIAGO DE 1945 REGISTRADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE
Fuente: Kuge et al., 2010.

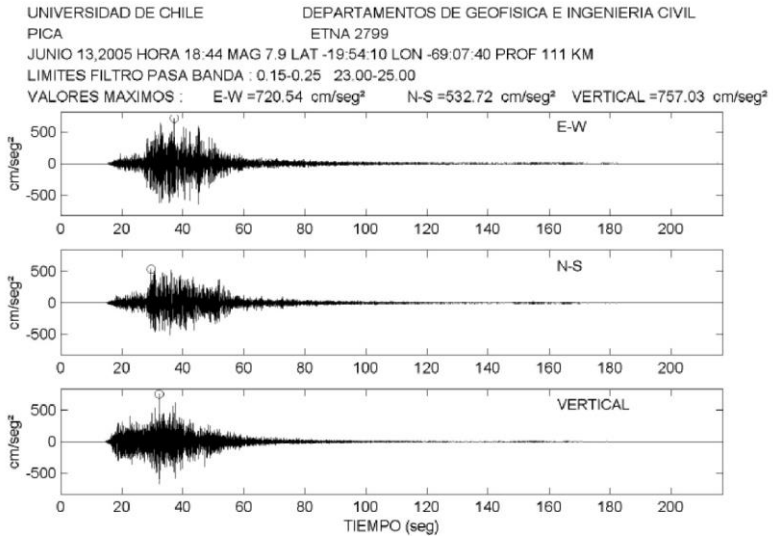


FIGURA 5.6.5.4-11
REGISTROS DE ACELERACIONES OBTENIDOS EN LA CIUDAD DE PICA PARA EL TERREMOTO DE TARAPACÁ DEL 2005
Fuente: Boroschek y otros, 2005.

Otro sismo de gran relevancia de este tipo de fuente fue el de Chillán de 1939, de magnitud Mw = 8.0 y que ha sido uno de los más devastadores que se tiene registro. En la época en que ocurre el terremoto de Chillán de 1939 no se contaba con instrumentos que pudiesen registrar el movimiento del suelo, pero se presenta un mapa con las intensidades estimadas a partir de registros históricos (Figura 5.6.5.4-12). De esta Figura es posible ver que en la zona epicentral se alcanzó una intensidad de IX y X en la escala de Mercalli Modificada, y VII en la zona en estudio.

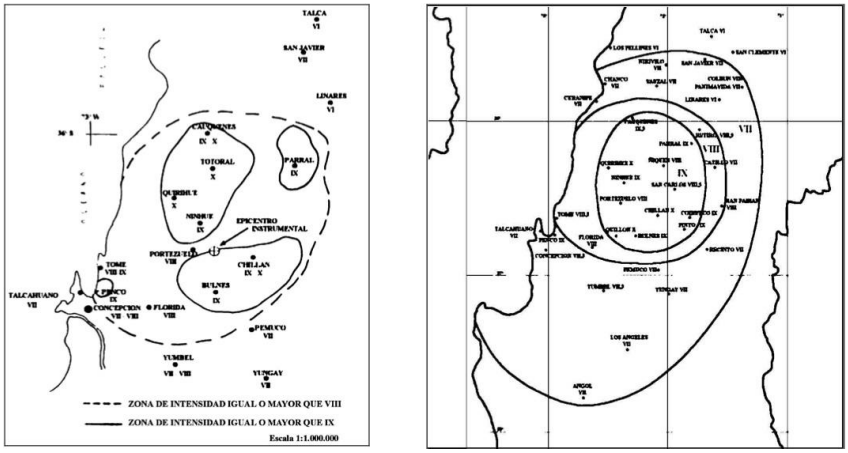


FIGURA 5.6.5.4-12
MAPA CON LAS ISOSISTAS DE INTENSIDADES (EN ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA) DEL TERREMOTO DE CHILLÁN DE 1939
Fuente: Campos Y Kausel, 1990 Y Moya, 2002.

Un evento significativo de este tipo de fuente fue el de Tarapacá de 2005, el cual se presenta en las Figuras 5.6.5.4-13 y 5.6.5.4-14. Ellas presentan este evento como un sismo que rompe la placa subductante de Nazca, en un plano subhorizontal. Además, se caracterizó por presentar 2 claras zonas de liberación de energía o asperezas (Kuge et al., 2010).

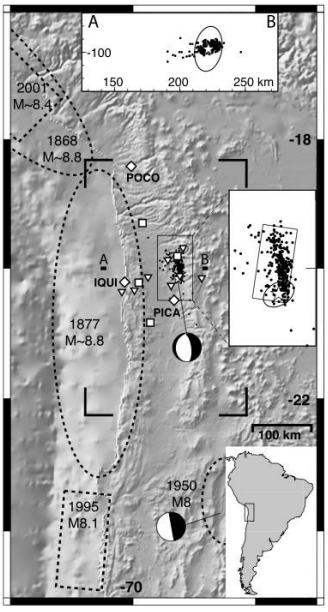


FIGURA 5.6.5.4-13
MAPA TOPOGRÁFICO CON LA LOCALIZACIÓN DE IMPORTANTES EVENTOS DE LA ZONA NORTE Y EL MECANISMO FOCAL DEL TERREMOTO DE TARAPACÁ DE 2005
En los insertos se presenta la probable área de ruptura, reflejada por las réplicas de dicho evento.
Es posible ver que este evento rompe un plano subhorizontal dentro de la placa de nazca
Fuente: Peyrat et al., 2006.

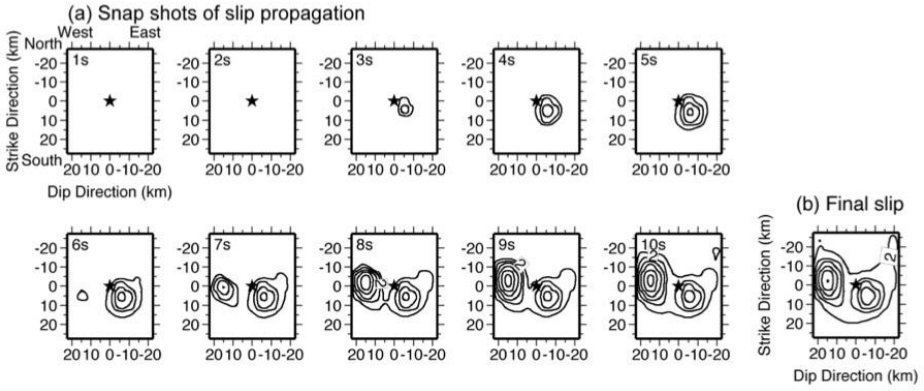


FIGURA 5.6.5.4-14
MODELO DE LA FUENTE DEL TERREMOTO DE TARAPACÁ DE 2005
Es posible ver que se produjeron 2 grandes asperezas, orientadas prácticamente este-oeste;
la estrella negra marca la posición del hipocentro.
Fuente: Kuge et al., 2010.

5.6.5.5. Caracterización de las Fuentes Sismogénicas

a) Aspectos Generales

Una vez definidas las fuentes sismogénicas a considerar en el presente estudio, se procederá a su caracterización de manera de determinar los parámetros necesarios para la estimación del Peligro Sísmico. Ella comprende la definición de la productividad sísmica mediante una ley de potencia (Gutenberg & Richter, 1944), el terremoto máximo creíble (discutido en la sección anterior) y de las leyes de atenuación, todo esto para cada una de las fuentes sismogénicas. En el presente estudio se entiende como ley de atenuación a la relación que liga la magnitud de un cierto terremoto con la aceleración máxima en la componente horizontal, considerando la pérdida de energía producto de la distancia.

b) Productividad Sísmica

La productividad sísmica será descrita mediante la ley de potencia desarrollada por Gutenberg & Richter (1944) que determina el número de eventos (N) con magnitud igual o superior a Ms que ocurre en 1 año en toda la zona, mediante la relación:

$$\text{Log}(N) = a - b\,Ms \qquad (1)$$

donde Ms corresponde a la magnitud de ondas superficiales y los parámetros a y b deben ser determinados para cada fuente, en la zona bajo estudio.

Para su determinación se utilizaron los catálogos de NEIC y SISRA, siendo los parámetros a y b calculados utilizando mínimos cuadrados y máxima verosimilitud entre Log (N) y Ms (Page, 1968). Para su cálculo, se siguió la metodología definida por Stepp (1971, 1973) para definir las ventanas temporales mínimas en las cuales se puede considerar cierto rango de magnitud como completo en el catálogo. Así, por ejemplo, para magnitudes pequeñas, el catálogo del NEIC posee un tiempo suficientemente largo (más de 30 años) para hacer una buena estimación de la cantidad de eventos generada. Mientras, para magnitudes grandes es necesario utilizar el catálogo de SISRA que contiene información desde el siglo XVI, pero sólo es completo para los grandes eventos (Leyton et al., 2010).

En la Figura 5.6.5.5-1 se muestran algunos resultados para la fuente interplaca tipo thrust (izquierda) y la fuente intraplaca de profundidad intermedia (derecha). En esta Figura, el color representa la magnitud, siguiendo la escala del borde derecho, y las líneas discontinuas muestran la tendencia esperada de un fenómeno estacionario (Stepp 1971, 1973).

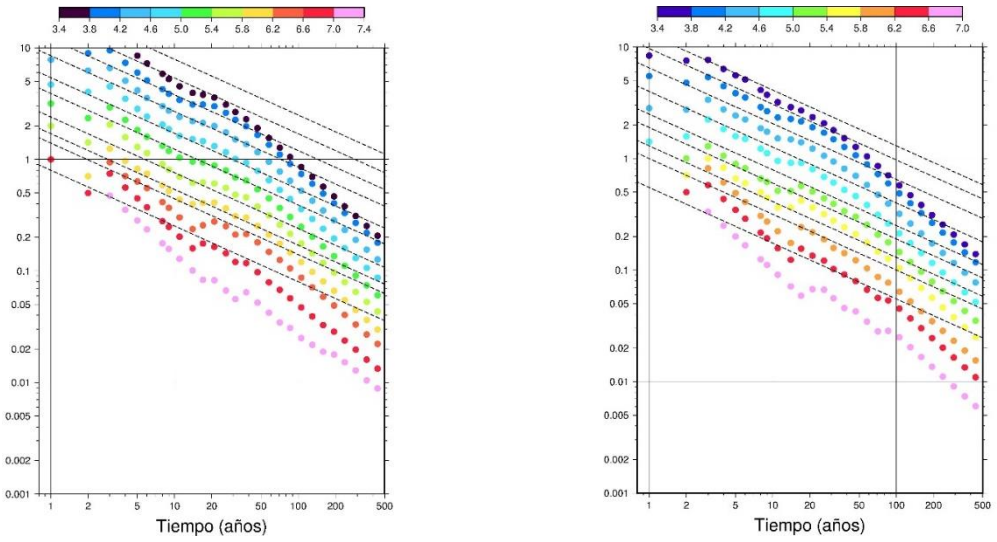


FIGURA 5.6.5.5-1
ALGUNOS RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA DE LAS VENTANAS TEMPORALES DONDE SE PUEDE CONSIDERAR ESTACIONARIEDAD DEL PROCESO SÍSMICO, PARA LAS FUENTES INTERPLACA TIPO THRUST (IZQUIERDA) E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA (DERECHA)
El color es proporcional a la magnitud, siguiendo la escala del borde superior y
las líneas discontinuas muestran la tendencia estacionaria del proceso.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.6.5.5-2 se presentan las relaciones obtenidas, junto con los datos provenientes del catálogo de sismicidad para cada tipo de fuente, se ha utilizado el gris oscuro para representar los resultados y datos de la fuente interplaca tipo thrust, en gris claro para la fuente intraplaca de profundidad intermedia.

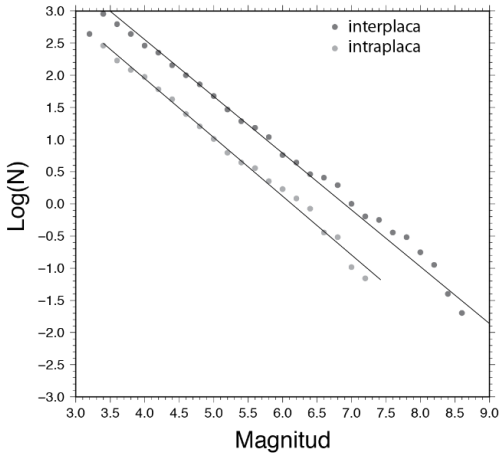


FIGURA 5.6.5.5-2
LEYES DE GUTENBERG-RICHTER PARA CADA UNA DE LAS FUENTES SISMOGÉNICAS DEFINIDAS EN ESTE ESTUDIO
Gris oscuro representa la fuente interplaca tipo thrust y gris claro
la fuente intraplaca de profundidad intermedia
Fuente: Elaboración propia.

Estas relaciones de potencia se conocen como leyes de Gutenberg-Richter (Gutenberg y Richter, 1941), las cuales, para cada fuente, toman los siguientes valores:

- Fuente de tipo interplaca: Log (N) = 6,09 – 0,88 Ms
- Fuente de tipo intraplaca de profundidad intermedia: Log (N) = 5,61 – 0.91 Ms

Cabe destacar que la Figura 5.6.5.5-2 muestra sólo aquellos rangos de magnitudes en las cuales se puede considerar el catálogo como completo, siguiendo la metodología definida por Stepp (1971, 1973) y que las relaciones fueron obtenidas usando el método de máxima verosimilitud (Page, 1968). El límite de la magnitud máxima se debe a poseer un catálogo insuficientemente largo como para considerar de manera adecuada sus periodos de retorno.

Un aspecto relevante es que no es posible comparar estos resultados con los estudios anteriores debido a que la zona de influencia fue modificada; en este estudio, se considera una zona mucho mayor, obteniéndose una mayor productividad de ambas fuentes sismogénicas.

c) Ley de atenuación

Tal como se señaló anteriormente, en el presente trabajo se entiende como ley de atenuación a la relación que liga la aceleración máxima horizontal con la magnitud y distancia entre la fuente y el punto de observación. La atenuación de las dos fuentes sísmicas –interplaca e intraplaca- sigue leyes distintas debido a las diferentes características sismogénicas, siendo necesario estudiar los diferentes tipos de atenuación en forma independiente. En general, para estudios de peligro sísmico se trabaja habitualmente con la atenuación de la aceleración horizontal máxima, tal como se desarrolla en el presente estudio. A continuación, se presentan las leyes de atenuación de aceleración máxima que reflejan de mejor forma las características de cada fuente sísmica en la zona de estudio.

d) Sismos thrust e intraplaca de profundidad intermedia

La necesidad de contar con fórmulas de atenuación desarrolladas para una zona particular surge de la observación desarrollada en los últimos años, es así como al comparar la atenuación de diferentes zonas sísmicas del mundo se concluye que las aceleraciones máximas en Sudamérica se atenúan menos con la distancia que para otras zonas del mundo (Iai y Brady, 1993), tal como se muestra en la Figura 5.6.5.5-3.

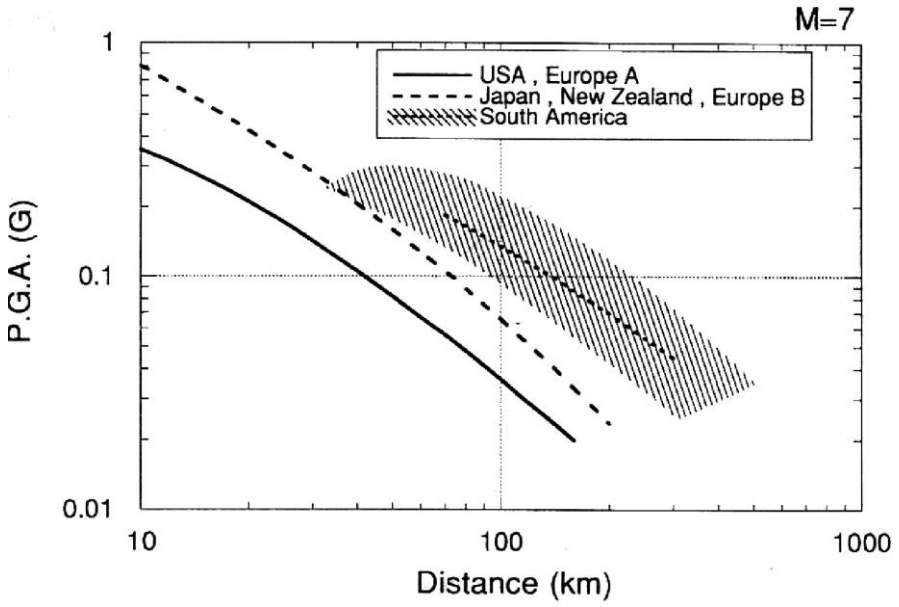


FIGURA 5.6.5.5-3
CURVAS PROMEDIO DE ACELERACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES ZONAS DEL MUNDO
Fuente: Iai & Brady, 1993.

Posteriormente, Young y otros (1997) propusieron separar las fórmulas de atenuación de los sismos de subducción en terremotos interplaca e intraplaca de profundidad intermedia. Así, Saragoni y otros (2004) y Ruiz & Saragoni (2005) proponen fórmulas que consideran sólo datos de una determinada región y separados por el tipo de subducción en interplaca e intraplaca de profundidad intermedia, pudiendo mostrar que otras fórmulas desarrolladas con datos de diferentes zonas de subducción no son capaces de representar adecuadamente la atenuación de la zona de subducción chileno-argentina.

Un ejemplo se muestra en la Figura 5.6.5.5-4, donde se presenta la fórmula de atenuación para terremotos thrust para la zona de subducción chileno-argentina de Ruiz & Saragoni (2005) comparada con la propuesta por otros autores, los puntos negros corresponden a aceleraciones máximas registradas para un terremoto magnitud 7,8, como el terremoto de 1985 en Chile Central. Es posible apreciar que las fórmulas propuestas por otros autores no ajustan bien a los datos chilenos.

En la Figura 5.6.5.5-5 se presenta otro ejemplo similar al anterior, pero para terremotos intraplaca de profundidad intermedia de magnitud 7,9.

Tal como se señaló, el terremoto del Maule 2010 fue registrado por una serie de instrumentos en Chile Central lo que permite determinar las aceleraciones horizontales máximas producidas (Barrientos, 2010; Boroschek y otros, 2010). En la Figura 5.6.5.5-6 son comparadas con las leyes de atenuación definidas por Ruiz y Saragoni (2005) y la de Boroschek y Contreras (2012) para sismos interplaca tipo thrust, medidos en roca dura y en roca blanda o suelo duro. Cabe destacar que muchos de los lugares de medición se encontraban en suelos blandos, los cuales aumentan las aceleraciones registradas.

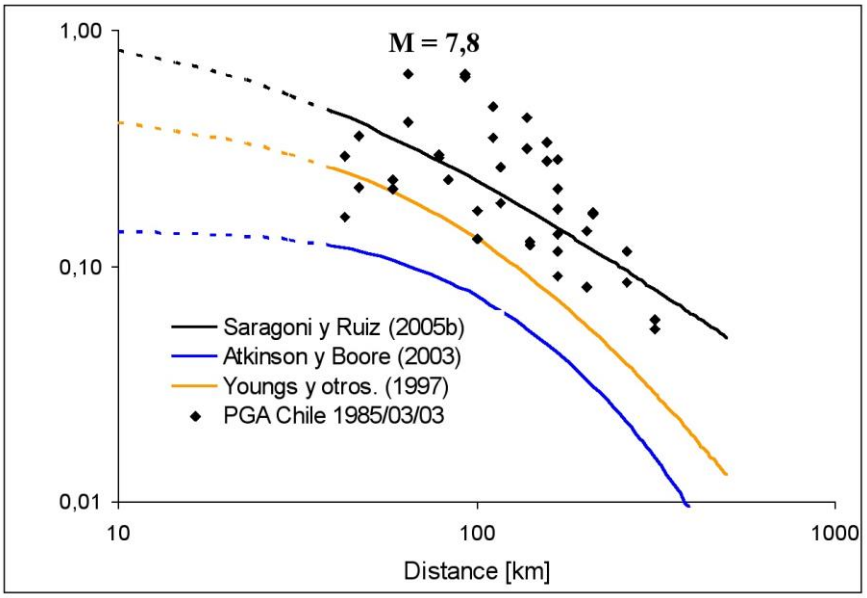


FIGURA 5.6.5.5-4
COMPARACIÓN ENTRE LAS FÓRMULAS DE ATENUACIÓN DE ACELERACIONES MÁXIMAS HORIZONTALES DE TERREMOTOS INTERPLACA TIPO THRUST REGISTRADAS EN ROCA Y SUELO DURO

El eje vertical corresponde a la aceleración horizontal máxima en G.
Fuente: Propuesta por Youngs y otros (1997), por Atkinson y Boore (2003) y por Saragoni y Ruiz (2005).

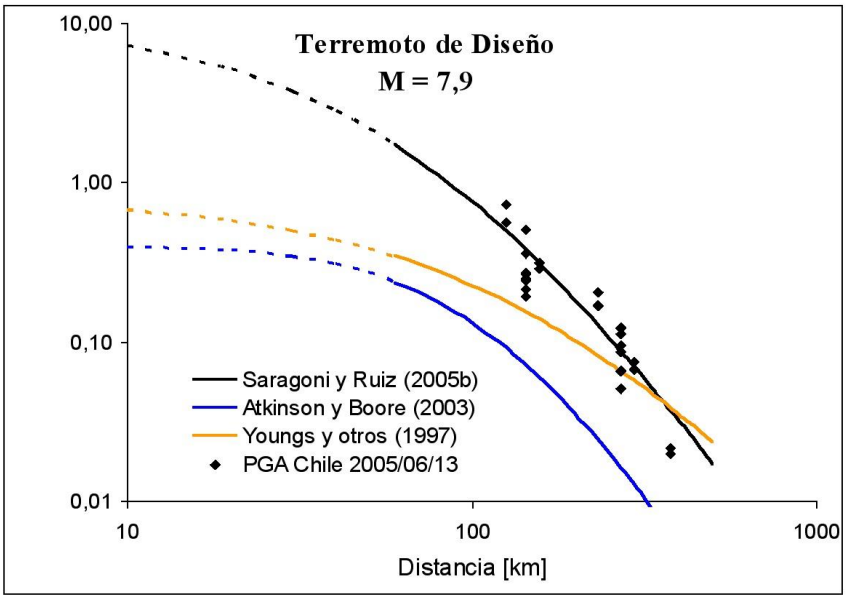


FIGURA 5.6.5.5-5
COMPARACIÓN ENTRE LAS FÓRMULAS DE ATENUACIÓN DE ACELERACIONES MÁXIMAS HORIZONTALES DE TERREMOTOS INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA REGISTRADA EN ROCA Y SUELO DURO

El eje vertical corresponde a la aceleración horizontal máxima en G
Fuente: Propuesta por Youngs y otros (1997), por Atkinson y Boore (2003) y por Saragoni y Ruiz (2005).

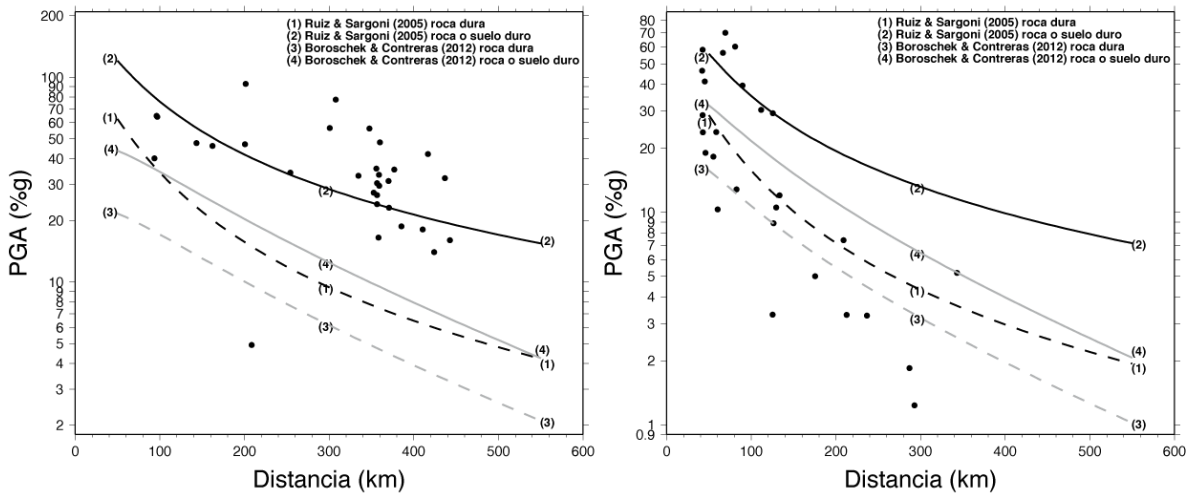


FIGURA 5.6.5.5-6
COMPARACIÓN DE LEYES DE ATENUACIÓN
En color gris, para sismos interplaca tipo Thrust y los datos registrados en el Maule 2010 (izquierda) e Iquique 2014 (derecha)
Fuente: Ruiz y Saragoni (2005), en color negro, y Boroschek y Contreras (2012)

En la Figura 5.6.5.5-6 es posible ver que la ley de atenuación definida por Ruiz y Saragoni (2005), pese a no considerar los datos registrados por los terremotos del Maule 2010 e Iquique 2014, es capaz de representar de mejor manera los datos que aquella definida por Boroscheck y Contreras (2012); es por ello que en el presente estudio se considera la 1era de ellas. Cabe resaltar que las relaciones de atenuación utilizadas en el presente informe corresponden a las más recientes definidas en Chile, incluyendo todos los datos existentes hasta la fecha. Ello redunda en que representan de mejor manera la respuesta a grandes terremotos en nuestro país. Además, de las Figuras 5.6.5.5-4 a 5.6.5.5-6 es posible ver que existe una gran dispersión en los datos, por lo que es necesario considerar un error de 0,1 g en las estimaciones realizadas con estas leyes de atenuación (S. Ruiz, comunicación personal).

5.6.6. Estimación del Peligro Sísmico

5.6.6.1. Aspectos Generales

Para la estimación del peligro sísmico se suelen utilizar las metodologías probabilísticas y la determinística. La primera de ellas entrega un valor que combina el efecto de todas las fuentes, mientras que en la segunda se considera cada fuente sismogénica por separado considerando el efecto más extremo que cada una de ellas produce en el sitio en estudio. En el presente estudio, se implementarán ambas metodologías para la estimación del peligro sísmico en la zona del proyecto.

5.6.6.2. Metodología Probabilística

a) Generalidades

La metodología probabilística se basa en el desarrollo teórico hecho por Cornell (1968), el cual posteriormente fue generalizado por Algermissen & Perkins (1976) y Algermissen y otros (1982). En el presente estudio, además, se incorporan las modificaciones hechas por Anderson & Trifunac (1978) las cuales apuntan a pesar cada una de las fuentes utilizadas en el cálculo de acuerdo a su productividad sísmica. Este aspecto es de vital importancia cuando se consideran fuentes de diversa naturaleza, como las descritas en el presente informe. Es importante recalcar que los resultados aquí entregados corresponden a la combinación de las dos fuentes sismogénicas antes descritas. Luego, no es posible identificar un único evento o fuente como la responsable principal del peligro sísmico obtenido.

En la Figura 5.6.6.2-1 se presenta el resultado para un período de vida útil de 50 años; además, se han marcado las probabilidades de excedencia de 10%, 5% y 2%, respectivamente. Con ello es posible estimar los periodos de retorno de 475, 975 y 2475 años; todos ellos mostrados en el Cuadro 5.6.6.2-1. Repitiendo este procedimiento es posible encontrar el valor de la aceleración máxima para diversos períodos de retorno, tal como se muestra en la Figura 5.6.6.2-2.

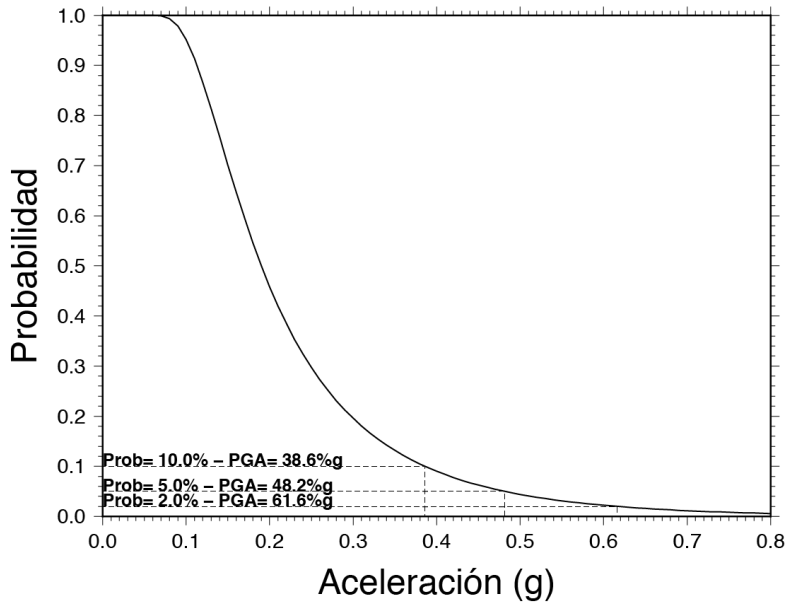


FIGURA 5.6.6.2-1
PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA VERSUS ACELERACIÓN HORIZONTAL MÁXIMA PARA EL SITIO EN ESTUDIO

Se ha considerado un período de vida útil de 50 y las probabilidades de excedencia de 10, 5 y 2%.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 5.6.6.2-1
VALORES DE LA ACELERACIÓN HORIZONTAL MÁXIMA (PGA) PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RETORNO, CONSIDERANDO LAS FUENTES INTERPLACA TIPO THRUST E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA.

Periodo de Retorno (años)	PGA (g)
475	0,386
975	0,482
4975	0,616

Fuente: Elaboración propia.

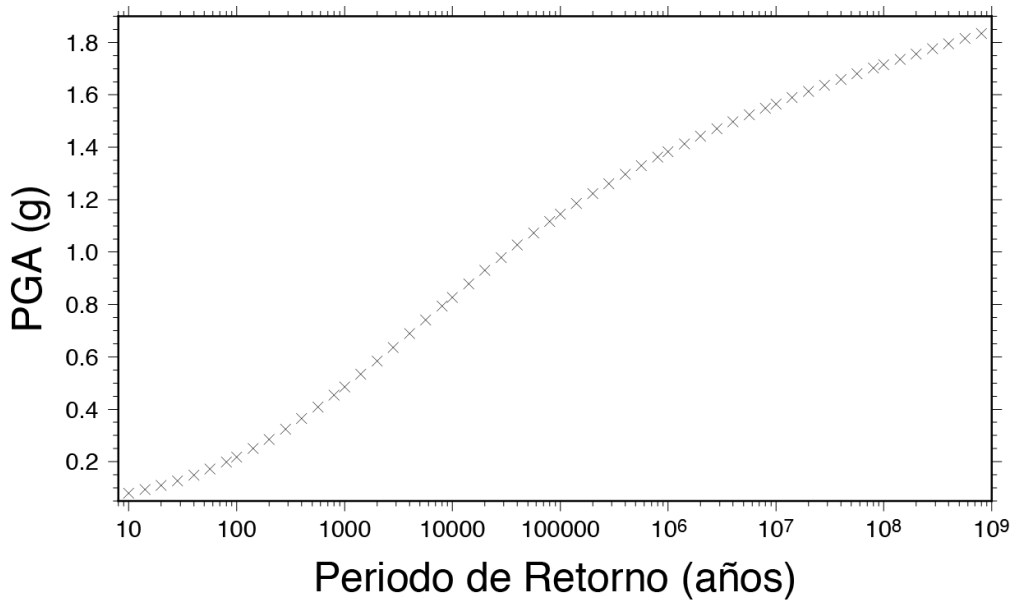


FIGURA 5.6.6.2-2
ACELERACIÓN HORIZONTAL MÁXIMA (PGA) EN FUNCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO EL SITIO DEL PROYECTO, CONSIDERANDO LAS FUENTES SISMOGÉNICAS PRESENTES

Fuente: Elaboración propia.

b) Comparación con otro Estudios

Para un período de retorno de 475 años se obtuvo un valor de 48,2 % g para el sitio estudiado mientras que el proyecto GSHAP reporta un valor de 38,0 % g, cuya fuerte diferencia se debe, principalmente, a una subestimación del impacto de los terremotos intraplaca de profundidad intermedia en la zona de estudio. Por otro lado, los trabajos de Martin (1990) y Algermissen et al. (1992) estimaron valores de 48 % y 46 % de g, respectivamente, valores muy cercanos a los obtenido en el presente estudio.

c) Desagregación de Resultados Probabilísticos

Un aspecto interesante de resaltar es el hecho que los resultados entregados por los estudios probabilísticos consideran el efecto combinado de todas las fuentes actuando en el punto de interés. En otras palabras, no es posible asociar la aceleración horizontal máxima de cada uno de los niveles de solicitación antes mencionados con sólo una fuente. Pese a ello, es relevante analizar el aporte que cada una de las fuentes realiza al peligro en cada nivel; en este caso, se estudia el aporte anual por cada subfuente puntual. Los resultados son mostrados en la Figura 5.6.6.2-3 para los sismos con un periodo de retorno de 475 años, 975 años y 2475 años, de izquierda a derecha, respectivamente. De dicha Figura es posible ver que, para todos periodos de retorno considerados en el estudio, la principal fuente sismogénica corresponde a la interplaca tipo thrust, teniendo una menor participación de la fuente interplaca de profundidad intermedia.

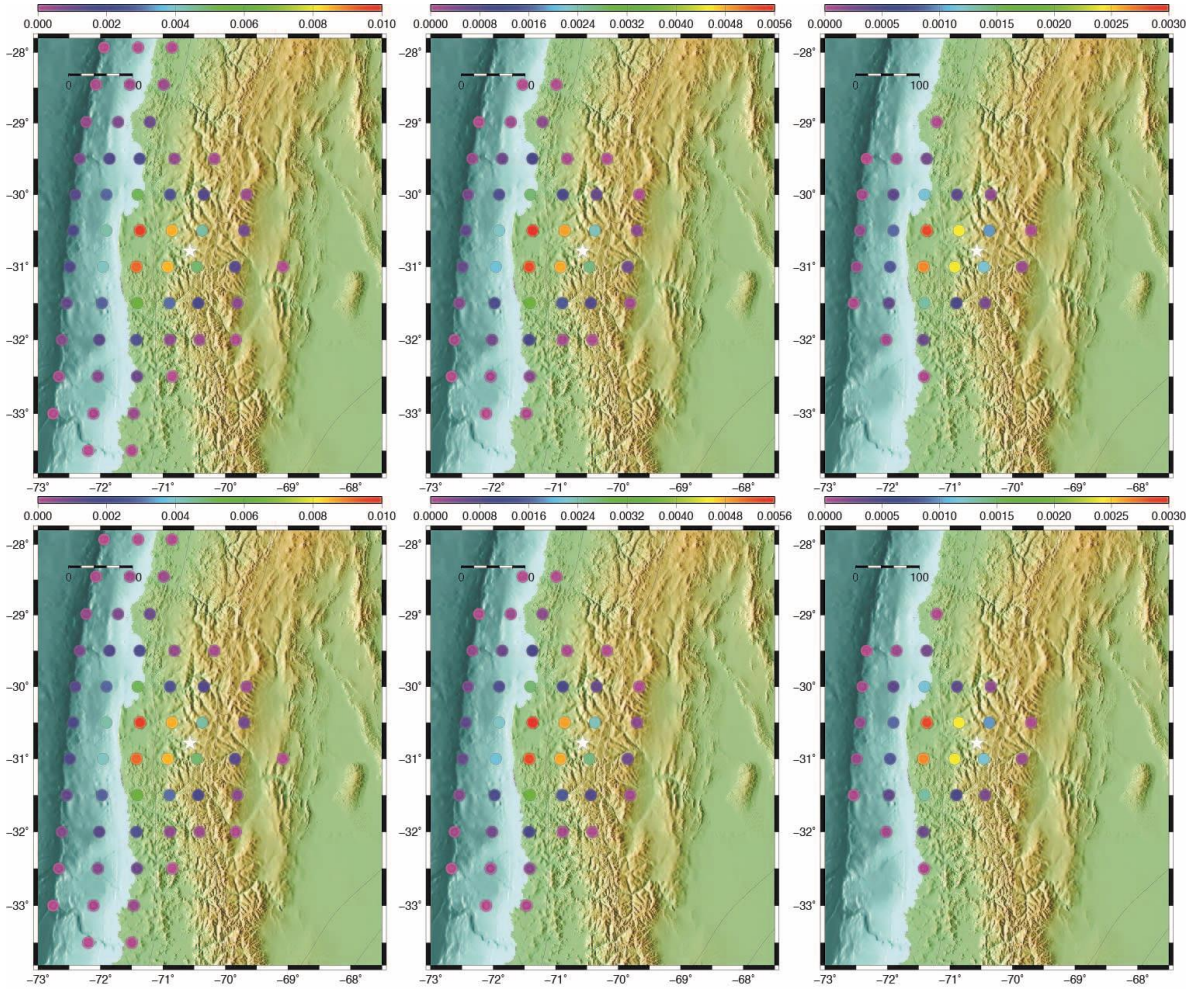


FIGURA 5.6.6.2-3
MAPAS TOPOGRÁFICOS CON EL APORTE ANUAL (DE ACUERDO A LA ESCALA DEL BORDE SUPERIOR DE CADA PANEL) DE CADA UNA DE LAS SUBFUENTES PUNTUALES, PARA LOS PERIODOS DE RETORNO DE 475 AÑOS (IZQUIERDA), 975 (CENTRO) Y 2475 AÑOS (DERECHA)
Fuente: Elaboración propia.

Otra manera de analizar los resultados desagregados es revisando el aporte que los eventos de distintas magnitudes y distancias hacen a cada nivel de demanda y representar los valores en histogramas; tal como es posible apreciar en la Figura 5.6.6.2-4. Nuevamente, se presentan los resultados para los sismos con periodos de retorno de 475, 975 y 2475 años, de izquierda a derecha, respectivamente. De esta Figura es posible ver que para el Sismo de Operación (con 475 años de periodo de retorno) se observan 2 subgrupos: uno a corta distancia y magnitudes en torno 7.5 y otro con distancias levemente superiores y magnitudes en torno a 8.3; esto se repite para todos los periodos de retorno. El grupo de menores magnitudes y corta distancias corresponden, principalmente a sismos intraplaca de profundidad intermedia, mientras que el grupo con mayores magnitudes y rango de distancias mayores, corresponde a la fuente interplaca tipo thrust. Es posible ver que, para todos los periodos de retorno, es la fuente interplaca tipo thrust la que más aporta a la demanda sísmica, aumentando levemente el aporte de mayores magnitudes a 8.5 para el Sismo de Diseño (periodo de retorno de 975 años) y a 8.7 para el Sismo Máximo Creíble (periodo de retorno de 2475 años).

Con el análisis hecho en el párrafo anterior, es posible seleccionar como representativo de todos los periodos de retorno a sismos interplaca tipo thrust, con distancias cercanas a los 100 km y magnitudes aumentando desde 8.3 a 8.7 a medida que aumenta el periodo de retorno. Es así como, para el Sismo de Operación (con 475 años de periodo de retorno) se selecciona un sismo con magnitud 8.3, a una distancia epicentral de 105 km y una profundidad de 30 km. Para el Sismo de Diseño (con periodo de retorno de 975 años) se selecciona un sismo de magnitud 8.5, distancia epicentral de 110 km y profundidad de 29 km. Finalmente, para el Sismo Máximo Creíble (con 2475 años de periodo de retorno), se selecciona un sismo de magnitud 8.7, una distancia epicentral de 111 km y profundidad de 30 km.

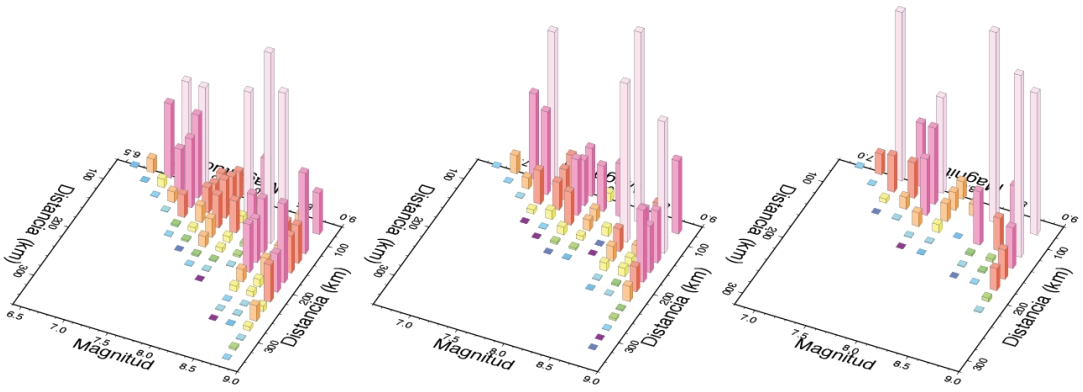


FIGURA 5.6.6.2-4
HISTOGRAMAS CON EL APORTE ANUAL RELATIVO DE PARES DISTANCIA-MAGNITUD A LOS DISTINTOS NIVELES DE SOLICITACIÓN: 475 AÑOS (ARRIBA) Y 2475 AÑOS (ABAJO), PARA ESTERO DERECHO Y RÍO CHALINGA, EN LOS PANELES DE LA IZQUIERDA Y LA DERECHA, RESPECTIVAMENTE
Fuente: Elaboración propia.

5.6.6.3. Metodología Determinística

De acuerdo a lo observado a partir de los terremotos históricos se considera la repetición de un gran terremoto thrust como el de 1730 con hipocentro frente al proyecto a una distancia

epicentral de 110 km, profundidad de 30 km y de magnitud M = 9,0 (ver Figura 5.6.6.3-1). Para los terremotos intraplaca de profundidad intermedia se considera la ocurrencia de un terremoto a una distancia de 10 km del proyecto y una profundidad de 60 km y con la magnitud máxima observada de los mayores terremotos históricos, M = 8.0, tal como se puede apreciar en la misma figura.

Considerando los escenarios antes descritos y las leyes de atenuación propuesta por Ruiz y Saragoni (2005) para suelo duro para terremotos interplaca tipo thrust e intraplaca de profundidad intermedia se llega a las aceleraciones horizontales máximas, como se presentan en el Cuadro 5.6.6.3-1. En dicha Cuadro se resumen los parámetros antes descritos y se presentan las aceleraciones horizontales máximas (PGA).

CUADRO 5.6.6.3-1
PARÁMETROS Y RESULTADOS DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINÍSTICO PARA LAS FUENTES INTERPLACA TIPO THRUST E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA

Fuente	Distancia Epicentral (km)	Profundidad (km)	Distancia Hipocentral (km)	Magnitud (Ms)	Pga (% G)
Interplaca Tipo Thrust	110,0	30,0	114,0	8,8	90,5
Intraplaca De Profundidad Intermedia	10,0	60,0	60,8	8,0	132,0

Fuente: Elaboración propia.

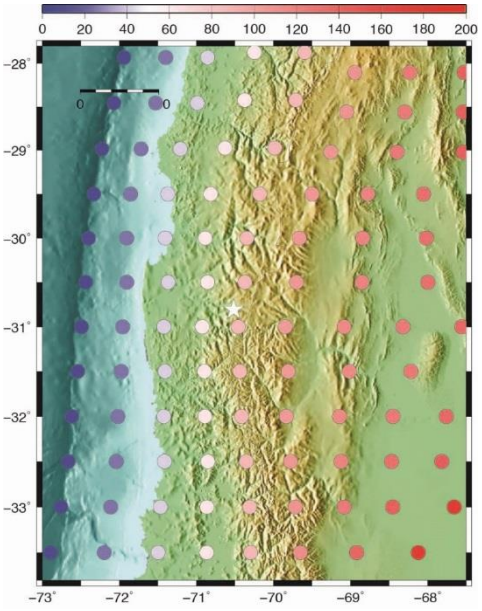


FIGURA 5.6.6.3-1
MAPA CON LAS FUENTES PUNTUALES CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO
En tonos azules se muestran las subfuentes interplaca tipo thrust, mientras que en tonos rojos las subfuentes intraplaca de profundidad intermedia (ver escala de colores en borde superior para determinar profundidad, en km). La estrella marca la posición del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del terremoto cortical se considera la Figura 5.6.6.3-2, la cual presenta varias fallas activas reportadas por el estudio de geología para el presente proyecto. Dada la poca información que se dispone, no es posible estimar la probabilidad de ocurrencia de eventos en ninguna de ellas. Se ha decidido evaluar su impacto para el máximo sismo, presentado en el Cuadro 5.6.6.3-2; para ello, se han utilizado las relaciones de escala de Wells y Coppersmith (1994) para estimar la magnitud y profundidad del evento máximo, considerando el largo de ruptura máximo mostrado en el mismo Cuadro. Se ha considerado sólo la falla de mayor largo, pues se estima que las otras no producen sismicidad importante.

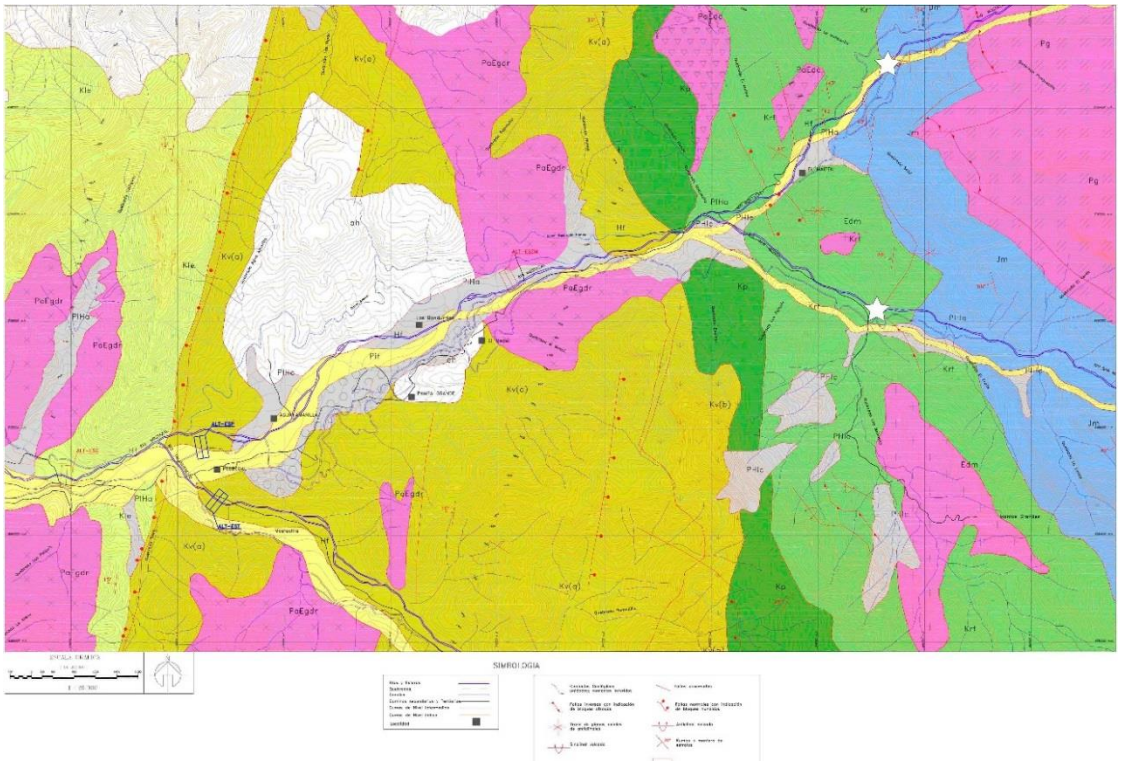


FIGURA 5.6.6.3-2
MAPA GEOLÓGICO LAS PRINCIPALES UNIDADES Y FALLAS ACTIVAS
Las 2 posibilidades (en río Mostazal y San Miguel) se han marcado con una estrella blanca.
Fuente: Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse Río Rapel, Comuna de Monte Patria (DOH, 2010).

Empleando las relaciones de escala de Wells y Coppersmith (1994) para estimar la magnitud y profundidad del evento máximo (empleando el largo de ruptura máximo) y las fórmulas de aceleración máxima propuestas por Campbell & Bozorgnia (2008) para sismos corticales, se obtienen los valores presentados en el Cuadro 5.6.6.3-2.

De los Cuadros 5.6.6.3-1 y 5.6.6.3-2, es posible comprobar que el sismo intraplaca de profundidad intermedia es el que produce la mayor solicitación sobre la estructura, generando un PGA correspondiente a un sismo con un periodo de retorno cercano a 5 x 105 años (ver Figura 5.6.6.3-2).

CUADRO 5.6.6.3-2
PARÁMETROS Y RESULTADO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINÍSTICO PARA LA FALLA CORTICAL ENCONTRADA EN LAS CERCANÍAS DEL PROYECTO

Largo (km)	Distancia (km)	Magnitud	PGA (%g)
13,2	11,0	6,3	17,5

Fuente: Elaboración propia.

Además, del Cuadro 5.6.6.3-2, es posible comprobar que la falla cortical produce aceleraciones bastante bajas, menores de a 0,18 g. Dada la falta de información que se tiene al momento de realizar este estudio, no es posible estimar la probabilidad de ocurrencia de un sismo en las fallas consideradas, pero, dado el bajo impacto que produce en la zona de estudio, no se considera como probable que esta fuente controle el diseño.

5.6.7. Conclusión

Tras el análisis desagregado de los resultados, es posible seleccionar como representativo para todos los periodos de retorno a sismos interplaca tipo thrust. Para el Sismo de Operación, se selecciona un sismo con magnitud 8,3, a una distancia epicentral de 105 km y una profundidad de 30 km. Para el Sismo de Diseño, se selecciona un sismo de magnitud 8,5, distancia epicentral de 110 km y profundidad de 29 km. Finalmente, para el Sismo Máximo Creíble, se selecciona un terremoto de magnitud 8,7, a una distancia epicentral de 111 km y profundidad de 30 km.

De los resultados del análisis determinístico, es posible comprobar que el sismo intraplaca de profundidad intermedia es el que produce la mayor solicitación sobre la estructura, generando un PGA correspondiente a un sismo con un periodo de retorno cercano a 5 x 105 años. Además, es posible comprobar que la falla cortical produce aceleraciones bastante bajas, menores de a 0,18 g. Dada la falta de información que se tiene al momento de realizar este estudio, no es posible estimar la probabilidad de ocurrencia de un sismo en las fallas consideradas, pero, dado el bajo impacto que produce en la zona de estudio, no se considera como probable que esta fuente controle el diseño.

6. DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN

6.1. Catastro de Canales

6.1.1. Antecedentes Generales

En este Acápite se presenta un diagnóstico del estado de la infraestructura de conducción de agua para riego, asociada principalmente a la red de canales matrices de la zona de Estudio. La información entregada se ha generado a partir de la recopilación de antecedentes en una campaña de terreno iniciada el día jueves 12 de enero del 2017, la que tuvo una duración de cinco semanas.

La metodología empleada consta de una inspección *in situ* en cada canal matriz, desde su bocatoma hasta la última entrega predial, registrando la presencia de obras y singularidades, así como también describiendo estado de conservación de las obras y materiales empleados para su construcción. De igual forma se registró la ubicación de cada uno de los sitios de interés mediante GPS y la generación de un registro fotográfico. Posterior a la toma de datos en terreno, los antecedentes fueron sistematizados en gabinete generando una base de datos del catastro, la cual fue revisada y analizada de modo de verificar la información, corrigiendo antecedentes erróneos si es que existiesen, referidos principalmente a su ubicación y/o descripción. Para esto, se tomó como referencia el apoyo de imágenes satelitales y registros fotográficos, de modo de contar con antecedentes coherentes para el análisis de las obras catastradas.

La categoría de conservación consideradas para la descripción de los canales catastrados se fundamentó de la siguiente forma:

- Estado Bueno: canales con una sección definida, sin grietas ni filtraciones, poca o nula vegetación en su interior, materiales de construcción en buen estado;
- Estado Regular: Canal sin filtraciones, puede presentar algún tipo de deformación la sección, grietas superficiales, poca o abundante vegetación en su interior, sedimentación que permita el flujo de agua, materiales de construcción en regular estado;
- Estado Malo: Canales que pueden presentar filtraciones evidentes, sin una sección definida, materiales de construcción en mal estado, abundante vegetación en el interior que dificulte el flujo hídrico, presencia de derrumbes.

En Anexo 6-1 se puede apreciar la Ficha utilizada para recopilación de antecedentes para Catastro de Canales. En tanto en Anexo 6-2 se presentan las fichas de canales con información catastrada, base de datos y registro fotográfico.

En adelante se presenta un análisis descriptivo del estado de la red de canales y obras asociadas dentro del Área de Estudio (Los antecedentes de registro cartográfico se encuentran en Carpeta “SIG Mostazal”).

En el valle del río Mostazal se tiene un registro de 51 canales de riego, de los cuales se constataron en terreno 42, los 9 canales restantes se encuentran sin uso y con bocatomas en general borradas.

En el Cuadro 6.1.1-1 se señala el registro de canales precisando la situación de uso de infraestructura y el estado de catastro; en tanto en la Figura 6.1.1-1 se presenta un unifilar de los canales.

Sobre la base de los Mapas de la Restitución Aerofotogramétrica en escala 1:5.000 se ubicó el trazado en planta de los canales catastrados (MTZ-PGN-001).

CUADRO 6.1.1-1
REGISTRO CANALES ÁREA DE ESTUDIO

ID	CANALES	SECCIÓN	RIBERA	AFLUENTE	USO INFRAESTRUCTURA	SITUACIÓN CATASTRO (*)
1	**Quemado**	Primera	Derecha	Río Sasso	Sin Uso (**)	No catastrado
2	**Huracán**	Primera	Derecha	Río Sasso	En Uso (**)	Catastrado C-B
3	**Tranca Morada**	Primera	Derecha	Río Sasso	En uso	Catastrado C-B
4	**Maitén Alto**	Primera	Derecha	Río Sasso	En uso	Catastrado C-B
5	**Maitén Bajo**	Primera	Derecha	Río Sasso	En uso	Catastrado C-B
6	**Quebrada Honda**	Primera	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
7	**Panguecillo - Q**	Primera	Izquierda	Río Sasso	Sin Uso	Catastrado C-B
8	**Sasso Alto**	Primera	Izquierda	Río Sasso	Sin Uso	Catastrado C-B
9	**Sasso Bajo**	Primera	Izquierda	Río Sasso	En uso	Catastrado C-B
10	**Mollarcito**	Primera	Izquierda	Río Sasso	Sin Uso	Catastrado C-B
11	**Mollar**	Primera	Izquierda	Río Sasso	En uso	Catastrado C-B
12	**Ñisñiles**	Primera	Izquierda	Quebrada de Sasso	Sin Uso	No catastrado
13	**Yerba Loca Alto**	Primera	Derecha	Río San Miguel	En uso	Catastrado C-B
14	**Yerba Loca Bajo**	Primera	Derecha	Río San Miguel	En uso	Catastrado C-B
15	**Canal Coirón**	Primera	Derecha	Río San Miguel	Sin Uso	No catastrado
16	**Isla**	Primera	Derecha	Río San Miguel	En uso	Catastrado C-B
17	**Calderón**	Primera	Izquierda	Río San Miguel	Sin Uso	No catastrado
18	**Chañares**	Primera	Izquierda	Río San Miguel	Sin Uso	No catastrado
19	**Cascada**	Primera	Izquierda	Río San Miguel	En uso	Catastrado C-B
20	**Habitación**	Primera	Izquierda	Río San Miguel	En uso	Catastrado C-B
21	**Palcalito**	Primera	Izquierda	Río San Miguel	En uso	Catastrado C-B
22	**Mollaquita**	Primera	Izquierda	Estero Las Mollacas	Sin Uso	No catastrado
23	**Arroyo**	Primera	Izquierda	Estero Las Mollacas	Sin Uso	No catastrado
24	**Las Mollacas**	Primera	Izquierda	Estero Las Mollacas	Sin Uso	No catastrado
25	**Ciruelo**	Primera	Derecha	Estero Las Mollacas	Sin Uso	No catastrado
26	**Arenal**	Segunda	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
27	**Montero**	Segunda	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B

CUADRO 6.1.1-1
REGISTRO CANALES ÁREA DE ESTUDIO

ID	CANALES	SECCIÓN	RIBERA	AFLUENTE	USO INFRAESTRUCTURA	SITUACIÓN CATASTRO (*)
28	**Derrumbe**	Segunda	Derecha	Río Mostazal	Sin Uso	Catastrado C-B
29	**Estanque**	Segunda	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
30	**Durazno**	Segunda	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
31	**Arenalito**	Segunda	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
32	**Maqui alto**	Segunda	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
33	**Maqui bajo**	Segunda	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
34	**Veguita**	Segunda	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
35	**Vega**	Segunda	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
36	**Molino Agua Amarilla**	Tercera	Derecha	Río Mostazal	Sin Uso	Catastrado B
37	**Colliguay alto**	Tercera	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
38	**Colliguay bajo**	Tercera	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
39	**Espinal**	Tercera	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
40	**Guindo**	Tercera	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
41	**Carrizalito**	Tercera	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
42	**Viña**	Tercera	Derecha	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
43	**Molino viejo**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
44	**Núñez**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	Sin Uso	Catastrado B
45	**Peralito**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
46	**Cancha**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
47	**Viñita**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	Sin Uso	Catastrado B
48	**Callejón**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	En Uso (***)	Catastrado C-B
49	**Chaguaral Bajo**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	En Uso (***)	Catastrado C-B
50	**Lomita**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B
51	**Alfaro**	Tercera	Izquierda	Río Mostazal	En uso	Catastrado C-B

(*): Catastrado C-B: Catastro Canal y Bocatoma; Catastrado B: Catastro Bocatoma.
(**): Canal unificado. Canal Huracán incorpora derechos de canal Quemado.
(***): Bocatoma Unificada en canal Callejón.
Fuente: Elaboración propia.

Del catastro realizado se registraron 116,2 km de canal, de los cuales el 84,2% se mantiene en uso (97,8 km). Los canales en general mantienen un estado de conservación Malo a Regular, prevaleciendo una mayor longitud de tramos sin impermeabilización.

De los canales en Uso (97,8 km), el 32,8% se encuentra en mal estado (32,1 km), el 19,2% en buen estado (18,7 km) y un 48% en un estado regular (46,9 km).

En el Cuadro 6.1.1-2 se presenta los principales resultados del catastro a nivel general dentro del Área de Estudio.

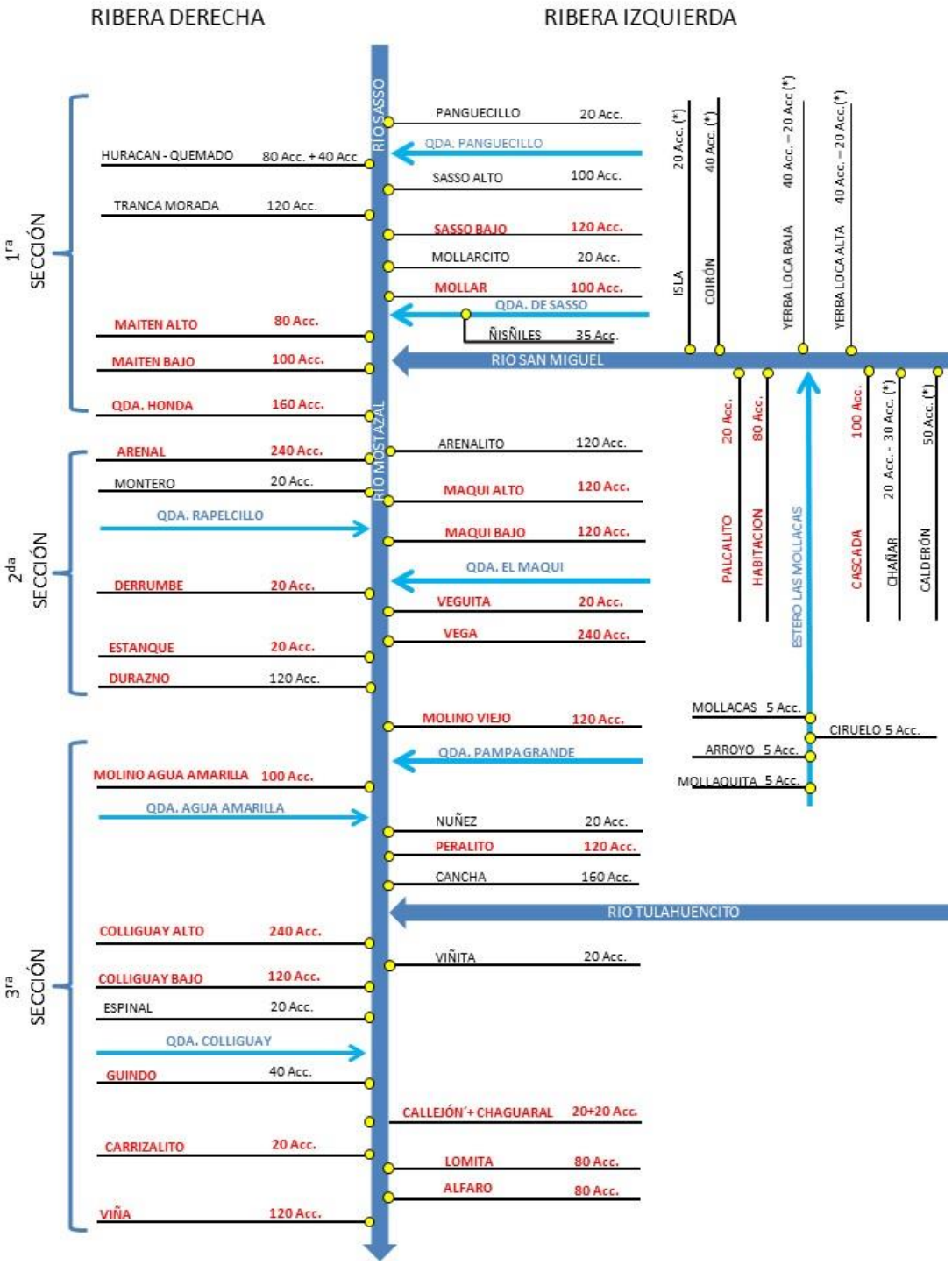


FIGURA 6.1.1-1
UNIFILAR CANALES ÁREA DE ESTUDIO

Fuente: Términos de referencia del estudio, en complemento con antecedentes de Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus afluentes y recopilación de datos en terreno.

CUADRO 6.1.1-2
ANTECEDENTES CANALES ÁREA DE ESTUDIO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	771,6	1,1	31.938,8	44,0	39.828,5	54,9	72.538,9	100,0
	Con Impermeabilización	17.974,1	71,2	187,0	0,7	7.098,7	28,1	25.259,7	100,0
	Total Con Uso	18.745,6	19,2	32.125,7	32,8	46.927,2	48,0	97.798,6	100,0
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	18.168,6	99,1	165,1	0,9	18.333,8	100,0
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	38,3	100,0	38,3	100,0
	Total Sin Uso	0,0	0,0	18.168,6	98,9	203,4	1,1	18.372,1	100,0
TOTAL CATASTRADO		**18.745,6**	**16,1**	**50.294,4**	**43,3**	**47.130,6**	**40,6**	**116.170,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 6.1.1-3 se señala los materiales utilizados para la impermeabilización de canales y las longitudes totales registradas en los tramos en Uso.

CUADRO 6.1.1-3
MATERIALES UTILIZADO EN REVESTIMIENTO DE CANALES EN USO

Material	Superficie En Uso	
	(m)	(%)
Geomembrana	10.582,6	41,9
Hormigón	1.897,5	7,5
Mampostería	1.294,3	5,1
Loseta	11,4	0,0
HDPE	7.206,4	28,5
PVC	4.018,9	15,9
Acero	229,7	0,9
Tambores	18,8	0,1
Roca	0,0	0,0
Total	25.259,7	100,0

Fuente: Elaboración propia.

En adelante se presenta una descripción por sección de riego para cada canal catastrado dentro del Área de Estudio.

6.1.2. Primera Sección

6.1.2.1. Aspectos Generales

Esta sección integra los canales que tienen como fuente el río Sasso y el Río San Miguel, así como también sus afluentes.

En esta sección, de los 16 canales catastrados, 4 se encuentran en desuso (Quemado - Huracán; Panguecillo, Sasso Alto y Mollarcito), presentándose 27,2 km de canal que actualmente se encuentran operativos (73,7% del total de canales catastrados en la Sección). En general, la red de

canales en esta sección en su gran mayoría se encuentra sin revestir, situación que se evidencia en el 87% de los tramos en uso catastrados para esta sección (23,7 km), de los cuales el 66,3% se encuentra en mal estado. Los tramos en uso con algún sistema de impermeabilización, corresponden al 13% del total de tramos en uso catastrados en la sección, representados principalmente por el uso de geomembrana, y en menor medida, Tubos de HDPE, Acero, Tubos de PVC, Hormigón y rocas.

En adelante se describe cada uno de los canales catastrados en la primera sección.

6.1.2.2. Canal Huracán – Quemado

El Canal Huracán, de uso individual, se encuentra unificado con el canal Quemado, sumando una longitud total catastrada de 4.089,3 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha, presentándose Sin Uso al momento de realizar el catastro. De acuerdo a información recabada en terreno, existe interés de dueño en habilitarlo.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6594280 E; 352837 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.2-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

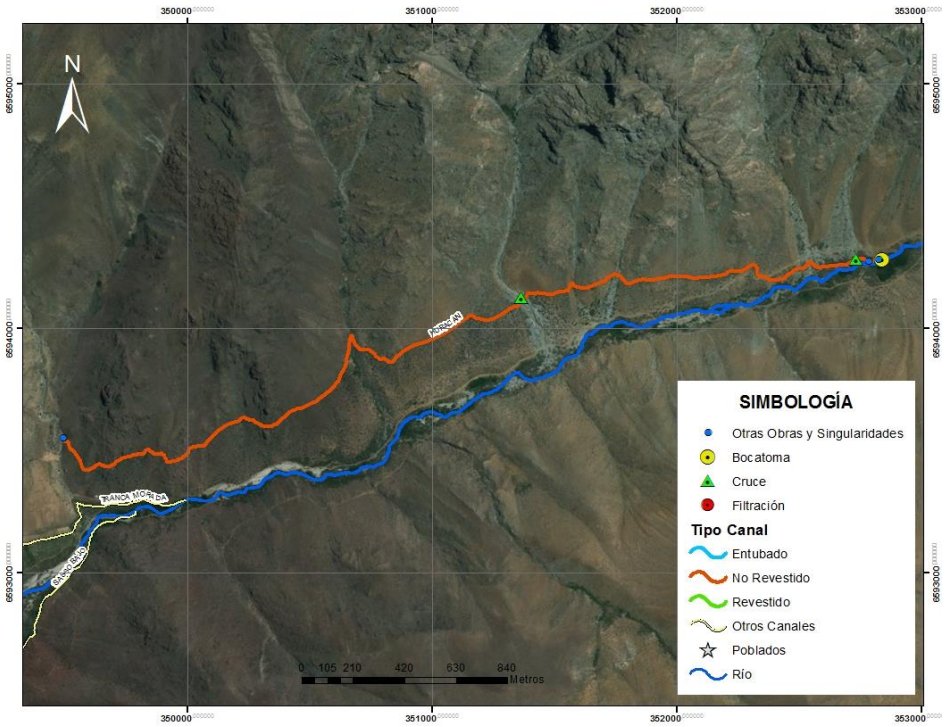


FIGURA 6.1.2.2-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL HURACÁN
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Manual, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.2.2-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Huracán.


a:Ubicación Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.2-1
CANAL HURACÁN
Fuente: Equipo Consultor.

En el Cuadro 6.1.2.2-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

CUADRO 6.1.2.2-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL HURACÁN

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	4.047,0	99,0	42,3	1,0	**4.089,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**4.047,0**	**99,0**	**42,3**	**1,0**	**4.089,3**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**4.047,0**	**99,0**	**42,3**	**1,0**	**4.089,3**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.2-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.2-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL HURACÁN

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	15,0	15,0	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular
T_2	42,3	57,4	Tierra	Regular	Sin Uso	Irregular
T_3	4.031,9	4.089,3	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.3. Canal Tranca Morada

El Canal Tranca Morada, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 2.619,5 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6593298 E; 349993 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.3-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

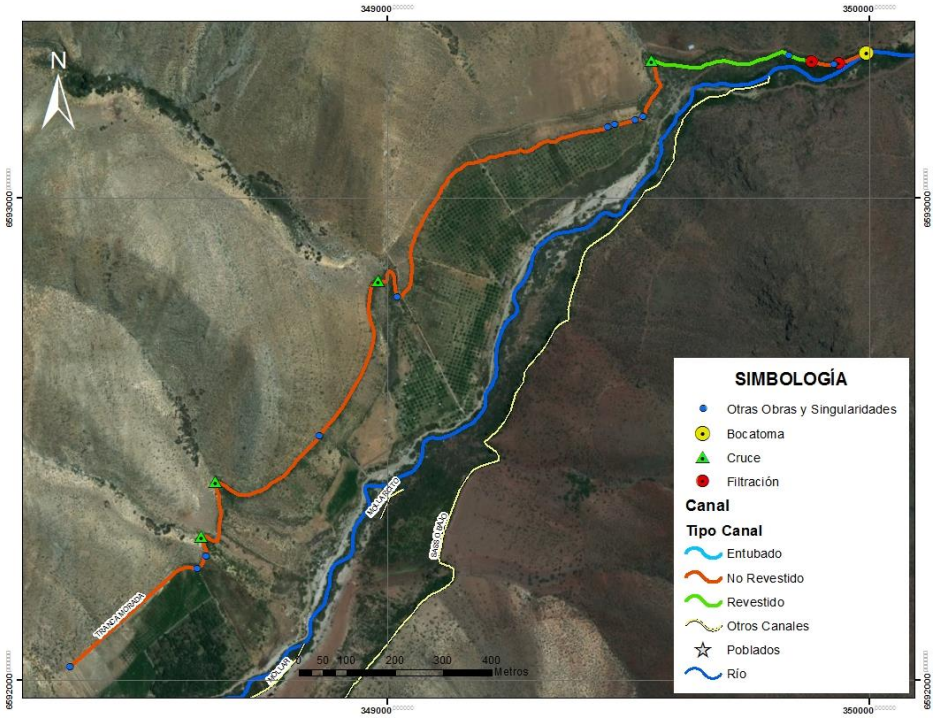


FIGURA 6.1.2.3-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL TRANCA MORADA
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.2.3-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Tranca Morada.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.3-1
CANAL TRANCA MORADA
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 86,8% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 100,0% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto, los tramos con algún tipo de impermeabilización (13,2% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 85,8% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.2.3-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.2.3-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL TRANCA MORADA
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 7 entregas prediales, de las cuales 4 se encuentran en mal estado. Entre las demás obras catastradas y que requieren algún tipo de mejoras, por mantener un estado de conservación Malo, se destaca: Bocatoma (1), By Pass (1) y Estanque (1). En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 2 Sitios con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.2.3-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.3-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.2.3-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL TRANCA MORADA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	2.273,4	100,0	0,0	0,0	**2.273,4**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	49,2	14,2	296,8	85,8	**346,0**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**2.322,6**	**88,7**	**296,8**	**11,3**	**2.619,4**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**2.322,6**	**88,7**	**296,8**	**11,3**	**2.619,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.3-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL TRANCA MORADA (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	49,2	100,0	296,8	100,0	346,0	100,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**49,2**	**100,0**	**296,8**	**100,0**	**346,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.3-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.3-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL TRANCA MORADA

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	118,0	118,0	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	49,2	167,2	Geomembrana	Malo	En Uso	Irregular
T_3	296,8	464,0	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_4	2.155,5	2.619,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.4. Canal Maitén Alto

El Canal Maitén alto, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 1.277,6 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6591272 E; 347802 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.4-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

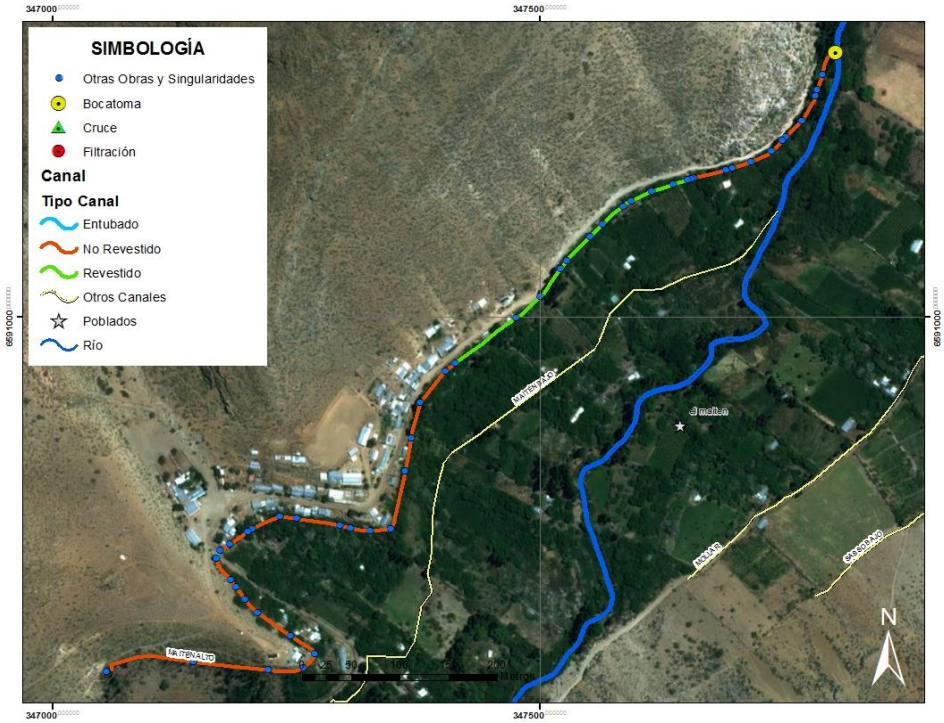


FIGURA 6.1.2.4-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MAITÉN ALTO
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.2.4-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Maitén Alto.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.4-1
CANAL MAITÉN ALTO
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 74,5% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 43,5% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto, los tramos con algún tipo de impermeabilización (25,5% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 67,6% de la longitud total.

En la Fotografía 6.1.2.4-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal Revestido Estado Regular


c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.2.4-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL MAITÉN ALTO
Fuente: Elaboración propia.

Se registraron 41 entregas prediales, de las cuales 26 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.2.4-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.4-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.2.4-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MAITÉN ALTO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	414,3	43,5	537,2	56,5	**951,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	326,2	100,0	**326,2**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**414,3**	**32,4**	**863,4**	**67,6**	**1.277,7**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**414,3**	**32,4**	**863,4**	**67,6**	**1.277,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.4-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL MAITÉN ALTO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	316,2	96,9	316,2	96,9
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	3,1	10,0	3,1
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**326,2**	**100,0**	**326,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.4-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.4-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MAITÉN ALTO

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	28,7	28,7	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	45,8	74,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	6,1	80,6	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_4	88,8	169,4	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_5	47,1	216,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_6	310,1	526,5	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_7	373,7	900,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_8	10,0	910,2	Acero	Regular	En Uso	Irregular
T_9	70,6	980,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_10	296,9	1.277,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.5. Canal Maitén Bajo

El Canal Maitén Bajo, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 1.008,0 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6591110 E; 347743 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.5-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.2.5-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Maitén bajo.

De la longitud total de canal en uso, el 99,4% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 96,9% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (0,6% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.2.5-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal en mal estado.

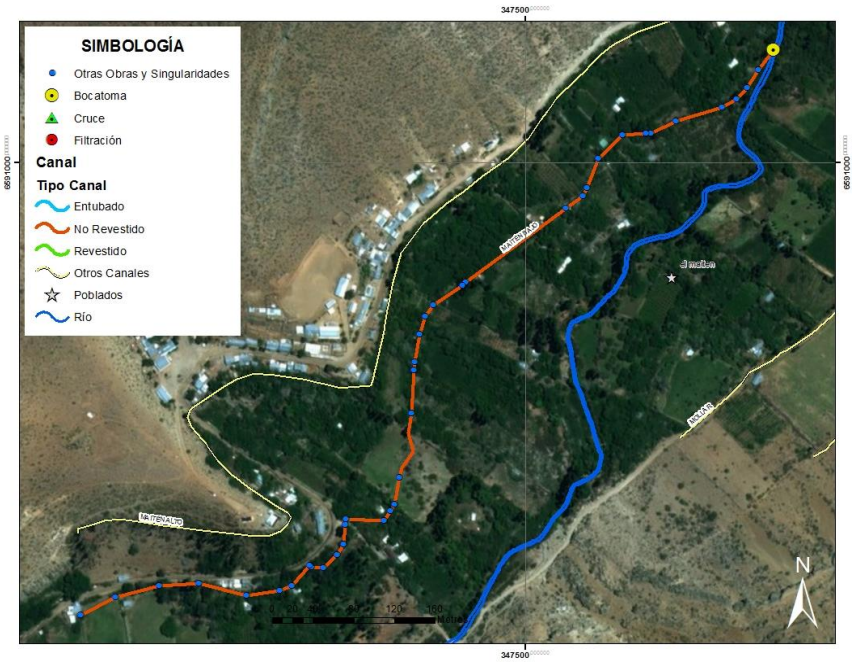
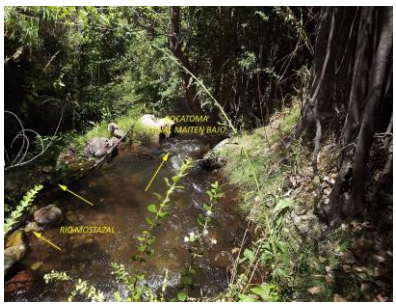


FIGURA 6.1.2.5-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MAITÉN BAJO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial



c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.5-1
CANAL MAITÉN BAJO
Fuente: Equipo Consultor.





FOTOGRAFÍA 6.1.2.5-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL MAITÉN BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 32 entregas prediales, de las cuales 24 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.2.5-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.5-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.2.5-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MAITÉN BAJO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	971,2	96,9	30,9	3,1	**1.002,1**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	100,0	**5,9**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**971,2**	**96,3**	**36,8**	**3,7**	**1.008,0**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**971,2**	**96,3**	**36,8**	**3,7**	**1.008,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.5-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL MAITÉN BAJO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	100,0	5,9	100,0
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**5,9**	**100,0**	**5,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.5-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.5-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MAITÉN BAJO

Tramo	Distancia parcial(m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	695,1	695,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	5,9	701,0	Acero	Regular	En Uso	Irregular
T_3	30,9	731,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_4	276,1	1.008,0	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.6. Canal Quebrada Honda

El Canal Quebrada Honda, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 7.628,7 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 70,2% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6589651 E; 345429 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Roca, manteniendo un estado de conservación Regular.

En la Figura 6.1.2.6-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

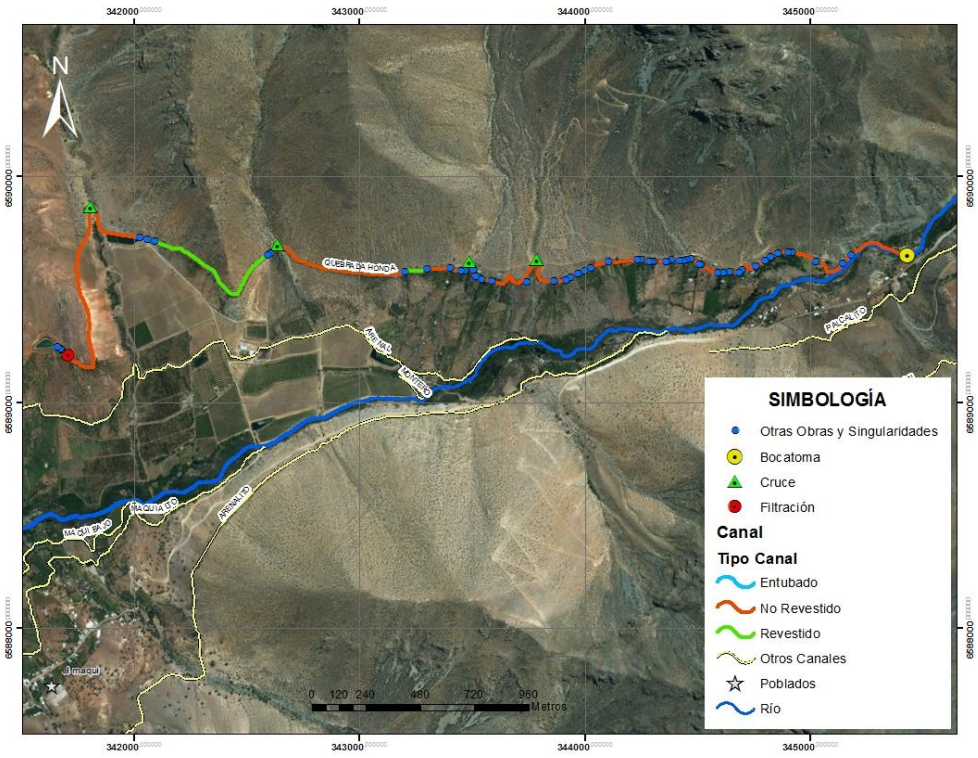


FIGURA 6.1.2.6-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL QUEBRADA HONDA
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación.

En la Fotografía 6.1.2.6-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Quebrada Honda.


a: Sector Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.6-1
CANAL QUEBRADA HONDA
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 83,7% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 12,2% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (16,3% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 98,7% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.2.6-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal Revestido Estado Regular


c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.2.6-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL QUEBRADA HONDA
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 40 entregas prediales, de las cuales 15 se encuentran en mal estado. En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 1 Sitio con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.2.6-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.6-1, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.2.6-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL QUEBRADA HONDA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	148,5	3,3	547,6	12,2	3.790,2	84,5	**4.486,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	860,6	98,7	0,0	0,0	11,4	1,3	**872,0**	**100,0**
	Total en Uso	**1.009,1**	**18,8**	**547,6**	**10,2**	**3.801,6**	**70,9**	**5.358,3**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	2.270,4	100,0	0,0	0,0	**2.270,4**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**2.270,4**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**2.270,4**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.009,1**	**13,2**	**2.818,0**	**36,9**	**3.801,6**	**49,8**	**7.628,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.6-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL QUEBRADA HONDA (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	860,6	100,0	0,0	0,0	11,4	100,0	872,0	100,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**860,6**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**11,4**	**100,0**	**872,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.6-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.6-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL QUEBRADA HONDA

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	278,6	278,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	426,3	704,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	226,9	931,8	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_4	1.001,2	1.933,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_5	118,1	2.051,1	Tierra	Bueno	En Uso	Irregular
T_6	315,4	2.366,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_7	45,4	2.411,9	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_8	222,7	2.634,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_9	96,1	2.730,7	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_10	666,4	3.397,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_11	710,8	4.107,8	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_12	30,4	4.138,2	Tierra	Bueno	En Uso	Irregular
T_13	1.158,3	5.296,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_14	42,1	5.338,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_15	8,3	5.346,9	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_16	11,4	5.358,3	Loseta	Regular	En Uso	Regular
T_17	2.270,4	7.628,7	Tierra	Regular	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.7. Canal Panguecillo

El Canal Panguecillo, de uso individual, tiene una longitud total catastrada de 1.244,5 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Al momento del diagnóstico el canal se presentaba sin Uso en su totalidad.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6594458 E; 354188 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.7-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

En la Fotografía 6.1.2.7-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Panguecillo.

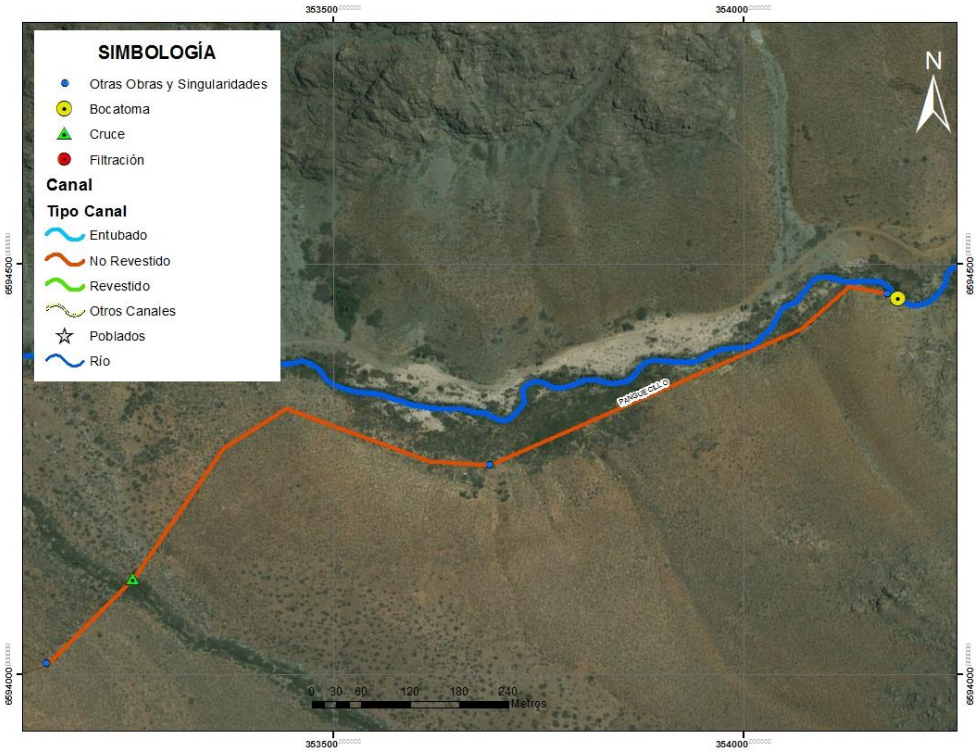


FIGURA 6.1.2.7-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL PANGUECILLO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma



b: Huella de canal en ladera de cerro



c: Huella de canal

FOTOGRAFÍA 6.1.2.7-1
CANAL PANGUECILLO
Fuente: Equipo Consultor.

6.1.2.8. Canal Sasso Alto

El Canal Sasso Alto, de uso individual, se constató en desuso al momento del diagnóstico.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6593787 E; 351417 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.8-1 se presenta espacialmente la ubicación espacial de la bocatoma del canal Sasso alto.



FIGURA 6.1.2.8-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL SASSO ALTO
Fuente: Elaboración propia.

En la Fotografía 6.1.2.8-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Sasso alto.


a: Panorámica ubicación Bocatoma


b: Huella de canal en mal estado

FOTOGRAFÍA 6.1.2.8-1
CANAL SASSO ALTO
Fuente: Equipo Consultor.

6.1.2.9. Canal Sasso Bajo

El Canal Sasso Bajo, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 3.876,4 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6593251 E; 349791 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.9-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.2.9-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Sasso bajo.


a: Sitio Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.9-1
CANAL SASSO BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

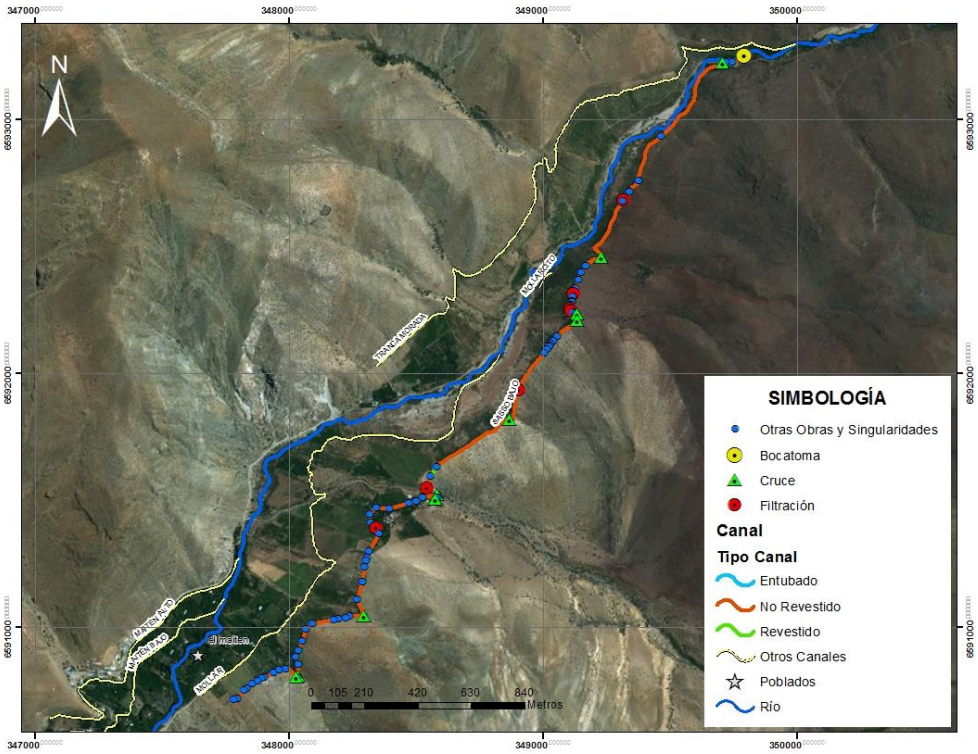


FIGURA 6.1.2.9-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL SASSO BAJO
Fuente: Elaboración propia.

De la longitud total de canal en uso, el 98,8% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 80,2% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (1,2% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.2.9-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.2.9-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL SASSO BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 58 entregas prediales, de las cuales 54 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado. En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 9 Sitios con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.2.9-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.9-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.2.9-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL SASSO BAJO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	3.070,5	80,2	759,7	19,8	**3.830,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	46,2	100,0	**46,2**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**3.070,5**	**79,2**	**805,9**	**20,8**	**3.876,4**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**3.070,5**	**79,2**	**805,9**	**20,8**	**3.876,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.9-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL SASSO BAJO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	46,2	100,0	46,2	100,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**46,2**	**100,0**	**46,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.9-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.9-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL SASSO BAJO

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	497,1	497,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	307,3	804,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	1,7	806,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_4	352,0	1.158,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_5	1.094,0	2.252,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_6	46,2	2.298,3	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_7	100,3	2.398,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_8	1.477,8	3.876,4	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.10. Canal Mollarcito

El Canal Mollarcito, de uso individual, tiene una longitud total catastrada de 80,1 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Al momento del diagnóstico el canal se presentaba sin Uso en su totalidad.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6592395 E; 349033 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Hormigón, manteniendo un estado de conservación Regular.

En la Figura 6.1.2.10-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Malo; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Acero. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Malo.


a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Huella canal

FOTOGRAFÍA 6.1.2.10-1
CANAL MOLLARCITO

Fuente: Equipo Consultor.

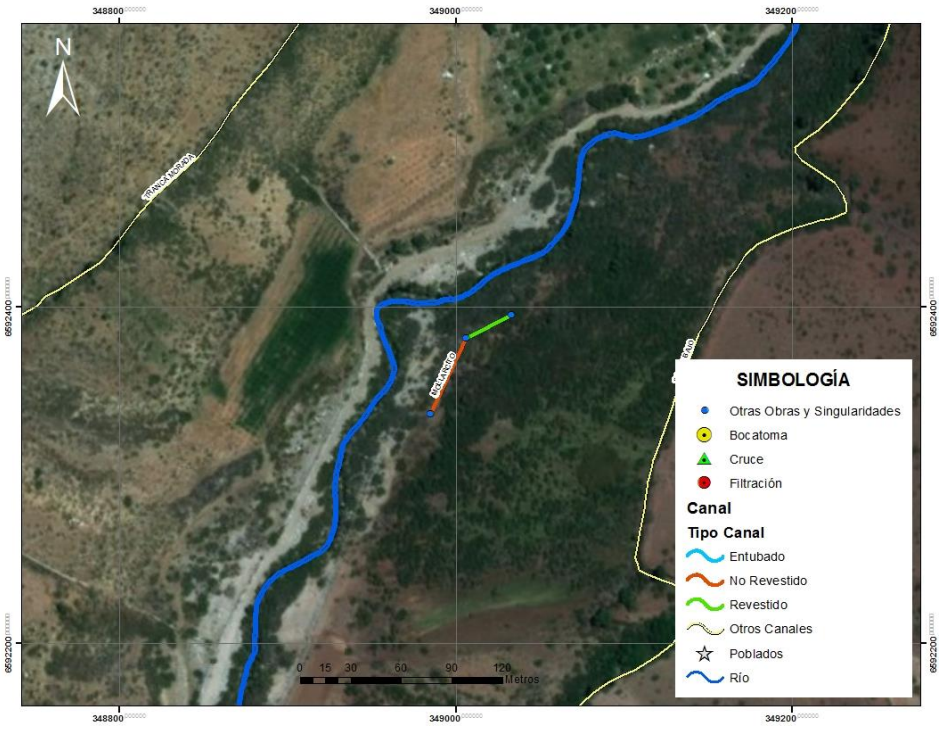


FIGURA 6.1.2.10-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MOLLARCITO
Fuente: Elaboración propia.

En la Fotografía 6.1.2.10-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Mollarcito.

Entre las demás obras catastradas y que requieren algún tipo de mejoras, por mantener un estado de conservación Malo, se destaca: Aforador (1).

En el Cuadro 6.1.2.10-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

CUADRO 6.1.2.10-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MOLLARCITO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	0,0	0,0
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	49,7	100,0	0,0	0,0	**49,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	30,4	100,0	**30,4**	**100,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**49,7**	**62,0**	**30,4**	**38,0**	80,1	100,0
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**49,7**	**62,0**	**30,4**	**38,0**	80,1	100,0

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.10-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.10-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MOLLARCITO

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	30,4	30,4	Hormigón	Regular	Sin Uso	Regular
T_2	49,7	80,1	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.11. Canal Mollar

El Canal Mollar, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 2.329,3 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6592076 E; 348828 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.11-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

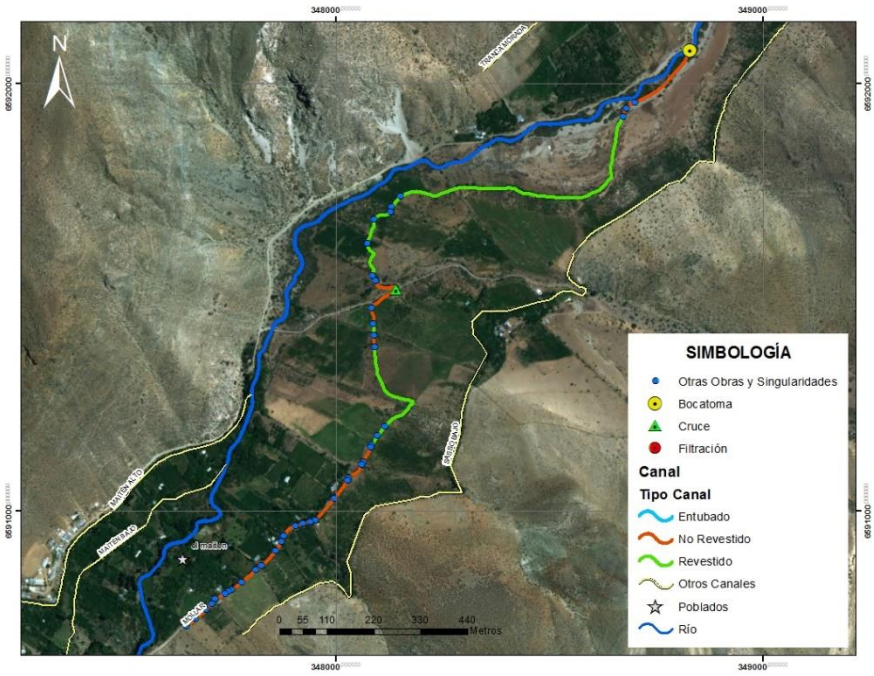


FIGURA 6.1.2.11-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MOLLAR
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno. En la Fotografía 6.1.2.11-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Mollar.

De la longitud total de canal en uso, el 44,8% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 82,5% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (55,2% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 76,9% de la distancia total referida.


a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.11-1
CANAL MOLLAR
Fuente: Equipo Consultor.

En la Fotografía 6.1.2.11-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal Revestido Estado Regular


c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.2.11-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL MOLLAR
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 36 entregas prediales, de las cuales 18 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.2.11-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.11-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

En el Cuadro 6.1.2.11-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.11-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MOLLAR

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	861,2	82,5	183,1	17,5	**1.044,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	297,1	23,1	0,0	0,0	987,9	76,9	**1.285,0**	**100,0**
	Total en Uso	**297,1**	**12,8**	**861,2**	**37,0**	**1.171,0**	**50,3**	**2.329,3**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**297,1**	**12,8**	**861,2**	**37,0**	**1.171,0**	**50,3**	**2.329,3**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.11-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL MOLLAR (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	297,1	100,0	0,0	0,0	987,9	100,0	1.285,0	100,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**297,1**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**987,9**	**100,0**	**1.285,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.11-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MOLLAR

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	182,9	182,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	45,4	228,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	922,3	1.150,6	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_4	137,7	1.288,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_5	38,9	1.327,2	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_6	26,8	1.354,0	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular

CUADRO 6.1.2.11-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MOLLAR

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_7	27,0	1.381,0	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_8	270,3	1.651,3	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_9	59,1	1.710,4	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_10	39,4	1.749,8	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_11	6,5	1.756,3	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_12	573,0	2.329,3	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.12. Canal Yerba Loca Alto

El Canal Yerba Loca Alto, de uso individual, tiene una longitud total catastrada de 1.443,2 m. Capta el agua desde el Río San Miguel en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588192 E; 349164 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.12-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

De la longitud total de canal en uso, el 97,4% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 64,0% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (2,6% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Malo, situación que se evidencia en un 73,4% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.2.12-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

Se registraron 14 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado. En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 6 Sitios con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.2.12-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.12-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

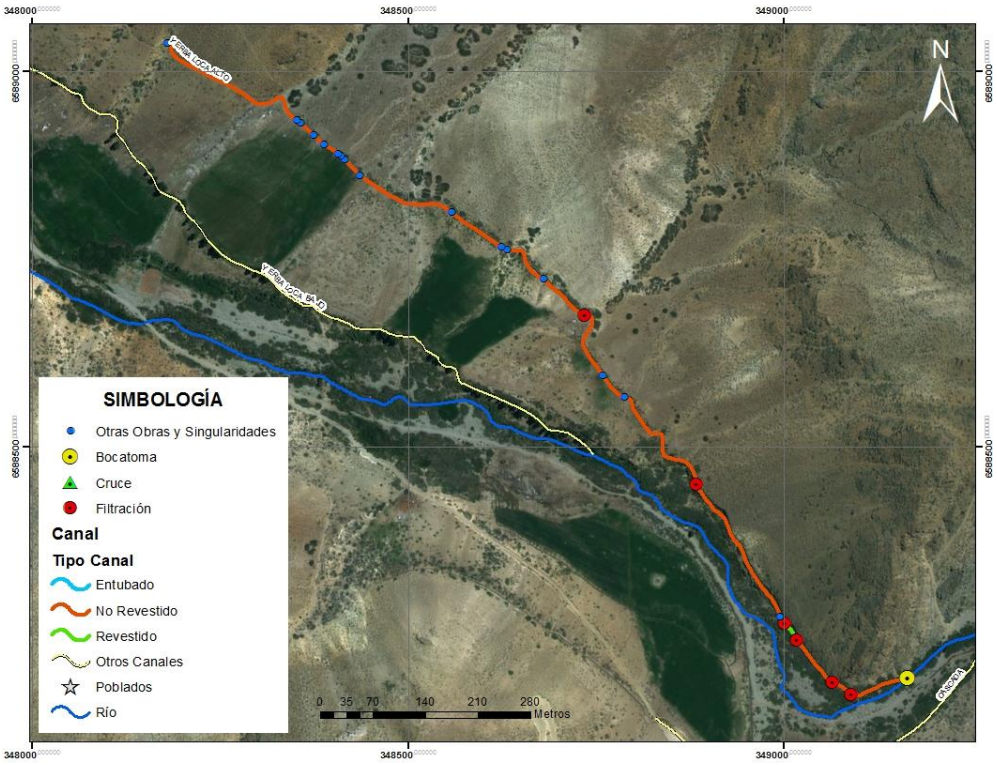


FIGURA 6.1.2.12-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL YERBA LOCA ALTO
Fuente: Elaboración propia.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.2.12-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL YERBA LOCA ALTO
Fuente: Equipo Consultor.

En el Cuadro 6.1.2.12-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.12-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL YERBA LOCA ALTO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	899,5	64,0	506,1	36,0	**1.405,6**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	27,6	73,4	10,0	26,6	**37,6**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**927,1**	**64,2**	**516,1**	**35,8**	**1.443,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**927,1**	**64,2**	**516,1**	**35,8**	**1.443,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.12-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL YERBA LOCA ALTO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	27,6	100,0	10,0	100,0	37,6	100,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**27,6**	**100,0**	**10,0**	**100,0**	**37,6**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.12-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL YERBA LOCA ALTO

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	184,0	184,0	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	27,6	211,5	Geomembrana	Malo	En Uso	Regular
T_3	10,0	221,6	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_4	211,5	433,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_5	212,0	645,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_6	171,4	816,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_7	294,1	1.110,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_8	332,6	1.443,2	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.13. Canal Yerba Loca Bajo

El Canal Yerba Loca Bajo, de uso individual, tiene una longitud total catastrada de 3.210,3 m. Capta el agua desde el Río San Miguel en su ribera Derecha. Se constató en uso un 91,4% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588490 E; 348746 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.13-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

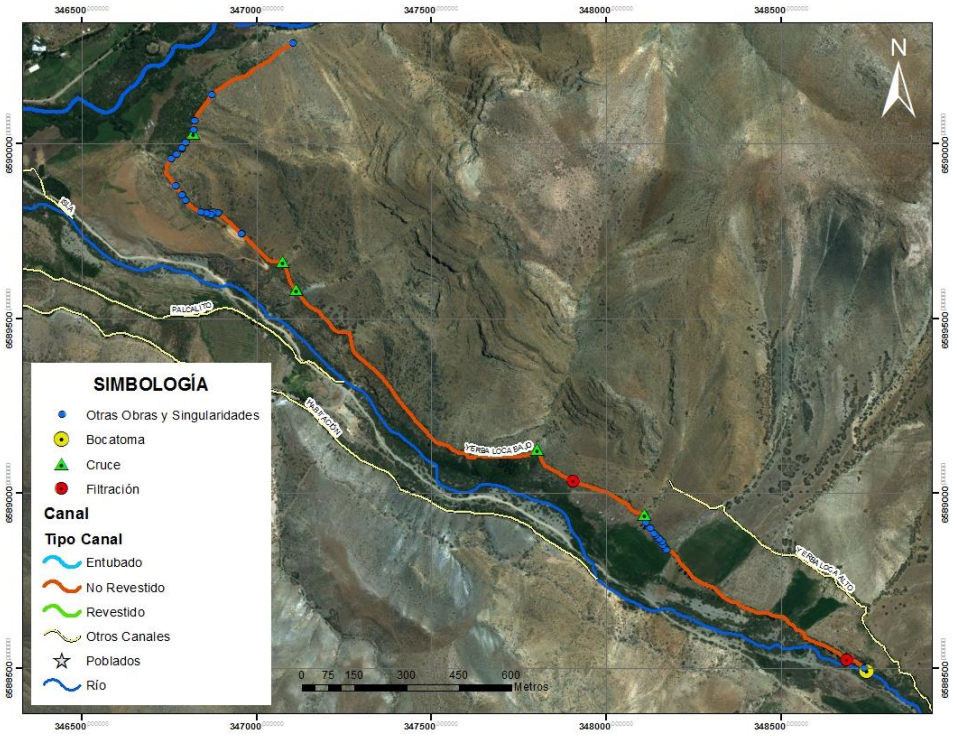


FIGURA 6.1.2.13-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL YERBA LOCA BAJO
Fuente: Elaboración propia.

Posee una compuerta de regulación inicial, con un sistema de apertura Mecánico. Su construcción es de Hormigón y Fierro, manteniendo un estado de conservación Bueno; no se registra presencia de aforador.

En la Fotografía 6.1.2.13-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Yerba Loca Bajo.

Se registraron 17 entregas prediales, de las cuales 16 se encuentran en Mal Estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 2 Sitios con filtraciones a lo largo del canal y, 1 Sitio con derrumbes.

En el Cuadro 6.1.2.13-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Huella Canal

FOTOGRAFÍA 6.1.2.13-1
CANAL YERBA LOCA BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

CUADRO 6.1.2.13-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL YERBA LOCA BAJO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	2.877,6	98,1	56,0	1,9	**2.933,6**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**2.877,6**	**98,1**	**56,0**	**1,9**	**2.933,6**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	276,8	100,0	0,0	0,0	**276,8**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**276,8**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**276,8**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**3.154,4**	**98,3**	**56,0**	**1,7**	**3.210,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.13-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.13-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL YERBA LOCA BAJO

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	12,1	12,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	56,0	68,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	2.402,4	2.470,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_4	9,6	2.480,1	Roca	Malo	En Uso	Irregular
T_5	12,2	2.492,3	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_6	15,8	2.508,1	Roca	Malo	En Uso	Irregular
T_7	425,4	2.933,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_8	276,8	3.210,3	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.14. Canal Isla

El Canal Isla, de uso individual, tiene una longitud total catastrada de 415,5 m. Capta el agua desde el Río San Miguel en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6589786 E; 346473 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo. En la Figura 6.1.2.14-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno. En la Fotografía 6.1.2.14-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Isla.

De la longitud total de canal en uso, el 97,3% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 93,1% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (2,7% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 63,6% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.2.14-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal en mal estado. Se registraron 5 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

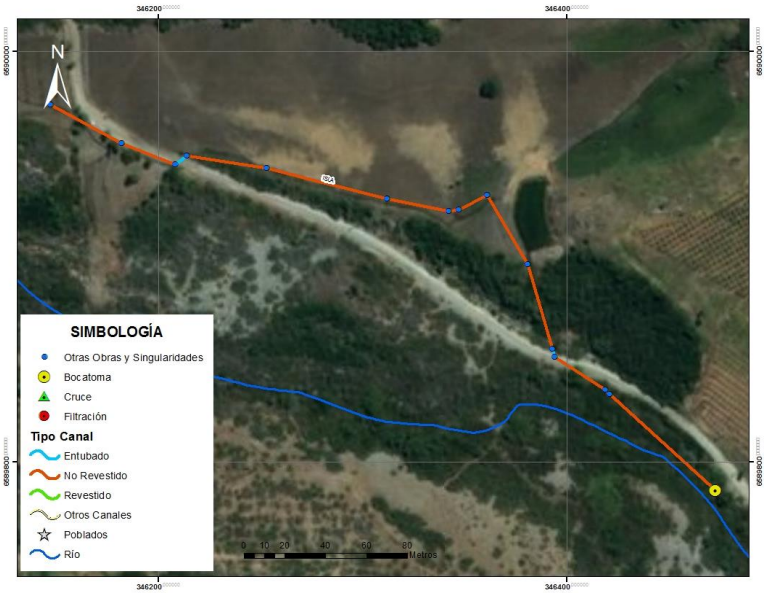


FIGURA 6.1.2.14-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL ISLA
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.14-1
CANAL ISLA
Fuente: Equipo Consultor.







FOTOGRAFÍA 6.1.2.14-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL ISLA
Fuente: Equipo Consultor.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.2.14-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.14-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.2.14-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL ISLA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	376,3	93,1	27,9	6,9	**404,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	4,1	36,3	0,0	0,0	7,2	63,7	**11,3**	**100,0**
	Total en Uso	**4,1**	**1,0**	**376,3**	**90,6**	**35,1**	**8,4**	**415,5**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**4,1**	**1,0**	**376,3**	**90,6**	**35,1**	**8,4**	**415,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.14-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL ISLA (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	4,1	100,0	0,0	0,0	7,2	100,0	11,3	100,0
TOTAL	**4,1**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**7,2**	**100,0**	**11,3**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.14-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.14-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL ISLA

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	102,6	102,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	4,1	106,7	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_3	233,8	340,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_4	7,2	347,8	Acero	Regular	En Uso	Regular
T_5	27,9	375,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_6	39,8	415,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.15. Canal Cascada

El Canal Cascada, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 756,7 m. Capta el agua desde el Río San Miguel en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588250 E; 349365 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.15-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Posee una compuerta de regulación inicial, con un sistema de apertura Mecánico. Su construcción es de Hormigón y Fierro, manteniendo un estado de conservación Bueno; no se registra presencia de aforador.

En la Fotografía 6.1.2.15-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Cascada.

En la Fotografía 6.1.2.15-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

Se registraron 5 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

Entre las demás obras catastradas y que requieren algún tipo de mejoras, por mantener un estado de conservación Malo, se destaca: Bocatoma (1), Atravieso (1).

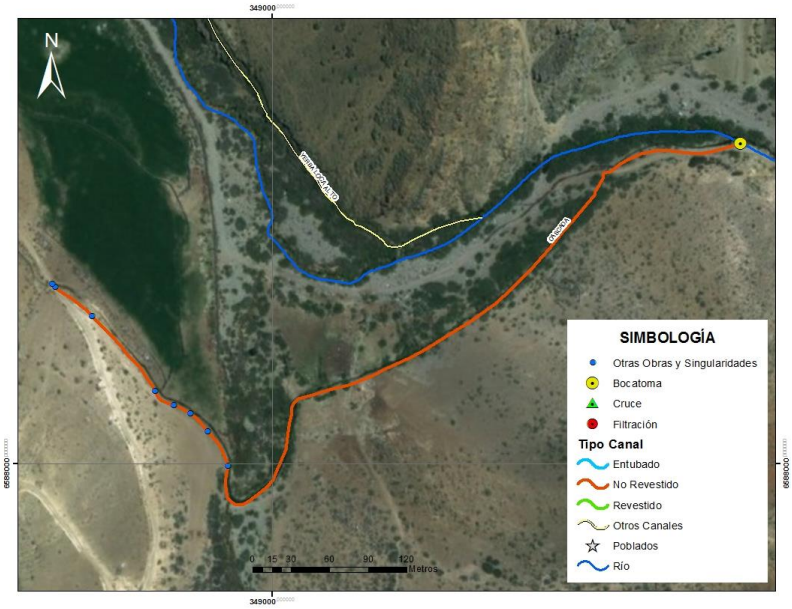


FIGURA 6.1.2.15-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL CASCADA
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial

FOTOGRAFÍA 6.1.2.15-1
CANAL CASCADA
Fuente: Equipo Consultor.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal de Tierra Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.2.15-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL CASCADA
Fuente: Equipo Consultor.

En el Cuadro 6.1.2.15-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

CUADRO 6.1.2.15-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL CASCADA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	705,5	93,2	51,2	6,8	**756,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**705,5**	**93,2**	**51,2**	**6,8**	**756,7**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**705,5**	**93,2**	**51,2**	**6,8**	**756,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.15-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.15-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL CASCADA

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	554,9	554,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	51,2	606,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	147,4	753,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_4	3,3	756,7	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.16. Canal Habitación

El Canal Habitación, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 3.668,2 m. Capta el agua desde el Río San Miguel en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 71,6% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588754 E; 347973 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.16-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

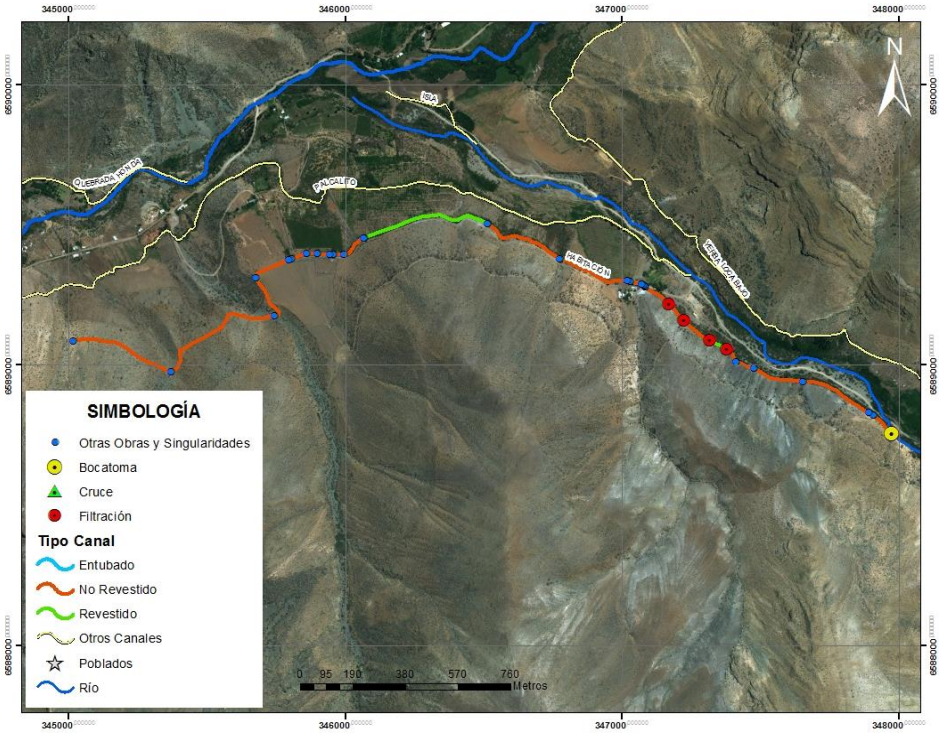


FIGURA 6.1.2.16-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL HABITACIÓN
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.2.16-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Habitación.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial

FOTOGRAFÍA 6.1.2.16-1
CANAL HABITACIÓN
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 79,0% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 63,6% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (21,0% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 98,6% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.2.16-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal de Tierra Estado Regular



c: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.2.16-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL HABITACIÓN
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 10 entregas prediales, de las cuales 8 se encuentran en mal estado. Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado. En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 4 Sitios con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.2.16-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.16-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.2.16-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL HABITACIÓN

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	1.320,7	63,6	756,7	36,4	**2.077,4**	**100,0**
	Con Impermeabilización	7,8	1,4	0,0	0,0	543,0	98,6	**550,8**	**100,0**
	Total en Uso	**7,8**	**0,3**	**1.320,7**	**50,3**	**1.299,7**	**49,5**	**2.628,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	1.040,0	100,0	0,0	0,0	**1.040,0**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**1.040,0**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.040,0**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**7,8**	**0,2**	**2.360,7**	**64,4**	**1.299,7**	**35,4**	**3.668,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.16-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL HABITACIÓN (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	543,0	100,0	543,0	98,6
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	7,8	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	1,4
TOTAL	**7,8**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**543,0**	**100,0**	**550,8**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.16-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.16-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL HABITACIÓN

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	569,5	569,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	126,5	696,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	68,3	764,2	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_4	307,1	1.071,4	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_5	60,0	1.131,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_6	7,8	1.139,2	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_7	570,1	1.709,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_8	474,8	2.184,1	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_9	444,2	2.628,3	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_10	1.040,0	3.668,2	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.2.17. Canal Palcalito

El Canal Palcalito, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 3.210,9 m. Capta el agua desde el Río San Miguel en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 79,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6589318 E; 347251 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.2.17-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.2.17-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Palcalito.

De la longitud total de canal en uso, el 98,2% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 55,0% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (1,8% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 78,5% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.2.17-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

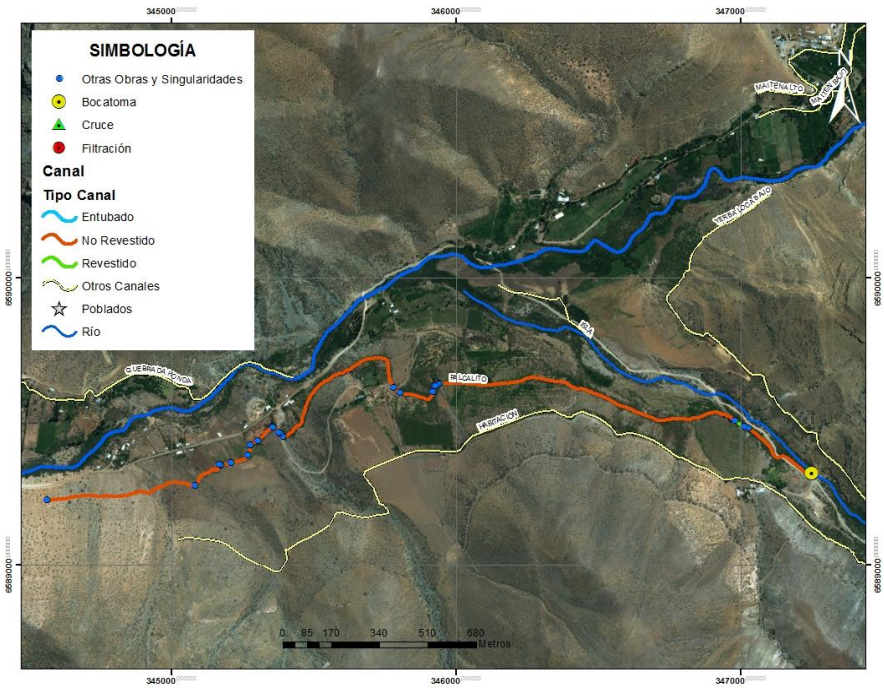


FIGURA 6.1.2.17-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL PALCALITO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.2.17-1
CANAL PALCALITO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 10 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

Entre las demás obras catastradas y que requieren algún tipo de mejoras, por mantener un estado de conservación Malo, se destaca: Bocatoma (1), Atravieso (1).

En el Cuadro 6.1.2.17-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.2.17-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.



a: Canal de Tierra Mal Estado



c: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.2.17-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL PALCALITO

Fuente: Equipo Consultor.

CUADRO 6.1.2.17-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL PALCALITO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	1.368,4	55,0	1.120,1	45,0	**2.488,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	6,4	13,7	3,7	7,9	36,6	78,4	**46,7**	**100,0**
	Total en Uso	**6,4**	**0,3**	**1.372,1**	**54,1**	**1.156,7**	**45,6**	**2.535,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	675,7	100,0	0,0	0,0	**675,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**675,7**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**675,7**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**6,4**	**0,2**	**2.047,8**	**63,8**	**1.156,7**	**36,0**	**3.210,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.2.17-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL PALCALITO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	36,6	100,0	**36,6**	**78,5**
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
Entubado	6,4	100,0	3,7	100,0	0,0	0,0	**10,1**	**21,5**
TOTAL	**6,4**	**100,0**	**3,7**	**100,0**	**36,6**	**100,0**	**46,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.2.17-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.2.17-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL PALCALITO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	307,6	307,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	36,6	344,2	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_3	1.087,5	1.431,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_4	6,4	1.438,1	Acero	Bueno	En Uso	Regular
T_5	812,3	2.250,4	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_6	3,7	2.254,1	Acero	Malo	En Uso	Irregular
T_7	32,6	2.286,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_8	248,5	2.535,2	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_9	675,7	3.210,9	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3. Segunda Sección

6.1.3.1. Aspectos Generales

En la segunda sección, de los 10 canales existentes, sólo el canal Derrumbe se encuentra totalmente en desuso. La red de canales de esta sección suma una longitud de 35,7 km de los cuales 30,4 km se encuentran en uso. En general estos canales se encuentran sin revestimiento, reflejado en un 67,1% de los tramos en uso (20,4 Km), los cuales mayoritariamente se encuentran en un estado Regular 52,7% (10,7 Km). Por su parte, los tramos con algún sistema de impermeabilización que están en uso, corresponden al 28% del total de tramos catastrados en la sección (10 Km), haciendo uso principalmente de Tubos de HDPE y Geomembrana; aunque también se presenta un menor uso de Fierro – acero, tubos de PVC, hormigón, mampostería y tambores de lata.

En adelante se describe cada uno de los canales catastrados en la segunda sección.

6.1.3.2. Canal Arenal

El Canal Arenal, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 10.874,6 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 65,6% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6589268 E; 343793 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.3.2-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

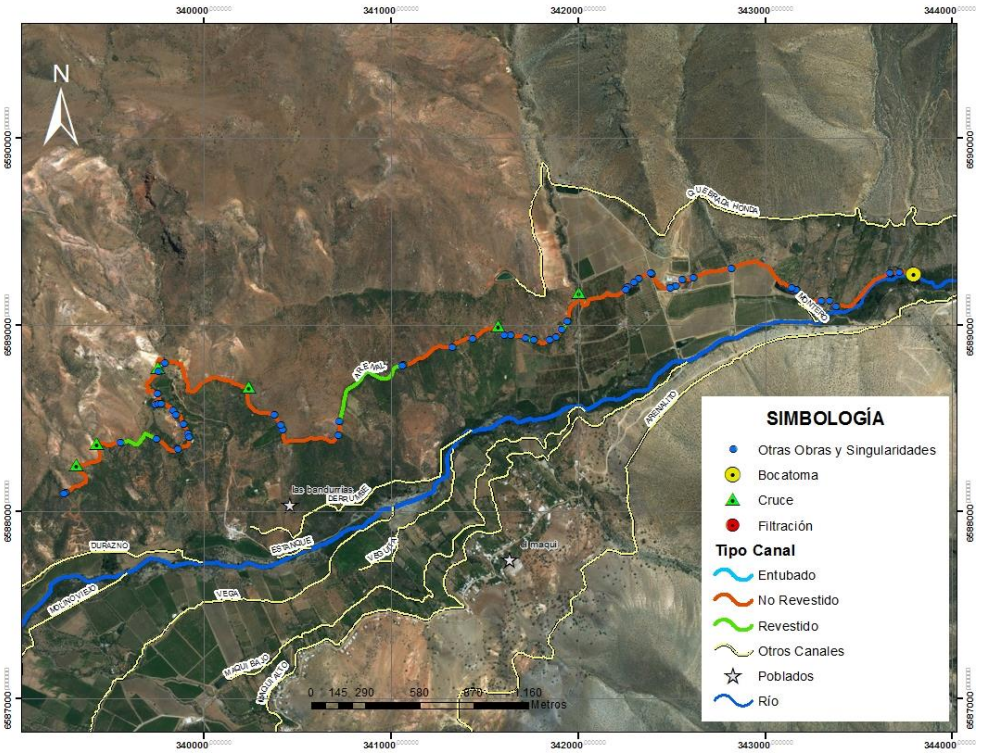


FIGURA 6.1.3.2-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL ARENAL
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.3.2-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Arenal.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.2-1
CANAL ARENAL
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 86,6% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 41,9% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de

impermeabilización (13,4% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 57,9% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.3.2-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.3.2-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL ARENAL
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 31 entregas prediales, de las cuales 19 se encuentran en mal estado.

Entre las demás obras catastradas y que requieren algún tipo de mejoras, por mantener un estado de conservación Malo, se destaca: Bocatoma (1), Atravieso (1).

En el Cuadro 6.1.3.2-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.3.2-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.3.2-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL ARENAL

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	2.586,4	41,9	3.592,7	58,1	**6.179,1**	**100,0**
	Con Impermeabilización	556,3	57,9	0,0	0,0	403,8	42,1	**960,1**	**100,0**
	Total en Uso	**556,3**	**7,8**	**2.586,4**	**36,2**	**3.996,5**	**56,0**	**7.139,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	3.735,5	100,0	0,0	0,0	**3.735,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**3.735,5**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**3.735,5**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**556,3**	**5,1**	**6.321,9**	**58,1**	**3.996,5**	**36,8**	**10.874,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.2-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL ARENAL (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	556,3	100,0	0,0	0,0	398,2	98,6	954,5	99,4
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	1,4	5,7	0,6
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**556,3**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**403,8**	**100,0**	**960,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.3.2-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.2-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL ARENAL

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	82,1	82,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	660,3	742,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	27,3	769,6	Hormigón	Regular	En Uso	Regular
T_4	707,6	1.477,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_5	34,4	1.511,6	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
T_6	141,5	1.653,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_7	5,7	1.658,7	Acero	Regular	En Uso	Irregular
T_8	680,9	2.339,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_9	52,6	2.392,3	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_10	182,0	2.574,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_11	46,6	2.620,9	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_12	765,7	3.386,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_13	556,3	3.942,8	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_14	454,8	4.397,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_15	1.894,9	6.292,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_16	237,3	6.529,8	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_17	609,3	7.139,2	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_18	3.735,5	10.874,6	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.3. Canal Montero

El Canal Montero, de uso individual, tiene una longitud total catastrada de 154,8 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6589015 E; 343284 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Mampostería, manteniendo un estado de conservación Bueno.

En la Figura 6.1.3.3-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.



FIGURA 6.1.3.3-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MONTERO
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Manual, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.3.3-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Montero.

En la Fotografía 6.1.3.3-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal en estado regular.

Se registraron 2 entregas prediales, de las cuales 1 se encuentran en mal estado.

Entre las demás obras catastradas y que requieren algún tipo de mejoras, por mantener un estado de conservación Malo, se destaca:



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.3-1
CANAL MONTERO
Fuente: Equipo Consultor.





FOTOGRAFÍA 6.1.3.3-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL MONTERO
Fuente: Equipo Consultor.

En el Cuadro 6.1.3.3-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

CUADRO 6.1.3.3-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MONTERO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	154,8	100,0	**154,8**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**154,8**	**100,0**	**154,8**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**154,8**	**100,0**	**154,8**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.3.3-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.3-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MONTERO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	154,8	154,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.4. Canal Derrumbe

El Canal Derrumbe, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 1.576,2 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Al momento del diagnóstico el canal se presentaba sin Uso en su totalidad.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588435 E; 341431 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Hormigón, manteniendo un estado de conservación Regular.

En la Figura 6.1.3.4-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

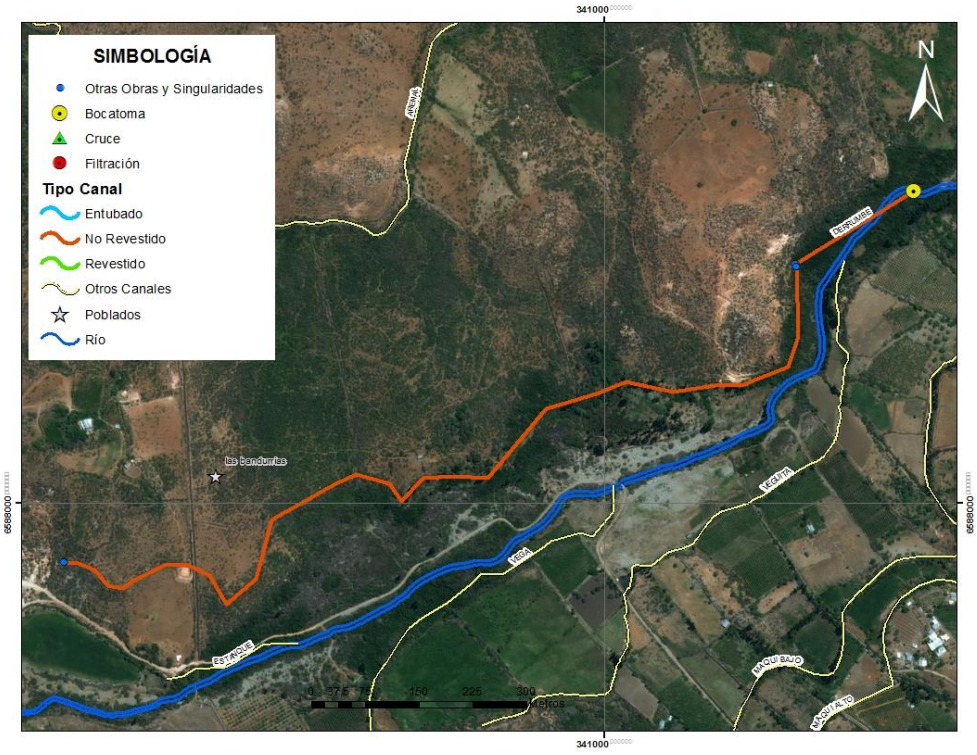


FIGURA 6.1.3.4-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL DERRUMBE
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.3.4-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Derrumbe.


a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.4-1
CANAL DERRUMBE
Fuente: Equipo Consultor.

En la Fotografía 6.1.3.4-2 posible visualizar la representación de algunos tramos de canal en mal estado.





FOTOGRAFÍA 6.1.3.4-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL DERRUMBE
Fuente: Equipo Consultor.

En el Cuadro 6.1.3.4-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

En el Cuadro 6.1.3.4-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.4-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL DERRUMBE

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	1.576,2	100,0	0,0	0,0	**1.576,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.4-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL DERRUMBE

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	1.576,2	1.576,2	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.5. Canal Estanque

El Canal Estanque, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 195,7 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6587804 E; 340574 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.3.5-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.3.5-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Estanque.

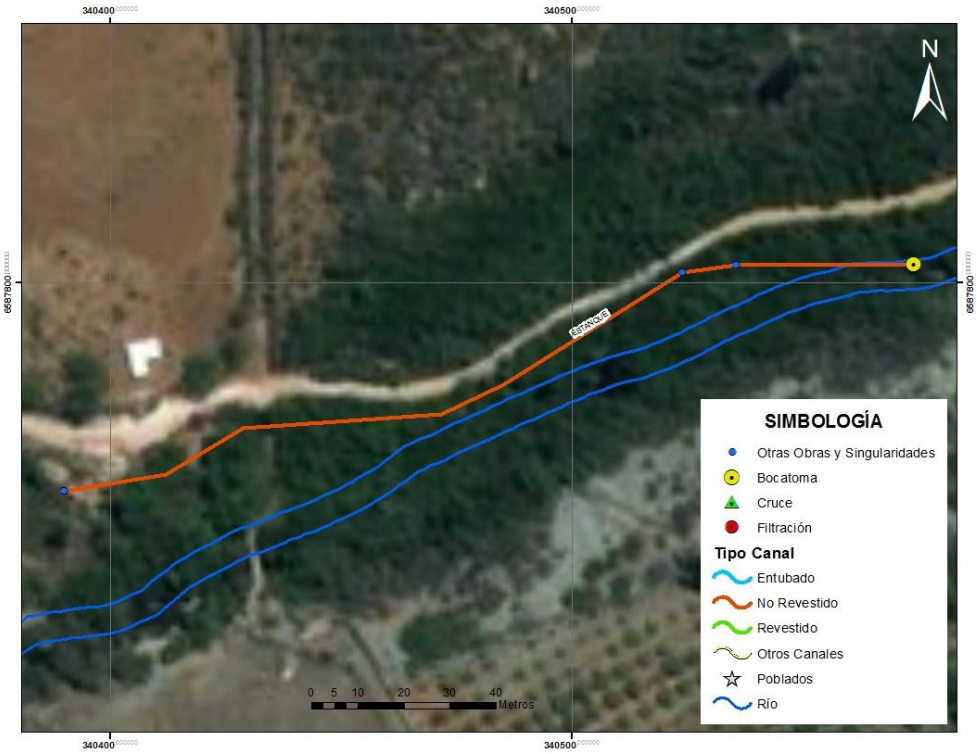


FIGURA 6.1.3.5-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL ESTANQUE
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial



c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.5-1
CANAL ESTANQUE
Fuente: Equipo Consultor.

En la Fotografía 6.1.3.5-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

En el Cuadro 6.1.3.5-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

En el Cuadro 6.1.3.5-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal de Tierra Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.3.5-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL ESTANQUE
Fuente: Equipo Consultor.

CUADRO 6.1.3.5-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL ESTANQUE

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	50,3	25,7	145,4	74,3	**195,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**50,3**	**25,7**	**145,4**	**74,3**	195,7	100,0
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	0,0	0,0
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**50,3**	**25,7**	**145,4**	**74,3**	195,7	100,0

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.5-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL ESTANQUE

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	50,3	50,3	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	145,4	195,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.6. Canal Durazno

El Canal Durazno, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 3.249,6 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6587730 E; 339993 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.3.6-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

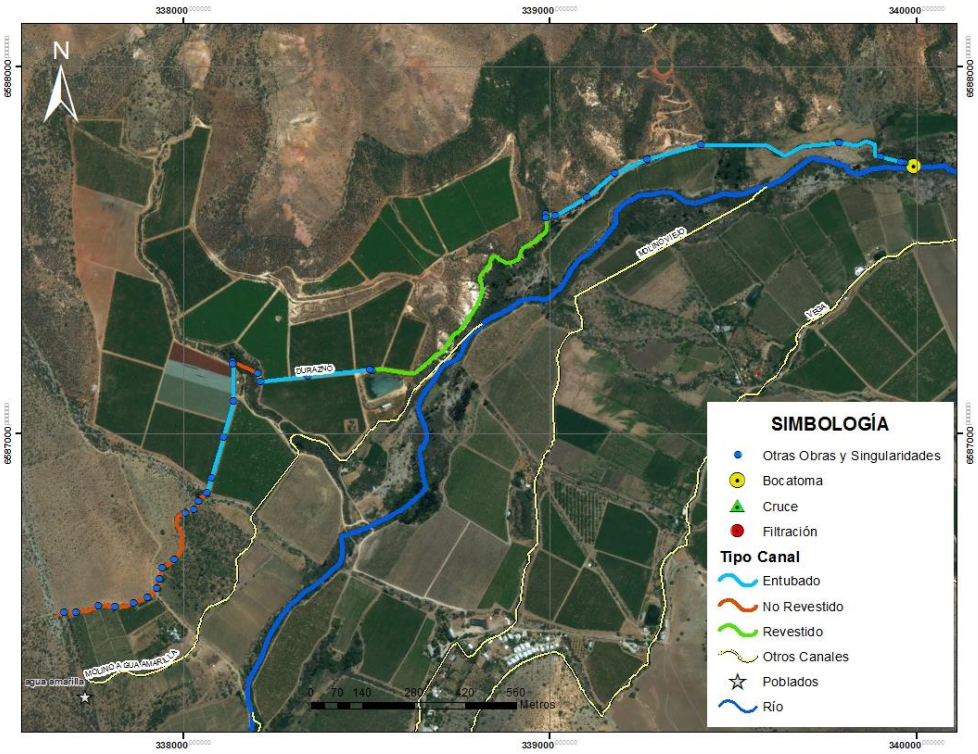


FIGURA 6.1.3.6-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL DURAZNO
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.3.6-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Durazno.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.6-1
CANAL DURAZNO
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 21,9% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 65,3% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (78,1% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 67,1% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.3.6-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.3.6-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL DURAZNO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 15 entregas prediales, de las cuales 1 se encuentran en mal estado. Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.3.6-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.3.6-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.3.6-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL DURAZNO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	465,0	65,3	246,7	34,7	**711,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.702,9	67,1	23,4	0,9	811,5	32,0	**2.537,8**	**100,0**
	Total en Uso	**1.702,9**	**52,4**	**488,4**	**15,0**	**1.058,2**	**32,6**	**3.249,5**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.702,9**	**52,4**	**488,4**	**15,0**	**1.058,2**	**32,6**	**3.249,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.6-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL DURAZNO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	746,9	43,9	23,4	100,0	57,9	7,1	**828,2**	**32,6**
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
Entubado	956,0	56,1	0,0	0,0	753,6	92,9	**1.709,6**	**67,4**
TOTAL	**1.702,9**	**100,0**	**23,4**	**100,0**	**811,5**	**100,0**	**2.537,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.3.6-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.6-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL DURAZNO

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	25,5	25,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	11,8	37,4	Hormigón	Regular	En Uso	Irregular
T_3	209,6	247,0	PVC	Bueno	En Uso	Regular
T_4	391,0	637,9	PVC	Regular	En Uso	Regular
T_5	448,3	1.086,3	PVC	Bueno	En Uso	Regular
T_6	33,4	1.119,6	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_7	746,9	1.866,5	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_8	6,7	1.873,2	Hormigón	Regular	En Uso	Irregular
T_9	298,1	2.171,3	PVC	Bueno	En Uso	Regular
T_10	23,4	2.194,7	Geomembrana	Malo	En Uso	Irregular
T_11	75,4	2.270,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_12	6,0	2.276,1	Hormigón	Regular	En Uso	Irregular
T_13	362,6	2.638,8	PVC	Regular	En Uso	Regular
T_14	32,9	2.671,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_15	341,0	3.012,7	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_16	138,4	3.151,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_17	98,5	3.249,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.7. Canal Arenalito

El Canal Arenalito, de uso individual, tiene una longitud total catastrada de 4.948,5 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada. Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6589317 E; 344362 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.3.7-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

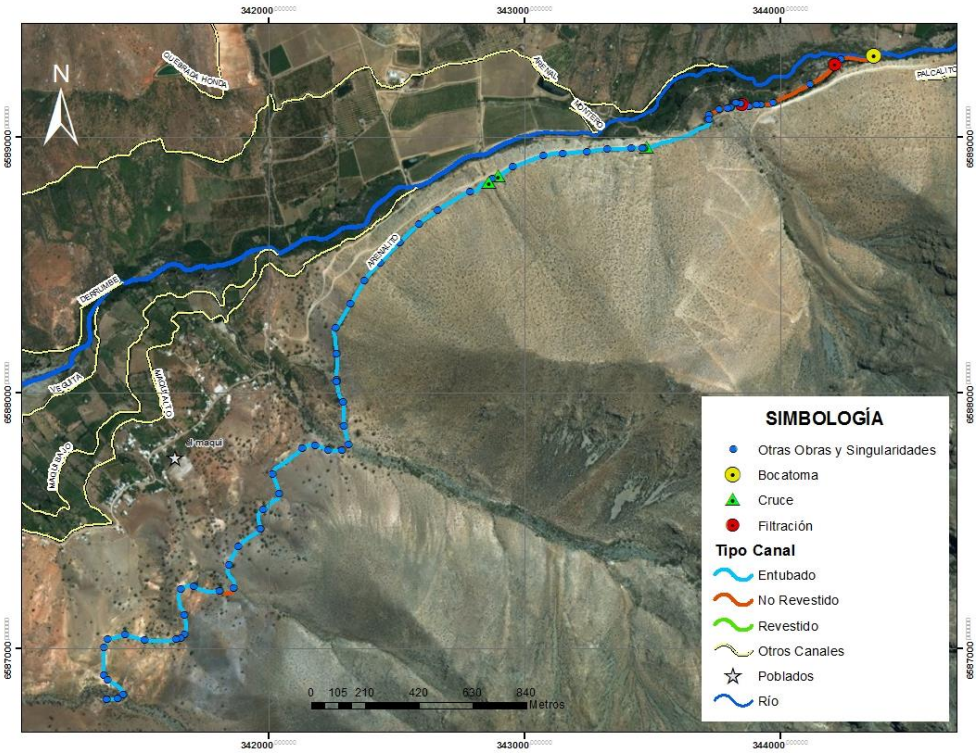


FIGURA 6.1.3.7-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL ARENALITO
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Regular; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno. En la Fotografía 6.1.3.7-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Arenalito.

De la longitud total de canal en uso, el 18,3% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 25,8% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (81,7% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 99,5% de la distancia total referida. En la Fotografía 6.1.3.7-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

Se registraron 11 entregas prediales, de las cuales 10 se encuentran en mal estado. Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado. En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 2 Sitios con filtraciones a lo largo del canal.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.7-1
CANAL ARENALITO
Fuente: Equipo Consultor.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal Revestido Estado Regular


c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.3.7-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL ARENALITO
Fuente: Equipo Consultor.

En el Cuadro 6.1.3.7-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.3.7-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso. En el Cuadro 6.1.3.7-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.7-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL ARENALITO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	234,2	25,8	672,7	74,2	**906,9**	**100,0**
	Con Impermeabilización	4.021,6	99,5	0,0	0,0	20,0	0,5	**4.041,6**	**100,0**
	Total en Uso	**4.021,6**	**81,3**	**234,2**	**4,7**	**692,7**	**14,0**	**4.948,5**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**4.021,6**	**81,3**	**234,2**	**4,7**	**692,7**	**14,0**	**4.948,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.7-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL ARENALITO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	2,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,1
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	4.019,0	99,9	0,0	0,0	20,0	100,0	4.039,1	99,9
TOTAL	**4.021,6**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**20,0**	**100,0**	**4.041,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.7-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL ARENALITO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	137,5	137,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	316,4	454,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	96,6	550,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_4	83,2	633,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_5	10,4	644,2	Tambores	Regular	En Uso	Regular
T_6	98,4	742,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_7	278,5	1.021,1	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_8	9,6	1.030,7	Acero	Regular	En Uso	Regular
T_9	9,0	1.039,8	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_10	43,7	1.083,4	PVC	Bueno	En Uso	Regular
T_11	1.641,1	2.724,6	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_12	10,1	2.734,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_13	251,6	2.986,3	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_14	32,0	3.018,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_15	876,9	3.895,1	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_16	66,2	3.961,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_17	342,2	4.303,5	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_18	39,6	4.343,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_19	530,7	4.873,9	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_20	26,7	4.900,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_21	45,4	4.945,9	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_22	2,6	4.948,5	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.8. Canal Maqui Alto

El Canal Maqui Alto, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 5.095,0 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588802 E; 342580 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.3.8-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

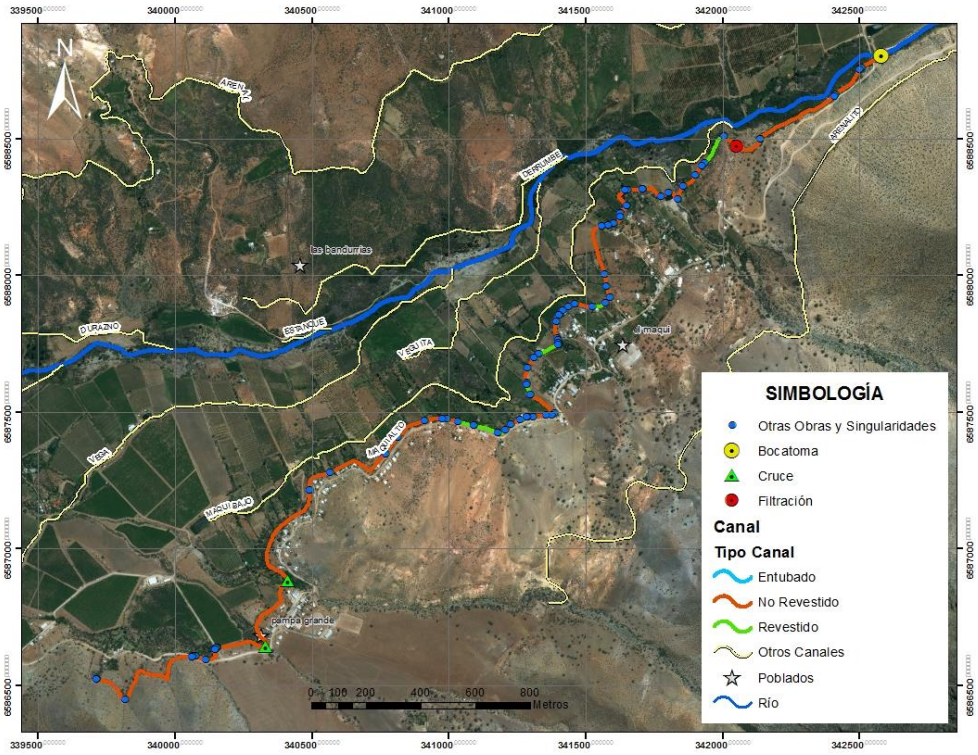


FIGURA 6.1.3.8-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MAQUI ALTO
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno. En la Fotografía 6.1.3.8-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Maqui alto.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.8-1
CANAL MAQUI ALTO
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 89,4% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 7,9% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (10,6% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 75,2% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.3.8-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.3.8-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL MAQUI ALTO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 47 entregas prediales, de las cuales 29 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 1 Sitio con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.3.8-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.3.8-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.3.8-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MAQUI ALTO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	40,6	0,9	358,5	7,9	4.156,9	91,2	**4.556,0**	**100,0**
	Con Impermeabilización	405,7	75,3	6,4	1,2	127,0	23,6	**539,1**	**100,0**
	Total en Uso	**446,3**	**8,8**	**364,9**	**7,2**	**4.283,9**	**84,1**	**5.095,1**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**446,3**	**8,8**	**364,9**	**7,2**	**4.283,9**	**84,1**	**5.095,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.8-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL MAQUI ALTO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	405,7	100,0	0,0	0,0	121,6	95,7	527,3	97,8
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	6,4	100,0	5,5	4,3	11,9	2,2
TOTAL	**405,7**	**100,0**	**6,4**	**100,0**	**127,0**	**100,0**	**539,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.3.8-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.8-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MAQUI ALTO

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	88,5	88,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	141,3	229,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	5,5	235,2	Hormigón	Regular	En Uso	Irregular
T_4	487,3	722,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_5	124,6	847,1	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_6	17,0	864,1	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_7	40,6	904,7	Tierra	Bueno	En Uso	Regular
T_8	867,1	1.771,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_9	49,6	1.821,5	Geomembrana	Regular	En Uso	Regular
T_10	227,4	2.049,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_11	7,0	2.055,9	Geomembrana	Regular	En Uso	Regular
T_12	16,8	2.072,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_13	78,0	2.150,6	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_14	128,6	2.279,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_15	40,7	2.319,9	Geomembrana	Regular	En Uso	Regular
T_16	221,4	2.541,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_17	24,3	2.565,5	Geomembrana	Regular	En Uso	Regular
T_18	67,2	2.632,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_19	186,0	2.818,8	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_20	1.619,2	4.438,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_21	132,0	4.569,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_22	6,4	4.576,3	Acero	Malo	En Uso	Irregular
T_23	380,6	4.957,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_24	138,1	5.095,0	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_25	0,0	5.095,0	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.9. Canal Maqui Bajo

El Canal Maqui Bajo, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 3.171,8 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588537 E; 342036 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.3.9-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.3.9-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Maqui bajo.

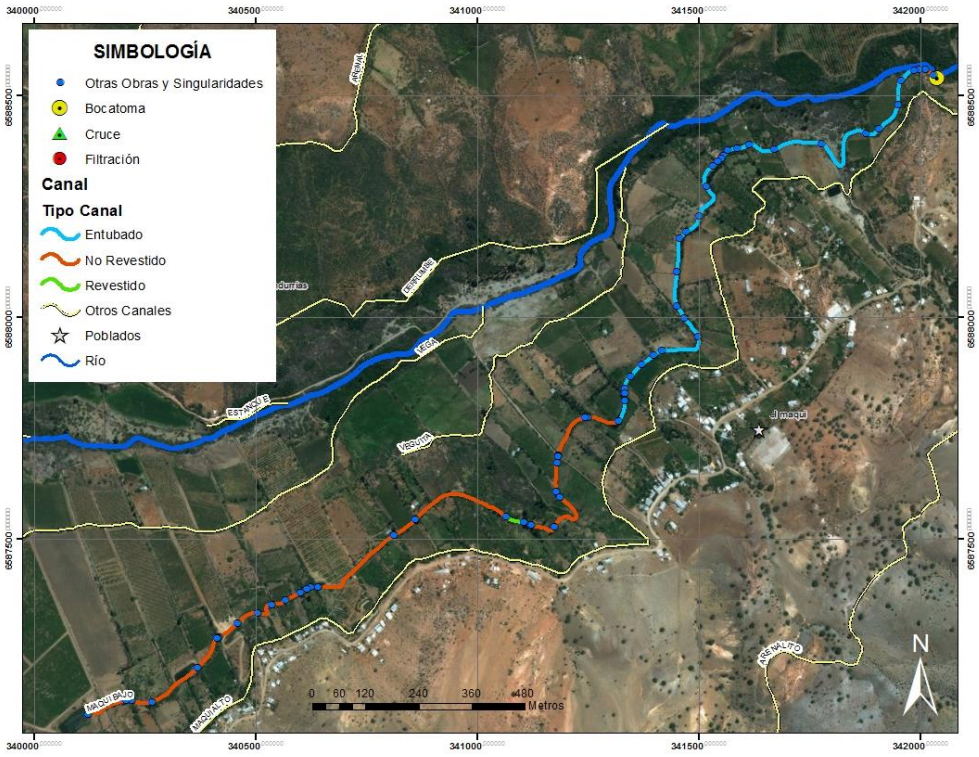


FIGURA 6.1.3.9-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MAQUI BAJO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.9-1
CANAL MAQUI BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 53,4% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 0,6% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (46,6% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 53,3% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.3.9-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal de Tierra Estado Regular


c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.3.9-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL MAQUI BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 44 entregas prediales, de las cuales 18 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.3.9-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.3.9-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.3.9-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MAQUI BAJO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	9,6	0,6	1.685,7	99,4	**1.695,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.471,6	99,7	0,0	0,0	5,0	0,3	**1.476,6**	**100,0**
	Total en Uso	**1.471,6**	**46,4**	**9,6**	**0,3**	**1.690,7**	**53,3**	**3.171,9**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.471,6**	**46,4**	**9,6**	**0,3**	**1.690,7**	**53,3**	**3.171,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.9-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL MAQUI BAJO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	52,1	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	52,1	3,5
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	1.419,5	96,5	0,0	0,0	5,0	100,0	1.424,5	96,5
TOTAL	**1.471,6**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**5,0**	**100,0**	**1.476,6**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.3.9-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.9-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MAQUI BAJO

Tramo	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	9,6	9,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	39,2	48,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	10,7	59,5	Hormigón	Bueno	En Uso	Irregular
T_4	1.419,5	1.479,0	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_5	190,0	1.669,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_6	2,4	1.671,4	Hormigón	Regular	En Uso	Irregular
T_7	299,8	1.971,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_8	41,4	2.012,6	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_9	791,1	2.803,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_10	2,6	2.806,2	Tambores	Regular	En Uso	Irregular
T_11	365,6	3.171,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.10. Canal Veguita

El Canal Veguita, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 984,9 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588337 E; 341333 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.3.10-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación.

En la Fotografía 6.1.3.10-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Veguita.

De la longitud total de canal en uso, el 99,6% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 100,0% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (0,4% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Malo, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

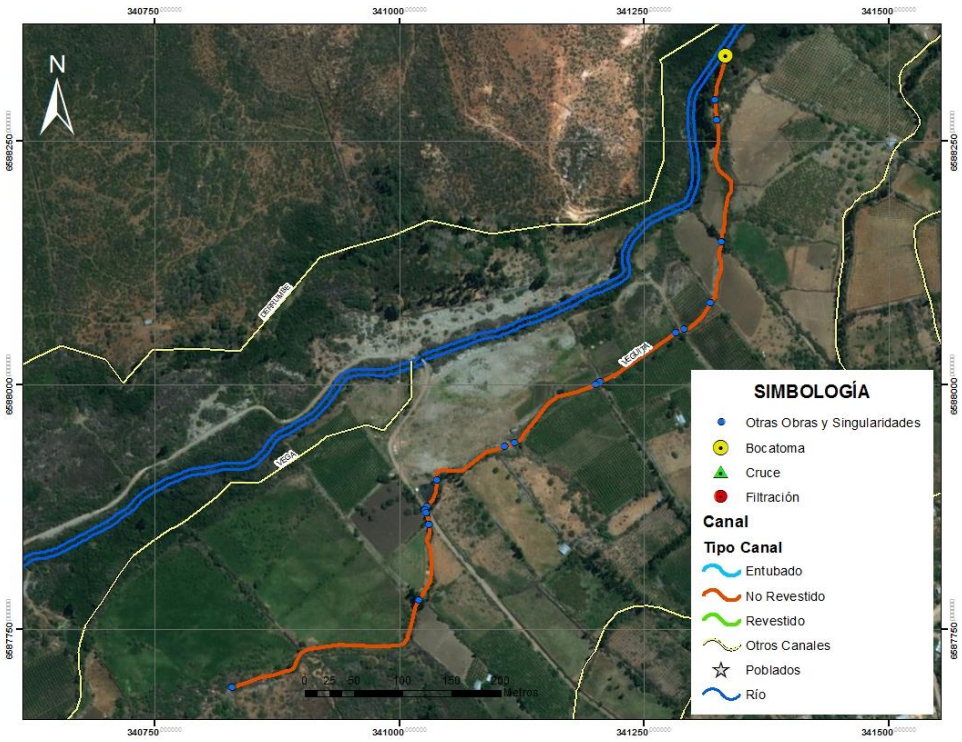


FIGURA 6.1.3.10-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL VEGUITA
Fuente: Elaboración propia.


a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.10-1
CANAL VEGUITA
Fuente: Equipo Consultor.

En la Fotografía 6.1.3.10-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal en mal estado.

Se registraron 10 entregas prediales, de las cuales 9 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.







FOTOGRAFÍA 6.1.3.10-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL VEGUITA
Fuente: Equipo Consultor.

En el Cuadro 6.1.3.10-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.3.10-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.3.10-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL VEGUITA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	981,2	100,0	0,0	0,0	**981,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	3,7	100,0	0,0	0,0	**3,7**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**984,9**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	984,9	100,0
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	0,0	0,0
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**984,9**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	984,9	100,0

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.10-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL VEGUITA (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	3,7	100,0	0,0	0,0	3,7	100,0
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**3,7**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**3,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.3.10-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.10-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL VEGUITA

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	646,0	646,0	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	3,7	649,6	Hormigón	Malo	En Uso	Irregular
T_3	335,2	984,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.3.11. Canal Vega

El Canal Vega, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 5.503,5 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6588024 E; 341012 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.3.11-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

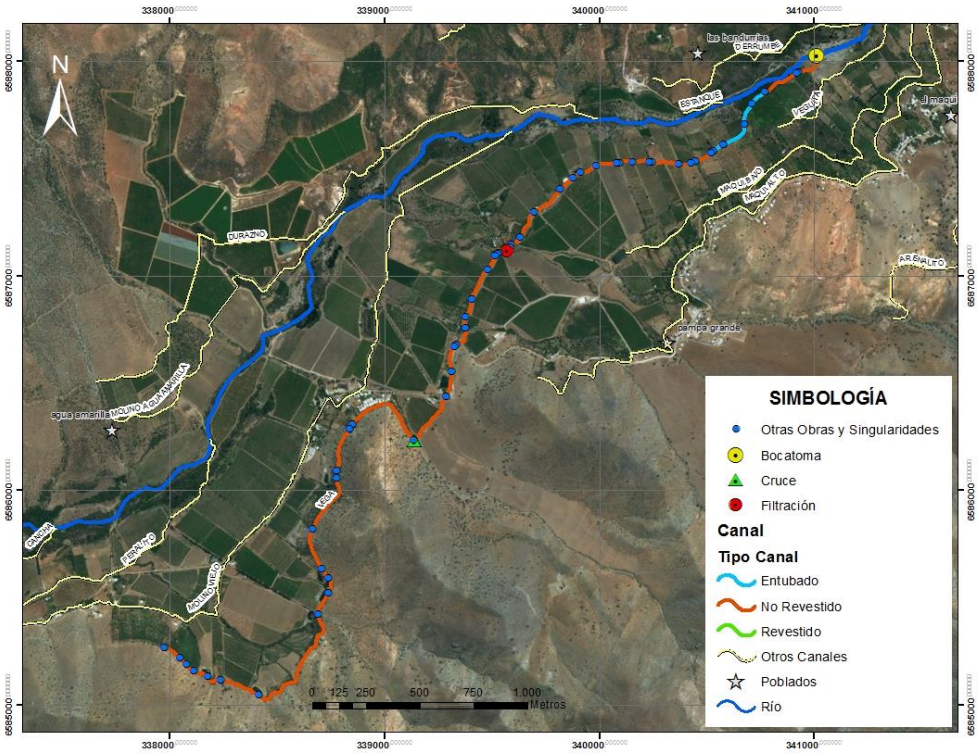


FIGURA 6.1.3.11-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL VEGA
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Manual, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno. En la Fotografía 6.1.3.11-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Vega.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.3.11-1
CANAL VEGA
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 91,9% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 97,8% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (8,1% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 91,3% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.3.11-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal en mal estado.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.3.11-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL VEGA
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 39 entregas prediales, de las cuales 23 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 1 Sitio con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.3.11-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.3.11-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.3.11-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL VEGA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	4.944,3	97,8	112,4	2,2	**5.056,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	408,0	91,3	0,0	0,0	38,8	8,7	**446,8**	**100,0**
	Total en Uso	**408,0**	**7,4**	**4.944,3**	**89,8**	**151,2**	**2,7**	**5.503,5**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**408,0**	**7,4**	**4.944,3**	**89,8**	**151,2**	**2,7**	**5.503,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.3.11-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL VEGA (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	38,8	100,0	38,8	8,7
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	408,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	408,0	91,3
TOTAL	**408,0**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**38,8**	**100,0**	**446,8**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.3.11-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.3.11-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL VEGA

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	325,8	325,8	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	408,0	733,9	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_3	459,9	1.193,8	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_4	100,2	1.294,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_5	564,4	1.858,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_6	12,2	1.870,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_7	1.750,9	3.621,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_8	38,8	3.660,4	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_9	1.843,2	5.503,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4. Tercera Sección

6.1.4.1. Aspectos Generales

En la tercera sección, de los 15 canales catastrados 3 se encuentran en desuso (Molino de Agua Amarilla, Núñez y Viñita), presentándose 40,2 km de canal actualmente operativos (92,2% de los tramos catastrados de la sección). Respecto al estado de la sección, se destaca una mejor condición respecto a las secciones anteriores, registrándose un 22,8% de tramos en mal estado, en relación al total de la sección, y sólo un 16,7 % del total de tramos en uso (6,6 Km). Respecto a los tramos en uso con algún tipo de impermeabilización, corresponden a 11,7 km, lo que representa un 26,9% del total catastrado en la sección y un 29,2% del total de tramos en uso, siendo los materiales más comunes: geomembrana, Tubos de PVC y hormigón; y en menor medida, Tubos de HDPE, mampostería, fierro y tambores de lata.

A continuación, se describe cada uno de los canales catastrados en la tercera sección.

6.1.4.2. Canal Molino Agua Amarilla

El Canal Molino Agua Amarilla, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 1.740,8 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Al momento del diagnóstico el canal se presentaba sin Uso en su totalidad.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6587299 E; 338816 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.2-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

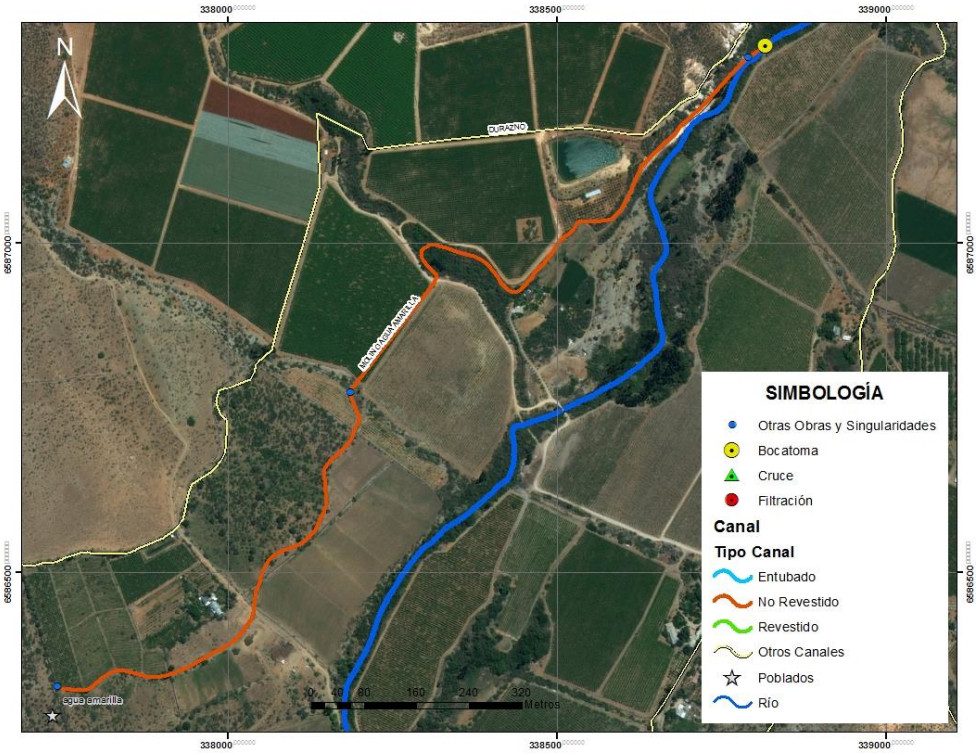


FIGURA 6.1.4.2-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MOLINO AGUA AMARILLA
Fuente: Elaboración propia.

Posee una compuerta de regulación inicial, con un sistema de apertura Mecánico. Su construcción es de Hormigón y Fierro, manteniendo un estado de conservación Bueno; no se registra presencia de aforador.

En la Fotografía 6.1.4.2-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Molino Agua Amarilla.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial

FOTOGRAFÍA 6.1.4.2-1
CANAL MOLINO AGUA AMARILLA
Fuente: Equipo Consultor.

En la Fotografía 6.1.4.2-2 es posible visualizar la huella del canal en desuso.





FOTOGRAFÍA 6.1.4.2-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL MOLINO AGUA AMARILLA
Fuente: Equipo Consultor.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.4.2-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

CUADRO 6.1.4.2-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MOLINO AGUA AMARILLA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	1.740,8	100,0	0,0	0,0	**1.740,8**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.4.2-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.2-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MOLINO AGUA AMARILLA

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	1.740,8	1.740,8	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.3. Canal Colliguay Alto

El Canal Colliguay Alto, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 7.595,5 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 94,5% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585428 E; 334845 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.3-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.4.3-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Colliguay alto.

De la longitud total de canal en uso, el 73,9% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 3,0% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (26,1% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 57,9% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.4.3-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

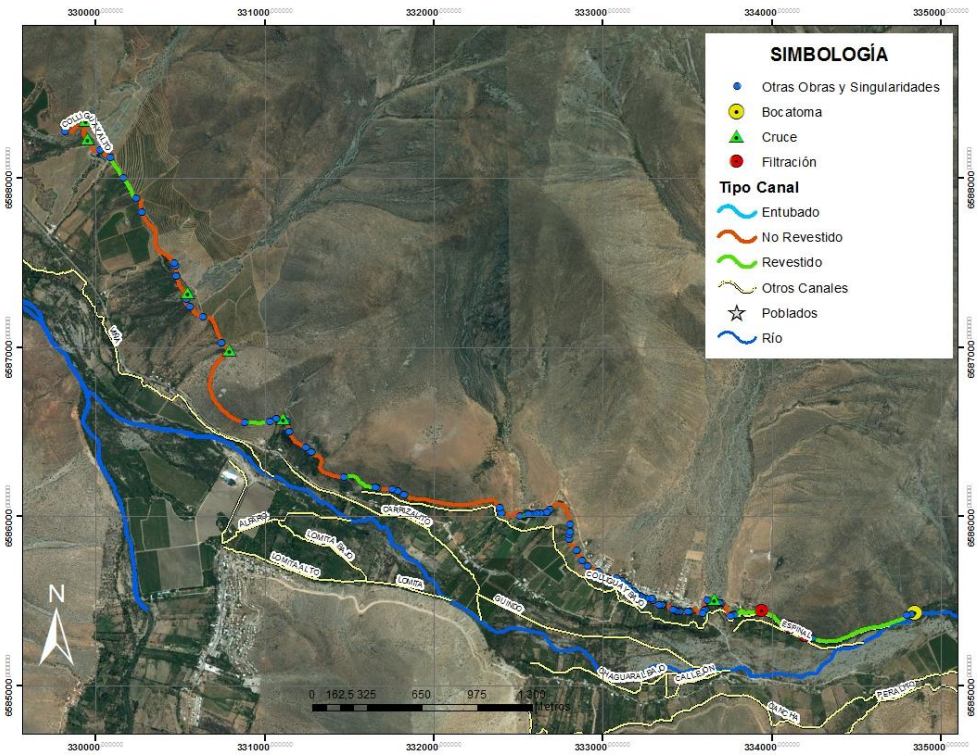


FIGURA 6.1.4.3-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL COLLIGUAY ALTO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial



c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.3-1 CANAL COLLIGUAY ALTO
Fuente: Equipo Consultor.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.4.3-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL COLLIGUAY ALTO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 67 entregas prediales, de las cuales ninguna se encuentra en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 3 Sitios con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.4.3-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.3-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

En el Cuadro 6.1.4.3-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.3-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL COLLIGUAY ALTO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	160,2	3,0	5.141,1	97,0	**5.301,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.085,2	57,9	0,0	0,0	787,9	42,1	**1.873,1**	**100,0**
	Total en Uso	**1.085,2**	**15,1**	**160,2**	**2,2**	**5.929,0**	**82,6**	**7.174,4**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	298,2	70,8	122,8	29,2	**421,0**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**298,2**	**70,8**	**122,8**	**29,2**	**421,0**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.085,2**	**14,3**	**458,4**	**6,0**	**6.051,8**	**79,7**	**7.595,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.3-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL COLLIGUAY ALTO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	1.080,6	99,6	0,0	0,0	780,1	99,0	1.860,7	99,3
Abovedado	4,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,2
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	1,0	7,7	0,4
TOTAL	**1.085,2**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**787,9**	**100,0**	**1.873,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.3-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL COLLIGUAY ALTO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	50,4	50,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_2	600,2	650,6	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_3	43,8	694,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_4	53,4	747,8	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_5	48,7	796,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_6	385,7	1.182,3	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_7	21,2	1.203,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_8	273,5	1.477,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_9	7,7	1.484,7	Hormigón	Regular	En Uso	Irregular
T_10	532,9	2.017,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_11	4,6	2.022,2	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_12	244,3	2.266,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_13	70,2	2.336,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_14	237,4	2.574,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_15	16,0	2.590,1	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_16	46,0	2.636,1	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_17	354,6	2.990,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_18	50,3	3.041,0	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_19	956,9	3.998,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_20	220,1	4.218,0	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_21	606,1	4.824,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_22	194,1	5.018,2	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_23	571,7	5.589,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_24	68,8	5.658,7	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_25	1.145,5	6.804,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_26	294,9	7.099,1	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_27	75,3	7.174,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_28	122,8	7.297,2	Tierra	Regular	Sin Uso	Irregular
T_29	298,2	7.595,5	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.4. Canal Colliguay Bajo

El Canal Colliguay Bajo, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 3.804,4 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 99,2% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585353 E; 334695 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.4-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación.

En la Fotografía 6.1.4.4-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Colliguay bajo.

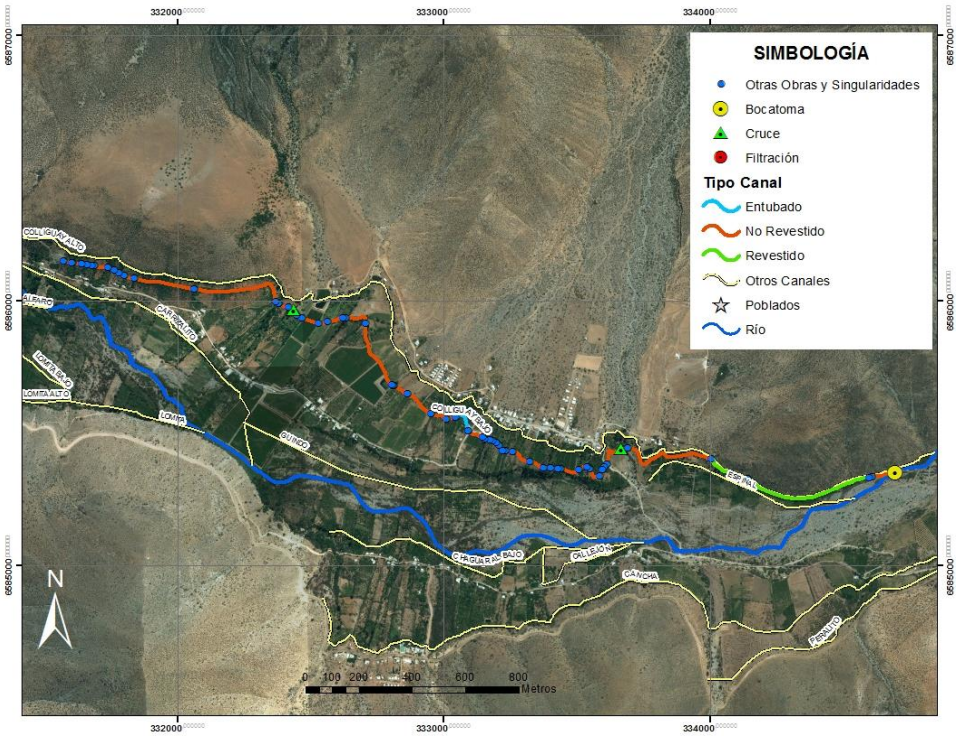


FIGURA 6.1.4.4-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL COLLIGUAY BAJO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.4-1
CANAL COLLIGUAY BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 80,2% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 37,5% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (19,8% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.4.4-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.4.4-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL COLLIGUAY BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 56 entregas prediales, de las cuales 54 se encuentran en mal estado.

Entre las demás obras catastradas y que requieren algún tipo de mejoras, por mantener un estado de conservación Malo, se destaca: Bocatoma (1), Sifón (1).

En el Cuadro 6.1.4.4-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.4-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.4.4-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL COLLIGUAY BAJO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	1.135,2	37,5	1.893,3	62,5	**3.028,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	745,4	100,0	**745,4**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**1.135,2**	**30,1**	**2.638,7**	**69,9**	**3.773,9**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	30,5	100,0	0,0	0,0	**30,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**30,5**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**30,5**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**1.165,7**	**30,6**	**2.638,7**	**69,4**	**3.804,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.4-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL COLLIGUAY BAJO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	654,5	87,8	654,5	87,8
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	90,9	12,2	90,9	12,2
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**745,4**	**100,0**	**745,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.4.4-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.4-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL COLLIGUAY BAJO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	102,9	102,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_2	654,5	757,4	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_3	1.137,3	1.894,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_4	90,9	1.985,6	Acero	Regular	En Uso	Regular
T_5	653,1	2.638,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_6	1.135,2	3.773,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_7	30,5	3.804,4	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.5. Canal Espinal

El Canal Espinal, de uso individual, tiene una longitud total catastrada de 850,6 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 90,2% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585256 E; 334546 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.5-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.4.5-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Espinal.

En la Fotografía 6.1.4.5-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal en mal estado.

Se registraron 9 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

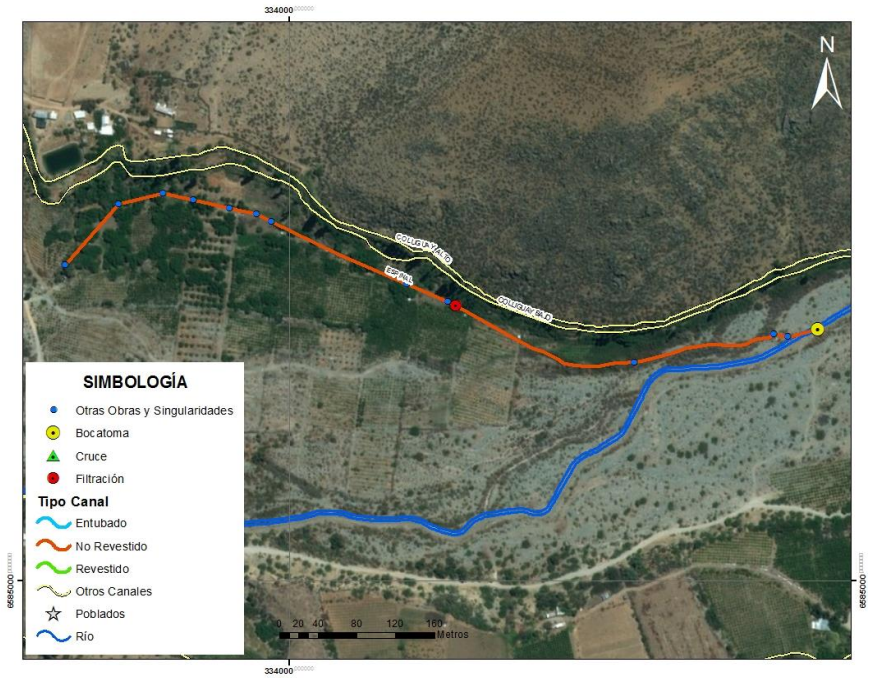
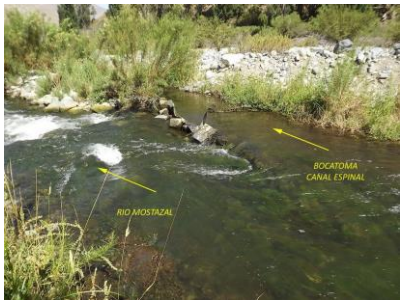


FIGURA 6.1.4.5-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL ESPINAL
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.5-1
CANAL ESPINAL
Fuente: Equipo Consultor.





FOTOGRAFÍA 6.1.4.5-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL ESPINAL
Fuente: Equipo Consultor.

En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 1 Sitio con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.4.5-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

CUADRO 6.1.4.5-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL ESPINAL

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	316,3	41,2	450,9	58,8	**767,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**316,3**	**41,2**	**450,9**	**58,8**	**767,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	83,5	100,0	0,0	0,0	**83,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**83,5**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**83,5**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**399,8**	**47,0**	**450,9**	**53,0**	**850,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.4.5-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.5-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL ESPINAL

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	450,9	450,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_2	316,3	767,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_3	83,5	850,6	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.6. Canal Carrizalito

El Canal Carrizalito, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 1.655,7 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585379 E; 332279 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.6-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

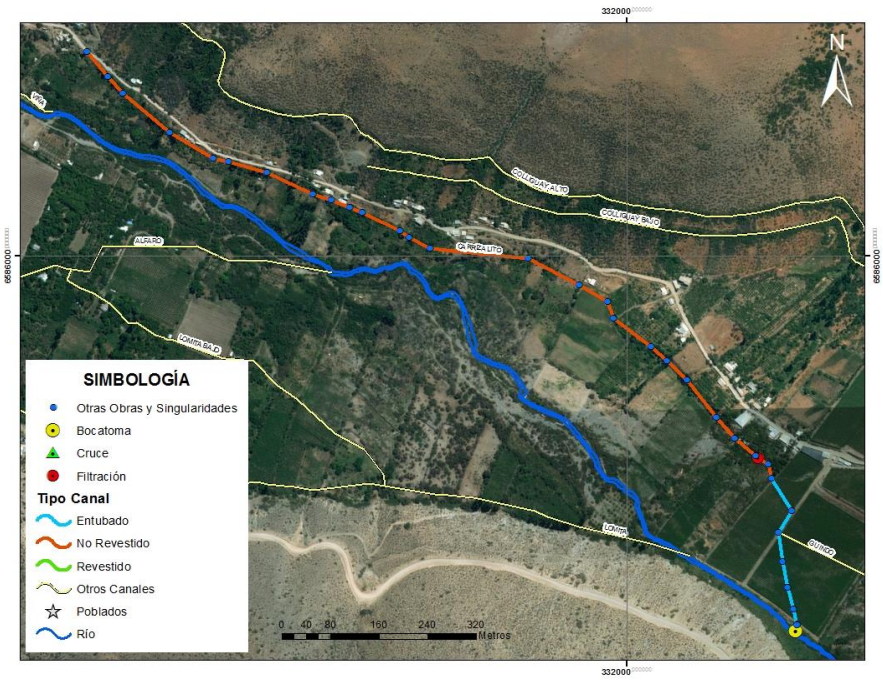


FIGURA 6.1.4.6-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL CARRIZALITO
Fuente: Elaboración propia.

Posee una compuerta de regulación inicial, con un sistema de apertura Manual. Su construcción es de Hormigón y Fierro, manteniendo un estado de conservación; no se registra presencia de aforador.

En la Fotografía 6.1.4.6-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Carrizalito.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial

FOTOGRAFÍA 6.1.4.6-1
CANAL CARRIZALITO
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 84,3% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 17,7% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (15,7% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.4.6-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.4.6-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL CARRIZALITO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 24 entregas prediales, de las cuales 19 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado. En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 1 Sitio con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.4.6-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.6-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

En el Cuadro 6.1.4.6-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.6-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL CARRIZALITO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	246,9	17,7	1.148,4	82,3	**1.395,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	260,5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**260,5**	**100,0**
	Total en Uso	**260,5**	**15,7**	**246,9**	**14,9**	**1.148,4**	**69,4**	**1.655,8**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**260,5**	**15,7**	**246,9**	**14,9**	**1.148,4**	**69,4**	**1.655,8**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.6-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CARRIZALITO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	260,5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	260,5	100,0
TOTAL	**260,5**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**260,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.6-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL CARRIZALITO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	11,4	11,4	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	1,5	12,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	260,5	273,3	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_4	717,6	990,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_5	182,0	1.172,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_6	429,3	1.602,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_7	53,5	1.655,7	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.7. Canal Viña

El Canal Viña, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 4.741,7 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6586238 E; 331054 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.7-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

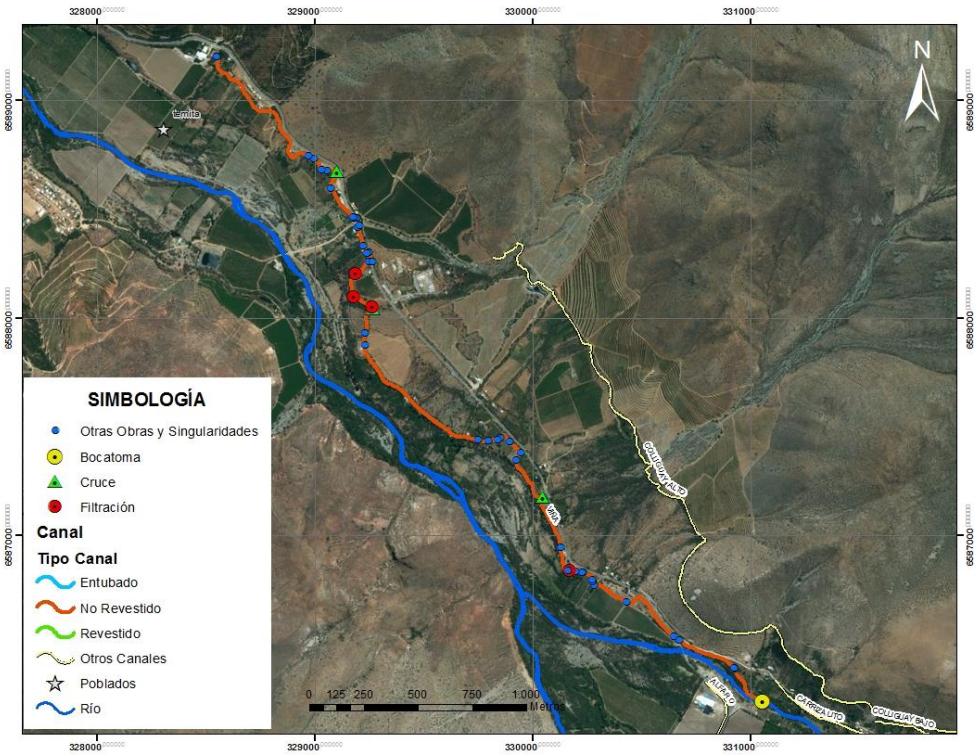


FIGURA 6.1.4.7-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL VIÑA
Fuente: Elaboración propia.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Regular

En la Fotografía 6.1.4.7-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Viña.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.7-1
CANAL VIÑA
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 98,2% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 29,9% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (1,8% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 54,8% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.4.7-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal de Tierra Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.4.7-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL VIÑA
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 25 entregas prediales, de las cuales 15 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 4 Sitios con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.4.7-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.7-2, se señalan

las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

En el Cuadro 6.1.4.7-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.7-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL VIÑA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	292,9	6,3	1.392,7	29,9	2.972,6	63,8	**4.658,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	45,7	54,8	0,0	0,0	37,7	45,2	**83,4**	**100,0**
	Total en Uso	**338,6**	**7,1**	**1.392,7**	**29,4**	**3.010,3**	**63,5**	**4.741,6**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**338,6**	**7,1**	**1.392,7**	**29,4**	**3.010,3**	**63,5**	**4.741,6**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.7-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL VIÑA (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abovedado	32,6	71,2	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	39,1
Entubado	13,2	28,8	0,0	0,0	37,7	100,0	50,8	60,9
TOTAL	**45,7**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**37,7**	**100,0**	**83,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.7-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL VIÑA

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	209,0	209,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_2	4,4	213,5	Tierra	Bueno	En Uso	Irregular
T_3	288,5	502,0	Tierra	Bueno	En Uso	Regular
T_4	32,6	534,6	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_5	594,7	1.129,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_6	2,5	1.131,8	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_7	57,3	1.189,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_8	129,1	1.318,2	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_9	253,6	1.571,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_10	232,5	1.804,2	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_11	1.197,5	3.001,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_12	203,1	3.204,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

CUADRO 6.1.4.7-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL VIÑA

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_13	12,5	3.217,4	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_14	83,1	3.300,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_15	17,4	3.317,9	Acero	Regular	En Uso	Irregular
T_16	47,0	3.364,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_17	8,1	3.372,9	Acero	Regular	En Uso	Irregular
T_18	130,8	3.503,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_19	12,2	3.515,9	Hormigón	Regular	En Uso	Irregular
T_20	41,7	3.557,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_21	13,2	3.570,8	Acero	Bueno	En Uso	Regular
T_22	428,5	3.999,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.8. Canal Molino Viejo

El Canal Molino Viejo, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 4.879,9 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6587672 E; 339591 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.8-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.4.8-1es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Molino viejo.

De la longitud total de canal en uso, el 61,5% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 20,8% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (38,5% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 98,7% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.4.8-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

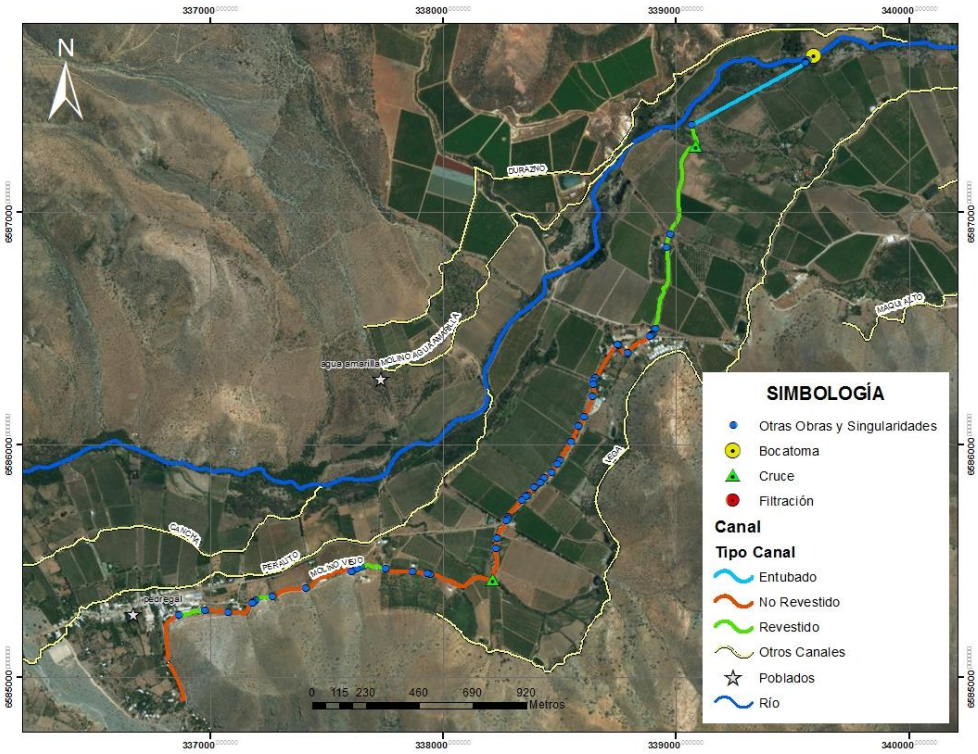


FIGURA 6.1.4.8-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL MOLINO VIEJO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.8-1
CANAL MOLINO VIEJO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 27 entregas prediales, de las cuales 20 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.4.8-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.8-2, se señalan

las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal de Tierra Estado Regular



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.4.8-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL MOLINO VIEJO
Fuente: Equipo Consultor.

CUADRO 6.1.4.8-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL MOLINO VIEJO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	121,4	4,0	623,1	20,7	2.258,4	75,2	**3.002,9**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.853,2	98,7	9,2	0,5	14,6	0,8	**1.877,0**	**100,0**
	Total en Uso	**1.974,6**	**40,5**	**632,3**	**13,0**	**2.273,0**	**46,6**	**4.879,9**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.974,6**	**40,5**	**632,3**	**13,0**	**2.273,0**	**46,6**	**4.879,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.8-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL MOLINO VIEJO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	1.263,2	68,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1.263,2	67,3
Abovedado	0,0	0,0	9,2	100,0	0,0	0,0	9,2	0,5
Entubado	590,0	31,8	0,0	0,0	14,6	100,0	604,6	32,2
TOTAL	**1.853,2**	**100,0**	**9,2**	**100,0**	**14,6**	**100,0**	**1.877,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.4.8-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.8-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL MOLINO VIEJO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	37,4	37,4	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	7,1	44,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	6,1	50,6	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_4	555,8	606,4	PVC	Bueno	En Uso	Regular
T_5	970,5	1.576,9	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_6	5,1	1.582,0	Acero	Bueno	En Uso	Regular
T_7	3,3	1.585,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_8	7,5	1.592,9	PVC	Bueno	En Uso	Regular
T_9	121,4	1.714,2	Tierra	Bueno	En Uso	Irregular
T_10	58,0	1.772,2	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_11	6,3	1.778,5	Acero	Regular	En Uso	Irregular
T_12	175,0	1.953,5	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_13	12,4	1.965,9	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_14	600,8	2.566,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_15	9,2	2.576,0	Hormigón	Malo	En Uso	Regular
T_16	22,5	2.598,5	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_17	97,5	2.696,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_18	9,1	2.705,1	Acero	Bueno	En Uso	Regular
T_19	99,2	2.804,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_20	505,3	3.309,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_21	180,3	3.489,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_22	118,4	3.608,2	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_23	41,5	3.649,7	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_24	2,5	3.652,2	PVC	Regular	En Uso	Irregular
T_25	391,9	4.044,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_26	77,3	4.121,4	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_27	15,4	4.136,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_28	5,8	4.142,6	Tambores	Regular	En Uso	Irregular
T_29	226,4	4.369,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_30	90,9	4.459,9	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_31	420,0	4.879,9	Tierra	Bueno	En Uso	Regular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.9. Canal Núñez

El Canal Núñez, de uso individual, se constató en desuso al momento del diagnóstico.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6586746 E; 338512 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.9-1 se presenta espacialmente la ubicación espacial de la bocatoma del canal Núñez.



FIGURA 6.1.4.9-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL NÚÑEZ
Fuente: Elaboración propia.

6.1.4.10. Canal Peralito

El Canal Peralito, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 5.537,9 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 90,9% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6586238 E; 338188 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.10-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno.

En la Fotografía 6.1.4.10-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Peralito.

De la longitud total de canal en uso, el 63,7% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 19,7% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (36,3% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

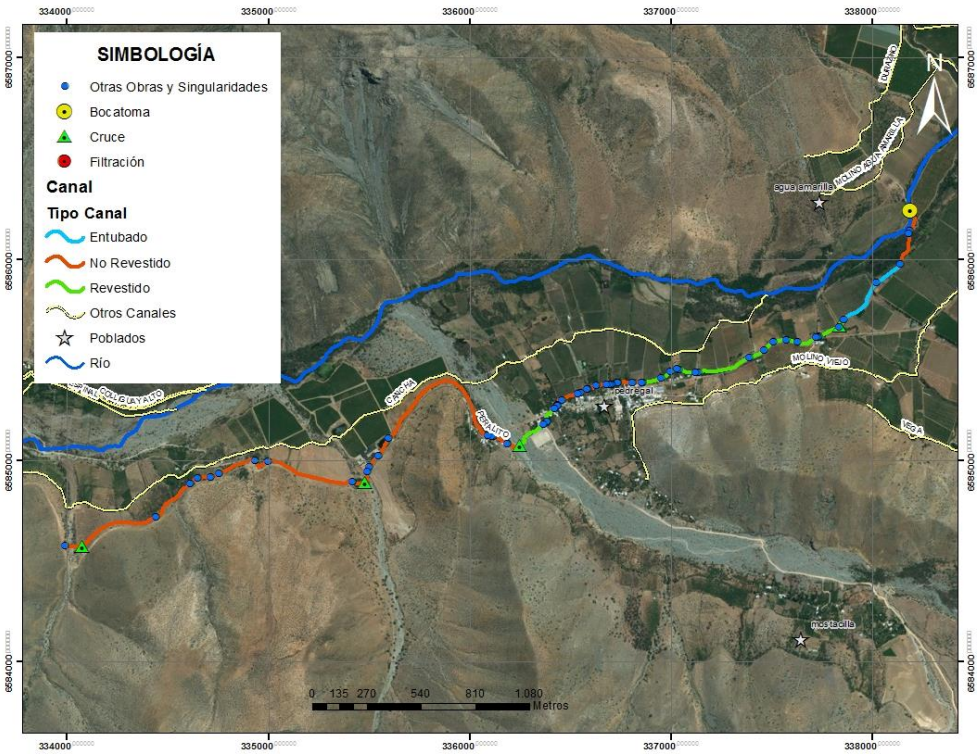


FIGURA 6.1.4.10-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL PERALITO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial



c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.10-1
CANAL PERALITO
Fuente: Equipo Consultor.

En la Fotografía 6.1.4.10-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

Se registraron 37 entregas prediales, de las cuales 10 se encuentran en mal estado.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.4.10-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL PERALITO
Fuente: Equipo Consultor.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.4.10-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.10-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.4.10-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL PERALITO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	168,1	5,2	630,4	19,7	2.409,1	75,1	**3.207,6**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.828,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**1.828,0**	**100,0**
	Total en Uso	**1.996,1**	**39,6**	**630,4**	**12,5**	**2.409,1**	**47,8**	**5.035,6**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	502,3	100,0	0,0	0,0	**502,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**502,3**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**502,3**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.996,1**	**36,0**	**1.132,7**	**20,5**	**2.409,1**	**43,5**	**5.537,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.10-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL PERALITO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	1.369,2	74,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1.369,2	74,9
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	458,8	25,1	0,0	0,0	0,0	0,0	458,8	25,1
TOTAL	**1.828,0**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**1.828,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.4.10-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.10-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL PERALITO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	128,3	128,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_2	168,1	296,4	Tierra	Bueno	En Uso	Regular
T_3	410,5	706,9	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_4	37,5	744,4	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_5	8,5	752,9	Hormigón	Bueno	En Uso	Irregular
T_6	111,4	864,4	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_7	4,7	869,1	Acero	Bueno	En Uso	Irregular
T_8	949,9	1.819,0	Geomembrana	Bueno	En Uso	Irregular
T_9	144,5	1.963,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_10	8,8	1.972,4	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_11	322,6	2.295,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_12	14,8	2.309,7	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
T_13	91,4	2.401,1	Mampostería	Bueno	En Uso	Regular
T_14	22,8	2.423,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_15	170,4	2.594,3	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_16	155,6	2.749,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_17	11,3	2.761,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_18	20,0	2.781,3	Acero	Bueno	En Uso	Regular
T_19	1.047,8	3.829,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_20	68,3	3.897,4	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_21	536,5	4.433,8	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_22	195,4	4.629,2	Tierra	Regular	En Uso	Regular
T_23	406,4	5.035,7	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_24	502,3	5.537,9	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.11. Canal Cancha

El Canal Cancha, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 5.953,1 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585822 E; 337477 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo. En la Figura 6.1.4.11-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Bueno; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Bueno. En la Fotografía 6.1.4.11-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Cancha.

De la longitud total de canal en uso, el 63,8% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 0,3% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (36,2% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 71,7% de la distancia total referida. En la Fotografía 6.1.4.11-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

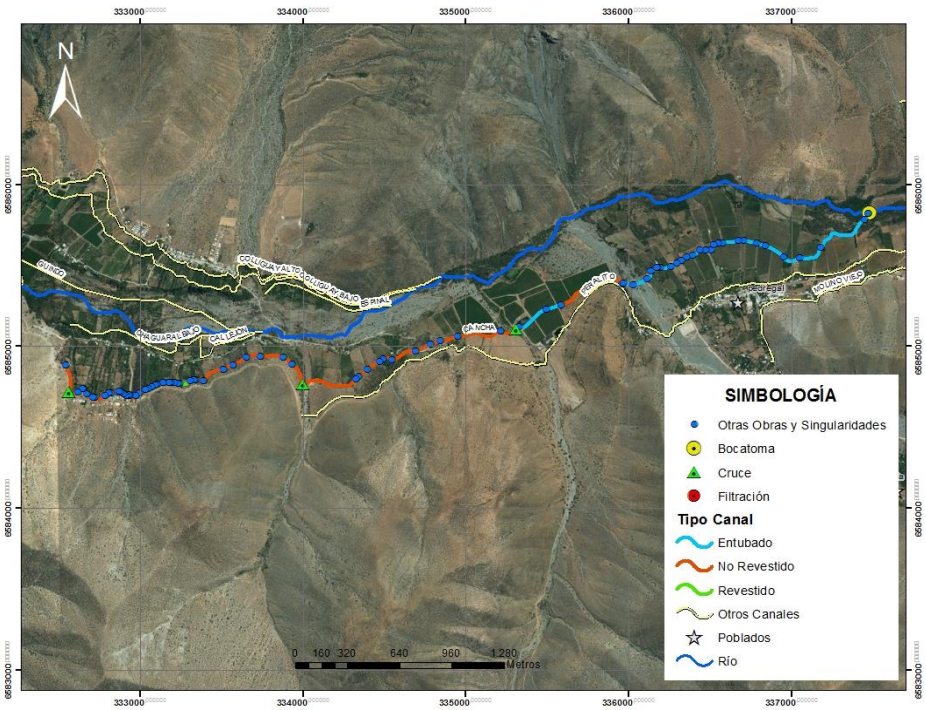


FIGURA 6.1.4.11-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL CANCHA
Fuente: Elaboración propia.

Se registraron 67 entregas prediales, de las cuales 12 se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.4.11-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.11-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.



a: Bocatoma


b: Compuerta de Regulación Inicial


c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.11-1
CANAL CANCHA
Fuente: Equipo Consultor.


a: Canal de Tierra Mal Estado


b: Canal de Tierra Estado Regular


c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.4.11-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL CANCHA
Fuente: Equipo Consultor.

CUADRO 6.1.4.11-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL CANCHA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	9,6	0,3	3.790,7	99,7	**3.800,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.544,6	71,7	63,7	3,0	544,5	25,3	**2.152,8**	**100,0**
	Total en Uso	**1.544,6**	**25,9**	**73,3**	**1,2**	**4.335,2**	**72,8**	**5.953,1**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.544,6**	**25,9**	**73,3**	**1,2**	**4.335,2**	**72,8**	**5.953,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.4.11-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.11-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CANCHA (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	77,6	14,3	77,6	3,6
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	2,1	11,7	0,5
Entubado	1.544,6	100,0	63,7	100,0	455,2	83,6	2.063,5	95,9
TOTAL	**1.544,6**	**100,0**	**63,7**	**100,0**	**544,5**	**100,0**	**2.152,8**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.11-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL CANCHA

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	9,6	9,6	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	47,0	56,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_3	361,1	417,7	PVC	Regular	En Uso	Regular
T_4	1.338,8	1.756,4	PVC	Bueno	En Uso	Regular
T_5	63,7	1.820,1	HDPE	Malo	En Uso	Regular
T_6	463,8	2.283,9	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_7	94,2	2.378,0	HDPE	Regular	En Uso	Regular
T_8	205,8	2.583,9	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
T_9	2.340,4	4.924,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_10	77,6	5.001,8	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_11	331,1	5.333,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_12	11,7	5.344,7	Hormigón	Regular	En Uso	Irregular
T_13	608,4	5.953,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_14	0,0	5.953,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.12. Canal Viñita

El Canal Viñita, de uso individual, se constató en desuso al momento del diagnóstico.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585613 E; 335486 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.12-1 se presenta espacialmente la ubicación espacial de la bocatoma del canal Viñita.



FIGURA 6.1.4.12-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL VIÑITA
Fuente: Elaboración propia.

6.1.4.13. Canal Guindo

El Canal Guindo, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 1.424,3 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Derecha. Se constató en uso un 71,4% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585105 E; 333576 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.13-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

En la Fotografía 6.1.4.13-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Guindo.

De la longitud total de canal en uso, el 81,3% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 83,2% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (18,7% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

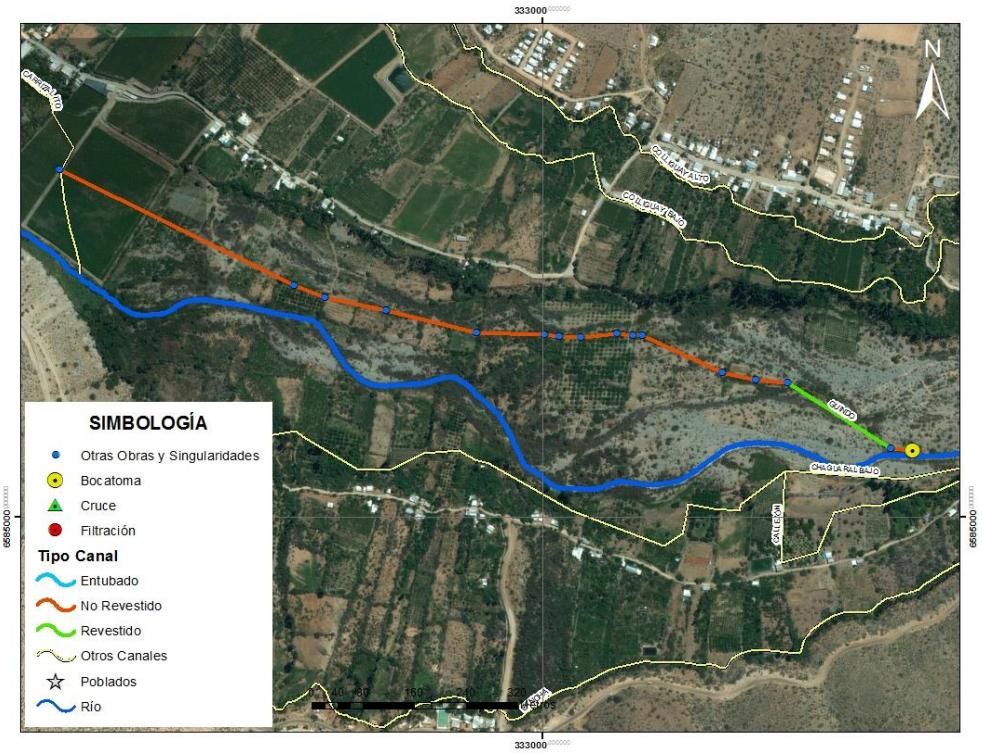


FIGURA 6.1.4.13-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL GUINDO
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma



b: Entrega predial rústica

FOTOGRAFÍA 6.1.4.13-1
CANAL GUINDO
Fuente: Equipo Consultor.

En la Fotografía 6.1.4.13-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

Se registraron 11 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal de Tierra Estado Regular



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.4.13-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL GUINDO
Fuente: Equipo Consultor.

En el Cuadro 6.1.4.13-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.13-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

En el Cuadro 6.1.4.13-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.13-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL GUINDO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	688,0	83,2	138,5	16,8	**826,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	190,5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**190,5**	**100,0**
	Total en Uso	**190,5**	**18,7**	**688,0**	**67,6**	**138,5**	**13,6**	**1.017,0**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	407,3	100,0	0,0	0,0	**407,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**407,3**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**407,3**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**190,5**	**13,4**	**1.095,3**	**76,9**	**138,5**	**9,7**	**1.424,3**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.13-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL GUINDO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	190,5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	190,5	100,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**190,5**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**190,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.13-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL GUINDO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	35,2	35,2	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_2	190,5	225,7	Geomembrana	Bueno	En Uso	Regular
T_3	103,3	329,0	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_4	688,0	1.017,0	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_5	407,3	1.424,3	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.14. Canal Callejón

El Canal Callejón, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 584,2 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra unificada con canal Chaguaral Bajo, se ubica en las coordenadas UTM 6585086 E; 333753 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.14-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Este canal cuenta con un aforador en un estado Regular; y una compuerta de regulación inicial de Hormigón y Fierro. La compuerta de regulación mantiene un sistema de apertura Mecánico, presentando en términos generales, un estado de conservación Regular.

En la Fotografía 6.1.4.14-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Callejón.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial



c: Aforador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.14-1
CANAL CALLEJÓN
Fuente: Equipo Consultor.

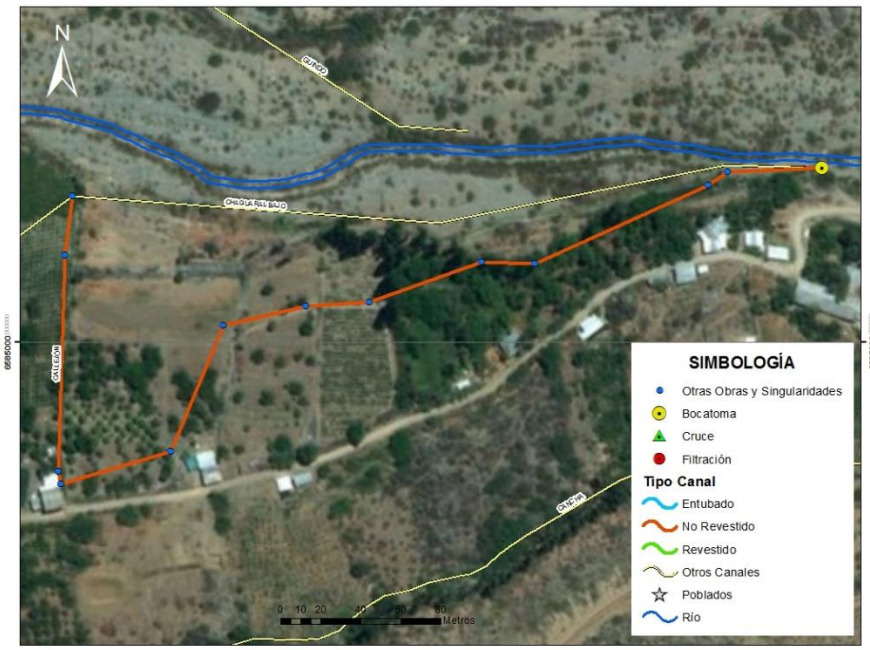


FIGURA 6.1.4.14-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL CALLEJÓN
Fuente: Elaboración propia.

En la Fotografía 6.1.4.14-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal de Tierra Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.4.14-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL CALLEJÓN
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 6 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el cuadro 6.1.4.14-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización.

CUADRO 6.1.4.14-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL CALLEJÓN

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	343,6	58,8	240,6	41,2	**584,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**343,6**	**58,8**	**240,6**	**41,2**	**584,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**343,6**	**58,8**	**240,6**	**41,2**	**584,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.4.14-2, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.14-2
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL CALLEJÓN

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	240,6	240,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
T_2	343,6	584,2	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.15. Canal Chaguaral Bajo

El Canal Chaguaral Bajo, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 1.311,1 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda en bocatoma unificada con canal Callejón. Se constató en uso un 100,0% de la longitud total catastrada.

Mantiene una bocatoma en desuso en las coordenadas UTM 6.585.087 E; 333.704 S (WGS 84 19S); en tanto la bocatoma unificada se ubica en las coordenadas UTM 6585086 E; 333753 S (WGS 84 19S). En ambos casos el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.15-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

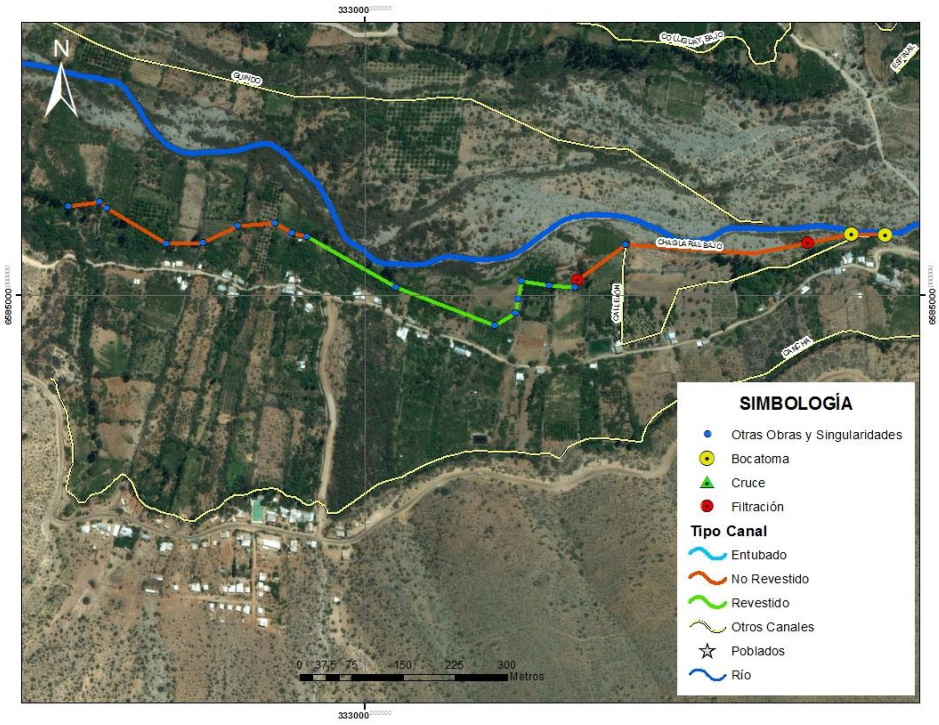


FIGURA 6.1.4.15-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL CHAGUARAL BAJO
Fuente: Elaboración propia.

En la Fotografía 6.1.4.15-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Chaguaral Bajo.



a: Bocatoma



b: Entrega predial rústica

FOTOGRAFÍA 6.1.4.15-1
CANAL CHAGUARAL BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

De la longitud total de canal en uso, el 64,7% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 58,7% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (35,3% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.4.15-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal de Tierra Estado Regular



c: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.4.15-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL CHAGUARAL BAJO
Fuente: Equipo Consultor.

Se registraron 14 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

Entre las demás obras catastradas y que requieren algún tipo de mejoras, por mantener un estado de conservación Malo, se destaca: Bocatoma (2).

En cuanto a singularidades, se destaca la presencia de 2 Sitios con filtraciones a lo largo del canal.

En el Cuadro 6.1.4.15-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.15-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

CUADRO 6.1.4.15-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL CHAGUARAL BAJO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	498,0	58,7	350,8	41,3	**848,8**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	462,3	100,0	**462,3**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**498,0**	**38,0**	**813,1**	**62,0**	**1.311,1**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**498,0**	**38,0**	**813,1**	**62,0**	**1.311,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.15-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CHAGUARAL BAJO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	462,3	100,0	462,3	100,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**462,3**	**100,0**	**462,3**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

En el Cuadro 6.1.4.15-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.15-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL CHAGUARAL BAJO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	476,0	476,0	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	462,3	938,4	Geomembrana	Regular	En Uso	Irregular
T_3	22,0	960,3	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_4	350,8	1.311,1	Tierra	Regular	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.16. Canal Lomita

El Canal Lomita, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 2.075,5 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 99,6% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585503 E; 332105 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.16-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

En la Fotografía 6.1.4.16-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Lomita.

De la longitud total de canal en uso, el 31,1% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 30,3% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (68,9% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Bueno, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

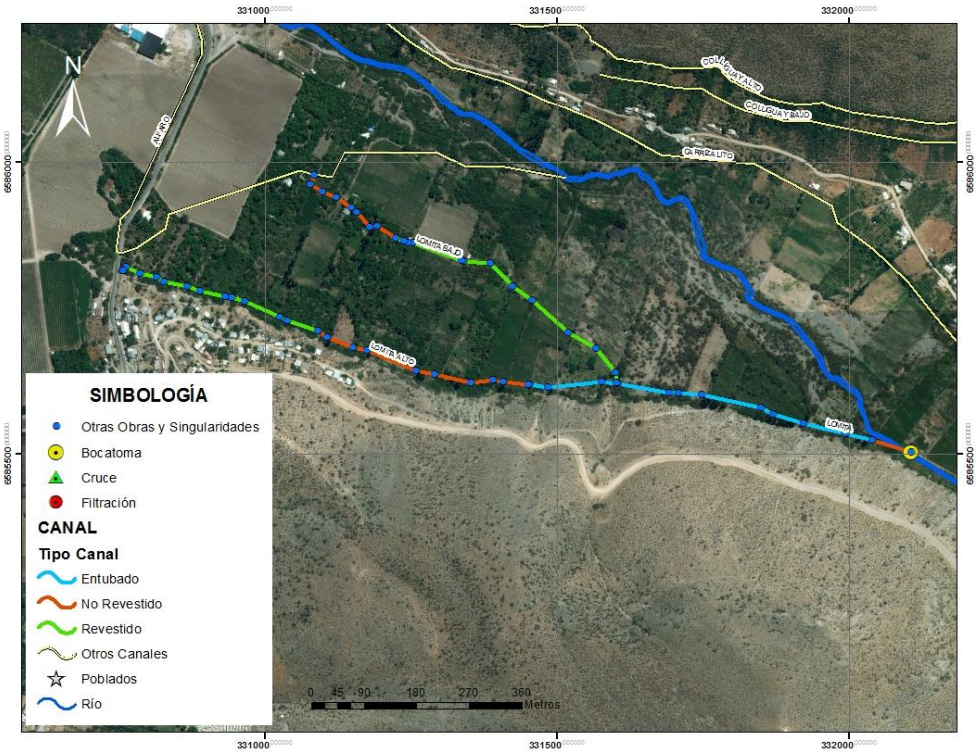


FIGURA 6.1.4.16-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL LOMITA
Fuente: Elaboración propia.



a: Bocatoma



b: Desarenador

FOTOGRAFÍA 6.1.4.16-1
CANAL LOMITA
Fuente: Equipo Consultor.

En la Fotografía 6.1.4.16-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

Se registraron 44 entregas prediales, de las cuales 24 se encuentran en mal estado.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal Revestido Estado Regular



c: Canal Revestido Buen Estado

FOTOGRAFÍA 6.1.4.16-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL LOMITA
Fuente: Equipo Consultor.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.4.16-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.16-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso.

En el Cuadro 6.1.4.16-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.

CUADRO 6.1.4.16-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL LOMITA

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	195,2	30,3	448,0	69,7	**643,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.424,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**1.424,3**	**100,0**
	Total en Uso	**1.424,3**	**68,9**	**195,2**	**9,4**	**448,0**	**21,7**	**2.067,5**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	100,0	**7,9**	**100,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**7,9**	**100,0**	**7,9**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.424,3**	**68,6**	**195,2**	**9,4**	**455,9**	**22,0**	**2.075,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.16-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LOMITA (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	824,0	57,9	0,0	0,0	0,0	0,0	824,0	57,9
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	600,4	42,1	0,0	0,0	0,0	0,0	600,4	42,1
TOTAL	**1.424,4**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**1.424,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.16-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL LOMITA

Canal	Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
LOMITA	T_1	68,6	68,6	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
LOMITA	T_2	449,5	518,1	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
LOMITA ALTO	T_1	150,9	150,9	HDPE	Bueno	En Uso	Regular
LOMITA ALTO	T_2	379,4	530,3	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
LOMITA ALTO	T_3	348,3	878,6	Mampostería	Bueno	En Uso	Regular
LOMITA ALTO	T_4	7,9	886,4	Mampostería	Regular	Sin Uso	Regular
LOMITA BAJO	T_1	475,7	475,7	Hormigón	Bueno	En Uso	Regular
LOMITA BAJO	T_2	195,2	670,9	Tierra	Malo	En Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.1.4.17. Canal Alfaro

El Canal Alfaro, de uso comunitario, tiene una longitud total catastrada de 1.403,1 m. Capta el agua desde el Río Mostazal en su ribera Izquierda. Se constató en uso un 86,7% de la longitud total catastrada.

Su Bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 6585972 E; 331515 S (WGS 84 19S); el material de construcción es de Tierra, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Figura 6.1.4.17-1 se presenta espacialmente el recorrido del canal dentro del Área de Estudio, apreciándose la ubicación de su bocatoma, obras complementarias y singularidades.

Posee una compuerta de regulación inicial, con un sistema de apertura Manual. Su construcción es de Mampostería y Fierro, manteniendo un estado de conservación Malo.

En la Fotografía 6.1.4.17-1 es posible visualizar imágenes de referencia para el Canal Alfaro.

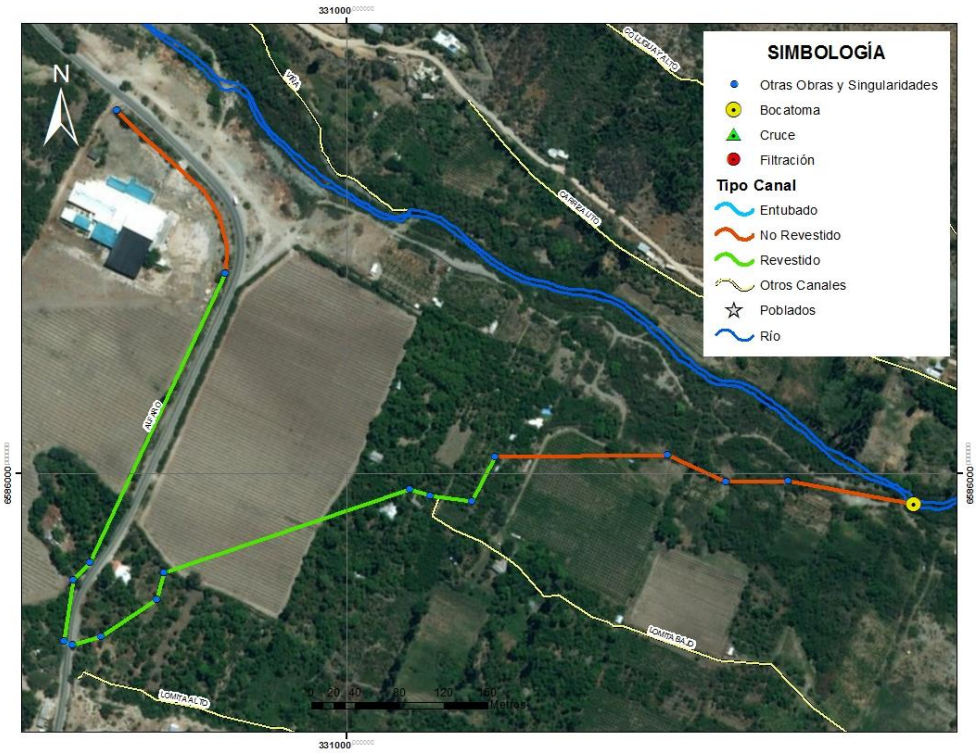


FIGURA 6.1.4.17-1
UBICACIÓN ESPACIAL CANAL ALFARO
Fuente: Elaboración propia.

De la longitud total de canal en uso, el 31,8% corresponde a tramos de tierra, de los cuales el 100,0% se caracteriza por un estado de conservación Malo. En tanto los tramos con algún tipo de impermeabilización (68,2% del total en uso), se caracterizan por un estado de conservación Regular, situación que se evidencia en un 100% de la distancia total referida.

En la Fotografía 6.1.4.17-2 es posible visualizar la representación de algunos tramos de canal y su estado de conservación.

Se registraron 11 entregas prediales, de las cuales todas se encuentran en mal estado.

Otra Obra que requiere algún tipo de mejora, corresponde a la Bocatoma del canal, dado el mal estado de conservación registrado.

En el Cuadro 6.1.4.17-1, se presentan las longitudes de tramos de canal de acuerdo al estado de conservación, y la condición de uso e impermeabilización. En tanto en el Cuadro 6.1.4.17-2, se señalan las longitudes de canal de acuerdo a estado de conservación y sistema de impermeabilización utilizado para tramos en uso. En el Cuadro 6.1.4.17-3, se señala una descripción general del canal por tramos, diferenciadas por secciones comunes en cuanto a situación de uso, tipo de sección (regular o irregular), material y estado de conservación.



a: Bocatoma



b: Compuerta de Regulación Inicial

FOTOGRAFÍA 6.1.4.17-1
CANAL ALFARO
Fuente: Equipo Consultor.



a: Canal de Tierra Mal Estado



b: Canal de Tierra, sin uso en Mal Estado



c: Canal Revestido Estado Regular

FOTOGRAFÍA 6.1.4.17-2
SITUACIONES DE CONDUCCIÓN CANAL ALFARO
Fuente: Equipo Consultor.

CUADRO 6.1.4.17-1
ESTADO DE CONSERVACIÓN CANAL ALFARO

ESTADO CANAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	387,1	100,0	0,0	0,0	**387,1**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	828,9	100,0	**828,9**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**387,1**	**31,8**	**828,9**	**68,2**	**1.216,0**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	187,1	100,0	0,0	0,0	**187,1**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**187,1**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**187,1**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**574,2**	**40,9**	**828,9**	**59,1**	**1.403,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.17-2
TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL ALFARO (TRAMOS EN USO)

Tipo Impermeabilización	Bueno		Malo		Regular		Total	
	m	%	m	%	m	%	m	%
Revestido	0,0	0,0	0,0	0,0	820,4	99,0	820,4	99,0
Abovedado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entubado	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	1,0	8,5	1,0
TOTAL	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**828,9**	**100,0**	**828,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

CUADRO 6.1.4.17-3
DESCRIPCIÓN POR TRAMOS REPRESENTATIVOS CANAL ALFARO

Tramo	Distancia Parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Material	Conservación	Uso	Tipo Sección
T_1	387,1	387,1	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
T_2	452,1	839,3	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
T_3	8,5	847,8	Hormigón	Regular	En Uso	Regular
T_4	368,2	1.216,0	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
T_5	187,1	1.403,1	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de canales.

6.2. Determinación de la Capacidad de Porteo

6.2.1. Método de Cálculo

Para determinar la capacidad máxima de porteo de los canales, se utiliza la fórmula de Manning para el cálculo del caudal:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} S R^{2/3}$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

S: Sección mojada (m^2)

R: Radio hidráulico (m)

i: pendiente del lecho

n: Coeficiente de Manning (en unidades métricas)

Para determinar la geometría del canal, se realiza una inspección en terreno, donde se tomas las medidas más relevantes del canal en análisis. A modo de ejemplo, se muestra en la Fotografía 6.2.1-1 algunas imágenes del Canal Colliguay Bajo. Las medidas en terreno muestran que el canal tiene una sección que se puede asimilar a rectangular, con una base promedio de 1,2 m, y una altura de agua de entre 0,05 y 0,12 m.

Por otra parte, la pendiente del canal se mide mediante el uso de un inclinómetro con un arreglo como el mostrado en la Fotografía 6.2.1-2. En la fotografía se muestra una estructura de madera que permite instalar el instrumento y medir el ángulo de caída del canal, en este caso 1,5°, lo que es equivalente a una pendiente de 0,026.





FOTOGRAFÍA 6.2.1-1
IMÁGENES CANAL COLIGUAY BAJO
Fuente: Equipo Consultor.





FOTOGRAFÍA 6.2.1-2
MEDICIÓN PENDIENTE DEL CANAL CON INCLINÓMETRO
Fuente: Equipo Consultor.

Con el fin de determinar el coeficiente de Manning, se usa la fórmula de Cowan, la cual permite la determinación del coeficiente de rugosidad considerando los siguientes factores:

$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m_5$

Donde:

- n_0: valor básico de n para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales comprendidos.
- n_1: valor agregado a n_0 para corregir el efecto de irregularidades de superficie.
- n_2: valor para variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal.
- n_3: valor de obstrucciones.
- n_4: valor para la vegetación y condiciones de flujo.
- m_5: factor de corrección para los meandros del canal

Los valores adecuados a seleccionar según las características correspondientes se presentan en el Cuadro 6.2.1-1.

CUADRO 6.2.1-1
VALORES PARA EL CÁLCULO DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD SEGÚN LA FÓRMULA DE COWAN

Condiciones del Canal		Valores	
Material Considerado	Tierra	n0	0,02
	Roca cortada		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de Irregularidad	Liso	n1	0
	Menor		0,005
	Moderado		0,01
	Severo		0,02
Variaciones de la Sección transversal del canal	Gradual	n2	0
	Ocasionalmente alternante		0,005
	Frecuentemente Alterante		0,010-0,015
Efectivo relativo de obstrucciones	Despreciable	n3	0
	Menor		0,010-0,015
	Apreciable		0,020-0,030
	Severo		0,040-0,060
Vegetación	Baja	n4	0,005-0,010
	Media		0,010-0,025
	Alta		0,025-0,050
	Muy Alta		0,050-0,100
Cantidad de Meandros	Menor	m5	1
	Apreciable		1,15
	Severa		1,3

Fuente: Ven Te Chow.

Para el caso ejemplo, se tiene lo siguiente:

	Descripción	Valor Sugerido	Valor Adoptado
n0	Grava Fina	0,028	0,024
n1	Moderado	0,01	0,01
n2	Ocasionalmente alternante	0,005	0,005
n3	Menor	0,010-0,015	0,010
n4	Baja	0,005-0,010	0,005
m5	Menor	1	1
Valor Adoptado			0,054

Usando los parámetros geométricos y del cauce, entonces se determina que el máximo caudal de porteo del canal en la sección analizada es de 19,8 l/s.

6.2.2. Resultados

En el Cuadro 6.2.2-1 se muestra el resultado del trabajo ejecutado, mostrando los caudales máximos para cada sección analizada. El detalle se presenta en el Anexo 6-3.

CUADRO 6.2.2-1
CÁLCULO CAPACIDAD MÁXIMA DE PORTEO POR SECCIÓN CATASTRADA

Id	Canal	H Adop (m)	B Adop (m)	k	n	Q (l/s)
1	Colliguay Alto	0,33	1,40	0	0,0450	937,3
2	Colliguay Alto	0,30	1,22	0	0,0150	1.106,5
3	Colliguay Alto	0,20	0,91	0	0,0230	595,5
4	Colliguay Alto	0,20	0,80	0	0,0230	379,4
5	Colliguay Alto	0,20	0,80	0	0,0230	379,4
6	Colliguay Alto	0,50	0,80	0	0,0230	1.333,2
7	Colliguay Bajo	0,05	1,00	0	0,0300	19,8
8	Colliguay Bajo	0,05	1,20	0	0,0480	21,2
9	Colliguay Bajo	0,20	1,50	0	0,0580	199,6
10	Colliguay Bajo	0,10	0,90	0	0,0580	61,1
11	Colliguay Bajo	0,15	0,67	0	0,0250	82,8
12	Isla	0,23	0,50	0	0,0630	58,6
13	Isla	0,17	0,90	0	0,0580	183,4
14	Isla	0,09	0,76	0	0,0580	33,3
15	Palcalito	0,70	1,00	0	0,0630	1.631,2
16	Palcalito	0,15	0,93	0	0,0630	68,5
17	Palcalito	0,09	0,50	0	0,0630	15,4
18	Palcalito	0,13	0,13	0	0,0500	7,8
19	Palcalito	0,10	0,80	0	0,0630	38,2
20	Habitación	0,24	1,20	0	0,0290	286,3
21	Habitación	0,20	1,20	0	0,0290	218,3
22	Habitación	0,22	0,80	0	0,0290	345,1
23	Habitación	0,24	0,57	0	0,0180	182,5
24	Habitación	0,14	0,52	0	0,0290	134,3
25	Yerba Loca Bajo	0,17	0,96	0	0,0200	573,9
26	Yerba Loca Bajo	0,11	0,80	0	0,0200	80,3
27	Yerba Loca Bajo	0,15	0,65	0	0,0180	293,6
28	Yerba Loca Bajo	0,18	1,40	0	0,0200	789,5
29	Yerba Loca Bajo	0,10	1,00	0	0,0200	309,3
30	Yerba Loca Alto	0,11	0,90	0	0,0200	290,5
31	Yerba Loca Alto	0,14	1,00	0	0,0200	395,9
32	Yerba Loca Alto	0,13	1,44	0	0,0180	670,3
33	Yerba Loca Alto	0,20	1,20	0	0,0200	707,9
34	Yerba Loca Alto	0,24	0,97	0	0,0200	964,6
35	Cascada	0,20	1,10	0	0,0350	163,3
36	Cascada	0,30	0,89	0	0,0350	506,6
37	Cascada	0,40	0,55	0	0,0350	495,9
38	Cascada	0,50	0,84	0	0,0350	936,5

CUADRO 6.2.2-1
CÁLCULO CAPACIDAD MÁXIMA DE PORTEO POR SECCIÓN CATASTRADA

Id	Canal	H Adop (m)	B Adop (m)	k	n	Q (l/s)
39	Cascada	0,40	1,10	0	0,0450	911,9
40	Cascada	0,80	0,84	0	0,0350	759,2
41	El Peralito	0,43	1,20	0	0,0220	3.021,5
42	El Peralito	0,52	0,50	0	0,0220	1.120,2
43	El Peralito	0,32	0,90	0	0,0220	565,6
44	El Peralito	0,17	1,00	0	0,0220	364,6
45	El Peralito	0,18	1,10	0	0,0220	496,4
46	Maitén Bajo	0,15	1,90	0	0,0500	334,1
47	Maitén Bajo	0,36	0,80	0	0,0500	641,4
48	Maitén Bajo	0,18	0,90	0	0,0500	278,6
49	Maitén Bajo	0,16	1,10	0	0,0500	295,4
50	Maitén Bajo	0,10	1,00	0	0,0500	79,7
51	Maitén Alto	0,26	1,50	0	0,0450	662,8
52	Maitén Alto	0,26	1,40	0	0,0450	249,4
53	Maitén Alto	0,18	0,80	0	0,0450	288,9
54	Maitén Alto	0,26	0,80	0	0,0450	308,7
55	Maitén Alto	0,10	0,90	0	0,0450	117,0
56	Maitén Alto	0,20	0,65	0	0,0450	189,8
57	El Mollar	0,17	1,50	0	0,0350	257,8
58	El Mollar	0,22	0,80	0	0,0350	221,4
59	El Mollar	0,28	1,00	0	0,0180	1.133,1
60	El Mollar	0,24	0,76	0	0,0380	330,8
61	El Mollar	0,70	1,00	0	0,0380	1.514,0
62	Tranca Morada	0,20	1,30	0	0,0300	401,1
63	Tranca Morada	0,22	0,95	0	0,0300	761,5
64	Tranca Morada	0,17	0,90	0	0,0300	392,2
65	Tranca Morada	0,18	0,96	0	0,0300	240,3
66	Tranca Morada	0,12	0,80	0	0,0300	136,6
67	Tranca Morada	0,12	0,90	0	0,0300	156,3
68	Sasso Bajo	0,70	1,70	0	0,0200	7.194,6
69	Sasso Bajo	0,44	1,00	0	0,0180	3.797,6
70	Sasso Bajo	0,36	1,00	0	0,0180	2.379,8
71	Sasso Bajo	0,15	1,00	0	0,0200	576,3
72	Arenal	0,28	2,10	0	0,0370	1.436,9
73	Arenal	0,27	1,90	0	0,0370	1.212,4
74	Arenal	0,39	1,40	0	0,0370	2.054,6
75	Arenal	0,21	1,35	0	0,0370	558,9
76	Arenal	0,22	0,90	0	0,0370	542,7
77	Arenal	0,19	1,40	0	0,0370	500,7
78	Quebrada Honda	0,22	1,90	0	0,0350	791,5
79	Quebrada Honda	0,41	1,20	0	0,0350	1.921,1
80	Quebrada Honda	0,24	1,20	0	0,0350	823,2
81	Quebrada Honda	0,28	0,90	0	0,0180	1.073,3
82	Quebrada Honda	0,21	1,22	0	0,0350	561,5

CUADRO 6.2.2-1
CÁLCULO CAPACIDAD MÁXIMA DE PORTEO POR SECCIÓN CATASTRADA

Id	Canal	H Adop (m)	B Adop (m)	k	n	Q (l/s)
83	Quebrada Honda	0,21	1,40	0	0,0350	465,6
84	Arenalito	0,42	1,10	0	0,0350	1.711,8
85	Arenalito	0,57	0,90	0	0,0350	2.046,2
86	Arenalito	0,34	0,90	0	0,0180	1.189,1
87	Arenalito	0,40	1,50	0	0,0350	1.730,9
88	Arenalito	0,56	0,64	0	0,0350	1.048,4
89	Cancha	0,36	1,55	0	0,0400	1.447,6
90	Cancha	0,42	1,05	0	0,0400	1.516,2
91	Cancha	0,27	0,90	0	0,0180	1.336,5
92	Cancha	0,20	1,52	0	0,0400	464,8
93	Cancha	0,43	1,20	0	0,0400	478,9
94	Molino Viejo	0,25	1,10	0	0,0300	592,1
95	Molino Viejo	0,35	1,00	0	0,0300	1.203,2
96	Molino Viejo	0,25	0,80	0	0,0300	400,0
97	Maqui Bajo	0,27	1,40	0	0,0300	1.047,3
98	Maqui Bajo	0,26	1,30	0	0,0300	1.189,0
99	Maqui Bajo	0,33	0,85	0	0,0180	1.341,6
100	Veguita	0,20	0,70	0	0,0250	264,8
101	Veguita	0,20	0,65	0	0,0250	341,6
102	Veguita	0,24	0,50	0	0,0180	153,6
103	Veguita	0,19	0,78	0	0,0250	421,9
104	Veguita	0,80	0,90	0	0,0250	2.875,3
105	Montero	0,26	1,20	0	0,0380	425,8
106	Montero	0,38	1,08	0	0,0380	982,3
107	Maqui Alto	0,24	2,10	0	0,0400	330,5
108	Maqui Alto	0,25	0,90	0	0,0400	347,4
109	Maqui Alto	0,38	1,00	0	0,0400	1.060,9
110	Maqui Alto	0,22	0,90	0	0,0180	574,5
111	Maqui Alto	0,26	0,80	0	0,0300	422,7
112	Chaguaral Bajo	0,17	1,10	0	0,0300	149,3
113	Chaguaral Bajo	0,20	0,90	0	0,0300	335,5
114	Chaguaral Bajo	0,14	1,26	0	0,0300	389,1
115	Chaguaral Bajo	0,14	1,22	0	0,0300	375,2
116	Espinal	0,20	1,00	0	0,0450	359,2
117	Espinal	0,23	0,60	0	0,0450	147,2
118	Espinal	0,19	0,75	0	0,0180	416,0
119	Espinal	0,12	0,80	0	0,0450	107,8
120	Espinal	0,13	0,73	0	0,0450	137,1
121	Callejón	0,23	1,10	0	0,0450	382,8
122	Callejón	0,20	0,60	0	0,0450	135,6
123	Callejón	0,19	0,90	0	0,0200	626,8
124	Callejón	0,10	0,80	0	0,0450	69,0
125	Callejón	0,08	0,90	0	0,0450	55,7
126	Durazno	0,26	1,10	0	0,0300	793,4

CUADRO 6.2.2-1
CÁLCULO CAPACIDAD MÁXIMA DE PORTEO POR SECCIÓN CATASTRADA

Id	Canal	H Adop (m)	B Adop (m)	k	n	Q (l/s)
127	Durazno	0,28	0,75	0	0,0300	510,9
128	Durazno	0,23	0,90	0	0,0300	520,1
129	Vega	0,23	1,60	0	0,0250	1.234,7
130	Vega	0,45	2,20	0	0,0250	5.741,2
131	Vega	0,48	1,30	0	0,0250	1.977,7
132	Vega	0,28	0,90	0	0,0180	1.346,7
133	Estanque	0,45	0,80	0	0,0400	1.236,1
134	Estanque	0,32	0,60	0	0,0180	1.038,2
135	Estanque	0,26	0,90	0	0,0180	730,2
136	Estanque	0,21	0,60	0	0,0400	231,1
137	Estanque	0,19	0,90	0	0,0400	276,3
138	El Guindo	0,28	1,00	0	0,0380	579,8
139	El Guindo	0,32	0,94	0	0,0380	547,4
140	El Guindo	0,17	0,84	0	0,0380	243,1
141	El Guindo	0,21	0,52	0	0,0380	191,9
142	El Guindo	0,19	0,90	0	0,0380	329,9
143	Viña	0,22	1,80	0	0,0250	1.042,6
144	Viña	0,37	1,92	0	0,0250	3.485,7
145	Viña	0,44	1,88	0	0,0250	3.392,4
146	Viña	0,40	2,00	0	0,0250	3.177,9
147	Viña	0,50	1,70	0	0,0250	3.287,7
148	Alfaro	0,32	0,86	0	0,0300	391,3
149	Alfaro	0,23	1,00	0	0,0300	417,9
150	Alfaro	0,26	0,92	0	0,0300	450,2
151	Lomita	0,20	0,75	0	0,0400	238,5
152	Lomita	0,83	1,20	0	0,0180	2.558,7
153	Carrizalito	0,25	0,26	0	0,0180	146,5
154	Huracán	0,24	0,70	0	0,0350	211,8
155	Huracán	0,20	1,90	0	0,0350	748,4
156	Huracán	0,22	0,90	0	0,0180	703,8
157	Huracán	0,12	0,95	0	0,0350	180,3
158	Huracán	0,15	0,96	0	0,0350	27,8
159	Huracán	0,11	1,07	0	0,0350	221,0

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Conclusiones y Propuestas de Mejora

De acuerdo a los antecedentes diagnosticados, es posible señalar que la red de canales dentro del Área de Estudio se encuentra operativa en un 84% del total de tramos catastrados, presentándose un 43% del total de tramos en uso en mal estado, condición que requeriría algún grado de mejora, ya sea mediante la reconstrucción de tramos de canal, profundización, ensanchamiento, revestimiento parcial o total de tramos de canal u otra acción que permita garantizar una alta eficiencia de conducción.

Cabe destacar además que, de los tramos de canales que actualmente no se encuentran operativos (16% del total de tramos catastrados), el 99% de estos se encuentran en mal estado, lo cual requeriría en gran parte de ellos mejoras estructurales para su habilitación.

Respecto a los tramos de canal en uso que actualmente se encuentran revestidos, gran parte de ellos presentan buen estado (72% del total de tramos revestidos), requiriéndose sólo acciones de mantención en aquellos tramos en estado regular (28% de los tramos revestidos), lo cual implicaría por lo general asegurar el buen estado de los materiales utilizados para revestimiento, sean esto geomembrana, tuberías, concreto, mampostería u otros. Las necesidades de mantención de canales también se extienden en aquellos tramos no revestidos en estado regular, los cuales en general, si bien mantienen secciones regulares en sus tramos, requieren limpieza por presencia de vegetación abundante, posibles filtraciones o interferencia que requieren ser eliminadas.

A partir de los resultados obtenidos se registraron 29 canales de uso comunitarios, los cuales para el presente Estudio se consideran de prioridad intervenir para el mejoramiento de la distribución y conducción del agua para riego en el Área de Estudio. En este contexto, es preciso señalar que estos canales representan el 83,6% de la longitud total de canales catastrados, lo que corresponde a un total de 97,1 Km. De estos, sólo el 15,2% de la distancia total de tramos se encuentra en buen estado, el resto requiere algún tipo de mejora. En el Cuadro 6.3-1 se presenta a modo general las longitudes calculadas de tramos de canal que requieren algún tipo de mejora.

Respecto a las obras complementarias a la red de canales, es posible señalar requieren algún tipo de mejoras aquellas que mantienen un estado de conservación regular o malo; en este contexto destacan las “Entregas Prediales”, manteniendo el mayor número de registros con mal estado de conservación, destacando de igual forma las obras asociadas a “Bocatomas”, “cruces y atraviesos” de canales. En el Cuadro 6.3-2 se presenta el estado de conservación diagnosticado para las principales obras y singularidades diagnosticadas en los canales de uso comunitario, así como también las necesidades de obras dado la ausencia de estas.

CUADRO 6.3-1
TRAMOS DE CANAL CON POSIBILIDADES DE MEJORAMIENTO

ID	CANALES	Total Catastrado	Habilitación Tramos en desuso			Canal en Uso				
			Total en Desuso	Mejoramiento		Total en Uso	Mejoramiento Canal (Mal estado)		Mantención Canal (Estado Regular)	
				Mal Estado	Estado Regular		Canal Sin revestir	Canal Revestido	Canal Sin revestir	Canal Revestido
1	**Maitén Alto**	**1.277,6**	0,0	0,0	0,0	1.277,6	414,3	0,0	537,2	326,2
2	**Maitén Bajo**	**1.008,0**	0,0	0,0	0,0	1.008,0	971,2	0,0	30,9	5,9
3	**Quebrada Honda**	**7.628,7**	2.270,4	2.270,4	0,0	5.358,3	547,6	0,0	3.790,2	11,4
4	**Sasso bajo**	**3.876,4**	0,0	0,0	0,0	3.876,4	3.070,5	0,0	759,7	46,2
5	**Mollar**	**2.329,3**	0,0	0,0	0,0	2.329,3	861,2	0,0	183,1	987,9
6	**Palcalito**	**3.210,9**	675,7	675,7	0,0	2.535,2	1.368,4	3,7	1.120,1	36,6
7	**Habitación**	**3.668,2**	1.040,0	1.040,0	0,0	2.628,3	1.320,7	0,0	756,7	543,0
8	**Cascada**	**756,7**	3,3	3,3	0,0	753,5	702,3	0,0	51,2	0,0
9	**Arenal**	**10.874,6**	3.735,5	3.735,5	0,0	7.139,2	2.586,4	0,0	3.592,7	403,8
10	**Derrumbe**	**1.576,2**	1.576,2	1.576,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	**Estanque**	**195,7**	0,0	0,0	0,0	195,7	50,3	0,0	145,4	0,0
12	**Durazno**	**3.249,6**	0,0	0,0	0,0	3.249,6	465,0	23,4	246,7	811,5
13	**Maqui Alto**	**5.095,0**	0,0	0,0	0,0	5.095,0	358,5	6,4	4.156,9	127,0
14	**Maqui Bajo**	**3.171,8**	0,0	0,0	0,0	3.171,8	9,6	0,0	1.685,7	5,0
15	**Veguita**	**984,9**	0,0	0,0	0,0	984,9	981,2	3,7	0,0	0,0
16	**Vega**	**5.503,5**	0,0	0,0	0,0	5.503,5	4.944,3	0,0	112,4	38,8
17	**Molino Agua Amarilla**	**1.740,8**	1.740,8	1.740,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	**Colliguay Alto**	**7.595,5**	421,0	298,2	122,8	7.174,4	160,2	0,0	5.141,1	787,9
19	**Colliguay Bajo**	**3.804,4**	30,5	30,5	0,0	3.773,9	1.135,2	0,0	1.893,3	745,4
20	**Guindo**	**1.424,3**	407,3	407,3	0,0	1.017,0	688,0	0,0	138,5	0,0
21	**Carrizalito**	**1.655,7**	0,0	0,0	0,0	1.655,7	246,9	0,0	1.148,4	0,0
22	**Viña**	**4.741,7**	0,0	0,0	0,0	4.741,7	1.392,7	0,0	2.972,6	37,7
23	**Molino Viejo**	**4.879,9**	0,0	0,0	0,0	4.879,9	623,1	9,2	2.258,4	14,6
24	**Peralito**	**5.537,9**	502,3	502,3	0,0	5.035,7	630,4	0,0	2.409,1	0,0
25	**Cancha**	**5.953,1**	0,0	0,0	0,0	5.953,1	9,6	63,7	3.790,7	544,5
26	**Callejón**	**584,2**	0,0	0,0	0,0	584,2	343,6	0,0	240,6	0,0
27	**Chaguaral Bajo**	**1.311,1**	0,0	0,0	0,0	1.311,1	498,0	0,0	350,8	462,3
28	**Lomita**	**2.075,5**	7,9	0,0	7,9	2.067,6	195,2	0,0	448,0	0,0
29	**Alfaro**	**1.403,1**	187,1	187,1	0,0	1.216,0	387,1	0,0	0,0	828,9

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 6.3-2
OBRAS Y SINGULARIDADES CON POSIBILIDAD DE MEJORAS

N°	Canales	Incorporación de Obras	Principales Obras y Singularidades que requieren Mejoras				
			Bocatoma (N°)	Entrega Predial (N°)	Atravieso (N°)	Cruce (N°)	Filtraciones (N°)
1	**Maitén Alto**	-	1	32	0	0	0
2	**Maitén Bajo**	-	1	30	0	0	0
3	**Quebrada Honda**	-	1	19	1	4	1
4	**Sasso Bajo**	-	1	58	1	12	9
5	**Mollar**	-	1	28	0	1	0
6	**Cascada**	Aforador	1	5	1	0	0
7	**Habitación**	-	1	10	1	0	4
8	**Palcalito**	-	1	10	2	0	0
9	**Arenal**	-	1	24	0	6	0
10	**Derrumbe**	-	1	7	0	0	0
11	**Estanque**	-	1	2	0	0	0
12	**Durazno**	-	1	14	0	0	0
13	**Maqui Alto**	-	1	35	4	2	1
14	**Maqui Bajo**	-	1	21	2	0	0
15	**Veguita**	-	1	9	0	0	0
16	**Vega**	-	1	24	0	2	1
17	**Molino Agua Amarilla**	Aforador	1	2	0	0	0
18	**Colliguay Alto**	-	1	10	0	5	3
19	**Colliguay Bajo**	-	1	54	0	2	0
20	**Carrizalito**	Aforador	1	21	0	0	1
21	**Viña**	-	1	17	0	3	4
22	**Molino Viejo**	Compuerta de Regulación	1	20	2	1	0
23	**Peralito**	-	1	11	1	2	0
24	**Cancha**	-	1	18	0	2	0
25	**Guindo**	Compuerta de Regulación; Aforador	1	11	0	0	0
26	**Callejón**	-	1	6	0	0	0
27	**Chaguaral Bajo**	Compuerta de Regulación; Aforador	1	14	0	0	2
28	**Lomita**	Compuerta de Regulación; Aforador	1	24	0	0	0
29	**Alfaro**	Aforador	1	11	0	0	0
-	**TOTAL**		**29**	**547**	**15**	**42**	**26**

Fuente: Elaboración propia.

7. MODELO OPERACIONAL

7.1. Introducción

En el presente Capítulo se describe el Modelo Operación del sistema hídrico del Río Mostazal, el cual se implementó en la Situación Actual y los Escenarios de la Situación Futura Con Proyecto. El modelo ha sido construido en escala mensual. Los datos de entrada requeridos fueron obtenidos a partir del Estudio Agroeconómico (sectores de riego, demandas de riego, eficiencias de riego), Catastro de canales (pérdidas por conducción), Estudio Hidrológico (serie de caudales modelados para los distintos cursos de agua aportantes al área de estudio), entre otras fuentes de información.

Como ya fue dicho, el modelo acá presentado opera en la escala de tiempo mensual, por lo cual no es capaz de abordar aspectos propios de una operación a nivel diario o subdiario como, por ejemplo, los turnos de riego (comúnmente definidos para intervalos de tiempo inferiores a 24 horas). Asimismo, la demanda de agua se utiliza de forma agregada espacialmente por sector de riego, es decir, considera que existe un solo polo de demanda por sector, cuyo requerimiento es satisfecho de forma simultánea en toda su extensión.

7.2. Objetivos

El propósito general de este modelo es calcular los balances, a nivel mensual, de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la zona de estudio para la Situación Actual y los Escenarios de la Situación Futura Con Proyecto, usando como datos de entrada, los caudales proporcionados por el modelo hidrológico, el hidrogeológico y las demandas de riego estimadas en el estudio agroeconómico tanto para la Situación actual como Con Proyecto, entre otras variables.

Los objetivos específicos del modelo son los siguientes:

- Representar los balances de oferta y demanda de agua de riego en la zona de estudio a escala mensual para la Situación Actual y distintos escenarios futuros.
- Calcular la superficie regable en Situación Actual y Con Proyecto considerando una seguridad de riego del 85%.
- Calcular los volúmenes óptimos del o los embalses necesarios para alcanzar la Seguridad de Riego del 85% en cada escenario futuro y en cada sector de riego.

7.3. Esquema General del Modelo (Topología)

El modelo acá desarrollado ha sido construido en la plataforma WEAP, la cual posee los elementos y versatilidad necesarios para poder modelar sistemas complejos.

En la Figura 7.3-1 se ilustra un esquema general del modelo desarrollado, dado el nivel de detalle que se maneja. En resumen, los ríos Mostazal y San Miguel abastecen al valle del río Mostazal, ambos poseen caudales de cabecera que fueron estimados mediante modelación hidrológica. A lo largo del recorrido existen extracciones por parte de 4 sectores de riego. Cada sector de riego obtiene agua del río a través de un "Transmission link" (o links de transferencia), lo que en la realidad equivale a un canal de riego. Cada canal puede ser configurado con una eficiencia de conducción y una capacidad máxima entre otras características. Además, existen los "return flow" (flujos de retorno), que corresponden a links que permiten transferir el agua desde las zonas de riego de vuelta hasta el río (derrames de riego) o bien hacia el acuífero (infiltración). En situación futura también se considera la existencia de embalses, los que serán incorporados según la configuración de cada alternativa de proyecto. Finalmente, existe un gran acuífero que posee distintas entradas y salidas según las conexiones establecidas al interior del mismo modelo.

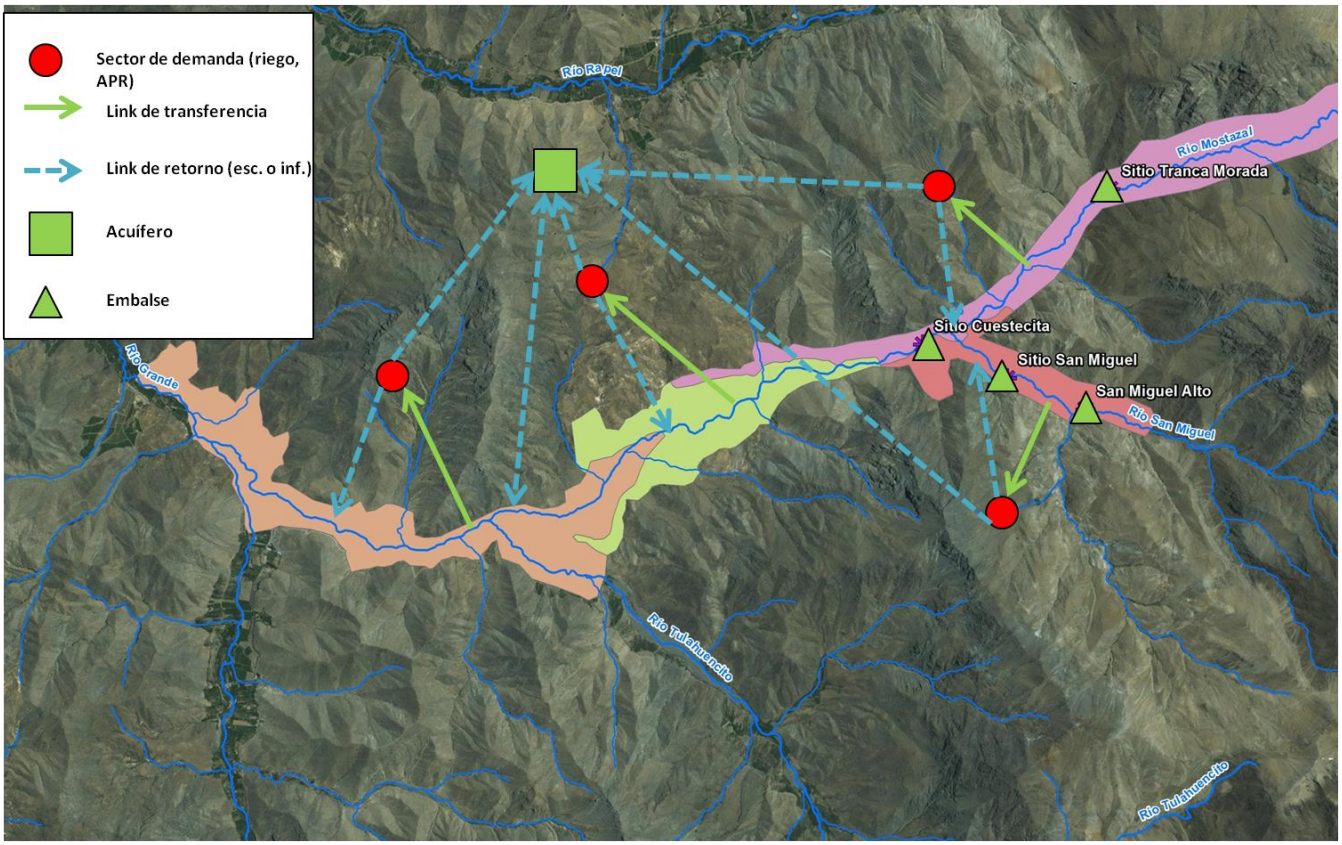


FIGURA 7.3-1
ESQUEMA GENERAL DEL MODELO DESARROLLADO
Fuente: Elaboración propia.

7.4. Elementos del Modelo

7.4.1. Ríos

Los ríos que se incorporaron al modelo corresponden tanto a los cauces principales (Ríos Mostazal, San Miguel y Tulahuencito) como a los aportes laterales (quebradas menores). El Gráfico 7.4.1-1 muestra los caudales medios mensuales de los principales aportes. Los caudales medios anuales de los ríos Mostazal y San Miguel en sus cabeceras son 0,74 m^3/s y 1,46 m^3/s respectivamente.

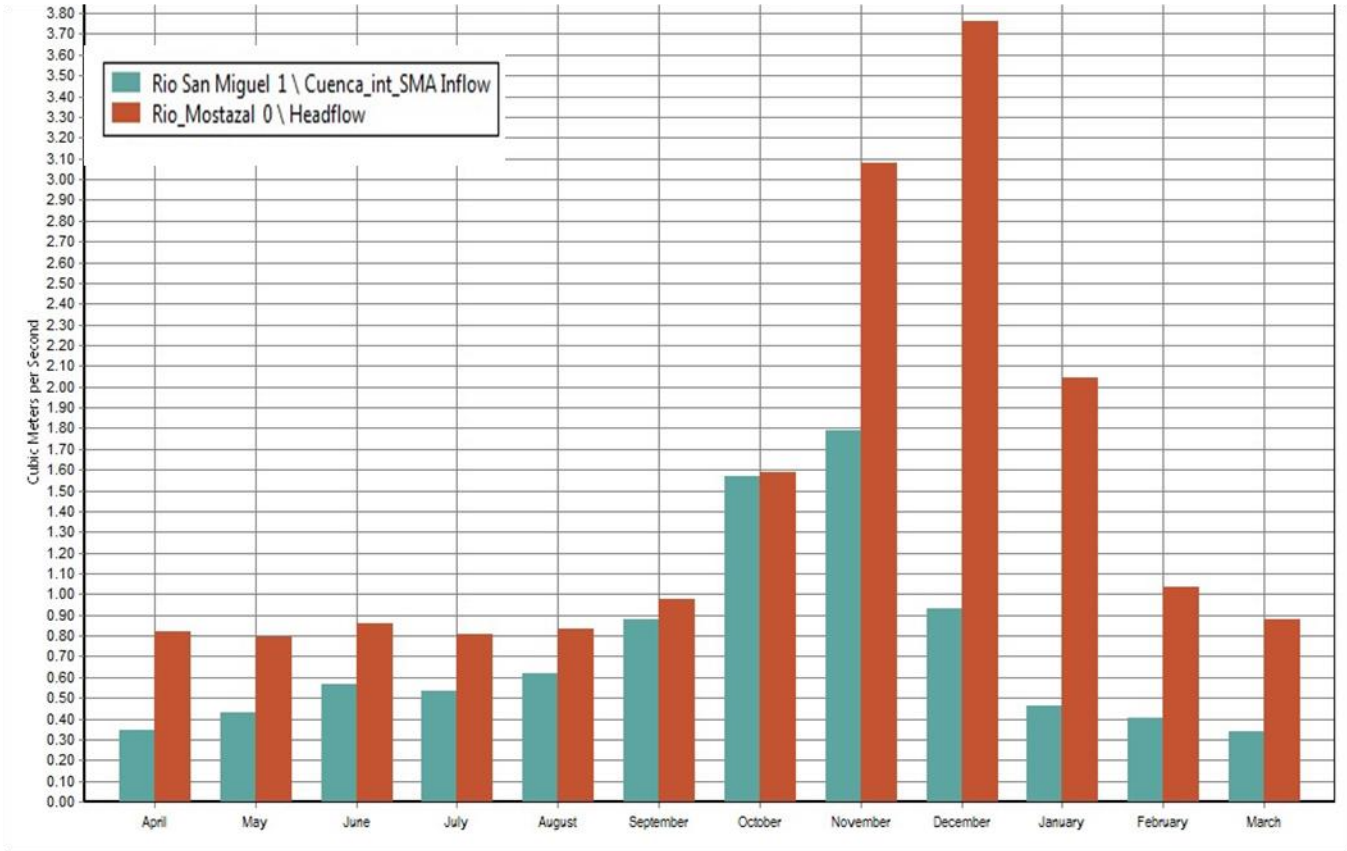


GRÁFICO 7.4-1-1
CAUDALES DE CABECERA PRINCIPALES DEL MODELO (MEDIAS MENSUALES)
Fuente: Elaboración propia.

7.4.2. Sectores de Riego

Los sectores de riego son 4 y a cada uno de ellos les fue ingresada la demanda bruta en predio a nivel mensual y su superficie. Dicha información puede verse en el Cuadro 7.4.2-1 y en el Gráfico 7.4.2-1.

CUADRO 7.4.2-1
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS SECTORES DE RIEGO

Sector	Superficie (ha)	Demandas (m^3/ha/mes)												
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
1	168,3	931	168	0	0	85	810	1.445	2.052	2.255	2.287	2.171	1.800	14.004
2	376	280	19	0	0	10	321	806	1.155	1.343	1.356	1.251	842	7.384
3	540,2	560	147	25	4	88	510	1.010	1.430	1.752	1.775	1.661	1.172	10.134
SM	63	1.235	366	0	0	203	990	1.438	2.026	2.090	2.326	2.104	1.946	14.724

Fuente: Elaboración propia.

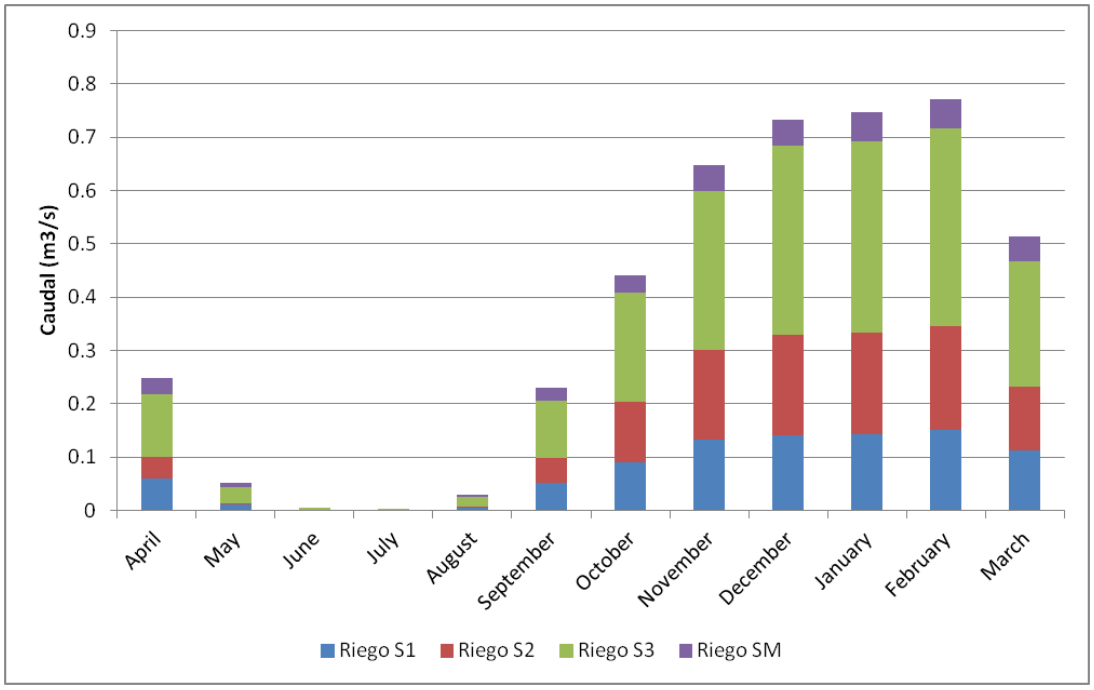


GRÁFICO 7.4-2-1
DEMANDAS DE RIEGO POR SECTOR (PROMEDIOS MENSUALES)
Fuente: Elaboración propia.

La eficiencia de aplicación intrapredial también se obtiene del Estudio Agroeconómico, y pueden verse en el Cuadro 7.4.2-2.

CUADRO 7.4.2-2
PÉRDIDAS POR CANAL

Sector	Eficiencia de aplicación (%)
Riego S1	35,9
Riego S2	74,2
Riego S3	59,8
Riego SM	37,4

Fuente: Elaboración propia.

7.4.3. Canales (Transmission Links)

Para efectos del modelo, y tal como fue mencionado anteriormente, cada sector de riego posee un solo gran canal, el cual representa a todos los canales existentes en la realidad, pero en forma agregada. Cada canal capta el caudal del río en función de la demanda de su respectivo sector de riego, limitado por los derechos de agua, los que actúan como límite superior de la captación (capacidad máxima), intentando satisfacer su requerimiento de agua considerando las pérdidas por conducción (infiltración y roturas) a las que está sometido. Las pérdidas del canal van directamente al acuífero. Los derechos de aprovechamiento de agua por sector han sido obtenidos sumando las acciones de cada canal presente en cada sector. El Cuadro 7.4.3-1 muestra las pérdidas adoptadas para cada canal y su capacidad máxima dada por los derechos de aprovechamiento de cada sector. El detalle cálculo de las pérdidas de los canales puede verse en el Anexo 7-1.

CUADRO 7.4.3-1
PÉRDIDAS POR CANAL

Sector	Pérdida (% del caudal entrante)	Capacidad máxima (derechos de agua) (l/s)	Fracción alícuota para períodos de escasez (%)
Riego S1	16	975	29,4
Riego S2	18	1.040	31,4
Riego S3	17	1.300	39,2
Riego SM	16	320	39,2

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4. Flujos de Retorno (Return Flow)

Los flujos de retorno transportan el agua que se pierde en los sectores de riego, producto de la ineficiencia de aplicación de los distintos métodos de riego, de vuelta al río (derrames de riego) o bien hacia el acuífero (infiltración). El Cuadro 7.4.4-1 muestra los valores medios utilizados, los que han sido estimados en el Estudio Agroeconómico.

CUADRO 7.4.4-1
FLUJOS DE RETORNO

Flujo de retorno	Destino	% del caudal efluente de riego
Desde Riego S1	Hacia río	68
	Hacia acuífero	32
Desde Riego S2	Hacia río	50
	Hacia acuífero	50
Desde Riego S3	Hacia río	59
	Hacia acuífero	41
Desde Riego SM	Hacia río	68
	Hacia acuífero	32

Fuente: Elaboración propia.

7.4.5. Acuífero

En este modelo, el acuífero actúa como un reservorio simple, el cual se va llenando y vaciando en función de las entradas y salidas. El balance hídrico del acuífero se encuentra en concordancia con lo establecido en el estudio hidrogeológico, de modo tal que el comportamiento de este elemento sea lo más parecido posible entre ambos modelos. Las entradas y salidas factibles de ser representadas pueden verse en el Cuadro 7.4.5-1.

CUADRO 7.4.5-1
ENTRADAS Y SALIDAS DEL ACUÍFERO

Tipo de flujo	Flujo	Incorporado en el presente modelo
Entradas	Recarga natural	Si
	Infiltración de riego	Si
	Infiltración de canales	Si
	Infiltración de cauce	Si
Salidas	Afloramiento hacia el cauce	Si
	Extracciones de riego	No
	Caudal afluente en la salida del área de estudio	Si
	Extracciones de agua potable (APR)	Si

Fuente: Elaboración propia.

7.4.6. Embalses

Las distintas alternativas de embalse serán incorporadas al momento de modelar los escenarios futuros de la situación con proyecto.

7.4.7. Demanda de Agua Potable

Las demandas de agua potable en el área de estudio, corresponden a 3 APR, cuyos caudales de extracción suman 15,2 l/s, pero con un turno de extracción de 12 horas por día en los 3 casos. Dicho caudal llevado a m^3/mes asciende a 16.699,2 m^3/mes. El Cuadro 7.4.7-1 muestra el detalle de cada APR.

CUADRO 7.4.7-1
PRINCIPALES RESULTADOS EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA
POR POZO PROFUNDO

Característica	APR Pedregal	APR El Maqui	APR Colliguay
Tipo de obra	Pozo Profundo	Pozo Profundo	Pozo Profundo
Propietario/Propiedad	APR Pedregal	APR El Maqui	APR Colliguay
Localidad	Pedregal	El Maqui	Colliguay Alto
Caudal Asignado/Solicitado (l/s)	3,5	6	5,7
Coordenada Norte	6585636	6588427	6585345
Coordenada Este	336790	341598	333677
Estado	Bueno	Bueno	Bueno
Antigüedad [Años]	32	-	20
Uso	Potable	Potable	Potable
Uso Horas día (Actual)	12,00	12,00	12,00
Periodo de uso	Todo el año	Todo el año	Todo el año

Fuente: Elaboración propia.

7.5. Cálculo de la Seguridad de Riego

La Seguridad de Riego (*SR*) para la zona de estudio, se determina como el porcentaje de años sin falla. Se calcula mediante la Ecuación 7.5-1.

$$SR = 100 \cdot \frac{N - N_{falla}}{N} \qquad \text{Ec.7.5-1}$$

Donde *N* es el número total de años de modelación y *Nfalla* es el número de años fallados. Para la determinación de "año fallado", se adopta el criterio de cálculo establecido en el Ley 18.450, esto es, que se considera año fallado a aquel en que en un mes se entregue menos del 85% de la demanda o cuando en dos meses consecutivos se entregue menos del 90% de la demanda.

La satisfacción de la demanda (*SD*) está dada por la ecuación 7.5-2.

$$SD_t = 100 \cdot \frac{Q_{entrega_t}}{Q_{riego_t}} \qquad \text{Ec.7.5-2}$$

Donde $Q_{entrega}$ es el caudal entregado en predio, mientras que Q_{riego} es el caudal de riego demandado.

7.6. Modelación Situación Actual

7.6.1. Balance Hídrico del Acuífero

El modelo ha sido calibrado de modo tal que el afloramiento final del acuífero sea concordante con lo obtenido en el modelo hidrogeológico, esto es entorno a los 141,3 l/s (valor medio entre los resultados del modelo conceptual hidrogeológico y el modelo numérico hidrogeológico) que deben pasar del acuífero hacia el río al final del área de estudio. A esos 141,3 l/s se debe sumar el caudal subterráneo saliente por la sección transversal del acuífero, estimado en 22,1 l/s, quedando en un total de 163,4 l/s.

Sin embargo, el valor anterior debe ser corregido levemente ya que el dominio del Modelo Hidrogeológico es más pequeño que el dominio del Modelo Operacional en WEAP, esto debido a que el primero llega hasta Carén (confluencia de Río Mostazal con Río Grande y el segundo abarca hasta el final de la zona de riego del Sector 3 (aproximadamente 1/3 más de superficie en el Sector 3 para el modelo WEAP respecto de Modelo Hidrogeológico). El caudal final buscado entonces es de 192,3 l/s, que corresponde a toda el agua neta que debe salir del Acuífero en promedio, sumando los afloramientos al final del área de estudio más el caudal subterráneo saliente por la sección transversal subterránea. Lo anterior se realizó ajustando (calibrando) como parámetro, el Volumen Total del acuífero (Vac).

El valor obtenido en la calibración del Vac, fue de 21 hm^3. No obstante esto, debe tenerse en cuenta que este valor corresponde a un parámetro efectivo, que tiene por objetivo alcanzar el comportamiento buscado del sistema, sin necesariamente ser realista, ya que, en este caso, el acuífero en WEAP actuó más bien como una "caja negra". Lo anterior obedece a la intención de modelar en forma paralela (no integrada) la parte superficial (WEAP) y la parte subterránea (MODFLOW), para lo cual se considera que el comportamiento del acuífero queda válidamente representado en MODFLOW, mientras que en WEAP sólo es un elemento de acople que se usa para ajustar el balance.

El Gráfico 7.6.1-1 muestra el resultado del balance del acuífero en promedio mensual. En dicho Gráfico, el componente que resume el afloramiento neto en la salida del área de estudio, más el caudal de salida subterráneo a través de la sección transversal del acuífero se denomina "Q overflow" y corresponde al resultado final del balance subterráneo, cuyo valor medio debe ser lo más cercano posible a los 192,3 l/s obtenidos a partir de lo realizado en el Capítulo 7.

Tal como ya fue dicho anteriormente, el valor buscado del "Q overflow", fue alcanzado mediante la calibración del Vac. El valor medio obtenido del "Q overflow" fue de 191,9 l/s, lo que corresponde a una diferencia del 0,2% respecto del valor buscado (192,3 l/s), lo cual resulta bastante aceptable.

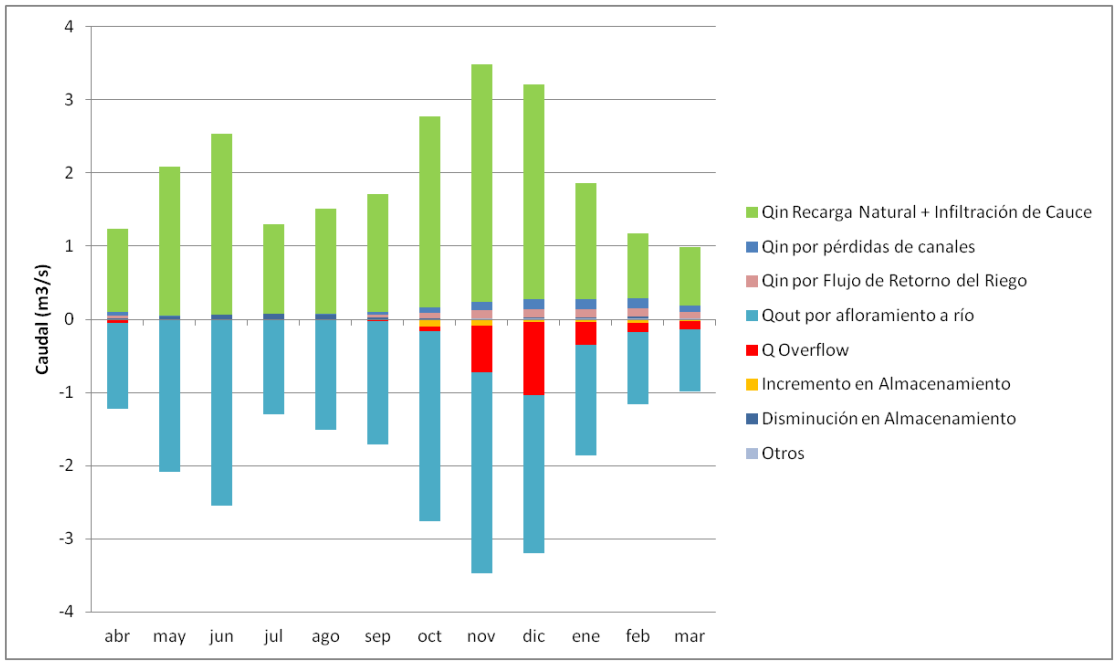


GRÁFICO 7.6.1-1
BALANCE HÍDRICO DEL ACUÍFERO A NIVEL PROMEDIO MENSUAL
Fuente: Elaboración propia.

A modo de verificación, se realizó un chequeo de los caudales superficiales en la salida del Área de Estudio, esto es en la estación "Río Mostazal en Carén", comparando los caudales observados (Qobs) v/s los modelados (Qmod). La verificación se hizo a nivel de promedios mensuales y promedio anual y constituye un medio de validación del modelo operacional.

El Gráfico 7.6.1-2 muestra la comparación entre los Qobs y Qmod en la estación "Río Mostazal en Carén". Como puede verse, existe un ajuste gráfico aceptable. El modelo es capaz de reproducir el comportamiento estacional de manera adecuada. El coeficiente de Nash-Sutcliffe obtenido en este caso es de 0,86. Por otro lado, el Qmod medio anual es de 1.410 l/s mientras que el Qobs medio anual es de 1.416 l/s, esto es, una diferencia del 0,4%. De acuerdo con estos resultados obtenidos, puede concluirse que el modelo operacional de la situación actual, cumple con lo necesario para ser validado.

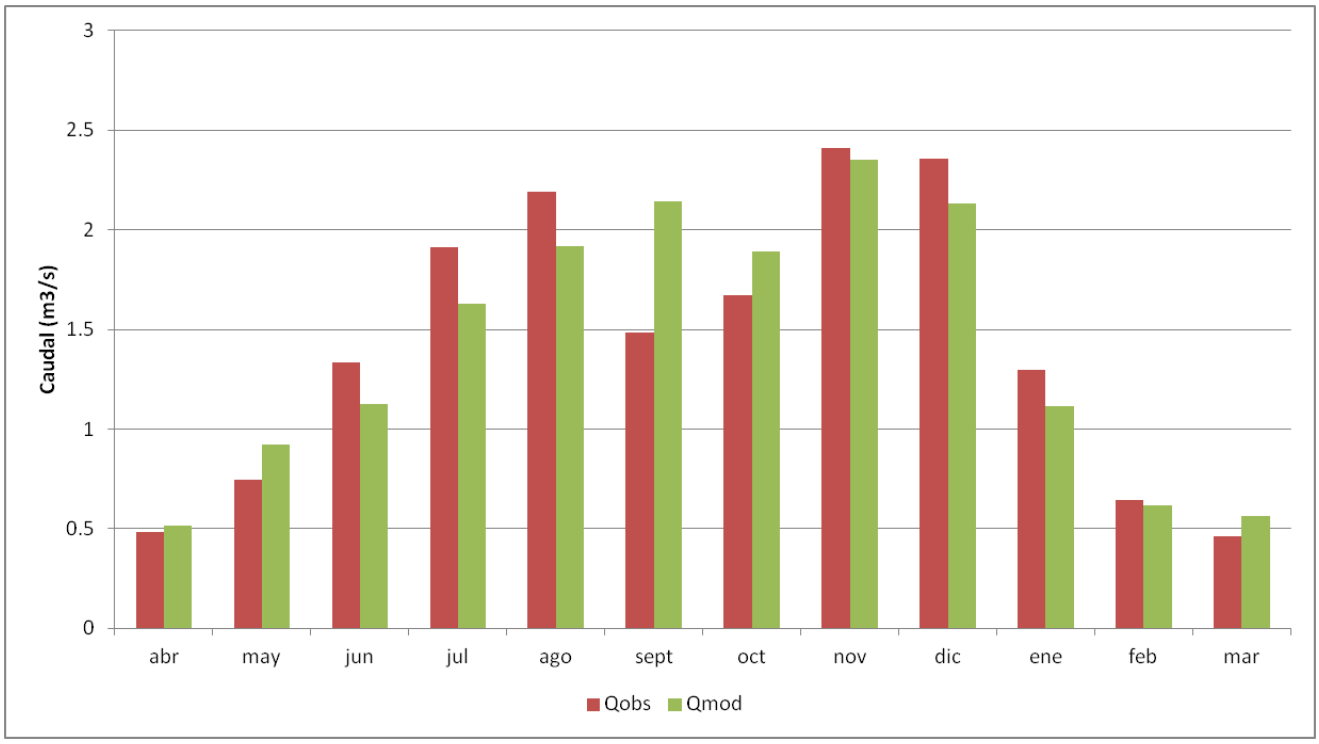
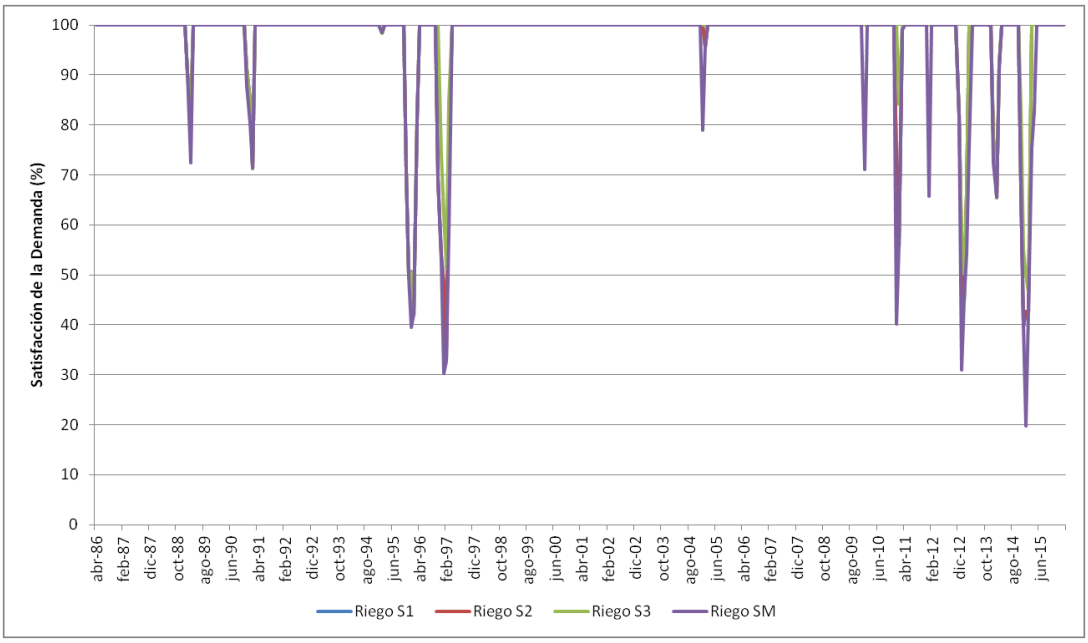


GRÁFICO 7.6.1-2
BALANCE HÍDRICO DEL ACUÍFERO A NIVEL PROMEDIO MENSUAL
Fuente: Elaboración propia.

7.6.2. Satisfacción de la Demanda Obtenida (SD)

En general se advierte una satisfacción de la demanda media a lo largo del período modelado. Existen entre 8 y 11 años en que la SD baja del 85% en al menos un mes al año. La disminución de la SD ocurre producto de una disminución en la disponibilidad hídrica. El Gráfico 7.6.2-1 muestra la serie completa de SD. Como puede verse, la SD cae por debajo del 85% en los meses de verano. En el Gráfico 7.6.2-1 también puede verse la SD a nivel de promedio mensual, donde se advierte que los meses más críticos son enero y febrero, siendo este último el más crítico.

SERIE DE TIEMPO COMPLETA



PROMEDIOS MENSUALES

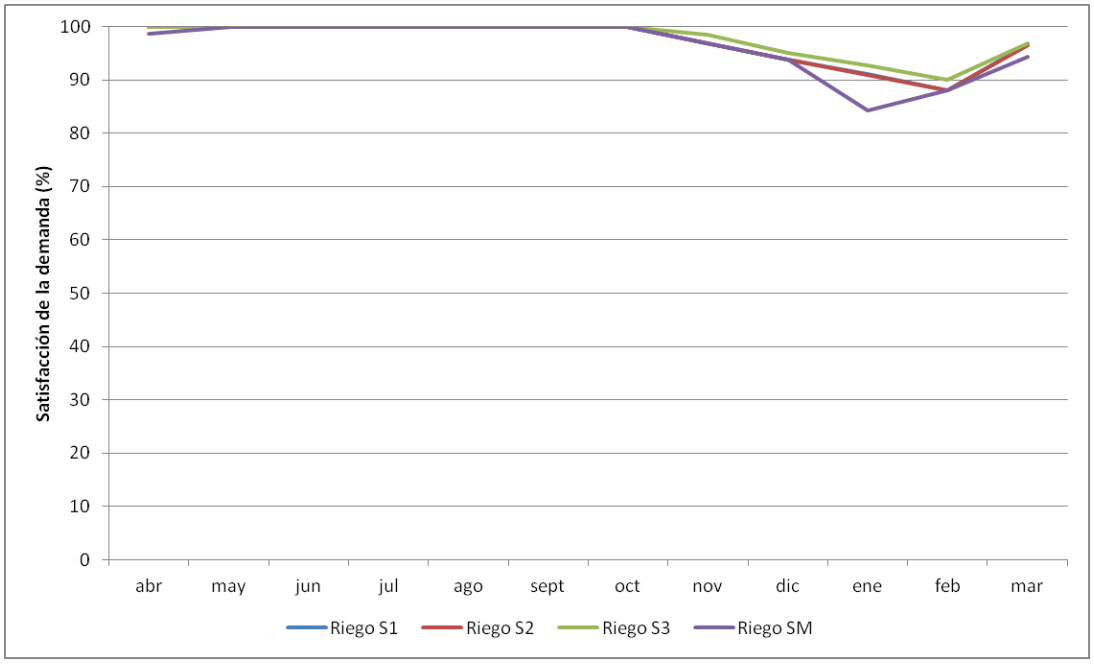


GRÁFICO 7.6.2-1
SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA POR SECTOR DE RIEGO
Fuente: Elaboración propia.

7.6.3. Seguridad de Riego (SR)

A partir de los resultados de satisfacción de demanda (SD) obtenida para toda la serie de tiempo modelada, y empleando la Ecuación 7.5-1, se ha obtenido una SR actual del 70,83% en promedio

para los 4 sectores de riego. El Cuadro 7.6.3-1 muestra los resultados de SR para cada sector de riego por separado.

CUADRO 7.6.3-1
SEGURIDAD DE RIEGO EN SITUACIÓN ACTUAL

Sector de Riego	Años Fallados	Seguridad de Riego (%)	Satisfacción de la Demanda (%)
S1	8	73,33	97,20
S2	8	73,33	97,19
S3	8	73,33	97,76
SM	11	63,33	96,33

Fuente: Elaboración propia.

Todos los resultados del modelo en Situación Actual pueden verse en el Anexo 7-2, en formato digital WEAP.

7.7. Modelación Situación Con Proyecto

7.7.1. Escenarios de Modelación

Los Escenarios a modelar en la Situación Futura Con Proyecto corresponden a un total de 13, que se configuran según la presencia o ausencia de los siguientes proyectos o modificaciones:

- Presencia o ausencia de Embalse Tranca Morada (TM)
- Presencia o ausencia de Embalse San Miguel Alto (SMA)
- Presencia o ausencia de mejoramiento de canales (disminución de pérdidas)
- Superficie de riego actual o máxima regable

De este modo, los 13 Escenarios futuros quedan definidos según Cuadro 7.7.1-1.

A continuación, se detalla en qué consisten los cambios para cada elemento determinante, además de otros elementos que han sido incorporados a la Situación Futura y que no existen en la actual.

Los 13 Escenarios de la Situación Con Proyecto se pueden dividir entre los modelados conservando la superficie de riego actual, 1.147 ha totales, y los que maximizan la superficie incorporando los terrenos que en el presente se cultivan en secano, alcanzando con esto 1.787 ha totales. En ambos casos se utilizan las tasas de riego futuras, dada la nueva estructura de cultivos y métodos de riego propuestos. En el Cuadro 7.7.1-2 se detallan las demandas futuras, mientras que en el Cuadro 7.7.1-3 se detallan las superficies de riego actuales y máximas por sector.

CUADRO 7.7.1-1
DESCRIPCIÓN ESCENARIOS

n	Código Escenario	Descripción	Elementos determinantes				
			TM	SMA	Mej. Canales	Superficie de riego	
						Actual	Máxima
1	E11	Embalse Tranca Morada	X			X	
2	E12	Embalse Tranca Morada más mejoramiento de canales	X		X	X	
3	E13	Embalse Tranca Morada más mejoramiento de canales y con superficie de riego máxima	X		X		X
4	E14	Embalse Tranca Morada con superficie de riego máxima	X				X
5	E21	Embalse San Miguel Alto		X		X	
6	E22	Embalse San Miguel Alto más mejoramiento de canales		X	X	X	
7	E23	Embalse San Miguel Alto más mejoramiento de canales y con superficie de riego máxima		X	X		X
8	E24	Embalse San Miguel Alto con superficie de riego máxima		X			X
9	E31	Embalses San Miguel Alto y Tranca Morada	X	X		X	
10	E32	Embalses San Miguel Alto y Tranca Morada más mejoramiento de canales	X	X	X	X	
11	E33	Embalses San Miguel Alto y Tranca Morada más mejoramiento de canales y con superficie de riego máxima	X	X	X		X
12	E34	Embalses San Miguel Alto y Tranca Morada con superficie de riego máxima	X	X			X
13	E41	Mejoramiento de canales			X	X	

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 7.7.1-2
DEMANDAS DE RIEGO FUTURAS

Sector	Demandas (m^3/ha/mes)												
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
1	484	8	0	0	2	395	841	1.331	1.492	1.516	1.481	1.173	**8.723**
2	308	24	1	0	16	352	798	1.118	1.324	1.296	1.210	832	**7.279**
3	532	170	36	7	85	418	799	1.137	1.450	1.480	1.407	999	**8.519**
SM	274	0	0	0	0	238	611	958	1.091	1.123	1.070	776	**6.141**

Fuente: Elaboración propia.

El mejoramiento de canales tiene por objeto, disminuir las pérdidas por conducción respecto de las actuales. El valor de referencia fijado para la Situación Futura es de 5%. El Cuadro 7.7.1-4 muestra las pérdidas actuales y futuras con mejoramiento.

CUADRO 7.7.1-3
SUPERFICIES DE RIEGO ACTUALES Y MÁXIMAS

Sector	Superficie actual (ha)	Superficie máxima (ha)
Riego S1	168	499
Riego S2	376	482
Riego S3	540	559
Riego SM	63	247
Total	1.147	1.787

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, tanto el Embalse Tranca Morada, como el San Miguel Alto serán evaluados en distintos Volúmenes útiles entre los 0 y los 5 hm^3. Los volúmenes totales están dados por la suma entre los Volúmenes Útiles y los Volúmenes Muertos. Estos últimos han sido estimados en el presente Estudio, usando como referencia las tasas de sedimentación calculadas en el diseño del Embalse Piuquenes, ubicado en Estero Derecho. Dichos valores estimados corresponden a 0,99 y 0,55 hm^3 para Tranca Morada y San Miguel Alto, respectivamente.

CUADRO 7.7.1-4
PÉRDIDAS POR CANAL (% DEL CAUDAL ENTRANTE)

Sector	Situación Actual	Situación Mejorada
Riego S1	16	5
Riego S2	18	5
Riego S3	17	5
Riego SM	16	5

Fuente: Elaboración propia.

En situación futura, también se consideraron los caudales ecológicos (Qeco) de los embalses. Para la determinación de su valor, se consideraron los criterios estipulados en el DS N°14 del Ministerio del Medio Ambiente, "Reglamento para la determinación del Caudal Ecológico Mínimo" del año 2013 y actualizado en el año 2015 por el DS N°71.

Considerando la situación de derechos del proyecto actual, en este documento se indica que *"Para aquellos cauces donde se constituyeron derechos con un caudal ecológico mínimo del menor 50% del caudal con 95% de probabilidad de excedencia, se considerará como caudal ecológico mínimo el 50% del caudal con 95% de probabilidad de excedencia para cada mes, con las restricciones siguientes:*

i) Para aquellos meses, en los cuales el 50% del caudal con 95% de probabilidad de excedencia es menor al 20% del caudal medio anual, el caudal ecológico mínimo será el 50% del caudal con probabilidad de excedencia del 95%

ii) Para aquellos meses, en los cuales el 50% del caudal con 95% de probabilidad de excedencia es mayor al 20% del caudal medio anual, el caudal ecológico mínimo, en esos meses, será el 20% del caudal medio anual."

Es así como los caudales ecológicos resultantes para la zona del punto de captación de este proyecto son los que se aprecian en el Cuadro 7.7.1-5.

CUADRO 7.7.1-5
CAUDAL ECOLÓGICO (m^3/s)

Mes	Tranca Morada	San Miguel Alto
Abr	0,100	0,033
May	0,104	0,044
Jun	0,120	0,055
Jul	0,146	0,065
Ago	0,138	0,064
Sep	0,163	0,073
Oct	0,128	0,065
Nov	0,087	0,051
Dic	0,081	0,030
Ene	0,098	0,016
Feb	0,085	0,026
Mar	0,100	0,030
Anual	0,100	0,033

Fuente: Elaboración propia.

El último elemento que debió ser incorporado a todos los escenarios de la Situación Futura, son los nuevos Derechos de Agua, recientemente otorgados por la DGA a Humberto Bermúdez en el río Mostazal aguas arriba del muro del embalse Tranca Morada. Dichos Derechos son tanto permanentes como eventuales, de carácter no consuntivo y de uso continuo. El punto de devolución de las aguas está ubicado aguas abajo del muro del embalse Tranca Morada. El Cuadro 7.7.1-6 muestra los caudales asociados a estos derechos y también el Qeco definido para el mismo.

CUADRO 7.7.1-6
NUEVO DERECHO DE APROVECHAMIENTO DE AGUA (m^3/s)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Permanentes	0,11	0,08	0,09	0,09	0,12	0,14	0,13	0,13	0,16	0,17	0,14	0,11
Eventuales	1,55	0,74	0,56	0,53	0,47	0,47	0,57	0,7	1,01	2,01	2,26	2,29
Q eco	0,05											

Fuente: Elaboración propia. en base de información DGA

7.7.2. Resultados

7.7.2.1. Escenarios Con Embalse Tranca Morada (E11 a E14)

En el Gráfico 7.7.2.1-1 se muestra el resultado de la Seguridad de Riego (SR) para los 4 escenarios que consideran la sola presencia del embalse Tranca Morada (TM). Como puede verse, sólo en E12 se alcanza una SR mínima del 85% para los 4 sectores de riego, ante un volumen útil del embalse de 1,5 hm^3. Por su parte, en E13 y E14 no es posible llegar a la SR mínima buscada para todos los sectores ya que la superficie de riego es demasiado alta.

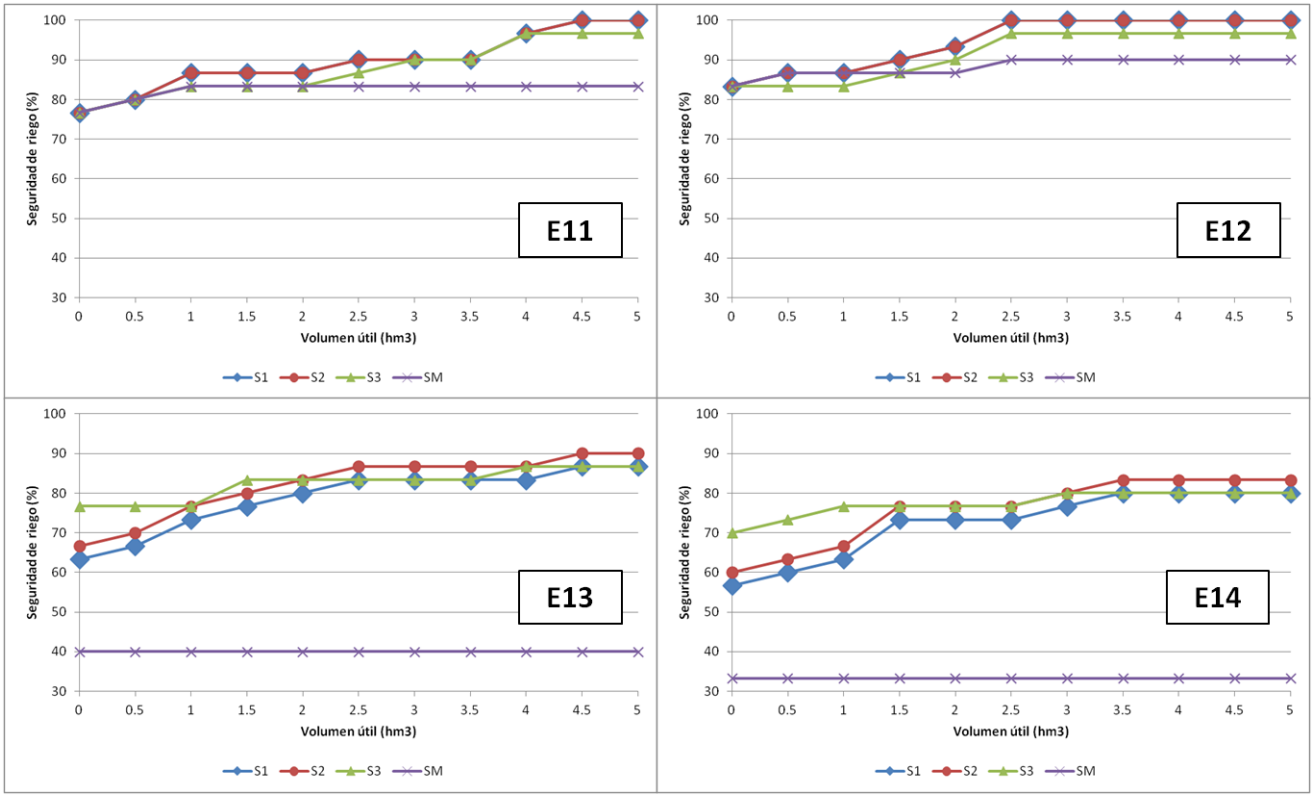


GRÁFICO 7.7.2.1-1
SEGURIDAD DE RIEGO PARA ESCENARIOS E11 A E14
Fuente: Elaboración propia.

7.7.2.2. Escenarios Con Embalse San Miguel Alto (E21 a E24)

En el Gráfico 7.7.2.2-1 se muestra el resultado de la Seguridad de Riego (SR) para los 4 escenarios que consideran la sola presencia del Embalse San Miguel Alto (SMA). Como puede verse, sólo en E21 y E22 se alcanza una SR mínima del 85% para los 4 sectores de riego, ante un volumen útil del Embalse SMA de 2,5 y 1,5 $hm^{3,}$ respectivamente. Por su parte, en E23 y E24 no es posible llegar a la SR mínima buscada para todos los sectores ya que la superficie de riego es demasiado alta.

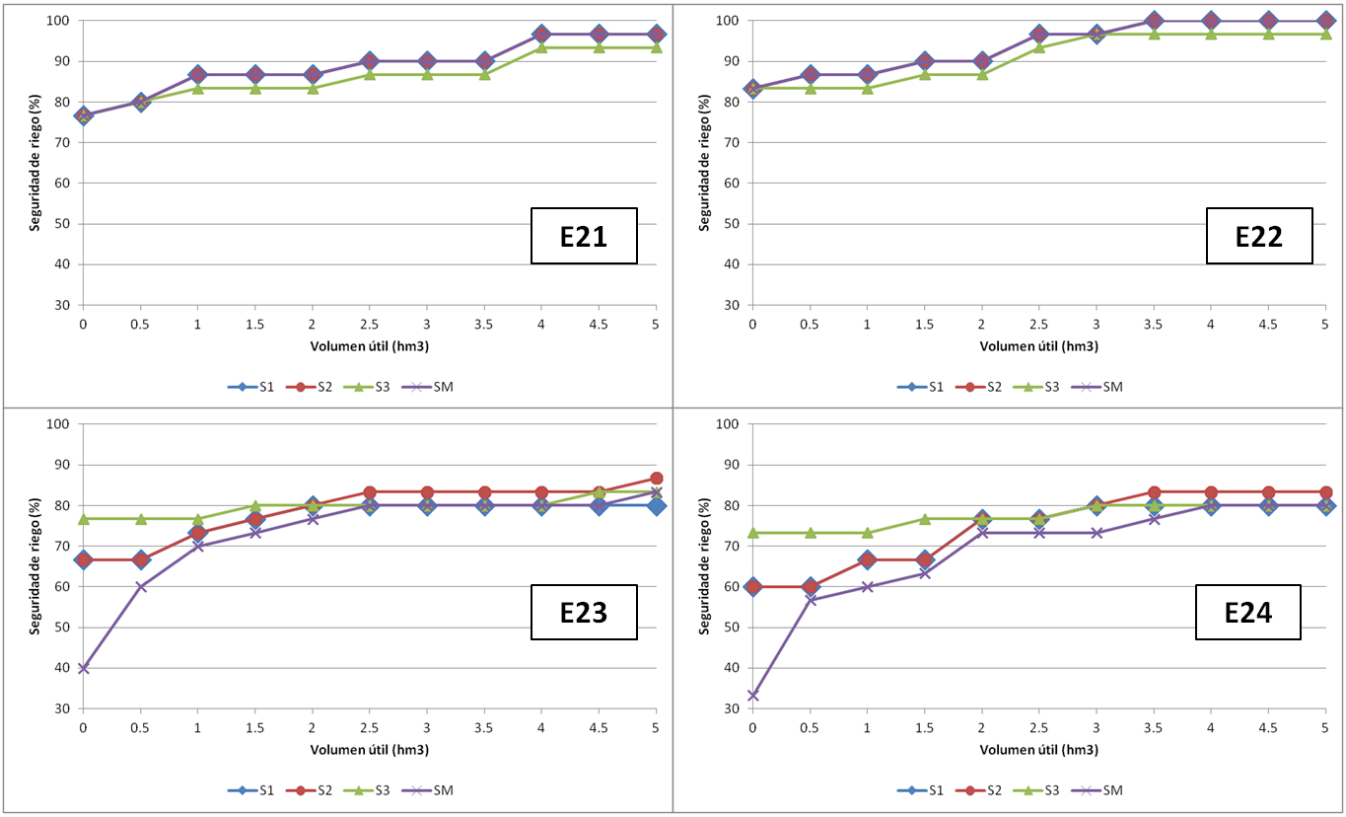


GRÁFICO 7.7.2.2-1
SEGURIDAD DE RIEGO PARA ESCENARIOS E21 A E24
Fuente: Elaboración propia.

7.7.2.3. Escenarios Con Embalses Tranca Morada y San Miguel Alto (E31 a E34)

En las Figuras 7.7.2.3-1 a 7.7.2.3-4 se muestran los resultados de la Seguridad de Riego (SR) para los 4 escenarios que consideran la presencia de los Embalses San Miguel Alto (SMA) y Tranca Morada. Como puede verse, ahora la SR buscada es función del volumen acumulado en ambos embalses, es decir, no existe una única combinación de tamaños que permitan alcanzar una SR mínima del 85%, sino varias. Deben encontrarse aquellas combinaciones de tamaños que satisfagan la SR buscada en todos los sectores de riego.

Para facilitar la comprensión de la solución, se presenta además la Figura 7.7.2.3-5, en la cual se encuentran filtrados los resultados de cada escenario, ya considerando lo mínimo requerido para cumplir con todos los sectores de riego. En dicha figura, las celdas con el valor 1, indican que la combinación de volúmenes embalsados permite cumplir con la SR mínima buscada en todos los sectores de riego, mientras que las celdas con valor 0 indican que la SR no se cumple para todos los sectores de riego.

Como puede verse en la Figura 7.7.2.3-5, para cada escenario existen varias combinaciones de tamaños de embalse TM y SMA que permiten alcanzar las SR buscadas. En el caso de E31 sirve cualquier combinación de tamaños que sumen 2,5 hm^3, partiendo de un volumen mínimo de 0,5 hm^3

en cualquiera de los 2 casos. En E32 es similar, pero la combinación de tamaños debe sumar 1,5 hm^3. Para E33 la combinación de tamaños debe sumar 5 hm^3 con un mínimo de 1 hm^3 para TM y 2 hm^3 para SMA. Finalmente, en E34 se requiere una suma de tamaños igual a 7,5 hm^3 con un mínimo de 2,5 hm^3 para TM y 4 hm^3 para SMA.

S1	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	73	77	83	83	83	87	87	87	93	97	97
0.5	77	83	83	83	87	87	90	97	97	97	97
1	83	83	83	87	87	90	97	97	97	97	97
1.5	83	83	87	87	90	97	97	97	97	97	97
2	83	87	87	87	97	97	97	97	97	97	97
2.5	87	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97
3	87	87	93	93	97	97	97	97	97	97	97
3.5	87	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97
4	93	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97
4.5	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
5	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97

S3	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	77	80	83	83	83	87	90	90	97	97	97
0.5	80	83	83	83	87	90	90	97	97	97	97
1	83	83	83	87	90	90	97	97	97	97	97
1.5	83	83	87	90	90	97	97	97	97	97	97
2	83	87	87	90	97	97	97	97	97	97	97
2.5	87	87	87	97	97	97	97	97	97	97	97
3	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97	97
3.5	87	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97
4	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4.5	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
5	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97

S2	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	73	77	83	83	83	87	87	87	93	97	97
0.5	77	83	83	83	87	87	90	97	97	97	97
1	83	83	83	87	87	90	97	97	97	97	97
1.5	83	83	87	87	90	97	97	97	97	97	97
2	83	87	87	87	97	97	97	97	97	97	97
2.5	87	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97
3	87	87	93	93	97	97	97	97	97	97	97
3.5	87	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97
4	93	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97
4.5	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
5	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97

SM	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	73	77	80	80	80	80	80	80	80	80	80
0.5	77	83	83	83	87	87	90	97	97	97	97
1	83	83	83	87	87	90	97	97	97	97	97
1.5	83	83	87	87	90	97	97	97	97	97	97
2	83	87	87	87	97	97	97	97	97	97	97
2.5	87	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97
3	87	87	93	93	97	97	97	97	97	97	97
3.5	87	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97
4	93	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97
4.5	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
5	93	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97

FIGURA 7.7.2.3-1
SEGURIDAD DE RIEGO (%) PARA ESCENARIO E31
Fuente: Elaboración propia.

S1	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	80	83	83	87	90	97	97	97	97	97	97
0.5	83	83	87	87	93	97	97	97	97	97	97
1	83	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97
1.5	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97	97
2	87	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
2.5	90	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3.5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4.5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97

S3	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	83	83	83	87	90	97	97	97	97	97	97
0.5	83	83	87	90	93	97	97	97	97	97	97
1	83	87	90	93	97	97	97	97	97	97	97
1.5	87	90	93	97	97	97	97	97	97	97	97
2	87	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
2.5	90	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3.5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4.5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97

S2	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	80	83	83	87	90	97	97	97	97	97	97
0.5	83	83	87	87	93	97	97	97	97	97	97
1	83	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97
1.5	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97	97
2	87	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
2.5	90	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3.5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4.5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97

SM	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	80	80	83	83	83	83	83	83	83	83	83
0.5	83	83	87	87	97	97	97	97	97	97	97
1	83	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97
1.5	87	87	93	97	97	97	97	97	97	97	97
2	87	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97
2.5	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3	93	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
3.5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
4.5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97

FIGURA 7.7.2.3-2
SEGURIDAD DE RIEGO (%) PARA ESCENARIO E32
Fuente: Elaboración propia.

S1	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	60	67	73	77	80	83	83	83	83	87	87
0.5	60	73	77	80	83	83	83	83	83	87	87
1	70	73	80	80	83	83	83	83	87	87	90
1.5	73	77	80	83	83	83	83	87	87	90	90
2	77	77	83	83	83	83	87	87	87	90	93
2.5	77	80	83	83	83	87	87	87	90	90	93
3	77	80	83	83	87	87	87	90	90	93	93
3.5	77	80	83	87	87	87	90	90	90	93	93
4	77	80	87	87	87	90	90	90	93	93	97
4.5	77	83	87	87	90	90	90	90	93	97	97
5	77	87	87	90	90	90	90	93	97	97	97

S3	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	77	77	77	83	83	83	83	83	83	87	87
0.5	77	77	80	83	83	83	83	83	87	87	87
1	77	77	83	83	83	83	83	87	87	90	93
1.5	77	83	83	83	83	83	83	87	87	93	93
2	80	83	83	83	83	83	87	87	87	93	93
2.5	80	83	83	83	83	87	87	87	93	93	97
3	80	83	83	83	87	87	87	90	93	97	97
3.5	80	83	83	87	87	87	90	90	97	97	97
4	80	83	87	87	87	90	90	97	97	97	97
4.5	83	87	87	87	90	90	90	97	97	97	97
5	83	87	87	90	90	90	97	97	97	97	97

S2	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	60	67	73	77	80	83	83	83	83	87	87
0.5	60	73	77	80	83	83	83	83	83	87	87
1	70	73	80	80	83	83	83	83	87	87	90
1.5	73	77	80	83	83	83	83	87	87	90	90
2	77	77	83	83	83	83	87	87	87	90	93
2.5	80	80	83	83	83	87	87	87	90	90	93
3	80	80	83	83	87	87	87	90	90	93	93
3.5	80	80	83	87	87	87	90	90	90	93	93
4	80	80	87	87	87	90	90	90	93	93	97
4.5	80	83	87	87	90	90	90	90	93	97	97
5	83	87	87	90	90	90	90	93	97	97	97

SM	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
0.5	60	60	60	60	60	60	60	60	63	63	60
1	70	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
1.5	73	73	77	83	83	83	83	80	80	83	83
2	73	77	83	83	83	83	87	87	87	90	90
2.5	80	80	83	83	83	87	87	87	90	90	90
3	80	80	83	83	87	87	87	90	90	93	93
3.5	80	80	83	87	87	87	90	90	90	93	93
4	80	80	87	87	87	90	90	90	93	93	97
4.5	80	83	87	87	90	90	90	90	93	97	97
5	83	83	87	90	90	90	90	93	97	97	97

FIGURA 7.7.2.3-3
SEGURIDAD DE RIEGO (%) PARA ESCENARIO E33
Fuente: Elaboración propia.

S1	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	57	60	63	73	73	73	77	80	80	80	80
0.5	57	63	67	73	73	77	80	80	80	80	80
1	63	67	73	73	77	77	80	80	80	80	83
1.5	63	73	73	73	77	80	80	80	80	80	80
2	73	73	73	77	80	80	80	80	80	80	83
2.5	73	73	77	80	80	80	80	80	80	83	87
3	73	77	80	80	80	80	80	80	83	87	87
3.5	77	80	80	80	80	80	80	83	87	87	90
4	77	80	80	80	80	80	83	87	87	90	90
4.5	77	80	80	80	80	83	87	87	90	90	90
5	77	80	80	80	83	87	87	90	90	90	90

S3	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	70	73	77	77	77	77	80	80	80	80	80
0.5	73	73	77	77	77	80	80	80	80	80	80
1	73	77	77	77	80	80	83	83	83	83	83
1.5	77	77	77	77	80	80	83	83	83	83	87
2	77	77	77	80	80	80	80	80	83	83	87
2.5	77	77	80	80	80	80	80	80	80	83	87
3	77	80	80	80	80	80	80	80	83	87	87
3.5	80	80	80	80	80	80	80	83	87	87	90
4	80	80	80	80	80	80	83	87	87	90	90
4.5	80	80	80	80	80	83	87	87	90	90	90
5	80	80	80	80	83	87	87	90	90	90	90

S2	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	57	60	63	73	73	73	77	80	80	80	80
0.5	57	63	67	73	73	77	80	80	80	80	80
1	63	67	73	73	77	77	80	80	80	80	83
1.5	63	73	73	73	77	80	80	80	80	80	80
2	73	73	73	77	80	80	80	80	80	80	83
2.5	73	73	77	80	80	80	80	80	80	83	87
3	73	77	80	80	80	80	80	80	83	87	87
3.5	80	80	80	80	80	80	80	83	87	87	90
4	80	80	80	80	80	80	83	87	87	90	90
4.5	80	80	80	80	80	83	87	87	90	90	90
5	80	80	80	80	83	87	87	90	90	90	90

SM	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
0.5	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
1	60	63	67	70	70	70	70	70	70	70	70
1.5	63	73	73	73	73	80	80	80	80	80	80
2	73	73	73	73	80	80	80	80	80	80	80
2.5	73	73	73	80	80	80	80	80	80	83	83
3	73	73	80	80	80	80	80	80	83	83	87
3.5	77	80	80	80	80	80	80	83	83	87	90
4	80	80	80	80	80	80	83	87	87	90	90
4.5	80	80	80	80	80	83	87	87	90	90	90
5	80	80	80	80	83	87	87	90	90	90	90

FIGURA 7.7.2.3-4
SEGURIDAD DE RIEGO (%) PARA ESCENARIO E34
Fuente: Elaboración propia.

E31	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0											
0.5		0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1.5		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

E32	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0											
0.5		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

E33	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0											
0.5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
2.5		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
3		0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
3.5		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
4		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.5		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

E34	Vol. TM (hm3)										
Vol. SMA (hm3)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
0											
0.5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3.5		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
4.5		0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
5		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

FIGURA 7.7.2.3-5
SEGURIDAD DE RIEGO PARA ESCENARIOS E31 A E34
Fuente: Elaboración propia.

7.7.2.4. Escenario Sin Embalse y Con Mejoramiento de Canales (E41)

En el Gráfico 7.7.2.4-1 se muestra el resultado de la Seguridad de Riego (SR) para los 4 sectores de riego en el escenario E42, que considera el solo mejoramiento de los canales. Como puede verse, todos los sectores suben a 83% excepto S3 que sube a 87%. En situación actual todos los sectores están en 73% salvo SM que está en 63%.

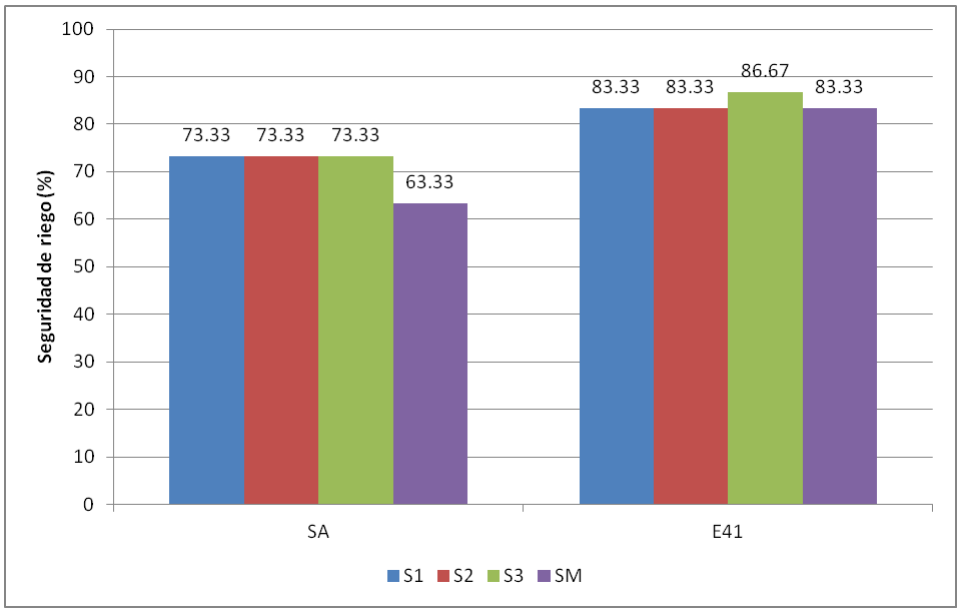


GRÁFICO .7.2.4-1
SEGURIDAD DE RIEGO PARA ESCENARIO E41
Fuente: Elaboración propia.

7.7.2.5. Caudales de Riego entregados por los distintos escenarios

Ya habiendo identificado aquellos escenarios en que se cumple la cobertura mínima del 85% de Seguridad de Riego en los 4 sectores, y sus respectivos volúmenes embalsados necesarios (ver Cuadro 7.7.2.5-1), se presentan a continuación los caudales de riego entregados en cada uno de ellos. Para el caso del E3, se escogió una combinación de volúmenes representativa en cada caso, ya que existen muchas soluciones posibles. Los Gráficos 7.7.2.5-1 a 7.7.2.5-6 muestran los caudales de riego entregados por los embalses en estos escenarios a nivel medio mensual. Es importante hacer notar que los caudales de riego (Qriego) entregados no incluyen el caudal de rebalse, pero que sin embargo este último igualmente cumple con el rol de suplir las necesidades de riego cuando corresponde. En el Gráfico 7.7.2.5-1 se muestra el Qriego entregado por el Embalse Tranca Morada en el escenario E12, observándose un máximo en enero y febrero de 0,14 m^3/s. En el Gráfico 7.7.2.5-2 se muestra el Qriego del Embalse San Miguel Alto en los escenarios E21 y E22 observándose diferencias únicamente en los meses de octubre a marzo. El Q riego de E21 es más alto dado que en E22 existe mejoramiento de canales lo cual disminuye la demanda en bocatoma, llegando hasta los 0,08 m^3/s en enero para E21 y los 0,06 m^3/s para E22 en el mismo mes.

Finalmente, el E3 y sus 4 sub escenarios se presentan separados ya que en cada caso existen ambos embalses operativos. Como puede verse, en el Gráfico 7.7.2.5-3, el Qriego máximo (período enero-febrero) para E31 es de 0,25 m^3/s en Tranca Morada y de 0,07 m^3/s para San Miguel Alto.

En E32 (Gráfico 7.7.2.5-4) el comportamiento es similar, pero levemente más bajo producto del mejoramiento de canales, llegando a un Qriego máximo de 0,20 m^3/s para Tranca Morada y 0,05 m^3/s para San Miguel Alto.

En E33 (Gráfico 7.7.2.5-5) puede verse que los Qriego aumentan respecto de los E3 anteriores producto del aumento de la superficie de riego, llegando a un máximo de 0,31 m^3/s en Tranca Morada y 0,18 m^3/s en San Miguel Alto.

Por último, en E34 se mantiene el comportamiento de E33, aumentando levemente los Qriego producto de la falta de mejoramiento de los canales (E33 es con mejoramiento y E34 es sin mejoramiento de canales), alcanzando un máximo de 0,38 m^3/s en Tranca Morada y 0,2 m^3/s en San Miguel Alto.

Los datos específicos de los gráficos pueden verse en el Anexo 7-4, mientras que las series temporales completas de los Qriego para todos los escenarios, pueden extraerse directamente del Modelo WEAP (Anexo 7-3).

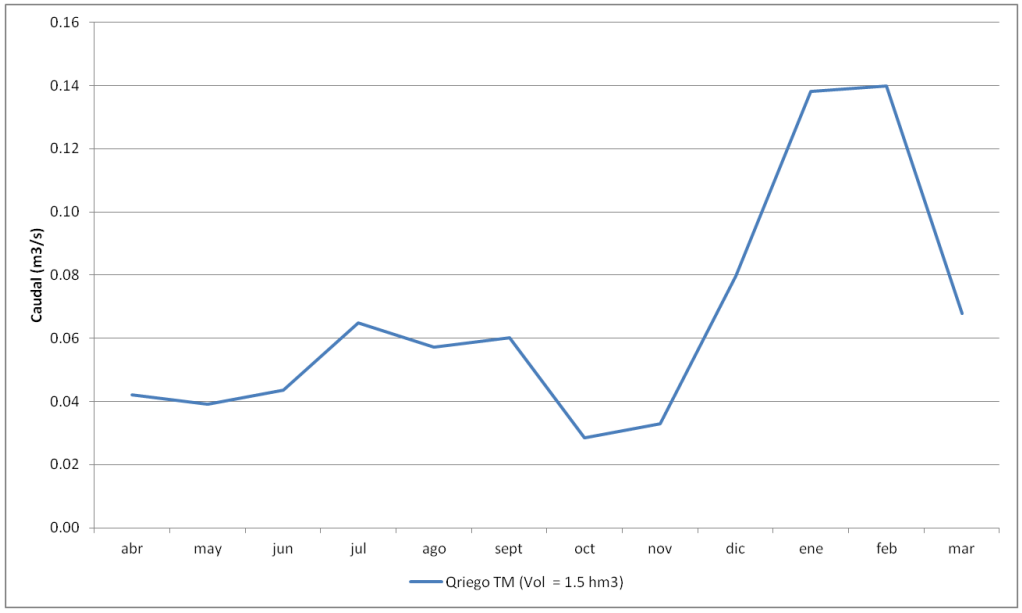


GRÁFICO 7.7.2.5-1
CAUDALES DE RIEGO ENTREGADOS. PROMEDIOS MENSUALES. E12
Fuente: Elaboración propia.

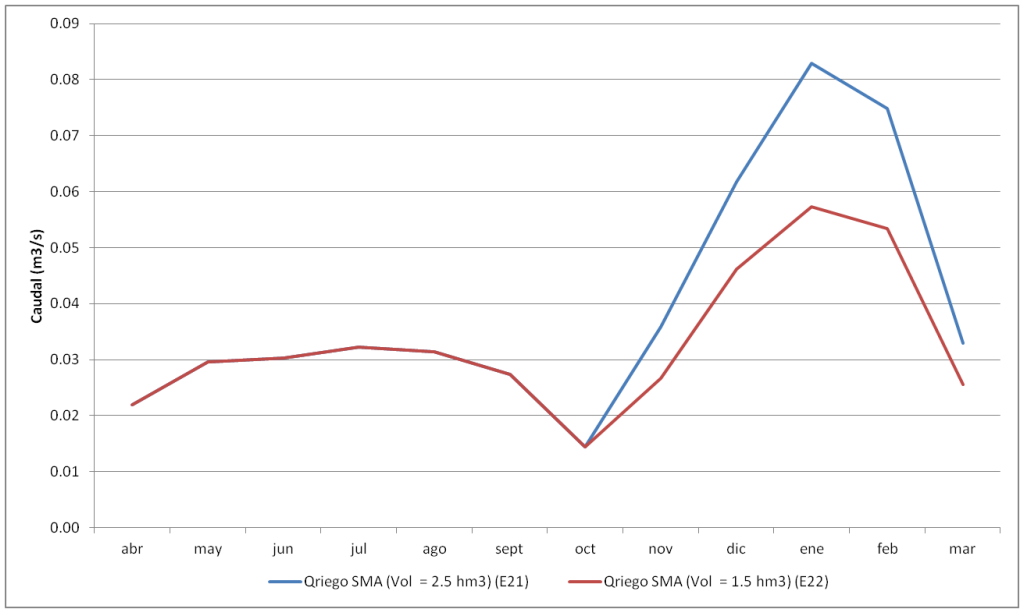


GRÁFICO 7.7.2.5-2
CAUDALES DE RIEGO ENTREGADOS. PROMEDIOS MENSUALES. E21 Y E22
Fuente: Elaboración propia.

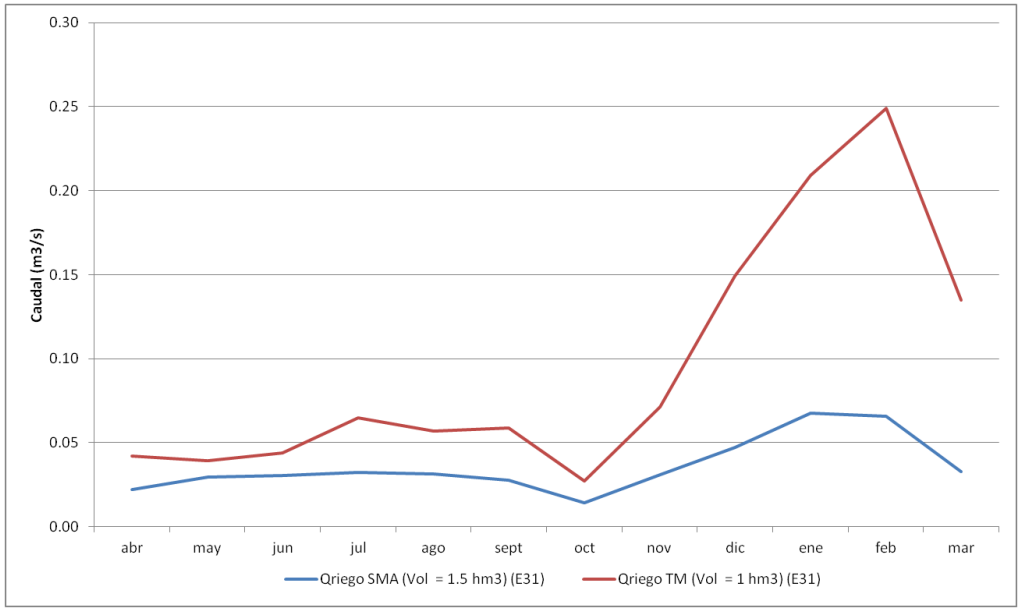


GRÁFICO 7.7.2.5-3
CAUDALES DE RIEGO ENTREGADOS. PROMEDIOS MENSUALES. E31
Fuente: Elaboración propia.

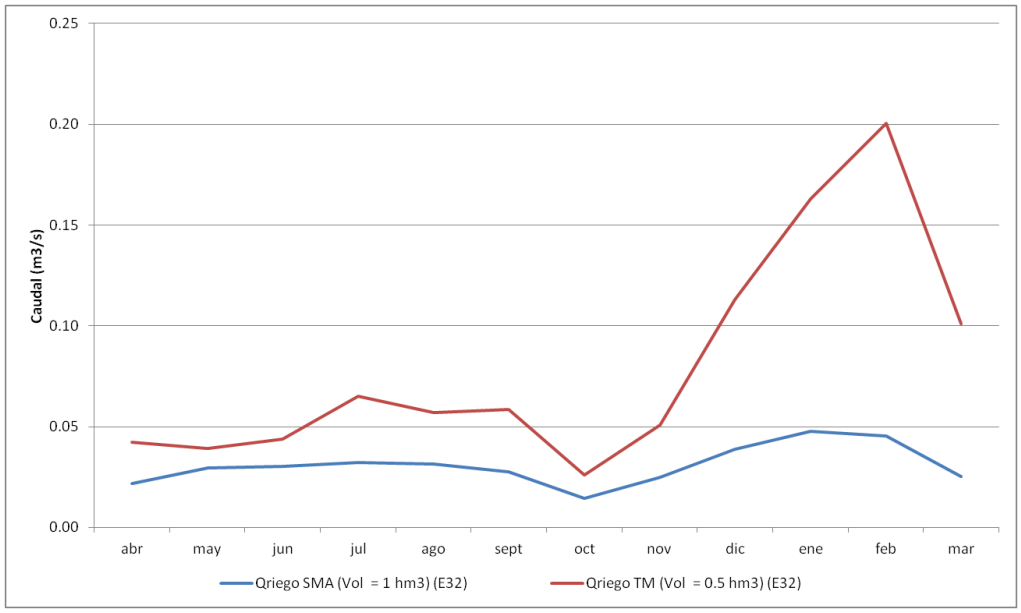


GRÁFICO 7.7.2.5-4
CAUDALES DE RIEGO ENTREGADOS. PROMEDIOS MENSUALES. E32
Fuente: Elaboración propia.

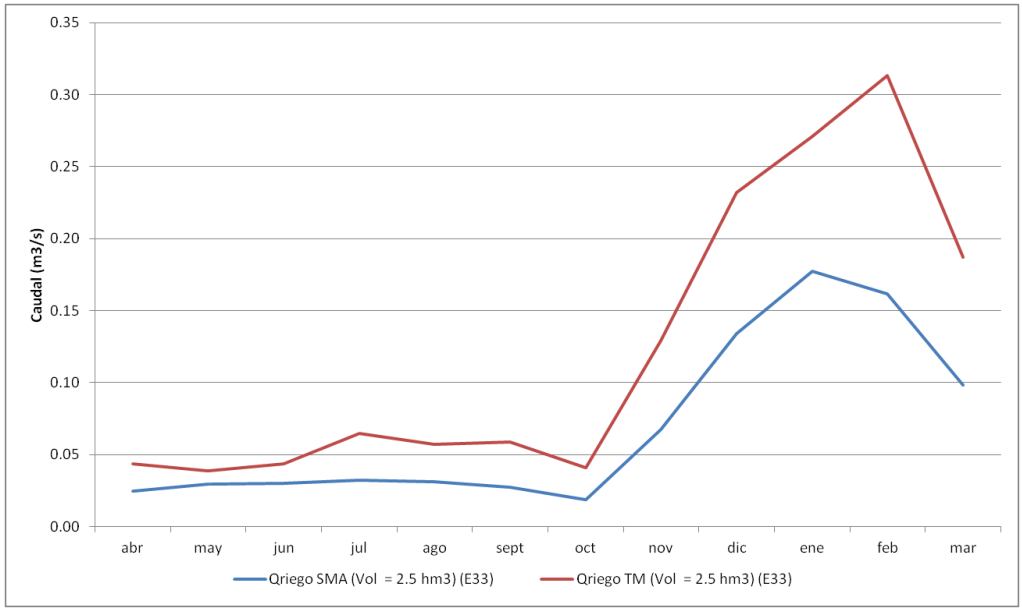


GRÁFICO 7.7.2.5-5
CAUDALES DE RIEGO ENTREGADOS. PROMEDIOS MENSUALES. E33
Fuente: Elaboración propia.

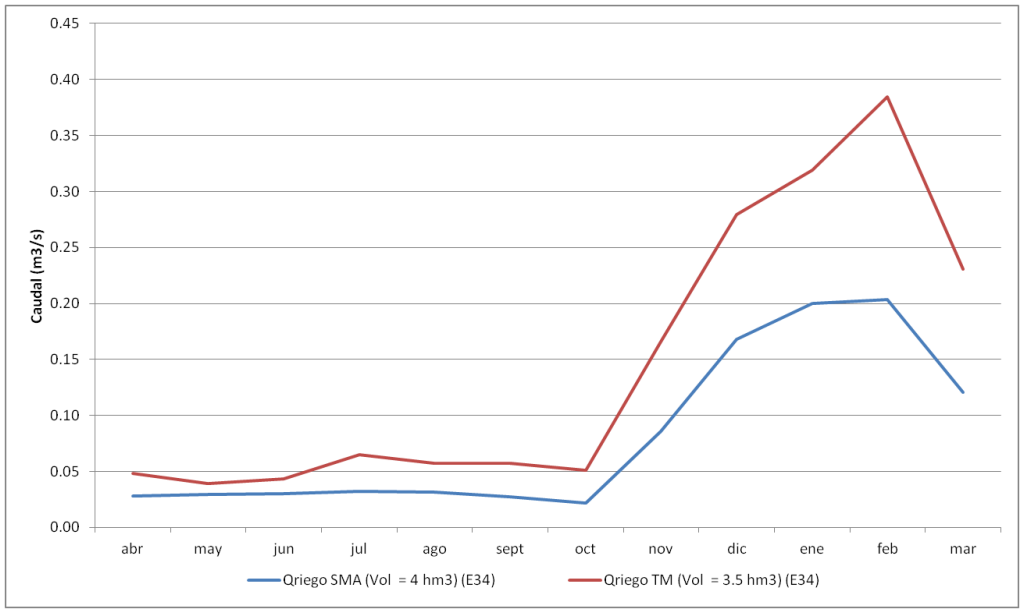


GRÁFICO 7.7.2.5-6
CAUDALES DE RIEGO ENTREGADOS. PROMEDIOS MENSUALES. E34
Fuente: Elaboración propia.

7.7.3. Superficies Regadas Alternativas de Proyecto

Determinada la satisfacción de la demanda y la seguridad de riego (SR) alcanzada para las superficies actual y máxima regable de todos los Escenarios, el siguiente paso es conocer la superficie con 85% de SR a nivel de las Alternativas de proyecto con distintos volúmenes útiles de embalse.

Para encontrar la superficie 85% de SR cada Alternativa se configuró el modelo WEAP del escenario respectivo, fijando el volumen útil a evaluar y estableciendo 50 iteraciones para la superficie de riego, desde la superficie física actual de riego (1.147,4 ha) hasta la superficie máxima regable (1.787 ha). Luego de la modelación se selecciona la iteración más alta en la cual todos los sectores de riego logren simultáneamente una seguridad de riego igual o mayor a 85%. En el Cuadro 7.7.3-1 se resumen las superficies obtenidas para cada Alternativa.[1]

[1] Si la superficie con 85% de seguridad de riego obtenida en la modelación de una Alternativa es menor o igual a 1.147,4 ha, para fines de la evaluación agroeconómica se conserva esta cifra para el uso del suelo, pero los márgenes agrícolas se corrigen según la satisfacción de la demanda obtenida. Si la superficie con 85% de seguridad de riego es mayor a 1.147,4 ha, se utiliza el valor obtenido en la modelación.

CUADRO 7.7.3-1
SUPERFICIES 85% SEGURIDAD DE RIEGO
ALTERNATIVAS DE PROYECTO

Situación –Escenario	Alternativa	Volumen Útil Tranca Morada (Hm3)	Volumen Útil San Miguel Alto (Hm3)	Superficie (ha)				
				1	2	3	4	Total
Sin Proyecto		0,0	0,0	168,3	376,0	540,2	63,0	1.147,4
Con Proyecto - E11: Embalse Tranca Morada	E11-1	3,0	0,0	221,2	393,0	543,3	63,0	1.220,4
	E11-2	4,0	0,0	293,9	416,4	547,5	63,0	1.320,7
	E11-3	5,0	0,0	366,6	439,7	551,7	63,0	1.421,0
Con Proyecto - E12: Embalse Tranca Morada + Mejoramiento Canales	E12-1	2,0	0,0	274,1	410,0	546,3	66,7	1.297,1
	E12-2	3,0	0,0	393,0	448,2	553,3	66,7	1.461,2
	E12-3	4,0	0,0	479,0	475,9	558,2	66,7	1.579,7
	E12-4	5,0	0,0	498,8	482,2	559,4	66,7	1.607,0
Con Proyecto – E21: Embalse San Miguel Alto	E21-1	0,0	3,0	227,8	395,1	543,7	96,1	1.262,7
	E21-2	0,0	4,0	300,5	418,5	547,9	136,5	1.403,4
	E21-3	0,0	5,0	346,8	433,4	550,6	162,3	1.493,0
Con Proyecto – E22: Embalse San Miguel Alto + Mejoramiento Canales	E22-1	0,0	2,0	241,0	399,4	544,4	103,4	1.288,2
	E22-2	0,0	3,0	346,8	433,4	550,6	162,3	1.493,0
	E22-3	0,0	4,0	419,5	456,7	554,8	202,7	1.633,7
	E22-4	0,0	5,0	426,1	458,9	555,2	206,4	1.646,5
Con Proyecto - E31: Embalse Tranca Morada + San Miguel Alto	E31-1	1,0	2,0	214,6	390,9	542,9	88,7	1.237,1
	E31-2	1,0	4,0	366,6	439,7	551,7	173,3	1.531,4
	E31-3	2,0	2,0	293,9	416,4	547,5	132,9	1.390,6
	E31-4	2,0	4,0	439,3	463,1	555,9	213,8	1.672,1
	E31-5	4,0	1,0	326,9	427,0	549,4	151,2	1.454,6
	E31-6	4,0	3,0	479,0	475,9	558,2	235,8	1.748,9
Con Proyecto - E32: Embalse Tranca Morada + San Miguel Alto + Mejoramiento Canales	E32-1	1,0	2,0	333,5	429,1	549,8	154,9	1.467,4
	E32-2	2,0	2,0	419,5	456,7	554,8	202,7	1.633,7
	E32-3	4,0	1,0	379,8	444,0	552,5	180,7	1.556,9
Con Proyecto - E41: Mejoramiento Canales	E41	0,0	0,0	168,3	376,0	540,2	63,0	1.147,4

Nota: Las celdas sombreadas representan superficies con una seguridad de riego menor a 85%.

Fuente: Elaboración Propia.

7.8. Efecto del Cambio Climático sobre la Seguridad de Riego

En el Capítulo 5 se analizó el efecto del Cambio Climático en los caudales aportantes a los distintos sitios de embalse del área de estudio. En el presente apartado se explica cómo se estimó el impacto del Cambio Climático sobre la Seguridad de Riego de la Alternativa E22-3.

En el Gráfico 7.8-1 pueden verse en paralelo las 2 series de caudales de la estación Cuestecita, con y sin Cambio Climático. Tal como fue dicho anteriormente, se observa que los caudales con CC poseen un comportamiento más regular que los caudales sin CC, además de presentar crecidas más bajas y sin períodos secos extremos. La más clara diferencia puede verse en los períodos secos de la serie sin CC (encerradas en un círculo azul), donde queda en evidencia que las anomalías (en este caso sequías) del período actual no son representadas en el período con CC.

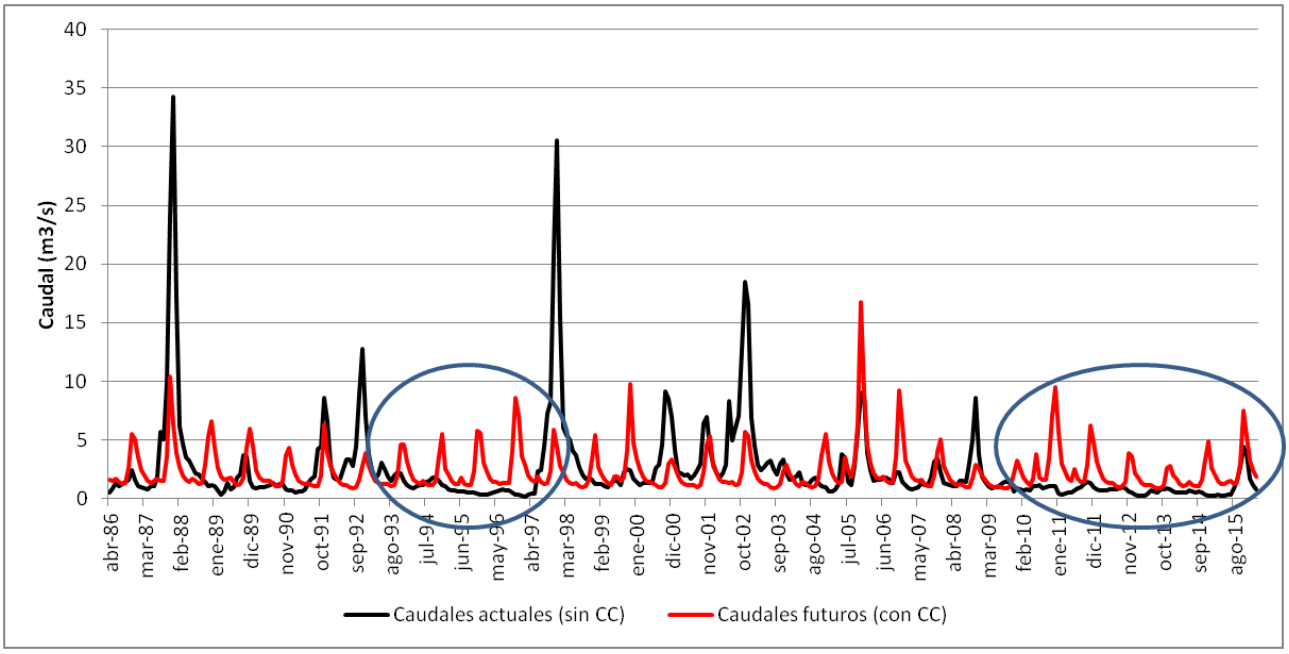


GRÁFICO 7.8-1
COMPARACIÓN CAUDALES ACTUALES V/S CAUDALES CON PROYECTO ESTACIÓN CUESTECITA
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, si se analiza el Gráfico 7.8-2, el cual muestra la satisfacción de la demanda (SD) de la Situación Actual, puede notarse que las fallas más severas se producen precisamente en los períodos secos antes destacados (períodos 1993/94-1996/97 y 2006/07-2015/16). Lo anterior permite concluir que la SD, y por lo tanto la SR, queda condicionada por la presencia de períodos secos, en algunos casos con una duración de apenas un mes, que es cuando se producen las fallas[2]. De acuerdo a lo anterior, si se quiere comparar la SR en las situaciones con y sin cambio climático, entonces ambas series deben poseer el mismo tipo de comportamiento, siendo el único factor de cambio la forzante climática. Por ello deben poseer las mismas anomalías, de lo contrario la comparación queda sesgada y las conclusiones serían erróneas.

Dado el motivo anterior, se optó por no usar directamente la serie de caudales modelados con CC, sino que usar la serie actual y afectarla con un factor de corrección. Este factor de corrección se aplicaría a cada valor de caudal y de esta forma se estaría representando el efecto del cambio climático de manera efectiva y comparable.

El factor de corrección de caudal para el CC (Fc_{Qcc}) se obtiene a partir del Cuadro 7.8-1. De dicho Cuadro se obtiene que, en promedio, los caudales de cabecera del río San Miguel con CC, corresponden al 79% de los mismos caudales sin CC. Por su parte, los caudales de cabecera del río Mostazal con CC, son el 81% de los mismos caudales sin CC. Para las cuencas laterales, se usa el valor

[2] Entendiendo como falla que en un mes la SD sea menor al 85% o en dos meses seguidos menor al 90% que la demanda de riego.

intermedio, es decir 80%. Por lo tanto, los caudales con CC usados en esta evaluación se obtienen de acuerdo a la ecuación 7.8-1:

$$Qcc_{i,j,k} = Qac_{i,j,k} \cdot Fc_{Qcc,i} \qquad \text{Ecuación 7.8-1}$$

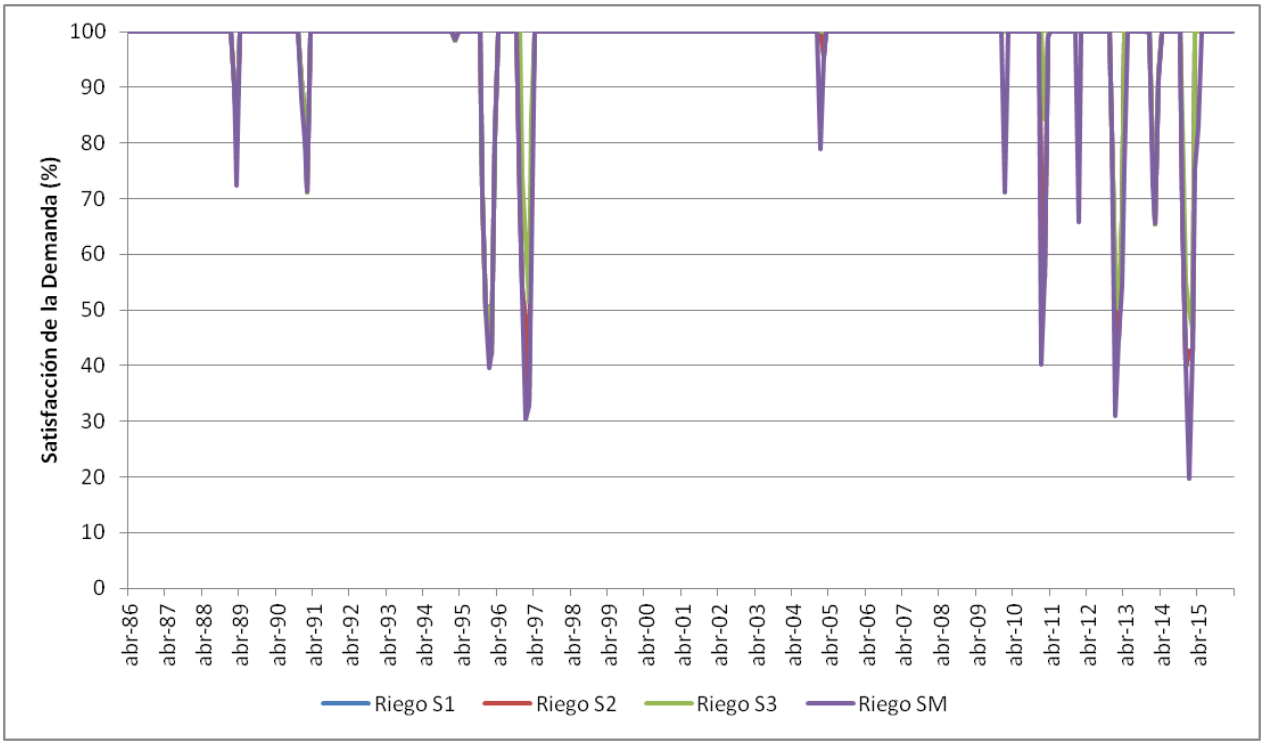


GRÁFICO 7.8-2
SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA EN SITUACIÓN ACTUAL (SIN CC)
Fuente: Elaboración propia

Donde $Qcc_{i,j,k}$ es el caudal de la cuenca *i* (San Miguel cabecera, Mostazal cabecera o Lateral) en el mes *j* y el año *k* para la situación con CC; $Qac_{i,j,k}$ es el caudal de la cuenca *i* (San Miguel cabecera, Mostazal cabecera o Lateral) en el mes *j* y el año *k* para la situación sin CC; $Fc_{Qcc,i}$ es el factor de corrección para transformar el caudal de la situación sin CC a la situación con CC de la cuenca *i* (San Miguel cabecera, Mostazal cabecera o Lateral). En el Cuadro 7.8-1 se muestran los $Fc_{Qcc,i}$ utilizados.

CUADRO 7.8-1
FACTORES DE CORRECCIÓN DE CAUDALES PARA CAMBIO CLIMÁTICO

Cuenca	Fc_{Qcc}
San Miguel cabecera	0,79
Mostazal cabecera	0,81
Laterales (bajo la confluencia de Mostazal con San Miguel)	0,80

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se modeló la Situación Actual (SA) con CC, y se obtuvo una disminución de la SD y la SR respecto de la SA sin CC. Los resultados se resumen en el Cuadro 7.8-2. La cantidad de años fallados aumenta de 8 a 10 en todos los sectores salvo el SM, el que pasa de 11 a 12. Esto implica una disminución de la SR de 73% a 67% en los sectores S1, S2 y S3, y de 63% a 60% en SM. Estos resultados son idénticos para la Situación Futura Sin Proyecto (SSP).

CUADRO 7.8-2
SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA PROMEDIO Y SEGURIDAD DE RIEGO
SITUACIÓN SIN PROYECTO

Sector	Sup (ha)	Situación Actual sin CC			Situación Actual con CC		
		Años Fallados	SR (%)	SD (%)	Años Fallados	SR (%)	SD (%)
S1	168,3	8	73,33	97,2	10	66,67	95,73
S2	376,0	8	73,33	97,19	10	66,67	95,72
S3	540,2	8	73,33	97,76	10	66,67	96,28
SM	63,0	11	63,33	96,33	12	60,00	94,62

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, en la SCP, también se modeló el efecto del CC, pero esta vez buscando la superficie del 85% de SR. Estos resultados se muestran en el Cuadro 7.8-3. Como puede verse, se pierden en total 294,3 ha de superficie 85% segura, siendo el sector más afectado el Sector 1, el cual pierde 152,0 ha.

El modelo WEAP del Escenario con cambio climático Sin y Con Proyecto[3] se encuentra en el Anexo 7-5.

CUADRO 7.8-3
COMPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE SR 85%
SITUACIÓN CON PROYECTO
SIN Y CON CAMBIO CLIMÁTICO (há)

Sector	Sin CC	Con CC	Diferencia
S1	419,5	267,4	152,0
S2	456,7	407,9	48,9
S3	554,8	546,0	8,8
SM	202,7	118,2	84,6
Total	1.633,7	1.339,5	294,3

Fuente: Elaboración propia.

3 Se modela la Situación Futura Sin y Con Proyecto debido a que el cambio climático tendría lugar independiente de la construcción de las obras, lo que debe reflejarse en la evaluación económica de este Escenario, sustrayendo comparables.

8. FORMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO

8.1. Introducción

En el presente capítulo se expone el desarrollo del modelo hidrogeológico de la cuenca del río Mostazal. La elaboración del modelo se basa tanto en los antecedentes bibliográficos recopilados como en las actividades realizadas en visita a terreno entre los días 7 a 9 de febrero en el presente año.

8.2. Revisión de Antecedentes

8.2.1. Aspectos Generales

Se describen en esta sección, en orden del más reciente al más antiguo, los antecedentes revisados para la elaboración de este capítulo:

8.2.2. Enhancing Drought Resilience With Conjunctive Use And Managed Aquifer Recharge In California And Arizona (Scanlon Et Al, 2016)

En esta publicación, se describen las experiencias de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas (CU) en los estados de California y Arizona. Se hace una evaluación del funcionamiento y los efectos del manejo conjunto de aguas superficiales y subterráneas y la recarga gestionada del acuífero (MAR). Como conclusión de este estudio, se señala que los esquemas de uso conjunto y MAR permiten mejorar la resiliencia a las sequías en estas zonas, en conjunto con las opciones provistas por la infraestructura de transporte de agua, la cual permite el intercambio entre los usuarios del recurso hídrico.

La información contenida en este artículo se ha utilizado como un ejemplo para la descripción del aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos utilizando el almacenamiento natural del sistema acuífero.

8.2.3. Groundwaterdams, General Characteristics and Historical Development (Ahmed et al, 2016)

En este artículo se hace énfasis en la importancia de los embalses sub-superficiales (groundwaterdams), y se exponen sus características principales y desarrollo histórico. Se ha utilizado en el marco de la descripción de dichas estructuras.

8.2.4. Diagnóstico Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos, Región de Coquimbo (CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores, 2013)

El objetivo central de este estudio fue elaborar un Plan Hídrico para la Región de Coquimbo, de tal modo que se constituya en un instrumento de planificación que, considerando los efectos agregados de las diversas intervenciones locales, contribuya a orientar las decisiones públicas y

privadas, con el fin último de maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medioambiente y con condiciones de equilibrio que permitan la sustentabilidad en una visión de corto, mediano y largo plazo.

En este estudio se actualizó el modelo hidrológico de simulación de la cuenca del río Limarí elaborado en el estudio de CAZALAC y Rhodos (2006). La información contenida en este informe se utilizó principalmente para la descripción de las zonas de riego de la cuenca del río Mostazal y, en particular, la estimación realizada de las demandas de riego.

8.2.5. Groundwater Depletion in the United States (1900-2008). (Konikow, 2013)

En este estudio se evalúan los agotamientos acumulados de largo plazo de 40 acuíferos separados y una categoría de tipo de uso de suelo en los Estados Unidos, utilizando información de la literatura y de nuevos análisis. La disminución de volumen de los acuíferos es calculada directamente utilizando modelos hidrogeológicos calibrados, esquemas analíticos o análisis de balances para múltiples sistemas acuíferos.

8.2.6. Actualización de la Modelación Integrada y Subterránea del Acuífero de la Cuenca del Río Copiapó (HIDROMAS CEF, DGA, 2013)

El objetivo general de este estudio fue actualizar el modelo numérico para los recursos hídricos del acuífero del río Copiapó desarrollado anteriormente en trabajos liderados por DGA y SERNAGEOMIN, con el fin de analizar los efectos en el balance hídrico de futuros proyectos, de acuerdo a las necesidades definidas por la DGA.

Se utilizó este estudio como referencia para los parámetros hidrogeológicos de conductividad hidráulica y almacenamiento específico.

8.2.7. Review: Sustainable Use of Groundwater with Underground Dams (Ishida et al, 2010)

En este artículo, se examinan los conceptos básicos sobre los embalses sub-superficiales, su construcción, experiencias en el mundo y los problemas involucrados en el manejo sustentable de las aguas subterráneas. Se examinan además las distintas etapas en el planeamiento de este tipo de obras asociado al manejo de los recursos subterráneos, se presentan algunos aspectos relativos a la calidad de agua y se establecen tópicos de relevancia para la investigación futura.

Se utilizó en este estudio para la descripción de los embalses sub-superficiales y su aplicación como esquema de aprovechamiento hídrico subterráneo.

8.2.8. Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Cuenca del Río Limarí (DGA, 2008)

El objetivo principal de este informe corresponde al estudio a escala regional del acuífero del Río Limarí, para determinar los volúmenes totales anuales posibles de otorgar como derechos de agua subterránea.

Se describen las componentes de hidrología, geología e hidrogeología de la cuenca del Limarí, se estiman valores para las recarga y descargas al acuífero, se realiza una evaluación de la interacción río-acuífero y se determina la disponibilidad de agua subterránea.

La revisión de este estudio sirvió de base para conceptualizar el funcionamiento del acuífero de la cuenca del río Limarí, del cual el río Mostazal es una subcuenca y otorgó algunos valores de referencia para la conductividad hidráulica.

8.2.9. Aplicación de Metodologías para Determinar la Eficiencia de Uso del Agua. Estudio en Caso de la Región de Coquimbo (CAZALAC y Rhodos, 2006)

Este estudio responde a la necesidad de profundizar y conocer la forma en que se usa el agua en una zona árida o semiárida, como lo es la IV Región, para obtener un diagnóstico sobre la eficiencia de uso, y desprender recomendaciones acerca de cómo aumentar dicha eficiencia. Para ello, se construyen 3 modelos de simulación hidrológica para las cuencas del Elqui, Limarí y Choapa, respectivamente. El modelo utilizado para la simulación hidrológica corresponde al modelo MAGIC.

La información contenida en este informe se utilizó, al igual que para el estudio de CONIC-BF (2013) para el conocimiento de las zonas de riego de la cuenca del río Mostazal y, en particular, la estimación realizada de las demandas de riego. Por otra parte, este estudio otorga un valor de referencia para la recarga al acuífero en la cuenca del río Mostazal.

8.2.10. Evaluación de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero del Valle del Elqui (DGA, 2006)

Este estudio tiene como objetivo realizar una evaluación de los recursos hídricos subterráneos del acuífero del río Elqui, IVª Región y su comparación con diversos escenarios de extracción.

En este estudio se hace una descripción de los distintos aspectos relevantes de la cuenca para caracterizar el sistema acuífero, esto es, antecedentes hidrológicos, hidrogeológicos, catastro de demandas de aguas subterráneas, delimitación de acuíferos, entre otros.

La parte final del informe presenta la implementación de un modelo de simulación hidrogeológico del acuífero del río Elqui, el cual se utilizó para evaluar distintos escenarios de extracciones subterráneas.

Este estudio sirvió como referencia para los valores de conductividad hidráulica, almacenamiento del acuífero y conductancia del río.

8.2.11. Ground-Water Dams for Rural-Water Supplies in Developing Countries (Hanson y Nilsson, 1986)

Este artículo presenta las experiencias ganadas en la construcción de embalses sub-superficiales alrededor del mundo y describe las condiciones físicas en las cuales este tipo de estructuras pueden ser aplicadas. Se muestran alternativas de construcción y diseño y se presentan casos de estudio en India y Etiopía.

8.2.12. Hidrogeología de la Cuenca del Río Limarí. Investigación de Recursos Hidráulicos en la IV Región. Proyecto CHI-535. (SERPLAC, DGA, ONU, CORFO, 1979).

Este estudio presenta una descripción de la hidrogeología de la cuenca del río Limarí. Se describen los distintos sectores acuíferos y unidades hidrogeológicas. Presenta algunas descripciones estratigráficas de pozos y perfiles del relleno sedimentario, además de una descripción de la hidroquímica de las aguas subterráneas, entre otros.

Se elaboran mapas hidrogeológicos para toda la cuenca del Limarí y, en particular, para la cuenca del río Mostazal, el cual sirvió de base para la conceptualización de la geometría del sector acuífero de interés.

8.3. Modelo Conceptual

8.3.1. Hidrogeología Regional

8.3.1.1. Marco Geológico

La geología de la cuenca del Limarí se caracteriza por la disposición en franjas de las unidades litológicas antiguas del Cretácico al Paleozoico, tanto sedimentarias como intrusivas. Estas unidades, bajo el punto de vista hidrogeológico, corresponden al grupo de las rocas consolidadas, cuya permeabilidad es secundaria. Estos afloramientos se muestran en cordones irregulares, que le dan un aspecto montañoso a la zona (SERPLAC et al., 1979).

La cubierta aluvial o de rocas no consolidadas cubre un pequeño porcentaje de la zona y se localiza como relleno de Quebradas y principalmente colmatando la depresión de Ovalle - Salala.

Todos los cauces de la cuenca se encuentran sobre formaciones geológicas constituida por depósitos no consolidados y rellenos de depósitos fluviales; gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación. Los alrededores de los cauces presentan una amplia variedad de formaciones geológicas, cuya disposición junto con los depósitos no consolidados, se muestra en la Figura 8.3.1.1-1.

Los depósitos no consolidados corresponden a unidades sedimentarias de baja compactación depositadas entre el Mioceno Superior y el Holoceno, las cuales corresponden a depósitos fluviales actuales, depósitos fluviales de terraza, depósitos aluviales de terraza, depósitos de conos aluviales, depósitos coluviales, escombros de falda y depósitos lacustres (Salazar, 2012).

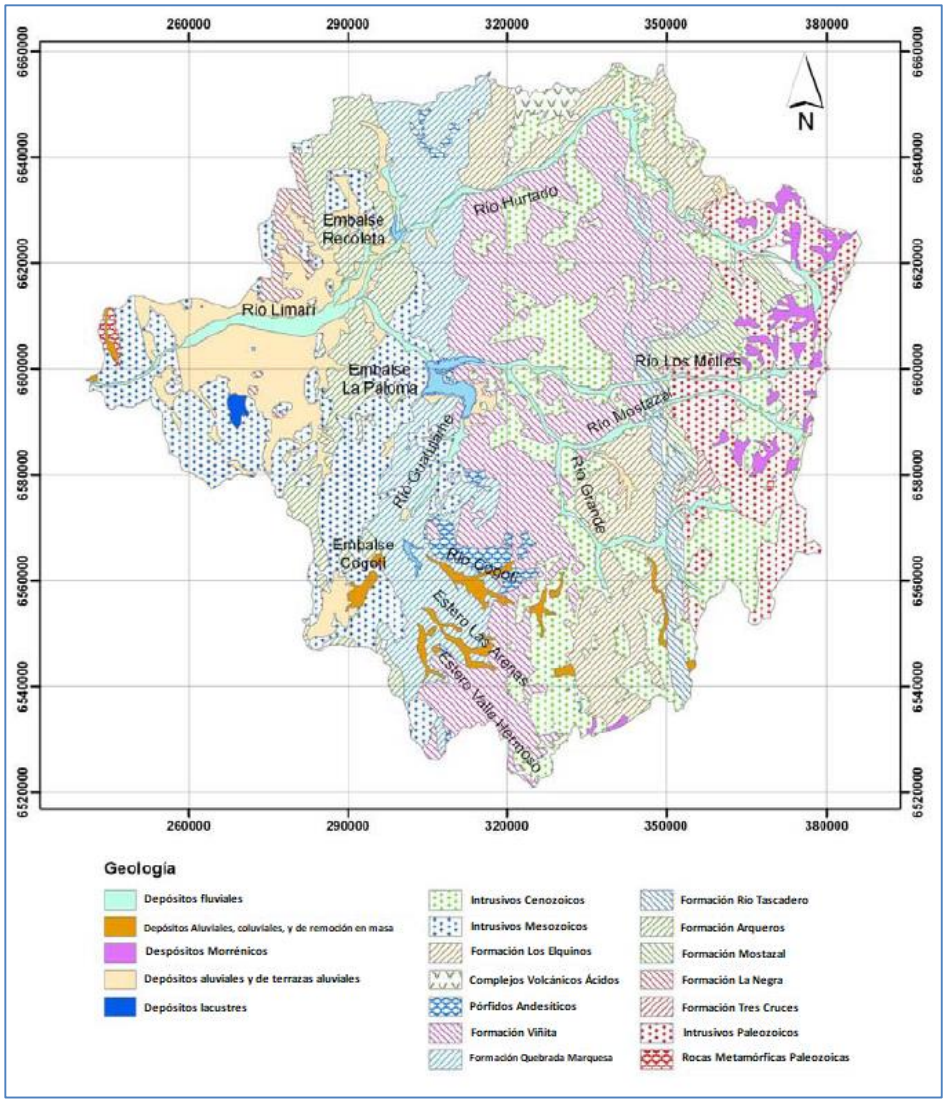


FIGURA 8.3.1.1-1
GEOLOGÍA CUENCA DEL LIMARÍ
Fuente: DGA, 2008.

8.3.1.2. Formaciones Acuíferas

El agua subterránea en la cuenca se presenta en dos tipos de acuíferos, uno correspondiente a un fluvial moderno de mayor permeabilidad y bajo éste, un fluvial antiguo de menor permeabilidad, que normalmente constituye la caja del cauce. Los acuíferos son esencialmente libres, por lo cual el fluvial antiguo se presenta saturado bajo el relleno moderno. Los acuíferos se presentan

interconectados con los cursos superficiales, siendo en algunos casos afluentes y en otros efluentes dependiendo de las características fisiográficas de la cuenca y de las áreas de recarga. Las características del relleno actual, en general son óptimas para la explotación de las aguas subterráneas, normalmente hasta los primeros 10 a 20 metros. Los sedimentos infrayacentes pertenecientes al fluvial más antiguo son de mayor potencia y menor permeabilidad, pero contiene algunos horizontes más permeables. La litología del acuífero en el fluvial actual es de rodados, gravas, arenas y limos. El fluvial interior antiguo presenta además porcentajes variables de limo, arcilla y capas limo arcillosas (SERPLAC et al., 1979). A continuación, se describen los acuíferos de la cuenca por zona en base a lo expuesto en el estudio SERPLAC et al. (1979) y Salazar (2012).

Ovalle - Salala

Corresponde por su extensión y capacidad de almacenamiento al área de mayor importancia hidrogeológica de la cuenca del Limarí. En esta zona existe una gran planicie o terraza fluvial del Cuaternario Antiguo- Terciario Superior, que se representa como relleno de una cuenca intermontaña. El material de relleno fluvial de esta cuenca está constituido por clastos redondeados, localizados dentro de una matriz areno-limosa de porcentajes variables. La potencia del relleno es superior a los 100 m y el relleno fluvial actual depositado por el río tiene una potencia estimada entre 10 a 20 m, el cual constituye el horizonte acuífero de mejor permeabilidad.

Río Grande. Ovalle – Embalse la Paloma

Es una zona de interés por la capacidad de embalse que posee, siendo el área más favorable la correspondiente a la mitad noroeste, debido a que presenta un depósito fluvial actual extenso, desarrollado sobre el relleno fluvial-aluvial del Cuaternario Antiguo. El área más austral presenta un cauce más estrecho, con sedimentos fluviales actuales, desarrollados sobre la roca de basamento (las cuales en algunos sectores afloran en superficie) y sobre sedimentos del fluvial antiguo. Las características litológicas del fluvial moderno, son similares o algo inferiores a los sedimentos fluviales ya descritos en la zona Ovalle- Barraza, presentando una potencia estimada entre 10 y 15 m y disminuyendo hasta probablemente 6 m cerca del Embalse La Paloma. El fluvial antiguo se estima en más de 80 m en el sector Norte disminuyendo hacia el Sur, su granulometría es de gravas y conglomerados, con gran proporción de limos y arcillas, lo cual le impone una baja transmisividad. Los pozos existentes entregan caudales del orden de los 5 l/s lo cual estaría relacionado con una granulometría fina, del acuífero del Cuaternario Antiguo, puesto que las cribas de los pozos se ubican principalmente en este acuífero y el abatimiento deja el nivel de agua bajo el acuífero superior, por efecto de la pérdida de carga del pozo.

Río Rapel y Río Grande, desde Las Juntas hasta el embalse La Paloma

Este sector es una zona favorable por su capacidad de Embalse y por ser permanentemente irrigada por el río y aguas de regadío. La potencia del relleno fluvial moderno es superior a los 35 m en su sección final (entre el embalse La Paloma y la intersección con el río Ponio), la cual disminuye a 30

m en su sección central. Los sedimentos del relleno fluvial están caracterizados por la presencia de gravas- arenas con proporciones variables de elementos finos.

Río Grande y Río Mostazal

Estos valles presentan escasa información hidrogeológica, y en general se estima el basamento no superior a una profundidad de 35 m. El río Grande tiene una extensión, superior a la de Mostazal. El río Mostazal por lo general es de poco desarrollo superficial y profundo. Se estima que en esta zona no habría un fluvial antiguo. Las zonas de mayor interés (por poseer una mayor capacidad de almacenamiento) dentro de esta zona, corresponde a las confluencias de los ríos Grande y Mostazal, la Quebrada el Sauce y las cercanías al pozo Chilecito. A lo largo del resto del río Grande hasta Carén, los mejores sectores parecen relacionarse con la desembocadura de conos aluviales.

8.3.1.3. Recarga

En general, la recarga de los acuíferos de la cuenca del Limarí procede de la infiltración de los cursos superficiales de los ríos, pérdidas de canales, retornos de riego y precipitaciones (SERPLAC et. al, 1979). Otras entradas de menor importancia corresponden a los aportes subterráneos de quebradas tributarias, que forman pequeños acuíferos en contacto con el acuífero principal y son muy difíciles de evaluar (DGA, 2008).

En el estudio "Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Limarí" (DGA, 2008), se realiza una estimación de la recarga en la cuenca del Limarí. Se utilizan dos metodologías diferentes, una para las cuencas cordilleranas y otra para las cuencas intermedias. Esta sectorización se basa principalmente en la cantidad de superficie correspondiente a depósitos sedimentarios no consolidados presente en cada cuenca, lo que determina las fuentes principales de recarga.

En el caso de las cuencas cordilleranas, la recarga proviene principalmente de la precipitación, siendo los aportes de riego despreciables. En estas cuencas las áreas de cultivo son marginales en comparación con la superficie total de la cuenca, lo cual sumado a la alta pluviosidad de la zona y a la inexistencia de volúmenes de regulación importantes hacen que la recarga por riego sea despreciable frente a la recarga por causa de las precipitaciones.

Por otra parte, en las cuencas intermedias, se observan acuíferos más extendidos y mayores superficies dedicadas a la agricultura. En este contexto, la magnitud de recarga neta en las cuencas intermedias se dividió en 2 aportes principales, recarga por precipitación y recarga debido al riego.

Recarga en Cuencas Cordilleranas

El cálculo de la recarga al acuífero se realizó a través de un balance donde el único valor desconocido es la recarga, según la siguiente expresión en mm.

$$R = Pp - E - Q_{EF}$$

Donde R es la recarga, Pp es la precipitación media anual, E es la evapotranspiración real y Q_{EF} es el caudal medio anual en una estación fluviométrica que representa la escorrentía superficial del sector. La precipitación y los caudales en las estaciones fluviométricas fueron estimados en base a las estadísticas de la cuenca hasta el año 2007 (DGA, 2008).

Para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó información del Balance Hídrico de Chile (1984) que contiene el balance por subcuencas en régimen natural y observado. Los resultados del BHCh (1984) se actualizaron a la fecha aplicando los mismos porcentajes de escorrentía y evapotranspiración a la precipitación media anual actualizada.

Los resultados obtenidos muestran que los porcentajes de recarga sobre la precipitación media anual varían entre 1,044% y 1,222 % para las cuencas del río Hurtado, río Rapel y río Grande, por lo que se estima que un valor de recarga de un 1% de la precipitación media anual representa adecuada y conservadoramente el comportamiento de este tipo de cuencas (DGA, 2008).

El Cuadro 8.3.1.3-1 muestra los resultados de las recargas obtenidos para las cuencas cordilleranas, según el estudio DGA, 2008.

CUADRO 8.3.1.3-1
ESTIMACIÓN RECARGA MEDIA ANUAL
CUENCAS CORDILLERANAS

Sector	Pp media (mm/año)	Recarga (mm/año)
Río Hurtado	268,7	2,7
Río Ponio	262,6	2,6
Río Rapel	485	4,9
Río Grande	390,3	3,9
Cogotí	320,1	3,2
Combarbalá	320,7	3,2
Río Pama	320,9	3,2
Quebrada Grande	298,6	3,0

Fuente: Modificado de DGA, 2008.

Recarga en Cuencas Intermedias

En el caso de las cuencas intermedias la estimación de la recarga se dividió en dos tipos, recarga por precipitación y recarga por riego.

A su vez, la recarga por precipitación fue dividida en dos clases, una recarga lateral o de piedemonte, producida por la precipitación que cae sobre la roca impermeable y una recarga directa dada por la precipitación que cae sobre los depósitos sedimentarios. Para el cálculo de la recarga lateral se considera un coeficiente de escorrentía que varía entre el 6 y 14 % y un coeficiente de infiltración del 10 %. En el caso de la recarga directa sólo se considera un coeficiente de infiltración de 10 %.

En la estimación de la recarga por riego se consideró como único aporte el volumen de agua disponible en el sistema de riego La Paloma, para una seguridad del 85% de probabilidad de excedencia. Se consideró que este supuesto es conservador y que no sobreestima los recursos afluentes a los acuíferos, ya que representa en forma razonable el volumen total de agua acumulado en las cuencas intermedias. Luego, considerando las hectáreas de riego por sector, de acuerdo a lo definido por CAZALAC (2006) se calcularon los volúmenes de agua que se utilizan para riego en cada cuenca. Finalmente, se considera en términos promedios y aproximados, que el 10 % del agua utilizada para riego constituye recarga para el acuífero.

El Cuadro 8.3.1.3-2 muestra los resultados de las recargas totales obtenidas para las cuencas intermedias, según el estudio DGA, 2008.

CUADRO 8.3.1.3-2
ESTIMACIÓN RECARGA MEDIA ANUAL CUENCAS INTERMEDIAS

Sector	Pp (mm)	Recarga por Pp (mm)	Recarga por riego (mm)	Recarga total (mm)
Higuerilla	80,4	2,3	-	2,3
El Ingenio	95,7	4,0	3,2	7,2
Río Limarí	123,0	5,2	18,3	23,5
Huatulame	170,6	4,9	4,8	9,6
Punitaqui	170,9	7,9	10,2	18,1
Limarí Desembocadura	95,9	2,2	-	2,2

Fuente: Modificado de DGA, 2008.

8.3.2. Unidades Hidrogeológicas

Se describen en este acápite las unidades hidrogeológicas de la zona de estudio. Estas unidades se han definido considerando el estudio "Hidrogeología de la cuenca del río Limarí" (SERPLAC et al., 1979) y la información obtenida de la visita de terreno realizada a la zona, durante los días 7, 8 y 9 de febrero de 2017.

Se han definido tres unidades hidrogeológicas en la zona de estudio: depósitos fluviales actuales, depósitos aluviales y roca, las cuales se describen a continuación:

- *Unidad Hidrogeológica I (Depósitos fluviales actuales):* Ubicados en el lecho actual del río, de acuerdo al estudio SERPLAC et al. (1979) corresponden litológicamente a

depósitos del cuaternario reciente. Comprenden acarreos de gravas, arenas y limos asociados al cauce o lecho actual del río según lo descrito en SERPLAC et al. (1979). En este mismo estudio, se señala que la potencia de este relleno disminuye hacia aguas arriba de Ovalle. En la visita a terreno se ha observado que el desarrollo en superficie de esta unidad en el valle del río Mostazal suele ser menor a 50 m de ancho. Es la unidad predominante en la parte alta de la cuenca (aguas arriba del sector Cuestecita), mientras que aguas abajo predomina la presencia de los depósitos aluviales.

Corresponde a la unidad que presentaría la mayor permeabilidad y mejores condiciones desde el punto de vista de aprovechamiento de los recursos subterráneos, sin embargo, no se cuenta con suficiente información, como, por ejemplo, pruebas de bombeo para comprobar esta afirmación.

En esta unidad, se encontrarían acuíferos de tipo libre con niveles someros, evidenciado por la abundante aparición de vertientes en las cercanías al cauce del río Mostazal.

- *Unidad Hidrogeológica II (Depósitos aluviales):* Se consideran en esta unidad hidrogeológica los depósitos de conos aluviales, escombros de faldas, materiales coluviales y acarreos de quebradas menores.

  Corresponden a la unidad que abarca mayor superficie, luego de la roca impermeable, en el área de estudio.

  Según lo señalado en SERPLAC *et al*. (1979), corresponden a sedimentos heterogéneos de gravas, arenas, limos y arcillas y poseen una permeabilidad irregular, en algunos casos favorables como áreas de recarga para los acuíferos, por lo cual, presentarían menor importancia en cuanto al aprovechamiento de los recursos hídricos.

- *Roca:* Esta unidad corresponde al basamento rocoso sobre el cual se ha depositado el relleno sedimentario. Se distinguen en esta unidad, las formaciones Viñita (Kv) y Algarrobal (Ja), rocas graníticas cretácicas y/o terciarias (KTg)y el Grupo Ovalle indiferenciado (Ko).

En la Figura 8.3.2-1 se muestra el mapa geológico 1:250.000 Hoja Ovalle. En la zona de estudio no se han evaluado las características hidráulicas de las formaciones rocosas de la cuenca del río Mostazal, sin embargo, si estas rocas se encuentran fracturadas podrían constituir potenciales acuíferos.

En la fotografía presentada en la Figura 8.3.2-2, tomada desde aguas arriba del sector Mostacilla, se pueden observar las diferentes unidades hidrogeológicas descritas anteriormente.

Se observan en el centro de la fotografía, los depósitos fluviales actuales del cauce del río Tulahuencito. En la ladera oeste (izquierda en la Figura 8.3.2-2) se observa la unidad de depósitos aluviales. En particular, se observa un abanico aluvial en el sector de Mostacilla, donde el valle fluvial se estrecha y el nivel freático alcanza la superficie. Se indican además en la figura la ubicación del afloramiento rocoso.

La distribución espacial de las unidades hidrogeológicas se puede apreciar en el mapa hidrogeológico del estudio SERPLAC, et al. (1979), presentado en la Figura 8.3.2-3.

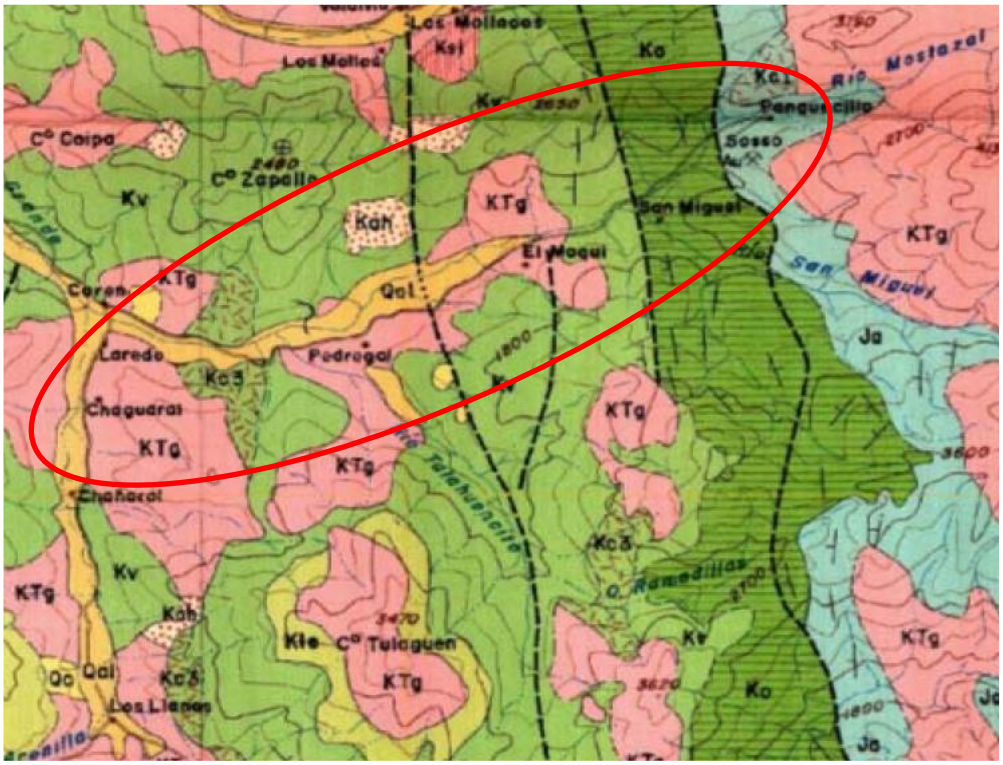


FIGURA 8.3.2-1
MAPA GEOLÓGICO ZONA DE ESTUDIO
Fuente: Carta Geológica de la Hoja Ovalle, SERNAGEOMIN, 1967.

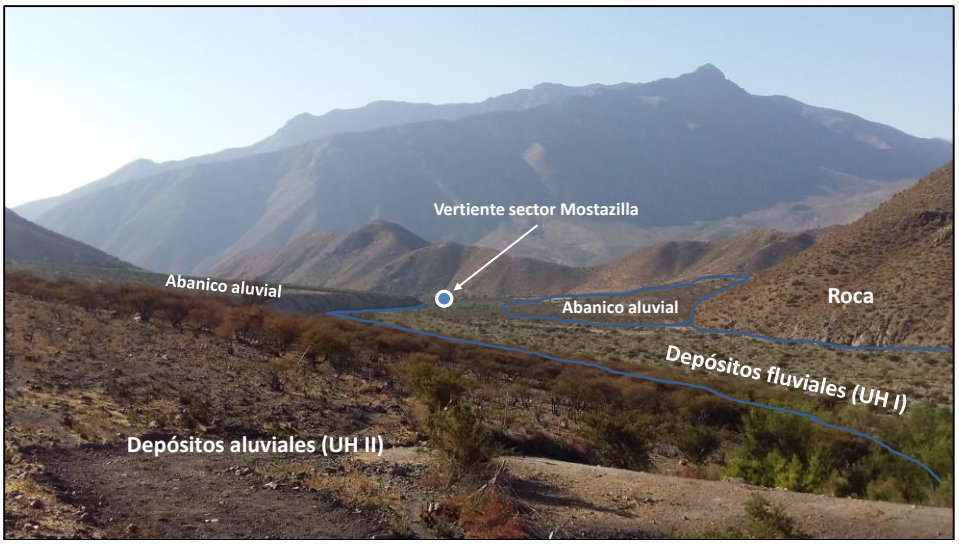


FIGURA 8.3.2-2
EJEMPLO DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: Elaboración propia.

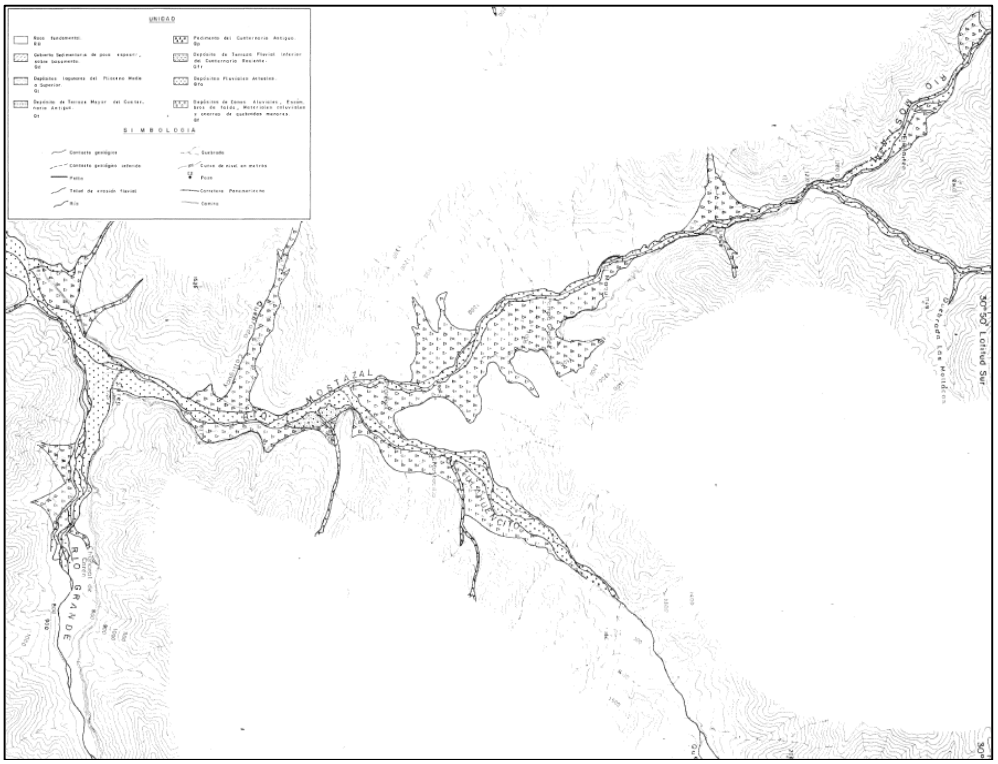


FIGURA 8.3.2-3
MAPA HIDROGEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: SERPLAC et al (1979).

8.3.3. Parámetros Hidráulicos

8.3.3.1. Aspectos Generales

Las principales propiedades hidrogeológicas a analizar son: conductividad hidráulica (K) y coeficiente de almacenamiento (S). Estas propiedades fueron estimadas en base a recopilación de información existente en informes anteriores para la cuenca del Limarí y cuencas afines, en particular, Elqui y Copiapó, además de pruebas de agotamiento y recuperación realizadas para este estudio.

8.3.3.2. Conductividad Hidráulica (K)

De acuerdo a los antecedentes revisados en este estudio, en particular el estudio "Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Limarí" (DGA, 2008), los coeficientes de permeabilidad estimados en unidades hidrogeológicas asociadas a los depósitos presentes en la cuenca del río Mostazal, es decir, depósitos fluviales actuales, conos aluviales, coluviales y terrazas fluviales subactuales, todos de edad cuaternaria presentan altas conductividades hidráulicas del orden de 8-800 m/día.

Se consideraron además como valores de referencia de conductividad hidráulica, los obtenidos de la revisión de antecedentes de la cuenca del río Elqui y Copiapó.

En el estudio "Evaluación de la explotación máxima sustentable del acuífero del valle del Elqui" (DGA, 2006) se estima una variación importante del coeficiente de permeabilidad, en el rango de 1-60 m/día.

En cuanto a los antecedentes recopilados para la cuenca del río Copiapó, en el estudio "Actualización de la modelación integrada y subterránea del acuífero de la cuenca del río Copiapó" (HIDROMAS CEF, DGA, 2013), se estiman valores de permeabilidad de 1-500 m/día para el relleno del valle del río Copiapó.

Por otra parte, de acuerdo a lo descrito en los resultados de pruebas de agotamiento y recuperación realizadas para este estudio, se estimaron valores de conductividad en el rango de 1-140 m/día ($1x10^{-5}$ - $1,6x10^{-4}$ m/s).

8.3.3.3. Coeficiente de Almacenamiento (S).

En el caso del coeficiente de almacenamiento, no se encontraron antecedentes para su estimación en la cuenca del río Limarí, por lo cual, se consideran como referencia los valores encontrados en los antecedentes para la cuenca del río Elqui y Copiapó.

De acuerdo a lo señalado para la cuenca del río Elqui en DGA (2006), se consideraron en el modelo numérico del acuífero, valores en el rango 0,04-0,06 para el coeficiente de almacenamiento.

De acuerdo a lo señalado en (HIDROMAS CEF, DGA, 2013), para la cuenca del río Copiapó, se cuenta con poca información disponible para la estimación del coeficiente de almacenamiento, y los valores señalan un rango entre 0,016 y 0,15. Por otra parte, se señala que para acuíferos libres estudiados, cabe esperar que este coeficiente se ubique ente 0,10 y 0,20. Por último, se señala que se asumió un valor de 0,10 como el más representativo del embalse subterráneo, estimándose que esta cifra era conservadora.

8.3.4. Afloramientos o Vertientes

Se realizó un catastro de los afloramientos ubicados en la zona de estudio, los cuales fueron visitados en terreno durante los días 7 a 9 de febrero de 2017. En el Cuadro 8.3.4-1 se resume la información obtenida en el catastro y en la Figura 8.3.4-1, se muestra la ubicación de los afloramientos y el número de identificación de cada afloramiento. Es preciso señalar que algunos de estos afloramientos corresponden a su vez a captaciones y han sido descritas en el Capítulo 4, sin embargo, se identifican en este capítulo con un número diferente de identificación en su carácter de afloramientos.

De acuerdo a lo observado en la visita a terreno, se aprecia que la aparición de afloramientos o vertientes, se asocia generalmente al angostamiento del valle del río Mostazal, o bien al estrechamiento del relleno fluvial producto de los diferentes abanicos aluviales generados por las quebradas, como por ejemplo en el sector de Quebrada Honda (vertiente Rapelcillo) y en el sector de Mostacilla (vertiente Mostacilla).

Por otra parte, la existencia de drenes en la zona de Pedregal y Colliguay evidencia la existencia de niveles freáticos someros en esta área. De acuerdo a los celadores de la junta vigilancia, estas zonas correspondían a zonas de afloramiento natural que fueron drenadas para el desarrollo de las actividades agrícolas.

CUADRO 8.3.4-1
CATASTRO DE VERTIENTES CUENCA RÍO MOSTAZAL

ID	Localidad	Datum WGS84 H19S		Observaciones
		UTM Norte	UTM Este	
1	Lomita de Carén	6.586.105	331.232	Vertiente desemboca en río Mostazal (10 l/s aprox.)
2	Lomita de Carén	6.585.988	331.371	Vertiente desemboca en canal Alfaro (8 l/s aprox.)
3	Lomita de Carén	6.585.966	331.451	Vertiente desemboca en río Mostazal (7 l/s aprox.)
4	Colliguay Bajo	6.586.064	331.486	Vertiente desemboca en río Mostazal (5 l/s aprox.)
5	Colliguay Bajo	6.585.554	332.108	Vertiente desemboca en río Mostazal (15 l/s aprox.). Podría corresponder a un dren
6	Colliguay Bajo	6.585.363	332.313	Vertiente desemboca en río Mostazal (5 l/s aprox.). Podría corresponder a un dren
7	La Mostacilla	6.584.414	338.058	Esta vertiente aflora en Tulahuencito y la utilizan dos canales (Canal "Vertiente" y canal "Pedregal"). Caudal, 25 l/s aprox.). Se extiende longitudinalmente hacia aguas abajo aumentando su caudal
8	Pedregal	6.585.952	336.679	Corresponde a un sistema de drenes ubicado en el norte del valle (ID en catastro de captaciones: 13,14,15,16)
9	Pedregal	6.585.863	336.653	
10	Agua Amarilla	6.586.122	338.176	Se estima caudal entre 1-2 l/s. Corresponde a ID 10 en catastro de captaciones.
11	Rapelcillo	6.588.873	342.526	Agua acumulada en estanque intrapredial para riego Con salida hacia río Mostazal. Corresponde a ID 9 en catastro de captaciones.
12	San Miguel	6.589.926	346.370	Agua acumulada en estanque intrapredial para riego. Corresponde a ID 8 en catastro de captaciones.
13	San Miguel	6.588.719	348.077	Afloramiento de aguas en un radio aproximado de 200 m, Agua desemboca en el río San Miguel
14	San Miguel	6.588.539	348.422	Vertiente desemboca en río San Miguel. Cambio de pendiente del depósito sedimentario.
15	El Maitén I	6.590.529	346.995	Vertiente abastece al A.P.R. de El Maitén y además el agua se utilizaba para el riego (5 regantes). Caudal: 30-50 l/s aprox. Identificado como ID 3 (A.P.R. El Maitén) en catastro de captaciones).
16	El Maitén II	6.591.322	347.789	Esta Vertiente desemboca en el río San Miguel (5 l/s aprox.). Afloramiento en roca fracturada.

Fuente: Elaboración propia.

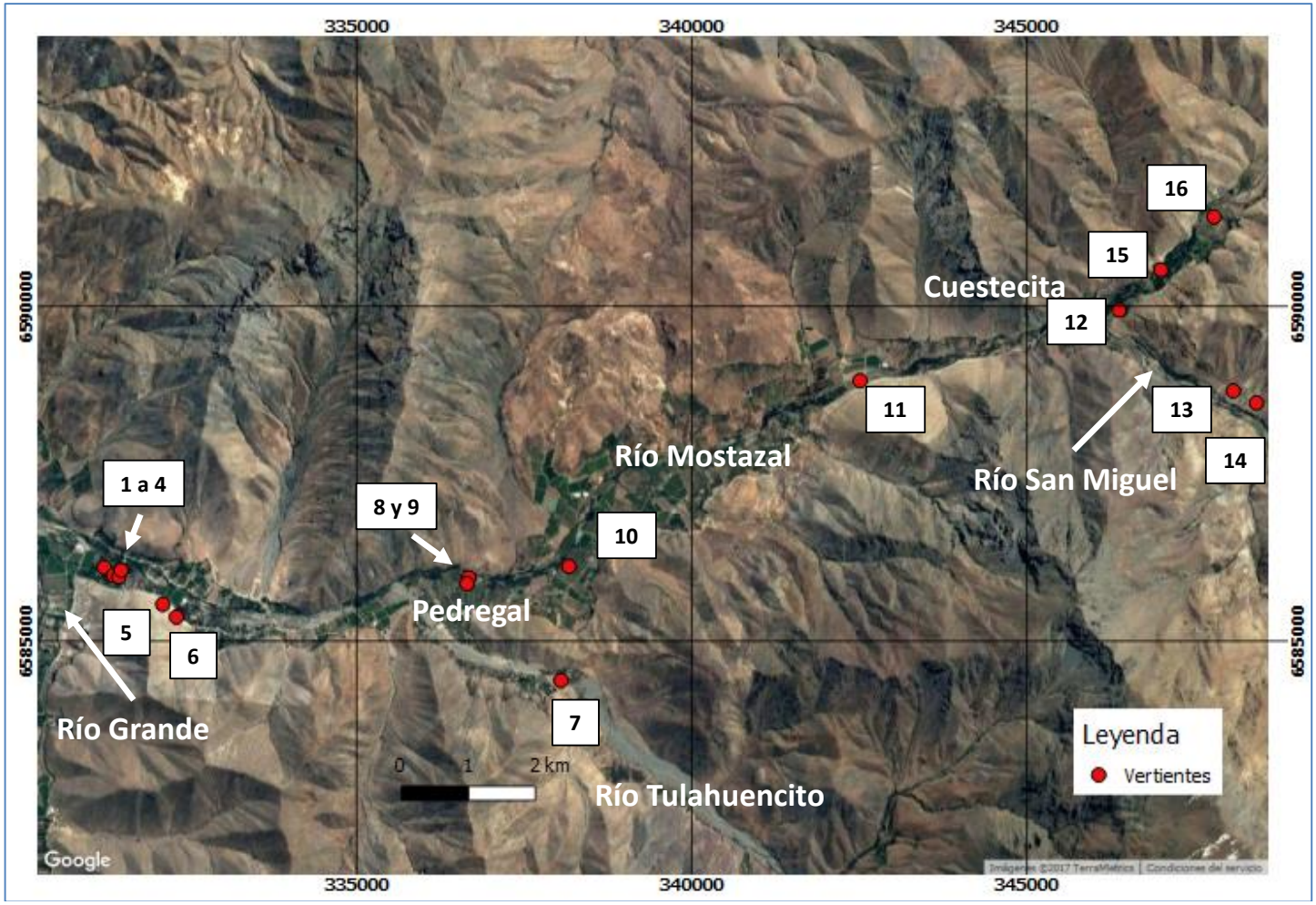


FIGURA 8.3.4-1
UBICACIÓN AFLORAMIENTOS/VERTIENTES CUENCA RÍO MOSTAZAL
Fuente: Elaboración propia.

8.3.5. Estudio Piezométrico

Durante la visita a terreno se visitaron 16 vertientes y 2 captaciones de aguas subterráneas, donde se midieron los niveles freáticos y se registraron las coordenadas y altura geográfica de cada punto. Por otra parte, se consideraron los niveles registrados en las APR presentes en el área de estudio durante el mes de enero 2017, de acuerdo a la información entregada por los operadores de los APR.

En el Cuadro 8.3.5-1 se presenta un resumen de las alturas geográficas de las vertientes, de acuerdo a lo registrado en visita a terreno y en el Cuadro 8.3.5-2 se muestran los niveles piezométricos en las A.P.R según la información recabada. En la Figura 8.3.5-1 se muestra la ubicación de las vertientes, captaciones y A.P.R junto con el nivel piezométrico calculado. Para el caso de las APR, se considera el nivel correspondiente al mes de enero 2017, ya que corresponde al mes del registro de la visita a las vertientes.

CUADRO 8.3.5-1
UBICACIÓN Y COTA VERTIENTES DEL CATASTRO

ID (Afloramiento)	Localidad	Datum WGS84 H19S		Cota (Nivel piezométrico) (m.s.n.m.)
		UTM Norte	UTM Este	
1	Lomita de Carén Bajo	6.586.105	331.232	727
2	Lomita de Carén Bajo	6.585.988	331.371	721
3	Lomita de Carén Bajo	6.585.966	331.451	728
4	Colliguay Bajo	6.586.064	331.486	724
5	Colliguay Bajo	6.585.554	332.108	741
6	Colliguay Bajo	6.585.363	332.313	754
7	La Mostacilla	6.584.414	338.058	962
8	Pedregal	6.585.952	336.679	865
9	Pedregal	6.585.863	336.653	867
10	Agua Amarilla	6.586.122	338.176	903
11	Rapelcillo	6.588.873	342.526	1.090
12	San Miguel	6.589.926	346.370	1.288
13	San Miguel	6.588.719	348.077	1.412
14	San Miguel	6.588.539	348.422	1.437
15	El Maitén I (A.P.R)	6.590.529	346.995	1.325
16	El Maitén II	6.591.322	347.789	1.380

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 8.3.5-2
NIVELES PIEZOMÉTRICOS APR Y CAPTACIONES

Captación	Cota	Nivel estático (m)		Nivel dinámico (m)		Cota Piezométrica (m.s.n.m.)
	(m.s.n.m)	jul-16	ene-17	jul-16	ene-17	ene-17
A.P.R Colliguay	800	8*	4**	12*	6**	796
A.P.R Pedregal	872	1,6*	3**	5,6*	7**	869
A.P.R El Maqui	1055	2,5*	5**	4,5*	8**	1.050
****Captación Renato Flores	960	-	2,3***	-	2,5***	958

*Fuente: Registro D.O.H.
**Información proporcionada por operadores
***Fuente: Visita a Terreno 7-9 de febrero
****Ver Catastro Capítulo 4.
Fuente: Elaboración propia.

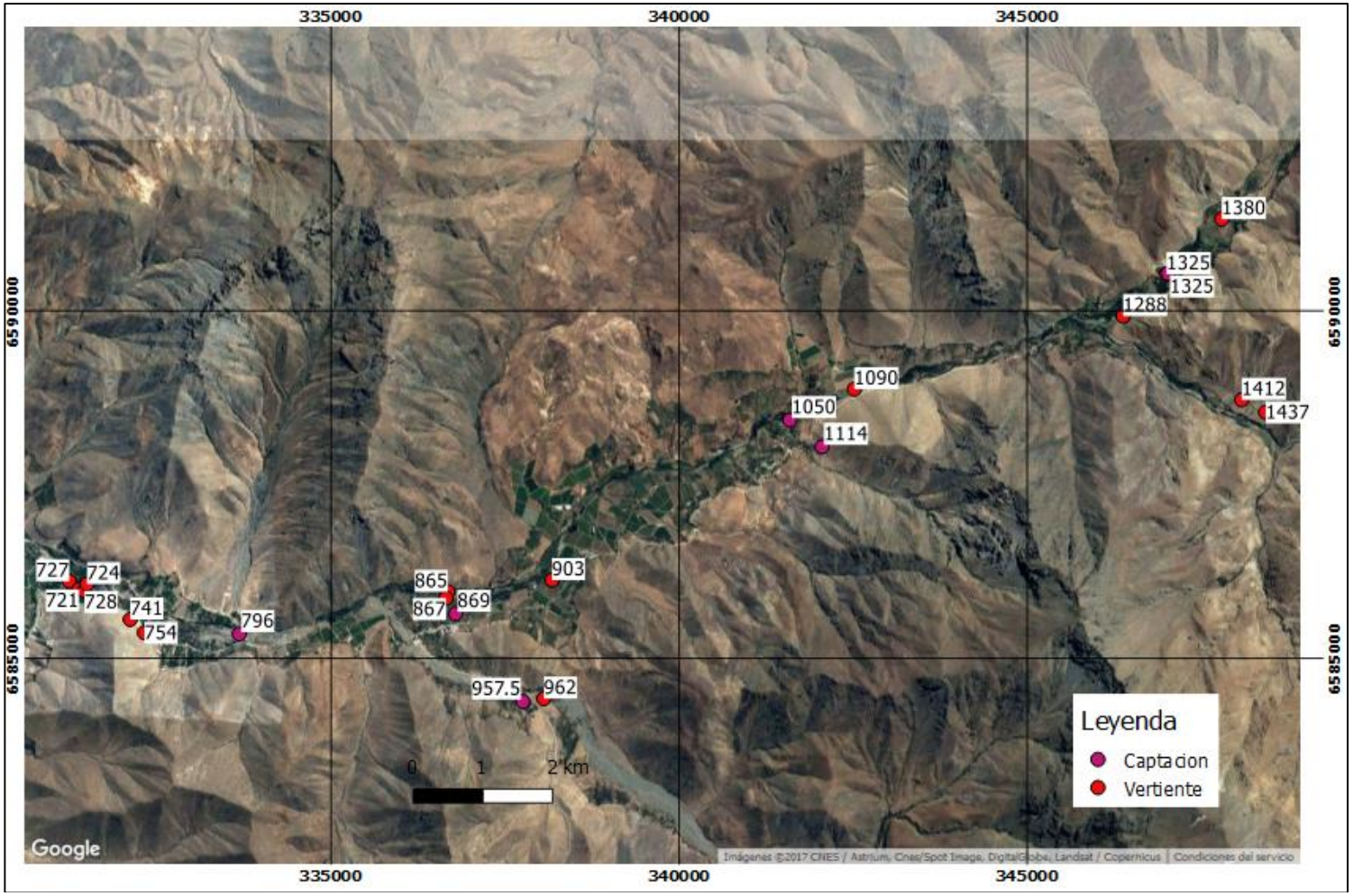


FIGURA 8.3.5-1
PIEZOMETRÍA ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: Elaboración propia.

8.3.6. Sectores Acuíferos

8.3.6.1. Aspectos Generales

La cuenca del río Mostazal se encuentra en una zona cordillerana, por lo cual en su parte alta no tiene desarrollo de rellenos sedimentarios, mientras que en su parte baja presenta rellenos sedimentarios de fondo de valle en cuya superficie se desarrolla actividad agrícola. El agua para regadío proviene de captaciones superficiales del río Mostazal y algunos de sus afluentes, y de captaciones de vertientes de agua subterránea.

La cuenca del río Mostazal se caracteriza por presentar numerosas vertientes a lo largo del relleno sedimentario y presentar una importante interacción río – acuífero. Para describir el funcionamiento hidrogeológico de la zona de estudio, se ha divido la zona en 4 sectores según se muestra en la Figura 8.3.6.1-1.

- Sector 1: Panguecillo - San Miguel.
- Sector 2: Cuestecita – Pedregal.
- Sector 3: Pedregal – Río Grande.
- Sector 4: Tulahuencito.

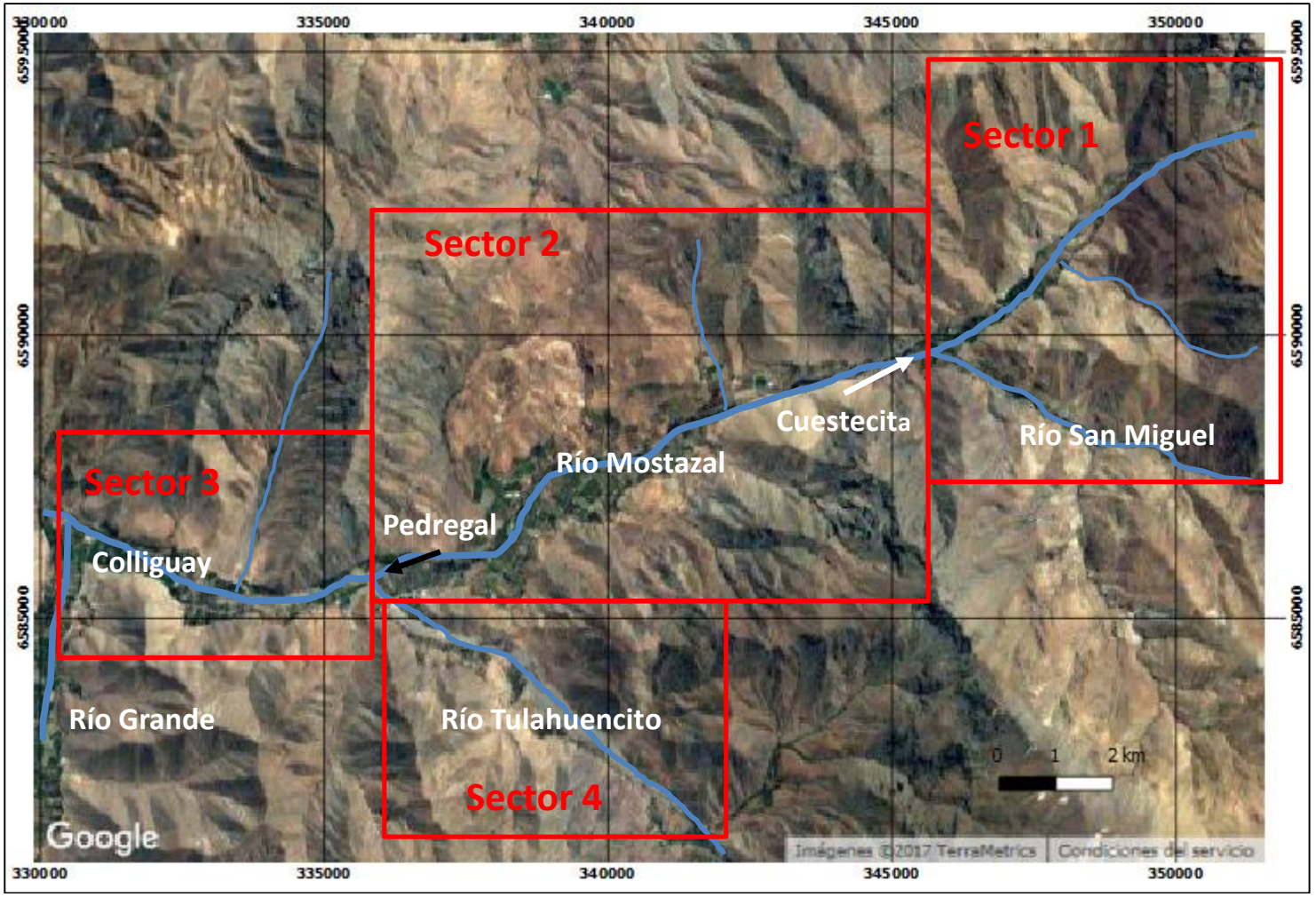


FIGURA 8.3.6.1-1
UBICACIÓN SECTORES MODELO HIDROGEOLÓGICO CUENCA RÍO MOSTAZAL.
Fuente: Elaboración propia.

8.3.6.2. Sector 1: Panguecillo - Río San Miguel

Este sector corresponde a la zona más alta de la cuenca. Se caracteriza por un bajo desarrollo de los depósitos fluviales (U.H I) y aluviales (U.H II), sobretodo en la parte más alta, donde en el sector de Panguecillo, la superficie de rellenos sedimentarios solo alcanza anchos de aproximadamente 50 m. En la Figura 8.3.6.2-1 se muestra el detalle de la ubicación de este sector. En la fotografía mostrada en la Figura 8.3.6.2-2, tomada en la zona alta de la cuenca (ver ubicación en Figura 8.3.6.2-1), se observa el bajo desarrollo de los depósitos sedimentarios. Desde el sector El Maitén hasta Cuestecita hay un mayor desarrollo de los depósitos sedimentarios.

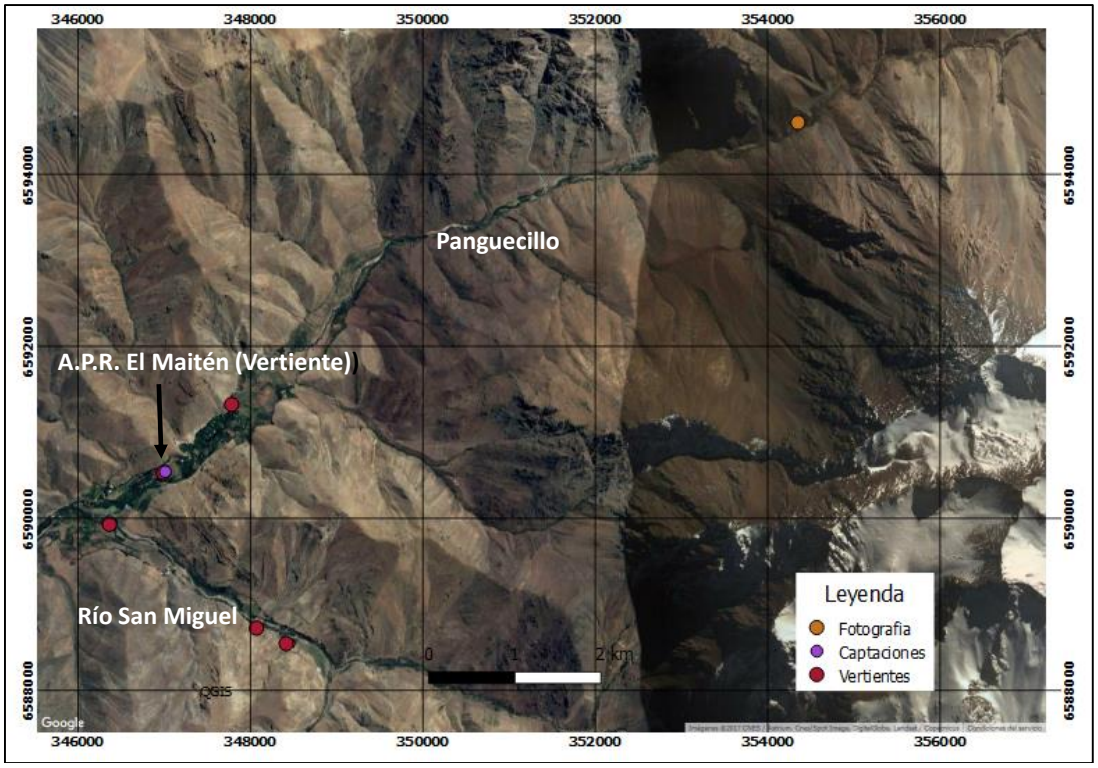


FIGURA 8.3.6.2-1
UBICACIÓN SECTOR 1. PANGUECILLO -RÍO SAN MIGUEL.
Fuente: Elaboración propia.

Destaca en esta zona la vertiente de El Maitén (Vertiente N° 15, Cuadro 8.3.4-1) por ser la vertiente con mayor caudal de toda la zona de estudio, estimándose éste entre 30-50 l/s. Su origen podría ser atribuido a un aporte tanto del acuífero asociado a los depósitos fluviales y aluviales como también a aportes laterales de zonas de roca fracturada. Sin embargo, no se cuenta con suficiente información para establecer claramente el origen de esta vertiente. La vertiente abastece el APR El Maitén y el resto es encauzado en un canal de regadío.

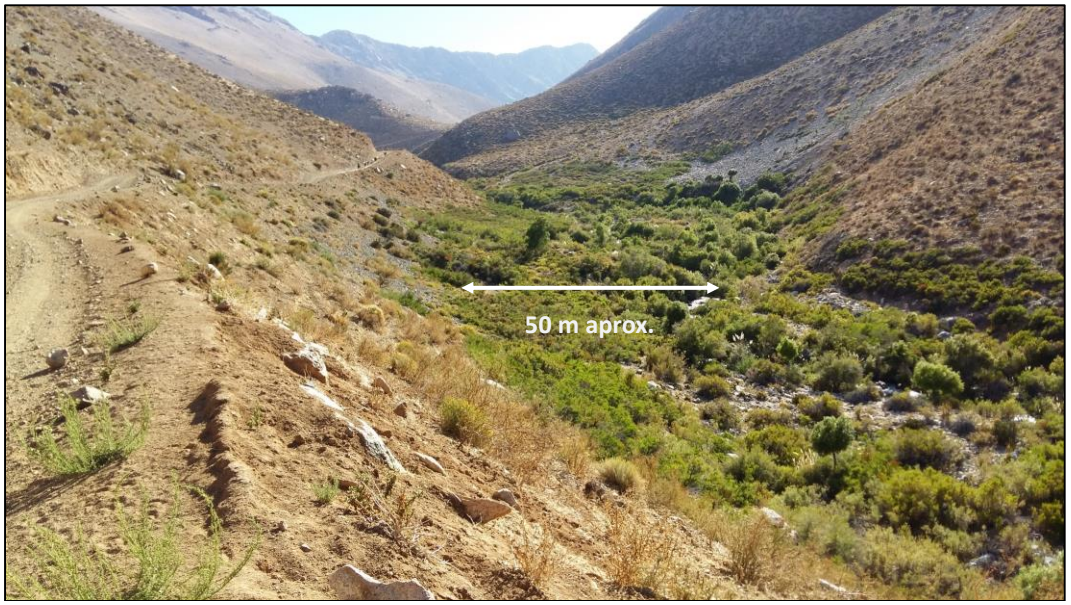


FIGURA 8.3.6.2-2
FOTOGRAFÍA SECTOR PANGUECILLO
Fuente: Elaboración propia.

En el sector del río San Miguel, el valle fluvial es estrecho, pero también se observa mayor desarrollo de los depósitos sedimentarios en el tramo antes del sector de Cuestecita donde confluye con el río Mostazal. Las vertientes que aparecen en esta zona se ubican unos 2 km aguas arriba de la confluencia (ver Figura 8.3.4-1), en una zona de cambio de pendiente del relleno sedimentario del valle, lo cual podría ser la razón del afloramiento de agua subterránea.

8.3.6.3. Sector 2: Cuestecita - Pedregal

La Figura 8.3.6.3-1 muestra el sector Cuestecita-Pedregal en detalle. En la sección más alta de este sector, entre Cuestecita y Quebrada Honda, se observa un mayor desarrollo del depósito fluvial (UH I) por sobre el aluvial (UH II). Luego, en el sector de Quebrada Honda se desarrolla un abanico aluvial, cuyo origen es la presencia de esta quebrada afluente por el norte del valle. Producto del emplazamiento de los depósitos aluviales que abarcan una amplia zona del valle, en este sector se haría menor la sección de los depósitos fluviales (UH I). Este estrechamiento y el contraste de permeabilidades de ambas unidades podría ser la causa del afloramiento de agua subterránea en el sector de Rapelcillo (Vertiente 11). En la Figura 8.3.6.3-2 se presenta un corte esquemático del sector Quebrada Honda, donde se observa el emplazamiento de las unidades, mientras que en la Figura 8.3.6.3-3 se ve la foto del sector con la ubicación del perfil esquemático.

Entre Quebrada Honda y Pedregal, se observa un mayor desarrollo del relleno sedimentario, en particular de la UH II, donde se ubican quebradas afluentes de mayor envergadura, según se muestra en la fotografía de la Figura 8.3.6.3-3.

El sector de Pedregal, de acuerdo a lo indicado por los celadores de la Junta de Vigilancia del Río Mostazal, había originalmente una zona inundada por afloramientos de agua subterránea, en la cual se construyeron drenes para rebajar los niveles y desarrollar la actividad agrícola (Vertientes 8 y 9). Estos afloramientos podrían tener su origen en una mayor recarga al agua subterránea por retornos de riego en el Sector 2, y el embalsamiento del agua subterránea que genera la presencia de unidades menos permeables asociadas a los flujos aluviales generados por las crecidas del río Tulahuencito, que entra al valle desde el sur un poco más abajo. El agua de estos drenes es derivada al cauce del río Mostazal.

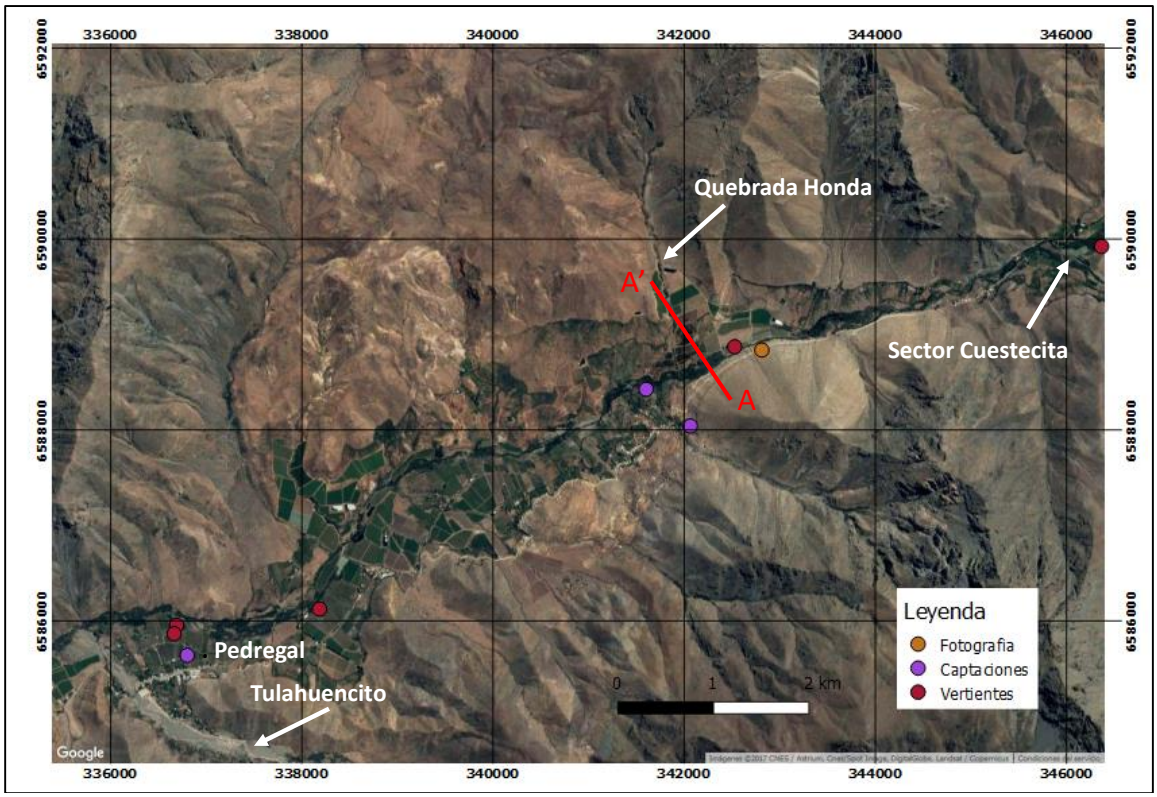


FIGURA 8.3.6.3-1
SECTOR 2. CUESTECITA – PEDREGAL
Fuente: Elaboración propia.

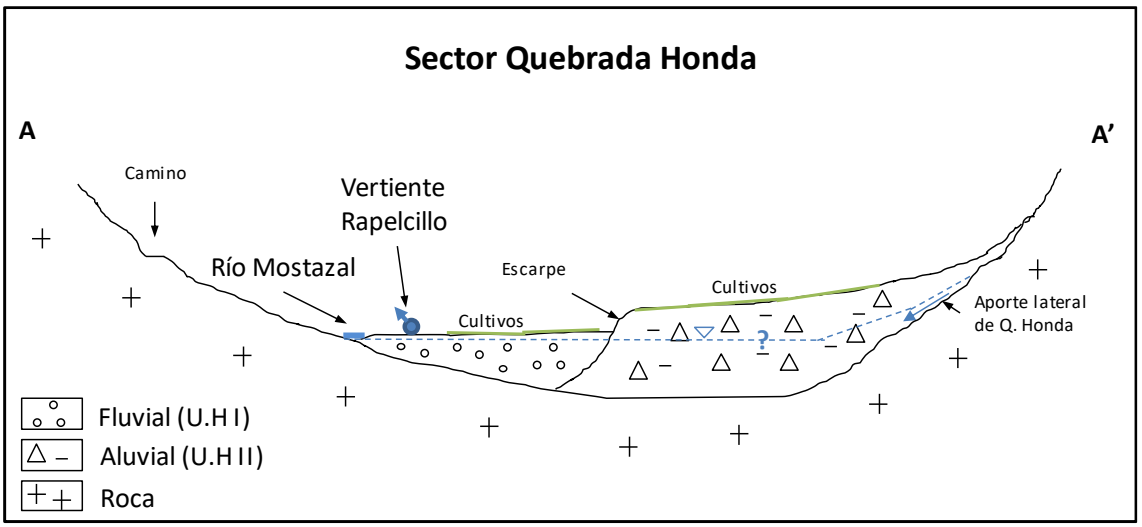


FIGURA 8.3.6.3-2
CORTE ESQUEMÁTICO A-A'. SECTOR QUEBRADA HONDA
Fuente: Elaboración propia.

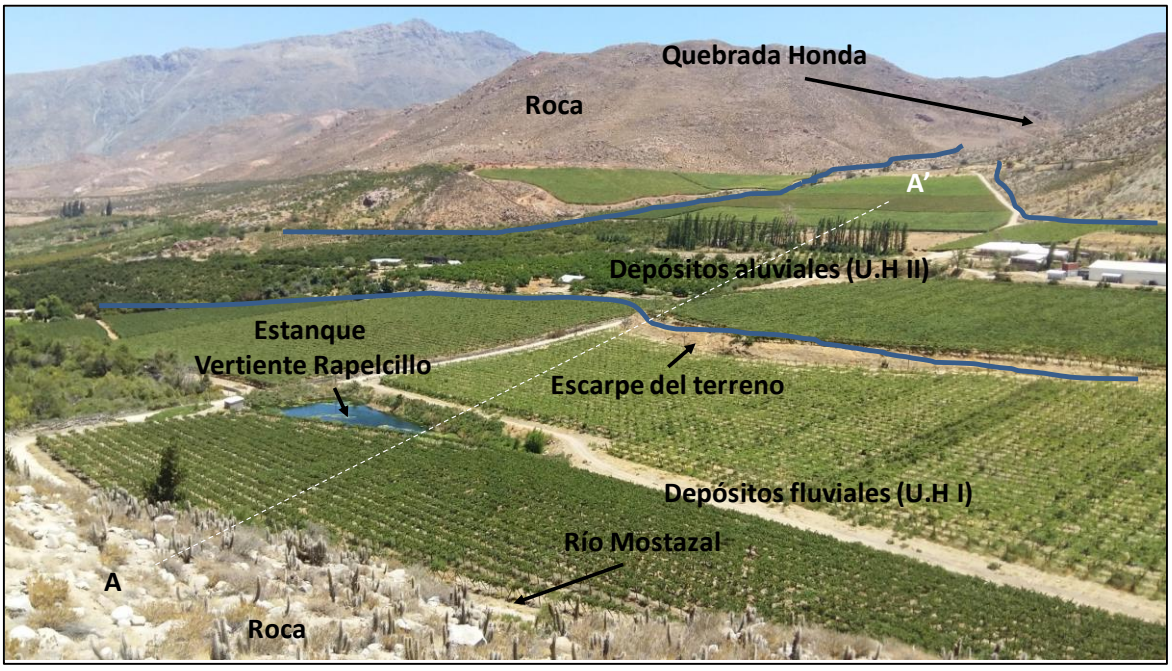


FIGURA 8.3.6.3-3
FOTOGRAFÍA SECTOR QUEBRADA HONDA.
Fuente: Elaboración propia.

8.3.6.4. Sector 3. Pedregal –Río Grande

La Figura 8.3.6.4-1 muestra el detalle de ubicación del sector Pedregal–Río Grande. En este sector, el desarrollo del relleno sedimentario, alcanza anchos de entre 500 m hasta valores cercanos

a 1 km. La Fotografía de la Figura 8.3.6.4-2 muestra una vista general de este sector, donde se aprecian las unidades hidrogeológicas definidas.

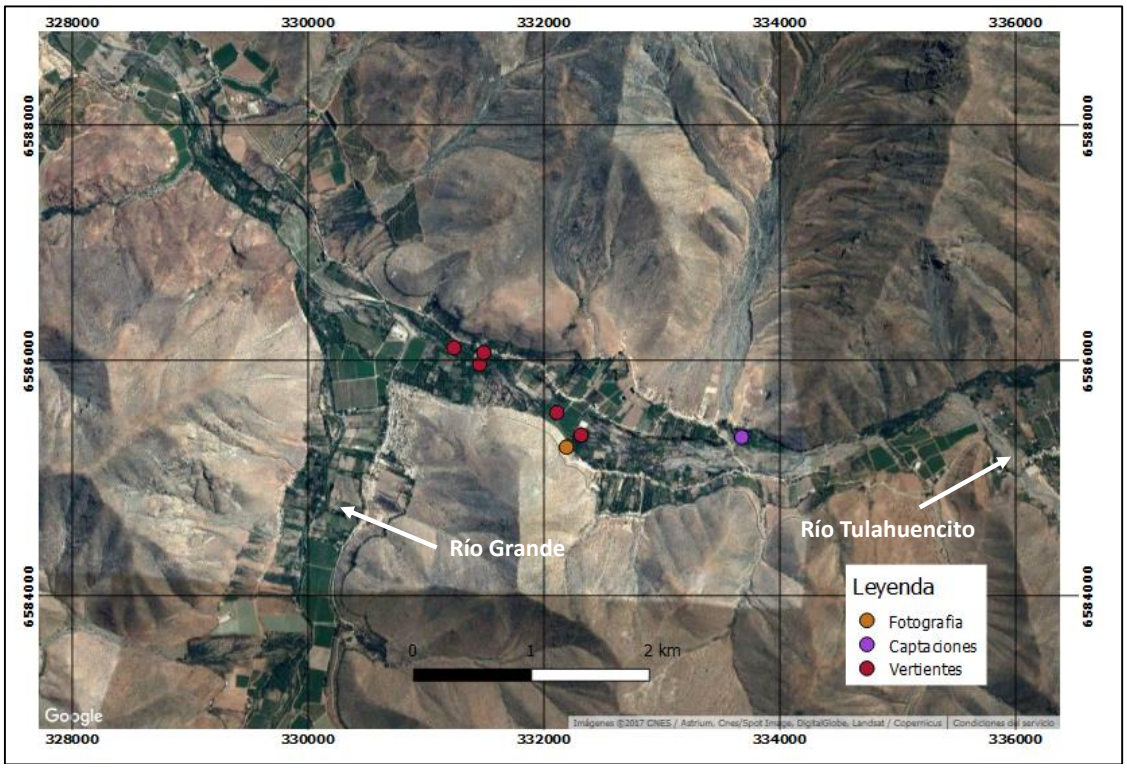


FIGURA 8.3.6.4-1
UBICACIÓN SECTOR 3. PEDREGAL – COLLIGUAY
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la información entregada por celadores de la Junta de Vigilancia, algunas vertientes ubicadas en el sector de Colliguay Bajo (Vertientes n° 5 y 6) podrían corresponder a sistemas de drenaje para deprimir niveles y permitir el cultivo. En la parte baja de este sector (Lomita de Carén), antes de la confluencia con el río Grande, las vertientes (Vertientes N° 1, 2, 3 y 4) se producirían por la presencia de agua subterránea somera.

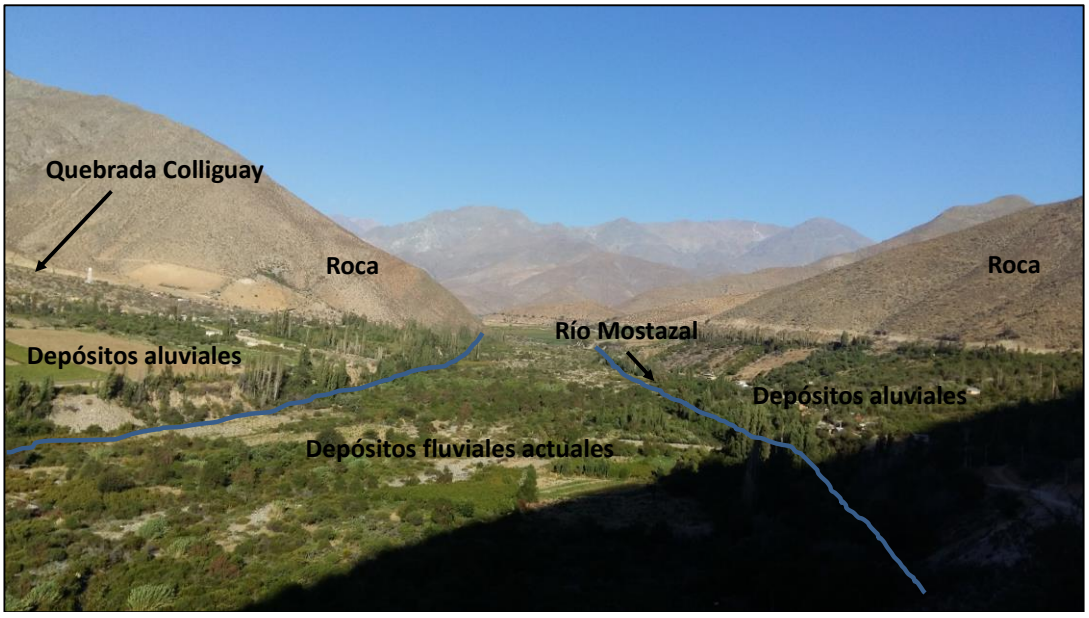


FIGURA 8.3.6.4-2
FOTOGRAFÍA SECTOR 3. PEDREGAL – COLLIGUAY
Fuente: Elaboración propia.

8.3.6.5. Sector 4: Tulahuencito

La Figura 8.3.6.5-1 muestra la ubicación del sector Tulahuencito. En la Figura 8.3.6.5-2 y Figura 8.3.6.5-3 se presentan dos cortes esquemáticos del sector Tulahuencito (A-A y B-B', ver Figura 8.3.6.5-1). De acuerdo a lo indicado por los celadores de la Junta de Vigilancia, existe una bocatoma en el sector de la Tranquita (A-A'), producto de lo cual el río queda sin flujo hacia aguas abajo. Aguas arriba de este punto el río tiene caudal hasta sus cabeceras.

Destaca en esta zona, el desarrollo de un abanico aluvial importante en el sector de Mostacilla y un estrechamiento del valle (corte B-B'). Este abanico aluvial, de materiales menos permeables al del depósito fluvial, sumado al estrechamiento del valle, produciría un estrechamiento de la sección de flujo preferencial en depósitos fluviales (ver corte B-B'), lo cual permite explicar que los niveles se vuelven más someros hasta intersectar la superficie y generar el afloramiento de la vertiente del sector Mostacilla en el cauce de la quebrada (Vertiente n° 7). El agua que aflora en esta vertiente y escurre por el cauce de la Quebrada Tulahuencito es captada y conducida a dos canales de riego. Según indican los celadores de la Junta de Vigilancia, durante los años de sequía recientes el caudal de esta vertiente mermó y no se pudo dar agua a uno de estos canales. Esto fue suplido extrayendo agua de un pozo que se encuentra aguas abajo de la vertiente.

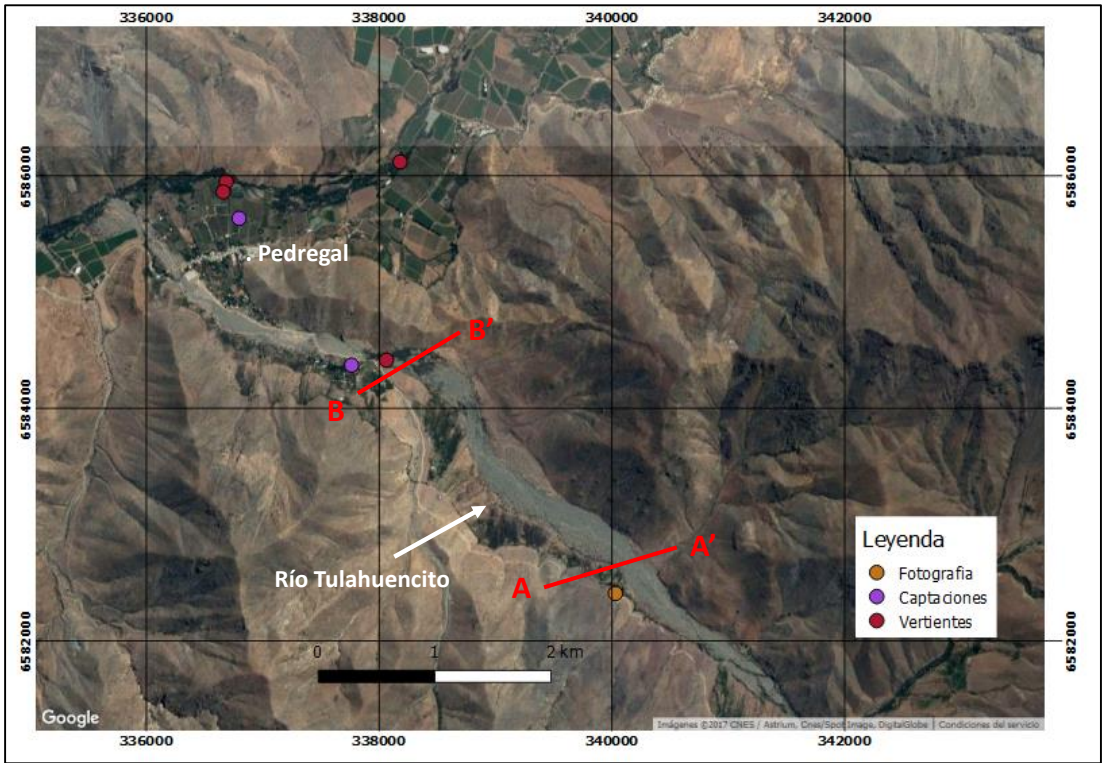


FIGURA 8.3.6.5-1
UBICACIÓN SECTOR 4. TULAHUENCITO
Fuente: Elaboración propia.

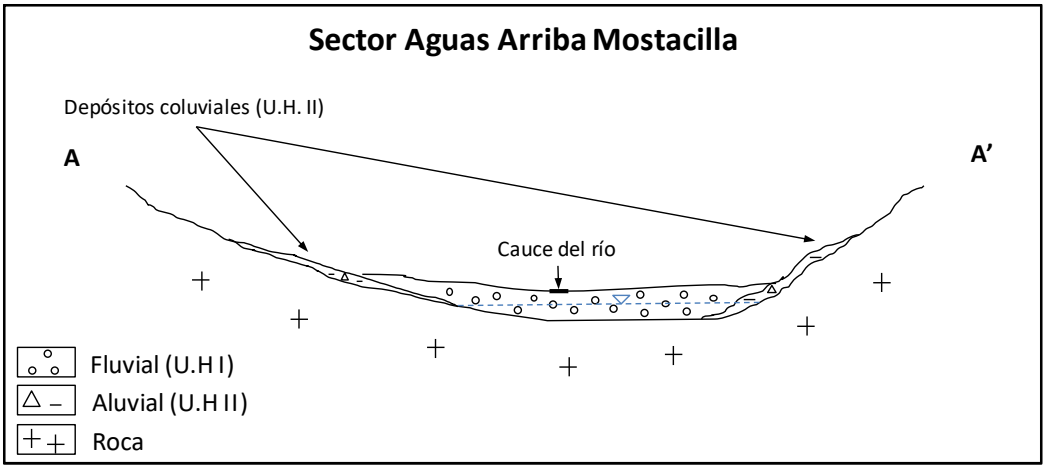


FIGURA 8.3.6.5-2
CORTE ESQUEMÁTICO A-A'. SECTOR AGUAS ARRIBA MOSTACILLA
Fuente: Elaboración propia.

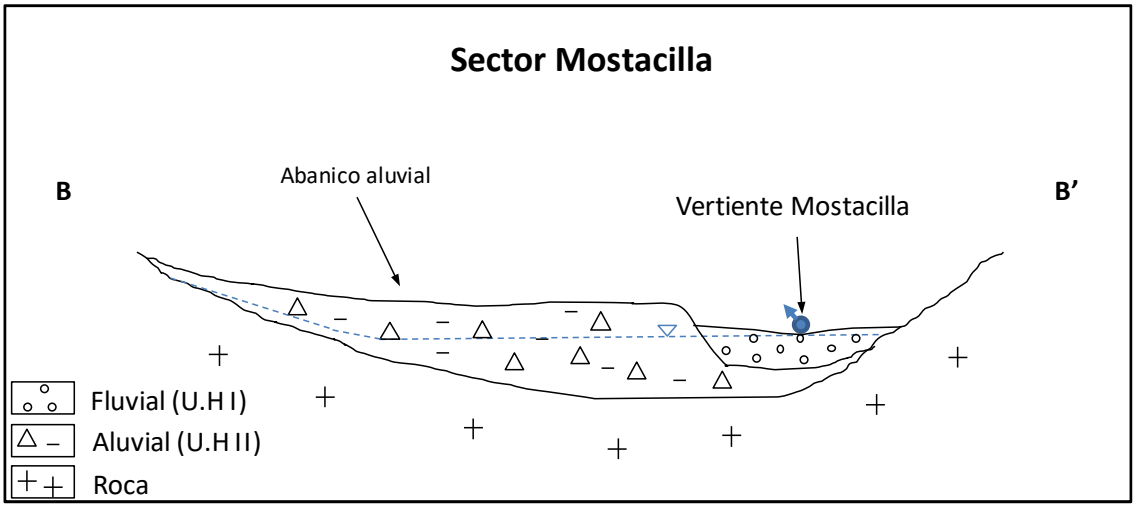


FIGURA 8.3.6.5-3
CORTE ESQUEMÁTICO B-B'. SECTOR MOSTACILLA
Fuente: Elaboración propia.

8.3.7. Recargas

8.3.7.1. Revisión de Antecedentes

Se describen en esta subsección los antecedentes relativos al cálculo de la recarga según lo realizado en tres estudios anteriores. En dos de ellos, el cálculo se realiza utilizando el modelo de simulación hidrológica MAGIC y en el tercer estudio se utiliza el modelo WEAP.

El modelo MAGIC es un modelo de balance, el cual se usa para representar una cuenca completa. El sistema hídrico queda representado físicamente por los siguientes elementos: cuencas aportantes, cauces, embalses, acuíferos y sectores de riego (CAZALAC, 2006).

El modelo simula todos los procesos hídricos que tienen lugar entre estos elementos, como también las demandas consuntivas y no consuntivas que se producen desde nodos, acuíferos, o entre nodos, y entrega como resultados todos los flujos de interrelación entre todos los elementos (CAZALAC, 2006).

MAGIC permite la interacción del sistema superficial de la cuenca con el sistema subterráneo. Esto se logra vinculando las percolaciones de los objetos superficiales con las recargas hacia el sistema subterráneo, y los afloramientos de los acuíferos con los caudales afluentes a algunos objetos superficiales. En este proceso, los acuíferos se consideran como embalses subterráneos y se modelan aplicando simultáneamente la ecuación de continuidad y la ley de Darcy (DGA, 2005).

El modelo WEAP (Water Evaluation And Planning) es un modelo de simulación hidrológico semi-espacializado de base física. Fue creado en 1988 como iniciativa del Stockholm Environmental Institute (SEI), con el objetivo de generar una herramienta de planificación flexible, integral y

transparente para evaluar la sostenibilidad de los patrones actuales de demanda y suministro de agua, y explorar escenarios alternativos de largo alcance (Rhodos, 2014).

WEAP se caracteriza por su enfoque integral al simular tanto los componentes naturales (ej. las demandas por evapotranspiración, escorrentía, flujo base) como los componentes de infraestructura (ej. embalses, bombeo de agua subterránea, etc.) de los sistemas de agua, permitiendo al planificador una mirada más comprensiva de la amplia gama de factores que deben ser considerados en el manejo de los recursos hídricos para el uso presente y futuro (Rhodos, 2014). El modelo, al igual que MAGIC, permite la modelación conjunta de los sistemas superficiales y subterráneos de la cuenca.

A continuación, se describen los aspectos más relevantes de cada estudio en relación al cálculo de la recarga en la cuenca del río Mostazal, junto con los resultados obtenidos.

Aplicación de metodologías para determinar la eficiencia de uso del agua. Estudio en caso de la región de Coquimbo (CAZALAC y Rhodos, 2006).

Este estudio responde a la necesidad de profundizar y conocer la forma en que se usa el agua en una zona árida o semiárida, como lo es la IV Región, para obtener un diagnóstico sobre la eficiencia de uso, y desprender recomendaciones acerca de cómo aumentar dicha eficiencia. Para ello, se construyen 3 modelos de simulación hidrológica para las cuencas del Elqui, Limarí y Choapa, respectivamente. El modelo utilizado para la simulación hidrológica corresponde al modelo MAGIC.

La Figura 8.3.7.1-1 muestra los componentes del balance hídrico considerados en el modelo MAGIC. Los caudales de la figura corresponden a: Q_{evap}: evapotranspiración; Q_{ret}: retorno de riego al río; Q_{canal}: canal de riego; Q_{per}: percolación de riego hacia el acuífero; Q_e: entrada al tramo de río; Q_s: salida del tramo de río; Q_p: percolación del río hacia el acuífero; Q_{br}: bombeo para riego; Q_{se}: entrada subterránea al acuífero; Q_{ss}: salida subterránea del acuífero.

En las cuencas de cabecera, como la del río Mostazal, los caudales superficiales de entrada al modelo (condición de borde) se generaron a partir de la información de la estación Mostazal en Cuestecita.

MAGIC utiliza un modelo de precipitación-escorrentía para simular el paso del agua a través del suelo de las zonas de riego y para la obtención de la escorrentía superficial en los mismos. Este modelo utiliza como dato de entrada la precipitación media mensual sobre las distintas zonas de riego, la evapotranspiración potencial de los cultivos del sector, y algunos parámetros característicos del suelo de las mismas, y simula los procesos de infiltración, evapotranspiración y percolación profunda, entregando como resultado el caudal de escorrentía superficial correspondiente y la percolación profunda hacia el acuífero subyacente.

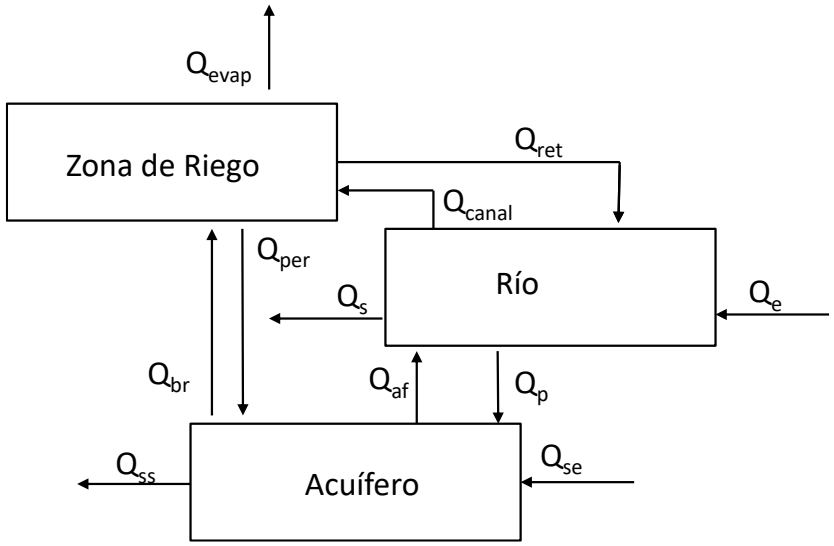


FIGURA 8.3.7.1-1.
BALANCE HÍDRICO MODELO MAGIC
Fuente: Elaboración propia.

En particular en este estudio, se utilizan datos recopilados del catastro frutícola CIREN 1999, fotografías aéreas, mosaico satelital y las campañas de terreno realizadas para generar la información de entrada al modelo de precipitación escorrentía, además del cálculo de las demandas de riego. De acuerdo a este estudio, se determinó una superficie cultivada para la cuenca del río Mostazal de 918 ha. Los cultivos presentes en la cuenca y su porcentaje relativo al área total cultivada se muestran en el Cuadro 8.3.7.1-1.

Los tipos de riego considerados y su eficiencia de aplicación en la cuenca del río Mostazal se muestran en el Cuadro 8.3.7.1-2. Se observa el bajo grado de tecnificación en la cuenca (9 %).

Los caudales asociados a los canales de riego se consideran variables de entrada al modelo y se generaron según las acciones en l/s asociadas a cada canal. Así mismo, se definieron eficiencias de conducción para los canales con valores en el rango entre 0,9-0,95.

En lo que respecta al sistema subterráneo, los parámetros asociadas al acuífero se definieron en función de los antecedentes recopilados, en particular el estudio de SERPLAC, 1979, y luego, son calibrados por el modelo. En cuanto a las extracciones por usos no asociados al riego se considera un caudal de 30 l/s correspondiente a las captaciones de las APR de la cuenca del río Mostazal.

CUADRO 8.3.7.1-1
PORCENTAJES DE ÁREA POR CULTIVO

Cultivo	Porcentaje del área cultivada (%)
Vid de Pisco	52
Praderas	26
Vid de Mesa	9
Frutales	4
Tomate	3
Maíz	3
Poroto	2
Papa	1
Vid de Vino	1

Fuente: Modificado de CAZALAC, 2006.

CUADRO 8.3.7.1-2
TECNIFICACIÓN DE RIEGO Y EFICIENCIAS

Tipo de Riego	Porcentaje del área cultivada (%)	Eficiencia (%)
Surcos	64	45
Tendido	27	30
Goteo	9	90

Fuente: Modificado de CAZALAC, 2006.

Los parámetros asociados al acuífero del río Mostazal se muestran en el Cuadro 8.3.7.1-3.

CUADRO 8.3.7.1-3
CARACTERÍSTICAS ACUÍFERO MOSTAZAL SEGÚN MODELO MAGIC

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen inicial	2,63	hm^3
Conductividad hidráulica	200	m/día
Coeficiente de almacenamiento	0,14	-

Fuente: Modificado de CAZALAC, 2006.

La calibración del modelo MAGIC se realiza utilizando los caudales medidos en las 7 estaciones fluviométricas ubicadas en la cuenca del río Limarí. En particular, en la cuenca del río Mostazal se considera la estación río Mostazal en Carén. El período de calibración corresponde a 1990-2004.

El Gráfico 8.3.7.1-1 muestra el resultado obtenido por el modelo MAGIC para la recarga disponible, los afloramientos al río y la recarga neta, es decir, el flujo que efectivamente llega al acuífero, correspondiente a la resta de las dos primeras. El caudal promedio obtenido para la recarga al acuífero es de 109 l/s y para los afloramientos de 78 l/s.

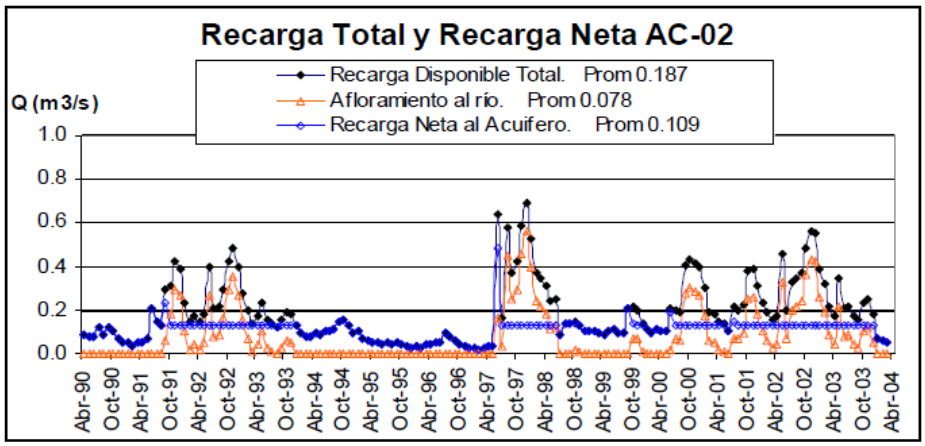


GRÁFICO 8.3.7.1-1
RECARGA TOTAL Y RECARGA NETA ACUÍFERO MOSTAZAL
Fuente: CAZALAC, 2006.

Diagnóstico plan maestro para la gestión de recursos hídricos, región de Coquimbo (CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores, 2013).

El objetivo central de este estudio fue elaborar un Plan Hídrico para la Región de Coquimbo, de tal modo que se constituya en un instrumento de planificación que, considerando los efectos agregados de las diversas intervenciones locales, contribuya a orientar las decisiones públicas y privadas, con el fin último de maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medioambiente y con condiciones de equilibrio que permitan la sustentabilidad en una visión de corto, mediano y largo plazo.

En este estudio se utilizaron los modelos MAGIC calibrados del Elqui, Limarí y Choapa desarrollados por el estudio CAZALAC, 2006, los cuales se actualizaron y se validaron, para luego analizar los escenarios de operación futura que contienen las proposiciones del Plan Maestro.

La actualización de los modelos existentes consistió en:

- Actualización de las estadísticas de datos de entrada relativos a la oferta (pluviometría, fluviometría).
- Actualización de los datos de entrada relativos a la demanda superficial y subterránea (uso agrícola, potable, minero), en especial actualización de las áreas de riego, cultivos y métodos de riego.

Con respecto a la actualización de las estadísticas, se prolongaron los datos de las estaciones pluviométricas y fluviométricas hasta el año 2011.

En cuanto a los parámetros de entrada relativos a las zonas de riego, se utilizó la información del Catastro Frutícola CIREN 2011 para su actualización.

Los cultivos presentes en la cuenca y su porcentaje relativo al área total cultivada, según la actualización realizada en este estudio, se muestran en el Cuadro 8.3.7.1-4. Se observa, en comparación con el estudio de CAZALAC (2006), un aumento en el porcentaje relativo de cultivo de la vid de mesa y una disminución del porcentaje de vid de pisco, la que se mantiene con la mayor área de cultivo de la cuenca del río Mostazal. Además, se observa un aumento en el porcentaje relativo del cultivo de frutales.

CUADRO 8.3.7.1-4
PORCENTAJES DE ÁREA POR CULTIVO

Cultivo	Porcentaje del área cultivada (%)
Vid de Pisco	44
Praderas	22
Vid de Mesa	18
Frutales	9
Tomate	2
Maíz	2
Poroto	1
Papa	1
Vid de Vino	1

Fuente: Modificado de CONIC-BF, 2013.

Los valores obtenidos en la actualización de los tipos de riego considerados y su eficiencia de aplicación en la cuenca del río Mostazal se muestran en el Cuadro 8.3.7.1-5. Se observa, en comparación con los datos del estudio CAZALAC, 2006, un aumento en la tecnificación del riego, desde un 9 % a un 26 %.

CUADRO 8.3.7.1-5
TECNIFICACIÓN DE RIEGO Y EFICIENCIAS

Tipo de Riego	Porcentaje del área cultivada (%)	Eficiencia (%)
Surcos	52	45
Tendido	22	30
Goteo	26	90

Fuente: Modificado de CONIC-BF, 2013.

Los parámetros característicos del acuífero y los caudales de extracción subterránea no se modifican en comparación al estudio de CAZALAC, 2006.

Para la validación del modelo, se considera el período desde abril 2004 a marzo 2011.

Los caudales promedios obtenidos por el modelo MAGIC para la recarga disponible, los afloramientos al río y la recarga neta, corresponden a 137 l/s, 27 l/s y 110 l/s, respectivamente. Se observa una disminución de la recarga disponible en comparación al estudio CAZALAC, 2006, sin embargo, la recarga neta no sufre variaciones, por lo que, el caudal de afloramientos se ve disminuido.

De modelos de gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos, para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa (Rhodos, 2014).

El objetivo central de este estudio fue generar una herramienta que pudiera ser aplicada para la gestión de los recursos hídricos, en especial para la gestión de los acuíferos en épocas de sequía. Para ello, se desarrollaron tres modelos de simulación integrada (superficial-subterránea), utilizando la herramienta de simulación WEAP, para cada una de las cuencas Elqui, Limarí y Choapa, los cuales fueron calibrados y, a partir del modelo calibrado, se generaron diversos escenarios de análisis.

En este estudio, se realizó un análisis comparativo de diversos softwares de modelación hidrológica orientada a la gestión de recursos hídricos. Como resultado del análisis, se optó por utilizar la herramienta de simulación WEAP. WEAP es una herramienta computacional para la planificación integrada de recursos hídricos, cuyo objetivo es asistir al planificador experimentado. Proporciona un marco comprensivo, flexible y de fácil uso para la planificación y análisis de políticas. Funciona en base al balance de masa, pudiendo simular una amplia gama de componentes naturales e intervenidos, como flujo base, escorrentía por precipitación, recarga de aguas subterráneas, análisis de demandas sectoriales, derechos de agua y prioridades de asignación, operación de embalses, generación de hidroelectricidad, seguimiento de la contaminación y calidad del agua, evaluación de la vulnerabilidad, requisitos de ecosistemas y el análisis económico de costo-beneficio de los diversos proyectos simulados (Rhodos, 2014).

Se presentan en el informe revisado, los resultados obtenidos por el modelo, incluido los valores de recarga en el acuífero. Sin embargo, no se presentan los resultados para la cuenca del río Mostazal, los cuales deberían estar incluidos en los anexos del informe, a los cuales no se tuvo acceso.

Los modelos utilizados en los estudios revisados (MAGIC y WEAP) permiten incorporar las distintas variables del balance hídrico subterráneo, definidas en el modelo conceptual presentado en este documento (ver Figura 8.3.9.2-1). De este modo, son capaces de representar aspectos relevantes del sistema subterráneo en estudio, esto es, caudales de afloramientos, valores de la recarga al acuífero, tanto por riego como por las precipitaciones. A su vez, estos modelos incorporan información relevante con respecto a las variables asociadas a las demandas de riego y evapotranspiración y, a su vez, información respecto a los canales de riego presentes en la zona de estudio.

Entre las restricciones o debilidades de los modelos estudiados, se cuenta que presentan una deficiente representación del acuífero, la cual no se basa en datos de terreno y cuyos parámetros se obtienen de la calibración del modelo. En ambos modelos, las características espaciales del sistema acuífero no son representadas. Dichas variables espaciales, por ejemplo, los estrechamientos del valle fluvial que dan origen a la aparición de afloramientos en la cuenca del río Mostazal no son, por ende, representadas.

Los resultados de los estudios revisados, muestran la aparición de afloramientos en la cuenca del río Mostazal, al igual que lo observado en terreno en este estudio. Sin embargo, como se menciona anteriormente, no permiten representar las características, en cuanto a la distribución espacial de los afloramientos. Del mismo modo, tampoco representan las distintas unidades hidrogeológicas presentes en la zona de estudio.

8.3.7.2. Estimaciones

Se tienen cuatro fuentes principales de recarga al acuífero de la cuenca del río Mostazal, estas son: recarga por precipitaciones, recarga por riego, recarga por pérdidas en canales y la recarga por percolaciones desde el lecho del río.

A continuación, se describen las estimaciones realizadas en este estudio para cada componente.

Recarga por Precipitaciones (R_{Pp})

La componente de recarga por precipitaciones se estimó de acuerdo a la metodología descrita en DGA (2008), en la cual, se divide la recarga por precipitación en dos tipos, una recarga lateral (R_L), producida por la precipitación que cae sobre la roca impermeable y una recarga directa (R_D) dada por la precipitación que cae sobre los depósitos sedimentarios, determinadas de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$R_L = P_p \cdot C_E \cdot C_I \cdot A_{RL}$$

$$R_D = P_p \cdot C_I \cdot A_{RD}$$

Donde, C_E es un coeficiente de escorrentía tomado como dato del Balance Hidrológico Nacional (DGA, 1984) e igual a 0,15 para la cuenca del río Mostazal, C_I es un coeficiente de infiltración estimado en un 10% (DGA, 2008) y A_{RL} corresponde a la superficie de roca de la cuenca. La recarga directa se calcula de la misma manera, pero sin considerar el coeficiente de escorrentía, y considerando la superficie de depósitos sedimentarios, A_{RD}. P_p corresponde a la precipitación media.

Los valores de R_L y R_D calculados corresponden a 115,9 l/s y 20,1 l/s, respectivamente, siendo la recarga total por precipitaciones R_{Pp} de 136 l/s, equivalente a un 1,7 % de la precipitación media en la cuenca.

Recarga por Riego (R_{ir})

La estimación de la recarga por infiltraciones producto de la irrigación, se realizó en base a la demanda de riego estimada en el informe de CONIC-BF (2013) para la cuenca del río Mostazal y en base a los antecedentes generados en este estudio, resultado de su Etapa 5, sobre la caracterización de la Situación Actual Agropecuaria.

En el informe de CONIC-BF (2013), se estima una demanda de riego de 955 l/s, en base a información actualizada del informe de CAZALAC (2006), la cual incluye el Catastro Frutícola CIREN 2011 y corresponde a la información más actualizada encontrada.

Considerando los valores de eficiencias de los métodos de riego aplicados, se calculó la eficiencia media de riego en la cuenca ponderado por las áreas equivalentes a cada método de riego (ver Cuadro 8.3.7.1-5), obteniéndose una eficiencia del 53 %. Luego, se estima la recarga producto de la irrigación (R_{ir}), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$R_{ir} = Q_{dda} \cdot (1 - \eta)$$

Donde Q_{dda} corresponde a la demanda de riego y η, la eficiencia media de riego. Así el valor obtenido para R_{ir} corresponde a 441 l/s.

De acuerdo a los antecedentes generados en este estudio, se observa una disminución importante en la demanda de riego, producto principalmente por la sustitución de riego de praderas por cultivos frutales. La demanda bruta de riego se ha estimado en 308 L/s para la zona de estudio (aguas arriba de Carén). Al igual que en el caso anterior, se ha considerado la eficiencia media de riego para el cálculo de la recarga producto de la irrigación, pero en este caso se ha ponderado además por un factor de infiltración, el cual da cuenta que parte de las pérdidas por riego se devuelve directamente al río. Este factor se estimó en base a antecedentes previos tales como el estudio "Mejoramiento del Sistema de Riego en el Rio El Carmen, Región de Atacama" (CNR, 2011), INIA Intihuasi y la opinión experta del equipo agronómico de este estudio. Así, utilizando las eficiencias de riego y factores de infiltración para cada sector de riego, se estima que la recarga R_{ir} corresponde a 51,4 l/s (ver Anexo 8-1).

Recarga por percolaciones en canales ($R_{canales}$)

De acuerdo a los datos presentados en el informe de CONIC-BF (2013), se ha estimado una eficiencia de conducción η_c para los canales de un 90 % y, considerando que el caudal de porteo $Q_{canales}$ debe satisfacer la demanda de riego Q_{dda}, se tiene que:

$$\frac{Q_{dda}}{\eta_c} = Q_{canales}$$

Luego, se tiene que $Q_{canales}$ corresponde a 1060 l/s y las pérdidas en el transporte, equivalentes a la recarga por percolaciones ($R_{canales}$) a 106 l/s.

El mismo cálculo se ha realizado en base a los antecedentes de este estudio. En este caso, Q_{dda} equivale a 308 l/s, se tiene una eficiencia promedio de conducción de 83 % y con esto la $R_{canales}$ se estima en 52,3 l/s (ver Anexo 8-1).

Recarga por percolaciones desde el lecho del río (R_{rio})

Debido a la falta de datos adecuados y la complejidad de la determinación de esta componente, su valor se estimará en función del balance hídrico subterráneo.

8.3.8. Descargas

Las salidas o descargas del sistema acuífero corresponden a los afloramientos (vertientes), las extracciones por pozos de bombeo, las pérdidas por evapotranspiración, las exfiltraciones hacia el río y el flujo subterráneo de salida. A continuación, se describen las estimaciones realizadas en este estudio para cada una de estas componentes:

Afloramientos/vertientes (Q_V)

El caudal de afloramientos y vertientes se estimó por medio de inspección visual durante la visita realizada en el marco del catastro de captaciones subterráneas. El caudal total Q_v corresponde a 77 l/s, el cual resulta de la suma de los caudales de cada vertiente según lo presentado en el Cuadro 8.3.4-1.

Extracciones (Q_E)

El caudal total producto de las extracciones de aguas subterráneas se estimó en base a los derechos de aprovechamiento existentes. El valor corresponde a 15,2 l/s (ver Acápite 7.4.7).

Evapotranspiración real (ET_r)

La evaporación directa desde el flujo de aguas subterráneas se considera despreciable con respecto a los demás flujos del balance.

Exfiltraciones hacia el río (Ex_{rio})

Al igual que en el caso del cálculo de la recarga por percolaciones en el lecho del río, debido a ser el componente de mayor complejidad en su determinación, el componente que determina la interacción río-acuífero se despejara de la ecuación de balance.

Flujo subterráneo de salida ($Q_{sub\text{-}out}$)

Se estima a partir de la ecuación de Darcy en la sección de salida de la cuenca en estudio, esto es, en el sector de Carén. En el Cuadro 8.3.8-1 se resumen los parámetros utilizados y el valor estimado. Los valores de espesor saturado y ancho de la sección de salida se estimaron a partir de la interpretación de la información geofísica e imágenes satelitales (Google Earth).

CUADRO 8.3.8-1
CÁLCULO FLUJO SUBTERRÁNEO DE SALIDA

Parámetro	Valor	Unidad
Conductividad hidráulica (K)*	10	m/día
Pendiente de niveles piezométricos (i)**	0,015	-
Espesor saturado	40	m
Ancho sección de salida	500	m
$Q_{sub-out}$	35	L/s

*Corresponde a un valor medio de las pruebas de bombeo realizadas y antecedentes revisados (ver 4.5.3)
**En base a la pendiente aproximada de terreno en el sector de Carén
Fuente: Elaboración propia.

8.3.9. Balance Hídrico

8.3.9.1. Balance Hídrico de la Cuenca

El siguiente cuadro esquemático (Figura 8.3.9.1-1) muestra las componentes del balance hídrico en la cuenca del río Mostazal. La entrada de flujo a la cuenca corresponde a las precipitaciones y las componentes de salida son la evapotranspiración y los flujos de salida superficial (Q_{out}) y subterráneos ($Q_{sub-out}$) en el sector de Carén.

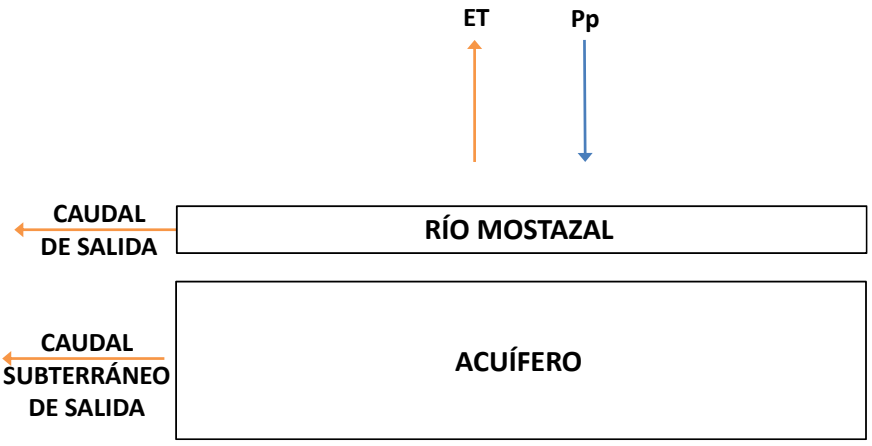


FIGURA 8.3.9.1-1
ESQUEMA COMPONENTES BALANCE HÍDRICO CUENCA RÍO MOSTAZAL
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen las estimaciones realizadas en este estudio para cada componente del balance.

Precipitaciones (Pp)

La precipitación media en la cuenca del río Mostazal en Carén se estimó en base a la estadística de la estación meteorológica Carén y los gradientes orográficos de precipitación obtenidos

en la fase de calibración por el modelo WEAP. Los resultados del cálculo de la entrada por precipitaciones se resumen en el Cuadro 8.3.9.1-1.

CUADRO 8.3.9.1-1
CÁLCULO PRECIPITACIONES CUENCA RÍO MOSTAZAL

Parámetro	Valor	Unidad
Precipitación media	389	mm/año
Área de la cuenca*	642,7	km^2
Precipitación (Pp)	7,93	m^3/s

*Río Mostazal en Carén

Fuente: Elaboración propia.

Evapotranspiración (ET_r)

La evapotranspiración real en la cuenca se estimó utilizando el método de Turc, el cual se utiliza en el cálculo del Balance Hidrológico Nacional (DGA, 1984).

El método de Turc permite estimar la evapotranspiración a partir de las temperaturas y precipitación media (Pp) de la cuenca a partir de la siguiente relación:

$$ET_r = \frac{Pp}{\sqrt{0{,}9 + \left(\frac{Pp}{L}\right)^2}}$$

Donde los valores de Pp y ET_r corresponden a mm/año y el término L es función de la temperatura (T) y se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$L = 300 + 2{,}5 \cdot T + 0{,}05 \cdot T^3$$

El Cuadro 8.3.9.1-2 muestra los resultados obtenidos. La temperatura media y la precipitación media en la cuenca se obtuvieron de las isoyetas e isotermas proporcionadas por la DGA en su plataforma web.

CUADRO 8.3.9.1-2
CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura media	8,0	°C
L	525,6	-
Pp media	389	mm/año
Área cuenca	642,7	km^2
ETr	323,3	mm/año
ETr	6,59	m^3/s

Fuente: Elaboración propia.

Caudal de salida (Q_{out})

A partir de las estadísticas fluviométricas en la estación Río Mostazal en Carén entre abril del año 1986 y marzo de 2016, la cual fue rellenada mediante un método de regresión lineal, se obtuvo el caudal promedio anual (Q_{out}) equivalente a 1,38 m^3/s (ver Anexo 8-2).

Caudal subterráneo de salida ($Q_{sub-out}$)

Su estimación se detalla en el Acápite 8.3.8, la cual se realiza mediante la ecuación de Darcy en la sección de salida (sector Carén) y se estima equivale a 0,035 (m^3/s).

El balance hídrico establece que las entradas de flujo deben ser iguales a las salidas. Así, la siguiente expresión representa el balance hídrico para este caso:

$$Entradas - Salidas = 0 = Pp - (ET_r + Q_{out} + Q_{sub-out})$$

En el Cuadro 8.3.9.1-3 se resumen los valores estimados para cada componente del balance y el cálculo de la discrepancia entre entradas y salidas. Se considera que se ha obtenido una discrepancia porcentual aceptable de -1 %, considerando las incertezas asociadas a la estimación de cada componente. Con respecto al grado de incerteza, esta sería menor para el caudal de salida (Q_{out}), pues se estima en base a las mediciones en la estación fluviométrica, mientras que sería mayor para la evapotranspiración, pues el método de Turc considera poca información de entrada y no corresponde necesariamente a las características particulares de la cuenca en estudio.

Como comparación de los valores obtenidos, se presentan las estimaciones del Balance Hidrológico Nacional (DGA, 1984). En este caso, se obtuvieron valores menores a los presentados en el Cuadro 8.3.9.1-3, tanto para la evapotranspiración como la precipitación (5,3 y 6,7 m^3/s respectivamente), sin embargo, el cuociente entre los valores es muy similar, correspondiendo a 0,79 para el Balance Hidrológico Nacional y 0,83 para los valores estimados en este estudio.

CUADRO 8.3.9.1-3
BALANCE HÍDRICO CUENCA

Parámetro		Valor	Unidad
Entradas	Pp	7,93	m^3/s
Salidas	ET_r	6,59	m^3/s
	$Q_{sub-out}$	0,03	m^3/s
	Q_{out}	1,38	m^3/s
Discrepancia		-0,08	m^3/s
Discrepancia porcentual		-0,9	%

Fuente: Elaboración propia.

8.3.9.2. Balance Hídrico Subterráneo

El siguiente cuadro esquemático (Figura 8.3.9.2-1) muestra las componentes del balance hídrico subterráneo en la zona de estudio.

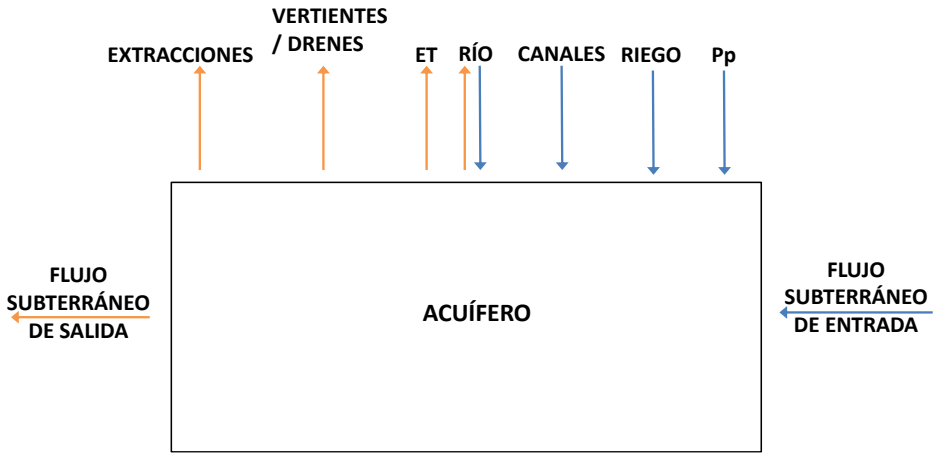


FIGURA 8.3.9.2-1
BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO CONCEPTUAL
Fuente: Elaboración propia.

Las componentes de entrada al sistema acuífero corresponden a:

- Flujo subterráneo de entrada desde aguas arriba del sistema, incluyendo quebradas afluentes
- Recarga por infiltración de precipitación
- Recarga por infiltración de excesos de riego
- Entradas por infiltración a través de los canales de riego no revestidos
- Infiltraciones desde el cauce del río hacia el acuífero (interacción río-acuífero)

Por otra parte, las componentes de salida son:

- Flujo subterráneo de salida aguas abajo del sistema (hacia el valle del río Grande)
- Evapotranspiración
- Extracciones por bombeo en pozos
- Afloramientos en vertientes
- Afloramientos en drenes

- Aportes del acuífero al río (interacción río-acuífero)

En cuanto a la recarga del sistema, al tratarse de una cuenca cordillerana, se espera un mayor aporte de la componente de precipitaciones desde un punto de vista regional, aunque la recarga por riego puede producir efectos locales en el nivel freático e incluso volver a aflorar aportando a las vertientes de la zona.

En cuanto a la interacción entre el río Mostazal y el acuífero, considerando la información entregada por el celador de la junta de vigilancia, Ángel Rojas, se indica que se ha observado que el acuífero aporta flujo hacia el río en numerosos tramos a lo largo de la mayor parte de la extensión de la cuenca. En particular, entre el sector de Cuestecita hasta Pedregal se observan afloramientos en el lecho del río, producto de lo cual el río aumenta su caudal. Se indica que esta situación se mantiene hasta el sector de Colliguay. En cambio, en el sector más bajo de la cuenca, entre Colliguay Bajo y Lomita de Carén, se ha observado en años de sequía recientes, que el agua del cauce se infiltra hacia el acuífero e incluso se seca. Durante la visita a terreno efectuada en este estudio, se ha observado que, en general, las vertientes se encuentran por sobre la cota del río, lo cual es concordante con un posible aporte del acuífero al río.

Al igual que en el caso del balance superficial, el balance hídrico subterráneo establece que las entradas de flujo al acuífero son iguales a las salidas de flujo, lo cual, en este caso particular queda representado por la siguiente expresión:

$$Entradas - Salidas = 0 = R_{Pp} + R_{ir} + R_{canales} + R_{rio} - (ET_r + Q_E + Q_V + Q_{sub-out} + Ex_{rio})$$

Donde R_{Pp}es la recarga por precipitación, R_{ir} es la recarga por infiltración de riego, $R_{canales}$ es la recarga por pérdidas de los canales, R_{rio} es la recarga por infiltración desde el río, ET_r es la evapotranspiración real, Q_E son las extracciones, Q_V es el caudal de vertienes, $Q_{sub-out}$ es el caudal subterráneo saliente por la sección transversal del acuífero al final del área de estudio y Ex_{rio} son las exfiltraciones hacia el río.

Según lo señalado anteriormente, debido a la dificultad en la determinación de los componentes de la interacción río-acuífero, ésta se despejará de la ecuación de balance y se determinará la relación neta río acuífero, esto es, la diferencia entre las percolaciones desde el lecho del río al acuífero (R_{rio}) y las exfiltraciones hacia el río (Ex_{rio}). Así, y considerando la ecuación de balance, se tiene:

$$R_{rio} - Ex_{rio} = (ET_r + Q_E + Q_V + Q_{sub-out}) - (R_{Pp} + R_{ir} + R_{canales})$$

El Cuadro 8.3.9.2-1 resume los valores estimados para las componentes del balance, considerando las estimaciones en base a los antecedentes generados para este estudio, y el valor estimado para la relación de interacción neta río-acuífero. El valor de la interacción río-acuífero es negativo, por lo tanto, se estima que en forma neta existe en la cuenca un importante flujo desde el acuífero hacia el río de un total de 121 l/s, lo cual coincide con las observaciones de terreno.

Se observa que el valor de interacción neta río-acuífero es similar con los valores revisados en los antecedentes de estudios previos (78 L/s en CAZALAC y Rhodos, 2006).

CUADRO 8.3.9.2-1
BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO

Parámetro		Valor	Unidad
Entradas	R_{Pp}	136	l/s
	Rir	51	l/s
	$R_{canales}$	52	l/s
Salidas	Q_E	8	l/s
	Q_V	77	l/s
	$Q_{sub-out}$	35	l/s
R_{rio}-Ex_{rio}		121	l/s

Fuente: Elaboración propia.

8.3.10. Resumen Modelo Conceptual

La Figura 8.3.10-1 muestra un esquema del modelo conceptual del sistema acuífero de la cuenca del río Mostazal, en la cual se muestran los distintos componentes del balance hídrico.

Se representan de manera cualitativa en el esquema los distintos espesores del depósito sedimentario. En las zonas más altas de la cuenca hasta Cuestecita, se tiene un desarrollo y espesor menor del relleno sedimentario. Luego éste, va aumentando progresivamente en el sector entre Cuestecita y Pedregal, para luego disminuir en una zona de estrechamiento del valle en Pedregal. Más abajo de Pedregal el desarrollo y espesor del depósito sedimentario vuelve a aumentar, para finalmente disminuir en otra zona de estrechamiento del valle en el sector de Carén, donde confluyen el río Mostazal y el río Grande.

Las precipitaciones y el riego constituyen la principal fuente de recarga al acuífero, sin embargo, según lo observado en terreno y lo descrito en los balances hídricos superficial y subterráneo, existen importantes retornos desde el flujo de aguas subterráneos hacia el río, por lo que buena parte de la recarga retorna finalmente al río. Esta situación se puede explicar debido al aumento de los niveles freáticos en el acuífero producidos por las actividades de riego y las zonas de estrechamiento del valle, los cuales se manifiestan en la aparición de vertientes en dichas zonas y afloramientos en el cauce del río. La relación entre las distintas componentes del balance hídrico subterráneo es presentada en el Gráfico 8.3.10-1. Las entradas al sistema (recargas) se presentan en azul y se puede observar que la principal fuente de recarga corresponde a las precipitaciones (R_{Pp}) y retornos de riego (R_{ir} y $R_{canales}$), y las principales descargas se manifiestan como vertientes (Q_V) y como exfiltraciones o afloramientos netos al río (R_{rio}-Ex_{rio}).

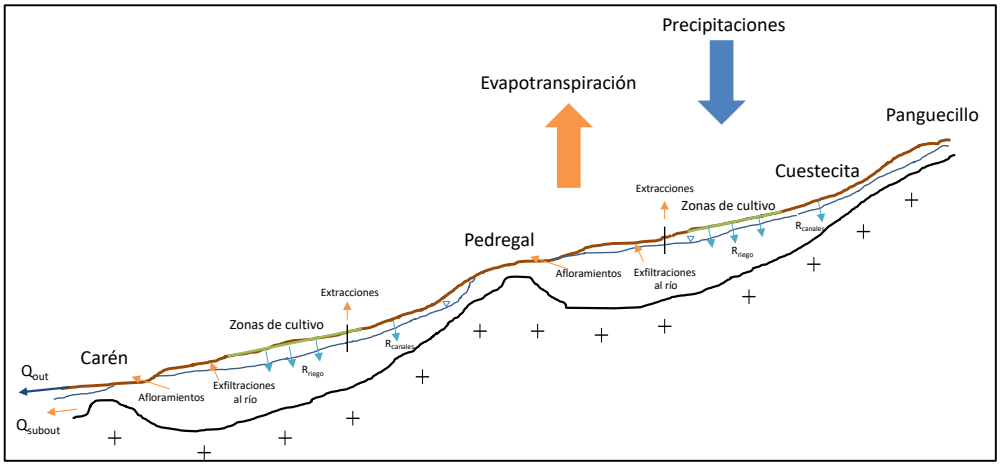


FIGURA 8.3.10-1
ESQUEMA MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL
Fuente: Elaboración propia.

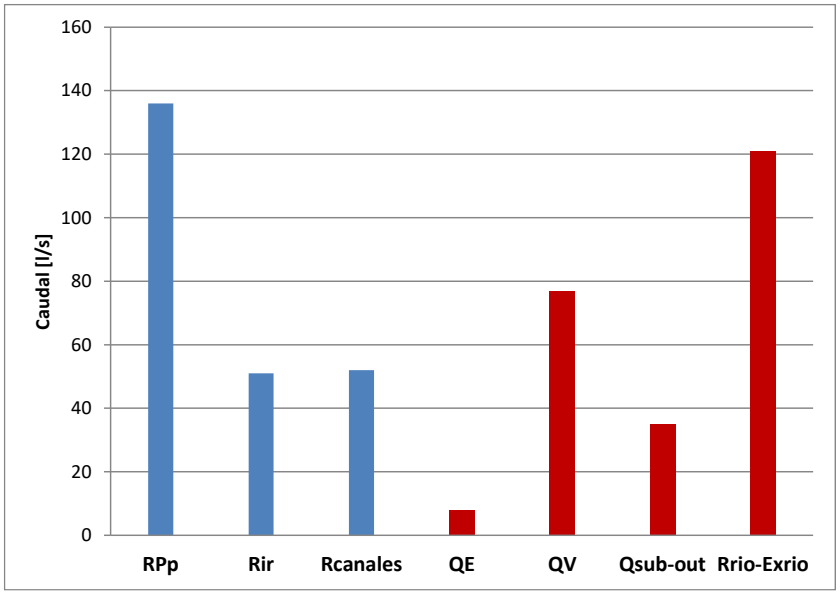


GRÁFICO 8.3.10-1
RECARGAS Y DESCARGAS BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO
Fuente: Elaboración propia.

8.4. Análisis de Alternativas de Aprovechamiento Hídrico Subterráneo

8.4.1. Aspectos Generales

Considerando las observaciones de terreno, la información presentada y el modelo conceptual descrito en el Acápite 8.3, se observa que en la cuenca del río Mostazal existe un amplio uso de agua superficial para riego y, aunque la extracción por pozos es mínima, existe también bastante uso de agua subterránea para riego a través de las captaciones en vertientes y drenes.

El concepto de un uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas, en el marco de su uso para la irrigación, corresponde al proceso de uso de ambos recursos para fines consuntivos (Evans et al, 2011). El uso conjunto puede referirse a la práctica a nivel predial de utilizar agua proveniente tanto de pozos de extracción como de un canal de regadío, como también a una estrategia a nivel de cuenca, donde las extracciones superficiales y subterráneas son gestionadas de forma centralizada. De este modo, de acuerdo a Evans et al, 2011, el uso conjunto puede ser caracterizado como "planeado", donde su práctica resulta de una gestión intencionada (esquema top-down), o como "espontáneo", donde el uso ocurre a nivel de base (esquema bottom-up).

Una característica clave en el concepto de uso conjunto es que usualmente apunta al uso del almacenamiento natural del sistema acuífero para amortiguar los efectos en la disponibilidad del recurso producido por la alta variabilidad y propensión a las sequías de los cuerpos de agua superficial, resultado especialmente importante para la mitigación de dichos eventos (Foster et al, 2010).

En cuanto a las alternativas para aprovechar el almacenamiento del sistema de aguas subterráneas, éstas no son únicas y se cuentan alternativas que permiten el aprovechamiento natural de la capacidad de almacenamiento del sistema acuífero o bien generando un embalsamiento artificial por medio de obras de muros sub-superficiales.

A continuación, se describen algunas características relevantes y ejemplos de aplicación para ambas alternativas.

8.4.2. Embalses sub-superficiales Artificiales

Un embalse sub-superficial tiene por objetivo el almacenamiento del agua subterránea en los poros de los estratos de las unidades acuíferas, ubicadas aguas arriba de una pared moldeada subterránea construida para retener el paso del agua subterránea. Un embalse sub-superficial permite el desarrollo de la explotación de los recursos hídricos en regiones donde la construcción de embalses superficiales es dificultosa debido a las condiciones geológicas o donde las aguas subterráneas no pueden ser aprovechadas en su estado actual, por ejemplo, debido a que el nivel freático se encuentre muy profundo (Ishida et al, 2010). Además de la pared moldeada, los embalses sub-superficiales tienen asociadas otras obras tales como pozos, bombas y tuberías para la extracción del agua almacenada.

De acuerdo a Hanson y Nilsson (1986), se pueden definir 2 tipos de embalses sub-superficiales: (1) presas sub-superficiales, construidas completamente bajo superficie para controlar el flujo natural en el acuífero y (2) presas de almacenamiento con arena, las cuales almacenan el agua en los sedimentos acumulados por el mismo muro (Figura 8.4.2-1).

Los embalses sub-superficiales también pueden ser clasificados de acuerdo a su propósito. Dentro de esta clasificación se pueden distinguir: (1) los embalses asociadas a la prevención del fenómeno de intrusión salina y (2) los embalses asociados al almacenamiento de agua para su aprovechamiento. Los embalses sub-superficiales para almacenamiento se usan donde los niveles

freáticos se encuentran originalmente muy profundos, mientras las presas de prevención de intrusión de agua salada se utilizan para prevenir la entrada de agua salada a los acuíferos en las zonas costeras (Ishida et al, 2010).

Los embalses sub-superficiales han sido construidos o propuestos para construcción en distintas regiones del mundo, particularmente en Libia y Túnez en el nor-oeste de África, Namibia, Burkina Faso, Etiopía, Montenegro, Austria, Grecia, Turquía, Estados Unidos, México, Brasil, Afganistán, India, China, Corea y Japón (Ahmed et al, 2016), siendo su desarrollo más importante en cuanto a volumen de almacenamiento en los casos de Japón y Corea, donde se han construido embalses sub-superficiales que alcanzan un volumen de reservorio de varios hectómetros cúbicos. A pesar de lo anterior, los embalses sub-superficiales suelen ser construidos en una escala bastante menor (Yilmaz, 2003). Este método de embalsamiento no constituye un método universal para el abastecimiento de agua y las capacidades típicas de almacenamiento van desde algunos cientos de metros cúbicos a algunos hectómetros cúbicos (Ishida et al, 2010).

En general, se encuentran casos de este tipo de obras en zonas de climas semi-áridos con eventos intensos de precipitación concentrados en no más algunos meses (Brasil, Kenia) o asociados por ejemplo a zonas de ocurrencia de monzones (China, Corea, India, Pakistán).

En el caso particular de Brasil y Kenia, destaca la construcción de un gran número de estas obras, durante la década de los 90 (500 en cada país), con capacidades del orden de la decena de miles de metros cúbicos.

En el caso de Corea y Japón se han construido obras de mayor envergadura asociadas a la prevención de la intrusión salina y al aprovechamiento del agua subterránea por medio del levantamiento del nivel freático (Isla de Miyakojima y cuenca de Ssangcheon).

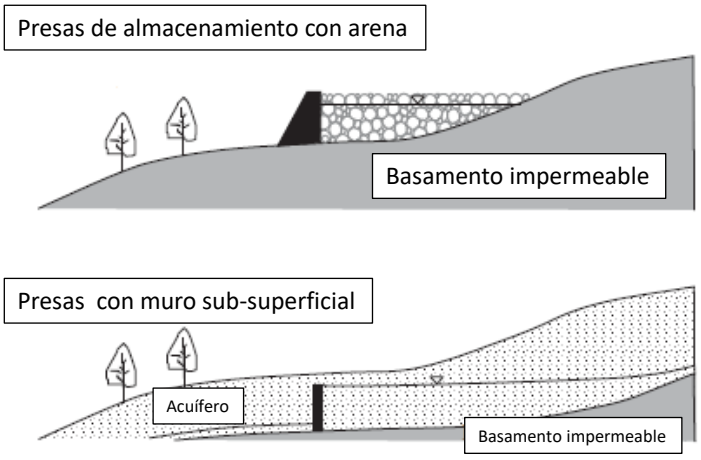


FIGURA 8.4.2-1
TIPOS DE EMBALSES SUB-SUPERFICIALES
Fuente: Modificado de Ishida et al, 2010.

8.4.3. Uso del Almacenamiento Natural del Sistema Acuífero

Variados estudios han sugerido el uso de los grandes volúmenes de agua almacenados en los acuíferos como un regulador de la alta variabilidad y vulnerabilidad a los eventos de sequía de las fuentes de aguas superficiales (Kundzewicz et al, 2009). Por otra parte, depender exclusivamente de los recursos hídricos subterráneos resulta insuficiente en muchos casos de regiones semi-áridas, pues la extracción a menudo sobrepasa las tasas de recarga natural y se produce el agotamiento progresivo del recurso subterráneo (Konikow, 2013).

Dos esquemas básicos para la gestión del almacenamiento subterráneo incluyen: el uso conjunto de los recursos superficiales y subterráneos (CU) y la recarga gestionada (MAR).

En este contexto, el uso conjunto o "CU" por sus siglas en inglés, involucra la sustitución del agua subterránea por agua superficial en temporadas húmedas, reduciendo así la tasa de extracción y reteniendo el recurso en los acuíferos. La recarga gestionada o "MAR" por sus siglas en inglés, se puede considerar como una extensión del concepto de CU, donde en vez de sustituir el uso de agua subterránea con agua superficial, se utiliza esta última para recargar los acuíferos (Gale et al, 2005).

El Valle central de California y la zona central de Arizona corresponden a dos ejemplos de larga data de la aplicación de los conceptos de CU y MAR, lugares donde estos esquemas se han implementado desde la década de los 60 y 80 respectivamente. Ambas zonas se caracterizan por presentar eventos de sequía plurianuales frecuentes y un uso intenso del recurso hídrico para actividades agrícolas, lo cual ha requerido el uso de esquemas de regulación como CU y MAR para amortiguar los efectos de la variabilidad en la disponibilidad de agua.

Además de la capacidad de almacenamiento natural de los acuíferos en estas regiones, asociados a niveles freáticos profundos, el agotamiento histórico de los acuíferos ha expandido la capacidad de almacenamiento subterráneo en aproximadamente 44 km^3 en el Valle Central y en 100 km^3 en Arizona, lo cual corresponde a una expansión de aproximadamente 3 veces la capacidad de almacenamiento superficial actual (Scanlon et al, 2016). El concepto de uso conjunto en California junto con la utilización de infraestructura de canales y acueductos permitió cambiar de un uso predominante de fuentes subterráneas al uso conjunto de fuentes superficiales y subterráneas, donde en temporadas húmedas se utilizan mayormente las fuentes superficiales (~70 % de las entregas) y en temporadas secas las fuentes subterráneas (~70 % de las entregas), de este modo reduciendo importantemente los volúmenes bombeados y así permitiendo la recuperación de los acuíferos (Gráfico 8.4.3-1).

Por otra parte, el uso de las técnicas de CU y MAR en California han revertido las tendencias al descenso de los niveles de aguas subterráneas (2,5 m/año), lo cual contrasta con los resultados anticipados por los modelos de simulación (Gráfico 8.4.3-2). En Arizona, del mismo modo, similar efecto se ha observado, en particular en las zonas llamadas de gestión activa. El éxito de la aplicación de estas técnicas en Arizona, se puede graficar con el aumento observado en los volúmenes utilizados para la recarga gestionada, de 0,1 km^3 en 2001 a 2,3 km^3 en 2015.

Existe también un caso en un nuestro país, donde se aplica el concepto de uso del almacenamiento natural del acuífero para confrontar eventos de escasez hídrica, en particular en el valle del Aconcagua y definido en el marco del "Plan Aconcagua" de la Dirección de Obras Hidráulicas. Dicho plan considera un uso conjunto de las aguas superficiales (embalses) con las aguas subterráneas (pozos DOH), con un adecuado control y monitoreo de caudales, volúmenes extraídos y niveles de acuíferos (DOH, 2015). El plan considera la habilitación definitiva de 3 baterías de pozos profundos de uso colectivo (80-150 m) en tres sectores de la cuenca del Aconcagua (Llay-Llay, Curimón y Panquehue), los cuales ya han sido explotados en situación de emergencia.

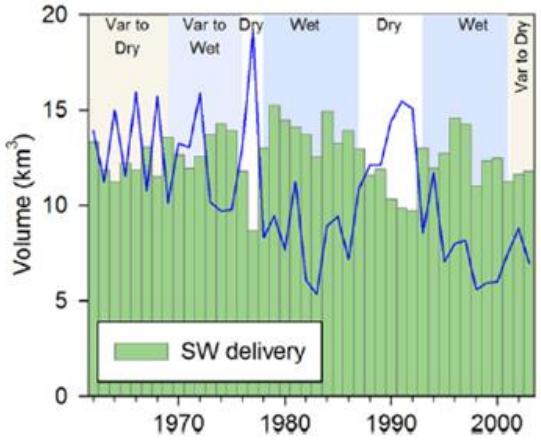


GRÁFICO 8.4.3-1
USO CONJUNTO DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA CALIFORNIA
Nota: Entregas de agua superficial (barras) y subterránea (línea azul) para períodos húmedos y secos en el distrito de almacenamiento de agua Arvi-Edison, California.
Fuente: Modificado de Scanlon et al, 2016.

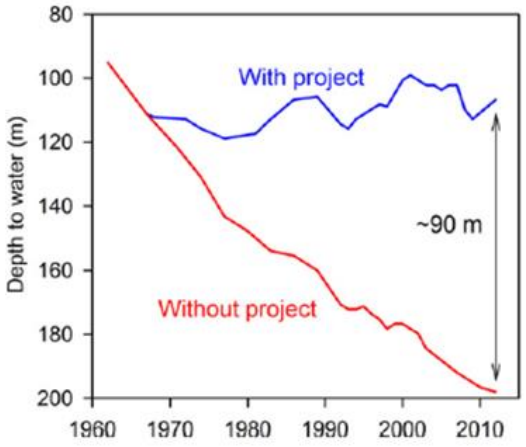


GRÁFICO 8.4.3-2
TENDENCIA DE NIVELES FREÁTICOS CALIFORNIA
Nota: Tendencias de la profundidad de los niveles piezométricos ("Depth to wáter") en el período 1960-2010 para la situación con utilización de MAR (línea azul, valores medidos) vs valores simulados en modelo regional sin MAR Distrito de almacenamiento de agua Arvi-Edison, California.
Fuente: Modificado de Scanlon et al, 2016.

8.4.4. Comparación de Esquemas de Aprovechamiento Subterráneo

Se han descrito en los Acápites 8.4.1 y 8.4.2 las características generales y algunos ejemplos de aplicación de esquemas de aprovechamiento del agua subterránea. Se ha diferenciado entre esquemas donde se produce un embalsamiento artificial del recurso y esquemas donde se aprovechan las posibilidades de almacenamiento natural inherente a los sistemas acuíferos. En el contexto de este estudio y con el fin de analizar alternativas de aprovechamientos de las aguas subterráneas, se han considerado criterios generales para la evaluación, los cuales se resumen en el Cuadro 8.4.4-1.

CUADRO 8.4.4-1
CRITERIOS GENERALES DE COMPARACIÓN ALTERNATIVAS
DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

Criterio	Almacenamiento Artificial (Muro sub-superficial	Uso de Almacenamiento Natural
Costo	Alto	Mediano/Bajo
Experiencia en Chile	No	Si, Plan Aconcagua, DOH.
Experiencia mundial	En general, pequeñas obras para RRHH (Brasil, África). Obras mayores en Japón y Corea (1-10 hm^3) para separación agua de mar de agua dulce, almacenamiento en la Isla Miyakojima.	Arizona, California y otros para RR.HH a mayor escala. Frecuentemente asociado con MAR.
Ambiental	En general infraestructura técnicamente irreversible.	Obras se pueden aprovechar o no.
Legales	Potenciales conflictos con usuarios aguas abajo	Puede usarse solo en casos puntuales y queda sin efectos el resto del tiempo
Demanda	La disponibilidad para cubrir demanda se localiza en una zona puntual	Se puede distribuir según la localización de la demanda (sujeto a restricción hidrogeológica)

Fuente: Elaboración propia.

8.4.5. Discusión

El sistema hidrogeológico de la cuenca del río Mostazal presenta, en general, niveles piezométricos someros. De forma preliminar se ha interpretado que esto se debe a la presencia de "embalses" de agua subterránea naturales desarrollados en rellenos sedimentarios del valle, que se han llenado de agua subterránea producto de la presencia de "muros" subterráneos creados por barreras hidrogeológicas naturales en forma de estrechamientos del valle en la roca que actúa de basamento hidrogeológico y/o presencia de sedimentos menos permeables (depósitos aluviales).

En los estudios de perfil del proyecto se identificaron posibles ubicaciones de embalses subterráneos en el sector de Cuestecita, Pedregal, Mostacilla y Colliguay. En todos estos lugares se observa que actualmente el agua subterránea se encuentra cercana a la superficie del terreno y posiblemente existe un efecto de "embalse" subterráneo natural.

En principio en aquellos lugares que se forman "embalses" subterráneos naturales existe el potencial de crear un esquema de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas para mejorar

la seguridad de suministro. Bajo este concepto durante la época de sequía se extrae agua subterránea para complementar el suministro superficial menguado, mientras que durante las épocas húmedas se propicia la recarga o llenado del "embalse" subterráneo. Lo fundamental de este esquema es encontrar el equilibrio de largo plazo, es decir lograr que la explotación durante la sequía se vea compensada con la recarga durante la época húmeda, ya que de lo contrario se induce sobre-explotación. Además, se deben evaluar las consecuencias de este tipo de esquema de gestión de recursos hídricos sobre los demás usuarios de agua superficial y subterránea del valle, especialmente en un valle como el río Mostazal, que presenta uso del agua subterránea en diversos sectores de afloramiento natural.

En consecuencia, considerando el embalsamiento natural de las aguas subterráneas observado en el acuífero de la cuenca del río Mostazal, se determina que un esquema de uso conjunto de los recursos que aproveche el almacenamiento natural del sistema acuífero corresponde a la alternativa más apropiada para el aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos. Por otra parte, una revisión de criterios generales de comparación entre las alternativas de muro sub-superficial y un esquema de extracción mediante pozos (Cuadro 8.4.4-1) muestran que la alternativa de aprovechamiento mediante pozos de uso colectivo resultaría más atractiva en términos de costos, experiencia previa, ambientales y de flexibilidad de la localización de las extracciones con respecto a los puntos de demanda.

La herramienta idónea para analizar el esquema propuesto corresponde a la construcción de un modelo de simulación numérica, cuya formulación se presenta en el siguiente Acápite.

8.5. Modelo Numérico

8.5.1. Aspectos Generales

El modelo numérico se construye en base al modelo conceptual con un objetivo específico, que generalmente se refiere a la evaluación de impactos de diferentes proyectos, escenarios hidrológicos y/o escenarios de gestión. En función de dichos objetivos y la información disponible se selecciona el código numérico y se definen los límites, la geometría y los procesos a simular.

El objetivo principal del modelo numérico a desarrollar en este proyecto reproducir el comportamiento del sistema acuífero de acuerdo a lo planteado en el modelo conceptual y estimar los efectos producidos en distintos escenarios del modelo hidrológico operacional.

Los elementos principales del modelo numérico a implementar, sus rangos de valores y la fuente de información para su definición se presentan en el Cuadro 8.5.1-1. Cabe recordar que el valor definitivo de cada parámetro se establecerá durante la calibración del modelo.

En general, para que los resultados de un modelo sean confiables es fundamental calibrar los parámetros del modelo y luego validar sus resultados. Sin embargo, debido a la falta de información histórica en cuanto a niveles piezométricos y caudales de afloramiento, no es posible en

el caso de este proyecto realizar un proceso típico de calibración. Es por esto que el esquema de validación del modelo numérico se basará en la adecuada representación de los componentes y sus relaciones descritas en el modelo conceptual por medio de valores plausibles de los parámetros del modelo, e.g. conductividades hidráulicas y conductancia del lecho del río. La plausibilidad de los resultados del modelo se refiere a las siguientes variables:

- Niveles: niveles piezométricos y gradientes realistas.
- Caudales en drenes y afloramientos: en concordancia con respecto al modelo hidrológico y las observaciones de terreno.
- Interacción río acuífero: Representación de afloramientos y/o infiltraciones de acuerdo al balance hídrico conceptual.

Con respecto a los escenarios de modelación, estos se refieren a los escenarios definidos para el modelo hidrológico operacional.

CUADRO 8.5.1-1
INFORMACIÓN REQUERIDA PARA MODELACIÓN NUMÉRICA

Ítem	Variables	Información utilizada	Rango
Geometría	Topografía	DEM. Fuente: Satélite SRTM, NASA.	-
	Bordes impermeables laterales	Contacto roca-relleno, en base a Mapa hidrogeológico e imágenes satelitales. Fuentes: SERPLAC, 1979 y Google Earth.	-
	Profundidad del basamento	Interpretación de estudio geofísico. Fuente: Este estudio (Capítulo 5)	5-130 m
Condiciones de borde	Recarga	En función de balance hídrico. Fuente: Este estudio (ver Sección 8.3.9)	50-500 l/s
	Interacción Río-Acuífero	En función de balance hídrico. Fuente: Este estudio (ver Sección 8.3.9)	50-350 l/s
	Caudal de extracciones	En base a los derechos catastrados. Fuente: Este estudio (ver Sección 8.3.9)	7 l/s
	Caudal de vertientes	En función de balance hídrico. Fuente: Este estudio (ver Sección 8.3.9)	50-150 l/s
	Caudal subterráneo de salida	En función de balance hídrico. Fuente: Este estudio (ver Sección 8.3.9)	10-300 l/s
Parámetros hidráulicos	Conductividad hidráulica	Datos de otros estudios en cuencas similares de valles transversales (Copiapó, Elqui y Limarí) y pruebas de bombeo de este estudio (cap. 4). Fuente: (HIDROMAS CEF, DGA, 2013), (DGA, 2008) y (DGA, 2006)	1-800 m/día
	Coeficiente de almacenamiento	Datos de otros estudios en cuencas similares de valles transversales (Copiapó y Elqui). Fuentes: (HIDROMAS CEF, DGA, 2013), (DGA, 2006)	0,04-0,15
	Conductancia del río	Datos de otros estudios en cuencas similares de valles transversales (Elqui) Fuente: DGA, 2006	200-1000 m^2/día

Fuente: Elaboración propia.

Por último, la herramienta computacional propuesta para la implementación del modelo numérico corresponde al software Groundwater Vistas, utilizando el motor numérico

correspondiente a MODFLOW 2000. Los archivos digitales del modelo se incluyen en el Anexo 8-3. Un esquema del modelo numérico se muestra en la Figura 8.5.1-1.

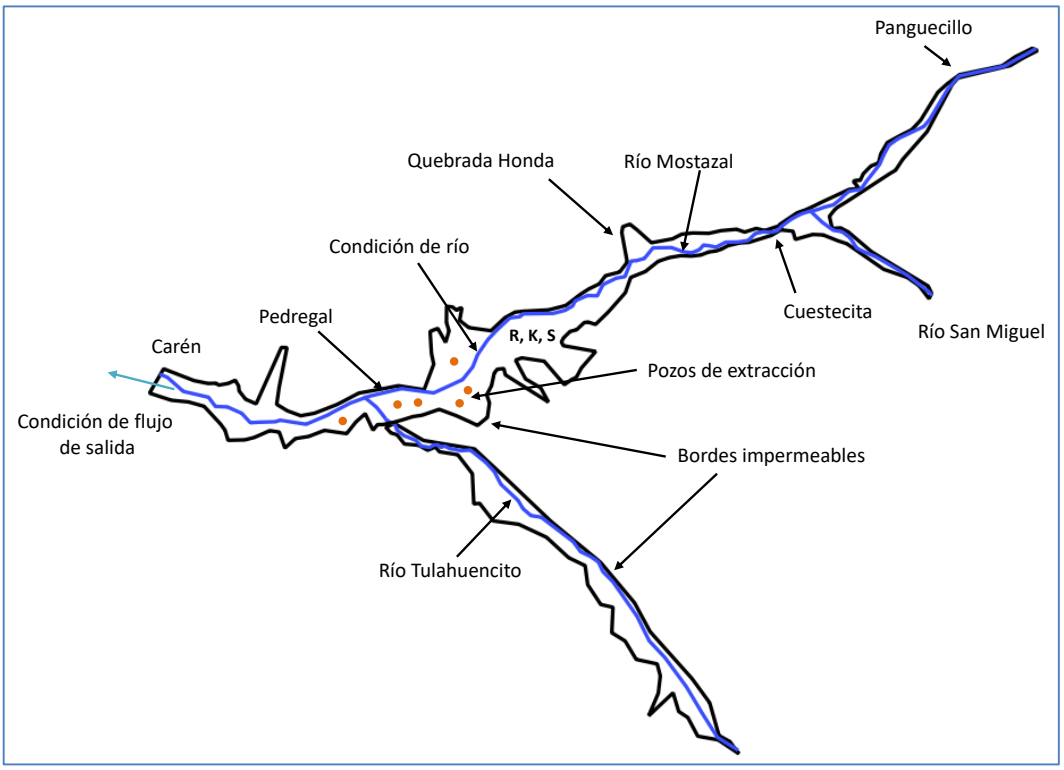


FIGURA 8.5.1-1
ESQUEMA MODELO NUMÉRICO

Nota: Las variables recarga "R", conductividades hidráulicas "K" y coeficiente de almacenamiento "S" se distribuyen en el dominio del modelo, asignándose a las celdas del modelo.
Fuente: Elaboración propia.

8.5.2. Zona Modelada

El área modelada abarca desde el sector de Carén, en la junta de los ríos Mostazal y Grande, por el oeste, hasta 1 km por sobre la ubicación propuesta de los embalses superficiales en Tranca Morada y San Miguel Alto. Las coordenadas aproximadas que definen la zona modelada se presentan en el Cuadro 8.5.2-1.

CUADRO 8.5.2-1
LÍMITES APROXIMADOS ZONA MODELADA

Límite	Datum WGS84 H19S	
	UTM Norte	UTM Este
Norte	6594120	-
Sur	6583710	-
Este	-	352160
Oeste	-	329660

Fuente: Elaboración propia.

8.5.3. Geometría

La geometría del acuífero queda definida por la topografía superficial y por el contacto con el basamento rocoso en superficie y subsuperficie.

8.5.3.1. Topografía superficial

La topografía superficial fue obtenida de un DEM, con resolución de 30x30 m (Satélite SRTM, NASA).

8.5.3.2. Contacto roca relleno en superficie

El contacto roca relleno en superficie fue definido en función del mapa hidrogeológico elaborado por SERPLAC et al, 1979 (Figura 8.3.2-3) e imágenes satelitales de Google Earth. De este modo, se determinaron los límites del relleno sedimentario en la zona modelada, según se muestra en la Figura 8.5.3.2-1.

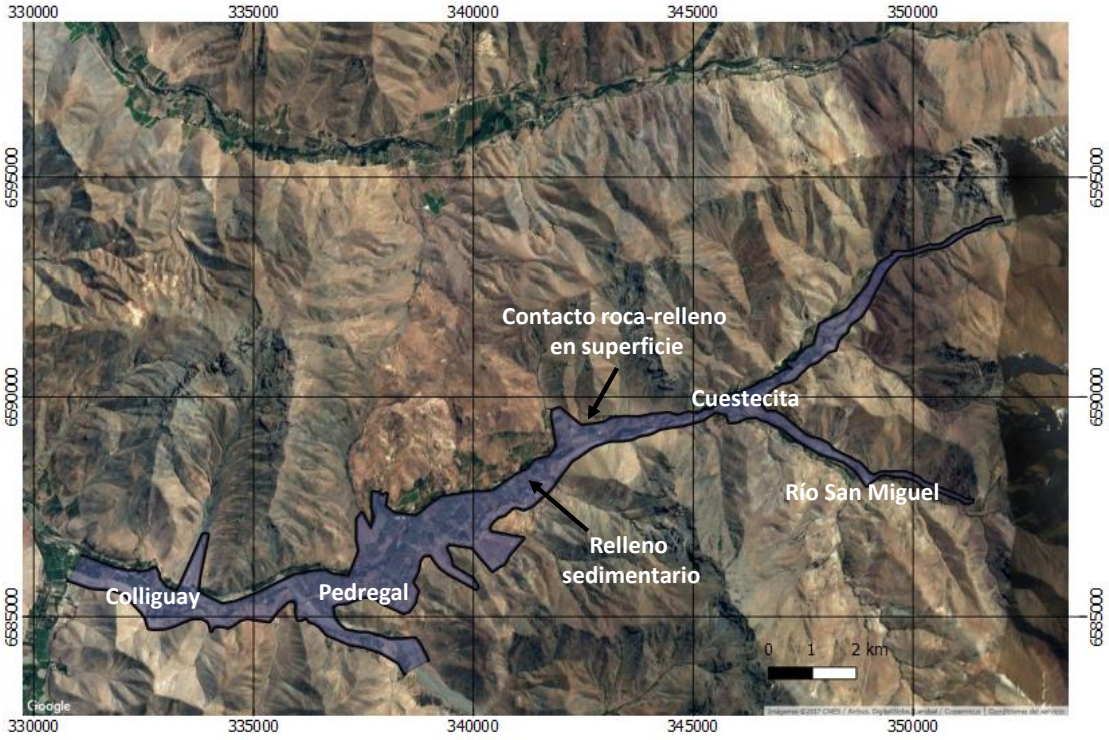


FIGURA 8.5.3.2-1
CONTACTO ROCA-RELLENO EN SUPERFICIE
Fuente: Elaboración propia.

8.5.3.3. Contacto Roca Relleno en Profundidad

La información obtenida en la campaña geofísica (SEV) permitió obtener la profundidad del basamento en puntos específicos. Basándose en esta información y en las curvas de nivel

topográfico del sector, se confeccionaron de manera “manual”, curvas de igual profundidad del basamento, las cuales se muestran en la Figura 8.5.3.3-1. Acoplando la información anterior con la topografía superficial, se obtuvo la topografía del basamento rocoso.

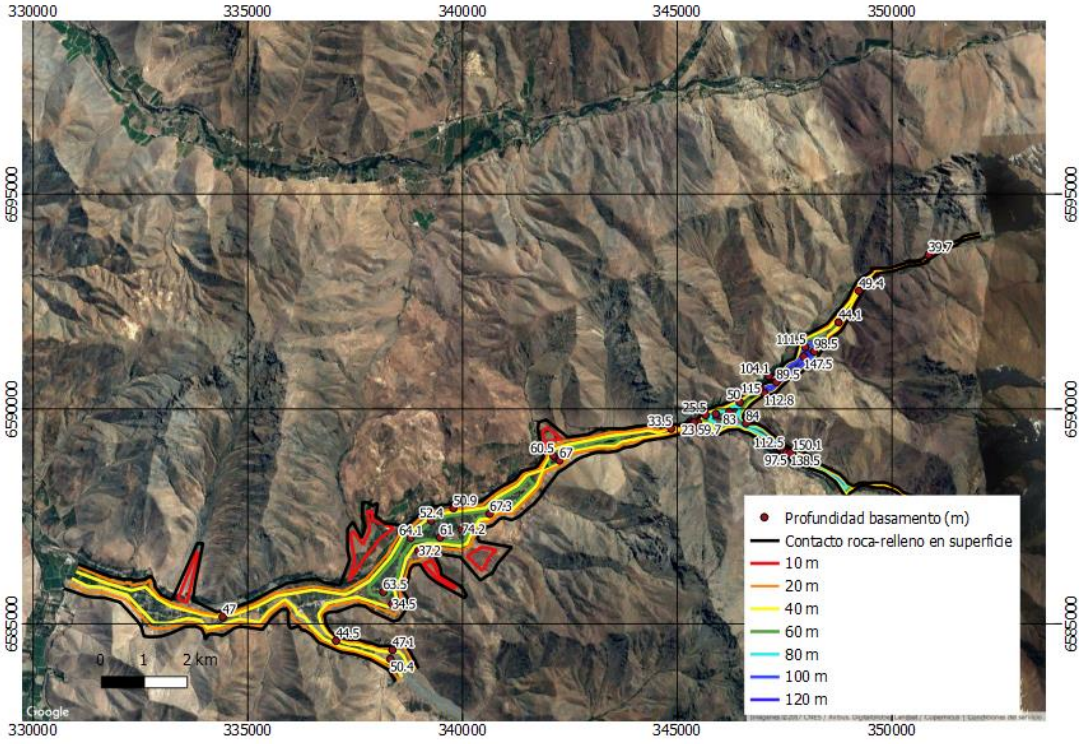


FIGURA 8.5.3.3-1
CONTACTO ROCA-RELLENO EN PROFUNDIDAD Y CURVAS DE IGUAL PROFUNDIDAD DEL BASAMENTO
Fuente: Elaboración propia.

8.5.4. Discretización Espacial

Se ha considerado una malla uniforme, con celdas de 30 m x 30 m, lo que corresponde a la resolución del DEM utilizado para definir la geometría superficial y subterránea. Con esto, se genera una malla de 347 filas y 750 columnas, lo que da un total de 260.250 celdas. Se debe considerar que gran parte de las celdas permanecerán inactivas, ya que el acuífero se encuentra sólo en los sectores del relleno sedimentario. El total de celdas activas corresponde a 20.536.

La Figura 8.5.4-1 muestra el modelo generado con Groundwater Vistas.

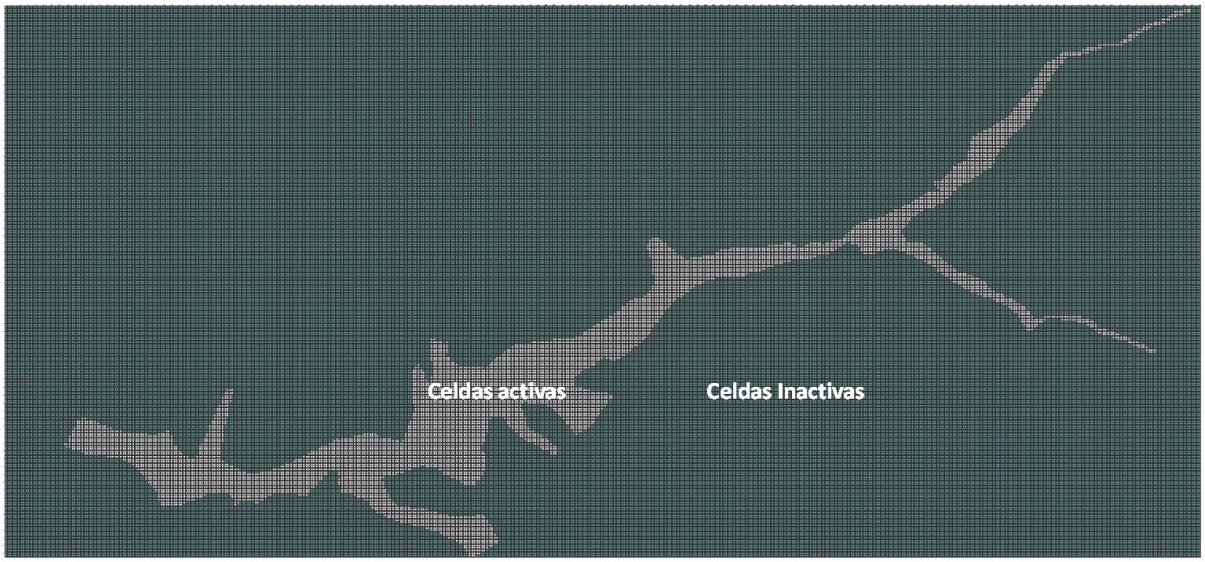


FIGURA 8.5.4-1
MALLA DE DIFERENCIAS FINITAS
Fuente: Elaboración propia.

8.5.5. Parámetros del Medio Acuífero

Los parámetros hidráulicos del acuífero fueron estimados en base a los análisis e interpretaciones de las pruebas bombeo realizadas en este estudio y cualquier otro antecedente útil contenido en estudios previos, en particular, los modelos hidrogeológicos de la cuenca de Limarí, Elqui y Copiapó.

Los valores definidos de esta forma son sólo condiciones iniciales para el proceso de calibración del modelo a la situación del valle del río Mostazal. Por otra parte, permiten definir rangos plausibles de dichos parámetros, dentro de los cuales se realizará la calibración del modelo con el fin de ajustar a niveles piezométricos observados.

De acuerdo a lo señalado en Cuadro 8.5.1-1, se considera para la conductividad hidráulica, un rango entre 1 y 800 m/día.

Se considerará un solo valor único de conductividad para todo el dominio.

8.5.6. Condiciones de Borde

8.5.6.1. Aspectos Generales

Se han considerado condiciones de borde de cinco tipos distintos:

I. una condición tipo "Constant Head (CH)" para representar el flujo a la salida de la cuenca,

II. una condición de flujo (Neumann) para representar los flujos subterráneos entrantes al modelo,

III. una condición tipo "River" para representar el río Mostazal y San Miguel,

IV. una condición de tipo “Drain” para representar las vertientes catastradas, y

V. una condición de tipo "Recharge" para representar las recargas al sistema, tanto por precipitaciones como por riego.

En la Figura 8.5.6.1-1, se representan las condiciones de borde ingresadas al modelo.

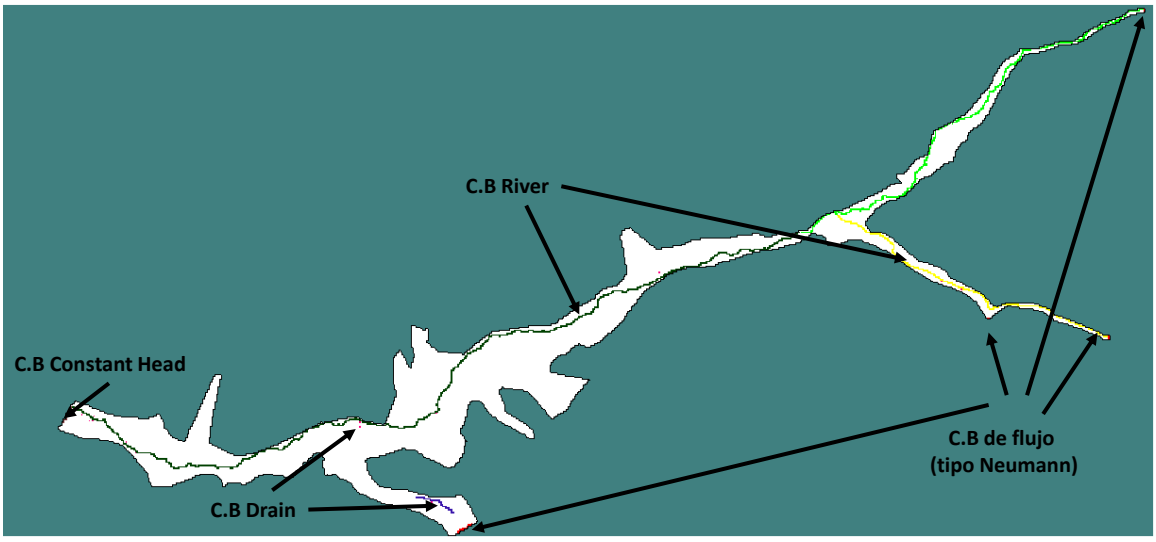


FIGURA 8.5.6.1-1
CONDICIONES DE BORDE MODELO NUMÉRICO
Fuente: Elaboración propia.

8.5.6.2. Condición de Borde “Constant Head”

Se ha considerado una condición de borde de tipo “Constant Head (CH)” para representar la situación de los niveles piezométricos en la sección de salida del modelo, esto es, en el sector de Carén.

Una condición de borde del tipo CH, establece un nivel piezométrico constante para las celdas en las cuales se define. Se ha considerado razonable, de acuerdo al modelo conceptual del sistema, considerar un nivel a una profundidad de aproximadamente entre 1-5 m. de la superficie. Cabe recordar que, al definir este tipo de condición de borde, el flujo en la sección de salida será calculado por el modelo y su valor será parte de la evaluación del proceso de calibración.

8.5.6.3. Condiciones de borde de flujo

Los ingresos subterráneos que se producen en las secciones de entrada del modelo fueron simulados como pozos de inyección ubicados en los puntos de ingreso al sistema y se obtienen de los valores calculados en el balance hídrico, correspondiendo a la recarga por precipitaciones asociada a la cuenca que alimenta cada borde de entrada respectivo. Los valores se muestran en el Cuadro 8.5.6.3-1.

CUADRO 8.5.6.3-1
CONDICIONES DE BORDE DE FLUJO

Borde	Flujo (l/s)
Borde Nor-Este, Río Mostazal Alto	49
Borde Este, San Miguel Alto	17
Borde Este 2, Afluente San Miguel	6
Borde Sur, Cuenca Tulahuencito	29

Fuente: Elaboración propia.

8.5.6.4. Condición de borde "River"

Para caracterizar la interacción del río Mostazal y el río San Miguel con el sistema subterráneo se ha utilizado la condición de borde tipo "River" a lo largo de los cauces, cuyo trazado se obtuvo a partir de la información de imágenes satelitales, debido a la falta de información topográfica.

Para cada celda tipo "River", se calcula la conductancia (C) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C = \frac{k \cdot L \cdot W}{M}$$

Donde,

k: Permeabilidad del lecho (m/s)

L: Longitud del cauce en la celda (m)

W: Ancho de escurrimiento superficial (m)

M: Espesor del lecho (m)

Los valores de STAGE (cota del nivel de agua en el cauce) y RBOT (cota del fondo del lecho) deben ser ingresados al modelo junto con la conductancia, los cuales, para el caso de este modelo fueron determinados utilizando la topografía superficial del DEM y una estimación de la altura del agua del río, de acuerdo a las observaciones realizadas en terreno. Para esta altura de agua se ha considerado un valor constante e igual a 0,5 m.

Con este tipo de condición, el modelo determina qué tramos de río presentan afloramientos y qué tramos de río infiltran hacia el acuífero, calculando los caudales respectivos. Esta situación se determina dependiendo del nivel simulado de la napa. Si la napa se sitúa en un nivel mayor a la cota del nivel de agua en el cauce, entonces el flujo se produce desde el acuífero hacia al río y viceversa.

8.5.6.5. Condición de borde "Drain"

Para representar las vertientes del sistema, se utilizó el módulo "Drain" de MODFLOW. Al igual que el módulo "River", se debe ingresar una conductancia para cada dren y una cota asociada al mismo. Sin embargo, al contrario de la opción "River", el módulo "Drain" sólo determina flujos salientes del sistema, en caso que el nivel piezométrico calculado se ubique sobre la cota asociada al dren o vertiente.

Para representar cada una de las vertientes catastradas (ver Cuadro 8.3.4-1), la condición de tipo "Drain" fue asignada en la celda del dominio correspondiente a su ubicación. En el caso particular de la vertiente del sector de La Mostacilla (id n° 7, ver Cuadro 8.3.4-1), se consideró un conjunto de celdas de una extensión de 1 km. para su representación, ubicadas a lo largo del cauce del río Tulahuencito, puesto que, de acuerdo a lo observaciones de terreno, esta vertiente aparece en el cauce seco del río Tulahuencito y se extiende en un largo tramo del mismo para desaparecer al ser captada por un canal.

8.5.6.6. Condición de borde "Recharge"

La condición de borde de tipo "Recharge" se utiliza para representar las recargas por infiltración de precipitaciones y producto de las pérdidas en las zonas de riego.

Las recargas producto del riego corresponden a los derrames de riego que se infiltran en el acuífero, según lo determinado en el balance hídrico. De acuerdo a los datos del "estudio agronómico", se han considerado 4 zonas de recarga por riego (ver Figura 8.5.6.6-1). En cuanto a la recarga por precipitaciones, ésta se ha distribuido homogéneamente en el dominio del modelo. Los valores de recarga en cada zona se resumen en la Cuadro 8.5.6.6-1.

CUADRO 8.5.6.6-1
VALORES DE RECARGA POR ZONA

Zona	Recarga l/s
1	28
2	35
3	61
4	13

Fuente: Elaboración propia.

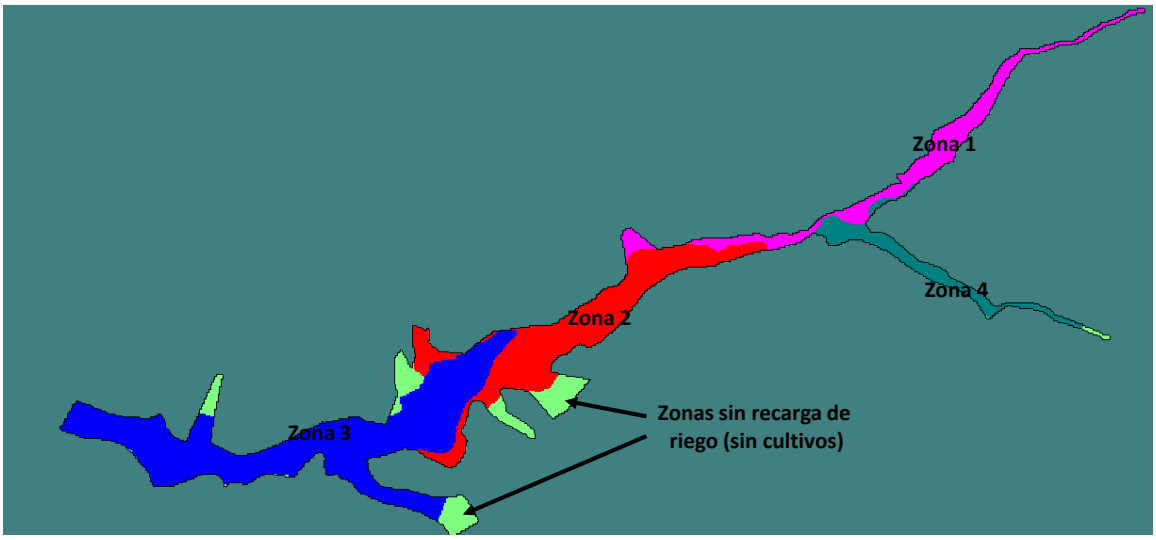


FIGURA 8.5.6.6-1
ZONAS DE RECARGA
Fuente: Elaboración propia.

8.5.7. Calibración en Régimen Permanente

Para abordar la calibración del modelo numérico, los datos existentes sólo son suficientes para abordar relativamente bien la calibración en régimen permanente, no así la condición transiente, puesto que no hay registros históricos de niveles en los pozos ni de flujo en las vertientes.

Es preciso notar que el resultado de la calibración no se trata sólo de un ajuste de niveles históricos o puntuales medidos en los pozos de observación, sino que debe considerar la representación de varias condiciones de borde que condicionan y determinan el comportamiento del acuífero. Dados los objetivos presentes, se consideran los siguientes objetivos de calibración:

- Niveles puntuales medidos en la campaña de terreno y de acuerdo a antecedentes disponibles, pues esta zona no posee controles regulares de niveles al interior de los pozos o red de aguas subterráneas.
- Niveles someros en zonas de ubicación de las vertientes.
- Representación de la interacción río-acuífero, la cual debe coincidir con la estimación del balance hídrico y con los resultados del modelo hidrológico superficial.
- Balance hídrico del sistema acuífero, que dé cuenta de valores plausibles y reales según las estimaciones que se tengan del funcionamiento general del sistema hídrico asociado a la zona de estudio.

Como puede observarse algunos objetivos de calibración son claramente cuantitativos y otros más bien cualitativos o una combinación de ambos.

Los parámetros que fueron variados en el proceso de calibración del modelo corresponden a:

I. Conductividad hidráulica,

II. Recargas, y

III. Conductancias (de ríos y vertientes).

Se consideraron rangos de variación de acuerdo a lo indicado en el Cuadro 8.5.1-1 y de acuerdo a las estimaciones realizadas en el balance hídrico subterráneo.

En la Figura 8.5.7-1 se muestran los contornos de igual nivel piezométrico cada 50 m obtenidos como resultado de la calibración. Los objetivos de calibración corresponden a los niveles registrados en las captaciones catastradas (A.P.R. y captación en Mostacilla) y a las vertientes catastradas, donde se considera que el nivel piezométrico es somero, por lo tanto, cercano a la cota de terreno. La imagen es sólo referencial pues la ubicación precisa de los puntos de objetivo de calibración, así como los valores tanto observados como simulados y su diferencia, se entrega en el Cuadro 8.5.7-1. El resultado del ajuste se muestra además en el Gráfico 8.5.7-1. Por otra parte, el valor obtenido de la calibración para la conductividad hidráulica corresponde a 1,37 m/día, el cual se encuentra dentro del rango del modelo conceptual (1-800 m/día).

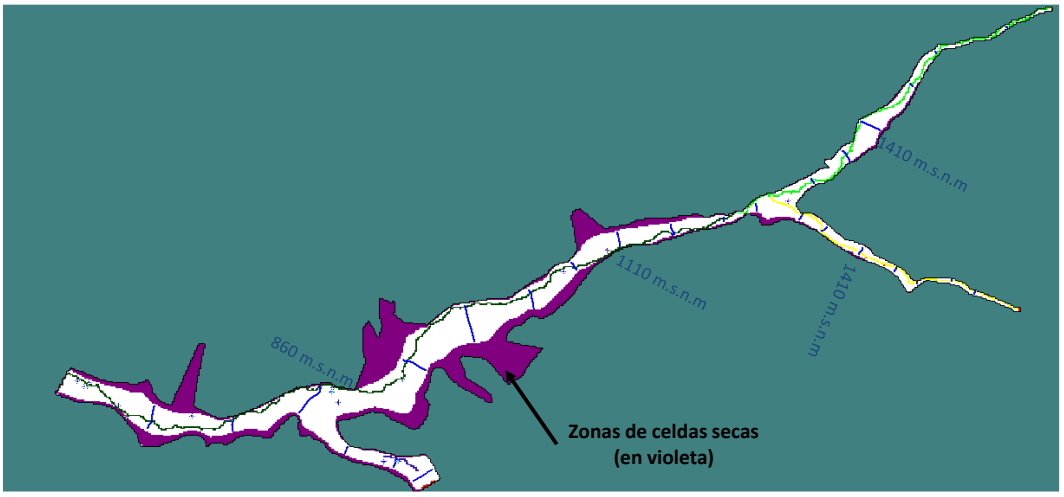


FIGURA 8.5.7-1
EQUIPOTENCIALES MODELO CALIBRADO
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 8.5.7-1
CALIBRACIÓN EN RÉGIMEN PERMANENTE

Punto Observación	Ubicación		Nivel piezométrico		Diferencia
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	Observado (msnm)	Calculado (msnm)	Calc-Obs. (m)
Vertiente id. 8	336679	6585952	865,0	859,1	-5,9
Vertiente id. 9	336653	6585863	864,0	861,5	-2,5
Vertiente id. 11	342526	6588873	1092,0	1089,7	-2,3
A.P.R Pedregal	336790	6585636	869,0	873,4	4,4
A.P.R. Colliguay	333676	6585345	796,0	787,0	-9,0
Captación Renato Flores	337758	6584371	955,0	948,2	-6,8
A.P.R El Maqui	341592	6588425	1047,0	1047,6	0,6
Vertiente id. 12	346370	6589926	1282,0	1283,9	1,9
Vertiente id. 10	338176	6586122	892,0	893,4	1,4
Vertiente id. 7	338058	6584414	968,5	963,4	-5,1
Vertiente id. 6	332313	6585363	754,0	753,5	-0,4
Vertiente id. 5	332108	6585554	740,3	740,3	0,0
Vertiente id. 4	331486	6586064	727,9	726,5	-1,4
Vertiente id. 3	331451	6585966	719,5	719,7	0,2
Vertiente id. 2	331371	6585988	719,1	719,0	-0,1
Vertiente id. 1	331232	6586105	714,8	715,2	0,4

Fuente: Elaboración propia.

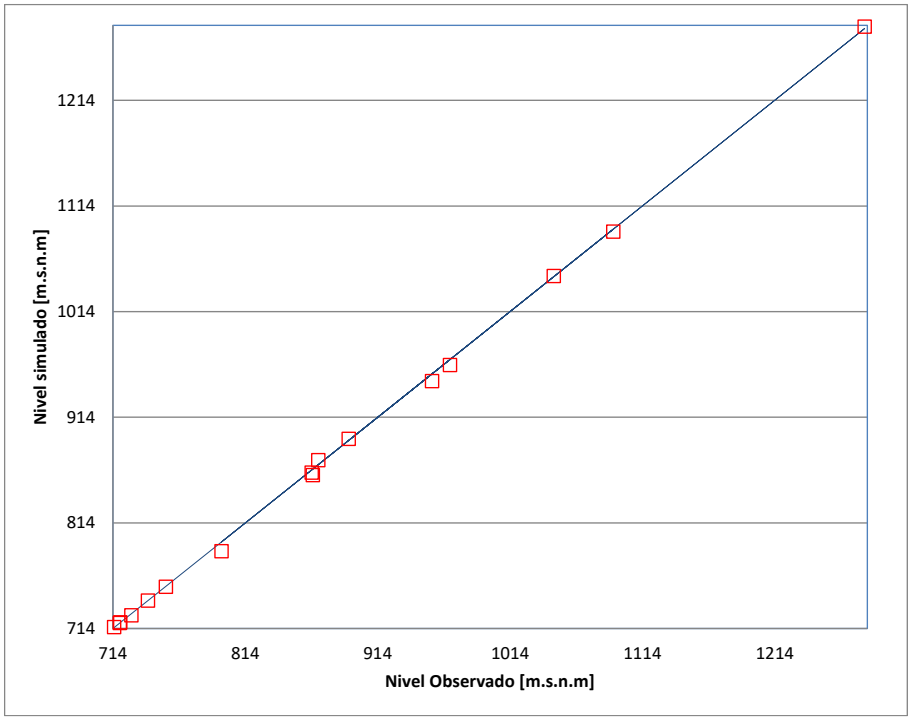


GRÁFICO 8.5.7-1
RESULTADO GRÁFICO DEL AJUSTE DE CALIBRACIÓN
Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros estadísticos obtenidos para evaluar el proceso de calibración se resumen en el Cuadro 8.5.7-2. De estos parámetros, el más ilustrativo es el RMS relativo o normalizado (SRMS) pues da cuenta del error RMS en relación a la variación máxima experimentada por el potencial piezométrico dentro del sistema dado que divide al RMS por la diferencia entre el valor observado mayor y el menor. Este RMS relativo resultó de 0,66%, lo que se considera bueno ya que está por debajo del 5% planteado como máximo.

CUADRO 8.5.7-2
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS CALIBRACIÓN

Parámetro	Valor	Unidad
RMS*	3,77	m
SRMS**	0,66	%

*RMS: Error cuadrático medio, Raíz $((1/n \Sigma (X_{cal}-X_{obs})^2)$

**SRMS: RMS normalizado, $RMS/((X_{obs})_{max}-(X_{obs})_{min})$

Fuente: Elaboración propia.

8.5.8. Modelación Situación Actual

El resultado del modelo numérico, respecto a los niveles simulados en el acuífero, mostró un buen ajuste con respecto a los niveles utilizados para la calibración (ver Cuadro 8.5.7-1). Por otra parte, los niveles simulados concuerdan con el modelo conceptual en cuanto se observan niveles someros a lo largo del acuífero y salidas de flujo en las zonas de las vertientes (ver Figura 8.5.7-1).

El resultado del balance hídrico del modelo numérico se presenta en el Cuadro 8.5.8-1, cuyo error de cierre es un 0,01%. Los valores obtenidos concuerdan de buena manera con el balance hídrico subterráneo del modelo conceptual. En particular, los flujos más relevantes a considerar corresponden a:

- Flujo resultante afloramientos del acuífero al río: 162 l/s (vs 121 l/s balance conceptual). Este flujo se utilizará como parámetro para la calibración del modelo hidrológico operacional.

- Recarga disponible ($R_{ir}+R_{Pp}+R_{canales}$): 250 l/s (vs 240 l/s balance conceptual)

Si bien se observa una diferencia (42 l/s) entre el valor obtenido en la calibración y en el modelo conceptual para el caudal de afloramientos del acuífero al río, ello es razonable, y se explica por:

- El modelo conceptual suponía valores de conductividad hidráulica entre 1 y 800 m/d, utilizándose un valor de 10 m/d para calcular el caudal de salida lateral en el balance conceptual, con lo cual el caudal de salida lateral se estimó en 35 l/s. Sin embargo, la calibración del modelo numérico indica que la conductividad hidráulica sería más bien cercana a 1-2 m/d. Si en el balance conceptual se hubiese asumido

un valor de 1 m/d, la salida hubiese sido estimada en 4 l/s y el afloramiento del acuífero al río hubiera sido estimado en 152 l/s, lo cual ya es muy cercano al valor ESTIMADO POR EL MODELO CALIBRADO

CUADRO 8.5.8-1
BALANCE HÍDRICO MODELO NUMÉRICO SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Modelo Numérico		Modelo Conceptual	
	Entradas (l/s)	Salidas (l/s)	Entradas (l/s)	Salidas (l/s)
Afloramientos del Acuífero a los Ríos	-	162	-	121
Recarga por precipitación, retornos de riego e infiltración de canales	250	-	240	-
Salida lateral hacia acuífero del río Grande (C.B C.H)	-	10	-	35
Salida en vertientes (C.B Drains)	-	78	-	77
Extracciones	-	-	-	7

Fuente: Elaboración propia.

8.5.9. Modelación Situación Con Proyecto

8.5.9.1. Escenarios de Simulación

En esta sección se presentan los resultados de cinco de los escenarios de simulación presentados en el Capítulo referente al modelo de operación, los cuales se indican en el Cuadro 8.5.9.1-1, de acuerdo a la nomenclatura utilizada para el modelo hidrológico operacional. En este sentido el objetivo de la modelación hidrogeológica, es conocer el efecto general en el balance del área de estudio considerando los recursos hídricos subterráneos para las tipologías principales de escenarios futuros con proyecto, más allá de las sensibilizaciones que pudieran aparecen al evaluar, por ejemplo, distintas superficies de riego abastecidas.

Para cada escenario, se analizan los efectos que se generan en el sistema acuífero, producto de la nueva situación de equilibrio, por lo cual, se considera al igual que en el modelo calibrado, una condición de régimen estacionario.

CUADRO 8.5.9.1-1
ESCENARIOS DE SIMULACIÓN MODELO NUMÉRICO
SITUACIÓN CON PROYECTO

Nombre Escenario	Descripción
E11	Embalse Tranca Morada
E21	Embalse San Miguel Alto
E31	Ambos Embalses
E32	Ambos embalses y mejoramiento de canales
E41	Mejoramiento de canales

Fuente: Elaboración propia

Los embalses son considerados como una condición de borde de no flujo, pues de acuerdo a los supuestos utilizados en el modelo hidrológico operacional, las infiltraciones son consideradas despreciables y, por su método de construcción, el embalse constituye una barrera impermeable al paso del flujo de agua subterránea. De este modo, el principal efecto sobre el sistema acuífero corresponde a una disminución de la recarga subterránea lateral desde la sub-cuenca asociada a cada embalse (escenarios E11, E21 y E31).

En el escenario E41 se mantienen las condiciones de borde del modelo calibrado, salvo que se disminuye el valor de la recarga superficial, debido a que el componente de recarga por pérdidas en los canales disminuye ($R_{canales}$).

El escenario E32 corresponde al caso de mayor disminución de la recarga, ya que se agregan los efectos de la reducción de la recarga lateral (embalses) y la recarga superficial (mejoramiento de canales).

Los archivos del modelo numérico para cada escenario se incluyen en el Anexo 8-4.

8.5.9.2. Resultados

Escenario E11. Embalse Tranca Morada

El escenario E11 corresponde al Embalse Tranca Morada. De acuerdo a lo señalado, se considera que bajo el muro del embalse se produce una barrera impermeable al flujo de aguas subterráneas. El balance hídrico del caso base y el escenario E11 se muestran en el Cuadro 8.5.9.2-1. Se observa que, debido a la presencia del embalse, la recarga subterránea lateral por precipitaciones disminuye de 102 l/s a 52 l/s. Del mismo modo, se observa una leve disminución en la recarga superficial de 3 l/s, la cual corresponde a la reducción del área aportante aguas arriba del embalse. Lo anterior tiene efectos sobre el caudal de afloramiento al río, el cual se reduce aproximadamente en la misma cantidad que la disminución en las recargas, esto es 52 l/s, lo que corresponde a un 30 % del aporte del acuífero al río en relación al caso base.

El efecto sobre los niveles piezométricos se presenta como el aumento o descenso de los mismos en la situación con embalse respecto al caso base, lo cual se observa en la Figura 8.5.9.2-1. En particular, para este escenario no se observan cambios significativos en los niveles piezométricos, con aumentos y/o descensos menores a 0,1 m en todo el ámbito del modelo.

CUADRO 8.5.9.2-1
BALANCE HÍDRICO CASO BASE V/S ESCENARIO E11

Ítem	Escenario Base		Escenario Tranca Morada (E11)	
	Entradas (l/s)	Salidas (l/s)	Entradas (l/s)	Salidas (l/s)
Recarga Lateral por Precipitación (C.B.)	102	-	52	-
Afloramientos del Acuífero a los Ríos	-	162	-	110
Recarga por precipitación, retornos de riego e infiltración de canales	148	-	145	-
Salida lateral hacia acuífero del río Grande (C.B C.H)	-	10	-	10
Salida en vertientes (C.B Drains)	-	78	-	78

Fuente: Elaboración propia.

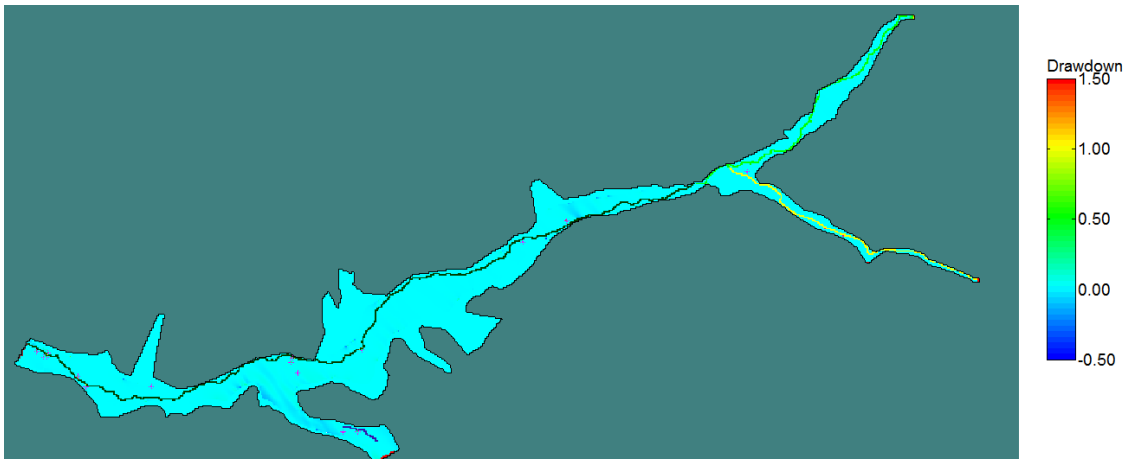


FIGURA 8.5.9.2-1
DESCENSOS DEL NIVEL FREÁTICO CON RESPECTO AL ESCENARIO BASE
ESCENARIO E11
Fuente: Elaboración propia.

Escenario E21. Embalse San Miguel Alto

El escenario E21 corresponde al Embalse San Miguel Alto. El balance hídrico del caso base y el escenario E21 se muestran en el Cuadro 8.5.9.2-2. Se observa una disminución de la recarga subterránea lateral por precipitaciones de 102 l/s a 85 l/s. Del mismo modo, se observa una leve disminución en la recarga superficial de 2 l/s. Lo anterior, tiene efectos sobre el caudal de afloramiento al río, el cual disminuye aproximadamente en 19 l/s, lo que corresponde a un 10 % del aporte del acuífero al río con respecto al caso base. Al igual que en el escenario E11, no se observan cambios significativos en los niveles piezométricos con respecto al caso base. Los descensos se muestran en la Figura 8.5.9.2-2.

CUADRO 8.5.9.2-2
BALANCE HÍDRICO CASO BASE V/S ESCENARIO E21

Ítem	Escenario Base		Escenario San Miguel Alto (E21)	
	Entradas (l/s)	Salidas (l/s)	Entradas (l/s)	Salidas (l/s)
Recarga Lateral por Precipitación (C.B.)	102	-	85	-
Afloramientos del Acuífero a los Ríos	-	162	-	143
Recarga por precipitación, retornos de riego e infiltración de canales	148	-	146	-
Salida lateral hacia acuífero del río Grande (C.B C.H)	-	10	-	10
Salida en vertientes (C.B Drains)	-	78	-	78

Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 8.5.9.2-2
DESCENSOS DEL NIVEL FREÁTICO CON RESPECTO AL ESCENARIO BASE
ESCENARIO E21
Fuente: Elaboración propia.

Escenario E31. Embalse Tranca Morada y Embalse San Miguel Alto

El escenario E31 corresponde a ambos embalses (Tranca Morada y San Miguel Alto). El balance hídrico del caso base y el escenario E31 se muestran en el Cuadro 8.5.9.2-3. Se observa una disminución de la recarga subterránea lateral por precipitaciones de 102 l/s a 35 l/s. Del mismo modo, se observa una leve reducción en la recarga superficial de 5 l/s. La disminución en los flujos de entrada del modelo tiene efectos sobre el caudal de afloramiento al río, el cual se reduce aproximadamente en la misma cantidad que la disminución en las recargas, esto es, 71 l/s, lo que corresponde a un 40 % del aporte del acuífero al río con respecto al caso base. Al igual que en el escenario E11 y E12, no se observan cambios significativos en los niveles piezométricos con respecto al caso base. Los descensos se muestran en la Figura 8.5.9.2-3.

CUADRO 8.5.9.2-3
BALANCE HÍDRICO CASO BASE V/S ESCENARIO E31

Ítem	Escenario Base		Escenario Ambos Embalses (E31)	
	Entradas (l/s)	Salidas (l/s)	Entradas (l/s)	Salidas (l/s)
Recarga Lateral por Precipitación	102	-	35	-
Afloramientos del Acuífero a los Ríos	-	162	-	91
Recarga por precipitación, retornos de riego e infiltración de canales	148	-	143	-
Salida lateral hacia acuífero del río Grande (C.B C.H)	-	10	-	10
Salida en vertientes (C.B Drains)	-	78	-	78

Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 8.5.9.2-3
DESCENSOS DEL NIVEL FREÁTICO CON RESPECTO AL ESCENARIO BASE
ESCENARIO E31
Fuente: Elaboración propia.

Escenario E32. Embalse Tranca Morada y Embalse San Miguel Alto más mejoramiento de canales

El Escenario E32 corresponde a ambos embalses, considerando además el mejoramiento de la eficiencia de conducción de los canales al 95 %. El nuevo balance hídrico para este escenario y el caso base se muestran en el Cuadro 8.5.9.2-4. Se observa que tanto la disminución de los flujos de entrada lateral al acuífero, producto de la barrera de los embalses, como la disminución de la recarga superficial asociada al mejoramiento de canales tienen efectos sobre los flujos aportantes del acuífero al río. Se observa una disminución de 162 l/s del escenario base a 57 l/s. Además, al igual que en el escenario E41, se observa una pequeña reducción en el flujo de salida en las vertientes y en la salida del modelo, donde el flujo disminuye 2 l/s y 1 l/s, respectivamente.

En cuanto, a los descensos en el nivel freático se observa un efecto muy similar al observado para el escenario E41, obteniéndose descensos que alcanzan valores en el rango de 0,5 a 3 m.

CUADRO 8.5.9.2-4
BALANCE HÍDRICO CASO BASE V/S ESCENARIO E32

Ítem	Escenario Base		Embalses + Mejoramiento Canales (E32)	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
Recarga Lateral por Precipitación (C.B.)	102	-	35	-
Afloramientos del Acuífero a los Ríos	-	162	-	57
Recarga por precipitación, retornos de riego e infiltración de canales	148	-	107	-
Salida lateral hacia acuífero del río Grande (C.B C.H)	-	10	-	9
Salida en vertientes (C.B Drains)	-	78	-	76

Fuente: Elaboración propia.

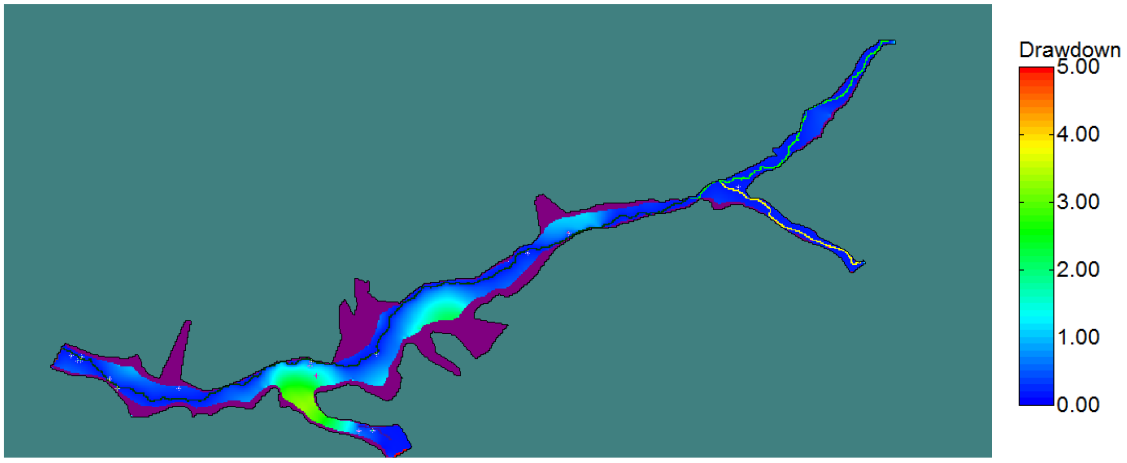


FIGURA 8.5.9.2-4
DESCENSOS DEL NIVEL FREÁTICO CON RESPECTO AL ESCENARIO BASE
ESCENARIO E32
Fuente: Elaboración propia.

Escenario E41. Mejoramiento de canales

El escenario E41 corresponde al mejoramiento de la eficiencia de conducción de los canales al 95 %, sin considerar ninguno de los embalses. En este caso, se ingresa una menor recarga al modelo producto de la disminución de las pérdidas en los canales. El nuevo balance hídrico para este escenario y el caso base se muestran en el Cuadro 8.5.9.2-5. Al igual que en los casos anteriores, se observa que la disminución de los flujos de entrada al acuífero tiene efectos sobre los flujos aportantes del acuífero al río. Sin embargo, en este caso, se observa además una pequeña reducción en el flujo de salida en las vertientes y en la salida del modelo, donde el flujo disminuye 2 l/s y 1 l/s, respectivamente. Así las reducciones en los flujos de salida con respecto al caso base corresponden a 3, 10 y 20 % para el flujo en las vertientes, el flujo de salida y los afloramientos del acuífero al río, respectivamente. En cuanto, a los descensos en el nivel freático, los cuales se muestran en la Figura 8.5.9.2-5, se observa un descenso general en los niveles con respecto al caso base, lo cual concuerda con la disminución de recarga producto del mejoramiento de los canales. En particular, las zonas más afectadas corresponden a las zonas aguas abajo de la confluencia de los ríos Mostazal y San Miguel, esto debido a que estas zonas son regadas más intensamente y, por lo tanto, es mayor la disminución de la infiltración (recarga del acuífero) al mejorar los canales. Los descensos en este sector alcanzan valores en el rango de 0,5 a 3 m.

CUADRO 8.5.9.2-5
BALANCE HÍDRICO CASO BASE V/S ESCENARIO E41

Ítem	Escenario Base		Mejoramiento Canales (E41)	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
Recarga Lateral por Precipitación (C.B.)	102	-	102	
Afloramientos del Acuífero a los Ríos	-	162	-	127
Recarga por precipitación, retornos de riego e infiltración de canales	148	-	111	-
Salida lateral hacia acuífero del río Grande (C.B C.H)	-	10	-	9
Salida en vertientes (C.B Drains)	-	78	-	76

Fuente: Elaboración propia.

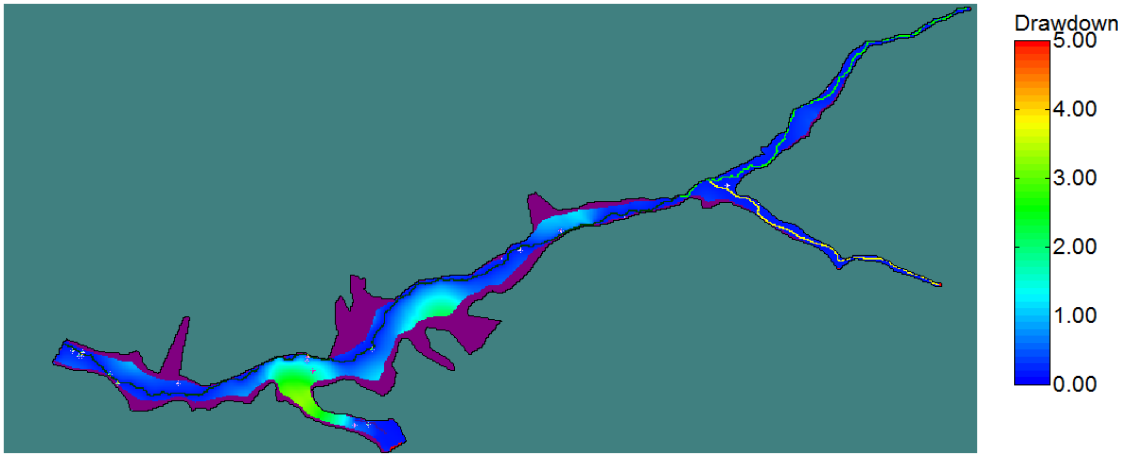


FIGURA 8.5.9.2-5
DESCENSOS DEL NIVEL FREÁTICO CON RESPECTO AL ESCENARIO BASE
ESCENARIO E41
Fuente: Elaboración propia.

8.5.9.3. Comentarios

Con el objetivo de conocer los posibles efectos de la presencia de los embalses y de las variaciones de la recarga producto del mejoramiento de canales en el sistema acuífero, se simularon en el modelo numérico hidrogeológico los escenarios de operación E11, E21, E31, E32 y E41.

Para las simulaciones se ha considerado que los embalses producen una barrera impermeable al flujo de aguas subterráneas. Por otra parte, el mejoramiento de la eficiencia de conducción de los canales, corresponde a una disminución en la recarga por este componente ($R_{canales}$).

En el caso de los escenarios asociados a la presencia de los embalses en la cuenca (E11, E21 y E31), se ha observado que la disminución de la recarga subterránea producto de la interrupción del flujo causada por el embalse, tiene efecto en el aporte de afloramientos desde el acuífero al río, disminuyendo estos últimos en la misma proporción que el déficit de recarga subterránea, alcanzando un máximo de 40 % en la situación con 2 embalses (E31). Por otra parte, en cuanto a la afectación de los niveles freáticos no se observa un efecto significativo (< 0,1 m).

En el caso del escenario E41 (mejoramiento de canales), se observa una disminución de los aportes del acuífero al río producto de la merma en la recarga superficial. Además, en este caso se aprecia un mayor efecto sobre los niveles freáticos, observándose descensos de hasta 3 m., en particular, en el sector aguas abajo de la confluencia del río Mostazal y el río San Miguel. En este caso el modelo numérico prevé una disminución menor del caudal en las vertientes y del caudal de salida subterránea de la cuenca del río Mostazal.

En el caso del escenario E32, el comportamiento observado corresponde a una superposición de los efectos de los embalses y el mejoramiento canales. Así los caudales de

afloramiento al río se reducen en concordancia con la disminución de las recargas (lateral y superficial) y los niveles piezométricos muestran un descenso entre 0,5 y 3 m.

En cuanto a la afectación de las extracciones existentes en la cuenca, en particular, las captaciones de A.P.R El Maqui, Pedregal y Colliguay, se puede señalar que en el caso de la construcción de embalses no se observan descensos significativos en el nivel, por lo que no debieran verse afectados. En cuanto a los casos con mejoramiento de canales (E32 y E41), en los cuales disminuye la recarga superficial, se observan mayores descensos en el acuífero (0,5 a 3 m), lo cual pudiera afectar a las captaciones, sin embargo, para poder evaluar la afectación específica de cada A.P.R, se necesitaría levantar nueva información, la cual permita una descripción más detallada en la locación de cada una de las A.P.R y también en el acuífero en general (zonificación de conductividades hidráulicas, geometría del acuífero, mayor detalle en ubicación de zonas de cultivo y caudales pasantes por cada canal).

Es de suma importancia notar que los resultados aquí presentados deben ser tenidos en cuenta con precaución y de manera cualitativa, debido a las importantes brechas de información existentes, en cuanto a la caracterización de un acuífero no estudiado históricamente como el del río Mostazal. De este modo, se recomienda continuar con los esfuerzos en la caracterización del acuífero, en particular, con la geometría de las formaciones acuíferas, la realización de ensayos hidráulicos y con un monitoreo de niveles piezométricos, ya sea en los pozos existentes como en nuevos posibles sondajes, con el fin de afinar el modelo conceptual y numérico y así representar de mejor manera los efectos de cada escenario simulado.

A pesar de las limitaciones expuestas anteriormente, los resultados obtenidos permiten detectar posibles efectos producidos por cada escenario, los cuales debieran estudiarse con más atención, en particular, la disminución de los aportes del acuífero al cauce superficial y los descensos de los niveles freáticos producto de la disminución de la recarga por la mejora en la eficiencia de conducción en los canales. Con respecto a esto último, se obtiene un resultado importante, en cuanto debe tenerse en cuenta que mejorar tanto las eficiencias de riego como la eficiencia de conducción en los canales, puede tener efectos significativos sobre un sistema acuífero que actualmente recibe una recarga importante producto de estos componentes.

9. DISEÑO PROYECTOS OBRAS DE REGULACIÓN

9.1. Introducción

En el presente capítulo se desarrolla el diseño a nivel de prefactibilidad de 5 tamaños de embalse para los sitios de Tranca Morada y San Miguel Alto.

9.2. Referencias

Se considerarán las siguientes referencias para el desarrollo del diseño:

Ref. 1 Diseño de Pequeñas Presas. US Bureau of Reclamation.

Ref. 2 Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras de Horacio Mery.

Ref. 3 Diseño para el Aprovechamiento Óptimo de los Recursos Hídricos del Río Chalinga y Estero Derecho.

Ref. 4 Levantamiento Topográfico Escala 1:2.000.

Ref. 5 Registro de vientos. Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

9.3. Tipo de presa

Se considera una presa tipo CFGD (concrete face gravel dam), con talud de aguas arriba H:V=1,5:1 y talud de aguas abajo H:V = 1,6:1. Pared moldeada que alcanza los niveles de roca encontrados en los sondajes realizados.

Para el sitio de Tranca Morada se considera una profundidad de roca de 40 m, mientras que, para San Miguel, ésta alcanza los 25 m.

9.4. Cota Coronamiento

9.4.1. Aspectos Generales

La cota de coronamiento corresponde a la cima de la presa. Para determinarla se requiere conocer el volumen total a embalsar que incluye el volumen muerto y útil para riego y la revancha correspondiente para asegurar la obra.

La revancha corresponde a la altura de relleno sobre la cota de umbral del vertedero evacuador de crecidas. La cota de umbral del vertedero está dada por la capacidad de almacenamiento del embalse que incluye el volumen útil para riego y el volumen muerto.

La revancha incluye:

- Altura de carga sobre el vertedero para el caudal de diseño T= 1.000 años y verificación T= 10.000 años.

- Revancha por concepto de oleaje.

- Revancha por concepto de asentamiento.

9.4.2. Volumen a Embalsar

El presente documento considera el pre diseño de las obras correspondientes a 5 tamaños de embalse en cada uno de los sitios del proyecto. Tanto para Tranca Morada como para el sitio San Miguel se consideran volúmenes de almacenamiento útil de 1 a 5 hm^3.

Al volumen útil se agrega un volumen muerto, el que se ha estimado considerando la acumulación de sedimentos por 50 años. Se ha considerado una tasa de sedimentación de 88 m^3/km^2/año estimada en Ref. 3.

En el Cuadro 9.4.2-1 se presenta el volumen muerto estimado para los dos sitios en análisis.

CUADRO 9.4.2-1
VOLUMEN REQUERIDO A EMBALSAR

Cuenca	Área (km^2)	Volumen Muerto (m^3)	Cota Volumen muerto (msnm)
Tranca Morada	224	986.153	1.553
San Miguel Alto	125	550.309	1.535

Fuente: Elaboración propia.

9.4.3. Curvas de Embalse

En los Cuadros 9.4.3-1 y 9.4.3-2, se presentan las curvas de embalse correspondientes a cada sitio, las que se muestran en los Gráficos 9.4.3-1 y 9.4.3-2. Estas curvas fueron elaboradas conforme a los trabajos topográficos realizados a escala 1:2.000 (Ref. 4).

En el Cuadro 9.4.3-3 se presentan los volúmenes definitivos a embalsar y cota de umbral de vertedero y de fondo para cada alternativa.

CUADRO 9.4.3-1
CURVA DE EMBALSE TRANCA MORADA

Cota (msnm)	Altura (m)	Volumen Acumulado (m³)	Cota (msnm)	Altura (m)	Volumen Acumulado (m³)
1.515	0	0	1.565	50	2.162.689
1.530	15	23.825	1.566	51	2.288.027
1.532	17	48.124	1.568	53	2.556.595
1.534	19	80.241	1.570	55	2.842.659
1.536	21	122.158	1.571	56	2.994.396
1.538	23	174.184	1.572	57	3.146.133
1.540	25	237.031	1.574	59	3.466.138
1.542	27	311.708	1.576	61	3.804.773
1.544	29	396.752	1.577	62	3.984.122
1.546	31	493.861	1.578	63	4.163.471
1.548	33	604.383	1.580	65	4.543.003
1.550	35	725.051	1.581	66	4.742.873
1.552	37	860.531	1.582	67	4.942.742
1.553	38	935.514	1.584	69	5.361.090
1.554	39	1.013.911	1.585	70	5.578.605
1.556	41	1.182.669	1.586	71	5.803.460
1.558	43	1.367.322	1.587	72	6.037.837
1.560	45	1.567.668	1.588	73	6.272.214
1.562	47	1.794.413	1.590	75	6.683.945
1.563	48	1.915.882	1.592	77	7.035.245
1.564	49	2.037.351	1.594	79	7.402.887

Fuente: Elaboración propia.

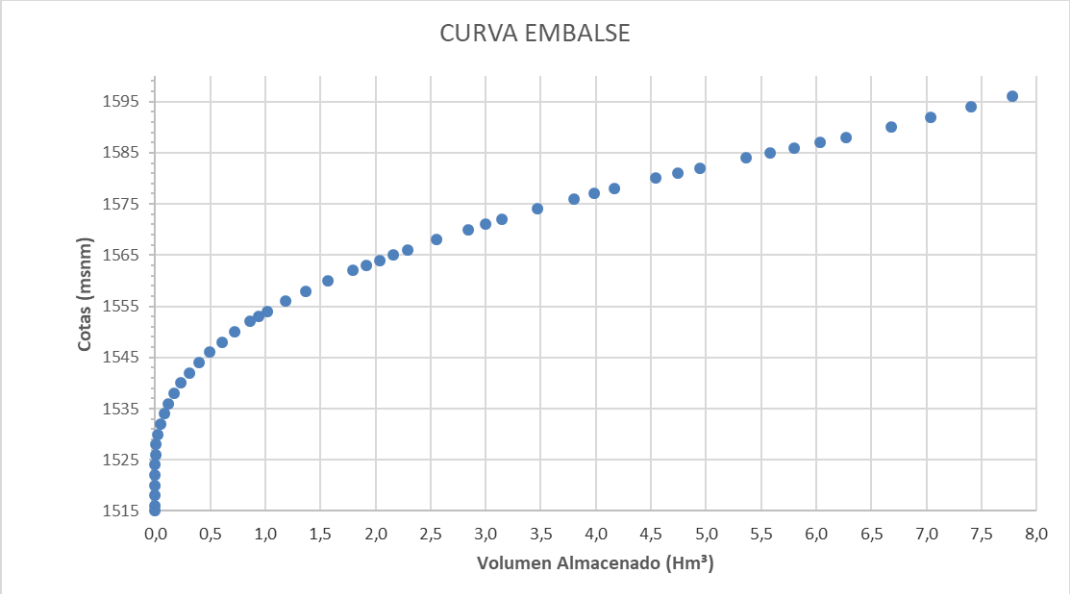


GRÁFICO 9.4.3-1
CURVA DE EMBALSE TRANCA MORADA

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.4.3-2
CURVA DE EMBALSE SAN MIGUEL ALTO

Cota (msnm)	Altura (m)	Volumen Acumulado (m³)	Cota (msnm)	Altura (m)	Volumen Acumulado (m³)
1.496	0	0	1.548	52	1.437.575
1.510	14	5.396	1.550	54	1.617.231
1.512	16	13.464	1.552	56	1.811.446
1.514	18	24.771	1.554	58	2.018.710
1.516	20	42.109	1.556	60	2.240.922
1.518	22	66.175	1.558	62	2.478.845
1.520	24	96.295	1.559	63	2.605.712
1.522	26	133.653	1.560	64	2.732.580
1.524	28	177.461	1.562	66	3.002.868
1.526	30	228.918	1.564	68	3.288.993
1.528	32	288.636	1.566	70	3.592.389
1.530	34	356.641	1.568	72	3.912.162
1.532	36	434.844	1.570	74	4.247.074
1.534	38	522.758	1.572	76	4.598.374
1.535	39	569.848	1.574	78	4.966.016
1.536	40	619.840	1.575	79	5.156.170
1.538	42	728.489	1.576	80	5.351.144
1.540	44	848.070	1.577	81	5.552.986
1.542	46	978.832	1.578	82	5.754.829
1.544	48	1.119.537	1.579	83	5.965.572
1.546	50	1.272.047	1.580	84	6.185.446

Fuente: Elaboración propia.

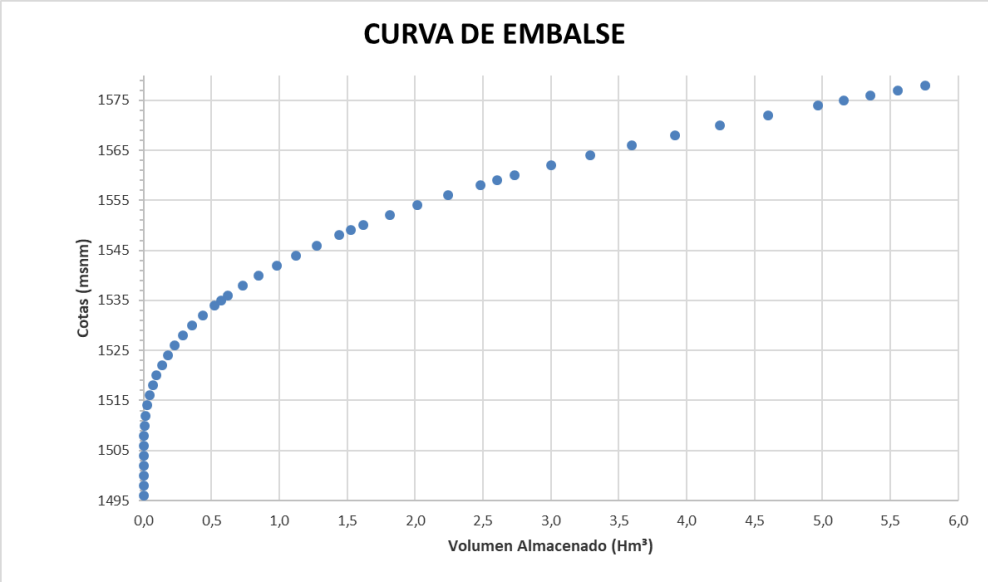


GRÁFICO 9.4.3-2
CURVA DE EMBALSE SAN MIGUEL ALTO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.4.3-3
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Embalse Tranca Morada Cota de Fondo 1.515 msnm			Embalse San Miguel Cota de Fondo 1.496 msnm		
Cota Umbral (msnm)	Altura Muro Umbral (m)	Volumen Total (m³)	Cota Umbral (msnm)	Altura Muro Umbral (m)	Volumen Total (m³)
1.564	49	2.037.351	1.550	54	1.617.231
1.571	56	2.994.396	1.559	63	2.605.712
1.577	62	3.984.122	1.566	70	3.592.389
1.582	67	4.942.742	1.572	76	4.598.374
1.587	72	6.037.837	1.577	81	5.552.986

Fuente: Elaboración propia.

9.4.4. Revanchas Sobre Umbral Vertedero

9.4.4.1. Altura de Carga Sobre el Vertedero

En el Acápite 9.5 se detallan los cálculos realizados para obtener la carga sobre el vertedero, por lo que a continuación, en el Cuadro 9.4.4.1-1 se muestran los resultados de las cargas de diseño y verificación obtenidas.

CUADRO 9.4.4.1-1
ALTURA DE CARGA SOBRE VERTEDERO

Embalse	Largo Vertedero (m)	Caudal (m³/s)		Altura de Carga (m)	
		Diseño	Verificación	Diseño	Verificación
Tranca Morada	40	92	202	1,0	1,7
San Miguel Alto	15	36	79	1,0	1,7

Fuente: Elaboración propia.

9.4.4.2. Revancha por Oleaje

La altura de oleaje se refiere al nivel sobre la superficie libre máxima que alcanza una ola después de reventar sobre el talud de aguas arriba durante una tormenta (h_{ola}). tal como se muestra en la Figura 9.4.4.2-1.

En la determinación de la revancha por oleaje, se requiere conocer las siguientes variables:

- Fetch efectivo
- Velocidad de diseño del viento sobre el agua

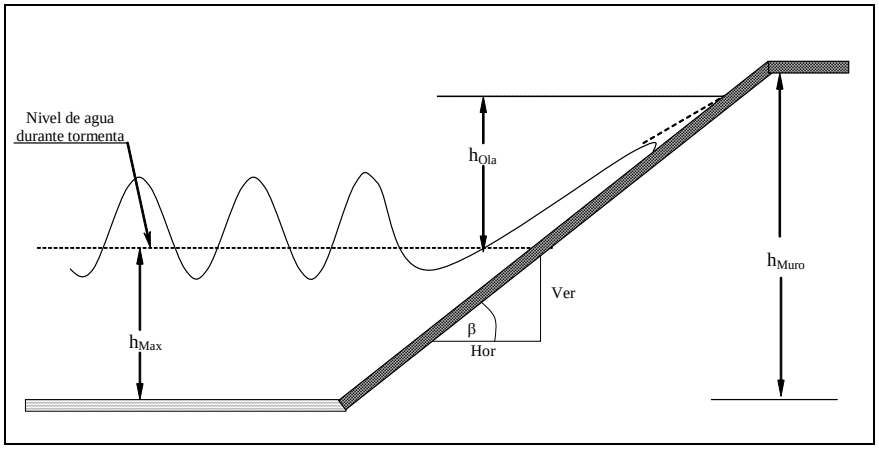


FIGURA 9.4.4.2-1
REVANCHA POR OLEAJE

Las variables anteriormente indicadas se obtienen a partir de los registros meteorológicos, sin embargo, si no se disponen de ellos, como es el caso de este estudio, existen recomendaciones con los cuales se determinan resultados más conservadores.

Fetch Efectivo: Se traza la línea central (o línea de diseño) a partir del punto medio de la presa hasta el punto de la ribera opuesta que da la mayor longitud en el espejo del agua. Luego se trazan 7 líneas radiales con ángulos de 6° entre sí. a ambos lados de la línea central. El fetch efectivo (F) se evalúa como:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{15} d_i \ Cos^2(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^{15} Cos(\alpha_i)} \qquad (millas)$$

Donde:

di: Largo de línea "i". desde eje presa hasta ribera en millas

α_i: ángulo entre la línea "i" y la línea central o de diseño

F: Fetch Efectivo en millas.

En el Cuadro 9.4.4.2-1 se muestran los parámetros para determinar el fetch efectivo, para cada una de las presas. Se considera un único fecth para los 5 tamaños de embalse.

Con los resultados mostrados en el Cuadro 9.4.4.2-1 y aplicando la fórmula del fetch efectivo se tiene que para Tranca Morada éste es igual a 0,27 millas y para San Miguel Alto 0,25 millas.

CUADRO 9.4.4.2-1
PARÁMETROS PARA CÁLCULO DEL FECTH EFECTIVO

Línea	L (m)	L (millas)	Angulo (°)	L $\cos^2(\alpha)$	$\cos(\alpha)$
Embalse Tranca Morada					
Eje	1.013,39	0,63	0	0,63	1,00
Derecho	713,08	0,44	6	0,44	0,99
	579,47	0,36	12	0,34	0,98
	469,15	0,29	18	0,26	0,95
	387,05	0,24	24	0,20	0,91
	295,69	0,18	30	0,14	0,87
	193,40	0,12	36	0,08	0,81
	168,52	0,10	42	0,06	0,74
Izquierdo	888,37	0,55	-6	0,55	0,99
	427,86	0,27	-12	0,25	0,98
	364,96	0,23	-18	0,21	0,95
	299,41	0,19	-24	0,16	0,91
	269,62	0,17	-30	0,13	0,87
	254,42	0,16	-36	0,10	0,81
	241,77	0,15	-42	0,08	0,74
			Σ	**3,62**	**13,51**
Embalse San Miguel					
Eje	957,61	0,60	0	0,60	1,00
Derecho	832,62	0,52	6	0,51	0,99
	690,83	0,43	12	0,41	0,98
	607,56	0,38	18	0,34	0,95
	453,91	0,28	24	0,24	0,91
	394,10	0,24	30	0,18	0,87
	319,91	0,20	36	0,13	0,81
	280,98	0,17	42	0,10	0,74
Izquierdo	460,03	0,29	-6	0,28	0,99
	254,75	0,16	-12	0,15	0,98
	171,68	0,11	-18	0,10	0,95
	145,86	0,09	-24	0,08	0,91
	139,55	0,09	-30	0,07	0,87
	136,37	0,08	-36	0,06	0,81
			Σ	**3,28**	**13,51**

Fuente: Elaboración propia.

Velocidad de Diseño: Como el valor del fetch efectivo es significativamente menor a 1 milla en ambos casos, se sugiere una velocidad de viento sobre la mayor longitud desde la presa a la ribera opuesta. Este valor se obtiene de la Ref. 5 y corresponde a la velocidad máxima de viento sobre las respectivas áreas de inundación.

Se consideran las expresiones empíricas presentadas en el Cuadro 9.4.4.2-2 para determinar la altura debido al oleaje. El Fetch Efectivo (F) se expresa en millas. la altura debido al oleaje (h_{Ola}) en pies y la velocidad del viento en mph.

CUADRO 9.4.4.2-2
EXPRESIONES EMPÍRICAS CÁLCULO ALTURA OLA

Autor	Expresión
Stevenson	$h_{Ola}=2,5+1,5\times\sqrt{F}-\sqrt[4]{F}$
Molitor	$h_{Ola}=2,5+0,17\sqrt{v\,F}-\sqrt[4]{F}$
Creager	$h_{Ola}=\frac{F^{0,37}\ v^{0,48}}{3,41}$
Bureau of Reclamation	$h_{Ola}=0,075\ (v-8,5)$

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando las relaciones anteriores, se obtienen los resultados para la altura de ola presentados en el Cuadro 9.4.4.2-3.

CUADRO 9.4.4.2-3
ALTURA DE OLA

Autor	Veloc. Viento (m/s)	Veloc. Viento (mph)	Altura Ola TM (pies)	Altura Ola TM (m)
Embalse Tranca Morada				
Stevenson			2,56	0,78
Molitor	23	51,45	2,41	0,74
Creager	23	51,45	1,20	0,37
Bureau of Reclamation	23	51,45	3,22	0,98
Embalse San Miguel				
Stevenson			2,54	0,78
Molitor	18	40,26	2,33	0,71
Creager	18	40,26	1,03	0,32
Bureau of Reclamation	18	40,26	2,38	0,73

Fuente: Elaboración propia.

Se adopta el valor de altura máxima de ola para cada embalse. Finalmente, al valor obtenido se le aplica un factor de seguridad del 10% ya que no está permitido que el agua sobrepase el muro. Por lo tanto, para Tranca Morada la revancha por oleaje adoptada es igual a 1,1 m y para San Miguel Alto 0,9 m.

9.4.4.3. Revancha por Asentamiento del Muro

A partir de la experiencia de varias presas, se considera una altura de prevención de 1 en 100 (0,01) de la altura de agua a capacidad normal o un mínimo de 0,10 m (publicación “Rockfill Dams with Concrete Facing”). Por lo tanto, la revancha por asentamiento corresponde a las indicadas en el Cuadro 9.4.4.3-1.

CUADRO 9.4.4.3-1
REVANCHAS POR ASENTAMIENTO DEL MURO

Embalse	Altura Muro (m)	Revancha Estimada (m)	Revancha Adoptada (m)
Tranca Morada	49-72	0,49 – 0,72	0,72
San Miguel Alto	54-73	0,54 – 0,73	0,73

Fuente: Elaboración propia.

9.4.5. Resultados Cota Coronamiento

En el Cuadro 9.4.5-1 se muestra un resumen de las revanchas calculadas y la cota de coronamiento de ambos embalses.

CUADRO 9.4.5-1
COTA DE CORONAMIENTO

Volumen Útil (hm^3)	Revancha Oleaje (m)	Revancha Asentamiento (m)	Carga Vertedero (m)	Revancha Total (m)	Revancha Final Adoptada (m)	Altura Total Muro (m)	Cota Coronamiento (msnm)
Embalse Tranca Morada							
1	1,1	0,49	1,0	2,59	3,0	52,0	1.567,0
2	1,1	0,56	1,0	2,66	3,0	59,0	1.574,0
3	1,1	0,62	1,0	2,72	3,0	65,0	1.580,0
4	1,1	0,67	1,0	2,77	3,0	70,0	1.585,0
5	1,1	0,72	1,0	2,82	3,0	75,0	1.590,0
Embalse San Miguel							
1	0,9	0,54	1,0	2,4	3,0	57,0	1.553,0
2	0,9	0,63	1,0	2,5	3,0	66,0	1.562,0
3	0,9	0,7	1,0	2,6	3,0	73,0	1.569,0
4	0,9	0,76	1,0	2,7	3,0	79,0	1.575,0
5	0,9	0,81	1,0	2,7	3,0	84,0	1.580,0

Fuente: Elaboración propia.

9.4.6. Ancho Coronamiento

Conforme a la experiencia mundial en el diseño de presas del tipo CFRD, se ha proyectado el ancho de coronamiento de este tipo de presas, en valores que van del 7% al 12% de la altura de la presa. En el Cuadro 9.4.6-1, se presentan algunos valores del ancho de coronamiento para presas construidas en diferentes partes del mundo

En el caso del proyecto en estudio se ha considerado un ancho para el coronamiento de 8 m, tanto para el embalse Tranca Morada como San Miguel, lo que implica proyectar en el entorno de la banda antes indicada. Ver detalles Cuadro 9.4.6-2.

CUADRO 9.4.6-1
ANCHOS DE CORONAMIENTO DISTINTAS PRESAS YA CONSTRUIDAS

Embalse	Altura (m)	Ancho Coronamiento (m)
Cogotí	85	8
Fades	68	8
Kangaroo Creek	62,8	6
El Bato	83	6
Ancoa	122	10
Puclaro	80	8
Salvajina	148	8

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.4.6-2
RELACIÓN ANCHOS DE CORONAMIENTO VS ALTURA DE PRESAS

Volumen Útil (hm^3)	Ancho Coronamiento/Altura	
	Tranca Morada	San Miguel
1	15,4%	14,0%
2	13,6%	12,1%
3	12,3%	11,0%
4	11,4%	10,1%
5	10,7%	9,5%

Fuente: Elaboración propia.

Los valores fluctúan entre 9,5% y 15,4%, siendo valores conservadores para la banda indicada, quedando de esta forma por el lado de la seguridad.

Para todos los efectos, en etapas posteriores, se debe verificar mediante análisis de estabilidad la geometría proyectada.

9.5. Evacuador de Crecidas

9.5.1. Aspectos Generales

El evacuador de crecidas corresponde a una obra de seguridad que permite descargar los excedentes de agua provenientes de crecidas, que no puedan ser almacenados en el embalse y que ponen en riesgo la estabilidad del muro de la presa. En el presente acápite se desarrolla el pre diseño de las obras que componen el evacuador de crecidas, las que se listan a continuación.

- Vertedero: obra diseñada para verter las aguas excedentes presentes en el embalse.
- Canal Colector: obra diseñada para captar las aguas vertidas por el vertedero y conducirlas hacia aguas abajo.
- Transición trapecial - rectangular.

- Canal de Descarga: tramo de canal de sección constante que conduce las aguas desde la transición hasta el rápido de descarga.

- Obra de Control: grada de subida ubicada aguas arriba del inicio del rápido que permite controlar el flujo hacia aguas arriba.

- Rápido de Descarga: canal de alta pendiente con flujo supercrítico encargado de conducir las aguas hasta la obra de disipación.

- Obra de Disipación: estanque USBR que permite disipar la energía del flujo con el fin de descargar las aguas al lecho del río en forma segura.

Cabe destacar que la obra evacuadora presenta la misma configuración para todos los tamaños de embalse por sitio. Las diferencias radican en el emplazamiento de la obra en cota, debido a que mayor tamaño, más alto se debe ubicar la obra.

9.5.2. Caudal de Diseño

Para el diseño de la obra de evacuación de crecidas se consideró el caudal asociado a un periodo de retorno de 1.000 años y para la verificación de la obra un periodo de retorno de 10.000 años. A continuación. en el Cuadro 9.5.2-1 se muestran los caudales para cada uno de los embalses.

CUADRO 9.5.2-1
CAUDALES DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN

Embalse	Caudal de Diseño (m^3)	Caudal de Verificación (m^3)
Tranca Morada	92	202
San Miguel Alto	36	79

Fuente: Elaboración propia.

9.5.3. Vertedero

Para el cálculo de la altura de carga sobre el vertedero se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = Co \cdot L \cdot He^{3/2}$$

Donde:

Q: Caudal vertido (m^3/s)

C: Coeficiente de descarga ($m^{0,5}/s$)

L: Longitud del vertedero (m)

He: Carga o energía total sobre el vertedero (m)

Ho=He en el caso particular de que Q=Qo. correspondiente al caudal con el cual se diseña la cresta Ogee.

El coeficiente de descarga Co para un vertedero tipo Ogee según el USBR (Ref. 1) se obtiene de la curva indicada en el gráfico 9.5.3-1. “P” corresponde a la altura del paramento aguas arriba del vertedero y se define como la diferencia entre la cota de fondo aguas arriba del vertedero y la cota de su umbral. en este caso P= 2 m.

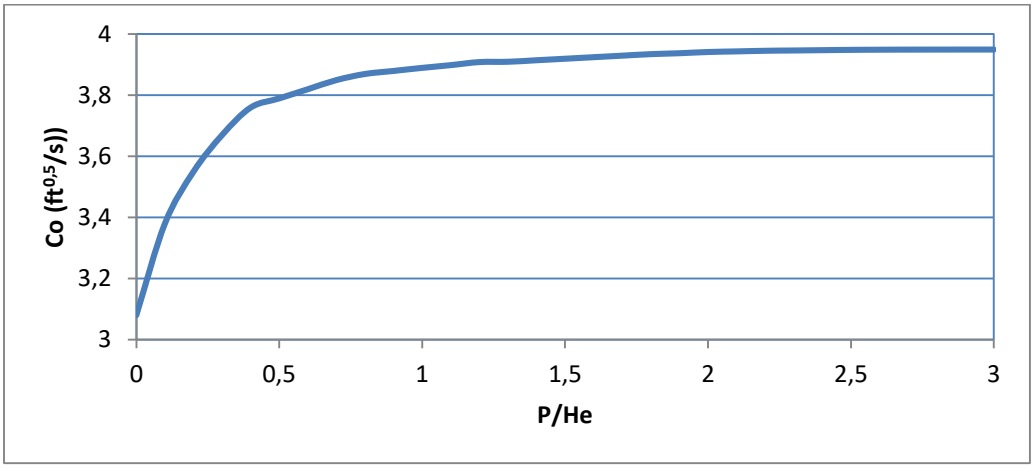


GRÁFICO 9.5.3-1
COEFICIENTE DE DESCARGA PARA LAS CRESTAS EN PARED VERTICAL

Fuente: Ref 1.

En el Cuadro 9.5.3-1 se resumen los principales parámetros obtenidos para la crecida de diseño y verificación.

Donde:

L: longitud del vertedero (m)

He: Altura de energía sobre el vertedero (m)

Hd: Altura de agua sobre el vertedero (m)

Hv: Altura de energía sobre el vertedero para el caudal de verificación (m)

Hd-v: Altura de agua sobre el vertedero para el caudal de verificación (m)

P: Altura paramento del vertedero.

Los detalles de los cálculos se presentan en Anexo 9-1.

En el Cuadro 9.5.3-2 se resumen las cotas principales.

CUADRO 9.5.3-1
CARACTERÍSTICAS VERTEDEROS PROYECTADOS

Embalse	L (m)	Q diseño		Q verificación		P (m)
		H_e (m)	H_d (m)	H_v (m)	H_{d-v} (m)	
Tranca Morada	40	1,06	1,04	1,75	1,66	2,0
San Miguel Alto	15	1,06	1,04	1,80	1,71	2,0

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.5.3-2
COTAS RELEVANTES

Embalse	Volumen Útil (Hm^3)	Longitud Vertedero (m)	Cota Umbral vertedero (msnm)	Cota Aguas Máximas Crecida Diseño Qd (msnm)	Cota Aguas Máximas Crecida Verificación Qv (msnm)	Cota Coronamiento (msnm)
Tranca Morada	1	40	1.564,00	1.565,04	1.565,66	1.567,00
	2		1.571,00	1.572,04	1.572,66	1.574,00
	3		1.577,00	1.578,04	1.578,66	1.580,00
	4		1.582,00	1.583,04	1.583,66	1.585,00
	5		1.587,00	1.588,04	1.588,66	1.590,00
San Miguel Alto	1	15	1.550,00	1.551,04	1.551,71	1.553,00
	2		1.559,00	1.560,04	1.560,71	1.562,00
	3		1.566,00	1.567,04	1.567,71	1.569,00
	4		1.572,00	1.573,04	1.573,71	1.575,00
	5		1.577,00	1.578,04	1.578,71	1.580,00

Fuente: Elaboración propia.

La cresta tipo Ogee tiene la forma indicada en la Figura 9.5.3-1. y está definido por la expresión que aparece en la misma figura. Las ecuaciones determinan el talud aguas arriba y abajo de la cresta. Su diseño considera parámetros como altura de paramento (P) y altura de Carga (H_o).

En la figura anterior "P" es el paramento de aguas arriba (m); K. n. Xc. Yc. R2 y R1 factores para la determinación de las secciones con la forma de la lámina vertedera definidos. Estos factores obtienen a partir de la razón h_a/H_o.

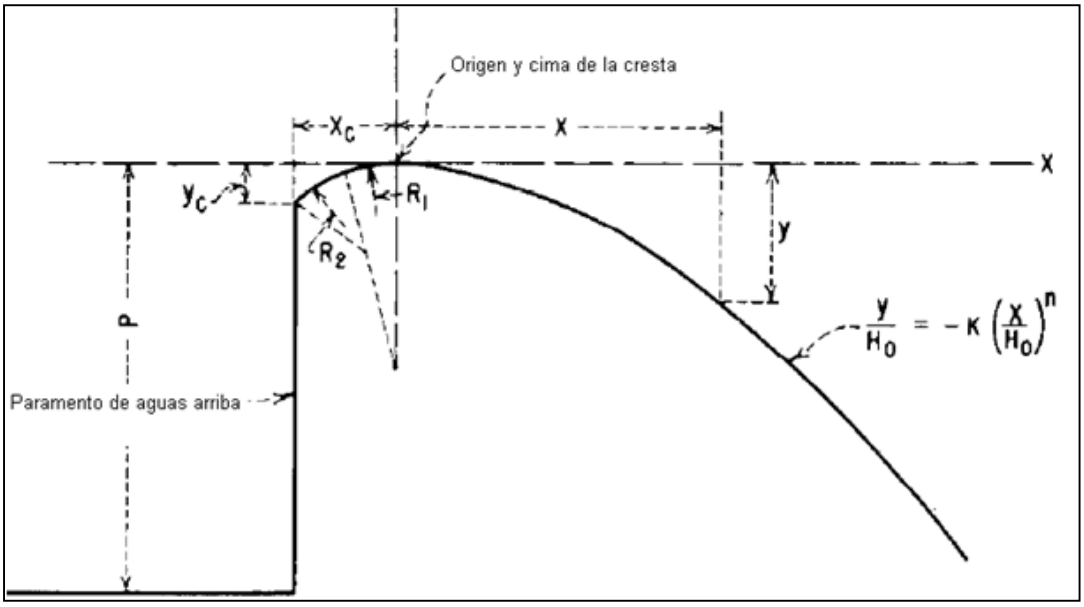


FIGURA 9.5.3-1
PERFIL CRESTA OGEE

Fuente: Ref 1.

9.5.4. Canal Colector

9.5.4.1. Aspectos Generales

El canal es de sección trapezoidal de taludes 1:3 (H:V. lado opuesto del vertedero) y 2:3 (H:V. lado vertedero), que permite el empalme con la curva del vertedero tipo Ogee, con base variable. Tiene una pendiente longitudinal de 2,5%. La obra empalma con la transición que lo conecta al canal de descarga. Los cálculos de estas obras se presentan en el Anexo 9-2.

El diseño del canal colector, considera lo siguiente:

- La altura de escurrimiento debe ser subcrítica. Número de Froude Fr < 1.
- La pendiente de fondo del canal Colector debe ser menor o igual a la pendiente crítica.
- Se debe verificar que la altura de escurrimiento al final del canal colector sea al menos 1,5 veces la altura crítica.
- La pendiente transversal del escurrimiento Pt, debe ser menor o igual 8%.
- La altura del agua en el canal colector no debe influenciar sobre el vertedero evacuador.
- Rugosidad de Manning “n” 0,018, valor recomendado para fijar alturas máximas de escurrimiento.

La geometría de los canales colectores, se presenta en el Cuadro 9.5.4.1-1.

CUADRO 9.5.4.1-1
GEOMETRÍA CANAL COLECTOR

Embalse	Tranca Morada	San Miguel Alto
Longitud (m)	40	15
Ancho Inicial (m)	4	3
Ancho Final (m)	8	5
Pendiente (m/m)	2,5%	2,5%
Talud Derecha	0,33	0,33
Talud Izquierda	0,67	0,67

Fuente: Elaboración propia.

9.5.4.2. Altura de Escurrimiento

Para la determinación del eje hidráulico en el canal colector se utilizó la ecuación siguiente:

$$\Delta h = \frac{2 \cdot Q \cdot \Delta Q - (i - j) \cdot g \cdot \Omega^2 \cdot \Delta s}{\frac{Q^2 \cdot l}{\Omega} - g \cdot \Omega^2}$$

Donde:

Δh: Diferencia de profundidad entre dos secciones (m)

Q: Caudal (m^3/s)

ΔQ: Caudal entrante (m^3/s) en un tramo Δs

Δs: Distancia entre secciones (m)

i: Pendiente del canal

j: Pérdida por fricción de la fórmula de Manning

g: Aceleración de gravedad (m/s^2)

Ω: Área mojada (m^2)

l: Ancho de la superficie libre (m).

El eje hidráulico calculado para Volumen útil 5 hm^3, se presenta en el Cuadro 9.5.4.2-1 y Cuadro 9.5.4.2-2 tanto para Tranca Morada como San Miguel Alto. Cabe destacar, que, para todos los tamaños de embalse, las condiciones hidráulicas para el canal colector y canal de descarga son iguales.

CUADRO 9.5.4.2-1
EJE HIDRÁULICO CANAL COLECTOR TRANCA MORADA
VOLUMEN ÚTIL 5 hm³

Metraje Canal (m)	Ancho Basal b (m)	Cota fondo (msnm)	Caudal de Diseño			Caudal de Verificación		
			Eje hidráulico Qd (msnm)	Velocidad media (m/s)	Número de Froude	Eje hidráulico Qv (msnm)	Velocidad media (m/s)	Número de Froude
40,0	8,0	1.579,0	1.582,7	2,54	0,44	1.585,2	2,91	0,39
38,4	7,8	1.579,0	1.582,7	2,46	0,42	1.585,3	2,84	0,38
36,8	7,7	1.579,1	1.582,8	2,39	0,41	1.585,3	2,77	0,37
35,2	7,5	1.579,1	1.582,9	2,31	0,39	1.585,3	2,70	0,36
33,6	7,4	1.579,2	1.582,9	2,24	0,38	1.585,4	2,62	0,35
32,0	7,2	1.579,2	1.583,0	2,16	0,37	1.585,4	2,54	0,34
30,4	7,0	1.579,2	1.583,0	2,08	0,35	1.585,4	2,45	0,33
28,8	6,9	1.579,3	1.583,1	2,00	0,34	1.585,4	2,37	0,32
27,2	6,7	1.579,3	1.583,1	1,92	0,33	1.585,5	2,28	0,31
25,6	6,6	1.579,4	1.583,1	1,84	0,31	1.585,5	2,19	0,30
24,0	6,4	1.579,4	1.583,2	1,76	0,30	1.585,5	2,09	0,28
22,4	6,2	1.579,4	1.583,2	1,67	0,28	1.585,6	1,99	0,27
20,8	6,1	1.579,5	1.583,3	1,58	0,27	1.585,6	1,89	0,26
19,2	5,9	1.579,5	1.583,3	1,49	0,25	1.585,6	1,78	0,24
17,6	5,8	1.579,6	1.583,4	1,39	0,24	1.585,6	1,66	0,23
16,0	5,6	1.579,6	1.583,4	1,30	0,22	1.585,7	1,55	0,21
14,4	5,4	1.579,6	1.583,4	1,19	0,20	1.585,7	1,42	0,20
12,8	5,3	1.579,7	1.583,5	1,09	0,19	1.585,7	1,30	0,18
11,2	5,1	1.579,7	1.583,5	0,98	0,17	1.585,7	1,16	0,16
9,6	5,0	1.579,8	1.583,5	0,86	0,15	1.585,7	1,02	0,14
8,0	4,8	1.579,8	1.583,5	0,74	0,13	1.585,7	0,87	0,12
6,4	4,6	1.579,8	1.583,6	0,61	0,11	1.585,8	0,72	0,10
4,8	4,5	1.579,9	1.583,6	0,47	0,08	1.585,8	0,55	0,08
3,2	4,3	1.579,9	1.583,6	0,33	0,06	1.585,8	0,38	0,05
1,6	4,2	1.580,0	1.583,6	0,17	0,03	1.585,8	0,20	0,03
0,0	4,0	1.580,0	1.583,6	0,00	0,00	1.585,8	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.5.4.2-2
EJE HIDRÁULICO CANAL COLECTOR SAN MIGUEL ALTO
VOLUMEN ÚTIL 5 hm³

Metraje Canal (m)	Ancho Basal b (m)	Cota fondo (msnm)	Caudal de Diseño			Caudal de Verificación		
			Eje hidráulico Qd (msnm)	Velocidad media (m/s)	Número de Froude	Eje hidráulico Qv (msnm)	Velocidad media (m/s)	Número de Froude
15,0	5,0	1.573,03	1.575,87	1,97	0,39	1.577,8	2,24	0,34
14,4	4,9	1.573,04	1.575,91	1,90	0,37	1.577,8	2,17	0,33
13,8	4,8	1.573,06	1.575,94	1,83	0,36	1.577,8	2,10	0,32
13,2	4,8	1.573,07	1.575,97	1,76	0,34	1.577,9	2,03	0,31
12,6	4,7	1.573,09	1.576,00	1,69	0,33	1.577,9	1,96	0,30
12,0	4,6	1.573,10	1.576,03	1,62	0,31	1.577,9	1,88	0,29
11,4	4,5	1.573,12	1.576,06	1,55	0,30	1.577,9	1,81	0,28
10,8	4,4	1.573,13	1.576,09	1,48	0,29	1.577,9	1,73	0,27
10,2	4,4	1.573,15	1.576,12	1,41	0,27	1.577,9	1,66	0,26
9,6	4,3	1.573,16	1.576,14	1,34	0,26	1.578,0	1,58	0,24
9,0	4,2	1.573,18	1.576,16	1,27	0,24	1.578,0	1,50	0,23
8,4	4,1	1.573,19	1.576,19	1,20	0,23	1.578,0	1,41	0,22
7,8	4,0	1.573,21	1.576,21	1,12	0,22	1.578,0	1,33	0,21
7,2	4,0	1.573,22	1.576,23	1,05	0,20	1.578,0	1,24	0,19
6,6	3,9	1.573,24	1.576,25	0,98	0,19	1.578,0	1,16	0,18
6,0	3,8	1.573,25	1.576,27	0,90	0,17	1.578,0	1,07	0,17
5,4	3,7	1.573,27	1.576,28	0,82	0,16	1.578,0	0,97	0,15
4,8	3,6	1.573,28	1.576,30	0,74	0,14	1.578,1	0,88	0,14
4,2	3,6	1.573,30	1.576,31	0,66	0,13	1.578,1	0,78	0,12
3,6	3,5	1.573,31	1.576,32	0,57	0,11	1.578,1	0,68	0,11
3,0	3,4	1.573,33	1.576,34	0,49	0,09	1.578,1	0,57	0,09
2,4	3,3	1.573,34	1.576,34	0,40	0,08	1.578,1	0,47	0,07
1,8	3,2	1.573,36	1.576,35	0,30	0,06	1.578,1	0,36	0,06
1,2	3,2	1.573,37	1.576,36	0,21	0,04	1.578,1	0,24	0,04
0,6	3,1	1.573,39	1.576,36	0,11	0,02	1.578,1	0,12	0,02
0,0	3,0	1.573,40	1.576,37	0,00	0,00	1.578,1	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

9.5.4.3. Verificación Pendiente Crítica

Se debe cumplir que la pendiente de fondo del canal Colector debe ser menor o igual a la pendiente crítica para garantizar un escurrimiento subcrítico dentro de éste. La pendiente crítica se define de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$i \leq i_c = \frac{2}{3} \cdot \frac{hf}{L} \cdot \left(1 + 2 \cdot {F_f}^2\right)$$

Donde:

i: Pendiente de fondo del colector (m/m)

ic: Pendiente crítica (m/m)

L: Longitud total del canal colector (m)

hf: Altura de escurrimiento al final del colector

Ff: Número de Froude en la sección final del colector.

En el Cuadro 9.5.4.3-1 se presentan los valores obtenidos para los caudales Qd y Qv de todos los casos estudiados. Se aprecia que la pendiente de fondo es menor a la crítica y por tanto se cumple con la condición.

CUADRO 9.5.4.3-1
VALORES Y VERIFICACIÓN PENDIENTE CRÍTICA

Embalse	Longitud (m)	Ancho Inicial (m)	Ancho Final (m)	Pendiente Long (m/m)	Pendiente Crítica (m/m) Qd	Pendiente Crítica (m/m) Qv	Verificación Pendiente Crítica
Tranca Morada	40	4,0	8,0	0,025	0,082	0,136	ok
San Miguel Alto	15	3,0	5,0	0,025	0,159	0,265	ok

Fuente: Elaboración propia.

9.5.4.4. Pendiente Transversal de Escurrimiento

La pendiente Transversal del escurrimiento (Pt), está definida por la siguiente ecuación y se debe cumplir que Pt sea menor o igual 8% para garantizar un flujo suficientemente tranquilo en el canal colector:

$$Pt = \frac{q \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta Z}}{g \cdot h \cdot (b + (ki + kd) \cdot h)} \leq 0{,}08$$

Donde:

q: Caudal por unidad de largo del vertedero ($m^3/s/m$)

ΔZ: Desnivel entre la elevación del agua en el embalse y la superficie libre en una sección del canal (m)

h: Altura de escurrimiento en la sección calculada (m)

b: Ancho basal en la sección calculada

ki: Talud izquierdo (H:V)

kd: Talud derecho (H:V)

En el Cuadro 9.5.4.4-1 se presenta el valor obtenido para el caudal de diseño y el caudal de verificación. En ambos casos se cumple con la condición.

CUADRO 9.5.4.4-1
VALORES Y VERIFICACIÓN PENDIENTE TRANSVERSAL

Embalse	Longitud Vertedero (m)	Ancho basal inicial (m)	Ancho basal final (m)	Pendiente Transversal (%) max Q_d	Pendiente Transversal (%) max Q_v	Verificación Pt <8% (para ambos caudales)
Tranca Morada	40	4,0	8,0	7,96	6,81	ok
San Miguel Alto	15	3,0	5,0	7,90	5,13	ok

Fuente: Elaboración propia.

9.5.5. Transición a Canal de Descarga

Como criterio para el diseño de la transición se consideró lo siguiente:

- La pendiente del tramo es de 0,001 m/m.
- La rugosidad utilizada es de n=0,018.
- Escurrimiento en régimen de sub crítico. Condición de borde aguas abajo impuesta por escurrimiento en Canal de descarga.
- Balance de energía.

$$E_1 = E_2 + \Delta f + \Delta S$$

Donde:

E1: Energía en el punto (1) en (m)

E2: Energía en (2) en (m)

Δf: Pérdidas friccionales (m)

Δs: Pérdidas singulares (m)

Con energía según:

$$E = z + h + \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

z: Cota (m)

h: Altura de escurrimiento perpendicular a la pendiente de fondo

v: Velocidad de escurrimiento (m/s).

- Las pérdidas friccionales se definen como:

$$\Delta f = d \cdot Jm$$

$$Jm = \sqrt{J_1 \cdot J_2}$$

$$\mathrm{J_i} = \left(\frac{\mathrm{Q} \cdot \mathrm{n}}{\mathrm{A_i} \cdot \mathrm{R_{h_i}}^{2/3}} \right)^2$$

Donde:

D: Distancia entre (1) y (2)

Ji: Pendiente de la carga de energía en i

n: Rugosidad del canal ($m^{0,5}/s$).

Ai: Área mojada en i (m^2)

Rhi: Radio hidráulico en i (m) que se define como Ai/Pi donde Pi es el perímetro mojado en i (m).

- Las pérdidas singulares se determinan a partir de la siguiente ecuación:

$$\Delta \mathrm{s} = Ks \cdot \left(\frac{v_1^2}{2 \cdot g} - \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right)$$

Donde:

Ks: Constante de contracción que se considera igual a 0,1 para contracciones suaves y 0,2 para contracciones fuertes. Si el ángulo de contracción es menor a 12°, se considera que la transición es suave. Si es mayor a 12° contracción fuerte.

v1: Velocidad de escurrimiento en el punto (1) en (m)

v2: Velocidad de escurrimiento en el punto (2) en (m).

En el Cuadro 9.5.5-1 se presenta el eje hidráulico calculado. para cada transición. El cálculo se encuentra en Anexo 9-2.

CUADRO 9.5.5-1
EJE HIDRÁULICO TRANSICIÓN DE TRAPECIAL RECTANGULAR

h (m)	v (m/s)	Lcanal (m)	A (m²)	P (m)	Rh (m)	E1 (m)	Jm	F	Δs	α
Tranca Morada										
3,355	3,43	10,0	26,84	14,71	1,82	1.583,04		0,60	0,0043	
3,382	3,36	9,5	27,34	14,77	1,85	1.583,05	0,0017	0,59	0,0041	9,6
3,407	3,31	9,0	27,84	14,82	1,88	1.583,06	0,0016	0,58	0,0038	9,7
3,430	3,25	8,5	28,33	14,88	1,90	1.583,06	0,0015	0,57	0,0036	9,9
3,452	3,19	8,0	28,81	14,94	1,93	1.583,06	0,0014	0,56	0,0034	10,0
3,473	3,14	7,5	29,29	15,01	1,95	1.583,07	0,0013	0,55	0,0032	10,1
3,493	3,09	7,0	29,77	15,07	1,98	1.583,07	0,0013	0,54	0,0030	10,2
3,511	3,04	6,5	30,25	15,14	2,00	1.583,08	0,0012	0,54	0,0029	10,3
3,529	2,99	6,0	30,72	15,21	2,02	1.583,08	0,0012	0,53	0,0027	10,3
3,545	2,95	5,5	31,19	15,29	2,04	1.583,08	0,0011	0,52	0,0026	10,4
3,561	2,91	5,0	31,66	15,36	2,06	1.583,09	0,0011	0,52	0,0025	10,5
3,576	2,86	4,5	32,13	15,44	2,08	1.583,09	0,0010	0,51	0,0024	10,6
3,590	2,82	4,0	32,59	15,53	2,10	1.583,09	0,0010	0,50	0,0023	10,6
3,604	2,78	3,5	33,05	15,62	2,12	1.583,10	0,0009	0,50	0,0022	10,7
3,617	2,75	3,0	33,52	15,71	2,13	1.583,10	0,0009	0,49	0,0021	10,7
3,629	2,71	2,5	33,98	15,80	2,15	1.583,10	0,0009	0,49	0,0020	10,8
3,641	2,67	2,0	34,43	15,90	2,17	1.583,10	0,0008	0,48	0,0019	10,8
3,653	2,64	1,5	34,89	15,99	2,18	1.583,11	0,0008	0,48	0,0018	10,9
3,664	2,60	1,0	35,35	16,10	2,20	1.583,11	0,0008	0,47	0,0017	10,9
3,674	2,57	0,5	35,80	16,20	2,21	1.583,11	0,0008	0,47	0,0017	10,9
3,684	2,54	0,0	36,26	16,31	2,22	1.583,11	0,0007	0,46	0,0542	11,0
San Miguel Alto										
2,619	2,75	10,0	13,10	10,24	1,28	1.574,42		0,54	0,0031	
2,638	2,69	9,5	13,37	10,28	1,30	1.574,42	0,0017	0,53	0,0029	7,5
2,656	2,64	9,0	13,63	10,32	1,32	1.574,43	0,0016	0,52	0,0027	7,6
2,673	2,59	8,5	13,90	10,36	1,34	1.574,43	0,0015	0,52	0,0025	7,7
2,688	2,54	8,0	14,16	10,41	1,36	1.574,43	0,0014	0,51	0,0024	7,8
2,703	2,49	7,5	14,43	10,45	1,38	1.574,44	0,0013	0,50	0,0023	7,9
2,717	2,45	7,0	14,69	10,50	1,40	1.574,44	0,0013	0,49	0,0021	7,9
2,730	2,41	6,5	14,95	10,55	1,42	1.574,44	0,0012	0,49	0,0020	8,0
2,742	2,37	6,0	15,22	10,60	1,43	1.574,45	0,0011	0,48	0,0019	8,0
2,754	2,33	5,5	15,48	10,66	1,45	1.574,45	0,0011	0,47	0,0018	8,1
2,765	2,29	5,0	15,74	10,72	1,47	1.574,45	0,0010	0,47	0,0017	8,1
2,775	2,25	4,5	15,99	10,78	1,48	1.574,45	0,0010	0,46	0,0016	8,2
2,785	2,21	4,0	16,25	10,84	1,50	1.574,46	0,0009	0,45	0,0016	8,2
2,795	2,18	3,5	16,51	10,90	1,51	1.574,46	0,0009	0,45	0,0015	8,3
2,803	2,15	3,0	16,77	10,97	1,53	1.574,46	0,0009	0,44	0,0014	8,3
2,812	2,11	2,5	17,02	11,04	1,54	1.574,46	0,0008	0,44	0,0013	8,3
2,820	2,08	2,0	17,28	11,11	1,55	1.574,46	0,0008	0,43	0,0013	8,4
2,828	2,05	1,5	17,54	11,19	1,57	1.574,47	0,0008	0,43	0,0012	8,4
2,835	2,02	1,0	17,79	11,27	1,58	1.574,47	0,0007	0,42	0,0012	8,4
2,842	2,00	0,5	18,04	11,34	1,59	1.574,47	0,0007	0,42	0,0011	8,4
2,848	1,97	0,0	18,30	11,43	1,60	1.574,47	0,0007	0,41	0,0376	8,5

Fuente: Elaboración propia.

9.5.6. Canal de Descarga

Corresponde a un canal de sección rectangular que transporta las aguas en régimen de río desde la transición hasta el inicio del rápido de descarga. Su pendiente longitudinal de 0,001 m/m.

Para determinar la altura del canal de descarga se realizó el cálculo del eje hidráulico para el caudal de diseño y verificación. El cálculo del eje hidráulico se inicia desde la condición de borde aguas abajo, en el inicio del rápido.

Como criterio de diseño se consideró lo siguiente:

- La pendiente del tramo es de 0,001 de tal manera de asegurar escurrimiento subcrítico en todo el tramo.
- La rugosidad utilizada es de n=0,018.

El eje hidráulico se inicia sobre una grada (a=0,2 m) de subida al inicio del rápido. De acuerdo a los resultados obtenidos, dicha grada se incluye con el fin de que el eje hidráulico hacia aguas arriba cumpla con la verificación de la altura de escurrimiento 1,5 veces la altura crítica al final del canal colector.

En el Cuadro 9.5.6-1 se presentan los cálculos del eje hidráulico para el caudal de diseño. Se puede constatar que el régimen se mantiene subcrítico a lo largo de todo su desarrollo. El cálculo se encuentra en Anexo 9-2.

CUADRO 9.5.6-1
EJE HIDRÁULICO CANAL DE DESCARGA

h (m)	v (m/s)	Lcanal (m)	A (m²)	P (m)	Rh (m)	E1 (m)	Jm	F
Tranca Morada: Longitud 100 m								
3,207	3,59	100,0	25,65	14,41	1,78	1.582,85	0,0019	0,64
3,216	3,58	95,0	25,73	14,43	1,78	1.582,86	0,0019	0,64
3,225	3,57	90,0	25,80	14,45	1,79	1.582,87	0,0019	0,63
3,234	3,56	85,0	25,87	14,47	1,79	1.582,88	0,0019	0,63
3,243	3,55	80,0	25,94	14,49	1,79	1.582,89	0,0019	0,63
3,251	3,54	75,0	26,01	14,50	1,79	1.582,90	0,0019	0,63
3,259	3,53	70,0	26,07	14,52	1,80	1.582,91	0,0018	0,62
3,267	3,52	65,0	26,14	14,53	1,80	1.582,92	0,0018	0,62
3,275	3,51	60,0	26,20	14,55	1,80	1.582,93	0,0018	0,62
3,282	3,50	55,0	26,26	14,56	1,80	1.582,94	0,0018	0,62
3,290	3,50	50,0	26,32	14,58	1,81	1.582,95	0,0018	0,62
3,297	3,49	45,0	26,37	14,59	1,81	1.582,96	0,0018	0,61
3,304	3,48	40,0	26,43	14,61	1,81	1.582,97	0,0018	0,61
3,311	3,47	35,0	26,49	14,62	1,81	1.582,98	0,0018	0,61
3,318	3,47	30,0	26,54	14,64	1,81	1.582,99	0,0018	0,61
3,324	3,46	25,0	26,59	14,65	1,82	1.583,00	0,0018	0,61

CUADRO 9.5.6-1
EJE HIDRÁULICO CANAL DE DESCARGA

h (m)	v (m/s)	Lcanal (m)	A (m²)	P (m)	Rh (m)	E1 (m)	Jm	F
Tranca Morada: Longitud 100 m								
3,331	3,45	20,0	26,64	14,66	1,82	1.583,01	0,0017	0,60
3,337	3,45	15,0	26,70	14,67	1,82	1.583,02	0,0017	0,60
3,343	3,44	10,0	26,75	14,69	1,82	1.583,03	0,0017	0,60
3,349	3,43	5,0	26,79	14,70	1,82	1.583,04	0,0017	0,60
3,355	3,43	0,0	26,84	14,71	1,82	1.583,04	0,0017	0,60
San Miguel Alto: Longitud 120 m								
2,442	2,95	120,0	12,21	9,88	1,24	1.574,18	0,0021	0,60
2,454	2,93	114,0	12,27	9,91	1,24	1.574,19	0,0021	0,60
2,465	2,92	108,0	12,33	9,93	1,24	1.574,21	0,0021	0,59
2,476	2,91	102,0	12,38	9,95	1,24	1.574,22	0,0020	0,59
2,487	2,90	96,0	12,43	9,97	1,25	1.574,23	0,0020	0,59
2,497	2,88	90,0	12,48	9,99	1,25	1.574,25	0,0020	0,58
2,507	2,87	84,0	12,53	10,01	1,25	1.574,26	0,0020	0,58
2,516	2,86	78,0	12,58	10,03	1,25	1.574,27	0,0020	0,58
2,525	2,85	72,0	12,63	10,05	1,26	1.574,28	0,0019	0,57
2,534	2,84	66,0	12,67	10,07	1,26	1.574,30	0,0019	0,57
2,543	2,83	60,0	12,72	10,09	1,26	1.574,31	0,0019	0,57
2,552	2,82	54,0	12,76	10,10	1,26	1.574,32	0,0019	0,56
2,560	2,81	48,0	12,80	10,12	1,26	1.574,33	0,0019	0,56
2,568	2,80	42,0	12,84	10,14	1,27	1.574,34	0,0019	0,56
2,576	2,80	36,0	12,88	10,15	1,27	1.574,35	0,0018	0,56
2,583	2,79	30,0	12,92	10,17	1,27	1.574,36	0,0018	0,55
2,591	2,78	24,0	12,95	10,18	1,27	1.574,38	0,0018	0,55
2,598	2,77	18,0	12,99	10,20	1,27	1.574,39	0,0018	0,55
2,605	2,76	12,0	13,03	10,21	1,28	1.574,40	0,0018	0,55
2,612	2,76	6,0	13,06	10,22	1,28	1.574,41	0,0018	0,54
2,619	2,75	0,0	13,10	10,24	1,28	1.574,42	0,0018	0,54

Fuente: Elaboración propia.

9.5.7. Rápido de Descarga

Como criterio de diseño se consideró lo siguiente:

- Canal de alta pendiente. Escurrimiento supercrítico.
- Condición de borde. Crisis hidráulica generada por el abrupto aumento de pendiente.
- Se calcula el eje hidráulico para n=0,011 para verificar velocidades máximas y n=0,018 para verificar alturas máximas.
- Debido a la elevada pendiente longitudinal, el cálculo de eje hidráulico considera el ángulo de inclinación.

$$E = z + h \cdot \cos(\alpha) + \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

z: Cota (m)

h: Altura de escurrimiento perpendicular a la pendiente de fondo

α: Ángulo formado entre la pendiente del fondo del rápido y la horizontal

v: Velocidad de escurrimiento (m/s).

- Se verifica si ocurre el fenómeno de cavitación. Se calcula el Índice de Cavitación de Falvey "σ" el cual, si es menor a 0,2 indica que se requiere la inclusión de aireadores.

$$\sigma = \frac{y \cdot cos(\theta) \mp \frac{y \cdot v^2}{g \cdot Rc} + P_b - P_v}{\frac{v^2}{2 \cdot g}}$$

Donde:

y: Altura de escurrimiento (m)

Θ: Ángulo con respecto a la horizontal (°)

v: Velocidad de escurrimiento (m/s)

g: Aceleración de gravedad (m/s²)

Rc: Radio de curvatura si es que hay (m)

Pb: Presión barométrica para una cota de 1.580 msnm igual a 8,59 m

Pv: Presión del vapor de agua (m) a una temperatura de 20 °C igual a 0,24 m.

En los Cuadros 9.5.7-1 a 9.5.7-3 se presentan las dimensiones y parámetros característicos del rápido de descarga para Tranca Morada. En los Cuadros 9.5.7-4 a 9.5.7-6 se detallan las características para San Miguel Alto. Detalles, referirse a Anexo 9-3.

Como se puede apreciar en Anexo 9-3, los coeficientes de cavitación son mayores a 0,2, por lo que no es necesario considerar aireadores en el rápido de descarga de ningún embalse.

CUADRO 9.5.7-1
DIMENSIONES RELEVANTES RÁPIDO DE DESCARGA
TRANCA MORADA DISTINTOS TAMAÑOS

Parámetros	1 hm³	2 hm³	3 hm³	4 hm³	5 hm³
Longitud (m)	159,0	156,0	172,0	184,0	188,0
Ancho basal (m)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Pendiente (m/m)	0,35	0,40	0,40	0,40	0,42
Altura de Muro Transición (m)	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Altura de Muro rápido (m)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.5.7-2
CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO EN RÁPIDO DE DESCARGA
CAUDAL DE DISEÑO TRANCA MORADA

Parámetro	n Manning	1 hm³	2 hm³	3 hm³	4 hm³	5 hm³
Velocidad máx (m/s)	n=0,011	25,58	27,10	27,06	27,29	27,74
	n=0,018	20,15	20,90	20,96	20,98	21,24
N° Froude al píe del rápido	n=0,011	12,18	13,29	13,26	13,43	13,76
	n=0,018	8,52	9,00	9,04	9,05	9,22
Altura (m), al píe del rápido	n=0,011	0,45	0,42	0,42	0,42	0,41
	n=0,018	0,57	0,55	0,55	0,55	0,54
Altura normal hn (m), al píe del rápido	n=0,011	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39
	n=0,018	0,56	0,54	0,54	0,54	0,53

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.5.7-3
CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO EN RÁPIDO DE DESCARGA
CAUDAL VERIFICACIÓN TRANCA MORADA

Parámetro	n Manning	1 hm³	2 hm³	3 hm³	4 hm³	5 hm³
Velocidad máx (m/s)	n=0,011	29,82	31,25	32,10	32,66	33,39
	n=0,018	25,47	26,53	26,84	27,03	27,46
N° Froude al píe del rápido	n=0,011	10,35	11,10	11,56	11,87	12,27
	n=0,018	8,17	8,68	8,84	8,93	9,15
Altura (m), al píe del rápido	n=0,011	0,85	0,81	0,79	0,77	0,76
	n=0,018	0,99	0,95	0,94	0,93	0,92
Altura normal hn (m), al píe del rápido	n=0,011	0,68	0,65	0,65	0,65	0,65
	n=0,018	0,93	0,89	0,89	0,89	0,88

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.5.7-4
DIMENSIONES RELEVANTES RÁPIDO DE DESCARGA
SAN MIGUEL ALTO DISTINTOS TAMAÑOS

Parámetros	1 hm³	2 hm³	3 hm³	4 hm³	5 hm³
Longitud (m)	130,0	152,0	162,0	180,0	185,0
Ancho basal (m)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Pendiente (m/m)	0,45	0,50	0,50	0,50	0,5
Altura de Muro Transición (m)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Altura de Muro rápido (m)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.5.7-5
CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO EN RÁPIDO DE DESCARGA
CAUDAL DE DISEÑO SAN MIGUEL ALTO

Parámetro	n Manning	1 hm³	2 hm³	3 hm³	4 hm³	5 hm³
Velocidad máx (m/s)	n=0,011	24,18	24,44	24,52	24,62	24,6
	n=0,018	18,15	18,16	18,16	18,17	18,3
N° Froude al píe del rápido	n=0,011	14,16	14,38	14,45	14,54	14,6
	n=0,018	9,20	9,21	9,22	9,22	9,32
Altura (m), al píe del rápido	n=0,011	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
	n=0,018	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39
Altura normal hn (m), al píe del rápido	n=0,011	0,28	0,28	0,28	0,28	0,30
	n=0,018	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.5.7-6
CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO EN RÁPIDO DE DESCARGA
CAUDAL VERIFICACIÓN SAN MIGUEL ALTO

Parámetro	n Manning	1 hm³	2 hm³	3 hm³	4 hm³	5 hm³
Velocidad máx (m/s)	n=0,011	30,12	30,47	30,81	31,31	31,42
	n=0,018	23,49	23,95	24,01	24,08	24,10
N° Froude al píe del rápido	n=0,011	13,28	13,52	13,74	14,08	14,15
	n=0,018	9,15	9,42	9,45	9,50	9,51
Altura (m), al píe del rápido	n=0,011	0,52	0,52	0,51	0,50	0,50
	n=0,018	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66
Altura normal hn (m), al píe del rápido	n=0,011	0,46	0,46	0,46	0,46	0,50
	n=0,018	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63

Fuente: Elaboración propia.

9.5.8. Disipador de Energía

La determinación del tipo de Estanque disipador depende del número de Froude y la velocidad del escurrimiento.

Tipo II: Froude> 4,5

Tipo III: Froude> 4,5; velocidad <18 m/s

Tipo IV: Froude entre 2,5 y 4,5

Para esta obra se considera la máxima energía con la que podría llegar el flujo para el caudal de diseño, por lo tanto, se asume una rugosidad mínima del hormigón (n=0,011). Se considera como obra disipadora, la construcción de un estanque Tipo II USBR (Ref 1).

Para determinar la altura del estanque, se calcula la altura conjugada del resalto mediante la siguiente expresión:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + 8 \cdot \mathrm{Fr}^2} - 1\right)$$

Dónde:

h_2: Altura conjugada aguas abajo del resalto (m).

h_1: Altura de escurrimiento aguas arriba estanque (m).

Fr: N° de Froude aguas arriba del estanque.

La revancha se determina a partir de las recomendaciones del USBR que indica que la altura libre se determina a partir de:

$$h_{rev} = 0{,}03 \cdot (v_1 + h_2)$$

Donde:

v_1: Velocidad del flujo a la entrada del resalto en (m/s).

h_2: Altura conjugada (m).

La longitud del estanque (L) necesaria para que se desarrolle el resalto se determina en base al número de Froude y la altura conjugada del resalto.

A la longitud “L” se recomienda sumar un largo “Lx” para que el flujo descienda desde la altura conjugada a la altura crítica sobre la grada. Para ello se considera que la altura del agua desciende con una tasa de 1:5 (V:H).

Al final del estanque se debe incluir una grada de subida que permita controlar el resalto. Para determinar esta altura se debe resolver la ecuación siguiente (Ver Figura 9.5.8-1):

$$F^2 = \frac{Y \cdot (Y^2 + 2 \cdot A \cdot Y + 2 \cdot A^2 - 1)}{2 \cdot (Y - 1)}$$

Donde:

F: Número de Froude

Y = h2/h1

A = a/h1

h1: Altura a la entrada del resalto (m).

h2: Altura sobre la grada (m).

a: Altura de la grada (m).

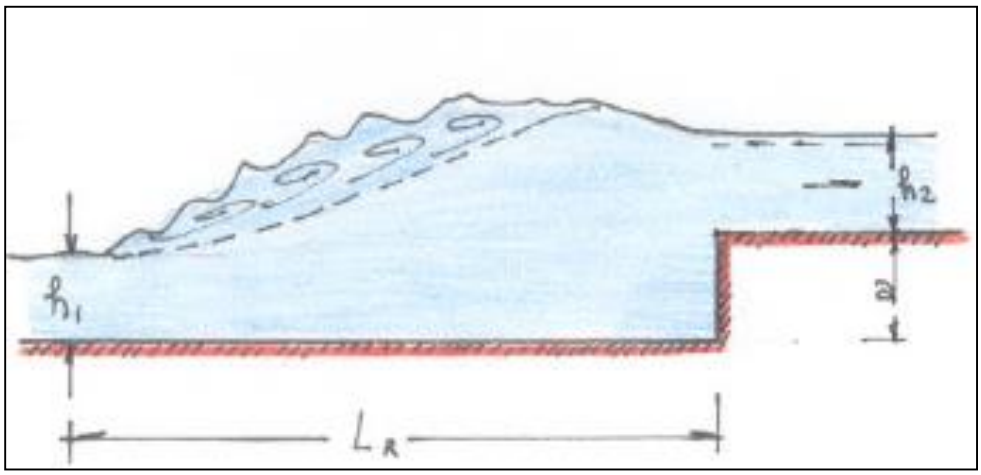


FIGURA 9.5.8-1
GRADA CON RESALTO CONTROLADO

Fuente: Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras. Horacio Mery. Ref. 2.

Los elementos deflectores se presentan en la Figura 9.5.8-2.

El parámetro L se obtiene a partir de la Figura 207 de la Ref. 1, donde ingresando el número de Froude, se obtiene el valor de L/h_2.

A continuación, se presenta el resumen con las dimensiones principales de los disipadores de energía. Tanto para el sitio de Tranca Morada como San Miguel Alto, se ha considerado, para todos los tamaños de embalse, el disipador más desfavorable o de mayores dimensiones que se encuentra dado por los tamaños mayores de embalse, es decir 5 hm³.

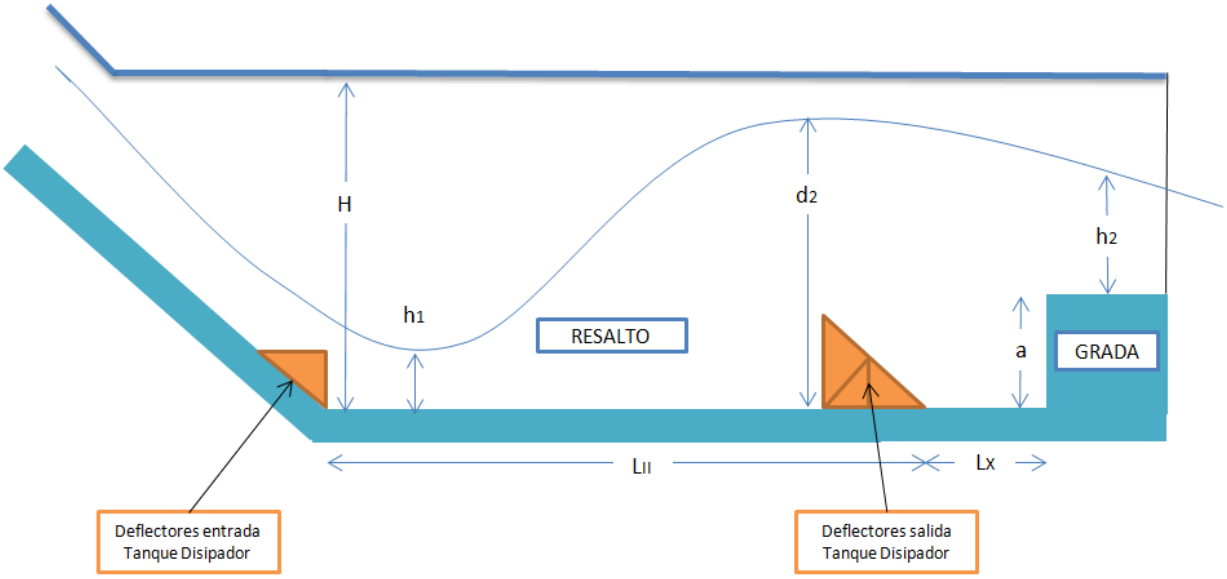


FIGURA 9.5.8-2
ESQUEMA DISIPADOR

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.5.8-1
PARÁMETROS DISIPADOR DE ENERGÍA. ESTANQUE BUREAU TIPO II
TRANCA MORADA

Embalse	Veloc. max (m/s)	h_1 (m)	F max	h2 (m)	L_{II} (m)	L_X (m)	H (m)	a (m)
Tranca Morada	27,74	0,41	13,8	7,9	34,0	8,0	12,0	3,9
San Miguel Alto	24,63	0,29	14,6	5,87	26,0	7,0	9,0	2,9

Fuente: Elaboración propia.

9.6. Obras de Desvío, Toma y Entrega

9.6.1. Obra de Desvío

Los caudales a desviar son más bien bajos, por lo que la obra de desvío proyectada consiste en un cajón doble de hormigón. Por uno de los vanos se desvía el agua del río durante la construcción y por el otro se coloca la tubería de entrega a riego, la que se empalma a la obra de toma. Cuando el embalse entra en operación el vano por donde se desviaban las aguas se sella. A continuación, en la Figura 9.6.1-1 se muestra la sección considerada.

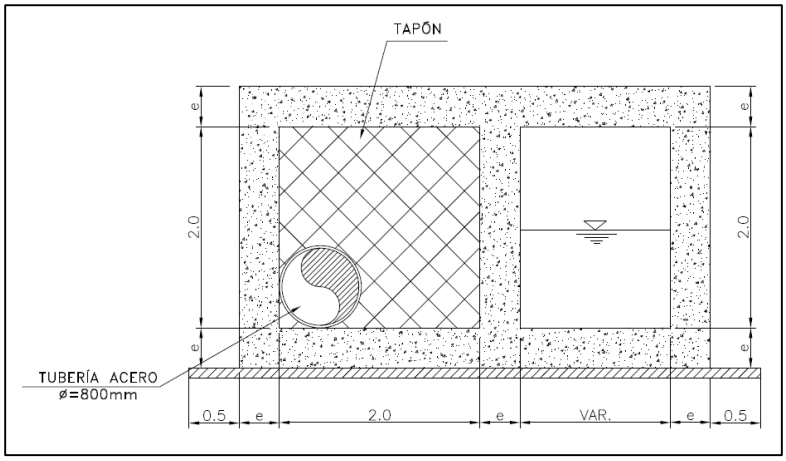


FIGURA 9.6.1-1
SECCIÓN CAJÓN DE DESVÍO Y CAPTACIÓN

Fuente: Elaboración propia.

Como se trata de un diseño simplificado se consideró una pendiente longitudinal única entre la entrada del cajón y la salida de éste, y se calculó la altura normal para un caudal asociado a un periodo de retorno de 20 años. En el Cuadro 9.6.1-1 se indican las dimensiones de los cajones proyectados.

CUADRO 9.6.1-1
DIMENSIONES OBRA DE DESVÍO

Embalse	Caudal T = 20 años (m^3/s)	Longitud Obra Desvío (m)	Pendiente (m/m)	Manning	Ancho (m)	Altura Normal (m)	Altura Cajón (m)
Tranca Morada	15	400	0,07	0,018	1,50	1,15	2,00
San Miguel Alto	6	340	0,08	0,018	1,00	0,83	2,00

Fuente: Elaboración propia.

9.6.2. Obra de Captación y Entrega

El sistema de captación y entrega se conforma por el canastillo de captación, una tubería de acero de 800 mm de diámetro y una casa de válvulas donde se incluyen 2 líneas de descarga con válvulas de seguridad tipo mariposa y de regulación tipo Howell Bunger y cámara disipadora de energía. Las líneas que ingresan a la casa de válvulas se conectan a la tubería de 800 mm con reducciones de 800x600 mm, por lo tanto, las válvulas mariposas son de diámetro 600 mm, luego se incluye una nueva reducción de 600x400 mm, la que se conecta con las válvulas Howell Bunger de diámetro 400 mm.

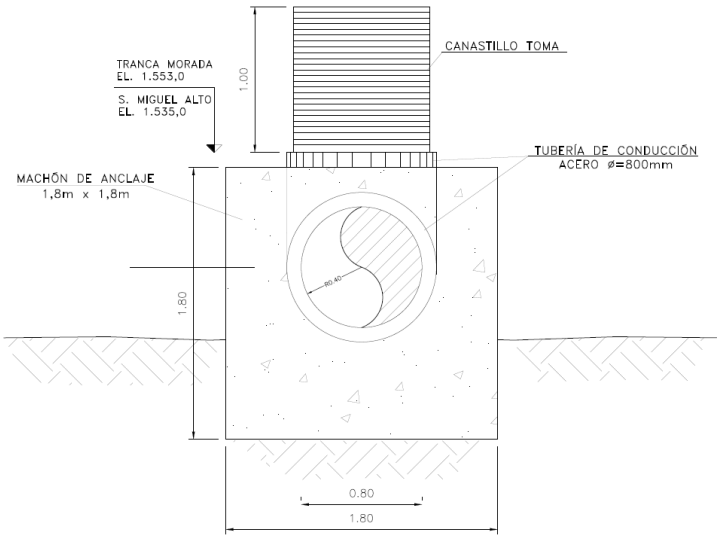


FIGURA 9.6.2-1
ESQUEMA CANASTILLO DE CAPTACIÓN

Fuente: Elaboración propia.

De la curva de embalse se tiene que la cota para el volumen muerto es de 1.553 msnm y 1.535 msnm, para Tranca Morada y San Miguel Alto, respectivamente.

En el Cuadro 9.6.2-1 se presentan las velocidades de escurrimiento para la tubería de entrega a riego de los sitios de embalse. Se consideraron los caudales máximos obtenidos de la modelación de escenarios.

CUADRO 9.6.2-1
VERIFICACIÓN TUBERÍA ENTREGA

Sitio	Caudal Máximo (m^3/s)	Diámetro (m)	Área (m^2)	Velocidad (m/s)
Tranca Morada	0,6	0,8	0,50	1,19
San Miguel Alto	0,7	0,8	0,50	1,39

Fuente: Elaboración propia.

10 DISEÑO PROYECTO SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

10.1 Antecedentes Generales

En el presente Capítulo se realiza la descripción de las soluciones generales propuestas como resultado del diagnóstico presentado en el Capítulo 6. Diagnóstico de Infraestructura Actual, con el fin de mejorar la red de canales existentes de uso comunitario. En este sentido, se plantea poder contar como mínimo, para cada canal, con sistemas de captación mejorados en bocatomas, compuertas de regulación y aforadores en el inicio de canal, obras de resguardo para cruces de quebradas y ríos; obras de resguardo para atraviesos de caminos y compuertas de entrega.

En adelante se definen las obras tipo a considerar y la propuesta de obras para cada uno de los canales en estudio. Los detalles de los prediseños se incluyen en el Anexo 10-1, el cual incluye los archivos de alturas normales y propuesta de obras para cada uno de los canales.

10.2 Obras Tipo

10.2.1 Bocatoma

Los canales de riego de la red existente del río Mostazal, en general son canales pequeños y presentan algunos de ellos captaciones superficiales precarias en la actualidad. En condiciones normales, el río Mostazal es un cauce relativamente pequeño y de poca profundidad, no obstante, en condiciones de crecidas, aumenta significativamente su caudal y velocidad produciendo un gran arrastre de sedimentos y de restos de vegetación que podría provocar la destrucción de obras localizadas directamente en su cauce.

Considerando lo expuesto, las obras de captación complejas con compuertas, barreras y estructuras de hormigón, se localizan fuera del cauce principal en sectores más protegidos para disminuir la posibilidad de su destrucción en crecidas, por lo que las bocatomas a las que hace alusión este capítulo, tienen relación básicamente con la obra de derivación necesaria para captar el agua en los canales principales.

La obra de derivación del cauce propiamente tal hacia al inicio del canal se propone como una obra “fusible” que puede ser fácilmente reparada y de bajo costo después de eventos extremos. Esta consiste en trípodes de madera, clavados en el cauce afianzado con bolones y alambres, también denominado “Patas de Cabras” (Figura 10.2.1.-1). Lo anterior se justifica, además, en que dado la variabilidad que se produce en el cauce, la ubicación de las obras de desvío cambia luego de cada crecida, por lo que no es aconsejable construir obras definitivas en el cauce.

El muro dispuesto de esta manera como lo indica la figura precedente, permite que el nivel de agua se eleve para ser conducido por el canal de captación, el cual una vez que ha tomado una cota igual o superior a la crecida máxima del río, dispone de una compuerta de admisión o regulación para el caudal captado, la cual se encuentra seguida de una estructura de aforo.

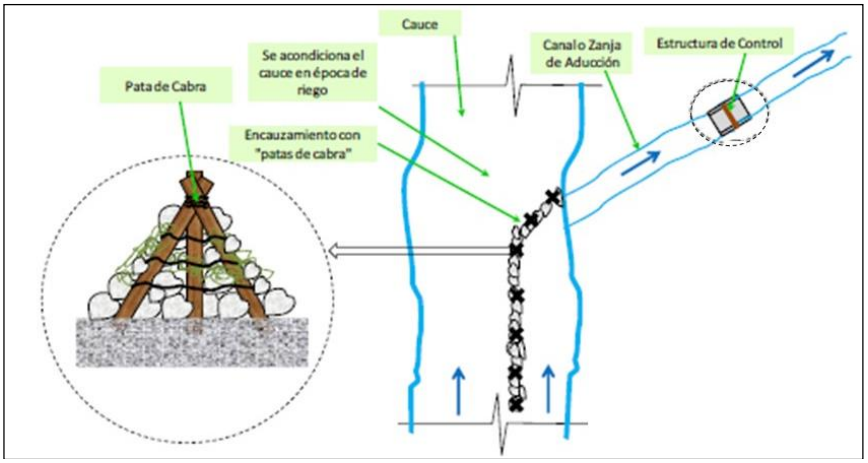


FIGURA 10.2.1-1
ESQUEMA DE BOCATOMA RUSTICA

Fuente: Guías de reconocimiento de obras tipos y procedimientos, año 2009. Dirección General de Aguas.

10.2.2 Compuertas de Regulación

La regulación se realizará mediante el uso de compuertas planas de control manual mediante volante, cuyas dimensiones se adaptan según el canal en particular. Estas compuertas se caracterizan por deslizarse en guías de perfiles de acero que se empotran en estructuras de hormigón o albañilería de piedra. Los elementos principales de este tipo de compuerta se mencionan en el siguiente listado y un esquema general de compuerta se presenta en Figura 10.2.2-1.

- Compuerta principal
- Estructura de soporte
- Pantalla
- Sello de Pantalla
- Recesos y guías para compuerta principal
- Vástago y volante
- Sello de fondo o sello de radier

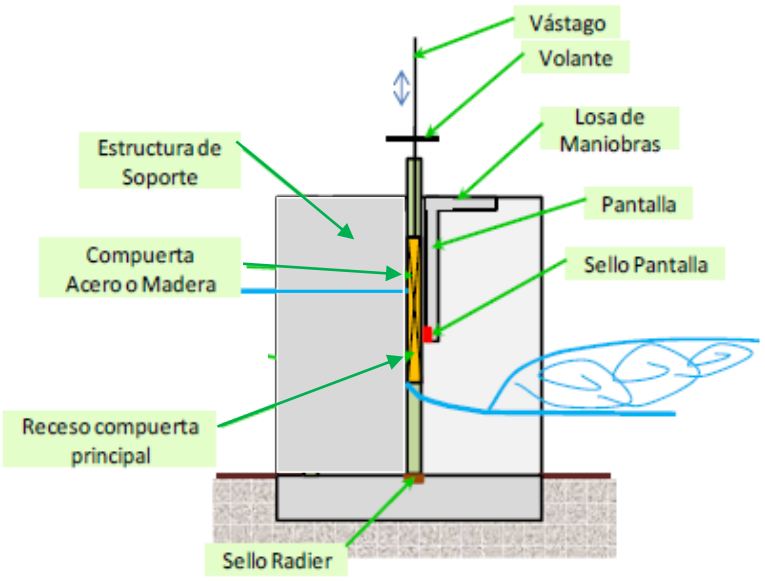


FIGURA 10.2.2-1
COMPONENTES DE UNA COMPUERTA PLANA

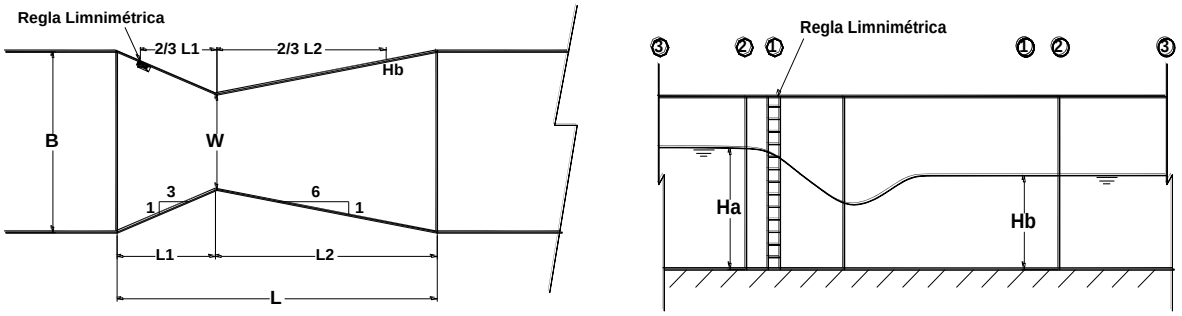
Fuente: Guías de reconocimiento de obras tipos y procedimientos, año 2009. Dirección General de Aguas.

10.2.3 Aforadores

La estructura que se sugiere utilizar para aforar corresponde a la denominada canaleta Parshall. En la mayoría de los canales principales existe este tipo de aforador, por lo que en aquellos canales que no tengan, se propone su inclusión. Los canales que no cuentan con aforador y en los cuales se proponen son: Canal Cascada, Molino Agua Amarilla, Guindo, Carrizalito, Callejón, Chaguaral Bajo, Lomita y Alfaro.

Las relaciones de cálculo, se presentan a continuación, y corresponden a la publicación del Ingeniero Sr. Horacio Mery. En la Fotografía 10.2.3-1 se observa un aforador Parshall, actualmente en uso dentro del área de estudio.

<u>Disposición de la Obra</u>



$Q = C \times H_a^n$ $C = K \times W^{1,025}$

Dónde:

Q= caudal en m^3/s

H_a= altura de escurrimiento a 2/9 L de la garganta**.**

se recomienda $H_a/L=0,40$

Para escurrimiento libre se debe cumplir: $H_b=S_t \times H_a$

Hb= altura a la salida.

S_t es obtenido a partir de gráficos.



FOTOGRAFÍA 10.2.3-1
CANALETA PARSHALL TÍPICA ZONA DE ESTUDIO
Fuente: Equipo Consultor.

10.2.4 Canales

De acuerdo al diagnóstico realizado, los canales en el Área de Estudio presentan tramos no revestidos en terreno natural y otros revestidos, ya sea en mampostería, hormigón o geomembranas. La propuesta que esta consultoría plantea como mejora, es revestir en hormigón aquellos tramos actualmente en tierra y aquellos revestidos en geomembranas con estados regulares y malos. El cambio de material de geomembrana a hormigón se plantea en consideración a la experiencia en la zona que se estima la vida útil del revestimiento de canales con geomembrana entre 3 y 4 años en condiciones de exposición al medio ambiente, además de considerar la opinión de los propios beneficiarios.

Para efectos del análisis de la situación de los canales, cabe destacar que, al no disponer de topografía detallada de ellos, dado que no forma parte de los alcances del Estudio, se estimó la pendiente media del canal utilizando información de la restitución aerofotogramétrica.

Los tramos de canales que se propone mejorar corresponderán a secciones rectangulares revestidos completamente en hormigón, donde se considerará una armadura mínima por retracción y temperatura debido al tamaño de las obras. Esta armadura se dispondrá en el centro de la sección.

Para el dimensionamiento de las secciones se asume el caudal constante en todo el canal, independiente de las entregas que existan en su trazado, esto como un factor de seguridad dada la variabilidad de los caudales en las entregas prediales durante su operación.

En general los canales que componen la red existente son de poca profundidad, menores a 80 cm, por lo que el empuje en las paredes por la influencia del suelo, dado el tipo de material existente, gravas arenosas y/o arcillosas, es de poca importancia. Teniéndose en consideración lo anterior, se propone canales con espesores mínimos de 10 cm de radier y 10 cm de grosor de pared.

Para la revancha de canales se considera un 20% de la altura normal, manteniendo como mínimo 15 cm sobre la altura del nivel de agua.

Del total de 42 canales catastrados, se proponen obras en 29 de ellos, los que se indican a continuación en Cuadro 10.2.4-1.

CUADRO 10.2.4-1
CANALES CATASTRADOS EN ESTUDIOS

Id	Canales	Sección	Ribera	Afluente
Canales con Propuestas Obras				
1	Maitén alto	Primera	Derecha	Río Sasso
2	Maitén bajo	Primera	Derecha	Río Sasso
3	Quebrada Honda	Primera	Derecha	Río Mostazal
4	Sasso bajo	Primera	Izquierda	Río Sasso
5	Mollar	Primera	Izquierda	Río Sasso
6	Cascada	Primera	Izquierda	Río San Miguel
7	Habitación	Primera	Izquierda	Río San Miguel
8	Palcalito	Primera	Izquierda	Río San Miguel
9	Arenal	Segunda	Derecha	Río Mostazal
10	Derrumbe	Segunda	Derecha	Río Mostazal
11	Estanque	Segunda	Derecha	Río Mostazal
12	Durazno	Segunda	Derecha	Río Mostazal
13	Maqui alto	Segunda	Izquierda	Río Mostazal
14	Maqui bajo	Segunda	Izquierda	Río Mostazal
15	Veguita	Segunda	Izquierda	Río Mostazal
16	Vega	Segunda	Izquierda	Río Mostazal
17	Molino viejo	Tercera	Izquierda	Río Mostazal
18	Molino Agua Amarilla	Tercera	Derecha	Río Mostazal
19	Colliguay alto	Tercera	Derecha	Río Mostazal
20	Colliguay bajo	Tercera	Derecha	Río Mostazal
21	Guindo	Tercera	Derecha	Río Mostazal
22	Carrizalito	Tercera	Derecha	Río Mostazal
23	Viña	Tercera	Derecha	Río Mostazal

CUADRO 10.2.4-1
CANALES CATASTRADOS EN ESTUDIOS

Id	Canales	Sección	Ribera	Afluente
24	Peralito	Tercera	Izquierda	Río Mostazal
25	Cancha	Tercera	Izquierda	Río Mostazal
26	Callejón	Tercera	Izquierda	Río Mostazal
27	Chaguaral Bajo	Tercera	Izquierda	Río Mostazal
28	Lomita	Tercera	Izquierda	Río Mostazal
29	Alfaro	Tercera	Izquierda	Río Mostazal
Canales sin Propuesta de Obras				
30	Huracán	Primera	Derecha	Río Sasso
31	Tranca morada	Primera	Derecha	Río Sasso
32	Panguecillo - Q	Primera	Izquierda	Río Sasso
33	Sasso alto	Primera	Izquierda	Río Sasso
34	Mollarcito	Primera	Izquierda	Río Sasso
35	Yerba Loca Alto	Primera	Derecha	Río San Miguel
36	Yerba Loca Bajo	Primera	Derecha	Río San Miguel
37	Isla	Primera	Derecha	Río San Miguel
38	Montero	Segunda	Derecha	Río Mostazal
39	Arenalito	Segunda	Izquierda	Río Mostazal
40	Espinal	Tercera	Derecha	Río Mostazal
41	Núñez	Tercera	Izquierda	Río Mostazal
42	Viñita	Tercera	Izquierda	Río Mostazal

Fuente: Elaboración propia.

10.2.5 Obras de Cruces en Quebradas y Ríos

Para la realización de estos cruces se propone dos alternativas, cruce entubado o cruce en Sifón, la elección de cual utilizar estará condicionado por las condiciones topográficas de cada cruce en particular, la característica de cada uno se describe a continuación:

Cruce entubado: Este cruce se utilizará en todos aquellos en los cuales la configuración topográfica permita conservar la pendiente descendente del canal, manteniendo su continuidad entre el tramo de llagada y salida del cruce. Figura 10.2.5-1.

Este cruce se caracteriza por el uso de tubos prefabricados de hormigón armado, debidamente sellados para impedir pérdidas, los cuales deben ser enterrados a la debida profundidad con objeto de evitar ser afectados por la socavación del cauce, tanto local como general. De acuerdo a lo establecido por CNR, las socavaciones deben ser calculadas para un periodo de retorno de 100 años y la profundidad mínima debe ser mayorada por un factor de seguridad de 1,2.

Además, se sugiere proteger la parte del cajón que pasa por la quebrada con alguna obra, ya sea mediante un badén de hormigón u obra tipo pedraplén, con objeto de garantizar en el tiempo la integridad del cruce.

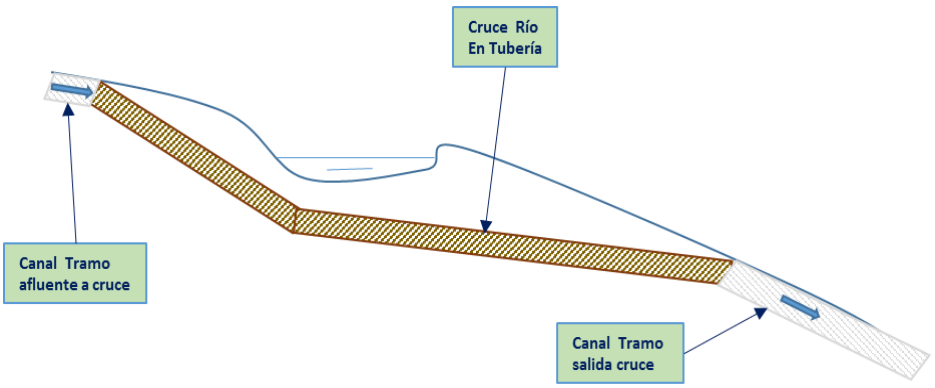


FIGURA 10.2.5-1
ESQUEMA DE CRUCE ENTUBADO

Fuente: Elaboración propia.

<u>Cruce en Sifón Invertido:</u> En el caso que la topografía del cruce no permita la continuidad del canal, se debe realizar una obra de tipo sifón. Este tipo de estructura permite salvar el desnivel producido por el cruce de la sección transversal del río, esta obra se compone por cámaras de carga en hormigón a la entrada y salida de la conducción del cruce, las que puede ser en tubería o cajón. Ver esquema típico en Figura 10.2.5-2.

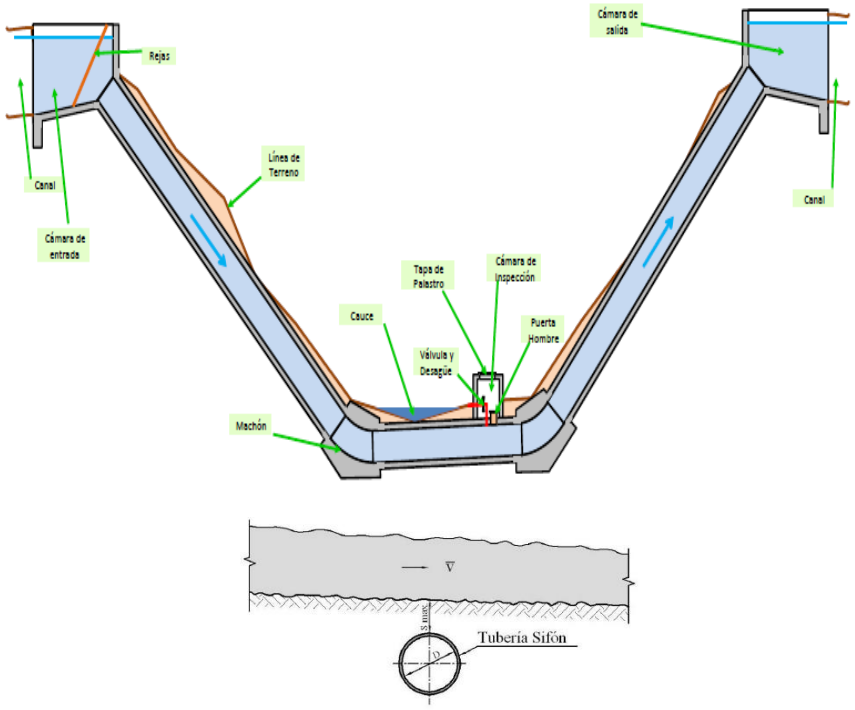


FIGURA 10.2.5-2
ESQUEMA DE UN SIFÓN INVERTIDO

Fuente: Guías de reconocimiento de obras tipos y procedimientos, año 2009. Dirección General de Aguas.

10.2.6 Obras de Atraviesos

10.2.6.1 Caminos Principales

Los cruces de caminos principales hacen referencia a cruces de las vías principales de acceso a las zonas urbanas de los sectores de riego, por lo general de alto tráfico vehicular, dada esta condición para este tipo de cruce se sugiere utilizar cajones o tubos prefabricados de hormigón con muros de cabecera, cuyas dimensiones estarán determinadas a partir de las condiciones hidráulicas y longitudes de los cruces en cada caso. En la Fotografía 10.2.6.1-1 se presenta fotografía de un cruce principal típico.



FOTOGRAFÍA 10.2.6.1-1
CRUCE CAMINO PRINCIPAL
Fuente: Equipo Consultor.

10.2.6.2 Caminos Secundarios

Para los caminos secundarios, ya sean de tipo peatonal o tránsito vehicular se utilizarán cruces en tubos de HDPE estructurado con muros de cabecera ceñidos a las especificaciones del Manual de Carreteras. En la Fotografía 10.2.6.2-1 se presenta fotografía de un cruce secundario típico.



FOTOGRAFÍA 10.2.6.2-1
CRUCE CAMINO SECUNDARIO
Fuente: Equipo Consultor.

10.2.7 Entregas Prediales

En general corresponden a una estructura de control sencilla. Para este caso particular, donde se incluya la modificación del canal principal, se considera el cambio de la entrega predial a una estructura de hormigón de las mismas dimensiones y características que en canal principal con compuertas metálicas de accionamiento manual, como las mostradas en la Fotografía 10.2.7-1 a continuación.



FOTOGRAFÍA 10.2.7-1
COMPUERTA DE ENTREGA PREDIAL

Fuente: Equipo Consultor.

10.3 Proposición de Obras por Canal Primera Sección Río Mostazal

10.3.1 Canal Maitén Alto

10.3.1.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.3.1.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.3.1.1-1 y 10.3.1.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-001, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (32)

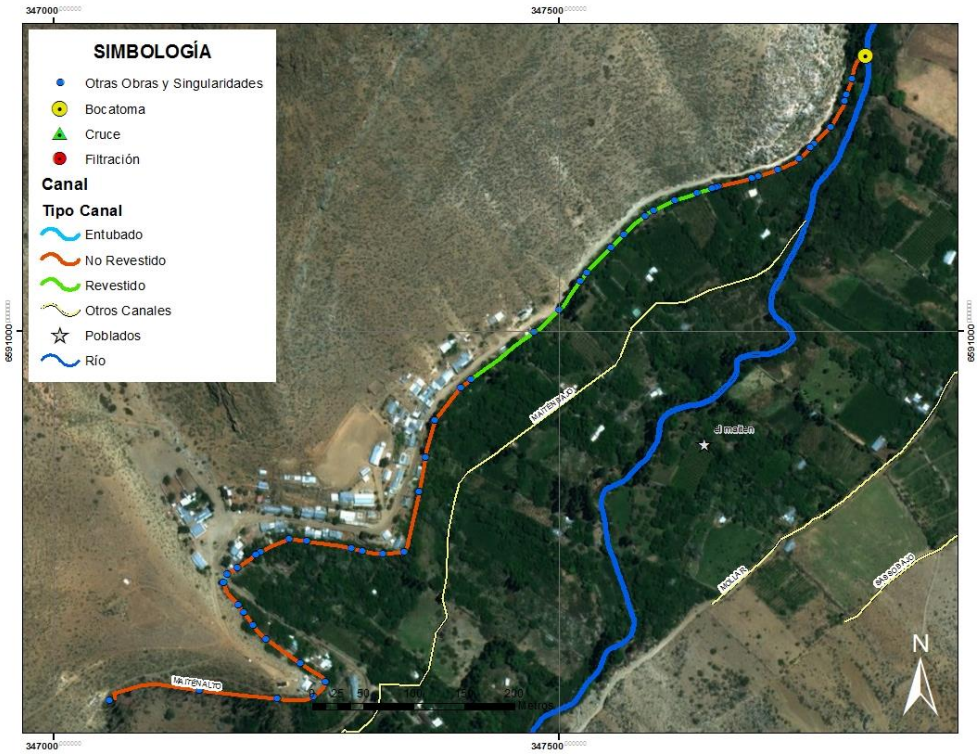


FIGURA 10.3.1.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL MAITÉN ALTO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.1.1-1
CANAL MAITÉN ALTO

ESTADO CANAL MAITÉN ALTO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	414,3	43,5	537,2	56,5	951,5	100,0
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	326,2	100,0	326,2	100,0
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**414,3**	**32,4**	**863,3**	**67,6**	**1.277,6**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Con Impermeabilización	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**414,3**	**32,4**	**863,3**	**67,6**	**1.277,6**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.1.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL MAITÉN ALTO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O(*)	
Bocatoma	0	0	1	0	1
Aforador	1	0	0	0	1
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	1
Entrega predial	9	6	26	0	41
Cámara					
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	1	0	0	0	1
Camino Uso Intrapredial	0	1	0	0	1
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	1	0	0	1
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

10.3.1.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Maitén Alto:

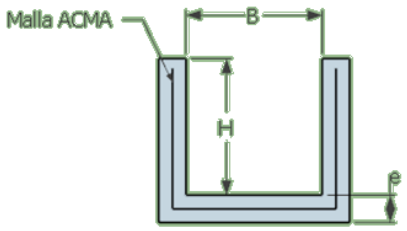
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 80 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Maitén Alto, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.3.1.2-1 se muestra la sección del canal y las dimensiones de éste y en Cuadro 10.3.1.2-1 se presentan las mejoras propuestas en cada uno de los tramos que se indican. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,4	0,1

FIGURA 10.3.1.2-1
SECCIÓN CANAL MAITÉN ALTO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.3.1.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAITÉN ALTO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	29	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
2	29	45	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
2	45	75	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
3	75	81	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
4	81	105	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
4	105	110	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
4	110	125	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
4	125	149	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
4	149	169	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	169	175	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	175	210	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	210	213	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	213	217	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	217	232	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	232	255	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	255	279	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	279	306	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	306	316	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	316	335	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	335	369	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	369	379	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	379	415	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	415	449	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	449	527	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	527	539	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	539	581	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	581	618	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	618	653	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	653	715	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	715	735	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4

CUADRO 10.3.1.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAITÉN ALTO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
7	735	756	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	756	768	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	768	812	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	812	829	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	829	861	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	861	866	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	866	888	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	888	900	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
8	900	910	Acero	Regular	SI	-			
9	910	937	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	937	946	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	946	962	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	962	981	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	981	1021	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	1021	1053	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	1053	1072	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	1072	1109	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	1109	1187	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	1187	1278	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 32 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,4 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,6 m. En Plano MTZ-COP-001 se incluye detalle.

10.3.2 Canal Maitén Bajo

10.3.2.1 Generalidades

En base al diagnóstico realizado, se incluye un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.3.2.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.3.2.1- 1 y 10.3.2.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-002, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

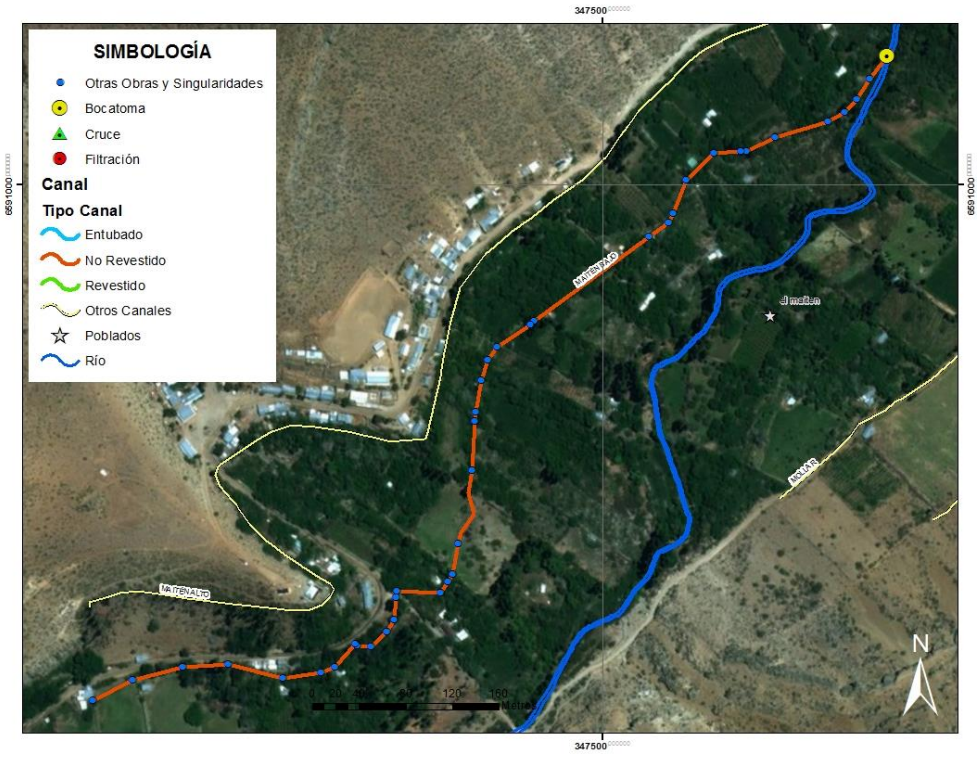


FIGURA 10.3.2.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL MAITÉN BAJO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.2.1-1
CANAL MAITÉN BAJO

ESTADO CANAL MAITÉN BAJO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	971,2	**96,9**	30,9	**3,1**	**1.002,1**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	5,9	**100,0**	**5,9**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**971,2**	**96,4**	**36,7**	**3,6**	**1.008,0**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**971,2**	**96,4**	**36,7**	**3,6**	**1.008,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.2.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL MAITÉN BAJO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	2	6	24	0	**32**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	1	0	0	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	0	1	0	0	**1**
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (30)

d) Atravieso de Camino

10.3.2.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Maitén Bajo:

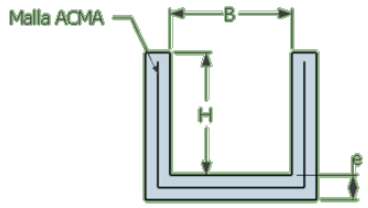
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie del tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 100 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Maitén Bajo, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.3.2.2-1 se muestra la sección del canal y las dimensiones de éste y en Cuadro 10.3.2.2- 1 se presentan las mejoras propuestas en cada uno de los tramos que se indican. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,3	0,1

FIGURA 10.3.2.2-1
SECCIÓN CANAL MAITÉN BAJO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.3.2.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAITÉN BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	25	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	25	46	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	46	61	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	61	77	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	77	125	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	125	152	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	152	157	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	157	180	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	180	213	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	213	244	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	244	253	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	253	274	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	274	395	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	395	399	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	399	434	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	434	448	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	448	466	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	466	494	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	494	502	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	502	544	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	544	612	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	612	638	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	638	645	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
1	645	657	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3

CUADRO 10.3.2.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAITÉN BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	657	695	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
2	695	701	Acero	Regular	No	-	-	-	-
3	701	720	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
3	720	732	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	732	751	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	751	763	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	763	765	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	765	792	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	792	805	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	805	838	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	838	886	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	886	925	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	925	970	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	970	1008	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 30 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,6 m. En Plano MTZ-COP-002 se incluye detalle.

d) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.3.2.2-2.

CUADRO 10.3.2.2-2
ATRAVIESO CAMINO SECUNDARIO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso MTb_26	6.590.652	347.323	400	6	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.3.3 Canal Quebrada Honda

10.3.3.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.3.3.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.3.3.1-1 y 10.3.3.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-003, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

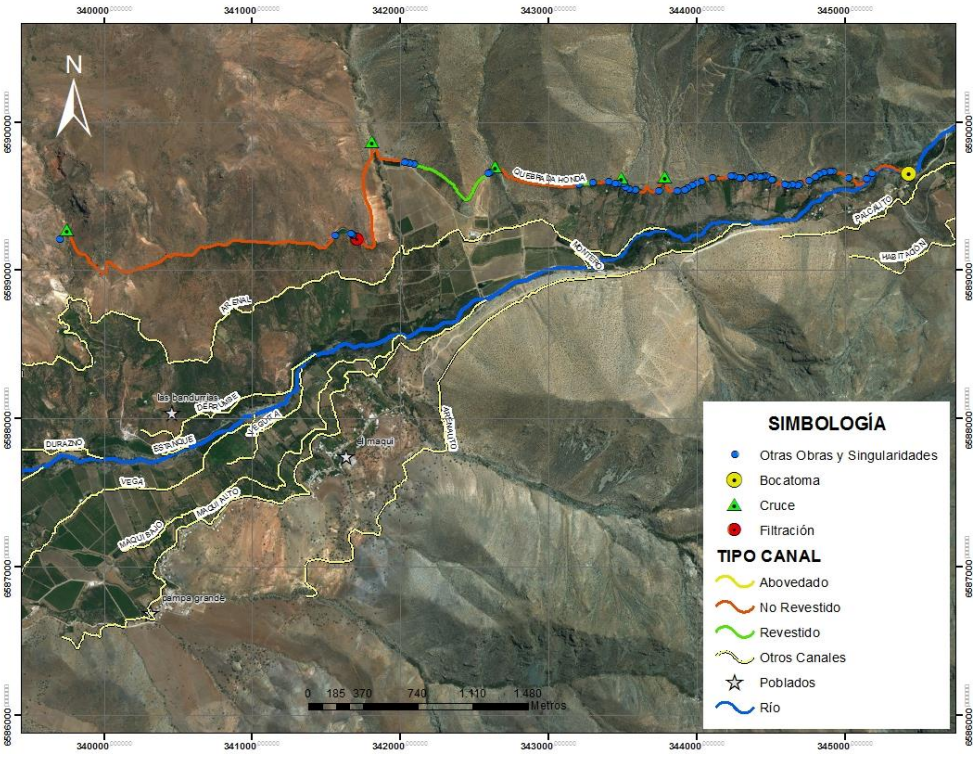


FIGURA 10.3.3.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL QUEBRADA HONDA

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.3.1-1
CANAL QUEBRADA HONDA

ESTADO CANAL QUEBRADA HONDA		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	148,5	**3,3**	547,6	**12,2**	3.790,2	**84,5**	**4.486,4**	**100,0**
	Con Impermeabilización	860,6	**98,7**	0,0	**0,0**	11,4	**1,3**	**872,0**	**100,0**
	Total en Uso	**1.009,1**	**18,8**	**547,6**	**10,2**	**3.801,6**	**70,9**	**5.358,3**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	2.270,4	**100,0**	0,0	**0,0**	**2.270,4**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**2.270,4**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**2.270,4**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.009,1**	**13,2**	**2.818,0**	**36,9**	**3.801,6**	**49,8**	**7.628,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (19)

d) 4 Cruces de quebradas.

e) 1 Atravieso de camino.

CUADRO 10.3.3.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL QUEBRADA HONDA

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	1	0	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	21	4	15	0	**40**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	1	0	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	1	0	0	0	**1**
Cruce					
Quebrada	1	0	0	4	**5**
Río	0	0	0	0	0
Otras	3	0	0	0	**3**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

10.3.3.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Quebrada Honda:

a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 160 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Quebrada Honda, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.3.3.2-1 se muestra la sección del canal y las dimensiones de éste y en el

Cuadro 10.3.3.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.

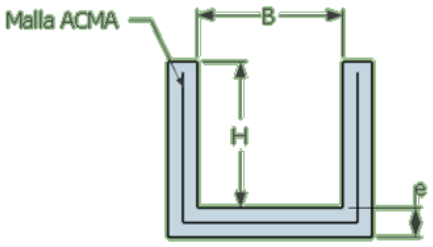
CUADRO 10.3.3.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL QUEBRADA HONDA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	279	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
2	279	330	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
2	330	489	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
2	489	607	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
2	607	621	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
2	621	666	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
2	666	705	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
3	705	735	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
3	735	783	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
3	783	871	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
3	871	892	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
3	892	932	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	932	961	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	961	984	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	984	1069	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1069	1077	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1077	1131	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1131	1151	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1151	1164	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1164	1179	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1179	1216	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1216	1241	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1241	1246	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1246	1300	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1300	1310	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1310	1322	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1322	1359	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1359	1378	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1378	1505	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1505	1589	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1589	1625	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1625	1656	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1656	1693	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1693	1720	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1720	1771	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
4	1771	1933	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
5	1933	2051	Tierra	Bueno	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
6	2051	2256	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
6	2256	2302	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
6	2302	2331	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
6	2331	2367	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
7	2367	2412	Geomembrana	Bueno	No	-	0,16	-	-

CUADRO 10.3.3.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL QUEBRADA HONDA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
8	2412	2464	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
8	2464	2481	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
8	2481	2529	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
8	2529	2635	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
9	2635	2731	Geomembrana	Bueno	No	-	0,16	-	-
10	2731	3331	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
10	3331	3381	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
10	3381	3397	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
11	3397	4072	Geomembrana	Bueno	No	-	0,16	-	-
11	4072	4108	Geomembrana	Bueno	No	-	0,16	-	-
12	4108	4138	Tierra	Bueno	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
13	4138	4434	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
13	4434	5297	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
14	5297	5339	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
15	5339	5347	Geomembrana	Bueno	No	-	0,16	-	-
16	5347	5358	Loseta	Regular	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
17	5358	7543	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5
17	7543	7629	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,16	0,8	0,5

Fuente: Elaboración propia.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,8	0,5	0,1

FIGURA 10.3.3.2-1
SECCIÓN CANAL QUEBRADA HONDA

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 19 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,8 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,9 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-003 se incluye detalle.

d) Cruce de Quebrada

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen 4 cruces de quebrada tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.3.3.2-2.

CUADRO 10.3.3.2-2
CRUCE QUEBRADA

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce Quebrada QBh_37	6.589.628	343.788	600	40	HDPE
Cruce Quebrada QBh_43	6.589.621	343.488	600	30	HDPE
Cruce Quebrada QBh_49	6.589.695	342.638	600	50	HDPE
Cruce Quebrada QBh_61	6.589.270	339.754	600	50	HDPE

Fuente: Elaboración propia

e) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.3.3.2-3.

CUADRO 10.3.3.2-3
ATRAVIESO CAMINO SECUNDARIO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso QBh_23	6.589.622	344.362	600	3	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.3.4 Canal Sasso Bajo

10.3.4.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.3.4.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.3.4.1-1 y 10.3.4.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-004, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

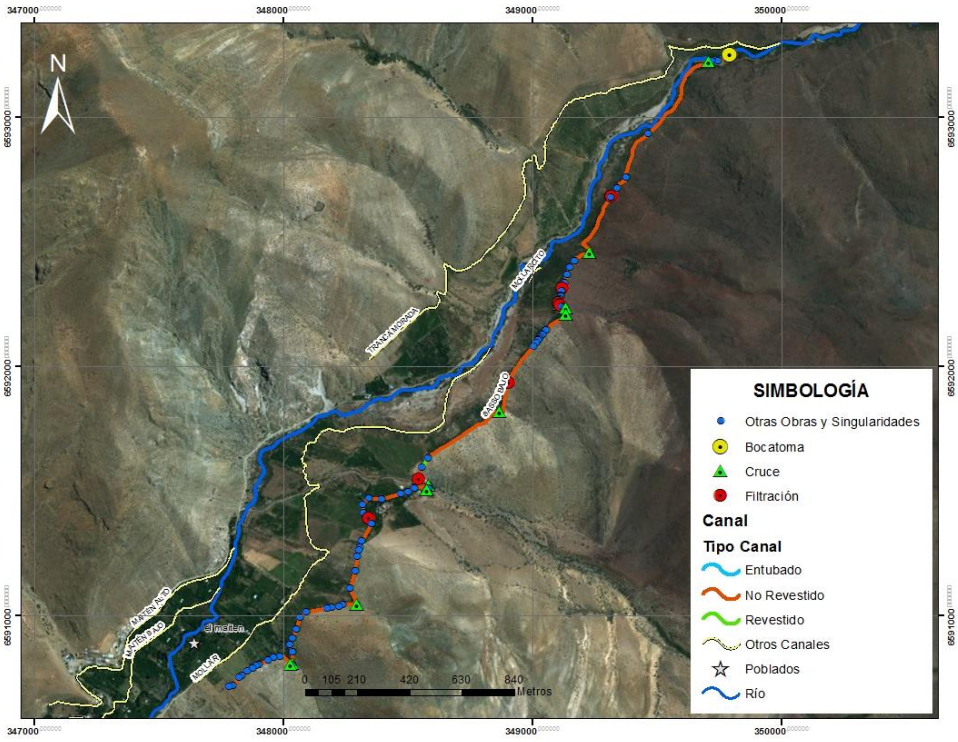


FIGURA 10.3.4.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL SASSO BAJO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.4.1-1
CANAL SASSO BAJO

ESTADO CANAL SASSO BAJO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	3.070,5	**80,2**	759,7	**19,8**	**3.830,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	46,2	**100,0**	**46,2**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**3.070,5**	**79,2**	**805,8**	**20,8**	**3.876,4**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**3.070,5**	**79,2**	**805,8**	**20,8**	**3.876,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.4.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL SASSO BAJO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	0	4	54	0	**58**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	1	0	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	12	**12**
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (58)

d) Cruces de quebradas (12).

e) Atravieso de camino (1).

10.3.4.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Sasso Bajo:

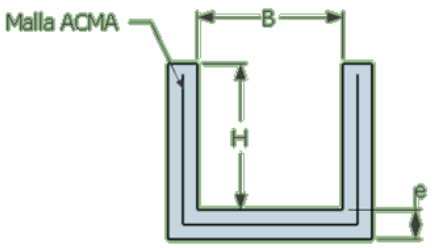
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 120 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Sasso Bajo, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.3.4.2-1 se muestra la sección del canal y las dimensiones de éste y en el Cuadro 10.3.4.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,4	0,1

FIGURA 10.3.4.2-1
SECCIÓN CANAL SASSO BAJO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.3.4.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL SASSO BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base	Altura
1	0	57	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
1	57	84	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
1	84	95	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
1	95	497	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	497	706	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	706	764	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	764	804	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	804	806	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
4	806	811	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
4	811	1083	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
4	1083	1158	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1158	1189	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1189	1222	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1222	1254	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1254	1278	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1278	1289	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1289	1306	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1306	1312	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1312	1324	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1324	1334	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1334	1337	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1337	1340	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1340	1346	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1346	1347	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4

CUADRO 10.3.4.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL SASSO BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base	Altura
5	1347	1353	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1353	1359	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1359	1370	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1370	1378	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1378	1404	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1404	1507	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1507	1529	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1529	1545	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1545	1553	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1553	1560	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1560	1573	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1573	1589	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1589	1769	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1769	1903	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1903	2252	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2252	2298	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	2298	2344	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	2344	2347	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	2347	2399	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2399	2399	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2399	2408	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2408	2413	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2413	2419	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2419	2473	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2473	2503	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2503	2532	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2532	2611	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2611	2662	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2662	2698	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2698	2730	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2730	2761	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2761	2784	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2784	2866	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2866	2892	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2892	2901	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2901	2930	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2930	2989	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	2989	3062	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3062	3132	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3132	3189	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3189	3208	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3208	3235	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3235	3252	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3252	3339	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3339	3373	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4

CUADRO 10.3.4.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL SASSO BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base	Altura
8	3373	3422	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3422	3462	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3462	3487	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3487	3518	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3518	3565	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3565	3572	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3572	3617	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3617	3634	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3634	3659	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3659	3684	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3684	3725	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3725	3738	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3738	3755	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3755	3781	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3781	3806	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3806	3821	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3821	3863	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	3863	3876	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 58 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,4 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,6 m. En Plano MTZ-COP-004 se incluye detalle.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen 12 cruces de quebrada tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.3.4.2-2.

CUADRO 10.3.4.2-2
CRUCE QUEBRADAS

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce Quebrada SSb_4	6.593.219	349.708	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_11	6.592.455	349.231	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_24	6.592.244	349.108	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_29	6.592.231	349.135	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_30	6.592.206	349.134	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_39	6.591.817	348.868	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_42	6.591.550	348.542	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_45	6.591.519	348.585	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_48	6.591.503	348.575	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_64	6.591.043	348.296	600	8	HDPE
Cruce Quebrada SSb_75	6.590.806	348.035	600	7.4	HDPE
Cruce Quebrada SSb_77	6.590.801	348.028	600	5.1	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

e) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.3.4.2-3.

CUADRO 10.3.4.2-3
ATRAVIESO CAMINO SECUNDARIO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso SSb_47	6.591.508	348.579	600	3	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.3.5 Canal Mollar

10.3.5.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.3.5.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.3.5.1-1 y 10.3.5.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-005, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

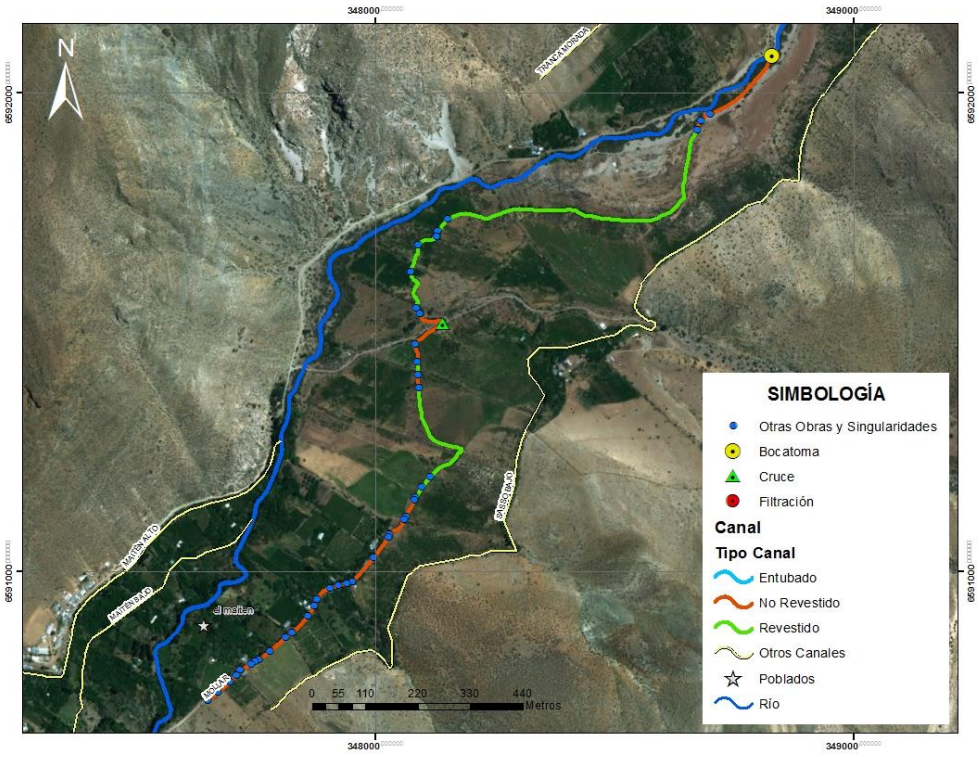


FIGURA 10.3.5.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL MOLLAR

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.5.1-1
CANAL MOLLAR

ESTADO CANAL MOLLAR		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	861,2	**82,5**	183,1	**17,5**	**1.044,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	297,1	**23,1**	0,0	**0,0**	987,9	**76,9**	**1.285,0**	**100,0**
	Total en Uso	**297,1**	**12,8**	**861,2**	**37,0**	**1.171,0**	**50,3**	**2.329,3**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**297,1**	**12,8**	**861,2**	**37,0**	**1.171,0**	**50,3**	**2.329,3**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.3.5.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL MOLLAR

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	8	10	18	0	**36**
Cámara	0	0	0	0	**0**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	**0**
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	**0**
Cruce					
Quebrada	0	1	0	0	**1**
Río	0	0	0	0	0
Otras	2	0	0	0	**2**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (28)

d) Cruce de Quebrada

10.3.5.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Mollar:

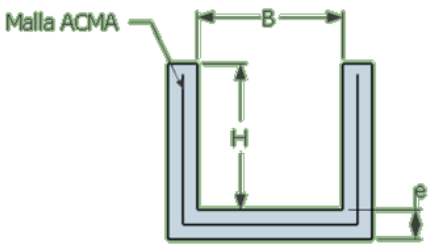
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 100 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Mollar, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.3.5.2-1 se muestra la sección del canal y las dimensiones de éste y en el Cuadro 10.3.5.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,5	0,1

FIGURA 10.3.5.2-1
SECCIÓN CANAL MOLLAR

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.3.5.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MOLLAR

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base	Altura
1	0	183	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
2	183	206	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
2	206	228	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
3	228	896	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
3	896	929	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
3	929	941	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
3	941	987	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
3	987	1046	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
3	1046	1135	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
3	1135	1151	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
4	1151	1212	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
4	1212	1288	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
5	1288	1327	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
6	1327	1354	Geomembrana	Bueno	No	-	0,1	-	-
7	1354	1381	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
8	1381	1651	Geomembrana	Bueno	No	-		-	-
9	1651	1679	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
9	1679	1706	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
9	1706	1710	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
10	1710	1750	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
11	1750	1756	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	1756	1801	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	1801	1808	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	1808	1860	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5

CUADRO 10.3.5.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MOLLAR

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base	Altura
12	1860	1928	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	1928	1939	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	1939	1957	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	1957	1976	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	1976	2014	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2014	2028	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2028	2054	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2054	2103	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2103	2118	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2118	2162	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2162	2191	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2191	2200	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2200	2209	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2209	2236	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2236	2248	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2248	2268	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2268	2302	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5
12	2302	2329	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 28 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-005 se incluye detalle.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se propone 1 cruce de quebrada en tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indica en Cuadro 10.3.5.2-2.

CUADRO 10.3.5.2-2
CRUCE QUEBRADAS

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce Quebrada MO_12	6.591.517	348.142	600	3	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.4 Proposición de Obras por Canal, Primera Sección Río San Miguel

10.4.1 Canal Cascada

10.4.1.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.4.1.1-1 se presenta la ubicación del canal y en los Cuadros 10.4.1.1-1 y 10.4.1.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-006, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

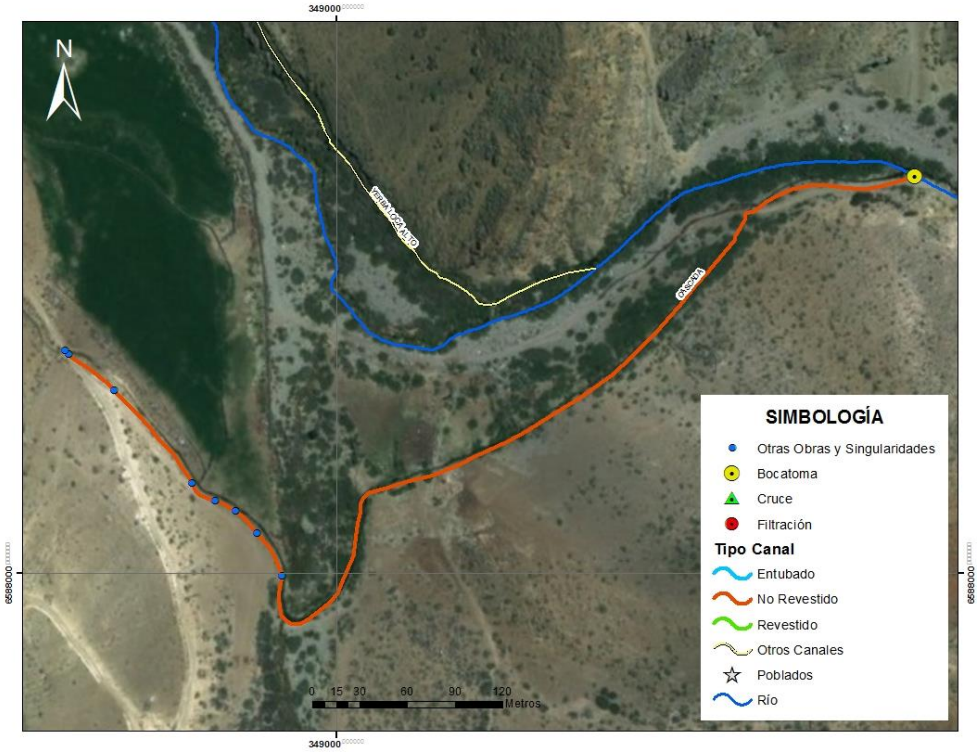


FIGURA 10.4.1.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL CASCADA

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.4.1.1-1
CANAL CASCADA

ESTADO CANAL CASCADA		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	702,3	**93,2**	51,2	**6,8**	**753,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**702,3**	**93,2**	**51,2**	**6,8**	**753,5**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	3,3	**100,0**	0,0	**0,0**	**3,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**3,3**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**3,3**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**705,5**	**93,2**	**51,2**	**6,8**	**756,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.4.1.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL CASCADA

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	0	0	0	1	1
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	0	0	5	0	**5**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	1	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (5)

d) Atravieso de Camino (1)

e) Aforador.

10.4.1.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Cascada:

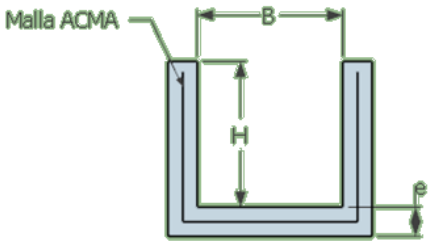
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 100 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Cascada, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.4.1.2-1 se observan las secciones de canales seleccionados y en el Cuadro 10.4.1.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,3	0,1

FIGURA 10.4.1.2-1
SECCIÓN CANAL CASCADA

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.4.1.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL CASCADA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	555	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
2	555	587	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
2	587	606	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
3	606	621	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
3	621	640	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
3	640	717	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
3	717	753	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3
4	753	757	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 5 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-006 se incluye detalle.

d) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indica en Cuadro 10.4.1.2-2.

CUADRO 10.4.1.2-2
ATRAVIESO CAMINO INTERIOR

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso CS_8	6.588.138	348.831	400	5	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

e) Aforador

De acuerdo con el diagnóstico y dado que no se dispone de información detallada sobre el caudal de entrega desde la bocatoma, es necesario considerar un aforador al comienzo del canal principal. Las dimensiones propuestas se entregan en el Cuadro 10.4.1.2-3

CUADRO 10.4.1.2-3
DIMENSIONES PROPUESTAS PARA AFORADORES

N°	Ubicación (m)	W (m)	L (m)	E (m)
1	25	0,229	2	0,8

Fuente: Elaboración propia.

10.4.2 Canal Habitación

10.4.2.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.4.2.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.4.2.1-1 y 10.4.2.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-007, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

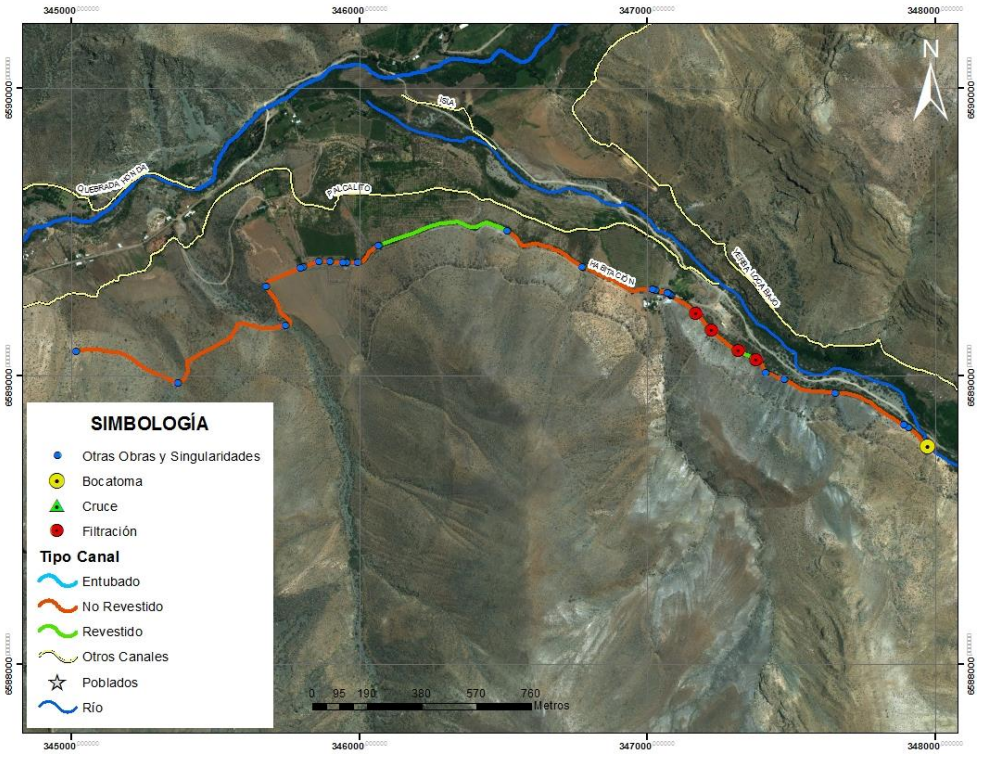


FIGURA 10.4.2.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL HABITACIÓN

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.4.2.1-1
CANAL HABITACIÓN

ESTADO CANAL HABITACIÓN		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	1.320,7	**63,6**	756,7	**36,4**	**2.077,4**	**100,0**
	Con Impermeabilización	7,8	**1,4**	0,0	**0,0**	543,0	**98,6**	**550,8**	**100,0**
	Total en Uso	**7,8**	**0,3**	**1.320,7**	**50,3**	**1.299,7**	**49,5**	**2.628,3**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	1.040,0	**100,0**	0,0	**0,0**	**1.040,0**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**1.040,0**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.040,0**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**7,8**	**0,2**	**2.360,7**	**64,4**	**1.299,7**	**35,4**	**3.668,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.4.2.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL HABITACIÓN

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	1	1	8	0	**10**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	1	0	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	1	1	0	0	**2**
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	1	0	0	0	**1**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (10)

d) Atravieso de Camino (1)

10.4.2.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Habitación:

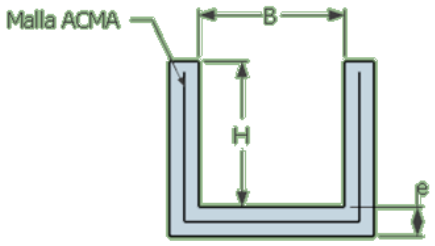
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 80 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Habitación, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.4.2.2-1 se observan las secciones de canales seleccionados y en el Cuadro 10.4.2.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,4	0,1

FIGURA 10.4.2.2-1
SECCIÓN CANAL HABITACIÓN

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.4.2.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL HABITACIÓN

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	96	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
1	96	113	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
1	113	382	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
1	382	569	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
2	569	639	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
2	639	686	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
2	686	696	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
3	696	764	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
4	764	884	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
4	884	963	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
4	963	1071	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	1071	1075	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	1075	1079	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	1079	1087	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	1087	1087	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
5	1087	1131	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
6	1131	1139	HDPE	Bueno	No	-	-	-	-
7	1139	1406	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
7	1406	1709	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
8	1709	2184	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2184	2186	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2186	2283	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2283	2321	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2321	2332	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2332	2379	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2379	2416	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2416	2475	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2475	2484	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
9	2484	2628	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	2628	2804	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	2804	3292	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4
10	3292	3668	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,4

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 10 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,4 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,6 m. En Plano MTZ-COP-007 se incluye detalle.

d) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indica en Cuadro 10.4.2.2-2.

CUADRO 10.4.2.2-2
ATRAVIESO CAMINO SECUNDARIO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso HB_12	6.589.278	347.081	400	3.5	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.4.3 Canal Palcalito

10.4.3.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.4.3.1-1 se presenta la ubicación del canal y en los Cuadros 10.4.3.1-1 y 10.4.3.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-008, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

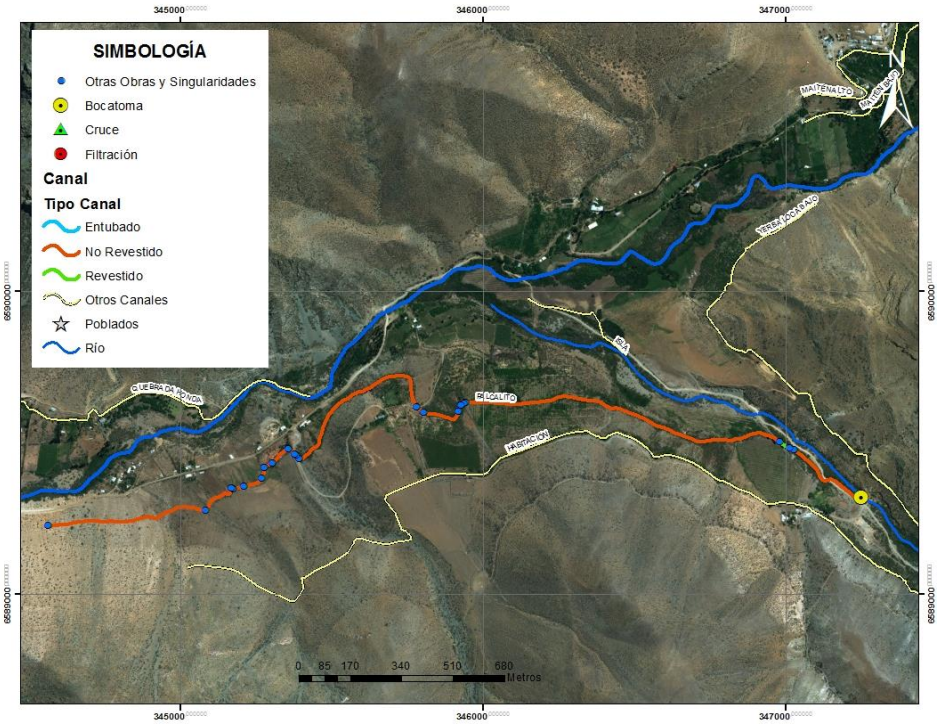


FIGURA 10.4.3.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL PALCALITO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.4.3.1-1
CANAL PALCALITO

ESTADO CANAL PALCALITO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	1.368,4	**55,0**	1.120,1	**45,0**	**2.488,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	6,4	**13,6**	3,7	**7,9**	36,6	**78,5**	**46,7**	**100,0**
	Total en Uso	**6,4**	**0,3**	**1.372,1**	**54,1**	**1.156,8**	**45,6**	**2.535,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	675,7	**100,0**	0,0	**0,0**	**675,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**675,7**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**675,7**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**6,4**	**0,2**	**2.047,8**	**63,8**	**1.156,8**	**36,0**	**3.210,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.4.3.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL PALCALITO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	0	0	10	0	**10**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	1	1	0	**2**
Camino Uso Intrapredial	0	1	0	0	**1**
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (10)

d) Atravieso de Camino (2)

10.4.3.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Palcalito:

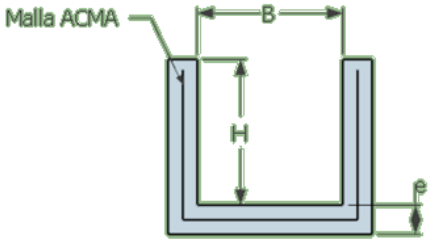
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 20 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Palcalito, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.4.3.2-1 se observan las secciones de canales seleccionados y en el Cuadro 10.4.3.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,3	0,1

FIGURA 10.4.3.2-1
SECCIÓN CANAL PALCALITO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.4.3.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PALCALITO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base	Altura
1	0	290	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	290	308	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	308	344	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
3	344	1432	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	1432	1438	Acero	Bueno	No	-	0	-	-
5	1438	1450	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	1450	1471	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	1471	1606	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	1606	1636	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	1636	2232	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	2232	2250	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
6	2250	2254	Acero	Malo	No	-	0	-	-
7	2254	2287	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
8	2287	2358	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
8	2358	2388	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
8	2388	2426	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
8	2426	2493	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
8	2493	2530	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
8	2530	2535	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
9	2535	2663	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
9	2663	3211	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 10 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-008 se incluye detalle.

d) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el atravieso se indica en Cuadro 10.4.3.2-2.

CUADRO 10.4.3.2-2
ATRAVIESO CAMINO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso PC_10	6.589.617	345.779	400	3	HDPE
Atravieso PC_12	6.589.458	345.381	400	6	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.5 Proposición de Obras por Canal Segunda Sección Río Mostazal

10.5.1 Canal Arenal

10.5.1.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.5.1.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.5.1.1-1 y 10.5.1.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-009, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

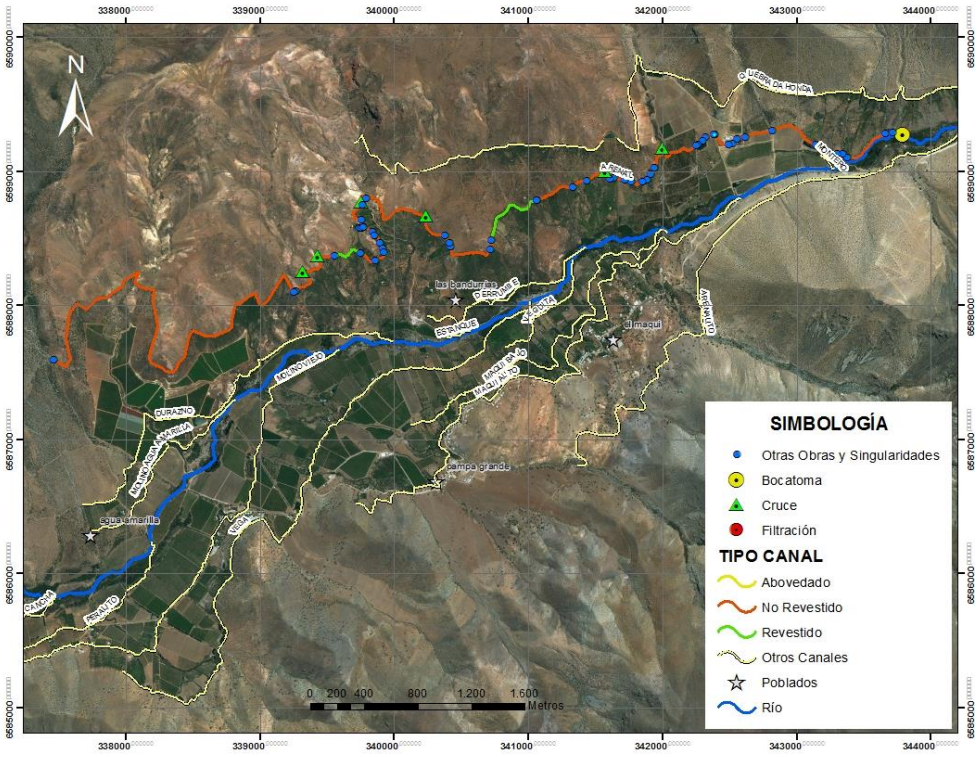


FIGURA 10.5.1.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL ARENAL

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.1.1-1
CANAL ARENAL

ESTADO CANAL ARENAL		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	2.586,4	**41,9**	3.592,7	**58,1**	**6.179,1**	**100,0**
	Con Impermeabilización	556,3	**57,9**	0,0	**0,0**	403,8	**42,1**	**960,1**	**100,0**
	Total en Uso	**556,3**	**7,8**	**2.586,4**	**36,2**	**3.996,6**	**56,0**	**7.139,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	3.735,5	**100,0**	0,0	**0,0**	**3.735,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**3.735,5**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**3.735,5**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**556,3**	**5,1**	**6.321,8**	**58,1**	**3.996,6**	**36,8**	**10.874,6**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (24)

d) Cruces de Quebrada (6)

CUADRO 10.5.1.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL ARENAL

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	7	5	19	0	**31**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	4	3	1	0	**8**
Cruce					
Quebrada	0	0	1	5	**6**
Río	0	0	0	0	0
Otras	1	0	0	0	**1**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

10.5.1.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Maitén Arenal:

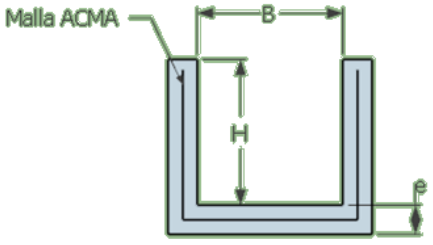
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 240 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Arenal, se han establecido 2 secciones rectangulares diferentes. En la Figura 10.5.1.2-1 se observan las secciones de canales seleccionados y en el Cuadro 10.5.1.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	**0,5**	**0,5**	**0,1**
S2	0,8	0,6	0,1

FIGURA 10.5.1.2-1
SECCIÓN CANAL ARENAL

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.5.1.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL ARENAL

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	82	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
2	82	137	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
2	137	494	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
2	494	541	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
2	541	586	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
2	586	742	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	742	742	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	742	770	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
4	770	1155	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
4	1155	1368	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
4	1368	1428	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5

CUADRO 10.5.1.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL ARENAL

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
4	1428	1477	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
5	1477	1512	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
6	1512	1653	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,6
7	1653	1659	Acero	Bueno	0	-	0,24		
8	1659	1727	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
8	1727	1761	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
8	1761	1805	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
8	1805	1821	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
8	1821	2162	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
8	2162	2340	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	2340	2392	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
10	2392	2447	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
10	2447	2484	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
10	2484	2574	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
11	2574	2621	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
12	2621	2706	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
12	2706	2739	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
12	2739	2802	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
12	2802	2963	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
12	2963	3089	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
12	3089	3387	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
13	3387	3388	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
13	3388	3943	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
14	3943	4019	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
14	4019	4398	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	4398	4424	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	4424	4492	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	4492	4737	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	4737	5359	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5359	5454	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5454	5475	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5475	5675	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5675	5765	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5765	5779	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5779	5794	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5794	5870	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5870	5901	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5901	5978	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	5978	6028	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	6028	6053	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	6053	6155	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
15	6155	6293	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
16	6293	6530	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
17	6530	6657	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
17	6657	6881	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5

CUADRO 10.5.1.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL ARENAL

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
17	6881	7127	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
17	7127	7139	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
18	7139	10875	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 24 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-009 se incluye detalle. No existen compuertas en tramo de sección diferente a la mencionada en este ítem.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce básicamente, se proponen 6 cruces de quebrada tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.5.1.2-2.

CUADRO 10.5.1.2-2
CRUCE QUEBRADAS

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce Quebrada AR_21	6.589.168	342.003	600	3	HDPE
Cruce Quebrada AR_30	6.588.993	341.575	600	7	HDPE
Cruce Quebrada AR_40	6.588.664	340.240	600	3	HDPE
Cruce Quebrada AR_42	6.588.767	339.754	600	3	HDPE
Cruce Quebrada AR_56	6.588.361	339.430	600	3	HDPE
Cruce Quebrada AR_57	6.588.250	339.319	600	3	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.5.2 Canal Derrumbe

10.5.2.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.5.2.1-1 se presenta la ubicación del canal y en los Cuadros 10.5.2.1-1 y 10.5.2.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-010, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (7)

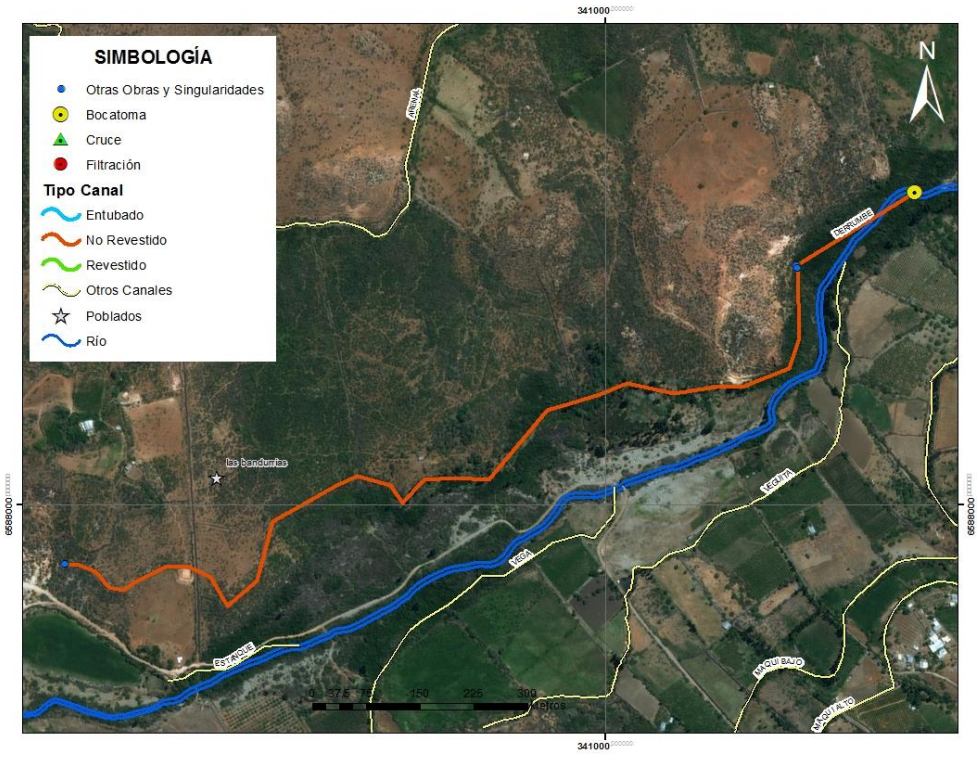


FIGURA 10.5.2.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL DERRUMBE

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.2.1-1
CANAL DERRUMBE

ESTADO CANAL DERRUMBE		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	1.576,2	**100,0**	0,0	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.576,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.2.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL DERRUMBE

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	1	0	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial (**)	0	0	0	7	**7**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

(**) El canal al estar sin uso no se pudo catastrar entregas prediales, por lo que se considera como referencia cantidad de comuneros que riegan por canal de acuerdo a referencia de Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes.

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

10.5.2.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Derrumbe:

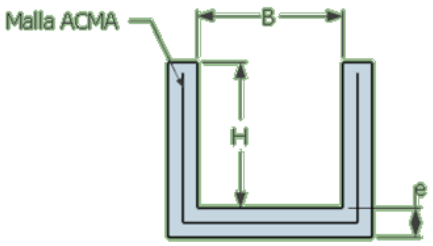
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 20 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Derrumbe, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.5.2.2-1 se observan las secciones de canales seleccionados y en el Cuadro 10.5.2.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,3	0,1

FIGURA 10.5.2.2-1
SECCIÓN CANAL DERRUMBE

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.5.2.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DERRUMBE

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	195	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	195	198	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	198	1576	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 7 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-010 se incluye detalle.

10.5.3 Canal Estanque

10.5.3.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se presentan incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.5.3.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.5.3.1-1 y 10.5.3.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-011, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

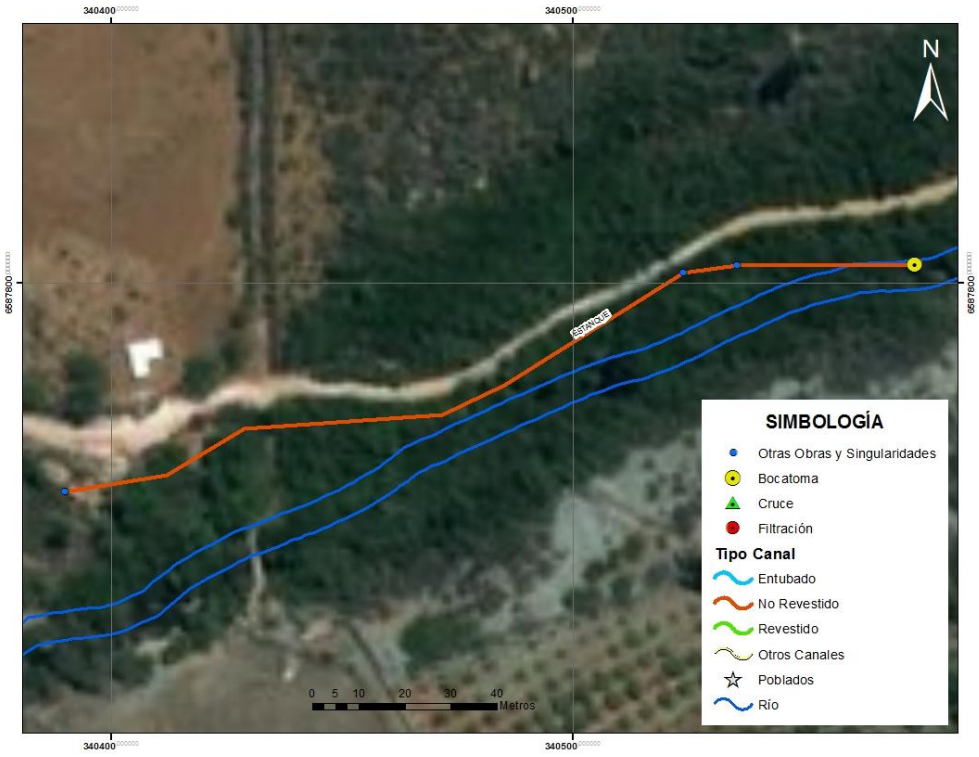


FIGURA 10.5.3.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL ESTANQUE

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.3.1-1
CANAL ESTANQUE

ESTADO CANAL ESTANQUE		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	50,3	**25,7**	145,4	**74,3**	**195,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**50,3**	**25,7**	**145,4**	**74,3**	**195,7**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**50,3**	**25,7**	**145,4**	**74,3**	**195,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.3.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL ESTANQUE

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	0	0	0	2	**2**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (2)

10.5.3.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Estanque:

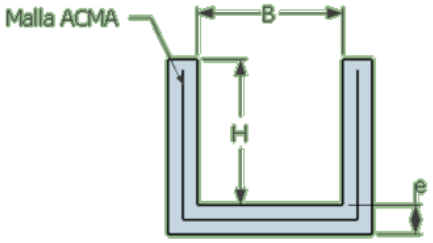
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 20 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Estanque, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.5.3.2-1 se observan las secciones de canales seleccionados y en el Cuadro 10.5.3.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,3	0,1

FIGURA 10.5.3.2-1
SECCIÓN CANAL ESTANQUE

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.5.3.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL ESTANQUE

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	39	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	39	50	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	50	196	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 2 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-011 se incluye detalle.

10.5.4 Canal Durazno

10.5.4.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.5.4.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.5.4.1-1 y 10.5.4.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-012, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

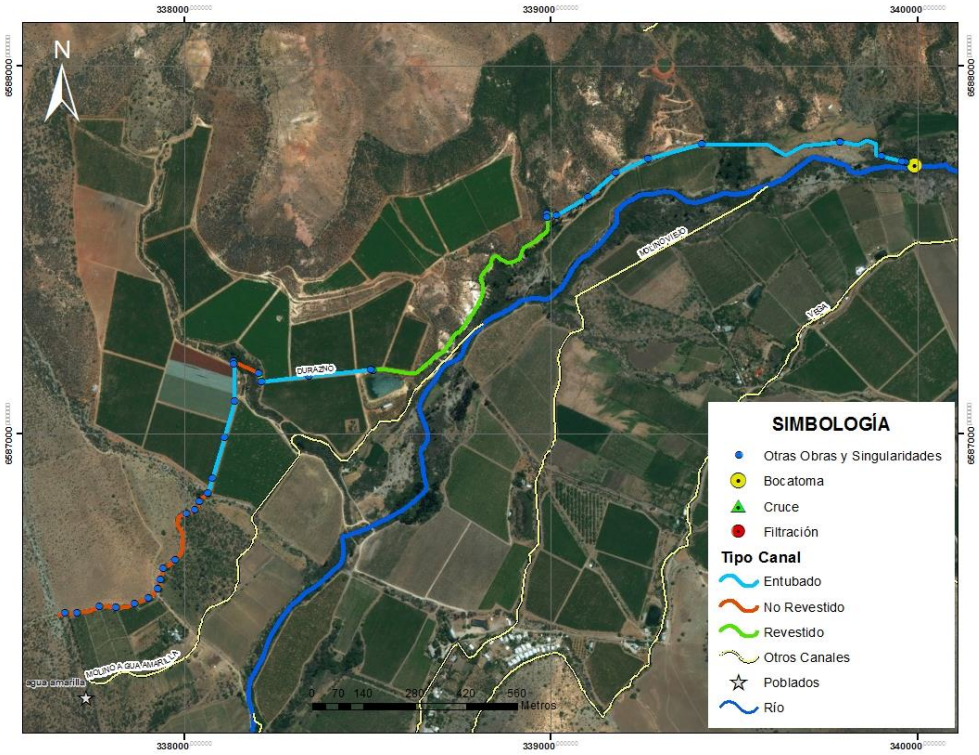


FIGURA 10.5.4.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL DURAZNO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.4.1-1
CANAL DURAZNO

ESTADO CANAL DURAZNO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	465,0	**65,3**	246,7	**34,7**	**711,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.702,9	**67,1**	23,4	**0,9**	811,5	**32,0**	**2.537,8**	**100,0**
	Total en Uso	**1.702,9**	**52,4**	**488,5**	**15,0**	**1.058,2**	**32,6**	**3.249,6**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.702,9**	**52,4**	**488,5**	**15,0**	**1.058,2**	**32,6**	**3.249,6**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (14)

CUADRO 10.5.4.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL DURAZNO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	0	1	0	0	**1**
Entrega predial	1	13	1	0	**15**
Cámara	1	12	0	0	**13**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	1	0	0	**1**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

10.5.4.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Durazno:

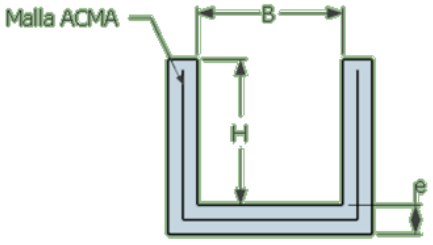
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 120 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Durazno, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.5.4.2-1 se observa la sección del canal seleccionado y en el Cuadro 10.5.4.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,6	0,1

FIGURA 10.5.4.2-1
SECCIÓN CANAL DURAZNO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.5.4.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DURAZNO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	26	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
2	26	31	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
2	31	37	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
3	37	94	PVC	Bueno	No	-	0	-	-
3	94	247	PVC	Bueno	No	-	0	-	-
4	247	638	PVC	Regular	No	-	0	-	-
5	638	789	PVC	Bueno	No	-	0	-	-
5	789	885	PVC	Bueno	No	-	0	-	-
5	885	986	PVC	Bueno	No	-	0	-	-
5	986	1086	PVC	Bueno	No	-	0	-	-
6	1086	1111	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
6	1111	1120	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6

CUADRO 10.5.4.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DURAZNO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
7	1120	1867	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1867	1873	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
9	1873	2044	PVC	Bueno	No	-	0	-	-
9	2044	2171	PVC	Bueno	No	-	0	-	-
10	2171	2195	Geomembrana	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
11	2195	2270	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
12	2270	2276	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
13	2276	2380	PVC	Regular	SI	0	0	0	0,0
13	2380	2480	PVC	Regular	SI	0	0	0	0,0
13	2480	2598	PVC	Regular	SI	0	0	0	0,0
13	2598	2639	PVC	Regular	SI	0	0	0	0,0
14	2639	2672	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
15	2672	2699	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
15	2699	2725	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
15	2725	2879	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
15	2879	2918	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
15	2918	2949	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
15	2949	2977	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
15	2977	3013	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
16	3013	3055	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
16	3055	3106	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
16	3106	3151	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
17	3151	3216	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6
17	3216	3250	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,6

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 14 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,6 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,8 m. En Plano MTZ-COP-012 se incluye detalle.

10.5.5 Canal Maqui Alto

10.5.5.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.5.5.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.5.5.1-1 y 10.5.5.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-013, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

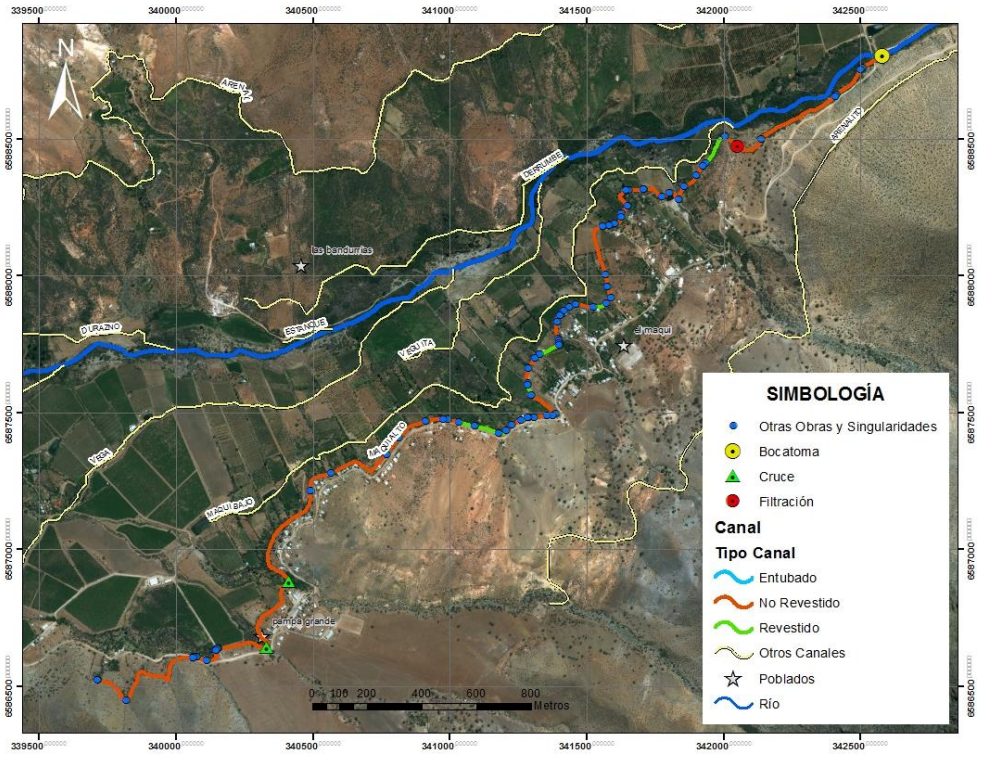


FIGURA 10.5.5.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL MAQUI ALTO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.5.1-1
CANAL MAQUI ALTO

ESTADO CANAL MAQUI ALTO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	40,6	**0,9**	358,5	**7,9**	4.156,9	**91,2**	**4.555,9**	**100,0**
	Con Impermeabilización	405,7	**75,2**	6,4	**1,2**	127,0	**23,6**	**539,1**	**100,0**
	Total en Uso	**446,3**	**8,8**	**364,9**	**7,2**	**4.283,9**	**84,1**	**5.095,0**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**446,3**	**8,8**	**364,9**	**7,2**	**4.283,9**	**84,1**	**5.095,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.5.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL MAQUI ALTO

Obras Y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	12	6	29	0	**47**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	3	4	0	0	**7**
Camino Uso Intrapredial	6	0	0	0	**6**
Cruce					
Quebrada	0	0	1	1	**2**
Río	0	0	0	0	0
Otras	1	1	0	0	**2**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (35)

d) Cruces de quebradas (2).

e) Atravieso de camino (4).

10.5.5.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Maqui Alto:

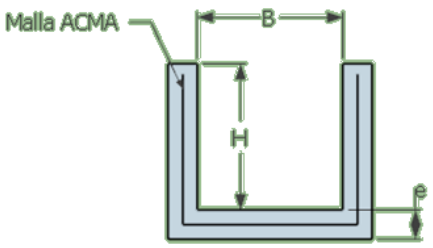
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 120 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Maqui Alto, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.5.5.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.5.5.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,4	0,1

FIGURA 10.5.5.2-1
SECCIÓN CANAL MAQUI ALTO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.5.5.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAQUI ALTO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	88	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	88	97	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	97	230	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	230	235	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
4	235	554	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
4	554	662	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
4	662	722	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	722	847	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
6	847	864	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
7	864	905	Tierra	Bueno	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	905	966	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	966	1018	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1018	1067	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1067	1097	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1097	1177	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1177	1177	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1177	1231	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1231	1240	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1240	1323	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1323	1356	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1356	1370	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1370	1409	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1409	1429	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1429	1453	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4

CUADRO 10.5.5.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAQUI ALTO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
8	1453	1657	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1657	1700	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1700	1745	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1745	1772	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	1772	1822	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
10	1822	1889	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
10	1889	1913	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
10	1913	1939	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
10	1939	1961	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
10	1961	1985	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
10	1985	2049	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
11	2049	2056	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
12	2056	2066	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
12	2066	2066	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
12	2066	2073	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
13	2073	2151	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
14	2151	2175	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
14	2175	2220	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
14	2220	2274	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
14	2274	2279	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
15	2279	2320	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
16	2320	2431	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
16	2431	2448	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
16	2448	2467	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
16	2467	2517	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
16	2517	2535	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
16	2535	2541	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
17	2541	2566	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
18	2566	2603	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
18	2603	2633	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
19	2633	2664	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
19	2664	2760	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
19	2760	2760	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
19	2760	2819	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
20	2819	2861	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	2861	2878	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	2878	2941	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	2941	3063	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	3063	3137	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	3137	3388	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	3388	3502	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	3502	3938	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	3938	4247	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	4247	4432	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
20	4432	4432	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4

CUADRO 10.5.5.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAQUI ALTO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
20	4432	4438	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
21	4438	4447	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
21	4447	4521	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
21	4521	4561	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
21	4561	4570	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
22	4570	4576	Acero	Malo	SI	HDPE	-	-	-
23	4576	4957	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
24	4957	5095	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
24	5095	5095	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 35 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,4 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,6 m. En Plano MTZ-COP-013 se incluye detalle.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen 2 cruces de quebrada tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.5.5.2-2.

CUADRO 10.5.5.2-2
CRUCE QUEBRADAS

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce de Quebrada MQa_67	6.586.883	340.413	600	50	HDPE
Cruce de Quebrada MQa_68	6.586.641	340.333	600	10	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

e) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el atravieso se indican en Cuadro 10.5.5.2-3.

CUADRO 10.5.5.2-3
ATRAVIESO CAMINO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso MQa_4	6.588.658	342.410	600	7,4	HDPE
Atravieso MQa_6	6.588.496	342.138	600	1,7	HDPE
Atravieso MQa_13	6.588.277	341.835	600	1,7	HDPE
Atravieso MQa_23	6.588.187	341.602	600	2	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.5.6 Canal Maqui Bajo

10.5.6.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.5.6.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.5.6.1-1 y 10.5.6.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-014, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

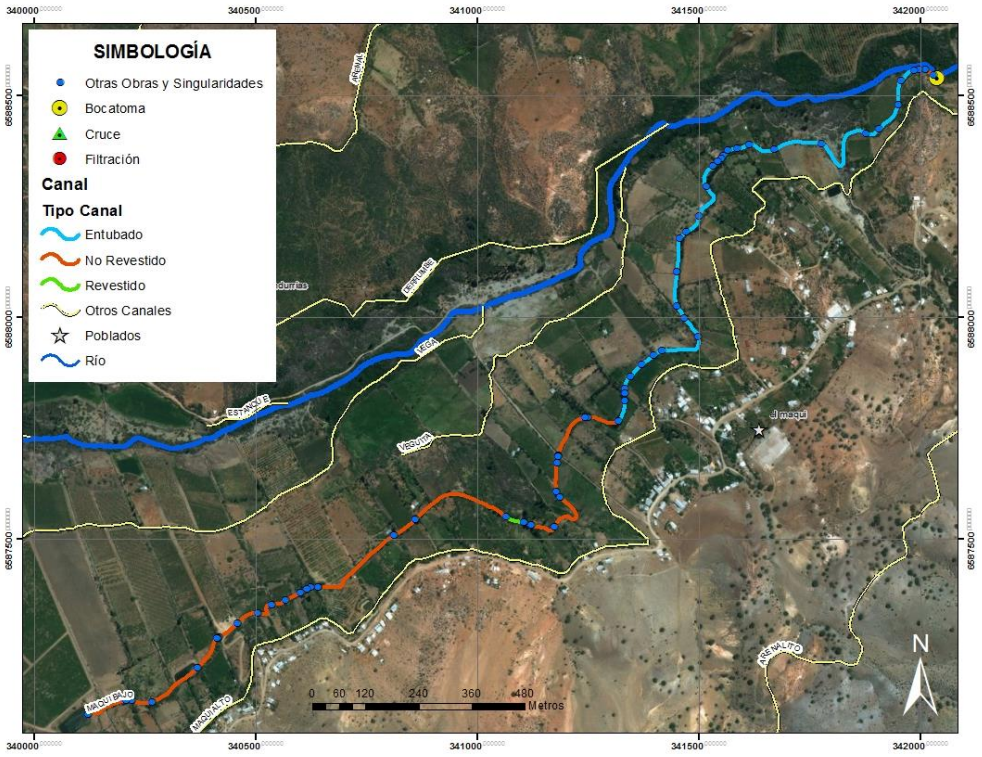


FIGURA 10.5.6.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL MAQUI BAJO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.6.1-1
CANAL MAQUI BAJO

ESTADO CANAL MAQUI BAJO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	9,6	**0,6**	1.685,7	**99,4**	**1.695,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.471,6	**99,7**	0,0	**0,0**	5,0	**0,3**	**1.476,6**	**100,0**
	Total en Uso	**1.471,6**	**46,4**	**9,6**	**0,3**	**1.690,7**	**53,3**	**3.171,8**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.471,6**	**46,4**	**9,6**	**0,3**	**1.690,7**	**53,3**	**3.171,8**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.6.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL MAQUI BAJO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	23	3	18	0	**44**
Cámara	7	0	0	0	**7**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	2	0	0	**2**
Camino Uso Intrapredial	0	1	0	0	**1**
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	2	0	0	**2**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (21)

d) Atravieso de camino (2).

10.5.6.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Maqui Bajo:

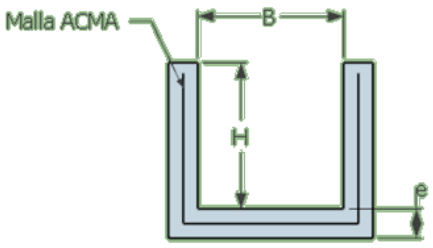
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 120 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Maqui Bajo, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.5.6.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.5.6.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,4	0,1

FIGURA 10.5.6.2-1
SECCIÓN CANAL MAQUI BAJO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.5.6.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAQUI BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	10	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	10	34	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	34	49	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	49	59	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	59	98	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	98	155	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	155	226	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	226	259	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	259	451	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	451	561	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	561	622	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	622	653	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	653	673	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	673	689	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	689	698	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	698	709	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	709	724	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	724	779	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	779	862	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	862	912	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	912	932	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	932	1008	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1008	1087	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1087	1119	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-

CUADRO 10.5.6.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MAQUI BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
4	1119	1172	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1172	1279	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1279	1300	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1300	1333	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1333	1370	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1370	1403	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1403	1413	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1413	1430	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1430	1479	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	1479	1551	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1551	1558	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1558	1669	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	1669	1671	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	1671	1686	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	1686	1751	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	1751	1767	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	1767	1892	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	1892	1952	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	1952	1969	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	1969	1971	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
8	1971	2013	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
9	2013	2251	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2251	2310	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2310	2531	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2531	2531	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2531	2547	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2547	2556	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2556	2574	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2574	2610	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2610	2643	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2643	2697	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2697	2752	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
9	2752	2804	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
10	2804	2806	Tambores	Regular	SI	HDPE	Atravieso MQb_58		
11	2806	2808	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
11	2808	2891	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
11	2891	3019	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
11	3019	3066	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
11	3066	3079	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 21 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,4 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,6 m. En Plano MTZ-COP-014 se incluye detalle.

d) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el atravieso se indican en Cuadro 10.5.6.2-2.

CUADRO 10.5.6.2-2
ATRAVIESO CAMINO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso MQb_37	6.587.687	341.181	600	4,8	HDPE
Atravieso MQb_58	6.587.277	340.416	600	4	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.5.7 Canal Veguita

10.5.7.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.5.7.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.5.7.1-1 y 10.5.7.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-015, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

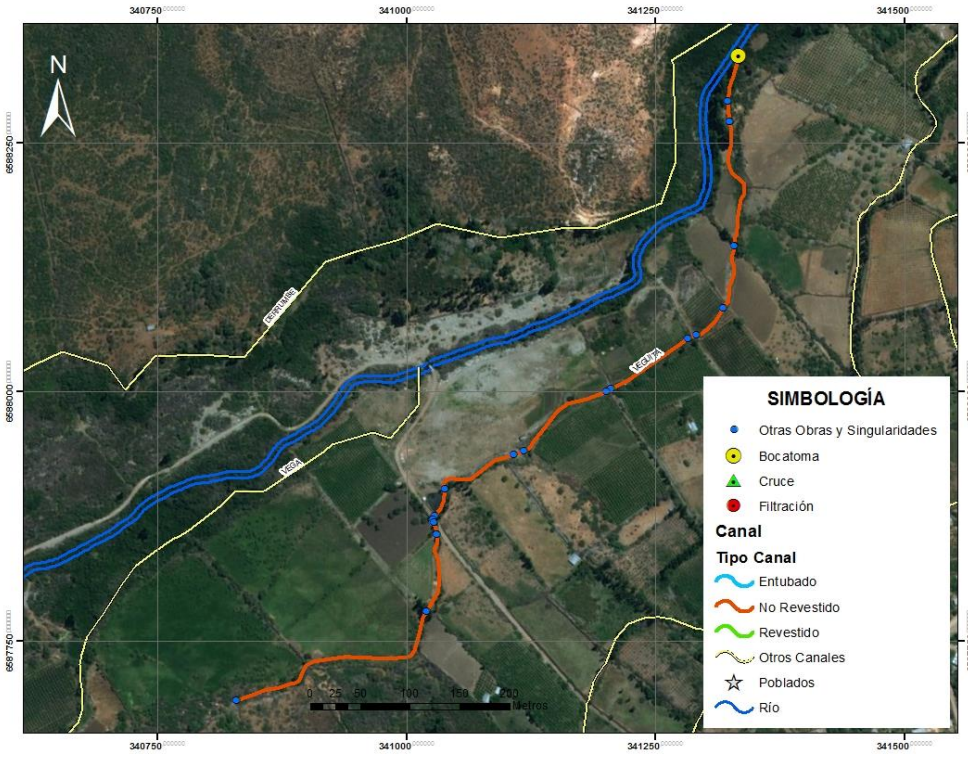


FIGURA 10.5.7.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL VEGUITA

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.7.1-1
CANAL VEGUITA

ESTADO CANAL VEGUITA		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	981,2	**100,0**	0,0	**0,0**	**981,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	3,7	**100,0**	0,0	**0,0**	**3,7**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**984,9**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**984,9**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**984,9**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**984,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.7.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL VEGUITA

Obras Y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	1	0	9	0	**10**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	1	0	0	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	0	2	0	0	**2**
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (9)

d) Atravieso de Camino (1)

10.5.7.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Veguita:

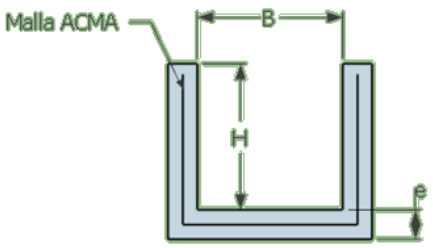
e) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

f) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 20 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Veguita, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.5.7.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.5.7.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,3	0,1

FIGURA 10.5.7.2-1
SECCIÓN CANAL VEGUITA

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.5.7.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL VEGUITA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	47	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	47	68	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	68	200	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	200	266	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	266	306	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	306	315	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	315	407	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	407	414	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	414	520	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	520	530	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	530	616	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	616	646	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	646	650	Hormigón	bueno	No	-		-	-
3	650	653	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
3	653	666	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
3	666	747	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
3	747	985	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

g) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 9 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-015 se incluye detalle.

h) Atravieso de Camino

Si bien el atravieso de camino identificado como VGt_13 y ubicado en macro tramo 2 se encuentra en buen estado, se considera su reemplazo para dar continuidad a macro tramos 1 y 3. Por lo anterior, se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el atravieso se indican en Cuadro 10.5.7.2-2.

CUADRO 10.5.7.2-2
ATRAVIESO CAMINO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso VGt_13	6.587.874	341.028	400	4,8	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.5.8 Canal Vega

10.5.8.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.5.8.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.5.8.1-1 y 10.5.8.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-016, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

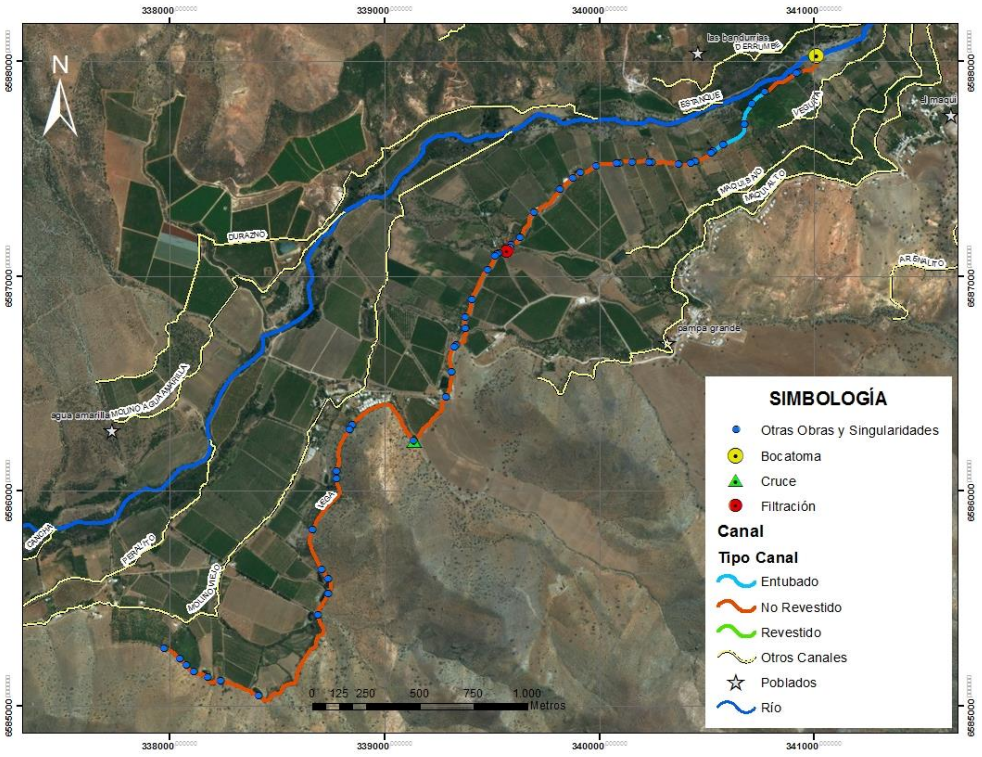


FIGURA 10.5.8.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL VEGA

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.8.1-1
CANAL VEGA

ESTADO CANAL VEGA		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	4.944,3	**97,8**	112,4	**2,2**	**5.056,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	408,0	**91,3**	0,0	**0,0**	38,8	**8,7**	**446,8**	**100,0**
	Total en Uso	**408,0**	**7,4**	**4.944,3**	**89,8**	**151,2**	**2,7**	**5.503,5**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**408,0**	**7,4**	**4.944,3**	**89,8**	**151,2**	**2,7**	**5.503,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.5.8.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL VEGA

Obras Y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	15	1	23	0	**39**
Cámara	5	0	0	0	**5**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	1	0	0	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	4	0	0	0	**4**
Cruce					
Quebrada	0	0	0	2	**2**
Río	0	0	0	0	0
Otras	1	0	0	0	**1**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (24)

d) Cruces de quebradas (2).

10.5.8.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Vega:

a) Bocatoma

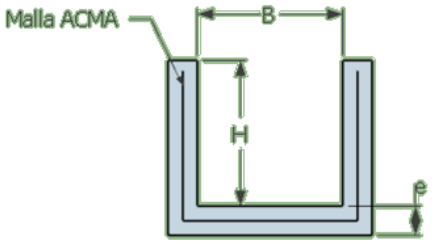
Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 240 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Vega, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.5.8.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.5.8.2-1 se presentan las

mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,5	0,1

FIGURA 10.5.8.2-1
SECCIÓN CANAL VEGA

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.5.8.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL VEGA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	142	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
1	142	153	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
1	153	326	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
2	326	414	HDPE	Bueno	No	-	0,24	-	-
2	414	517	HDPE	Bueno	No	-	0,24	-	-
2	517	517	HDPE	Bueno	No	-	0,24	-	-
2	517	664	HDPE	Bueno	No	-	0,24	-	-
2	664	664	HDPE	Bueno	No	-	0,24	-	-
2	664	722	HDPE	Bueno	No	-	0,24	-	-
2	722	722	HDPE	Bueno	No	-	0,24	-	-
2	722	734	HDPE	Bueno	No	-	0,24	-	-
3	734	815	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	815	839	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	839	899	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	899	1026	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	1026	1038	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	1038	1119	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	1119	1184	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
3	1184	1194	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
4	1194	1294	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
5	1294	1377	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
5	1377	1419	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
5	1419	1498	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
5	1498	1661	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
5	1661	1800	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
5	1800	1858	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
6	1858	1871	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5

CUADRO 10.5.8.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL VEGA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
7	1871	1892	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	1892	1935	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	1935	1945	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	1945	1959	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	1959	2031	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2031	2191	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2191	2280	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2280	2335	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2335	2442	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2442	2453	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2453	2581	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2581	2701	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2701	2966	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2966	2971	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2971	2977	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	2977	3390	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	3390	3413	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
7	3413	3622	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
8	3622	3660	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	3660	3943	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	3943	4144	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	4144	4196	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	4196	4274	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	4274	4383	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	4383	4972	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	4972	5162	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	5162	5242	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	5242	5315	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	5315	5361	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	5361	5406	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5
9	5406	5504	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 24 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-016 se incluye detalle.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen 2 cruces de quebrada tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.5.8.2-2.

CUADRO 10.5.8.2-2
CRUCES DE QUEBRADA

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce de Quebrada VG_41	6.586.231	339.144	600	4,9	HDPE
Cruce de Quebrada VG_42	6.586.229	339.141	600	4,6	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.6 Proposición de Obras por Canal, Tercera Sección Río Mostazal

10.6.1 Canal Molino Viejo

10.6.1.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.1.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.1.1-1 y 10.6.1.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-017, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

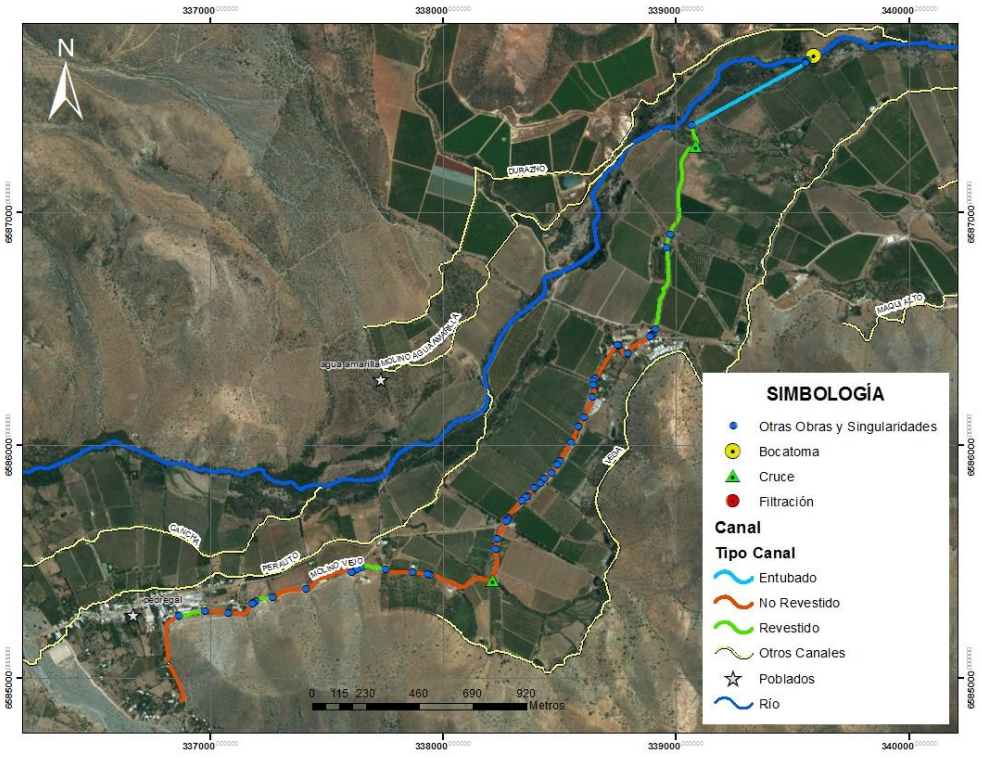


FIGURA 10.6.1.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL MOLINO VIEJO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.1.1-1
CANAL MOLINO VIEJO

ESTADO CANAL MOLINO VIEJO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	121,4	**4,0**	623,1	**20,8**	2.258,4	**75,2**	**3.002,9**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.853,2	**98,7**	9,2	**0,5**	14,6	**0,8**	**1.877,0**	**100,0**
	Total en Uso	**1.974,6**	**40,5**	**632,4**	**13,0**	**2.273,0**	**46,6**	**4.879,9**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.974,6**	**40,5**	**632,4**	**13,0**	**2.273,0**	**46,6**	**4.879,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.1.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL MOLINO VIEJO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	0	0	0	1	1
Entrega predial	7	0	20	0	**27**
Cámara	2	0	0	0	**2**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	4	2	0	0	**6**
Camino Uso Intrapredial	2	0	0	0	**2**
Cruce					
Quebrada	1	0	0	1	**2**
Río	0	0	0	0	0
Otras	1	0	0	0	**1**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (20) y Compuerta de Regulación en Bocatoma (1).

d) Cruces de quebradas (1).

e) Atravieso de camino (2).

10.6.1.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Molino Viejo:

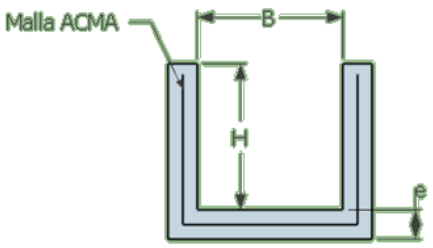
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 120 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Molino Viejo, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.1.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.1.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,5	0,1

FIGURA 10.6.1.2-1
SECCIÓN CANAL MOLINO VIEJO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.1.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MOLINO VIEJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	37	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
2	37	44	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
3	44	51	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	51	606	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	606	702	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	702	1125	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	1125	1183	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	1183	1550	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	1550	1577	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
6	1577	1582	Acero	Bueno	No	-	0,12	-	-
7	1582	1585	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
8	1585	1593	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
9	1593	1714	Tierra	Bueno	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
10	1714	1772	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	1772	1779	Acero	Regular	SI	HDPE	0,12	0,5	0,5
12	1779	1954	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
13	1954	1966	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
14	1966	1984	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	1984	2036	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2036	2131	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2131	2178	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2178	2254	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2254	2359	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2359	2380	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5

CUADRO 10.6.1.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MOLINO VIEJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
14	2380	2424	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2424	2461	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2461	2488	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2488	2522	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	2522	2567	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
15	2567	2576	Hormigón	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
16	2576	2598	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
17	2598	2696	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
18	2696	2705	Acero	Bueno	No	-	0,12	-	-
19	2705	2715	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
19	2715	2804	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
20	2804	2849	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
20	2849	2992	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
20	2992	3297	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
20	3297	3310	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
21	3310	3375	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
21	3375	3490	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
22	3490	3608	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
23	3608	3626	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
23	3626	3650	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
24	3650	3652	PVC	Regular	SI	HDPE	MLv_45		
25	3652	3895	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
25	3895	4044	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
26	4044	4121	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
27	4121	4137	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
28	4137	4143	Tambores	Regular	SI	-	MLv_50		
29	4143	4270	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
29	4270	4369	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
30	4369	4460	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
31	4460	4880	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 20 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-017 se incluye detalle.

Además de lo anterior, se incluye la compuerta de regulación en bocatoma de las mismas dimensiones indicadas anteriormente ya que se encuentra en el canal principal, es decir, compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,7 m.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen 1 cruces de quebrada en tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.6.1.2-2.

CUADRO 10.6.1.2-2
CRUCE DE QUEBRADA

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce de Quebrada	6,585,419	338,214	600	5	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

e) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.6.1.2-3.

CUADRO 10.6.1.2-3
ATRAVIESO CAMINO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso MLv_45	6.585.455	337.606	600	4.3	HDPE
Atravieso MLv_50	6.585.323	337.181	600	4.7	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.6.2 Canal Molino Agua Amarilla

10.6.2.1 Generalidades.

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.2.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.2.1-1 y 10.6.2.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-018, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

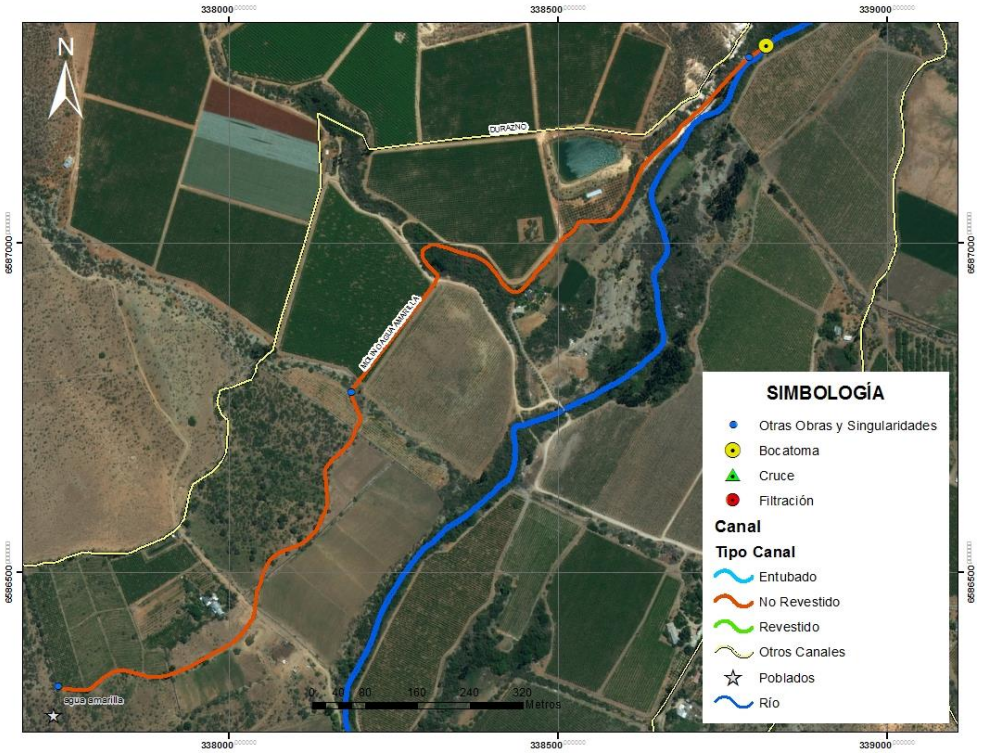


FIGURA 10.6.2.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL MOLINO AGUA AMARILLA

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.2.1-1
CANAL MOLINO AGUA AMARILLA

ESTADO CANAL MOLINO AGUA AMARILLA		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	1.740,8	**100,0**	0,0	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**1.740,8**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.2.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL MOLINO AGUA AMARILLA

Obras Y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	0	0	0	1	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	0	0	0	2	**2**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

(**) El canal al estar sin uso no se pudo catastrar entregas prediales, por lo que se considera como referencia cantidad de comuneros que riegan por canal de acuerdo a referencia de Junta de Vigilancia del Río Mostazal y Sus Afluentes.

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (2)

d) Aforador.

10.6.2.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Molino Agua Amarilla:

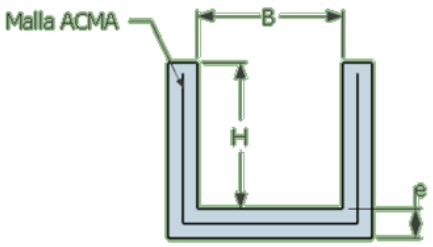
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 100 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Molino Agua Amarilla, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.2.2-1 se observan la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.2.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	**0,5**	**0,4**	**0,1**

FIGURA 10.6.2.2-1
SECCIÓN CANAL MOLINO AGUA AMARILLA

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.2.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MOLINO AGUA AMARILLA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	32	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,4
1	32	991	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,4
1	991	1741	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,1	0,5	0,4

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 2 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,4 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,6 m. En Plano MTZ-COP-018 se incluye detalle.

d) Aforador

De acuerdo con el diagnostico se requieren 1 aforador asociado a la entrega de la bocatoma del canal. Dado que no se dispone de información detallada sobre el caudal de entrega desde la bocatoma, es necesario considerar un aforador al comienzo del canal.

CUADRO 10.6.2.2-2
DIMENSIONES PROPUESTAS PARA AFORADOR

N°	Ubicación (m)	W (m)	L (m)	E (m)
1	25	0,229	2	0,8

Fuente: Elaboración propia.

10.6.3 Canal Colliguay Alto

10.6.3.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.3.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.3.1-1 y 10.6.3.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-019, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

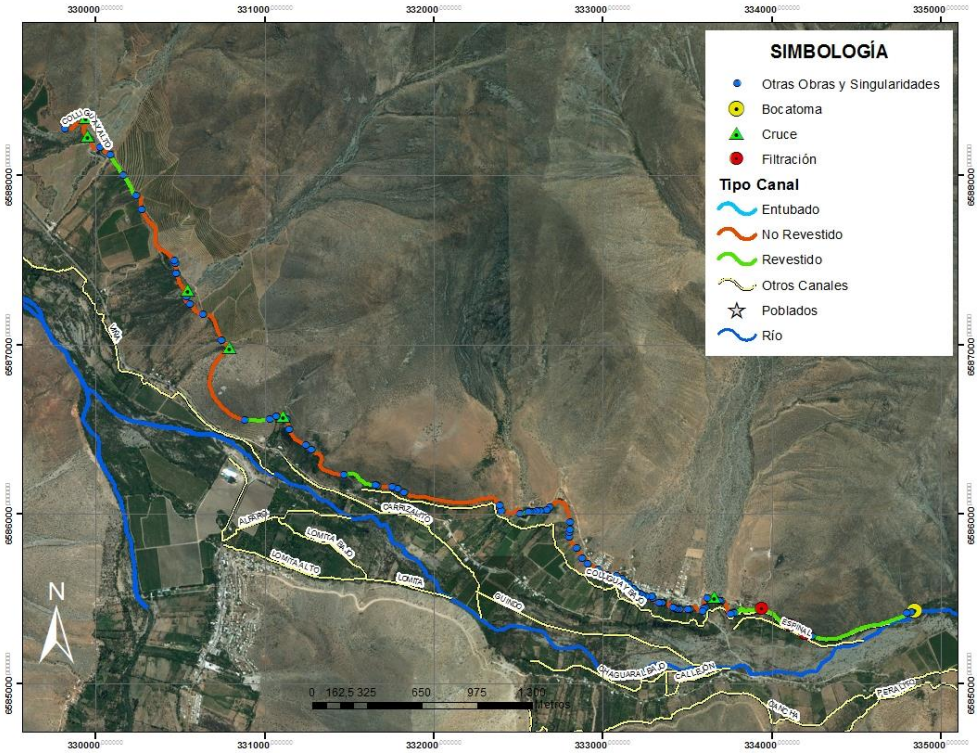


FIGURA 10.6.3.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL COLLIGUAY ALTO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.3.1-1
CANAL COLLIGUAY ALTO

ESTADO CANAL COLLIGUAY ALTO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	160,2	**3,0**	5.141,1	**97,0**	**5.301,4**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.085,2	**57,9**	0,0	**0,0**	787,9	**42,1**	**1.873,1**	**100,0**
	Total en Uso	**1.085,2**	**15,1**	**160,2**	**2,2**	**5.929,0**	**82,6**	**7.174,4**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	298,2	**70,8**	122,8	**29,2**	**421,0**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**298,2**	**70,8**	**122,8**	**29,2**	**421,0**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.085,2**	**14,3**	**458,4**	**6,0**	**6.051,8**	**79,7**	**7.595,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.3.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL COLLIGUAY ALTO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	57	10	0	0	**67**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	2	0	0	0	**2**
Camino Uso Intrapredial	1	2	0	0	**3**
Cruce					
Quebrada	0	1	0	4	**5**
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (10)

d) Cruces de quebradas (5).

10.6.3.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Colliguay Alto:

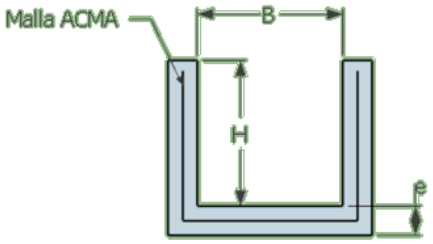
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 240 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Colliguay Alto, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.3.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.3.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,8	0,5	0,1

FIGURA 10.6.3.2-1
SECCIÓN CANAL COLLIGUAY ALTO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.3.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL COLLIGUAY ALTO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	25	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
1	25	50	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
2	50	651	Hormigón	Bueno	No	-	0,24	-	-
3	651	694	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
4	694	748	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
5	748	797	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
6	797	995	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
6	995	1182	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
7	1182	1203	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
8	1203	1315	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
8	1315	1322	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
8	1322	1363	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5

CUADRO 10.6.3.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL COLLIGUAY ALTO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
8	1363	1405	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
8	1405	1477	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
9	1477	1485	Hormigón	Regular	No	-	0,24	-	-
10	1485	1502	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1502	1598	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1598	1611	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1611	1661	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1661	1677	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1677	1690	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1690	1704	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1704	1773	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1773	1782	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1782	1797	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1797	1847	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1847	1862	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1862	1894	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1894	1916	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1916	1927	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1927	1938	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1938	1956	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1956	1964	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1964	1982	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1982	1989	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
10	1989	2018	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
11	2018	2022	Hormigón	Bueno	No	-	0,24	-	-
12	2022	2029	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
12	2029	2067	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
12	2067	2085	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
12	2085	2135	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
12	2135	2166	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
12	2166	2177	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
12	2177	2190	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
12	2190	2204	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
12	2204	2266	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
13	2266	2337	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
14	2337	2397	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
14	2397	2467	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
14	2467	2547	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
14	2547	2574	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
15	2574	2590	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
16	2590	2636	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
17	2636	2851	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
17	2851	2877	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
17	2877	2915	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
17	2915	2936	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5

CUADRO 10.6.3.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL COLLIGUAY ALTO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
17	2936	2964	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
17	2964	2976	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
17	2976	2991	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
18	2991	3041	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
19	3041	3188	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
19	3188	3225	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
19	3225	3825	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
19	3825	3867	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
19	3867	3909	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
19	3909	3998	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
20	3998	4011	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
20	4011	4218	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
21	4218	4508	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
21	4508	4548	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
21	4548	4690	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
21	4690	4752	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
21	4752	4773	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
21	4773	4824	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
22	4824	4829	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
22	4829	4872	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
22	4872	5018	Geomembrana	Bueno	No	-	0,24	-	-
23	5018	5590	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
24	5590	5659	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	5659	5865	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	5865	5981	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	5981	6038	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	6038	6104	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	6104	6238	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	6238	6301	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	6301	6315	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	6315	6702	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
25	6702	6804	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
26	6804	6948	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
26	6948	7099	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
27	7099	7174	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
28	7174	7297	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5
29	7297	7433	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,24	0,8	0,5

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 10 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,8 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,9 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-019 se incluye detalle.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen 5 cruces de quebrada en tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.6.3.2-2.

CUADRO 10.6.3.2-2
CRUCE DE QUEBRADA

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce de Quebrada CGa_13	6.585.507	333.658	600	50	HDPE
Cruce de Quebrada CGa_80	6.586.979	330.793	600	30	HDPE
Cruce de Quebrada CGa_85	6.587.320	330.547	600	30	HDPE
Cruce de Quebrada CGa_94	6.588.228	329.955	600	40	HDPE
Cruce de Quebrada CGa_95	6.588.338	329.945	600	50	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.6.4 Canal Colliguay Bajo

10.6.4.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.4.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.4.1-1 y 10.6.4.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-020, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

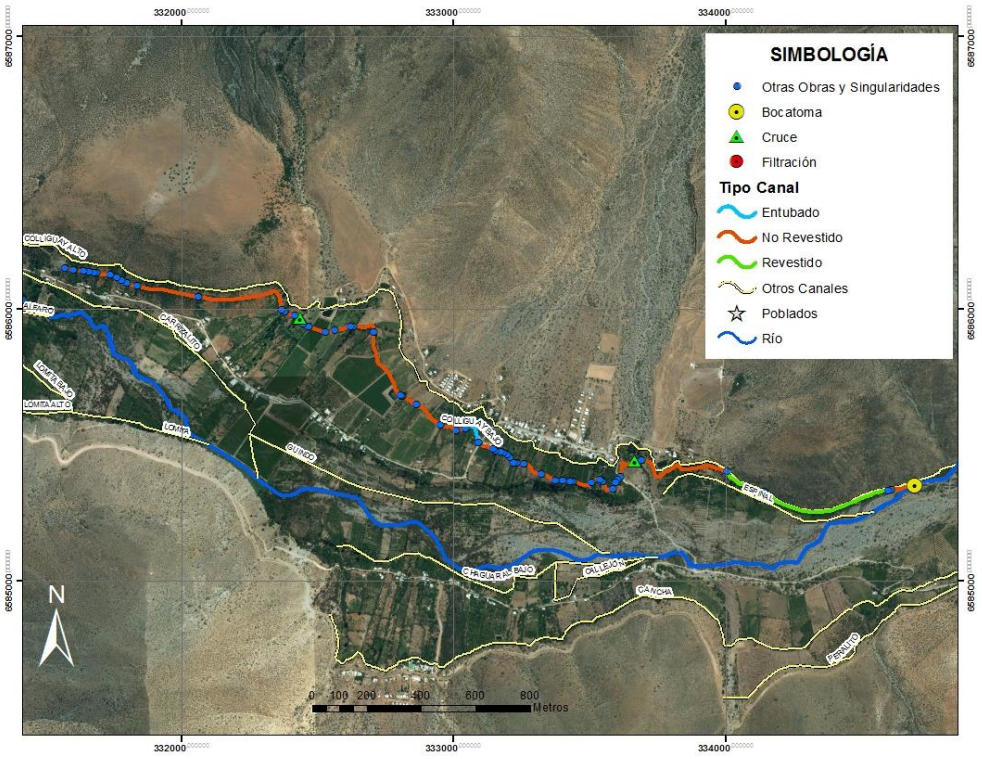


FIGURA 10.6.4.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL COLLIGUAY BAJO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.4.1-1
CANAL COLLIGUAY BAJO

ESTADO CANAL COLLIGUAY BAJO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	1.135,2	**37,5**	1.893,3	**62,5**	**3.028,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	745,4	**100,0**	**745,4**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**1.135,2**	**30,1**	**2.638,7**	**69,9**	**3.773,9**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	30,5	**100,0**	0,0	**0,0**	**30,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**30,5**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**30,5**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**1.165,7**	**30,6**	**2.638,7**	**69,4**	**3.804,4**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.4.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL COLLIGUAY BAJO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	2	0	54	0	**56**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	1	0	0	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	1	0	0	0	**1**
Cruce					
Quebrada	0	0	0	2	**2**
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	1	0	**1**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (54)

d) Cruces de quebradas (2).

10.6.4.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Colliguay Bajo:

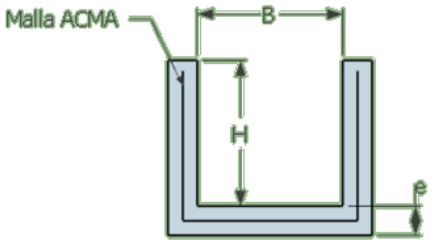
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 120 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Colliguay Bajo, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.4.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.4.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,4	0,1

FIGURA 10.6.4.2-1
SECCIÓN CANAL COLLIGUAY BAJO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.4.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL COLLIGUAY BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	90	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
1	90	103	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	103	593	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	593	640	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
2	640	757	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	757	1132	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1132	1156	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1156	1261	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1261	1273	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1273	1287	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1287	1319	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1319	1375	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1375	1389	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1389	1423	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1423	1495	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1495	1506	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1506	1533	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1533	1561	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1561	1621	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1621	1703	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1703	1728	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1728	1740	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1740	1766	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1766	1778	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1778	1792	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1792	1806	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1806	1825	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1825	1834	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
3	1834	1895	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
4	1895	1895	Acero	Regular	No	-	0,12	-	-

CUADRO 10.6.4.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL COLLIGUAY BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
4	1895	1986	Acero	Regular	No	-	0,12	-	-
5	1986	1989	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	1989	2024	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	2024	2088	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	2088	2206	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	2206	2268	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	2268	2272	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	2272	2277	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	2277	2540	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
5	2540	2639	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2639	2651	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2651	2714	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2714	2750	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2750	2812	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2812	2836	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2836	2851	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2851	2862	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2862	2882	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2882	2922	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2922	2925	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2925	2935	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	2935	3297	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3297	3526	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3526	3567	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3567	3587	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3587	3608	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3608	3635	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3635	3687	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3687	3696	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3696	3712	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3712	3734	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3734	3767	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
6	3767	3774	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,4
7	3774	3804	Tierra	Malo	0	-	0,12	0,5	0,4

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 54 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,4 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,6 m. En Plano MTZ-COP-020 se incluye detalle.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen 2 cruces de quebrada en tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.6.4.2-2.

CUADRO 10.6.4.2-2
CRUCES DE QUEBRADA

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce de Quebrada CGb_8	6.585.439	333.668	600	4	HDPE
Cruce de Quebrada CGb_48	6.585.964	332.436	600	3	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.6.5 Canal Guindo

10.6.5.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.5.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.5.1-1 y 10.6.5.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-021, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

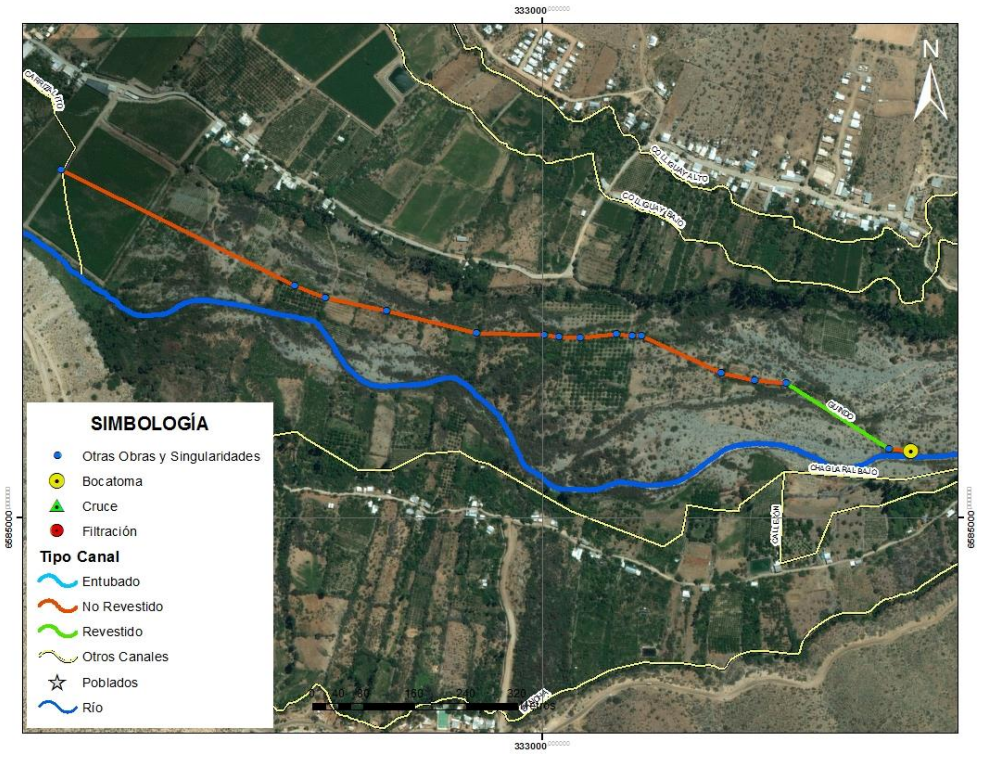


FIGURA 10.6.5.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL GUINDO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.5.1-1
CANAL GUINDO

ESTADO CANAL GUINDO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	688,0	**83,2**	138,5	**16,8**	**826,5**	**100,0**
	Con Impermeabilización	190,5	**100,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**190,5**	**100,0**
	Total en Uso	**190,5**	**18,7**	**688,0**	**67,7**	**138,5**	**13,6**	**1.017,0**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	407,3	**100,0**	0,0	**0,0**	**407,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**407,3**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**407,3**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**190,5**	**13,4**	**1.095,4**	**76,9**	**138,5**	**9,7**	**1.424,3**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.5.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL GUINDO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	0	0	0	1	**1**
Compuerta de Regulación	0	0	0	1	**1**
Entrega predial	0	0	11	0	**11**
Cámara	0	1	0	0	**1**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (11) y Compuerta de Regulación en Bocatoma (1).

d) Aforador.

10.6.5.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Guindo:

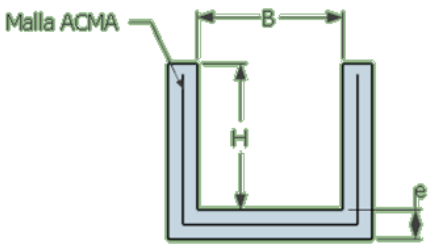
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 40 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Guindo, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.5.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.5.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,3	0,1

FIGURA 10.6.5.2-1
SECCIÓN CANAL GUINDO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.5.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL GUINDO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	35	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
2	35	226	Geomembrana	Bueno	No	-	0,04	-	-
3	226	275	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
3	275	329	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	329	466	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	466	480	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	480	505	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	505	561	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	561	595	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	595	618	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	618	724	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	724	869	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	869	966	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
4	966	1017	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3
5	1017	1424	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,04	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 11 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-021 se incluye detalle.

Además de lo anterior, se incluye la compuerta de regulación en bocatoma de las mismas dimensiones indicadas anteriormente ya que se encuentra en el canal principal, es decir, compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m.

d) Aforador

De acuerdo con el diagnostico se requieren 1 aforador asociado a la entrega de la bocatoma del canal. Dado que no se dispone de información detallada sobre el caudal de entrega desde la bocatoma, es necesario considerar un aforador al comienzo del canal.

CUADRO 10.6.5.2-2
DIMENSIONES PROPUESTAS PARA AFORADORES

N°	Ubicación (m)	W (m)	L (m)	E (m)
1	25	0,229	2	0,8

Fuente: Elaboración propia.

10.6.6 Canal Carrizalito

10.6.6.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.6.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.6.1-1 y 10.6.6.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-022, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (21)

d) Aforador

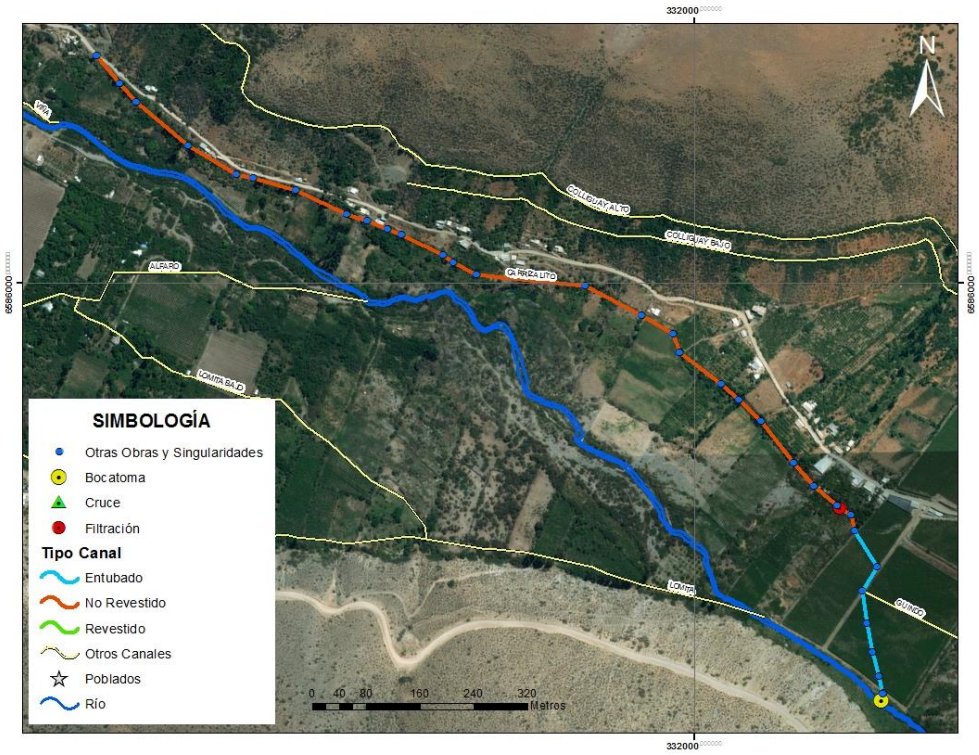


FIGURA 10.6.6.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL CARRIZALITO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.6.1-1
CANAL CARRIZALITO

ESTADO CANAL CARRIZALITO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	246,9	**17,7**	1.148,4	**82,3**	**1.395,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	260,5	**100,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**260,5**	**100,0**
	Total en Uso	**260,5**	**15,7**	**246,9**	**14,9**	**1.148,4**	**69,4**	**1.655,7**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**260,5**	**15,7**	**246,9**	**14,9**	**1.148,4**	**69,4**	**1.655,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.6.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL CARRIZALITO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	0	0	0	1	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	3	2	19	0	**24**
Cámara	5	0	0	0	**5**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

10.6.6.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Carrizalito:

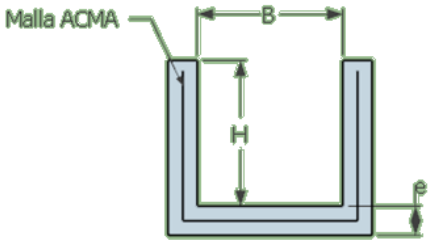
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 20 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Carrizalito, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.6.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.6.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,3	0,1

FIGURA 10.6.6.2-1
SECCIÓN CANAL CARRIZALITO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.6.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL CARRIZALITO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	11	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	11	13	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
3	13	39	Hormigón	Bueno	No	-	0,02	-	-
3	39	77	Hormigón	Bueno	No	-	0,02	-	-
3	77	121	Hormigón	Bueno	No	-	0,02	-	-
3	121	168	Hormigón	Bueno	No	-	0,02	-	-
3	168	210	Hormigón	Bueno	No	-	0,02	-	-
3	210	273	Hormigón	Bueno	No	-	0,02	-	-
4	273	298	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	298	316	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	316	323	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	323	367	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	367	413	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	413	492	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	492	538	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	538	573	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	573	650	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	650	680	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	680	734	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	734	829	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	829	991	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	991	1030	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	1030	1048	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	1048	1119	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	1119	1141	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
5	1141	1173	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
6	1173	1205	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
6	1205	1288	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
6	1288	1355	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
6	1355	1380	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3

CUADRO 10.6.6.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL CARRIZALITO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
6	1380	1464	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
6	1464	1565	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
6	1565	1602	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
7	1602	1656	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 21 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-022 se incluye detalle.

d) Aforadores

De acuerdo con el diagnostico se requieren 1 aforador asociado a la entrega de la bocatoma del canal. Dado que no se dispone de información detallada sobre el caudal de entrega desde la bocatoma, es necesario considerar un aforador al comienzo del canal.

CUADRO 10.6.6.2-2
DIMENSIONES PROPUESTAS PARA AFORADORES

N°	Ubicación (m)	W (m)	L (m)	E (m)
1	25	0,229	2	0,8

Fuente: Elaboración propia.

10.6.7 Canal Viña

10.6.7.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.7.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.7.1-1 y 10.6.7.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-023, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

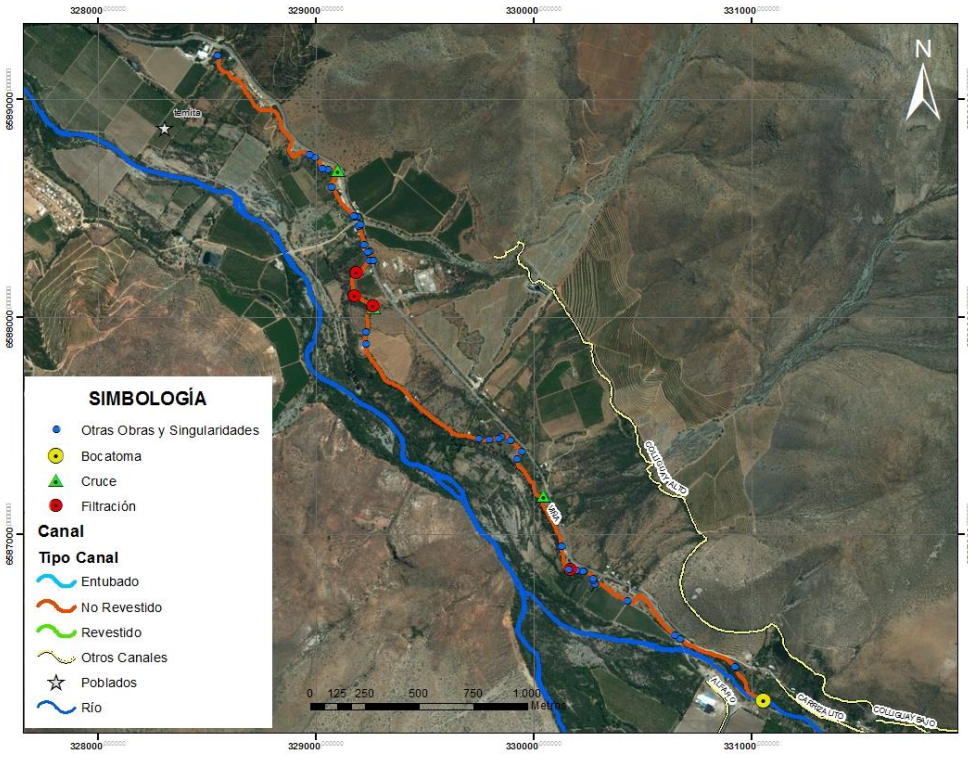


FIGURA 10.6.7.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL VIÑA

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.7.1-1
CANAL VIÑA

ESTADO CANAL VIÑA		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	292,9	**6,3**	1.392,7	**29,9**	2.972,6	**63,8**	**4.658,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	45,7	**54,8**	0,0	**0,0**	37,7	**45,2**	**83,4**	**100,0**
	Total en Uso	**338,7**	**7,1**	**1.392,7**	**29,4**	**3.010,3**	**63,5**	**4.741,7**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**338,7**	**7,1**	**1.392,7**	**29,4**	**3.010,3**	**63,5**	**4.741,7**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.7.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL VIÑA

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	0	1	0	0	**1**
Entrega predial	8	2	15	0	**25**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	3	0	0	0	**3**
Camino Uso Intrapredial	2	0	0	0	**2**
Cruce					
Quebrada	0	0	0	3	**3**
Río	0	0	0	0	0
Otras	2	0	0	0	**2**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (17)

d) Cruce de Quebradas (3)

10.6.7.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Viña:

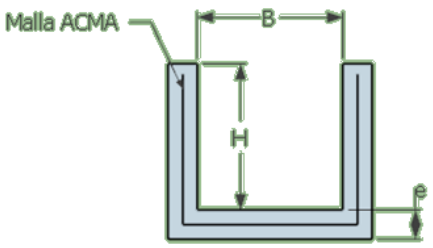
e) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

f) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 120 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Viña, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.7.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.7.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,5	0,1

FIGURA 10.6.7.2-1
SECCIÓN CANAL VIÑA

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.7.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL VIÑA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	209	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
2	209	213	Tierra	Bueno	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
3	213	502	Tierra	Bueno	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
4	502	535	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	535	850	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
5	850	1030	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
5	1030	1048	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
5	1048	1060	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
5	1060	1129	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
6	1129	1132	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
7	1132	1162	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
7	1162	1189	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
8	1189	1198	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
8	1198	1318	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	1318	1572	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
10	1572	1804	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	1804	1849	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	1849	1921	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	1921	1978	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	1978	1992	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	1992	2041	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5

CUADRO 10.6.7.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL VIÑA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
11	2041	2092	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2092	2806	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2806	2863	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2863	2995	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2995	3002	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
12	3002	3103	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
12	3103	3205	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
13	3205	3217	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
14	3217	3300	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
15	3300	3318	Acero	Regular	SI	HDPE	0,12	0,5	0,5
16	3318	3365	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
17	3365	3373	Acero	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
18	3373	3414	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
18	3414	3504	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
19	3504	3516	Hormigón	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
20	3516	3558	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
21	3558	3571	Acero	Bueno	No	-	0,12	-	-
22	3571	3575	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
22	3575	3743	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
22	3743	3832	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
22	3832	3883	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
22	3883	3905	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
22	3905	3970	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
22	3970	3999	Tierra	Regular	SI	HDPE	0,12	0,5	0,5
23	3999	4742	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia.

g) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 17 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-023 se incluye detalle.

h) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen cruces de quebrada en tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.6.7.2-2.

CUADRO 10.6.7.2-2
CRUCE DE QUEBRADA

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce de Quebrada VI_16	6.587.175	330.047	600	15	HDPE
Cruce de Quebrada VI_26	6.588.042	329.268	600	15	HDPE
Cruce de Quebrada VI_42	6.588.670	329.101	600	30	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.6.8 Canal Peralito

10.6.8.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.8.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.8.1-1 y 10.6.8.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-024, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.



FIGURA 10.6.8.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL PERALITO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.8.1-1
CANAL PERALITO

ESTADO CANAL PERALITO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	168,1	**5,2**	630,4	**19,7**	2.409,1	**75,1**	**3.207,7**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.828,0	**100,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**1.828,0**	**100,0**
	Total en Uso	**1.996,1**	**39,6**	**630,4**	**12,5**	**2.409,1**	**47,8**	**5.035,7**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	502,3	**100,0**	0,0	**0,0**	**502,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**502,3**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**502,3**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.996,1**	**36,0**	**1.132,7**	**20,5**	**2.409,1**	**43,5**	**5.537,9**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.8.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL PERALITO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	26	1	10	0	**37**
Cámara	1	0	0	0	**1**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	8	1	0	0	**9**
Camino Uso Intrapredial	4	0	0	0	**4**
Cruce					
Quebrada	1	0	0	2	**3**
Río	0	0	0	1	**1**
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (11)

d) Atravieso de Camino (1)

e) Cruce de Quebradas (1)

f) Cruce de río Tulahuencito en sifón (1)

g) Tranque de Regulación (1)

10.6.8.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Peralito:

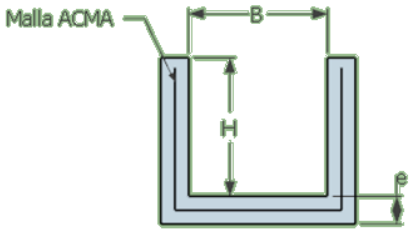
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra de las siguientes dimensiones aproximadas, dada la falta de antecedentes y topografía. Se requerirás un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 120 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Peralito, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.8.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.8.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,5	0,1

FIGURA 10.6.8.2-1
PERFILES TRANSVERSALES DE CANALES

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.8.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MATRIZ PERALITO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	116	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
1	116	128	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
2	128	296	Tierra	Bueno	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
3	296	449	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
3	449	707	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	707	744	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	744	753	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
6	753	864	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
7	864	869	Acero	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	869	876	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	876	975	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	975	1038	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1038	1099	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1099	1161	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1161	1244	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1244	1515	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1515	1530	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1530	1617	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1617	1627	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1627	1660	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-

CUADRO 10.6.8.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MATRIZ PERALITO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
8	1660	1718	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1718	1812	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
8	1812	1819	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
9	1819	1862	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	1862	1936	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	1936	1937	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	1937	1964	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
10	1964	1972	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
11	1972	1979	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	1979	1995	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	1995	2044	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2044	2098	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2098	2104	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2104	2139	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2139	2154	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2154	2241	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2241	2289	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	2289	2295	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
12	2295	2310	Hormigón	Bueno	No	-	0,12	-	-
13	2310	2314	Mampostería	Bueno	No	-	0,12	-	-
13	2314	2401	Mampostería	Bueno	No	-	0,12	-	-
14	2401	2424	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
15	2424	2594	Geomembrana	Bueno	No	-	0,12	-	-
16	2594	2672	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
16	2672	2750	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
17	2750	2761	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
18	2761	2781	Acero	Bueno	No	-	0,12	-	-
19	2781	3567	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
19	3567	3671	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
19	3671	3740	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
19	3740	3769	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
19	3769	3829	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
20	3829	3897	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
21	3897	4347	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
21	4347	4434	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
22	4434	4629	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
23	4629	4674	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
23	4674	4743	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
23	4743	4790	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
23	4790	5036	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
24	5036	5449	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
24	5449	5538	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 11 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-024 se incluye detalle.

d) Atravieso Camino

Se propone cruce de camino con tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.6.8.2-2.

CUADRO 10.6.8.2-2
ATRAVIESO CAMINO

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Atravieso PRl_9	6.585.612	337.729	600	3,8	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

e) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen cruces de quebrada en tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002. No obstante, lo anterior, cabe señalar que en caso de cruce de quebrada denominado PRI_53, no se considera obra dado que este cruce corresponde al de un canal antiguo sin uso; además, se propone un tranque antes del cruce con esta quebrada, por lo que no es necesario el diseño del mismo

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.6.8.2-3.

CUADRO 10.6.8.2-3
CRUCE DE QUEBRADA

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce Quebrada PRl_53	6.584.887	335.481	600	10	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

f) Cruce Río Tulahuencito en Sifón

En la actualidad se dispone de un atravieso rústico, por ello y dada la configuración topográfica del cruce, se propone la construcción de un Sifón tradicional.

A continuación, en la Figura 10.6.8.2-2 se presenta la ubicación propuesta para este cruce.

El sifón tendría una longitud de 70 m, con una tubería de HDPE de 400 mm, una cámara de entrada de H x V= 1,2 x 0,7 m y una cámara de salida de H x V = 0,6 x 0,6 m, continuando en un canal de 0,6 m de base y 0,4 m de altura. Detalles del cálculo referirse al Anexo 10-2 Sifón.

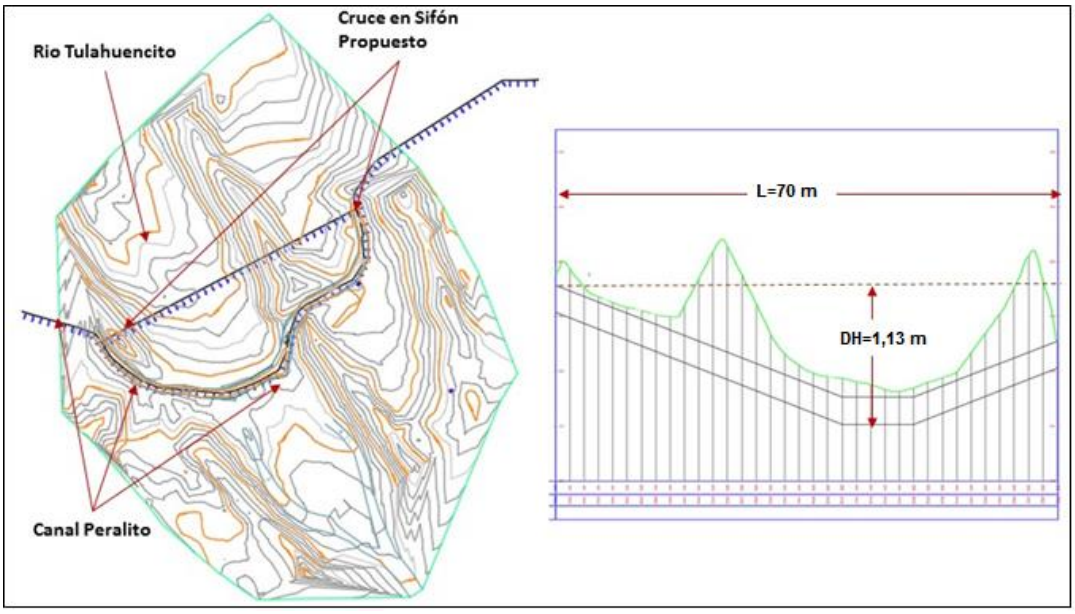


FIGURA 10.6.8.2-2
ESQUEMA DE SIFÓN PROPUESTO CRUCE RÍO TULAHUENCITO

Fuente: Elaboración propia.

g) Tranque de Regulación y Descargas

De acuerdo a las iniciativas recorridas en las labores de Participación Ciudadana del estudio, se ha considerado un pequeño proyecto de acumulación de aguas que pueden ser conducidas por el canal Peralito y almacenadas en un tranque localizado en las cercanías de la confluencia de la quebrada Tulahuencito.

Desde el tranque abastecido por el canal Peralito, las aguas pueden derivarse al canal Cancha, y desde este último, abastecer a los canales Callejón, Chaguaral Bajo y Guindo, tal como se puede observar en la Figura 10.6.8.2-3. Se considera sólo la posibilidad de conducir los derechos de estos últimos canales en ocasiones esporádicas en los cuales sus bocatomas quedan sin posibilidad de captar sus propios recursos.

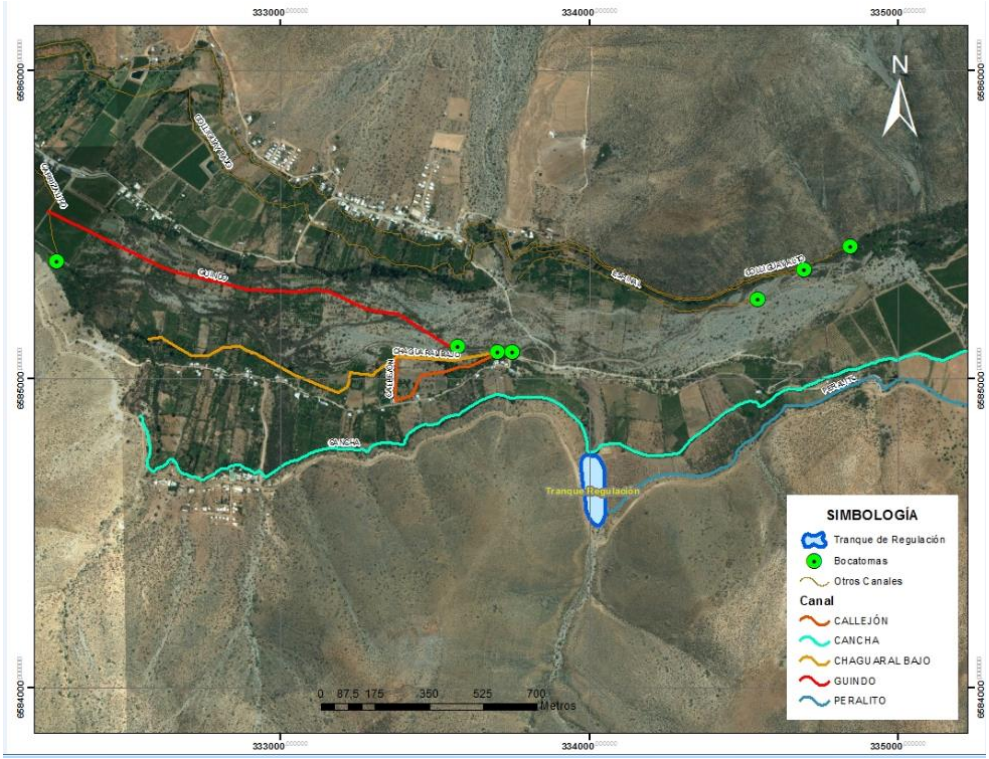


FIGURA 10.6.8.2-3
ESQUEMA OBRAS DE MEJORAMIENTO CANALES PERALITO Y OTROS RIBERA DERECHA RÍO MOSTAZAL

Fuente: Elaboración propia en base Google Earth.

i. Descripción de las Obras

Las obras consideradas en este proyecto son las siguientes:

- Descarga desde canal Peralito a tranque
- Tranque
- Descarga desde tranque a canal Cancha
- Descarga canal Cancha a canales bajos

ii. Descargas

Las descargas son aquellas obras que se diseñan para unir dos canales dentro del sistema de riego existente. Esta obra consiste en una entrega, que generalmente sale paralela al canal principal, en la que la regulación del agua que se extrae se realiza por medio de compuertas diseñadas en ambos canales, seguidas cada una por un aforador tipo Parshall. Posteriormente se desarrolla normalmente un rápido que descarga sus aguas hacia el canal ubicado a una cota inferior.

En este caso se considera la primera descarga que entrega las aguas conducidas por el canal Peralito al tranque. La segunda, desde el tranque al canal Cancha, y, por último, desde el canal Cancha a los canales más bajo.

iii. Tranque

El tranque está formado por un muro homogéneo de tierra con contenido de arcilla suficiente para obtener su impermeabilidad. El material existente en el sitio es del tipo granular, por lo tanto, si se considera la utilización de este material, será necesario impermeabilizar las paredes y fondo del tranque. El muro se diseñó de acuerdo con los criterios establecidos en el manual "Diseño de Pequeñas Presas".

El vertedero consiste en un canal excavado a una cota suficiente para que no rebalse el tranque y que después tienen su trazado por un costado del muro hasta unirse al canal de entrega del embalse.

La obra de entrega consiste en una cámara de entrada con una rejilla para evitar el ingreso de basura hacia la tubería que cruza por debajo del muro. Esta tubería de diámetro 300 mm, se inicia en la cámara con rejilla y termina aguas abajo del muro en una válvula tipo Meplat de 300 mm. En su trayecto bajo el muro la tubería tiene dos collares de hormigón para evitar el deslizamiento y cortar filtraciones. Después de la válvula la entrega sigue como canal hasta unirse al canal de evacuación del vertedero.

Las características principales del tranque son las siguientes:

Cota Máxima	:	851,4 m.s.n.m.
Cota Mínima	:	849,0 m.s.n.m
Altura muro	:	2,4 m
Volumen Bruto	:	6.450 m³
Volumen Muerto	:	52 m³
Volumen Útil1	:	9.764 m³

10.6.9 Canal Cancha

10.6.9.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.9.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.9.1-1 y 10.6.9.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-025, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

[1] El volumen útil se calcula como Vol. Bruto - Vol. Muerto + Vol. Excavación empréstito

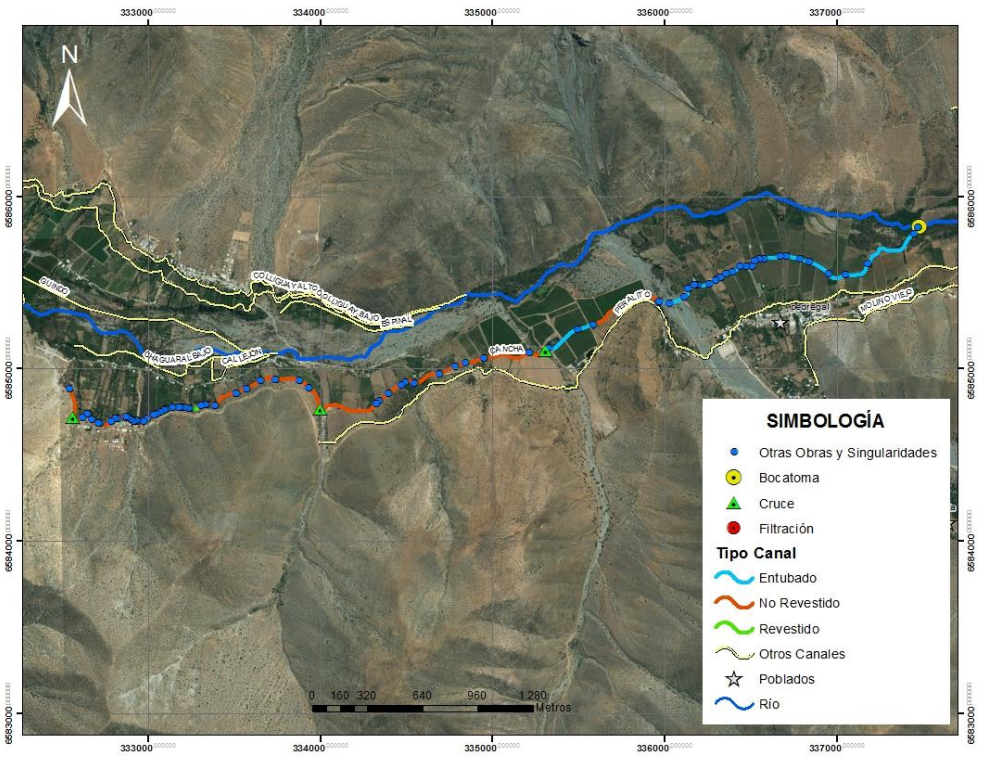


FIGURA 10.6.9.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL CANCHA

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.9.1-1
CANAL CANCHA

ESTADO CANAL CANCHA		Bueno		Malo		Regular		Total	
		m	%	m	%	m	%	m	%
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	9,6	**0,3**	3.790,7	**99,7**	**3.800,3**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.544,6	**71,7**	63,7	**3,0**	544,5	**25,3**	**2.152,8**	**100,0**
	Total en Uso	**1.544,6**	**25,9**	**73,2**	**1,2**	**4.335,2**	**72,8**	**5.953,1**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.544,6**	**25,9**	**73,2**	**1,2**	**4.335,2**	**72,8**	**5.953,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.9.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL CANCHA

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	1	0	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	1	0	0	0	**1**
Entrega predial	49	6	12	0	**67**
Cámara	1	0	0	0	**1**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	2	0	0	0	**2**
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	1	0	0	2	**3**
Río	0	0	0	0	0
Otras	3	0	0	0	**3**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal.

c) Compuertas de entregas prediales (18)

d) Cruces de quebradas (2).

10.6.9.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Cancha:

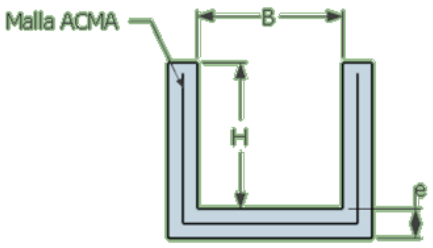
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 160 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Cancha, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.9.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.9.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,5	0,1

FIGURA 10.6.9.2-1
SECCIÓN CANAL CANCHA

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.9.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL CANCHA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	10	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
2	10	15	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
2	15	57	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
3	57	418	PVC	Regular	SI	-	0,12	0,5	0,5
4	418	586	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	586	698	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	698	830	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	830	884	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	884	971	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	971	1003	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1003	1097	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1097	1126	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1126	1155	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1155	1195	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1195	1225	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1225	1269	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1269	1319	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1319	1359	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1359	1398	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1398	1432	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1432	1477	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1477	1542	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1542	1557	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1557	1562	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-

CUADRO 10.6.9.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL CANCHA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
4	1562	1606	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1606	1662	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
4	1662	1756	PVC	Bueno	No	-	0,12	-	-
5	1756	1820	HDPE	Malo	SI	HDPE	0,12	D= 600 mm	
6	1820	2278	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
6	2278	2284	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
7	2284	2378	HDPE	Regular	SI	HDPE	0,12	D= 600 mm	
8	2378	2584	HDPE	Bueno	No	-	0,12	-	-
9	2584	2616	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	2616	2721	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	2721	2999	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	2999	3118	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3118	3181	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3181	3279	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3279	3448	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3448	3507	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3507	3535	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3535	3625	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3625	3692	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3692	3715	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	3715	4074	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4074	4225	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4225	4296	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4296	4437	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4437	4528	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4528	4621	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4621	4689	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4689	4843	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4843	4889	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4889	4902	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
9	4902	4924	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
10	4924	5002	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	5002	5012	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	5012	5031	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	5031	5056	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	5056	5067	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	5067	5102	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	5102	5139	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5
11	5139	5154	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,12	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 18 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,5 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,7 m. En Plano MTZ-COP-025 se incluye detalle.

d) Cruce Quebradas

Ante la ausencia de obras de cruce, se proponen cruces de quebrada en tubería HDPE estructurado y muro de boca de hormigón, de acuerdo a lo indicado en Manual de Carreteras Volumen 4 láminas 4.109.001 y 4.109.002.

La ubicación, diámetro y longitud de la tubería propuesta para el cruce se indican en Cuadro 10.6.9.2-2

CUADRO 10.6.9.2-2
CRUCES DE QUEBRADA

Tipo	Coordenada E	Coordenada N	Tubería (mm)	Longitud (m)	Material
Cruce de Quebrada CN_46	6.584.762	334.001	600	6	HDPE
Cruce de Quebrada CN_86	6.584.715	332.569	600	10	HDPE

Fuente: Elaboración propia.

10.6.10 Canal Callejón

10.6.10.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.10.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.10.1-1 y 10.6.10.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-026, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

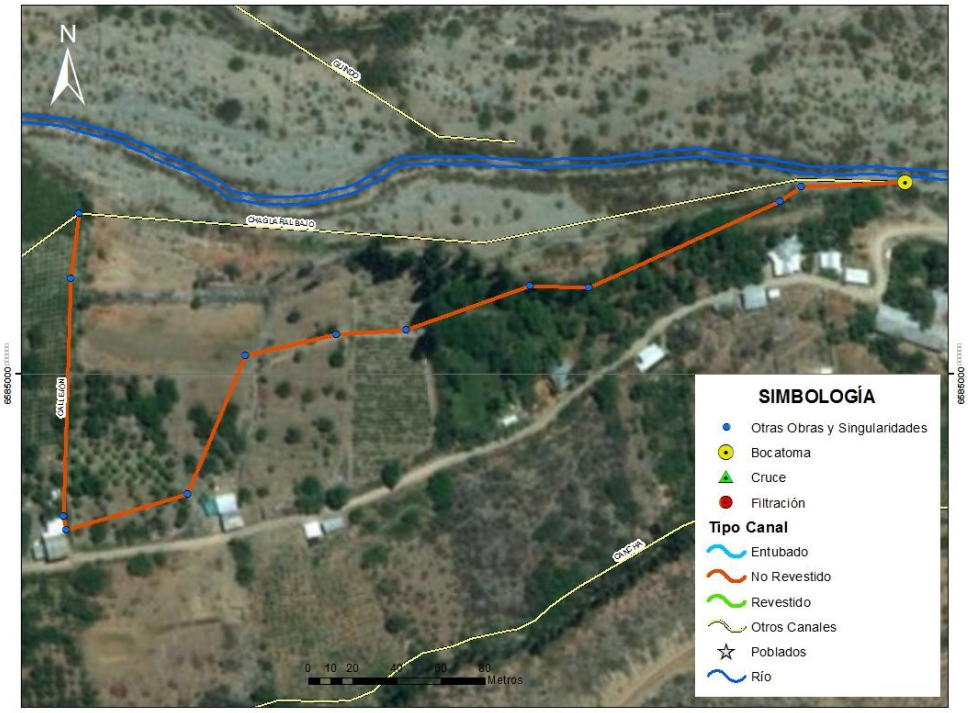


FIGURA 10.6.10.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL CALLEJÓN

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.10.1-1
CANAL CALLEJÓN

ESTADO CANAL CALLEJÓN		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	343,6	**58,8**	240,6	**41,2**	**584,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**343,6**	**58,8**	**240,6**	**41,2**	**584,2**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**343,6**	**58,8**	**240,6**	**41,2**	**584,2**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma
b) Revestimiento de varios tramos del canal
c) Compuertas de entregas prediales (6)
d) Aforador

CUADRO 10.6.10.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL CALLEJÓN

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	0	1	0	0	**1**
Compuerta de Regulación	0	1	0	0	**1**
Entrega predial	0	0	6	0	**6**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

10.6.10.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Callejón:

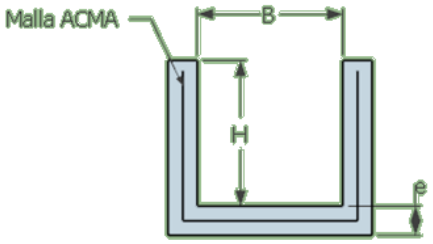
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 20 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Callejón, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.10.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.10.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,2	0,1

FIGURA 10.6.10.2-1
SECCIÓN CANAL CALLEJÓN

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.10.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL CALLEJÓN

Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m³/s)	Base	Altura
0	48	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
48	59	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
59	154	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
154	181	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
181	241	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
241	273	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
273	315	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
315	383	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
383	440	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
440	447	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
447	555	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2
555	584	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,2

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 6 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,2 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,4 m. En Plano MTZ-COP-026 se incluye detalle.

d) Aforador

De acuerdo con el diagnostico se requieren 1 aforador asociado a la entrega de la bocatoma del canal. Dado que no se dispone de información detallada sobre el caudal de entrega desde la bocatoma, es necesario considerar un aforador al comienzo del canal.

CUADRO 10.6.10.2-2
DIMENSIONES PROPUESTAS PARA AFORADOR

N°	Ubicación (m)	W (m)	L (m)	E (m)
1	25	0,229	2	0,8

Fuente: Elaboración propia.

10.6.11 Canal Chaguaral Bajo

10.6.11.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se presentan a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.11.1-1 se presenta la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.11.1-1 y 10.6.11.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-027, es posible apreciar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

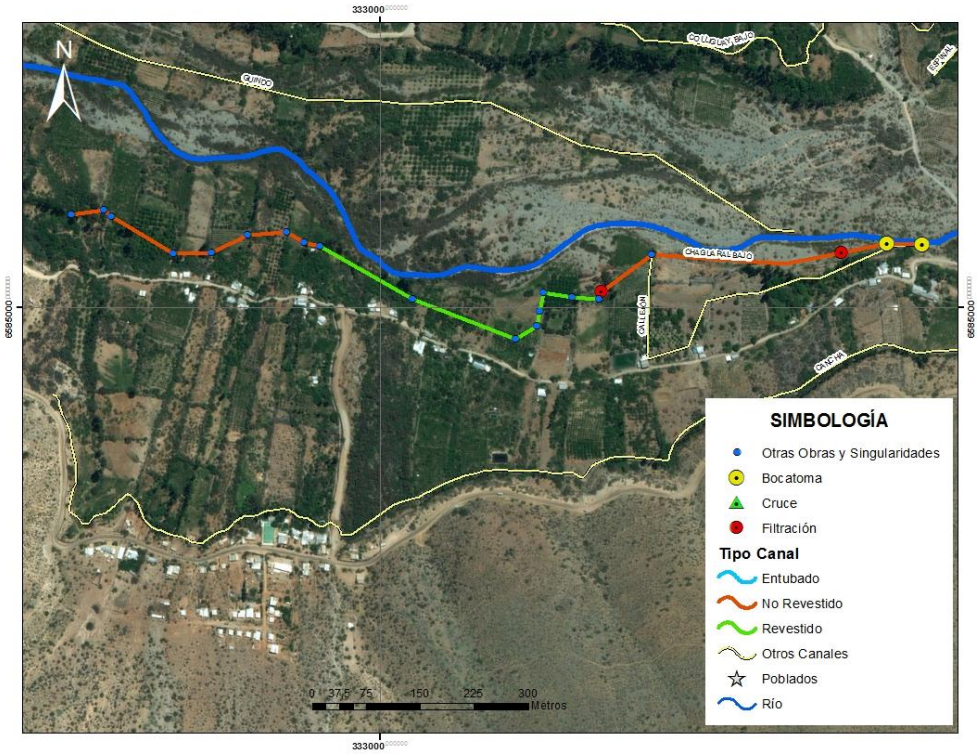


FIGURA 10.6.11.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL CHAGUARAL BAJO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.11.1-1
CANAL CHAGUARAL BAJO

ESTADO CANAL CHAGUARAL BAJO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	498,0	**58,7**	350,8	**41,3**	**848,8**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	462,3	**100,0**	**462,3**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**498,0**	**38,0**	**813,2**	**62,0**	**1.311,1**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**498,0**	**38,0**	**813,2**	**62,0**	**1.311,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.11.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL CHAGUARAL BAJO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	2	0	**2**
Aforador	0	0	0	1	**1**
Compuerta de Regulación	0	0	0	1	**1**
Entrega predial	0	0	14	0	**14**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (14) y Compuerta de Regulación en Bocatoma (1).

d) Aforador.

10.6.11.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Chaguaral Bajo:

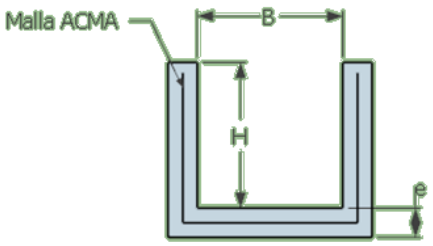
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 20 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Chaguaral Bajo, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.11.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.11.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,3	0,1

FIGURA 10.6.11.2-1
SECCIÓN CANAL CHAGUARAL BAJO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.11.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL CHAGUARAL BAJO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	48	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	48	113	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	113	378	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	378	466	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
1	466	476	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	476	514	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	514	555	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	555	582	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	582	602	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	602	637	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	637	790	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
2	790	938	Geomembrana	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
3	938	960	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	960	989	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	989	1043	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	1043	1099	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	1099	1151	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	1151	1252	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	1252	1266	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3
4	1266	1311	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,02	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 14 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-027 se incluye detalle.

Además de lo anterior, se incluye la compuerta de regulación en bocatoma de las mismas dimensiones indicadas anteriormente ya que se encuentra en el canal principal, es decir, compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m.

d) Aforador

De acuerdo con el diagnostico se requieren 1 aforador asociado a la entrega de la bocatoma del canal. Dado que no se dispone de información detallada sobre el caudal de entrega desde la bocatoma, es necesario considerar un aforador al comienzo del canal.

CUADRO 10.6.11.2-2
DIMENSIONES PROPUESTAS PARA AFORADOR

N°	Ubicación (m)	W (m)	L (m)	E (m)
1	25	0,229	2	0,8

Fuente: Elaboración propia.

10.6.12 Canal Lomita

10.6.12.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.12.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.12.1-1 y 10.6.12.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-028, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

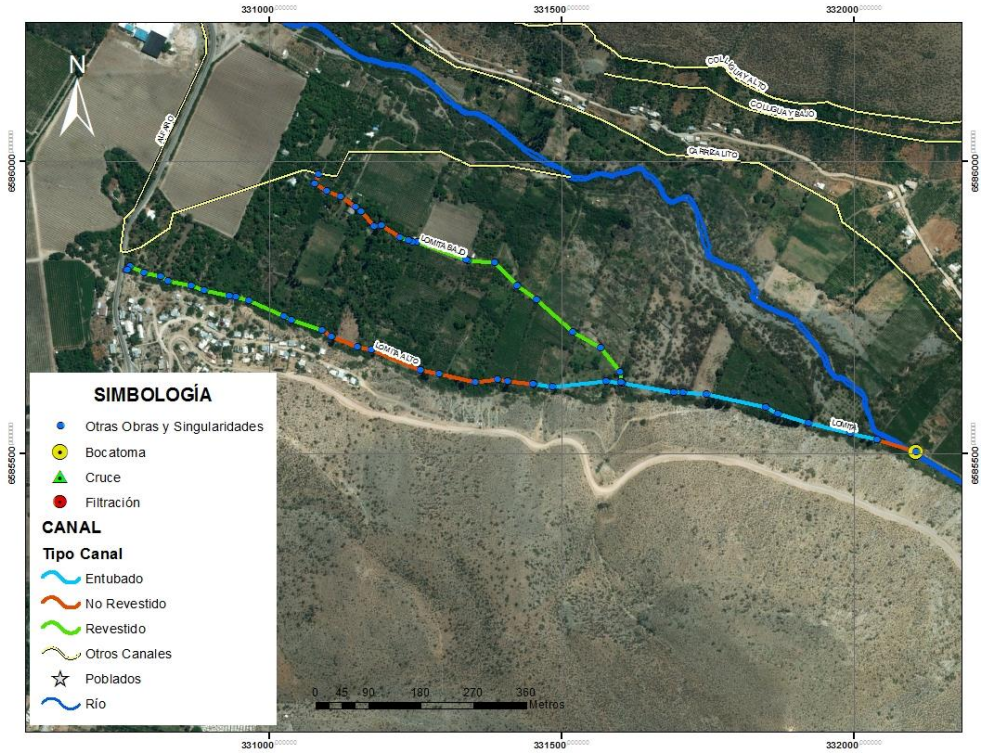


FIGURA 10.6.12.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL LOMITA

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.12.1-1
CANAL LOMITA

ESTADO CANAL LOMITA		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	195,2	**30,3**	448,0	**69,7**	**643,2**	**100,0**
	Con Impermeabilización	1.424,3	**100,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**1.424,3**	**100,0**
	Total en Uso	**1.424,3**	**68,9**	**195,2**	**9,4**	**448,0**	**21,7**	**2.067,6**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	7,9	**100,0**	**7,9**	**100,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**7,9**	**100,0**	**7,9**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**1.424,3**	**68,6**	**195,2**	**9,4**	**455,9**	**22,0**	**2.075,5**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.12.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL LOMITA

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	0	0	0	1	**1**
Compuerta de Regulación	0	0	0	1	**1**
Entrega predial	20	0	24	0	**44**
Cámara	4	0	0	0	**4**
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	0	0	0	0	0
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	4	0	0	0	**4**
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (24) y Compuerta de Regulación en Bocatoma (1).

d) Aforador.

10.6.12.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Lomita:

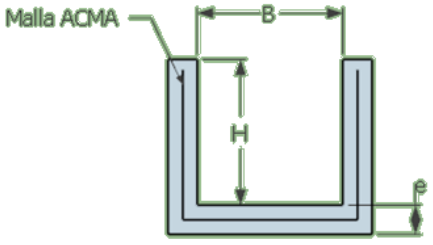
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 80 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Lomita, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.12.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.12.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,3	0,3	0,1

FIGURA 10.6.12.2-1
SECCIÓN CANAL LOMITA

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.12.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL LOMITA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
LOMITA									
1	0	69	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	69	117	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	117	190	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	190	244	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	244	268	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	268	371	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	371	412	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	412	427	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	427	518	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
LOMITA ALTO									

CUADRO 10.6.12.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL LOMITA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	27	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	27	120	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	120	151	HDPE	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	151	154	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	154	196	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	196	214	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	214	253	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	253	315	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	315	349	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	349	440	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	440	463	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	463	511	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	511	530	Tierra	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
LOMITA ALTO									
3	530	585	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	585	601	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	601	666	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	666	689	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	689	701	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	701	745	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	745	768	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	768	808	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	808	824	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	824	852	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
3	852	879	Mampostería	Bueno	No	-	0,08	-	-
4	879	886	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
LOMITA BAJO									
1	0	3	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	3	20	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	20	73	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	73	128	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	128	210	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	210	252	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	252	307	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	307	353	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	353	356	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	356	445	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	445	454	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	454	461	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
1	461	476	Hormigón	Bueno	No	-	0,08	-	-
2	476	513	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	513	526	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	526	560	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	560	572	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	572	603	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3

CUADRO 10.6.12.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL LOMITA

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
2	603	628	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	628	652	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3
2	652	671	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 24 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,3 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-028 se incluye detalle.

Además de lo anterior, se incluye la compuerta de regulación en bocatoma de las mismas dimensiones indicadas anteriormente ya que se encuentra en el canal principal, es decir, compuerta metálica de dimensiones: base=0,4 m y altura=0,5 m.

d) Aforador

De acuerdo con el diagnóstico y dado que no se dispone de información detallada sobre el caudal de entrega desde la bocatoma, es necesario considerar un aforador al comienzo del canal.

CUADRO 10.6.12.2-2
DIMENSIÓN PROPUESTA PARA AFORADOR

N°	Ubicación (m)	W (m)	L (m)	E (m)
1	25	0,229	2	0,8

Fuente: Elaboración propia.

10.6.13 Canal Alfaro

10.6.13.1 Generalidades

En base al diagnóstico presentado en el Capítulo 6, se incluye a continuación un extracto general de las características y ubicación del canal. En la Figura 10.6.13.1-1 se muestra la ubicación del canal y en los Cuadros 10.6.13.1-1 y 10.6.13.1-2 las obras existentes en el canal. En Plano MTZ-COP-029, es posible observar en detalle la ubicación del canal, obras y sus singularidades.

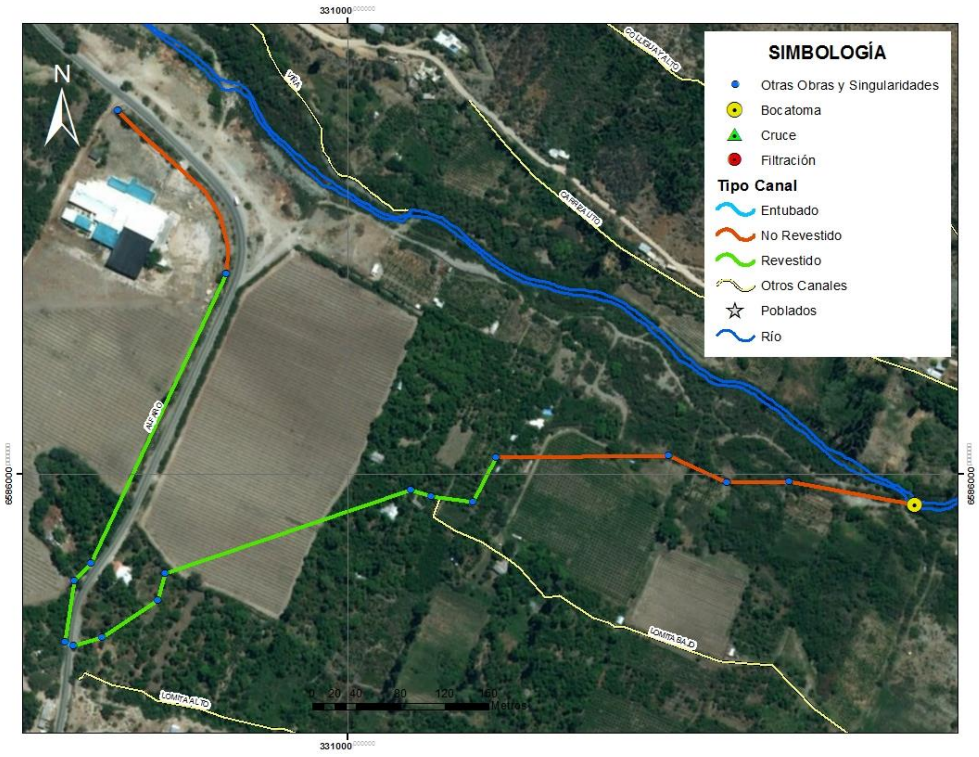


FIGURA 10.6.13.1-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE CANAL ALFARO

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.13.1-1
CANAL ALFARO

ESTADO CANAL ALFARO		Bueno		Malo		Regular		Total	
		(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
En Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	387,1	**100,0**	0,0	**0,0**	**387,1**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	828,9	**100,0**	**828,9**	**100,0**
	Total en Uso	**0,0**	**0,0**	**387,1**	**31,8**	**828,9**	**68,2**	**1.216,0**	**100,0**
Sin Uso	Sin Impermeabilización	0,0	**0,0**	187,1	**100,0**	0,0	**0,0**	**187,1**	**100,0**
	Con Impermeabilización	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	0,0	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Total Sin Uso	**0,0**	**0,0**	**187,1**	**100,0**	**0,0**	**0,0**	**187,1**	**100,0**
TOTAL CATASTRADO		**0,0**	**0,0**	**574,3**	**40,9**	**828,9**	**59,1**	**1.403,1**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

CUADRO 10.6.13.1-2
OBRAS SINGULARES Y ATRAVIESOS CANAL ALFARO

Obras y Singularidades	Estado Conservación				Total
	Bueno	Regular	Malo	S/O	
Bocatoma	0	0	1	0	**1**
Aforador	0	0	0	1	**1**
Compuerta de Regulación	0	1	0	0	**1**
Entrega predial	0	0	11	0	**11**
Cámara	0	0	0	0	0
Atravieso					
Camino Uso Extrapredial	1	0	0	0	**1**
Camino Uso Intrapredial	0	0	0	0	0
Cruce					
Quebrada	0	0	0	0	0
Río	0	0	0	0	0
Otras	0	0	0	0	0
(*) S/O: Sin Obra					

Fuente: Elaboración propia, a partir de catastro de terreno.

En base al diagnóstico presentado, se concluye la necesidad de realizar las siguientes obras para el canal:

a) Bocatoma

b) Revestimiento de varios tramos del canal

c) Compuertas de entregas prediales (11)

d) Aforador.

10.6.13.2 Dimensionamiento Canal y Obras de Control

En adelante se detallan las obras y mejoras propuestas para el canal Alfaro:

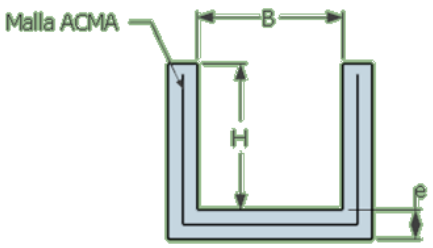
a) Bocatoma

Se plantea una bocatoma rustica de superficie tipo pata de cabra, considerando dimensiones aproximadas dado la falta de antecedentes y topografía. Se propone un muro de **L= 5 m** de longitud y una altura máxima de **H= 1,5 m** con objeto de conducir y asegurar el flujo al canal.

b) Mejoramiento Canal

Los diseños han considerado un caudal constante de 80 l/s, correspondiente a los derechos conocidos en acciones.

En el caso particular del canal Alfaro, se ha establecido una única sección rectangular. En la Figura 10.6.13.2-1 se observa la sección de canal seleccionado y en el Cuadro 10.6.13.2-1 se presentan las mejoras propuestas y el dimensionamiento de las secciones del canal. El detalle de la verificación hidráulica se encuentra en el Anexo 10-1.



Dimensiones Canal (m)			
Canal	**B**	**H**	**e**
S1	0,5	0,3	0,1

FIGURA 10.6.13.2-1
SECCIÓN CANAL ALFARO

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10.6.13.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL ALFARO

Macro Tramo	Dm Inicial (m)	Dm Final (m)	Material actual	Estado Conservación	Modificado	Material Propuesto	Q (m^3/s)	Base (m)	Altura (m)
1	0	117	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
1	117	172	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
1	172	231	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
1	231	387	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
2	387	433	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
2	433	471	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
2	471	490	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
2	490	726	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
2	726	752	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
2	752	812	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
2	812	839	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
3	839	848	Hormigón	Regular	SI	-	-	-	-
4	848	905	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
4	905	926	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
4	926	1216	Mampostería	Regular	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3
5	1216	1403	Tierra	Malo	SI	Hormigón	0,08	0,5	0,3

Fuente: Elaboración propia.

c) Compuertas Entrega Prediales

Se plantea la mejora de 11 entregas prediales, para lo cual se proponen estructuras de hormigón con empleo de compuertas metálicas.

Para las entregas prediales se considera canales de las mismas dimensiones y características que canal principal, vale decir, canal de hormigón con base=0,5 m y altura=0,3 m; se considera compuerta metálica de dimensiones: base=0,6 m y altura=0,5 m. En Plano MTZ-COP-029 se incluye detalle.

d) Aforador

De acuerdo con el diagnóstico y dado que no se dispone de información detallada sobre el caudal de entrega desde la bocatoma, es necesario considerar un aforador al comienzo del canal.

CUADRO 10.6.13.2-2
DIMENSIONES PROPUESTAS PARA AFORADORES

N°	Ubicación (m)	W (m)	L (m)	E (m)
1	25	0,229	2	0,8

Fuente: Elaboración propia.

10.7 Propuesta Alternativa Entubamiento

De manera complementaria a la propuesta original antes presentada, se verificó hidráulicamente la utilización de tuberías de HDPE para satisfacer los requerimientos de cada tramo de canal deteriorado. El detalle de este análisis se presenta en el Anexo 10-1. Finalmente, en el Capítulo 12 se presenta el costo relacionado.

11. ESTUDIO DE INTERFERENCIAS Y EXPROPIACIONES

11.1. Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo presentar la necesidad de expropiaciones en terrenos afectados por el Proyecto y la identificación de interferencias asociados a este.

El análisis se acota a las alternativas de proyectos de embalse (sitios Tranca Morada y San Miguel Alto), con un volumen útil de 5 hm^3 y sus Obras Complementarias, detallándose la presencia de propiedades, construcciones, viviendas, hitos geográficos, caminos y otros elementos que resultan de interés para contextualizar las necesidades de expropiación dentro del Área de Estudio.

11.2. Aspectos Básicos del Área de Estudio en Sitios de Proyectos

Los dos sitios de proyectos considerados en el presente estudio (asociados a embalse en Tranca Morada y Embalse en San Miguel Alto), se sitúan en sectores rurales de la comuna de Monte Patria, destinado a un uso agrícola según se registra en el Servicio de Impuestos Internos (SII). En la Figura 11.2-1 se puede apreciar la ubicación espacial de cada una de estas alternativas, presentándose mayor precisión en Planos MTZ–EXP 001 y 002.

El acceso al sitio Tranca Morada, desde la localidad de Carén se realiza actualmente por la Ruta D 577, posterior a la cual, se debe continuar actualmente por un camino de uso privado por un tramo de 2,04 km aproximadamente hasta llegar a la zona de emplazamiento del embalse. En las inmediaciones del sitio de embalse no existen viviendas, presentándose la vivienda más cercana, a 2 km aproximadamente del sitio de emplazamiento del embalse. Dentro de la superficie contemplada a intervenir para expropiar (66 ha aproximadamente), asociada a la construcción del muro, obras complementarias, área de inundación y empréstito, están presentes las bocatomas de los canales Tranca Morada (habilitado, de uso particular); Sasso Alto (No habilitado, de uso particular); y Sasso Bajo (habilitado, de uso comunitario). Los predios que potencialmente resultan intervenidos por el emplazamiento de la obra corresponden a Cuatro, asociados a los Roles de avalúo 112-1; 112-10 y 112-6 y predio Sin Rol (S/R)

En la Figura 11.2-2 se aprecia con mayor detalle la envolvente asociada al emplazamiento del embalse en Tranca Morada y los elementos de interés que pueden resultar afectados.

Respecto al acceso al sitio San Miguel Alto, cabe destacar que este se realiza por la misma ruta de acceso al sitio Tranca Morada desde la Localidad de Carén (Ruta D577), a partir del cual se debe hacer ingreso por un acceso particular hasta llegar a la zona de emplazamiento del embalse (3.700 m aproximadamente). En la zona destinada a expropiar (57 ha aproximadamente) no se constatan viviendas, sólo la presencia de dos bocatomas de canal que se verían afectadas. Los canales en cuestión corresponden al Canal Cascada (habilitado, de uso comunitario); y el canal Yerba loca alta (habilitado, de uso particular). Los predios que potencialmente resultan intervenidos por el emplazamiento de la obra corresponden a cuatro, asociados a los ROLES de avalúo 110-1; 110-2 y dos Predios Sin Rol, como se aprecia en la Figura 11.2-3.

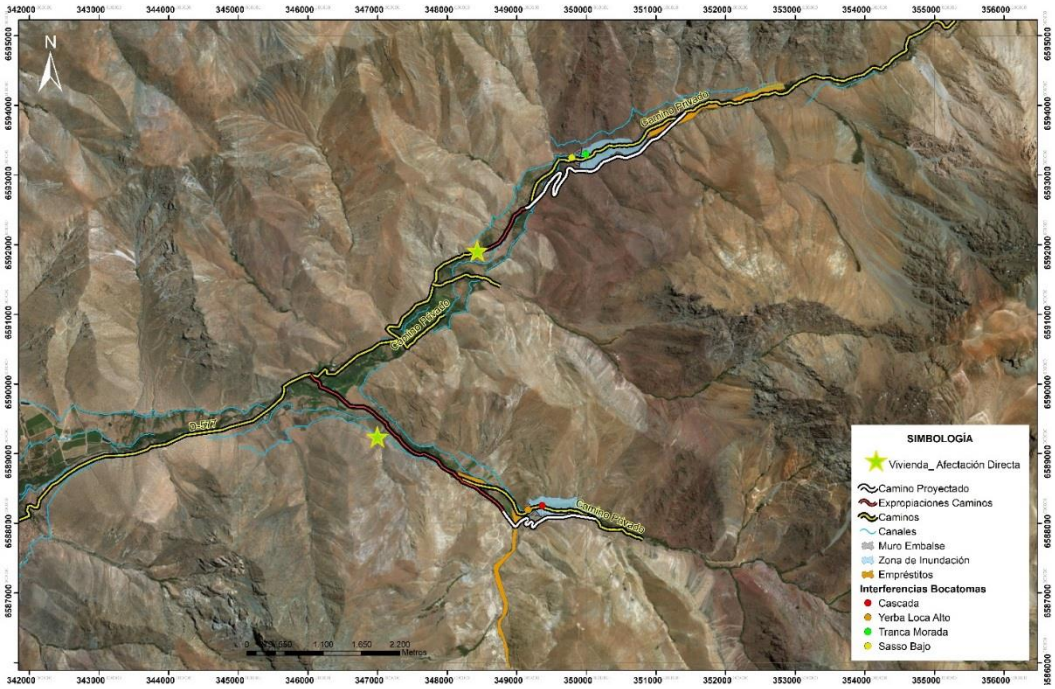


FIGURA 11.2-1
AFECTACIÓN OBRAS DE EMBALSE
Fuente: Elaboración propia.

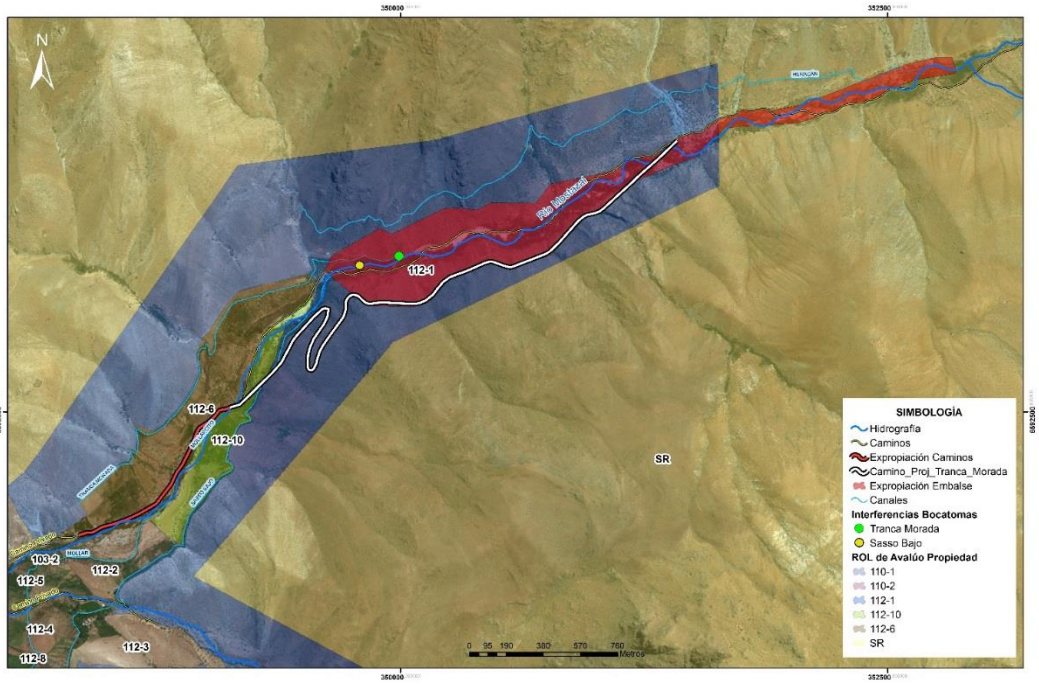


FIGURA 11.2-2
AFECTACIÓN EMBALSE EN SITIO TRANCA MORADA
Nota: Mayor precisión se presenta en Planos MTZ–EXP 001.

Fuente: Elaboración propia.

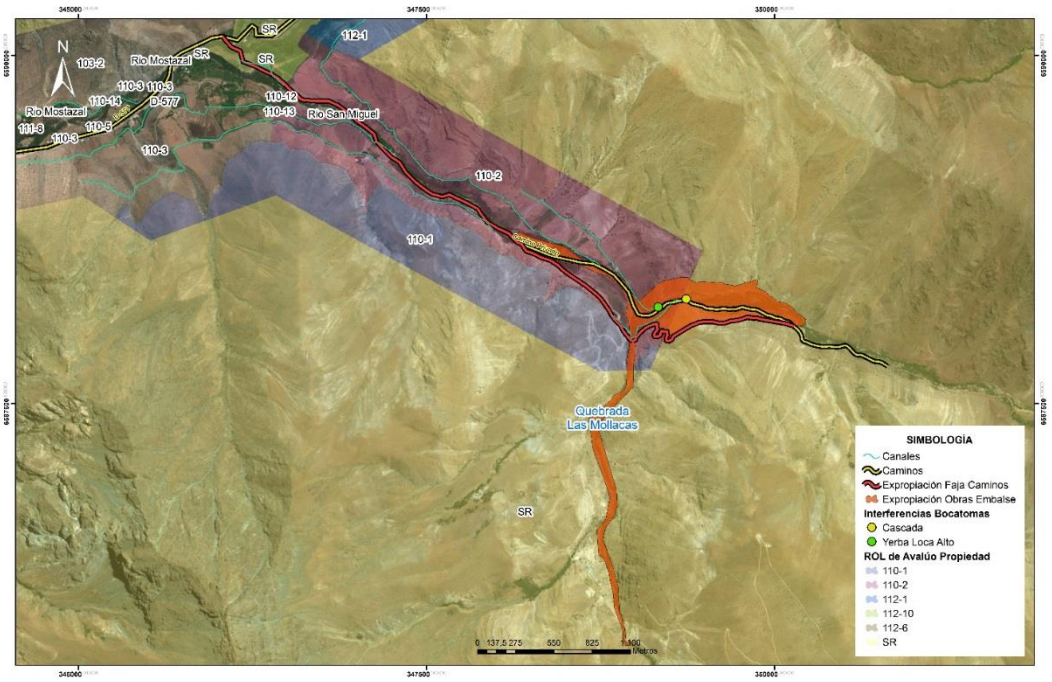


FIGURA 11.2-3
AFECTACIÓN EMBALSE EN SITIO SAN MIGUEL ALTO

Nota: Mayor precisión se presenta en Planos MTZ–EXP 002.

Fuente: Elaboración propia.

11.3. Expropiaciones

Cómo se desprende del acápite anterior, la afectación de predios privados por el emplazamiento de obras para almacenar un volumen útil de 5 hm^3 se remite sólo a siete predios, los que resultarían intervenidos específicamente por el emplazamiento de los dos sitios de embalse. Los antecedentes de cada una de estas propiedades se presentan en el Cuadro 11.3-1, en el cual se precisa Rol de avalúo, Dirección/nombre de predio, nombre del propietario y superficie de la propiedad, en tanto en los Cuadro 11.3-2 a 11.3-4, se presentan antecedentes asociados a los Lotes de Expropiación: antecedentes generales, deslindes, y valor del suelo respectivamente.

En los Planos MTZ–EXP 001 y 002, se presentan para cada sitio de embalse, la localización de predios y los lotes de expropiación, junto a los antecedentes que caracteriza a cada uno de estos, así como también la ubicación de elementos de interés como trazado de canales, caminos y otros.

CUADRO 11.3-1
ANTECEDENTES PREDIOS INTERVENIDOS

Nº Rol de Avalúo	Comuna	Nombre Propietario SII	Nombre y Dirección Propiedad SII	Superficie Intervención Predio (ha) (*)
110-1	MONTE PATRIA	CORTES ARCE JOSE SUC	El Maitén	0,3053
110-2	MONTE PATRIA	VILLALOBOS HENOT NICANOR	El Maitén	21,1807
112-1	MONTE PATRIA	VALDIVIA RAMIREZ EVA MARGARITA	Eva Margarita Valdivia Ramírez	53,8995
112-10	MONTE PATRIA	RODRIGUEZ ACUÑA ANTONIA	El Sasso- de El Maitén	0,3714
112-6	MONTE PATRIA	ARCE LOPEZ ALICIA AGUSTINA	Alicia Agustina Arce López	0,6407
SIN ROL	MONTE PATRIA	-	-	46,025
SIN ROL (**)	MONTE PATRIA	-	-	0,0568

(*) Calculado a partir de Plano de propiedades.
(**) Bien Nacional de Uso Público, Caja de Río.

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes SII y Cartografía Predios CIREN.

CUADRO 11.3-2
ANTECEDENTES GENERALES LOTES DE EXPROPIACIÓN

N° Lote	Rol Avalúo	Alternativa Obra	Observaciones	Ancho Faja Expropiada	Superficie Total A Expropiar (ha) (*)
1	112-6	Tranca Morada	CAMINO ACCESO	s	0,6407
2	112-10		VARIANTE CAMINO	10	0,3714
3	112-1		VARIANTE CAMINO; PRESA; ÁREA DE INUNDACIÓN; EMPRESTITO	VARIABLE	53,8995
4	SIN ROL		ZONA EMPRESTITO	VARIABLE	10,9255
5	SIN ROL	San Miguel Alto	CAMINO ACCESO	8	0,4595
6	110-2		CAMINO ACCESO	8	0,3824
7	SIN ROL		BNUP; CAMINO ACCESO	8	0,0568
8	110-2		CAMINO ACCESO	8	1,9279
9	110-1		VARIANTE CAMINO	10	0,1838
10	110-1		ZONA EMPRESTITO	VARIABLE	0,1215
11	SIN ROL		ZONA EMPRESTITO	VARIABLE	10,8434
12	110-2		VARIANTE CAMINO; PRESA; ZONA EMPRESTITO	VARIABLE	18,8704
13	SIN ROL		VARIANTE CAMINO; PRESA; ÁREA DE INUNDACIÓN	VARIABLE	23,7966

(*) Calculado a partir de Plano de propiedades.

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes SII y Cartografía Predios CIREN.

CUADRO 11.3-3
DESLINDES PARA CADA LOTE

N° Lote	Rol Avalúo	Deslinde			
		NORTE	SUR	ESTE	OESTE
1	112-6	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	Rol 112-10	Rol 112-2
2	112-10	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	Rol 112-1	Rol 112-6
3	112-1	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	LOTE 4	Resto del mismo predio
4	SIN ROL	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	LOTE 3
5	SIN ROL	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	ROL 110-2	Resto del mismo predio
6	110-2	Resto del mismo predio	BNUP	BNUP	SIN ROL
7	SIN ROL	ROL 110-2	110-2	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio
8	110-2	BNUP, Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	110-1, Resto del mismo predio	BNUP
9	110-1	110-2	Resto del mismo predio	110-2	Resto del mismo predio
10	110-1	110-2	LOTE 11	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio
11	SIN ROL	Resto del mismo predio	110-1	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio
12	110-2	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	LOTE 13	Resto del mismo predio
13	SIN ROL	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	Resto del mismo predio	LOTE 12

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes SII y Cartografía Predios CIREN.

CUADRO 11.3-4
VALOR SUELO PARA CADA ALTERNATIVA Y LOTE

Sitio Obra	N° Lote	Rol	Superficie Total Lote (m²)	Valor Moneda Nacional		
				Valor (*) Suelo ($/m²)	Valor Expropiación Lote	Valor Expropiación Alternativa
Tranca Morada	1	112-6	6.407	710	4.548.970	467.443.410
	2	112-10	3.714	710	2.636.940	
	3	112-1	538.995	710	382.686.450	
	4	SIN ROL	109.255	710	77.571.050	
San Miguel Alto	5	SIN ROL	4.595	710	3.262.450	402.160.330
	6	110-2	3.824	710	2.715.040	
	7	SIN ROL	568	710	403.280	
	8	110-2	19.279	710	13.688.090	
	9	110-1	1.838	710	1.304.980	
	10	110-1	1.215	710	862.650	
	11	SIN ROL	108.434	710	76.988.140	
	12	110-2	188.704	710	133.979.840	
	13	SIN ROL	237.966	710	168.955.860	

(*) Valor promedio referencial, para propiedades con características similares a las analizadas, respecto a superficie, medio construido y uso de suelo.
Fuente: Elaboración propia.

11.4. Interferencias

Considerando los antecedentes recopilados, la identificación de interferencias se acotó a las obras asociadas a la construcción de embalses. En este sentido, es posible distinguir tres tipos de interferencias, una asociada a la afectación de bocatomas de canales; tramos de canales y otra a la afectación de caminos intraprediales, todas ubicadas dentro de la zona de inundación y/o el eje de muro de los embalses analizados (San Miguel Alto y Tranca Morada). La ubicación de cada una de estas interferencias y las variantes propuestas es posible visualizarlas en los Planos MTZ–EXP 001 y 002.

En Cuadro 11.4-1 se presenta la ubicación de bocatomas que resultan afectadas como interferencia para los sitios de embalse analizados.

CUADRO 11.4-1
UBICACIÓN DE BOCATOMAS QUE RESULTAN AFECTADAS COMO INTERFERENCIA PARA LOS SITIOS DE EMBALSE

ID	Sitio Embalse	Canal	Ubicación Bocatoma (UTM 19 S)	
			Coordenada E	Coordenada N
1	San Miguel Alto	Yerba Loca Alto	349.993	6.593.298
2	San Miguel Alto	Cascada	349.791	6.593.251
3	Tranca Morada	Tranca Morada	349.365	6.588.250

Fuente: Elaboración propia.

12. PRECIOS UNITARIOS, PRESUPUESTOS Y COSTOS DE OPERACIÓN

12.1. Generalidades

En el presente capítulo se desarrolla el presupuesto a nivel de prefactibilidad de los embalses de Tranca Morada y San Miguel Alto, localizados en el río Mostazal y San Miguel, respectivamente. Se analiza también de manera separada el mejoramiento de la red de canales del valle de río Mostazal. El análisis se realizó de manera separada considerando que los proyectos podrían ser abordados por distintas fuentes de financiamiento, con tamaños de proyectos muy diferentes, con tipos de empresas también distintas, etc. Además, de ser complementarios entre sí.

Una vez conocido el prediseño de las obras, se cuantificó las cantidades de materiales necesarios para su construcción, y de esta manera, estimar los costos de los embalases para distintas capacidades de almacenamiento y el mejoramiento de la red de canales.

Los precios utilizados para la preparación del presupuesto corresponden a precios de mercado obtenidos de bases de datos, proyectos similares de la zona y cotizaciones. Los precios unitarios se calcularon tomando como base junio de 2017.

12.2. Embalses

12.2.1. Precios Unitarios Embalses

En el Cuadro 12.2.1-1 se muestran los Precios Unitarios a precios privados y sociales de las principales partidas de las obras asociados a embalses. Se consideró la zona geográfica de ubicación del proyecto.

Los precios unitarios no incluyen recargo por concepto de imprevistos, gastos generales, utilidades ni IVA. Sin embargo, en el total de cada presupuesto separado se agrega un 50% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 12.2.1-1
PRECIOS UNITARIOS OBRAS DE EMBALSE

Código	Descripción	Unidad	Precio Unitario Privado ($)	Precio Unitario Social ($)
001	Limpieza / Despeje (escarpe) 30 cm	m^2	2.107	1.812
002	Excavaciones en material común	m^3	2.373	2.126
003	Excavaciones en material fluvial c/agotamiento	m^3	4.646	4.240
004	Excavaciones abiertas en roca	m^3	6.007	5.767
005	Excavación abierta en roca con explosivo	m^3	7.197	7.093
006	Excavación Subterránea en Roca	m^3	53.038	47.963
007	Relleno Terraplén	m^3	3.212	2.925
008	Relleno Estructural	m^3	3.525	3.238

CUADRO 12.2.1-1
PRECIOS UNITARIOS OBRAS DE EMBALSE

Código	Descripción	Unidad	Precio Unitario Privado ($)	Precio Unitario Social ($)
009	Enrocado Consolidado D=0,3 m	m^3	12.044	11.583
0010	Carpeta de rodados	m^2	15.814	13.405
0015	Relleno presa	m^3	6.785	6.678
0021	Hormigón H-10	m^3	27.466	26.692
0024	Hormigón H-25	m^3	92.141	84.735
0025	Hormigón H-30	m^3	96.161	88.755
0029	Armadura Refuerzo A63-42H	kg	1.637	1.445
0030	Tubería Acero D=8"	m	60.568	60.490
0031	Tubería Acero D=12"	m	90.568	90.490
0050	Transporte a Botadero 5 km	m^3	1.684	1.578

Fuente: Elaboración propia.

12.2.2. Presupuestos Embalses

En este acápite se presentan los presupuestos de las obras de alternativas de embalses estudiadas, según las partidas más importantes del proyecto.

En el Cuadro 12.2.2-1 se presentan los costos de cada una de las alternativas considerando todas las capacidades analizadas para el caso del Embalse Tranca Morada. En el Anexo 12-1 se incluyen los precios unitarios, cubicaciones y presupuestos de las obras.

En el Cuadro 12.2.2-2 se presentan los costos de cada una de las alternativas considerando todas las capacidades analizadas para el caso del Embalse San Miguel Alto. En el Anexo 12-2 se incluyen los precios unitarios, cubicaciones y presupuestos de las obras.

CUADRO 12.2.2-1
RESUMEN COSTOS EMBALSE Y OBRAS ANEXAS
TRANCA MORADA

Capacidad (Hm^3)	Precios Privados ($)			Precios Sociales ($)		
	Costo Directo	GG, UTIL e IMP	Total Neto	Costo Directo	GG, UTIL e IMP	Total Neto
1	9.228.703.908	4.614.351.954	13.843.055.862	8.677.404.598	4.338.702.299	13.016.106.897
2	10.890.328.994	5.445.164.497	16.335.493.492	10.307.700.537	5.153.850.268	15.461.550.805
3	12.437.741.978	6.218.870.989	18.656.612.967	11.807.187.821	5.903.593.911	17.710.781.732
4	14.028.589.956	7.014.294.978	21.042.884.935	13.344.210.126	6.672.105.063	20.016.315.189
5	15.706.328.078	7.853.164.039	23.559.492.117	14.974.880.586	7.487.440.293	22.462.320.879

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12.2.2-2
RESUMEN COSTOS EMBALSE Y OBRAS ANEXAS
SAN MIGUEL ALTO

Capacidad (Hm^3)	Precios Privados ($)			Precios Sociales ($)		
	Costo Directo	GG, UTIL e IMP	Total Neto	Costo Directo	GG, UTIL e IMP	Total Neto
1	9.007.449.101	4.503.724.550	13.511.173.651	8.533.379.652	4.266.689.826	12.800.069.478
2	11.096.047.777	5.548.023.889	16.644.071.666	10.559.960.737	5.279.980.368	15.839.941.105
3	12.969.825.446	6.484.912.723	19.454.738.170	12.369.719.639	6.184.859.819	18.554.579.458
4	15.147.155.453	7.573.577.726	22.720.733.179	14.487.778.864	7.243.889.432	21.731.668.296
5	16.463.950.824	8.231.975.412	24.695.926.235	15.758.893.959	7.879.446.980	23.638.340.939

Fuente: Elaboración propia.

12.3. Mejoramiento de Canales

12.3.1. Cubicaciones y Precios Unitarios de Canales

La información base para determinar las cubicaciones de las obras necesarias para el mejoramiento de los canales se obtuvo del análisis de la infraestructura de riego en situación actual. Esta información se traspasó a una ficha de catastro y desde allí a una planilla master. Esta información de la base de datos se presenta en el Anexo 12-3.

Del diagnóstico se pudo identificar que existen algunos canales particulares y algunos que se encuentran sin uso, por abandono de las tierras de riego. Para el análisis se consideraron sólo los canales comunitarios.

En el Cuadro 12.3.1-1 se consignan los Precios Unitarios a precios privados de las principales partidas de las obras asociadas a los canales de riego adaptados a la zona geográfica de ubicación del proyecto. En el Anexo 12-4 se presenta las planillas de cálculo de los precios unitarios y presupuestos de canales.

CUADRO 12.3.1-1
PRECIOS UNITARIOS MEJORAMIENTO DE CANALES

Código	Descripción	Unidad	Precio Unitario Privado ($)	Precio Unitario Social ($)
1	Excavación a mano material común	m^3	14.941	14.493
2	Excavación a máquina material común	m^3	2.380	2.308
3	Relleno material común a mano compactado con placa	m^3	4.690	4.550
4	Relleno estabilizado a mano compactado con placa	m^3	10.590	10.273
5	Relleno compactado a maquina	m^3	4.689	4.548
6	Hormigón H20	m^3	171.927	166.769
7	Hormigón H25	m^3	183.290	177.792
8	Hormigón simple (170 kgc/m^3)	m^3	149.289	144.810
9	Mortero de pega	m^3	179.292	173.914
10	Empedrado de protección	m^2	69.680	67.590
11	Mampostería de piedra	m^2	40.097	38.894
12	Moldajes	m^2	17.567	17.040

CUADRO 12.3.1-1
PRECIOS UNITARIOS MEJORAMIENTO DE CANALES

Código	Descripción	Unidad	Precio Unitario Privado ($)	Precio Unitario Social ($)
13	Acero construcción (A63-42H)	kg	4.734	4.592
16.1	Tubo Estructura HDPE DN = 600 mm	ml	52.517	50.941
16.2	Tubo Estructura HDPE DN = 500 mm	ml	34.132	33.108
16.3	Tubo Estructura HDPE DN = 400 mm	ml	29.279	28.401
16.4	Tubo Estructura HDPE DN = 300 mm	ml	22.800	22.116
17	Tubo Spiropecc D = 0,800 m	ml	85.361	82.800
18	Tubo Graufort D = 1.00 m	ml	311.277	301.939
19	Tubo Graufort D = 0,80 m	ml	143.822	139.508
20	Tubo Graufort D = 0,60 m	ml	123.828	120.113
21	Cama de Arena	m^3	38.580	37.422
22	Acero construcción (A37-24ES)	kg	1.515	1.469
23	Hormigón H20 con 30% de bolón desplazador	m^3	150.005	145.504
25	Tubo de acero D = 300 mm	ml	53.326	51.726
26	Relleno Estabilizado Tranques	m^3	9.326	9.046
27	Tubos de Hormigón D = 1.00 m	ml	204.019	197.898
28	Tubos de Hormigón D = 0,80 m	ml	194.349	188.518
29	Tubos de Hormigón D = 0,60 m	ml	143.832	139.517
30	Malla Acma C-196	ml	7.619	7.390
31	Regla Limnimétrica	Un	44.630	43.291
32	Compuerta	Un	3.500	3.395
33	Pernos	Un	150	146
34	Unión Tubo Spiropecc	Un	100.350	97.340
35	Cámara de Inspección (Tubo Gran Flujo)	Un	250.000	242.500
36	Válvula Meplat de D= 300 mm	Un	350.000	339.500
37	Compuerta predial 0,4X0,4	Un	105.000	101.850
38	Compuerta predial 0,4X0,5	Un	130.000	126.100
39	Compuerta predial 0,6X0,5	Un	180.000	174.600
40	Compuerta predial 0,6X0,6	Un	205.000	198.850
41	Compuerta predial 0,6X0,7	Un	230.000	223.100
42	Compuerta predial 0,6X0,8	Un	250.000	242.500
43	Compuerta predial 0,9X0,7	Un	285.000	276.450
44	Retiro excedentes	Un	12.000	11.640
100	Compra de terreno	m^2	710	710
101	Entregas Prediales con Válvula Mariposa Waffer D=400 mm	Un	916.642	889.143
102	Entregas Prediales con Válvula Mariposa Waffer D=500 mm	Un	1.635.176	1.586.120
103	Entregas Prediales con Válvula Mariposa Waffer D=600 mm	Un	2.924.932	2.837.184

Fuente: Elaboración propia.

12.3.2. Presupuestos Canales

En los Cuadros 12.3.2-1 y 12.3.2-2 se presentan los resúmenes de los costos de mejoramiento de los canales del valle del río Mostazal a precios privados y sociales, respectivamente.

Al igual que para el caso de los embalses, se asigna un 50% de recargo por concepto de gastos general, utilidades e imprevistos.

CUADRO 12.3.2-1
RESUMEN COSTO DEL MEJORAMIENTO DE CANALES RÍO MOSTAZAL
PRECIOS PRIVADOS

N°	NOMBRE CANAL	Costos por Partida ($)								
		Revestimiento Canal	Bocatoma	Aforador Parshall	Atraviesos / Cruces	Compuertas Prediales	Obras Adicionales	Costo Directo	Gg, Util e Imp	Costo Total
Primera Sección - Río Mostazal (Sector 1)										
1	Maitén Alto	64.233.594	0	0	0	7.852.612	0	**72.086.207**	36.043.103	**108.129.310**
2	Maitén Bajo	43.484.950	0	0	3.174.684	6.516.651	0	**53.176.285**	26.588.142	**79.764.427**
3	Quebrada Honda	473.059.254	0	0	22.711.376	12.345.814	0	**508.116.444**	254.058.222	**762.174.666**
4	Sasso Bajo	196.429.000	0	0	13.899.805	13.718.574	0	**224.047.378**	112.023.689	**336.071.067**
5	Mollar	117.771.345	0	0	2.959.279	7.543.450	0	**128.274.074**	64.137.037	**192.411.110**
Subtotal		**894.978.144**	**0**	**0**	**42.745.143**	**47.977.100**	**0**	**985.700.387**	**492.850.194**	**1.478.550.581**
Primera Sección - Río San Miguel (Sector 4)										
6	Cascada	32.836.462	20.191.866	310.112	3.079.635	1.018.227	0	**57.436.301**	28.718.151	**86.154.452**
7	Habitación	185.483.913	0	0	2.937.083	2.365.271	0	**190.786.268**	95.393.134	**286.179.402**
8	Palcalito	115.162.565	0	0	3.459.787	1.536.453	0	**120.158.806**	60.079.403	**180.238.209**
Subtotal		**333.482.941**	**20.191.866**	**310.112**	**9.476.505**	**4.919.952**	**0**	**368.381.375**	**184.190.687**	**552.572.062**
Segunda Sección - Río Mostazal (Sector 2)										
9	Arenal	600.415.964	0	0	5.206.520	6.465.814	0	**612.088.298**	306.044.149	**918.132.447**
10	Derrumbe	56.709.498	0	0	0	1.075.517	0	**57.785.015**	28.892.507	**86.677.522**
11	Estanque	7.039.050	0	0	0	307.291	0	**7.346.340**	3.673.170	**11.019.510**
12	Durazno	53.569.526	0	0	0	4.046.873	0	**57.616.399**	28.808.200	**86.424.599**
13	Maqui Alto	237.299.026	0	0	11.215.002	8.278.450	0	**256.792.477**	128.396.239	**385.188.716**
14	Maqui Bajo	81.343.523	0	0	3.645.331	4.967.070	0	**89.955.924**	44.977.962	**134.933.885**
15	Veguita	35.302.057	0	0	3.060.688	1.382.808	0	**39.745.553**	19.872.777	**59.618.330**
16	Vega	295.291.929	0	0	3.728.076	6.465.814	0	**305.485.819**	152.742.909	**458.228.728**
Subtotal		**1.366.970.573**	**0**	**0**	**26.855.616**	**32.989.636**	**0**	**1.426.815.826**	**713.407.913**	**2.140.223.738**
Tercera Sección - Río Mostazal (Sector 3)										
17	Molino Viejo	174.968.894	0	0	4.260.315	5.665.469	0	**184.894.678**	92.447.339	**277.342.017**
18	Molino Agua Amarilla	88.211.819	20.191.866	310.112	0	473.054	0	**109.186.851**	54.593.425	**163.780.276**
19	Colliguay Alto	443.119.481	0	0	49.914.858	3.244.089	0	**496.278.427**	248.139.214	**744.417.641**
20	Colliguay Bajo	186.629.126	0	0	3.432.381	12.772.465	0	**202.833.972**	101.416.986	**304.250.958**
21	Guindo	44.391.911	20.191.866	310.112	0	1.843.744	0	**66.737.632**	33.368.816	**100.106.449**
22	Carrizalito	50.200.440	20.191.866	310.112	0	3.226.552	0	**73.928.970**	36.964.485	**110.893.454**
23	Viña	272.138.250	0	0	16.797.571	4.579.952	0	**293.515.772**	146.757.886	**440.273.658**
24	Peralito	214.997.435	0	0	11.333.274	2.963.498	209.393.893	**438.688.100**	219.344.050	**658.032.150**
25	Cancha	188.240.916	0	0	4.496.859	4.849.360	0	**197.587.135**	98.793.568	**296.380.703**
26	Callejón	16.927.233	20.191.866	310.112	0	724.581	0	**38.153.791**	19.076.896	**57.230.687**
27	Chaguaral Bajo	47.172.080	20.191.866	310.112	0	2.304.680	0	**69.978.738**	34.989.369	**104.968.107**
28	Lomita	23.425.776	20.191.866	310.112	0	3.841.134	0	**47.768.886**	23.884.443	**71.653.330**
29	Alfaro	60.518.619	20.191.866	310.112	0	2.240.099	0	**83.260.695**	41.630.347	**124.891.042**
Subtotal		**1.810.941.979**	**141.343.059**	**2.170.781**	**90.235.258**	**48.728.678**	**209.393.893**	**2.302.813.647**	**1.151.406.824**	**3.454.220.471**
TOTAL		**4.406.373.636**	**161.534.925**	**2.480.893**	**169.312.523**	**134.615.366**	**209.393.893**	**5.083.711.235**	**2.541.855.617**	**7.625.566.852**

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12.3.2-2
RESUMEN COSTO DEL MEJORAMIENTO DE CANALES RÍO MOSTAZAL
PRECIOS SOCIALES

N°	NOMBRE CANAL	Costos por Partida ($)								
		Revestimiento Canal	Bocatoma	Aforador Parshall	Atraviesos / Cruces	Compuertas Prediales	Obras Adicionales	Costo Directo	Gg, Util e Imp	Costo Total
Primera Sección - Río Mostazal (Sector 1)										
1	Maitén Alto	62.306.587	0	0	0	7.617.034	0	**69.923.621**	34.961.810	**104.885.431**
2	Maitén Bajo	42.180.402	0	0	3.079.443	6.321.152	0	**51.580.996**	25.790.498	**77.371.494**
3	Quebrada Honda	458.867.477	0	0	22.030.035	11.975.439	0	**492.872.951**	246.436.475	**739.309.426**
4	Sasso Bajo	190.536.130	0	0	13.482.811	13.307.016	0	**217.325.957**	108.662.978	**325.988.935**
5	Mollar	114.238.205	0	0	2.870.500	7.317.146	0	**124.425.851**	62.212.926	**186.638.777**
Subtotal		**868.128.799**	**0**	**0**	**41.462.789**	**46.537.787**	**0**	**956.129.375**	**478.064.688**	**1.434.194.063**
Primera Sección - Río San Miguel (Sector 4)										
6	Cascada	31.851.368	19.586.110	300.808	2.987.246	987.680	0	**55.713.212**	27.856.606	**83.569.818**
7	Habitación	179.919.396	0	0	2.848.971	2.294.313	0	**185.062.680**	92.531.340	**277.594.020**
8	Palcalito	111.707.688	0	0	3.355.994	1.490.360	0	**116.554.042**	58.277.021	**174.831.063**
Subtotal		**323.478.452**	**19.586.110**	**300.808**	**9.192.210**	**4.772.353**	**0**	**357.329.934**	**178.664.967**	**535.994.900**
Segunda Sección - Río Mostazal (Sector 2)										
9	Arenal	582.403.485	0	0	5.050.324	6.271.839	0	**593.725.649**	296.862.825	**890.588.474**
10	Derrumbe	55.008.213	0	0	0	1.043.252	0	**56.051.465**	28.025.732	**84.077.197**
11	Estanque	6.827.878	0	0	0	298.072	0	**7.125.950**	3.562.975	**10.688.925**
12	Durazno	51.962.440	0	0	0	3.925.467	0	**55.887.907**	27.943.954	**83.831.861**
13	Maqui Alto	230.180.055	0	0	10.878.552	8.030.096	0	**249.088.703**	124.544.352	**373.633.055**
14	Maqui Bajo	78.903.217	0	0	3.535.971	4.818.058	0	**87.257.246**	43.628.623	**130.885.869**
15	Veguita	34.242.996	0	0	2.968.867	1.341.324	0	**38.553.187**	19.276.593	**57.829.780**
16	Vega	286.433.171	0	0	3.616.234	6.271.839	0	**296.321.244**	148.160.622	**444.481.866**
Subtotal		**1.325.961.456**	**0**	**0**	**26.049.948**	**31.999.947**	**0**	**1.384.011.351**	**692.005.675**	**2.076.017.026**
Tercera Sección - Río Mostazal (Sector 3)										
17	Molino Viejo	169.719.827	0	0	4.132.505	5.495.505	0	**179.347.837**	89.673.919	**269.021.756**
18	Molino Agua Amarilla	85.565.465	19.586.110	300.808	0	458.863	0	**105.911.245**	52.955.623	**158.866.868**
19	Colliguay Alto	429.825.896	0	0	48.417.412	3.146.766	0	**481.390.075**	240.695.037	**722.085.112**
20	Colliguay Bajo	181.030.252	0	0	3.329.410	12.389.291	0	**196.748.953**	98.374.476	**295.123.429**
21	Guindo	43.060.154	19.586.110	300.808	0	1.788.432	0	**64.735.503**	32.367.752	**97.103.255**
22	Carrizalito	48.694.427	19.586.110	300.808	0	3.129.756	0	**71.711.101**	35.855.550	**107.566.651**
23	Viña	263.974.102	0	0	16.293.644	4.442.553	0	**284.710.299**	142.355.150	**427.065.449**
24	Peralito	208.547.512	0	0	10.993.276	2.874.593	203.670.136	**426.085.517**	213.042.758	**639.128.275**
25	Cancha	182.593.688	0	0	4.361.953	4.703.880	0	**191.659.521**	95.829.761	**287.489.282**
26	Callejón	16.419.416	19.586.110	300.808	0	702.844	0	**37.009.178**	18.504.589	**55.513.766**
27	Chaguaral Bajo	45.756.918	19.586.110	300.808	0	2.235.540	0	**67.879.376**	33.939.688	**101.819.064**
28	Lomita	22.723.002	19.586.110	300.808	0	3.725.900	0	**46.335.820**	23.167.910	**69.503.730**
29	Alfaro	58.703.060	19.586.110	300.808	0	2.172.896	0	**80.762.874**	40.381.437	**121.144.311**
Subtotal		**1.756.613.719**	**137.102.767**	**2.105.658**	**87.528.200**	**47.266.818**	**203.670.136**	**2.234.287.298**	**1.117.143.649**	**3.351.430.947**
TOTAL		**4.274.182.427**	**156.688.877**	**2.406.466**	**164.233.147**	**130.576.905**	**203.670.136**	**4.931.757.958**	**2.465.878.979**	**7.397.636.937**

Fuente: Elaboración propia.

12.3.3. Presupuestos Alternativa Entubamiento

De manera complementaria a la propuesta original de mejoramiento de canales presentada anteriormente, se realizó un análisis para determinar el costo alternativo de instalar tuberías de HPDE 4

en vez de revestir los tramos deteriorados de cada canal. En los Cuadros 12.3.3-1 y 12.3.3-2 se presentan los presupuestos de precios privados y sociales, respectivamente.

CUADRO 12.3.3-1
RESUMEN COSTO DEL MEJORAMIENTO DE CANALES RÍO MOSTAZAL
PROPUESTA ALTERNATIVA DE ENTUBAMIENTO
PRECIOS PRIVADOS

N°	NOMBRE CANAL	Costos por Partida ($)								
		Entubamiento Canal	Bocatoma	Aforador Parshall	Atraviesos / Cruces	Compuertas Prediales	Obras Adicionales	Costo Directo	Gg, Util e Imp	Costo Total
Primera Sección - Río Mostazal (Sector 1)										
1	Maitén Alto	65.784.268	0	0	0	52.325.624	0	**118.109.892**	59.054.946	**177.164.838**
2	Maitén Bajo	45.016.470	0	0	3.135.809	29.332.559	0	**77.484.838**	38.742.419	**116.227.258**
3	Quebrada Honda	548.810.881	0	0	22.711.376	116.997.273	0	**688.519.530**	344.259.765	**1.032.779.295**
4	Sasso Bajo	199.514.729	0	0	13.899.805	94.840.194	0	**308.254.727**	154.127.364	**462.382.091**
5	Mollar	119.883.850	0	0	2.959.279	45.784.921	0	**168.628.050**	84.314.025	**252.942.075**
Subtotal		**979.010.198**	**0**	**0**	**42.706.269**	**339.280.571**	**0**	**1.360.997.038**	**680.498.519**	**2.041.495.557**
Primera Sección - Río San Miguel (Sector 4)										
6	Cascada	33.807.011	20.191.866	310.112	3.079.635	4.583.212	0	**61.971.836**	30.985.918	**92.957.754**
7	Habitación	163.809.931	0	0	2.914.406	9.166.425	0	**175.890.763**	87.945.381	**263.836.144**
8	Palcalito	143.400.679	0	0	3.401.476	9.166.425	0	**155.968.579**	77.984.290	**233.952.869**
Subtotal		**341.017.622**	**20.191.866**	**310.112**	**9.395.517**	**22.916.062**	**0**	**393.831.178**	**196.915.589**	**590.746.767**
Segunda Sección - Río Mostazal (Sector 2)										
9	Arenal	782.319.876	0	0	5.206.520	70.198.364	0	**857.724.760**	428.862.380	**1.286.587.140**
10	Derrumbe	70.382.893	0	0	0	6.416.497	0	**76.799.391**	38.399.695	**115.199.086**
11	Estanque	8.753.202	0	0	0	1.833.285	0	**10.586.487**	5.293.244	**15.879.731**
12	Durazno	233.796.745	0	0	0	40.949.046	0	**274.745.790**	137.372.895	**412.118.685**
13	Maqui Alto	366.521.358	0	0	11.215.002	102.372.614	0	**480.108.974**	240.054.487	**720.163.461**
14	Maqui Bajo	228.185.623	0	0	3.645.331	61.423.568	0	**293.254.522**	146.627.261	**439.881.783**
15	Veguita	43.989.308	0	0	3.060.688	8.249.782	0	**55.299.778**	27.649.889	**82.949.667**
16	Vega	395.943.779	0	0	3.728.076	70.198.364	0	**469.870.219**	234.935.109	**704.805.328**
Subtotal		**2.129.892.784**	**0**	**0**	**26.855.616**	**361.641.521**	**0**	**2.518.389.921**	**1.259.194.960**	**3.777.584.881**
Tercera Sección - Río Mostazal (Sector 3)										
17	Molino Viejo	351.054.804	0	0	4.260.315	61.423.568	0	**416.738.687**	208.369.344	**625.108.031**
18	Molino Agua Amarilla	89.616.910	20.191.866	310.112	0	3.270.352	0	**113.389.239**	56.694.619	**170.083.858**
19	Colliguay Alto	534.711.139	0	0	49.914.858	29.249.318	0	**613.875.315**	306.937.658	**920.812.973**
20	Colliguay Bajo	195.808.573	0	0	3.432.381	88.299.491	0	**287.540.445**	143.770.222	**431.310.667**
21	Guindo	63.594.695	20.191.866	310.112	0	10.999.710	0	**95.096.382**	47.548.191	**142.644.573**
22	Carrizalito	73.955.629	20.191.866	310.112	0	19.249.492	0	**113.707.098**	56.853.549	**170.560.647**
23	Viña	244.091.549	0	0	16.797.571	27.797.988	0	**288.687.108**	144.343.554	**433.030.662**
24	Peralito	285.065.162	0	0	11.333.274	17.986.933	209.393.893	**523.779.262**	261.889.631	**785.668.893**
25	Cancha	306.427.033	0	0	4.496.859	29.433.164	0	**340.357.056**	170.178.528	**510.535.583**
26	Callejón	26.080.971	20.191.866	310.112	0	5.499.855	0	**52.082.803**	26.041.401	**78.124.204**
27	Chaguaral Bajo	58.548.206	20.191.866	310.112	0	13.749.637	0	**92.799.821**	46.399.910	**139.199.731**
28	Lomita	29.966.321	20.191.866	310.112	0	22.916.062	0	**73.384.360**	36.692.180	**110.076.540**
29	Alfaro	62.656.852	20.191.866	310.112	0	10.083.067	0	**93.241.897**	46.620.948	**139.862.845**
Subtotal		**2.321.577.844**	**141.343.059**	**2.170.781**	**90.235.258**	**339.958.637**	**209.393.893**	**3.104.679.471**	**1.552.339.736**	**4.657.019.207**
TOTAL		**5.771.498.447**	**161.534.925**	**2.480.893**	**169.192.660**	**1.063.796.791**	**209.393.893**	**7.377.897.608**	**3.688.948.804**	**11.066.846.412**

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12.3.3-2
RESUMEN COSTO DEL MEJORAMIENTO DE CANALES RÍO MOSTAZAL
PROPUESTA ALTERNATIVA DE ENTUBAMIENTO
PRECIOS SOCIALES

N°	NOMBRE CANAL	Costos por Partida ($)								
		Entubamiento Canal	Bocatoma	Aforador Parshall	Atraviesos / Cruces	Compuertas Prediales	Obras Adicionales	Costo Directo	Gg, Util e Imp	Costo Total
Primera Sección - Río Mostazal (Sector 1)										
1	Maitén Alto	63.810.740	0	0	0	50.755.855	0	**114.566.595**	57.283.298	**171.849.893**
2	Maitén Bajo	43.665.976	0	0	3.041.735	28.452.583	0	**75.160.293**	37.580.147	**112.740.440**
3	Quebrada Honda	532.346.555	0	0	22.030.035	113.487.355	0	**667.863.944**	333.931.972	**1.001.795.916**
4	Sasso Bajo	193.529.287	0	0	13.482.811	91.994.988	0	**299.007.085**	149.503.543	**448.510.628**
5	Mollar	116.287.335	0	0	2.870.500	44.411.373	0	**163.569.208**	81.784.604	**245.353.813**
Subtotal		**949.639.892**	**0**	**0**	**41.425.080**	**329.102.154**	**0**	**1.320.167.127**	**660.083.563**	**1.980.250.690**
Primera Sección - Río San Miguel (Sector 4)										
6	Cascada	32.792.801	19.586.110	300.808	2.987.246	4.445.716	0	**60.112.681**	30.056.340	**90.169.021**
7	Habitación	158.895.634	0	0	2.826.974	8.891.432	0	**170.614.040**	85.307.020	**255.921.060**
8	Palcalito	139.098.658	0	0	3.299.431	8.891.432	0	**151.289.522**	75.644.761	**226.934.283**
Subtotal		**330.787.093**	**19.586.110**	**300.808**	**9.113.652**	**22.228.580**	**0**	**382.016.243**	**191.008.121**	**573.024.364**
Segunda Sección - Río Mostazal (Sector 2)										
9	Arenal	758.850.280	0	0	5.050.324	68.092.413	0	**831.993.017**	415.996.508	**1.247.989.525**
10	Derrumbe	68.271.406	0	0	0	6.224.002	0	**74.495.409**	37.247.704	**111.743.113**
11	Estanque	8.490.606	0	0	0	1.778.286	0	**10.268.893**	5.134.446	**15.403.339**
12	Durazno	226.782.842	0	0	0	39.720.574	0	**266.503.416**	133.251.708	**399.755.125**
13	Maqui Alto	355.525.717	0	0	10.878.552	99.301.436	0	**465.705.705**	232.852.852	**698.558.557**
14	Maqui Bajo	221.340.054	0	0	3.535.971	59.580.861	0	**284.456.886**	142.228.443	**426.685.329**
15	Veguita	42.669.629	0	0	2.968.867	8.002.289	0	**53.640.785**	26.820.392	**80.461.177**
16	Vega	384.065.466	0	0	3.616.234	68.092.413	0	**455.774.112**	227.887.056	**683.661.168**
Subtotal		**2.065.996.000**	**0**	**0**	**26.049.948**	**350.792.275**	**0**	**2.442.838.223**	**1.221.419.111**	**3.664.257.334**
Tercera Sección - Río Mostazal (Sector 3)										
17	Molino Viejo	340.523.160	0	0	4.132.505	59.580.861	0	**404.236.527**	202.118.263	**606.354.790**
18	Molino Agua Amarilla	86.928.403	19.586.110	300.808	0	3.172.241	0	**109.987.561**	54.993.781	**164.981.342**
19	Colliguay Alto	518.669.805	0	0	48.417.412	28.371.839	0	**595.459.056**	297.729.528	**893.188.583**
20	Colliguay Bajo	189.934.316	0	0	3.329.410	85.650.506	0	**278.914.231**	139.457.116	**418.371.347**
21	Guindo	61.686.854	19.586.110	300.808	0	10.669.718	0	**92.243.491**	46.121.745	**138.365.236**
22	Carrizalito	71.736.960	19.586.110	300.808	0	18.672.007	0	**110.295.885**	55.147.943	**165.443.828**
23	Viña	236.768.803	0	0	16.293.644	26.964.048	0	**280.026.495**	140.013.247	**420.039.742**
24	Peralito	276.513.207	0	0	10.993.276	17.447.325	203.670.136	**508.623.944**	254.311.972	**762.935.917**
25	Cancha	297.234.222	0	0	4.361.953	28.550.169	0	**330.146.344**	165.073.172	**495.219.516**
26	Callejón	25.298.541	19.586.110	300.808	0	5.334.859	0	**50.520.319**	25.260.159	**75.780.478**
27	Chaguaral Bajo	56.791.760	19.586.110	300.808	0	13.337.148	0	**90.015.826**	45.007.913	**135.023.739**
28	Lomita	29.067.331	19.586.110	300.808	0	22.228.580	0	**71.182.829**	35.591.415	**106.774.244**
29	Alfaro	60.777.147	19.586.110	300.808	0	9.780.575	0	**90.444.640**	45.222.320	**135.666.960**
Subtotal		**2.251.930.508**	**137.102.767**	**2.105.658**	**87.528.200**	**329.759.878**	**203.670.136**	**3.012.097.147**	**1.506.048.574**	**4.518.145.721**
TOTAL		**5.598.353.494**	**156.688.877**	**2.406.466**	**164.116.880**	**1.031.882.887**	**203.670.136**	**7.157.118.740**	**3.578.559.370**	**10.735.678.109**

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el costo de la propuesta de entubamiento resulta más costosa que la de revestimiento de los canales, con un valor sobre los $3.300 millones adicionales, debido tanto

a la instalación de la tubería misma, como también de la consideración de entregas prediales con válvulas en vez de compuertas.

12.4. Costos de Operación

Los costos de operación están asociados a los procedimientos y normas aplicables en la operación, mantenimiento y seguridad del Embalse y sus obras anexas. Del mismo modo, para el caso de red de riego, éstos costos se asocian al funcionamiento y operación normal de los canales de riego.

Existen dos objetivos de importancia que se persiguen con la mantención de las obras. Por una parte, una adecuada mantención asegura la permanencia de las propiedades hidráulicas del sistema, es decir, permite que las obras funcionen adecuadamente descargando los caudales para las que fueron diseñados. En el caso contrario, una deficiente mantención produce un aumento de la rugosidad de la superficie de contacto con el flujo del agua, lo cual reduce su velocidad, y también se produce una disminución de la sección transversal del flujo. Por estas dos razones, finalmente se produce una menor descarga de caudal del sistema. Por otro lado, es obvio que solamente con una adecuada mantención es posible resguardar las inversiones que se realizan en las obras, de tal manera que se optimiza la vida útil de éstas, protegiendo y haciendo más eficiente el uso de los recursos

Tanto para el caso de los embalses y de la red de canales se ha estimado que los costos de operación y mantenimiento anual un 1% del costo directo de las obras. En los Cuadros 12.4-1 a 12.4-3 se presenta esta información para ambos embalses y el mejoramiento de canales.

CUADRO 12.4-1
COSTO DE OPERACIÓN TRANCA MORADA

Capacidad (Hm^3)	Precios Privados ($)	Precios Sociales ($)
1	92.287.039	86.774.046
2	108.903.290	103.077.005
3	124.377.420	118.071.878
4	140.285.900	133.442.101
5	157.063.281	149.748.806

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12.4-2
COSTO DE OPERACIÓN SAN MIGUEL ALTO

Capacidad (Hm^3)	Precios Privados ($)	Precios Sociales ($)
1	90.074.491	85.333.797
2	110.960.478	105.599.607
3	129.698.254	123.697.196
4	151.471.555	144.877.789
5	164.639.508	157.588.940

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12.4-3
COSTO DE OPERACIÓN CANALES[1]

Sección	PRECIOS PRIVADOS ($)	PRECIOS SOCIALES ($)
Primera - Río Mostazal (Sector 1)	9.857.004	9.561.294
Primera - Río San Miguel (Sector 4)	3.683.814	3.573.299
Segunda - Río Mostazal (Sector 2)	14.268.158	13.840.114
Tercera - Río Mostazal (Sector 3)	23.028.136	22.342.873
TOTAL	**50.837.112**	**49.317.580**

Fuente: Elaboración propia.

[1] Según la propuesta original de revestimiento de los tramos de canal deteriorados.

13. ANÁLISIS MULTIPROPÓSITO DE LOS EMBALSES

13.1. Antecedentes Generales

En este capítulo se presenta un análisis de los embalses con posibles adicionales, tales como control de crecidas, hidrogeneración, o apoyo a los sistemas de agua potable rural (APR).

13.2. Control de Crecidas

13.2.1. Aspectos Conceptuales

La sola inclusión de un muro en el cauce del río genera beneficios sobre el valle, ya que éste será sometido a caudales menores a los esperados.

En el esquema de la Figura 13.2.1-1, se puede observar el efecto que la construcción de un embalse genera en los caudales de crecida del río.

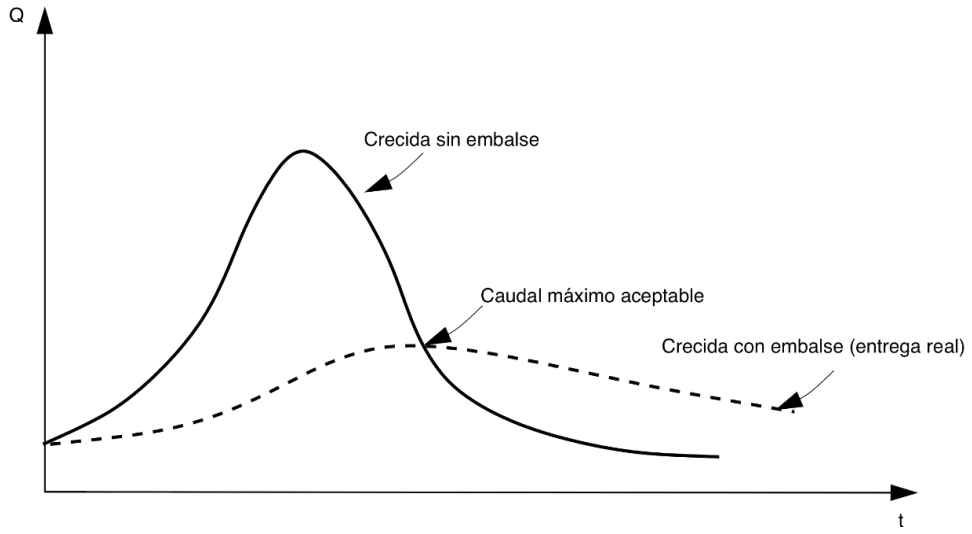


FIGURA 13.2.1-1
ESQUEMA ONDA ENTRANTE Y SALIENTE DE UN EMBALSE
Fuente: Elaboración propia.

Los efectos que esta obra genera se pueden identificar como:

- Previene o disminuye las pérdidas de bienes y servicios a causa de desbordes de ríos o inundaciones
- Posibilita aumentar la producción de bienes y servicios usando más intensivamente los terrenos protegidos
- Eventualmente evita pérdida de vidas humanas

13.2.2. Metodología del Efecto Regulador de un Embalse

13.2.2.1. Objetivo

El objetivo de esta metodología es evaluar el efecto regulador de crecidas de los embalses.

13.2.2.2. Consideraciones Generales

Como consideraciones generales de los efectos reguladores en embalses se puede mencionar los siguientes aspectos (Stowhas, Seminario Embalses 2010):

- Los embalses no agravan el impacto de las crecidas naturales.
- Los embalses con vertederos no controlados, siempre mitigarán la magnitud de los caudales máximos de crecidas, y eventualmente también su volumen.
- Los embalses con vertederos controlados por compuertas siguen leyes de operación que, salvo errores garrafales, de los cuales afortunadamente no existen antecedentes históricos, también mitigarán la magnitud de los caudales máximos y de los volúmenes de crecidas, o en el peor caso, resultarán neutros.
- La intervención de reservorios naturales si puede agravar el impacto de las crecidas naturales.

13.2.2.3. Procedimiento de Cálculo

Las ecuaciones para simular el paso de una crecida por un embalse con vertedero libre o sin control son las siguientes:

$$(1)\ Q_{EF} = C \cdot L \cdot h\sqrt{h}$$

$$(2)\ Vol_{final}(t) = Vol_{inicial}(t) + Q_{AF}(t) \cdot \Delta t - Q_{EF}(t) \cdot \Delta t$$

$$(3)\ h = f(Vol)\ ;\ curva\ de\ embalse$$

La ecuación (1) representa el caudal de salida del vertedero, en donde:

Donde:

Q_{EF}: $caudal\ de\ salida$ (m^3/s)

l: $ancho\ del\ vertedero$ (m)

h: $altura\ de\ agua\ del\ embalse\ sobre\ la\ cota\ del\ vertderero$ (m)

c: $coeficiente\ de\ gasto$

El coeficiente de gasto "m" para los vertederos tipo Ogee varia con la carga relativa $h/Hd = \lambda$, donde H_d corresponde a la altura de escurrimiento de diseño. Según Capítulo de Diseño de Obras (Mery, 2007), los antecedentes experimentales permiten establecer la siguiente ecuación para el coeficiente de gasto:

La ecuación (2) representa el volumen del embalse en el tiempo "t" en donde:

$Q_{AF}(t)$: $hidrograma\ de\ crecidas$

La ecuación (3) representa la altura del embalse en relación con el volumen almacenado determinada más adelante.

Como estas ecuaciones no son lineales, se debe usar un método iterativo para poder resolverlos. El procedimiento es el explicado a continuación.

13.2.2.4. Método de Balance

Se realizó un balance según la expresión de Goodrich para rastreo de crecida en embalses sin compuertas, que se define a continuación:

$$\frac{\mathbf{2 \cdot S_{i+1}}}{\Delta \boldsymbol{t}} + \boldsymbol{Q_{i+1}} = \boldsymbol{I_i} + \boldsymbol{I_{i+1}} + \left(\frac{\mathbf{2 \cdot S_i}}{\Delta \boldsymbol{t}} - \boldsymbol{Q_i}\right)$$

Donde:

$\boldsymbol{I_i}$= Caudal de Ingreso en el tiempo i (m^3/s)

$\boldsymbol{I_{i+1}}$= Caudal de Ingreso en el tiempo $i+1$ (m^3/s)

$\boldsymbol{S_i}$= Volumen de almacenamiento en el tiempo i (m^3)

$\boldsymbol{S_{i+1}}$= Volumen de almacenamiento en el tiempo $i+1$ (m^3)

$\boldsymbol{Q_i}$= Egreso en el tiempo i (m^3/s)

$\boldsymbol{Q_{i+1}}$= Egreso en el tiempo $i+1$ (m^3/s)

a) Cálculo de Función Almacenamiento-Caudal de Salida

Para generar la función almacenamiento-caudal lo primero que se debe hacer es calcular la diferencia entre la cota del embalse y la cota del vertedero hasta el valor máximo, es decir el coronamiento.

Con esa diferencia de cotas, que representa la altura de agua del embalse por sobre el nivel del vertedero se calcula el caudal de salida usando la ecuación (1), para cada una de ellas.

Luego se procede a calcular el valor de:

$$\frac{\mathbf{2 \cdot S}}{\Delta \boldsymbol{t}} + \boldsymbol{Q}$$

en donde "S" es el almacenamiento del embalse, obtenido de las curvas de embalse, "Δt" el intervalo de tiempo considerado y "Q" el caudal de salida del vertedero.

b) Cálculo del Caudal de Salida del Embalse

El volumen en el tiempo "$i = 1$" corresponde a la diferencia entre el volumen máximo a nivel del vertedero y el volumen de regulación disponible. Para este análisis se ha considerado el caso más desfavorable que es cuando el volumen de regulación es cero, es decir, el embalse está completamente lleno.

Para calcular el caudal evacuado "$\boldsymbol{Q_{i+1}}$"por el vertedero se necesita la altura de agua en el tiempo "i", la cual se calcula como sigue a continuación.

La altura de agua sobre el vertedero se calcula interpolando, dando como conocido "x" el valor del resultado de "$\boldsymbol{I_i + I_{i+1} + \left(\frac{2 \cdot S_i}{\Delta t} - Q_i\right)}$" en la función almacenamiento-caudal obtenida anteriormente.

Con el valor de la altura se calcula el caudal de salida con la ecuación (1)

El volumen en el tiempo "$i = i + 1$" se determina usando la expresión:

$$\boldsymbol{S_{i+1} = \left(I_i + I_{i+1} + \left(\frac{2 \cdot S_i}{\Delta t} - Q_i\right) - Q_{i+1}\right)\frac{\Delta t}{2}}$$

13.2.3. Resultados

Al aplicar la metodología descrita anteriormente, se preparó el Cuadro 13.2.3-1 en que se muestran los resultados, los que muestran que los embalses no son capaces de reducir el efecto de las crecidas. El detalle de los cálculos se presenta en el Anexo 13-1.

CUADRO 13.2.3-1
ANÁLISIS EFECTO REGULADOR EMBALSES

T (años)	Tranca Morada			San Miguel		
	Caudal (m^3/s)		Reducción (%)	Caudal (m^3/s)		Reducción (%)
	Afluente	Efluente		Afluente	Efluente	
10	9,363	9,363	0,005	3,568	3,567	0,039
20	14,763	14,762	0,003	5,670	5,669	0,019
50	24,760	24,759	0,002	9,570	9,569	0,008
100	34,963	34,963	0,001	13,475	13,474	0,004
1000	91,561	91,560	0,000	86,361	86,009	0,407

Fuente: Elaboración propia.

13.3. Hidrogeneración

Para el análisis del potencial de hidrogeneración se utilizó lo indicado en los apuntes del curso "Microcentrales Hidroeléctricas" preparado para la CNR el año 2016. La publicación anterior presenta los elementos principales para determinar en forma simplificada una aproximación a la potencia y a como seleccionar el tipo de turbina. Para la potencia se propone la fórmula simplificada:

$$P = 7\ Q\ H$$

Donde:

P: Potencia en kW

Q: Caudal en m^3/s

H: Altura neta en m

Para la selección del tipo de turbina se utiliza el gráfico que se presenta en la Figura 13.3-1.

Los resultados del análisis se presentan en el Cuadro 13.3-1 y en el Anexo 13-2.

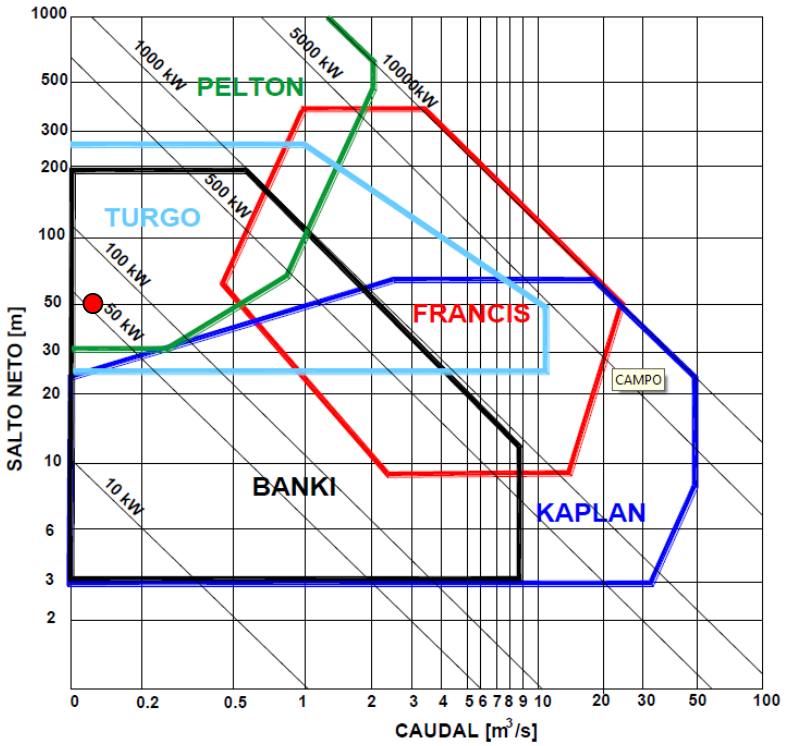


FIGURA 13.3-1
DIAGRAMA SELECCIÓN TURBINA
Fuente: Tomado de Taller Diseño Microhidro, CNR (2016).

CUADRO 13.3-1
RESULTADOS DETERMINACIÓN POTENCIAL HIDROELÉCTRICO

Volumen Útil (hm³)	Q (L/s)	H Total (m)	Tipo	P (kW)	Energía (kWh)	fp	Costo (US$)
Embalse Tranque Morada							
1	100	11	Banki o Kaplan	6,9	34.589,5	56,9	41.580,0
2	100	18	Banki o Kaplan	11,3	62.655,1	63,0	68.040,0
3	100	24	Banki o Kaplan	15,1	88.556,2	66,8	90.720,0
4	100	29	Turgo	18,3	110.988,2	69,3	109.620,0
5	100	34	Pelton o Turgo	21,4	132.809,2	70,7	128.520,0
Embalse San Miguel							
1	80	34	Pelton, Banki o Turgo	17,1	15.135,3	10,1	102.816,0
2	80	43	Pelton, Banki o Turgo	21,7	37.767,2	19,9	130.032,0
3	80	50	Pelton, Banki o Turgo	25,2	51.789,2	23,4	151.200,0
4	80	56	Pelton, Banki o Turgo	28,2	65.152,8	26,3	169.344,0
5	80	61	Pelton, Banki o Turgo	30,7	80.807,7	30,0	184.464,0

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que el Embalse San Miguel Alto presenta un mayor potencial hidroeléctrico, ya que se puede obtener más energía, pero dado que se requieren potencias superiores, el costo es mayor, el que fue determinado asumiendo un costo unitario de 6.000 US$/kW, valor que se obtiene al considerar la información de costos unitarios para microcentrales según se

muestra en la publicación "Caracterización del Mercado de Tecnologías Para Microgeneración Hidroeléctrica"[1], en que los valores unitarios varían entre 1.000 y 16.000 para este tipo de obras, con un valor medio cercano a los 5.000 US$/kW, por lo que conservadoramente se adoptó el valor indicado. Por otra parte, el parámetro "fp" o Factor de Planta, muestra que las MCH's asociadas al embalse Tranca Morada están en entregando energía más cercana a la de diseño durante un mayor tiempo. La viabilidad de la generación hidroeléctrica será determinada posteriormente en la Etapa 8, en el contexto de la evaluación económica del proyecto.

13.4. Apoyo Sistemas de Agua Potable Rural

De acuerdo a la información recopilada durante las actividades de catastro de captaciones de aguas subterráneas, no se estima necesario apoyarlos, por lo que no se considera como un uso adicional entregar agua para los sistemas de APR.

[1] Javier Gho, 2016

14. ESTUDIO AGROECONÓMICO

14.1. Introducción

En este capítulo se presenta un resumen de los resultados del estudio agroeconómico realizado. Los resultados completos se presentan en el Volumen respectivo.

14.2. Área de Influencia y Sectores de Riego

El área de influencia corresponde a las zonas de riego ubicadas en el valle de Mostazal y que se abastecen por los canales que captan recursos directamente del cauce principal, excluyendo las quebradas adyacentes, excluyendo el Río Tulahuencito. En este sector se encuentran los predios potencialmente beneficiados por el potencial embalse en conformidad con los derechos de aguas constituidos.

Se ha decidido definir cuatro sectores de riego que caracterizan a toda el área de estudio, y que serán considerados para todos los análisis.

- **Sector 1:** Incluye la parte alta del valle, abarcando hasta lo regado por el canal Quebrada Honda, por la ribera derecha y hasta el sector de El Maqui por la izquierda.

- **Sector 2:** Comienza en las áreas servidas por los canales Arenal y Arenalito en cada una de las riberas del río y, finaliza con lo regado por el canal El Durazno por la ribera derecha y, La Vega por la ribera izquierda.

- **Sector 3:** Comienza en el área servida por el canal Molino Agua Amarilla por la ribera derecha y el canal Molino Viejo por la ribera izquierda y finaliza en el área regada por el canal Alfaro, por la ribera izquierda y el Colliguay Alto por la ribera derecha, ya en el valle del río Grande.

- **Sector San Miguel (SM):** Incluye las áreas regadas por los canales provenientes del río San Miguel.

La Figura 14.2-1 muestra la distribución general de los sectores en el área de estudio.

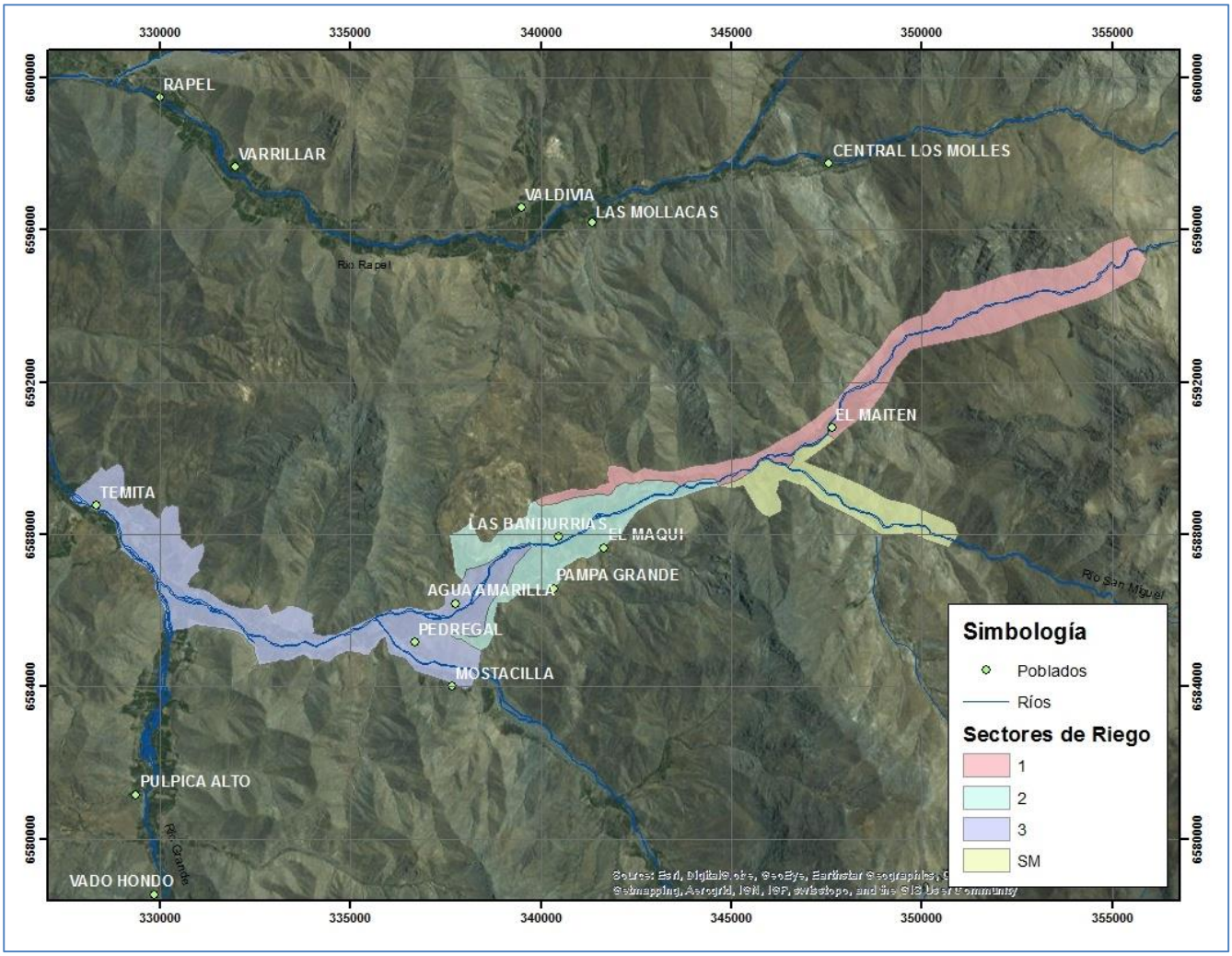


FIGURA 14.2-1
SECTORES DE RIEGO ÁREA DE ESTUDIO

Fuente: Elaboración propia a partir.

14.3. Aspectos Agrológicos

Las características de las series de suelos descritas por CIREN (2005) para el área de estudio se presentan en el Cuadro 14.3-1.

CUADRO 14.3-1
SERIES DE SUELOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Serie		Características del Suelo						Superficie (ha)			
Nombre	Variación	Capacidad de Uso	Categoría de Riego	Erosión	Clase Drenaje	Aptitud Frutal	Aptitud Agrícola	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Total
Cerrillos de Rapel	CRA-1	IIIs0	2t	0	5	B	3	7,0	0,0	15,3	22,4
	CRA-2	IIs0	2t	0	5	A	2	3,6	12,7	18,2	34,5
	CRA-4	IVs0	3t	0	5	C	4	68,7	40,7	49,0	158,3
	CRA-6	VIs0	4t	0	5	D	7	92,6	43,4	53,5	189,4
	CRA-7	VIs7	4t	0	5	D	6	4,0	0,0	0,0	4,0
	CRA-8	VIs7	4t	0	5	D	6	44,2	0,0	36,4	80,6
	CRA-9	VIIs7	5	0	6	D	7	90,7	0,4	23,2	114,3
Tuqui	TQU-10	VIIs7	6	1	5	E	6	0,0	0,0	4,0	4,0
	TQU-4	IVs5	3t	0	5	C	4	0,0	0,0	4,8	4,8
	TQU-6	VIs5	4t	0	5	D	6	0,0	0,0	5,7	5,7
Serón	SRN-1	IVs3	3t	0	5	C	4	0,0	125,0	81,8	206,8
	SRN-3	IIs3	2t	0	5	B	2	0,0	0,0	14,7	14,7
	SRN-4	IIIs3	2t	0	5	C	3	0,0	46,5	73,2	119,7
	SRN-5	IIIw2	3w	0	3	D	3	0,0	15,2	0,0	15,2
	SRN-6	IVs3	4t	0	5	D	4	0,0	10,9	0,0	10,9
Huamalata	HUM-1	IIs0	1	0	5	A	2	0,0	0,0	20,8	20,8
	HUM-3	IIs0	2t	0	5	A	2	0,0	0,0	45,2	45,2
Terrazas Aluviales de Limarí	LM-1	IIIs0	2s	0	5	C	3	0,0	6,3	43,0	49,3
	LM-2	IIIw2	3w	0	4	C	3	0,0	0,0	27,8	27,8
	LM-3	IVs0	3s	0	6	D	4	0,0	0,0	37,1	37,1
	LM-4	IVw2	3w	0	3	D	4	0,0	0,0	9,8	9,8
	LM-5	VIs7	6	0	6	E	6	0,0	0,0	2,7	2,7
Misc. Coluvial	MC	VIIe	6	1	5	E	7	14,3	0,0	29,4	43,7
Misc. Cerro	CO	VIII	6	1	6	E	8	2,2	35,1	0,0	37,3
Misc. Escarpe	E	VIII	6	2	5	E	8	28,9	41,9	67,8	138,6
Misc. Quebrada	MQ-1	VIII	6	2	6	E	8	34,9	28,6	62,9	126,4
Misc. Río	MR-1	VIIs0	6	0	6	E	7	0,0	0,0	12,6	12,6
Terrenos Ladera	PT-11	VIIs7	6	0	6	E	7	16,5	258,3	119,3	394,0
Industria	IND	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	9,4	9,4
Urbano	UR	-	-	-	-	-	-	2,9	21,1	44,2	68,2
Caja de Río	CDR	-	-	-	-	-	-	58,7	74,0	327,0	459,8
Total								**469,3**	**760,0**	**1.238,7**	**2.468,1**

Fuente: Elaboración Propia a Partir de CIREN (2005).

Se puede apreciar a partir de esta información, que en el contexto general del área de estudio, el 40,3%[1] de la superficie es regable (suelos de capacidades de uso iguales o menores a IV).

Cabe destacar que los suelos clasificados como regables se encuentran principalmente en el sector 3 del área de estudio con un 51,4%, seguido del sector 2, con un 38,7% de la superficie regable. Finalmente, con un 19,5% de esta clasificación, se encuentra el sector 1, dada su geografía encajonada con abundantes pendientes y valle estrecho (Cuadro 14.3-2).

[1] Estimado sin considerar las categorías de superficie Caja de Río, Industrial y Urbano

CUADRO 14.3-2
CLASES Y SUBCLASES DE CAPACIDAD DE USO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Tipo	Capacidad de Uso	Superficie (ha)			
		Sector 1	Sector 2	Sector 3	Total
Suelos Regables	IIs0	3,6	12,7	84,2	100,5
	IIs3	0,0	0,0	14,7	14,7
	IIIs0	7,0	6,3	58,3	71,7
	IIIs3	0,0	46,5	73,2	119,7
	IIIw2	0,0	15,2	27,8	43,0
	IVs0	68,7	40,7	86,1	195,4
	IVs3	0,0	135,9	81,8	217,7
	IVs5	0,0	0,0	4,8	4,8
	IVw2	0,0	0,0	9,8	9,8
Suelos no Regables	VIs0	92,6	43,4	53,5	189,4
	VIs5	0,0	0,0	5,7	5,7
	VIs7	48,2	0,0	39,1	87,3
	VIIs0	0,0	0,0	12,6	12,6
	VIIs7	107,2	258,7	146,4	512,3
	VIIe	14,3	0,0	29,4	43,7
	VIII	66,0	105,6	130,7	302,3
Industria		0,0	0,0	9,4	9,4
Urbano		2,9	21,1	44,2	68,2
Caja de Río		58,7	74,0	327,0	459,8
Total General		**469,3**	**760,0**	**1.238,7**	**2.468,1**

Fuente: Elaboración Propia a Partir de CIREN (2003).

Finalmente, al analizar la situación actual de erosión de los suelos se constata que el 81,9% de los suelos está afectado por un grado ligero de erosión, 4,4% por un grado moderado de erosión y un 13,7% presenta un grado severo de erosión. Se observa también que esta condición es relativamente pareja en el área de estudio.

14.4. Aspectos Climáticos

Las características agroclimáticas asociadas al área de estudio provienen del Atlas Bioclimático de Chile, de la Universidad de Chile 2012, el que consigna para el área de estudio, la influencia de 4 distritos agroclimáticos distintos (Figura 14.4-1), que se van sucediendo desde este a oeste, principalmente debido al cambio de altura en la cuenca, a medida baja. Para obtener las características agroclimáticas de cada sector de riego se determinó la presencia de los distritos en ellos. Esto se presenta en el Cuadro 14.4-1.

Desde el punto de vista agroclimático, el área de estudio presenta condiciones favorables para el establecimiento de diversas especies agrícolas de interés comercial, principalmente en los sectores 2 y 3 del área de estudio, dada la escasa acumulación de grados día en el año y la mayor frecuencia de heladas.

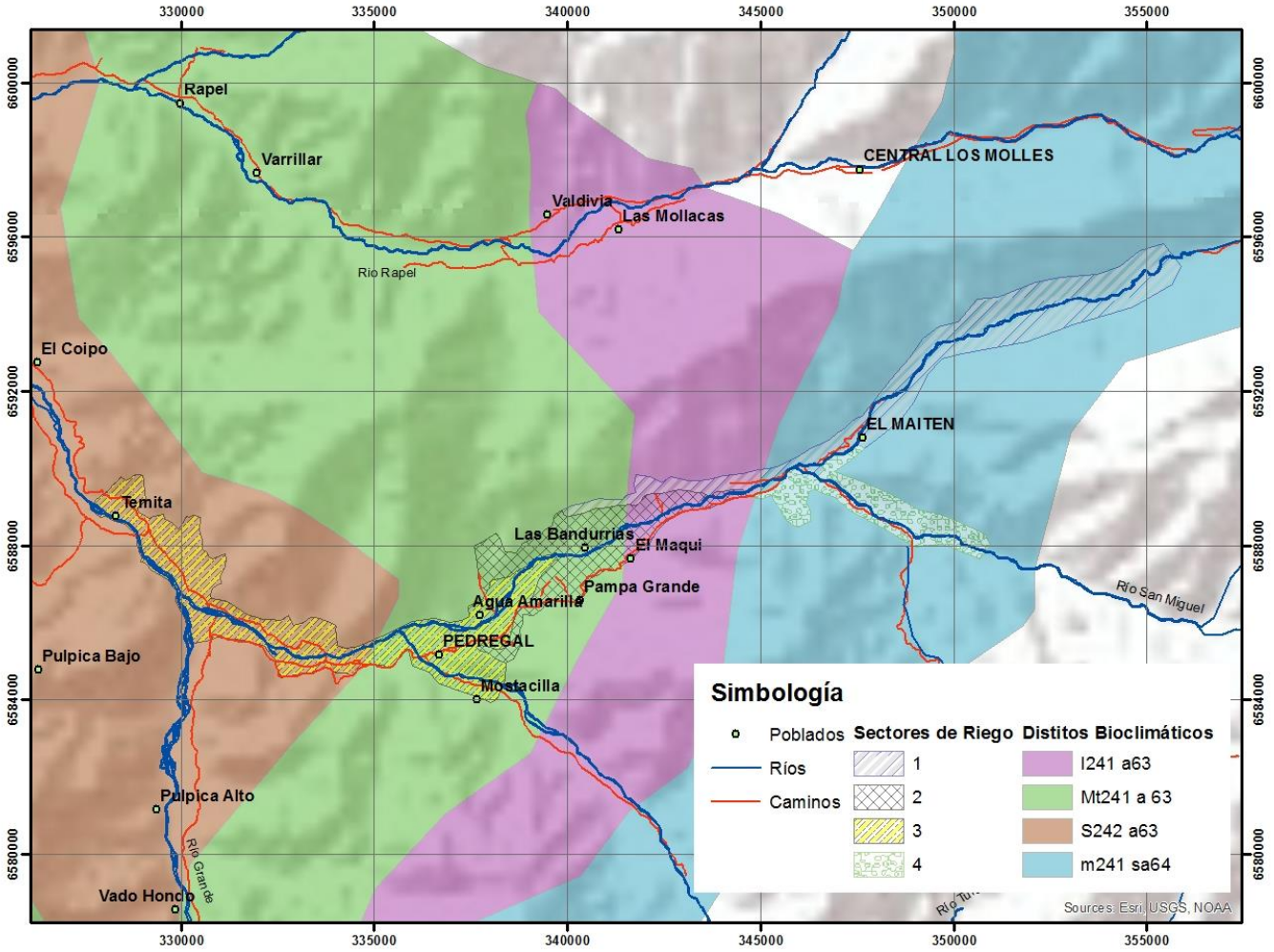


FIGURA 14.4-1
UBICACIÓN ESPACIAL DE SECTORES DE RIEGO
Y DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS ÁREA DE ESTUDIO
Fuente: Elaboración propia en base a U. de Chile, 2012.

CUADRO 14.4-1
PARÁMETROS AGROCLIMÁTICOS MENSUALES
SECTORES DE RIEGO

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Sectores 1 y San Miguel													
T. Med (°C)	14,1	13,7	12,5	10,8	9,2	7,9	7,5	7,8	9	10,6	12,3	13,6	10,8
Días –grado	128,9	103	77,7	30,8	1,6	0	0	0	0,5	26,2	69,3	110,8	548,9
Horas Frio	96,9	116,8	163,3	236	314,1	372,8	395,9	379,2	325	248,6	173,2	121,4	2.943,00
Pp (mm)	0,2	0,5	2	7,1	23,3	54,2	64,8	36,3	12,4	3,5	0,9	0,3	205,4
Etp (mm)	92,3	90,2	82,3	71,6	62	55,5	53,1	55	61,1	70,5	81,2	89,7	864,6
Sector 2													
T. Med (°C)	17,4	16,8	15,2	13,1	10,9	9,3	8,7	9,2	10,7	12,8	15	16,7	13
Días –grado	229,5	189,9	162,4	92,7	29,9	0,7	0	0,3	22,1	86,4	149,1	206,1	1.169,00
Horas Frio	23,9	34,9	67,1	132,7	219,6	291,5	321,1	299,6	233,2	145,2	75	37,7	1.881,40
Pp (mm)	0,1	0,4	1,4	5,2	17,3	41	49,4	27,5	9,3	2,6	0,7	0,2	155,1
Etp (mm)	118,9	115,2	102	84,8	69,7	60	56,4	59,3	68,3	83	100,3	114,4	1.032,00
Sector 2													
T. Med (°C)	18,8	18,2	16,4	14,1	11,7	10	9,3	9,8	11,5	13,8	16,2	18	14
Días –grado	274	228,3	200,3	123,4	54,2	5	0	2,6	43,8	117,2	185	248,2	1.482,20
Horas Frio	7,5	13,2	33,8	88,6	172,8	252,5	285,3	261,6	186,7	100,4	39,7	14,9	1.456,90
Pp (mm)	0,1	0,3	1,3	4,7	15,5	36,6	44,1	24,6	8,3	2,3	0,6	0,1	138,6
Etp (mm)	128,7	124,6	109,5	90,1	73,3	62,4	58,5	61,7	71,7	88,1	107,6	123,6	1.099,90

Fuente: Elaboración propia en base a U. de Chile, 2012.

Los frutales son, de las especies analizadas, las de mayor superficie plantada en el área y de mayor rentabilidad, además, lo que coincide con el grado de adaptación a las condiciones agroclimáticas existentes, principalmente por requerir gran cantidad de días-grado al año, pero también de horas frío para brotación y floración y ausencia de heladas de primavera verano.

Las hortalizas, presentan buena adaptabilidad en los sectores 2 y 3, dado que en su mayoría pueden ser cultivadas en los meses del año donde se cumplen los requerimientos climáticos de cada especie, por lo que la adaptabilidad queda en parte importante sujeta a condicionantes hídricas relativas al riego y a condiciones edáficas del sector de cultivo. De todas formas, existen especies cuya sensibilidad a las heladas tardías y cuya necesidad de un mínimo de días-grado al año impiden su utilización comercial.

Las especies forrajeras como la alfalfa presentan buena adaptación, no obstante, el rubro ganadero no presenta gran desarrollo en la zona dada la preferencia por alternativas frutales de mayor rentabilidad.

Esta aproximación de adaptabilidad de cultivos, concuerda con lo registrado en las visitas de terreno, en donde se identificó que la actividad principalmente presente es la producción de uva de mesa, uva pisquera, paltos y nogales, seguida por pequeñas producciones de hortalizas en chacras y praderas para pequeña ganadería.

Finalmente, cabe destacar que las adaptabilidades señaladas corresponden a escenarios que no contemplan el uso de invernaderos, que permiten manejar de mejor forma las condiciones

climáticas, pero que no revierten completamente la adaptabilidad de los cultivos en cuanto a alcanzar rendimiento considerados altos para su producción comercial.

14.5. Diagnóstico de la Situación Actual Agropecuaria

14.5.1. Listado de Agricultores y Estructura de la Propiedad Agrícola

En relación a la estratificación predial, se han considerado cuatro estratos de tamaño según el siguiente detalle:

- **Estrato de tamaño 1:** Predios de tamaño menor o igual a 1,0 ha regada. Corresponden generalmente a los originados por sub-divisiones de sucesión hereditaria, ubicados en las cercanías de los poblados del valle. Se caracterizan por ser predios de subsistencia porque su destino preferencial es habitacional, con una pequeña explotación agrícola, en base a huerto casero para autoconsumo o cultivo de bajo nivel tecnológico.

- **Estrato de tamaño 2:** Predios de tamaño mayor de 1,0 ha y menor o igual a 5,0 ha regadas. Corresponden a pequeños agricultores de agricultura familiar campesina, en general de bajo nivel tecnológico a medio, en que predomina la disponibilidad de mano de obra por sobre el capital de trabajo. Generalmente, son predios con explotaciones de frutales y uva pisquera con venta al mercado interno.

- **Estrato de tamaño 3:** Predios de tamaño mayor a 5,0 ha y menor o igual a 10,0 ha regadas. Estos predios incluyen mayoritariamente a las parcelas agrícolas con fines más comerciales que, para las condiciones del valle, podrían considerarse predios medianos. Sus ventas se dirigen a mercados locales e incluyen frutales tipo nogales, cítricos y uva pisquera.

- **Estrato de tamaño 4:** Predios de tamaño mayor a 10,0 ha y menor o igual a 20,0 ha. Estos predios integran a los agricultores que, para las condiciones del área del río Mostazal, podrían considerarse medianos a grandes y con presencia de predios de nivel medio y alto. Generalmente corresponden a explotaciones plantaciones de vides pisqueras y de mesa, con una incursión en los últimos años de nogal.

- **Estrato de tamaño 5:** Predios de tamaño mayor a 20,0 hay menor o igual a 100,0 ha. Estos predios integran a los agricultores dedicados a la producción de frutales y uva de mesa con alto valor. Son predios que se considerarán como “grandes” y contemplan importantes avances tecnológicos, pensando en la comercialización en el mercado interno e internacional.

- **Estrato de tamaño 6:** Predios muy grandes, con superficies mayores a 100,0 ha. Ubicados en las laderas de los cerros poseen en unos casos cultivos de alto valor comercial para el mercado interno e internacional, pero en otros solo son usados

para la pastura por temporada de animales. Poseen amplios sectores sin uso o sin potencial productivo.

En el Cuadro 14.5.1-1 se presenta la distribución por sector y estratos de tamaño del número y superficie predial.

CUADRO 14.5.1-1
DISTRIBUCIÓN PREDIAL DE ESTRATOS DE TAMAÑO
POR SECTOR DE RIEGO

Estrato	Predios		Superficie	
	Nº	(%)	(ha)	(%)
Sector 1				
E1 (0 a 1 ha)	40	48,8	20,3	2,0
E2 (1 a 5 ha)	27	32,9	61,4	6,1
E3 (5 a 10 ha)	5	6,1	34,5	3,4
E4 (10 a 20 ha)	6	7,3	91,8	9,1
E5 (20 a 100 ha)	2	2,4	124,4	12,3
E6 (>100 ha)	2	2,4	679,5	67,2
Total	82	100,0	1.011,8	100,0
Sector 2				
E1 (0 a 1 ha)	106	54,6	40,7	3,4
E2 (1 a 5 ha)	55	28,4	120,1	10,1
E3 (5 a 10 ha)	13	6,7	106,4	9,0
E4 (10 a 20 ha)	13	6,7	175,2	14,8
E5 (20 a 100 ha)	5	2,6	169,1	14,3
E6 (>100 ha)	2	1,0	574,1	48,4
Total	194	100,0	1.185,7	100,0
Sector 3				
E1 (0 a 1 ha)	267	66,1	116,7	7,9
E2 (1 a 5 ha)	102	25,2	240,2	16,3
E3 (5 a 10 ha)	18	4,5	134,7	9,1
E4 (10 a 20 ha)	7	1,7	97,1	6,6
E5 (20 a 100 ha)	8	2,0	321,6	21,8
E6 (>100 ha)	2	0,5	566,4	38,4
Total	404	100,0	1.476,7	100,0
San Miguel				
E5 (20 a 100 ha)	3	60,0	122,0	22,2
E6 (>100 ha)	2	40,0	427,6	77,8
Total	5	100,0	549,6	100,0
Total Área de Estudio				
E1 (0 a 1 ha)	413	60,3	177,8	4,2
E2 (1 a 5 ha)	184	26,9	421,7	10,0
E3 (5 a 10 ha)	36	5,3	275,6	6,5
E4 (10 a 20 ha)	26	3,8	364,1	8,6
E5 (20 a 100 ha)	18	2,6	737,1	17,5
E6 (>100 ha)	8	1,2	2.247,6	53,2
Total	685	100,0	4.223,9	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de propiedades SII disponibles en mapas CIREN.

14.5.2. Encuesta Agropecuaria y Estudios de Caso

Para una completa caracterización de la situación actual agrícola es necesario establecer una serie de atributos físicos, productivos, legales y económicos, asociados a los distintos tipos de agricultores existentes en el área de estudio. Para lograr este objetivo se ha implementado una encuesta simple muestral a 382 predios de los 685 existentes (55,8%), que indaga en cada uno de estos ámbitos.

14.5.3. Resultados Situación Actual Agropecuaria

La encuesta agropecuaria y los estudios de caso son la base para realizar la caracterización económica del área en estudio. Una vez que los datos fueron recopilados en terreno, se procesaron y analizaron en gabinete, con lo cual se estableció la estructura de cultivos característica de la Situación Actual Agropecuaria, que, a su vez, ha servido para determinar los predios promedio para la caracterización económica (y posterior evaluación económica del proyecto). El uso del suelo de la Situación Actual (Cuadro 14.5.3-1), se obtiene de la expansión de los resultados de la encuesta simple.

Finalmente, para determinar los beneficios económicos se han calculado los costos indirectos y gastos generales para cada estrato y nivel tecnológico, abaracando diversos ambitos, tales como el pago de contribuciones, pago por servicios de mantenimientos de canales, electricidad, movilización, entre otros.

CUADRO 14.5.3-1
USO DEL SUELO ACTUAL TOTAL ÁREA DE ESTUDIO

Cultivo	Total	
	Ha	%
Chacra Casera	7,6	0,7
Poroto Verde	3,7	0,3
Durazno	75,1	6,5
Huerto Frutal	48,0	4,2
Mandarina	121,3	10,6
Nogal	114,3	10,0
Palto	66,0	5,7
Uva de Mesa	333,4	29,1
Uva Pisquera	250,5	21,8
Alfalfa	86,2	7,5
Pradera Natural	41,4	3,6
Subtotal Riego	1.147,4	100,0
Praderas Secano	639,8	15,1
Forestada	372,0	8,8
Indirectamente Productiva	58,5	1,4
Sin uso potencialmente Regable	846,4	20,0
Improductiva	1.155,6	27,4
Total Predial	4.223,9	100,0

Fuente: Elaboración propia.

14.6. Situación Sin Proyecto

La Situación Sin Proyecto, que sirve de base para la evaluación económica del proyecto, se ha definido como aquella resultante de un conjunto de acciones tendientes a efectuar cambios en la actividad agropecuaria del área, sin la realización de las obras planteadas en el proyecto de riego. Este proceso será planteado y desarrollado dentro de un Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica.

Los supuestos y modificaciones introducidas que permiten dar una explicación al uso de la tierra y la rentabilidad en Situación Sin Proyecto son:

- La estructura productiva del suelo (cultivos presentes) no ha sufrido cambios con respecto a la Situación Actual Agropecuaria. Si se contempla un muy leve cambio en los métodos de riego, que repercute en una disminución de las demandas de agua para riego.

- Se contempla la introducción de prácticas de manejo productivo corregidas a las actuales (dosis normalizadas de fertilizantes y pesticidas y complementos al manejo) y un uso más eficiente de la mano de obra en cada una de las labores, en especial en control de malezas y riego. También en el uso de maquinaria o tracción animal cuando corresponde en preparación de suelos, e introducción de otras prácticas de manejo que en conjunto determinan un aumento de rendimiento asociado a menores, iguales o levemente superiores costos totales, resultando en un aumento de margen.

- Se estimó para los cultivos regados, un aumento en los rendimientos por hectárea, resultado de los cambios en el manejo productivo. Este manejo actualmente se caracteriza por la ineficiencia, omisión u obsolescencia en algunas prácticas agrícolas o uso de productos y fertilizantes. Estos cambios varían dependiendo del cultivo en cuestión y van desde priorizar el uso mano de obra, o cambiar estrategia de control de malezas, estrategia de fertilización, control de plagas y malezas, etc.

- Se han considerado los mismos precios unitarios de las jornadas laborales y los insumos que la Situación Actual.

- Los costos indirectos y gastos generales se mantienen invariables con respecto a la Situación Actual.

- No se consideran cambios en los mercados de destino y sus canales de comercialización. No obstante, se prevé un mayor acceso a información de precios y mercados, debido a la capacitación contemplada en el programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica.

14.7. Situación Con Proyecto

La Situación Con Proyecto corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la ejecución y construcción de obras civiles para mejorar la disponibilidad y acceso a suministro hídrico para riego, aumentar la eficiencia de uso del agua y dar satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

Este escenario, en donde se contempla un mejoramiento en la seguridad de riego producto de las obras proyectadas, con el complemento de un programa de asistencia técnica y capacitación, permitirá el mejoramiento del nivel tecnológico, el aumento la productividad de los predios y la rentabilidad de los rubros. El área de estudio presenta principalmente en sus secciones 2 y 3, recursos de suelo y clima particularmente apropiados para el desarrollo de una agricultura intensiva basada en la explotación de rubros frutales y vides. El sector 1 presenta algunas dificultades climáticas relacionadas con los periodos de frío y las heladas que restringen la implementación de algunas especies frutales de hoja perenne, siendo esta una zona para establecer especies de hoja caduca como nogales y uva pisquera. Lo anterior es corroborado en la práctica por el desarrollo agrícola actual que presenta la zona, orientado mayoritariamente a la fruticultura comercial, con un creciente enfoque al mercado de exportación.

Se presentan a continuación los criterios básicos que se han utilizado para diseñar las modificaciones en la estructura productiva. Estos son los siguientes:

- Se propone en Situación Con Proyecto una reestructuración de la matriz de cultivos basada en la rentabilidad que están obteniendo actualmente los rubros, considerando obviamente la adaptabilidad agroclimática que los caracteriza. De esta forma, como resultado del aumento en la seguridad de riego, tendrá lugar una consolidación de los rubros más rentables asociados fundamentalmente a cultivos frutícolas, los que representan grandes ventajas comparativas en el área respecto de especies anuales como charas y praderas, cuyo margen por hectárea y uso de suelo actual es comparativamente bajo.

- Las especies frutales a implementar son las mismas que ya se encuentran actualmente en el área de estudio. No obstante, y como se mencionó anteriormente, se propone un reemplazo de las alternativas de cultivo anuales por las de mayor rentabilidad de la actual estructura. Esto significa que la superficie actual de chacras, praderas y otros cultivos anuales es reemplazada por uva de mesa, palto, nogal, mandarino, etc.

- Se descartan niveles tecnológicos bajos de estos frutales, como el caso de la uva pisquera, el palto y el nogal, que pasan a un nivel medio. Para esto se considera un mejoramiento de la eficiencia de manejo agronómico de recursos de mano de obra, maquinaria e insumos. Los cambios implementados se realizaron según la rentabilidad de cada cultivo. Es así como la mayor inversión se realiza en uva pisquera, paltos y nogales, permitiendo el paso al nivel tecnológico inmediatamente

superior. Los agricultores del nivel tecnológico "Medio a Bajo" (predios promedio Tipo A) pasan a nivel tecnológico "Medio".

- En los cultivos de nivel tecnológico alto, se propone un mejoramiento pequeño en sus parámetros productivos y por ende en sus márgenes, dada la mayor seguridad de riego implícita en Situación Con Proyecto que permite diferenciar levemente su comportamiento productivo y económico respecto de Situación Actual y Sin Proyecto.

- Considerando el nivel de desarrollo agroproductivo actual, en general supone buena capacidad de respuesta a los cambios, redundando en una gradualidad de cambio corta en el tiempo.

- Dentro del programa de transferencia tecnológica que deberá acompañar la implementación de cambios productivos, se contempla un mejoramiento en la eficiencia del manejo agronómico de recursos como mano de obra, maquinaria e insumos. Los cambios implementados se realizaron según la rentabilidad de cada cultivo, mejorando las tecnologías de riego en algunos casos o maximizando por ejemplo el uso de jornadas utilizadas en riego, poda, limpias manuales, aplicación manual de productos, cosecha, etc.

- Los cambios productivos consideran también la implementación de programas complementarios de fertilización (con fertilizantes incorporados y foliares) y programas fitosanitarios ajustados a las necesidades de cada cultivo, al contexto agrícola de la zona, reforzando el control preventivo y curativo de enfermedades, plagas y malezas.

- En el uso de maquinaria, se considera mecanización de labores como preparación de suelos, cosecha, aplicación de agroquímicos etc., reduciendo el uso de mano de obra en estos ítems, en especial considerando el alto costo y disponibilidad de este recurso en la zona.

- Los costos de mano de obra, insumos agrícolas y de maquinaria son los mismos para las tres situaciones, de manera de hacer comparables sus rentabilidades en la evaluación económica del proyecto.

- Las labores de manejo derivadas de los cambios antes mencionados, varían en directa proporción al cambio de rendimiento de cada cultivo, en especial poda y cosecha. Además, se añaden jornadas de mano de obra y maquinaria en algunas labores de acuerdo al aumento de dosis y número de aplicaciones de los productos recomendados.

Es importante señalar que para lograr estos cambios se debe considerar que:

- Ante el escenario de una Situación Con Proyecto, lo que se espera en primera instancia es una rápida incorporación a los cambios productivos por parte de los niveles tecnológicos medios y altos, dado el conocimiento de manejo productivo.

- Posteriormente y en forma gradual ocurre la adopción de cambios y nuevas tecnologías por parte de los agricultores que pasan de niveles bajos a medio o alto, asociado a capacitación y transferencia tecnológica, programas crediticios y de subsidios al desarrollo, lo que se analiza numéricamente en el acápite de Gradualidad de los Cambios del presente estudio. De esta forma se incrementan en el tiempo rendimientos y márgenes por hectárea en respuesta a estos cambios, incrementando el nivel tecnológico de estos cultivos, experimentando mejores rendimientos.

- Se detalla en el acápite de transferencia tecnológica y asistencia técnica las características de una fuerte campaña de capacitación de agricultores para lograr un satisfactorio desarrollo de estas alternativas de cultivo, logrando a través del uso prioritario de riego tecnificado, un eficiente uso del recurso hídrico disponible.

- Se recomienda, en concordancia con el desarrollo productivo y comercial esperado que los productores que no lo hayan hecho, regularicen su situación tributaria, con el propósito de establecer una condición básica para comercializar y en lo sucesivo mejorar la plataforma de negocición con los intermediarios, o bien que ellos mismos comercialicen directamente su producción.

Es importante señalar que para lograr estos cambios se debe considerar que:

- Existen periodos de adaptación graduales para los agricultores de especies anuales como frutícolas al nuevo escenario.

- Las organizaciones de usuarios de aguas deberán apoyar en forma participativa la redefinición de las normas de operación del sistema de riego y sus obras, con el objeto de mejorar la distribución del agua.

La estructura de uso futuro del suelo se planteó suponiendo que se mantendrán los mismos factores y prioridades que definen el uso actual de la tierra, es decir, el uso de la tierra se adaptará a las condiciones hidrológicas esperadas y a la seguridad de riego de 85%, información que se presenta en el Cuadro 14.7-1, para la superficie máxima regable en el área de estudio. Además, en el Cuadro 14.7-2 se resumen las superficies regables con cada una de los Escenarios y Alternativas de obras consideradas en el estudio

CUADRO 14.7-1
USO DEL SUELO FUTURO TOTAL ÁREA DE ESTUDIO
MÁXIMA SUPERFICIE REGABLE

Cultivo	Total	
	Ha	%
Chacra Casera	0,0	0,0
Poroto Verde	0,0	0,0
Durazno	172,8	9,7
Huerto Frutal	65,3	3,7
Mandarina	160,0	9,0
Nogal	653,8	36,6
Palto	120,0	6,7
Uva de Mesa	303,9	17,0
Uva Pisquera	268,2	15,0
Alfalfa	0,0	0,0
Pradera Natural	43,2	2,4
Subtotal Riego	1.787,2	100,0
Praderas Secano	0,0	0,0
Forestada	372,0	8,8
Indirectamente Productiva	58,5	1,4
Sin uso potencialmente Regable	846,4	20,0
Improductiva	1.155,6	27,4
Total Predial	4.223,9	100,0

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 14.7-2
SUPERFICIES UTILIZADAS EN EVALUACIÓN AGROECONÓMICA

Situación -Escenario	Alternativa	Volumen Útil Tranca Morada (hm³)	Volumen Útil San Miguel Alto (hm³)	Superficie (ha)				
				1	2	3	4	Total
Sin Proyecto		0,0	0,0	168,3	376,0	540,2	63,0	1.147,4
Con Proyecto - E11: Embalse Tranca Morada	E11-1	3,0	0,0	221,2	393,0	543,3	63,0	1.220,4
	E11-2	4,0	0,0	293,9	416,4	547,5	63,0	1.320,7
	E11-3	5,0	0,0	366,6	439,7	551,7	63,0	1.421,0
Con Proyecto - E12: Embalse Tranca Morada + Mejoramiento Canales	E12-1	2,0	0,0	274,1	410,0	546,3	66,7	1.297,1
	E12-2	3,0	0,0	393,0	448,2	553,3	66,7	1.461,2
	E12-3	4,0	0,0	479,0	475,9	558,2	66,7	1.579,7
	E12-4	5,0	0,0	498,8	482,2	559,4	66,7	1.607,0
Con Proyecto – E21: Embalse San Miguel Alto	E21-1	0,0	3,0	227,8	395,1	543,7	96,1	1.262,7
	E21-2	0,0	4,0	300,5	418,5	547,9	136,5	1.403,4
	E21-3	0,0	5,0	346,8	433,4	550,6	162,3	1.493,0
Con Proyecto – E22: Embalse San Miguel Alto + Mejoramiento Canales	E22-1	0,0	2,0	241,0	399,4	544,4	103,4	1.288,2
	E22-2	0,0	3,0	346,8	433,4	550,6	162,3	1.493,0
	E22-3	0,0	4,0	419,5	456,7	554,8	202,7	1.633,7
	E22-4	0,0	5,0	426,1	458,9	555,2	206,4	1.646,5
Con Proyecto - E31: Embalse Tranca Morada + San Miguel Alto	E31-1	1,0	2,0	214,6	390,9	542,9	88,7	1.237,1
	E31-2	1,0	4,0	366,6	439,7	551,7	173,3	1.531,4
	E31-3	2,0	2,0	293,9	416,4	547,5	132,9	1.390,6
	E31-4	2,0	4,0	439,3	463,1	555,9	213,8	1.672,1
	E31-5	4,0	1,0	326,9	427,0	549,4	151,2	1.454,6
	E31-6	4,0	3,0	479,0	475,9	558,2	235,8	1.748,9
Con Proyecto - E32: Embalse Tranca Morada + San Miguel Alto + Mejoramiento Canales	E32-1	1,0	2,0	333,5	429,1	549,8	154,9	1.467,4
	E32-2	2,0	2,0	419,5	456,7	554,8	202,7	1.633,7
	E32-3	4,0	1,0	379,8	444,0	552,5	180,7	1.556,9
Con Proyecto - E41: Mejoramiento Canales	E41	0,0	0,0	168,3	376,0	540,2	63,0	1.147,4

Nota: Las celdas amarillas representan superficies con una seguridad de riego menor a 85%.
Fuente: Elaboración Propia

14.8. Demandas de Agua

Se realizó para la Situación Actual, Sin Proyecto y Con Proyecto una descripción de las demandas de agua para uso agrícola en base a la caracterización productiva predial. Para obtener la demanda bruta total del área regada se utilizó información correspondiente a evapotranspiración potencial, coeficientes de cultivo, precipitación efectiva, demandas netas de agua de riego, eficiencias y tasas de riego por cultivo.

En el Cuadro 14.8-1 se presentan las demandas brutas final para cada Situación y sector de riego.

CUADRO 14.8-1
DEMANDA BRUTA FINAL EN ÁREA DE ESTUDIO (m³/mes)

Sector	Sup (ha)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
Situación Actual														
1	168,3	156.667	28.197	0	0	14.241	136.267	243.242	345.392	379.537	384.916	365.340	302.973	**2.356.773**
2	376,0	105.452	7.177	93	0	3.629	120.747	302.846	434.337	505.015	509.690	470.466	316.697	**2.776.150**
3	540,2	302.328	79.536	13.578	2.324	47.559	275.741	545.360	772.687	946.269	958.586	897.391	632.852	**5.474.210**
SM	63,0	77.796	23.040	0	0	12.820	62.402	90.613	127.681	131.723	146.576	132.575	122.661	**927.889**
Total	**1147,4**	**642.244**	**137.950**	**13.670**	**2.324**	**78.249**	**595.157**	**1.182.062**	**1.680.097**	**1.962.544**	**1.999.768**	**1.865.772**	**1.375.183**	**11.535.021**
Situación Sin Proyecto														
1	168,3	151.161	28.197	0	0	14.241	131.970	233.872	330.260	362.626	367.464	348.264	289.530	**2.257.586**
2	376,0	100.907	7.030	69	0	3.555	118.042	295.673	423.626	492.698	497.090	458.137	307.156	**2.703.982**
3	540,2	289.364	76.236	12.555	2.091	45.700	267.714	529.291	748.752	914.807	925.861	865.747	609.804	**5.287.923**
SM	63,0	75.379	23.040	0	0	12.820	61.187	86.783	121.837	124.694	139.328	125.509	117.405	**887.982**
Total	**1147,4**	**616.810**	**134.503**	**12.624**	**2.091**	**76.317**	**578.913**	**1.145.619**	**1.624.476**	**1.894.826**	**1.929.743**	**1.797.657**	**1.323.895**	**11.137.472**
Situación Con Proyecto														
1	498,8	241.176	3.914	0	0	1.102	197.083	419.527	663.822	743.940	756.169	738.860	584.973	**4.350.564**
2	482,2	157.964	12.128	275	0	7.972	169.196	383.630	535.520	634.395	620.328	582.158	406.109	**3.509.675**
3	559,4	302.583	94.332	19.611	4.004	47.577	234.968	447.269	635.128	809.001	823.466	785.005	562.401	**4.765.346**
SM	246,9	67.697	0	0	0	0	58.757	150.822	236.485	269.438	277.306	264.038	191.531	**1.516.074**
Total	**1787,2**	**769.420**	**110.373**	**19.887**	**4.004**	**56.651**	**660.004**	**1.401.248**	**2.070.955**	**2.456.775**	**2.477.269**	**2.370.060**	**1.745.013**	**14.141.659**

Fuente: Elaboración propia.

14.9. Beneficios Agrícolas Netos del Proyecto

La información entregada previo a la determinación de flujos de beneficios agroeconomicos, se encuentra a precios de Junio del año 2017.

Ahora bien, según los criterios planteados en el capítulo de "Criterios de Desarrollo" tanto de la Situación Sin Proyecto como Con Proyecto, los respectivos períodos de transición y las curvas logísticas asociadas, se determinaron los flujos de márgenes netos correspondientes a Ecenario para los Predios Promedio y sus correspondientes expansiones.

Se debe señalar que en el caso de las especies multianuales detectados en situación actual, la representatividad del ciclo completo de estas especies en los flujos de evaluación, tanto para frutales, como para el resto de las especies multianuales, se expresa a través de la proporcionalidad y relación directa existente entre los costos e ingresos de las fichas de cada Situación, las cuales incorporan todo su ciclo representado en los estándares productivos.

Además del período de establecimiento y de puesta en riego, se debe considerar una curva natural de producción asociada a la edad y que contempla distintos costos e ingresos, según su entrada en producción y período de estabilización en cultivos multianuales.

Los márgenes brutos se han determinado a través de la multiplicación de cada superficie asignada por el margen bruto unitario resultante de las fichas técnico económicas. Posteriormente, en la Situación Actual se descontaron los gastos indirectos y los costos de inversión y operación de

riego tecnificado. En Situación Actual Optimizada, además de los descuentos señalados para la situación actual, se descontaron los costos del programa de transferencia tecnológica.

En Situación Con Proyecto se consideraron los costos por concepto de gastos indirectos, riego tecnificado, habilitación de terrenos y del programa de asistencia tecnológica.

Los flujos agroeconómicos netos se presentan para cada Escenario y Alternativa del proyecto en el Capítulo siguiente sobre evaluación económica del proyecto.

15. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y ANÁLISIS FINANCIERO

15.1. Evaluación Económica

15.1.1. Introducción

En este capítulo se presenta la evaluación económica del proyecto, considerándose los costos y beneficios determinados en las distintas etapas del estudio. El análisis incluye el cálculo de los indicadores para diferentes alternativas de proyectos para luego desarrollar análisis de sensibilidad y de riesgo a la mejor alternativa con mejores resultados.

15.1.2. Normas de Evaluación

15.1.2.1. Documentos de Referencia

Las especificaciones y requerimientos de estos métodos se basan en los siguientes documentos.

- Normas de evaluación indicadas en los Términos de Referencias.
- Metodología Formulación y Evaluación de Proyectos de Riego (MIDESO, 2016).
- Metodología para la Formulación y Evaluación Socioeconómica de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas con Fines Múltiples (MIDESO, 2013).
- Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego (CNR, 2011)
- Metodología de Valoración de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas en Uso (MIDEPLAN, 2011).

15.1.2.2. Indicadores de Rentabilidad

El principal indicador de rentabilidad en la evaluación de proyectos corresponde al Valor Actual Neto (VAN), el que se priorizará al momento de seleccionar la alternativa óptima económica. Esto es debido a que es un indicador que permite comparar la rentabilidad en términos absolutos de proyectos con inversiones de distinta magnitud. Además, como complemento, se determinará la Tasa Interna de Retorno (TIR), VAN/Inversión (VAN/I) y razón n/k. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación, pero presentan dificultades para comparar proyectos con distinto nivel de inversión.

En general, el VAN se calcula con la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{i=1}^{30} \left(\frac{B_i - O_i - I_i}{(1+r)^i} \right) - I \qquad \text{Ec. 15-1}$$

Donde:

VAN : Valor actual neto

B : Beneficios del proyecto

I_0 : Inversión inicial

O_i : Operación y mantención anual al año i

I_i : Inversión anual (durante el período de construcción)

r : Tasa de descuento

Por otra parte, la TIR se calcula como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero:

$$\sum_{i=1}^{30}\left(\frac{B_i-O_i-I_i}{(1+TIR)^i}\right)-I_0=0 \qquad \text{Ec. 15-2}$$

Adicionalmente el IVAN se calcula como la razón entre el VAN calculado anteriormente y la inversión actualizada (I_{act}) dada por:

$$I_{act}=\sum_{i=1}^{30}\frac{I_i}{(1+r)^i}+I_0 \qquad \text{Ec. 15-3}$$

Por último, el coeficiente de Guttinger queda dado por:

$$n/k=\frac{\sum_i Flujos\ Actualizados\ Positivos_i}{|\sum_i Flujos\ Actualizados\ Negativos_i|} \qquad \text{Ec. 14-4}$$

Cuando n/k es >1, el proyecto es rentable.

15.1.2.3. Condiciones de Evaluación

Los parámetros básicos para el cálculo de estos indicadores son:

- Costos de inversión y mantenimiento
- Beneficio anual esperado
- Tasas de descuento, que corresponde a un 12% y 6%, a precios de mercado y sociales, respectivamente.
- Horizonte de evaluación igual a 30 años.
- No se consideran impuestos de ningún tipo.
- Los presupuestos están evaluados con moneda del 1/06/2017, cuyos valores son:

UF	26.632,70
US$ (Dólares de USA)	672,35

15.1.2.4. Métodos de Evaluación

La evaluación económica se realiza con el **Método del Presupuesto**. En este método el agua es considerada un insumo de la producción de otro bien, en este caso los cultivos regados. De esta forma, el beneficio del proyecto se traduce en las diferencias de la producción agrícola, en términos de los márgenes netos económicos, que se estiman a raíz de la utilización del agua en situaciones Con y Sin Proyecto.

15.1.3. Descripción de las Alternativas de Proyecto a Evaluar

Para efectos de esta evaluación económica, se consideran los siguientes Escenarios de evaluación, que se configuran según la presencia o ausencia de los siguientes proyectos o modificaciones:

- Presencia o ausencia de Embalse Tranca Morada (TM)
- Presencia o ausencia de Embalse San Miguel Alto (SMA)
- Presencia o ausencia de mejoramiento de canales (disminución de pérdidas)

Además, en los Escenarios con embalse (s) se evalúa el efecto de distintos volúmenes útiles de acumulación.

De este modo, los 6 Escenarios quedan divididos según Cuadro 15.1.3-1.

CUADRO 15.1.3-1
ESCENARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO EVALUADOS

Situación -Escenario	Alternativa	Volumen Útil Tranca Morada (hm³)	Volumen Útil San Miguel Alto (hm³)
E11: Embalse Tranca Morada	E11-1	3,0	0,0
	E11-2	4,0	0,0
	E11-3	5,0	0,0
E12: Embalse Tranca Morada + Mejoramiento Canales	E12-1	2,0	0,0
	E12-2	3,0	0,0
	E12-3	4,0	0,0
	E12-4	5,0	0,0
E21: Embalse San Miguel Alto	E21-1	0,0	3,0
	E21-2	0,0	4,0
	E21-3	0,0	5,0
E22: Embalse San Miguel Alto + Mejoramiento Canales	E22-1	0,0	2,0
	E22-2	0,0	3,0
	E22-3	0,0	4,0
	E22-4	0,0	5,0
E31: Embalse Tranca Morada + San Miguel Alto	E31-1	1,0	2,0
	E31-2	1,0	4,0
	E31-3	2,0	2,0
	E31-4	2,0	4,0
	E31-5	4,0	1,0
	E31-6	4,0	3,0
E32: Embalse Tranca Morada + San Miguel Alto + Mejoramiento Canales	E32-1	1,0	2,0
	E32-2	2,0	2,0
	E32-3	4,0	1,0
E41: Mejoramiento Canales	E41	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

15.1.4. Costos

15.1.4.1. Introducción

Los costos considerados en el análisis económico son los siguientes:

- Obras civiles para uso en el riego:
  - Embalses de riego, incluidos los costos de los caminos necesarios para la construcción y obras para abordar interferencias a través de variantes de caminos y traslado de bocatomas.
  - Obras de conducción, que incluye la construcción de nuevos canales, incluida la red secundaria, la reparación o mejoramiento de otros, la construcción de los acueductos cerrados de conducción, y la construcción de los sistemas de aforo.
- Costos de operación y mantenimiento de las obras de embalse y conducción.
- Expropiaciones y servidumbres.

- Costos relacionados con medidas de mitigación, manejo, monitoreo y compensación ambiental.

15.1.4.2. Costos de Construcción de las Obras Civiles

Los costos de las obras se presentan en forma resumida en los Cuadros 15.1.4.2-1 a 15.1.4.2-3, tanto a precios privados como sociales.

CUADRO 15.1.4.2-1
RESUMEN COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Volumen Útil (hm^3)	Precios Privados ($)			Precios Sociales ($)		
	Costo Directo	GG, UTIL e IMP	Total Neto	Costo Directo	GG, UTIL e IMP	Total Neto
Embalse Tranca Morada						
1	9.228.703.908	4.614.351.954	13.843.055.862	8.677.404.598	4.338.702.299	13.016.106.897
2	10.890.328.994	5.445.164.497	16.335.493.492	10.307.700.537	5.153.850.268	15.461.550.805
3	12.437.741.978	6.218.870.989	18.656.612.967	11.807.187.821	5.903.593.911	17.710.781.732
4	14.028.589.956	7.014.294.978	21.042.884.935	13.344.210.126	6.672.105.063	20.016.315.189
5	15.706.328.078	7.853.164.039	23.559.492.117	14.974.880.586	7.487.440.293	22.462.320.879
Embalse San Miguel Alto						
1	9.007.449.101	4.503.724.550	13.511.173.651	8.533.379.652	4.266.689.826	12.800.069.478
2	11.096.047.777	5.548.023.889	16.644.071.666	10.559.960.737	5.279.980.368	15.839.941.105
3	12.969.825.446	6.484.912.723	19.454.738.170	12.369.719.639	6.184.859.819	18.554.579.458
4	15.147.155.453	7.573.577.726	22.720.733.179	14.487.778.864	7.243.889.432	21.731.668.296
5	16.463.950.824	8.231.975.412	24.695.926.235	15.758.893.959	7.879.446.980	23.638.340.939

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Ingeniería.

CUADRO 15.1.4.2-2
RESUMEN COSTOS DE CONSTRUCCIÓN
MEJORAMIENTO CANALES ($)

Sección	Precios Privados ($)			Precios Sociales ($)		
	Costo Directo	GG, UTIL e IMP	Total Neto	Costo Directo	GG, UTIL e IMP	Total Neto
Primera - Río Mostazal (Sector 1)	985.700.387	492.850.194	1.478.550.581	956.129.375	478.064.688	1.434.194.063
Primera - Río San Miguel (Sector 4)	368.381.375	184.190.687	552.572.062	357.329.934	178.664.967	535.994.900
Segunda - Río Mostazal (Sector 2)	1.426.815.826	713.407.913	2.140.223.738	1.384.011.351	692.005.675	2.076.017.026
Tercera - Río Mostazal (Sector 3)	2.301.187.015	1.150.593.508	3.451.780.523	2.232.709.465	1.116.354.732	3.349.064.197
TOTAL	**5.082.084.603**	**2.541.042.301**	**7.623.126.904**	**4.930.180.125**	**2.465.090.062**	**7.395.270.187**

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Ingeniería.

15.1.4.3. Costos de Operación

Como costo de operación, se utilizó un valor típico para nivel de anteproyecto, tanto para las obras de embalse como para los de conducción, equivalente al 1% del costo directo de las obras (Cuadros 15.1.4.3-1 y 15.1.4.3-2).

CUADRO 15.1.4.3-1
RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN
EMBALSE TRANCA MORADA ($)

Volumen Útil (hm^3)	Precios Privados ($)	Precios Sociales ($)
Embalse Tranca Morada		
1	92.287.039	86.774.046
2	108.903.290	103.077.005
3	124.377.420	118.071.878
4	140.285.900	133.442.101
5	157.063.281	149.748.806
Embalse San Miguel Alto		
1	90.074.491	85.333.797
2	110.960.478	105.599.607
3	129.698.254	123.697.196
4	151.471.555	144.877.789
5	164.639.508	157.588.940

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Ingeniería.

CUADRO 15.1.4.3-2
RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN
MEJORAMIENTO CANALES ($)

Sección	Precios Privados ($)	Precios Sociales ($)
Primera - Río Mostazal (Sector 1)	9.857.004	9.561.294
Primera - Río San Miguel (Sector 4)	3.683.814	3.573.299
Segunda - Río Mostazal (Sector 2)	14.268.158	13.840.114
Tercera - Río Mostazal (Sector 3)	23.011.870	22.327.095
TOTAL	50.820.846	49.301.801

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Ingeniería.

15.1.4.4. Expropiaciones

Tal como se describe el Capítulo 11, en este item se incluye el costo de la expropiación de los lotes en donde se emplazarán las obras de cada presa, zonas de empréstitos, caminos de accesos y variantes de caminos (Cuadro 15.1.4.4-1). Para el caso del mejoramiento de canales no existen costos de este tipo.

CUADRO 15.1.4.4-1
RESUMEN COSTOS DE EXPROPIACIÓN
ALTERNATIVAS EMBALSE ($)

Volumen Útil (hm^3)	Tranca Morada	San Miguel Alto
1	274.659.793	220.022.444
2	324.112.198	271.040.061
3	370.165.483	316.810.305
4	417.511.457	369.995.337
5	467.443.410	402.160.330

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Ingeniería.

15.1.4.5. Costos Ambientales

Los costos ambientales asociados a las obras fueron definidos en el Estudio de Análisis Ambiental. En los Cuadros 15.1.4.5-1 y 15.1.4.5-2 se resumen estos costos para embalses y canales, respectivamente.

CUADRO 15.1.4.5-1
COSTOS AMBIENTALES EMBALSES ($)

Etapa	Tranca Morada	San Miguel Alto
Construcción	558.400.824	545.463.908
Operación	62.556.301	62.556.301
Total	**620.957.125**	**608.020.209**

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Análisis Ambiental.

CUADRO 15.1.4.5-2
COSTOS AMBIENTALES CANALES ($)

Sección	Etapas	
	Construcción	Operación
Primera - Río Mostazal (Sector 1)	2.964.035	0
Primera - Río San Miguel (Sector 4)	0	0
Segunda - Río Mostazal (Sector 2)	1.667.270	0
Tercera - Río Mostazal (Sector 3)	6.408.042	0
TOTAL	**11.039.347**	**0**

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Análisis Ambiental.

15.1.5. Beneficios

15.1.5.1. Introducción

En esta sección se presentan y describen brevemente los beneficios considerados para la evaluación, los cuales en esta oportunidad se concentran en los asociados al uso en riego. Para ello se utilizó el Método del Presupuesto, tanto para distintos volúmenes de embalse como para el mejoramiento de canales.

Además, se considera como beneficio el valor residual de las obras al finalizar su vida útil del proyecto.

15.1.5.2. Beneficios Derivados del Riego

El beneficio más importante de este proyecto es el aumento en la seguridad de riego. Lo anterior, en Situación Con Proyecto, permite por una parte mejorar la expresión del potencial productivo de los cultivos, además de incorporar cultivos de mayor rentabilidad los que sin la seguridad de riego necesaria presentarían un alto riesgo a la inversión.

El beneficio agroeconómico neto del proyecto se obtiene a partir de la sustracción entre los márgenes netos de las Situaciones Con y Sin Proyecto. Los valores de los márgenes se presentan en el Estudio Agroeconómico, en el cual también se entrega la información detallada según predio promedio, nivel tecnológico y sectores de riego.

En los Cuadros 15.1.5.2-1 y 15.1.5.2-2 se presentan un resumen, a precios de mercado (privados) y sociales, con los beneficios asociados al riego, en términos del flujo económico neto con respecto a la Situación Sin Proyecto.

CUADRO 15.1.5.2-1
BENEFICIOS ASOCIADOS AL RIEGO
PRECIOS PRIVADOS ($)

Año	E11-1	E11-2	E11-3	E12-1	E12-2	E12-3	E12-4	E21-1	E21-2	E21-3	E22-1	E22-2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-321.811.093	-356.970.134	-392.129.176	-349.594.545	-407.127.522	-448.679.117	-458.228.497	-345.948.137	-406.857.529	-445.618.051	-357.022.572	-445.618.051
2	-605.852.651	-679.215.224	-752.577.797	-663.834.972	-783.882.820	-870.584.043	-890.511.189	-656.419.213	-783.777.369	-864.823.468	-679.575.241	-864.823.468
3	-471.277.223	-588.367.893	-705.458.564	-563.718.940	-755.321.855	-893.701.738	-925.508.522	-551.065.684	-753.212.463	-881.851.323	-587.819.644	-881.851.323
4	-1.169.336.571	-1.272.391.134	-1.375.445.697	-1.251.375.303	-1.420.010.043	-1.541.801.800	-1.569.777.939	-1.246.511.677	-1.433.051.498	-1.551.758.657	-1.280.428.008	-1.551.758.657
5	351.159.986	368.467.224	385.774.462	362.642.591	390.963.526	411.417.535	416.173.128	340.549.196	342.621.849	343.940.810	340.926.042	343.940.810
6	-180.627.579	-32.367.184	115.893.211	-68.077.644	174.530.275	349.747.105	390.141.123	-125.691.303	73.078.155	199.567.811	-89.551.402	199.567.811
7	414.682.122	678.325.777	941.969.432	616.077.617	1.047.494.506	1.359.073.371	1.430.884.418	524.924.749	893.921.409	1.128.737.466	592.015.051	1.128.737.466
8	964.694.857	1.303.416.352	1.642.137.846	1.224.630.843	1.778.902.379	2.179.209.600	2.271.449.904	1.117.668.865	1.605.698.948	1.916.263.546	1.206.401.607	1.916.263.546
9	1.536.476.201	1.942.729.433	2.348.982.665	1.848.589.433	2.513.367.449	2.993.484.905	3.104.096.658	1.723.570.858	2.313.395.128	2.688.737.845	1.830.811.635	2.688.737.845
10	6.101.352.144	6.590.175.251	7.078.998.357	6.476.326.919	7.276.219.275	7.853.919.311	7.987.006.797	6.321.602.492	7.025.399.729	7.473.270.699	6.449.565.626	7.473.270.699
11	4.575.600.071	5.157.122.638	5.738.645.205	5.020.553.849	5.972.136.232	6.659.390.175	6.817.726.600	4.827.575.901	5.652.586.036	6.177.592.485	4.977.577.744	6.177.592.485
12	2.148.964.109	2.804.889.075	3.460.814.042	2.649.906.657	3.723.238.421	4.498.422.472	4.677.029.465	2.424.717.323	3.344.941.301	3.930.538.377	2.592.030.774	3.930.538.377
13	2.179.789.734	2.858.158.613	3.536.527.491	2.697.614.096	3.807.672.261	4.609.380.936	4.794.102.927	2.462.636.647	3.411.484.301	4.015.296.445	2.635.154.402	4.015.296.445
14	2.201.585.453	2.879.954.332	3.558.323.211	2.719.409.815	3.829.467.980	4.631.176.655	4.815.898.646	2.484.432.366	3.433.280.020	4.037.092.164	2.656.950.121	4.037.092.164
15	2.146.914.145	2.818.502.874	3.490.091.604	2.659.277.123	3.758.240.498	4.551.936.269	4.734.817.154	2.424.349.909	3.360.553.857	3.956.320.007	2.594.568.808	3.956.320.007
16	3.128.545.758	3.793.354.338	4.458.162.918	3.635.447.351	4.723.315.937	5.508.998.805	5.690.038.584	3.400.570.373	4.324.130.615	4.911.850.770	3.568.490.417	4.911.850.770
17	2.725.516.200	3.383.544.631	4.041.573.062	3.226.956.409	4.303.730.205	5.081.400.169	5.260.598.843	2.992.129.666	3.903.046.203	4.482.720.363	3.157.750.855	4.482.720.363
18	2.723.451.339	3.381.433.755	4.039.416.171	3.224.858.082	4.301.556.581	5.079.172.163	5.258.358.685	2.990.060.622	3.900.931.143	4.480.576.021	3.155.673.444	4.480.576.021
19	2.762.572.840	3.434.115.448	4.105.658.056	3.274.902.275	4.373.790.179	5.167.431.444	5.350.300.149	3.040.004.411	3.976.162.238	4.571.899.038	3.210.214.925	4.571.899.038
20	2.539.339.463	3.217.672.465	3.896.005.467	3.057.137.733	4.167.137.191	4.968.803.466	5.153.515.982	2.822.183.114	3.770.994.892	4.374.784.205	2.994.694.346	4.374.784.205
21	2.465.207.605	3.143.561.848	3.821.916.091	2.983.021.323	4.093.055.539	4.894.746.917	5.079.465.043	2.748.053.188	3.696.886.207	4.300.689.037	2.920.568.282	4.300.689.037
22	6.326.525.937	6.993.316.208	7.660.106.479	6.834.000.570	7.925.111.923	8.713.136.788	8.894.738.510	6.589.949.839	7.504.611.842	8.086.669.480	6.756.252.021	8.086.669.480
23	1.908.859.734	2.560.871.031	3.212.882.329	2.402.702.868	3.469.630.446	4.240.189.253	4.417.810.837	2.143.785.109	3.010.294.372	3.561.709.358	2.301.332.247	3.561.709.358
24	1.595.767.287	2.229.025.033	2.862.282.779	2.072.131.801	3.108.371.749	3.856.767.266	4.029.345.072	1.793.040.893	2.596.649.168	3.108.036.253	1.939.151.488	3.108.036.253
25	2.153.512.892	2.778.483.453	3.403.454.015	2.621.162.412	3.643.841.513	4.382.443.086	4.552.791.075	2.325.298.421	3.090.305.237	3.577.127.757	2.464.390.570	3.577.127.757
26	1.304.366.533	1.944.370.055	2.584.373.576	1.784.667.184	2.831.945.674	3.588.313.473	3.762.719.894	1.494.542.308	2.295.627.207	2.805.408.506	1.640.194.108	2.805.408.506
27	4.196.875.511	4.764.455.367	5.332.035.223	4.624.829.683	5.553.596.719	6.224.372.912	6.379.013.861	4.384.356.219	5.117.917.436	5.584.729.120	4.517.730.986	5.584.729.120
28	2.252.509.745	2.673.268.356	3.094.026.967	2.572.085.057	3.260.599.148	3.757.859.325	3.872.477.894	2.412.423.567	2.981.811.414	3.344.149.135	2.515.948.630	3.344.149.135
29	4.308.316.608	4.507.666.820	4.707.017.032	4.463.060.525	4.789.269.963	5.024.865.667	5.079.139.986	4.413.985.181	4.720.288.230	4.915.208.352	4.469.676.644	4.915.208.352
30	159.370.417	180.033.137	200.695.856	180.729.424	214.541.147	238.960.725	244.528.575	218.070.569	308.157.241	365.485.124	234.449.964	365.485.124

Fuente: Elaboración propia. a partir del estudio agroeconómico.

CUADRO 15.1.5.2-1
BENEFICIOS ASOCIADOS AL RIEGO
PRECIOS PRIVADOS ($)
(CONTINUACIÓN)

Año	E22-3	E22-4	E31-1	E31-2	E31-3	E31-4	E31-5	E31-6	E32-1	E32-2	E32-3	E41
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-506.527.443	-512.064.660	-334.873.703	-462.229.703	-401.320.312	-523.139.095	-429.006.399	-556.362.400	-434.543.616	-506.527.443	-473.304.138	18.799.757
2	-992.181.624	-1.003.759.638	-633.263.184	-899.557.510	-772.199.354	-1.026.915.666	-830.089.425	-1.096.383.751	-841.667.439	-992.181.624	-922.713.539	55.374.114
3	-1.083.998.103	-1.102.375.083	-514.311.724	-936.982.263	-734.835.483	-1.139.129.043	-826.720.383	-1.249.390.922	-845.097.363	-1.083.998.103	-973.736.223	696.601.002
4	-1.738.298.477	-1.755.256.643	-1.212.595.346	-1.602.633.153	-1.416.093.333	-1.789.172.974	-1.500.884.160	-1.890.921.967	-1.517.842.326	-1.738.298.477	-1.636.549.484	165.097.185
5	346.013.463	346.201.886	340.172.350	344.506.079	342.433.426	346.578.732	343.375.541	347.709.270	343.563.964	346.013.463	344.882.925	1.187.385.134
6	398.337.269	416.407.220	-161.831.205	253.777.663	55.008.204	452.547.121	145.357.958	560.966.826	163.427.909	398.337.269	289.917.564	187.997.565
7	1.497.734.126	1.531.279.277	457.834.447	1.229.372.919	860.376.259	1.598.369.579	1.028.102.013	1.799.640.485	1.061.647.164	1.497.734.126	1.296.463.221	187.997.565
8	2.404.293.629	2.448.660.000	1.028.936.123	2.049.362.660	1.561.332.577	2.537.392.743	1.783.164.433	2.803.590.970	1.827.530.804	2.404.293.629	2.138.095.402	187.997.565
9	3.278.562.115	3.332.182.503	1.616.330.082	2.849.599.010	2.259.774.740	3.439.423.279	2.527.876.681	3.761.145.608	2.581.497.069	3.278.562.115	2.956.839.786	222.102.520
10	8.177.067.936	8.241.049.503	6.193.639.358	7.665.215.400	6.961.418.162	8.369.012.637	7.281.325.998	8.752.902.040	7.345.307.565	8.177.067.936	7.793.178.534	1.942.153.687
11	7.002.602.619	7.077.603.541	4.677.574.058	6.402.595.249	5.577.585.114	7.227.605.383	5.952.589.721	7.677.610.911	6.027.590.642	7.002.602.619	6.552.597.091	1.160.104.718
12	4.850.762.355	4.934.419.080	2.257.403.873	4.181.508.553	3.261.284.575	5.101.732.530	3.679.568.201	5.603.672.882	3.763.224.927	4.850.762.355	4.348.822.003	187.997.565
13	4.964.144.100	5.050.402.977	2.290.118.891	4.274.073.078	3.325.225.424	5.222.920.733	3.756.519.812	5.740.473.999	3.842.778.690	4.964.144.100	4.446.590.833	187.997.565
14	4.985.939.819	5.072.198.697	2.311.914.610	4.295.868.797	3.347.021.143	5.244.716.452	3.778.315.531	5.762.269.718	3.864.574.409	4.985.939.819	4.468.386.553	187.997.565
15	4.892.523.955	4.977.633.405	2.254.131.009	4.211.648.356	3.275.444.407	5.147.852.305	3.700.991.657	5.658.509.004	3.786.101.107	4.892.523.955	4.381.867.256	187.997.565
16	5.835.411.013	5.919.371.035	3.232.650.328	5.163.730.836	4.240.170.593	6.087.291.079	4.659.970.704	6.591.051.211	4.743.930.726	5.835.411.013	5.331.650.880	-231.314.297
17	5.393.636.900	5.476.447.494	2.826.508.477	4.731.152.146	3.820.235.609	5.642.068.682	4.234.288.580	6.138.932.248	4.317.099.174	5.393.636.900	4.896.773.334	25.258.008
18	5.391.446.542	5.474.252.953	2.824.447.800	4.728.995.254	3.818.124.732	5.639.865.775	4.232.156.788	6.136.704.242	4.314.963.199	5.391.446.542	4.894.608.076	17.729.187
19	5.508.056.865	5.593.162.122	2.869.793.897	4.827.214.809	3.891.056.981	5.763.372.636	4.316.583.267	6.274.004.178	4.401.688.524	5.508.056.865	4.997.425.323	98.176.512
20	5.323.595.983	5.409.851.600	2.649.671.881	4.633.551.054	3.684.739.276	5.582.362.832	4.116.017.357	6.099.896.529	4.202.272.973	5.323.595.983	4.806.062.286	148.421.415
21	5.249.522.056	5.335.779.603	2.575.538.093	4.559.461.678	3.610.628.659	5.508.294.697	4.041.916.395	6.025.839.980	4.128.173.942	5.249.522.056	4.731.976.773	169.497.115
22	9.001.331.483	9.084.482.575	6.423.647.656	8.336.122.754	7.421.460.751	9.250.784.757	7.837.216.207	9.749.691.304	7.920.367.298	9.001.331.483	8.502.424.936	187.528.224
23	4.428.218.621	4.506.992.190	1.986.237.970	3.798.030.066	2.931.520.803	4.664.539.329	3.325.388.649	5.137.180.746	3.404.162.219	4.428.218.621	3.955.577.205	187.997.565
24	3.911.644.528	3.984.699.826	1.646.930.297	3.327.202.146	2.523.593.871	4.130.810.422	2.888.870.360	4.569.142.208	2.961.925.657	3.911.644.528	3.473.312.742	221.468.656
25	4.342.134.573	4.411.680.647	2.186.206.273	3.785.765.979	3.020.759.163	4.550.772.795	3.368.489.534	4.968.049.241	3.438.035.608	4.342.134.573	3.924.858.128	685.113.345
26	3.606.493.405	3.679.319.304	1.348.890.508	3.023.886.205	2.222.801.307	3.824.971.104	2.586.930.806	4.261.926.503	2.659.756.706	3.606.493.405	3.169.538.005	227.605.191
27	6.318.290.336	6.384.977.720	4.250.981.453	5.784.791.270	5.051.230.053	6.518.352.486	5.384.666.969	6.918.476.786	5.451.354.353	6.318.290.336	5.918.166.036	1.621.308.001
28	3.913.536.981	3.965.299.513	2.308.898.504	3.499.436.729	2.930.048.882	4.068.824.576	3.188.861.540	4.379.399.765	3.240.624.071	3.913.536.981	3.602.961.792	1.277.935.280
29	5.221.511.401	5.249.357.132	4.358.293.717	4.998.745.547	4.692.442.498	5.305.048.596	4.831.671.157	5.472.122.986	4.859.516.888	5.221.511.401	5.054.437.010	2.508.387.215
30	455.571.797	463.761.495	201.691.173	390.054.217	299.967.544	480.140.890	340.916.032	529.279.075	349.105.729	455.571.797	406.433.612	187.997.565

Fuente: Elaboración propia. a partir del estudio agroeconómico.

CUADRO 15.1.5.2-2
BENEFICIOS ASOCIADOS AL RIEGO
PRECIOS SOCIALES ($)

Año	E11-1	E11-2	E11-3	E12-1	E12-2	E12-3	E12-4	E21-1	E21-2	E21-3	E22-1	E22-2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-326.669.887	-362.876.496	-399.083.105	-355.193.377	-414.440.555	-457.230.184	-467.061.062	-350.976.103	-413.064.744	-452.575.698	-362.264.947	-452.575.698
2	-617.212.355	-692.264.293	-767.316.230	-676.354.405	-799.166.667	-887.864.411	-908.243.822	-667.927.816	-797.063.640	-879.240.983	-691.407.057	-879.240.983
3	-506.822.054	-625.306.180	-743.790.305	-600.105.221	-793.988.335	-934.015.028	-966.189.729	-586.171.492	-789.170.351	-918.351.443	-623.080.376	-918.351.443
4	-1.278.177.567	-1.408.762.796	-1.539.348.026	-1.380.588.999	-1.594.273.920	-1.748.601.918	-1.784.068.797	-1.362.138.778	-1.581.617.031	-1.721.285.009	-1.402.043.915	-1.721.285.009
5	194.122.965	165.653.963	137.184.960	171.595.810	125.010.169	91.364.984	83.645.279	172.237.697	119.740.912	86.333.867	162.692.827	86.333.867
6	-355.068.275	-267.964.116	-180.859.957	-287.895.487	-145.361.409	-42.420.131	-18.702.275	-314.049.406	-186.690.748	-105.644.329	-290.893.287	-105.644.329
7	296.010.559	514.329.402	732.648.245	464.196.295	821.445.311	1.079.458.489	1.138.899.644	399.912.247	720.869.512	925.115.044	458.268.113	925.115.044
8	1.017.430.763	1.385.261.788	1.753.092.813	1.300.353.708	1.902.259.021	2.336.968.414	2.437.111.419	1.189.718.409	1.727.278.046	2.069.361.452	1.287.456.525	2.069.361.452
9	1.687.365.362	2.161.984.501	2.636.603.640	2.052.191.409	2.828.840.909	3.389.754.437	3.518.958.492	1.908.170.675	2.600.053.051	3.040.341.835	2.033.967.470	3.040.341.835
10	6.277.865.249	6.841.635.571	7.405.405.893	6.710.665.645	7.633.198.900	8.299.472.917	8.452.941.123	6.535.541.805	7.351.815.877	7.871.263.015	6.683.955.272	7.871.263.015
11	4.758.588.236	5.421.230.276	6.083.872.317	5.266.095.454	6.350.418.793	7.133.541.204	7.313.937.372	5.050.813.520	5.997.254.686	6.599.535.429	5.222.893.732	6.599.535.429
12	2.341.641.757	3.082.915.800	3.824.189.844	2.908.339.060	4.121.332.949	4.997.384.091	5.199.202.608	2.659.186.064	3.706.489.526	4.372.955.365	2.849.604.876	4.372.955.365
13	2.373.440.785	3.138.310.342	3.903.179.899	2.957.886.111	4.209.490.840	5.113.427.589	5.321.674.864	2.698.442.770	3.775.838.595	4.461.454.119	2.894.332.920	4.461.454.119
14	2.394.512.683	3.159.382.239	3.924.251.796	2.978.958.008	4.230.562.737	5.134.499.486	5.342.746.761	2.719.514.667	3.796.910.492	4.482.526.017	2.915.404.817	4.482.526.017
15	2.349.239.846	3.107.329.254	3.865.418.661	2.928.223.787	4.168.733.727	5.064.657.572	5.271.063.742	2.668.830.682	3.733.582.800	4.411.152.331	2.862.421.976	4.411.152.331
16	3.389.934.944	4.141.244.203	4.892.553.461	3.963.457.501	5.192.872.651	6.080.783.593	6.285.348.657	3.704.114.631	4.756.223.044	5.425.746.579	3.895.407.070	5.425.746.579
17	3.008.136.874	3.752.665.983	4.497.195.092	3.576.198.047	4.794.518.407	5.674.416.445	5.877.140.404	3.316.905.412	4.356.370.119	5.017.847.660	3.505.898.995	5.017.847.660
18	2.993.709.455	3.738.186.583	4.482.663.712	3.561.732.823	4.779.968.125	5.659.804.731	5.862.514.963	3.302.473.267	4.341.885.994	5.003.330.456	3.491.457.399	5.003.330.456
19	3.003.691.450	3.761.731.783	4.519.772.115	3.582.639.701	4.823.069.336	5.718.935.183	5.925.328.393	3.323.277.825	4.387.980.868	5.065.519.169	3.516.860.196	5.065.519.169
20	2.780.039.556	3.544.874.527	4.309.709.497	3.364.459.729	4.616.007.862	5.519.903.736	5.728.141.878	3.105.038.397	4.182.399.635	4.867.993.151	3.300.922.258	4.867.993.151
21	2.693.387.516	3.458.246.749	4.223.105.981	3.277.825.333	4.529.413.168	5.433.337.716	5.641.582.265	3.018.388.562	4.095.774.063	4.781.383.018	3.214.276.835	4.781.383.018
22	6.745.937.323	7.495.698.764	8.245.460.205	7.317.277.453	8.544.159.811	9.430.241.513	9.634.415.692	7.049.145.671	8.086.267.172	8.746.253.581	7.237.713.216	8.746.253.581
23	2.068.082.497	2.798.043.254	3.528.004.010	2.621.767.189	3.816.248.426	4.678.929.320	4.877.767.949	2.338.494.650	3.317.671.327	3.940.783.759	2.516.526.773	3.940.783.759
24	1.714.333.137	2.419.226.561	3.124.119.986	2.245.418.009	3.398.879.977	4.231.935.842	4.424.026.660	1.941.137.821	2.844.427.732	3.419.248.585	2.105.372.350	3.419.248.585
25	2.237.308.579	2.929.957.389	3.622.606.199	2.756.356.888	3.889.782.214	4.708.367.171	4.897.160.748	2.433.904.699	3.289.249.459	3.833.559.760	2.589.421.928	3.833.559.760
26	1.386.474.058	2.098.119.962	2.809.765.866	1.921.084.531	3.085.596.011	3.926.632.079	4.120.554.673	1.602.486.141	2.498.749.424	3.069.098.786	1.765.443.102	3.069.098.786
27	4.286.595.135	4.923.501.754	5.560.408.372	4.767.318.476	5.809.529.307	6.562.237.129	6.735.752.865	4.501.398.392	5.329.958.187	5.857.223.511	4.652.045.627	5.857.223.511
28	2.343.189.070	2.822.817.292	3.302.445.514	2.707.927.256	3.492.773.438	4.059.606.791	4.190.243.917	2.529.693.054	3.183.923.942	3.600.252.689	2.648.644.124	3.600.252.689
29	4.387.747.170	4.629.428.038	4.871.108.907	4.575.422.580	4.970.900.364	5.256.523.208	5.322.302.379	4.516.907.156	4.889.600.076	5.126.768.297	4.584.669.505	5.126.768.297
30	165.577.443	182.973.038	200.368.633	185.768.382	214.233.902	234.792.332	239.435.540	235.346.734	336.133.709	400.270.875	253.671.639	400.270.875

Fuente: Elaboración propia. a partir del estudio agroeconómico.

CUADRO 15.1.5.2-2
BENEFICIOS ASOCIADOS AL RIEGO
PRECIOS SOCIALES ($)
(CONTINUACIÓN)

Año	E22-3	E22-4	E31-1	E31-2	E31-3	E31-4	E31-5	E31-6	E32-1	E32-2	E32-3	E41
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-514.664.339	-520.308.761	-339.687.259	-469.508.964	-407.420.322	-531.597.605	-435.642.432	-565.464.136	-441.286.854	-514.664.339	-480.797.807	25.745.962
2	-1.008.376.807	-1.020.116.427	-644.448.576	-914.459.844	-785.324.020	-1.043.595.668	-844.022.122	-1.114.033.390	-855.761.742	-1.008.376.807	-937.939.085	75.732.609
3	-1.121.350.301	-1.139.804.743	-549.262.609	-973.714.768	-770.715.909	-1.176.713.626	-862.988.118	-1.287.440.276	-881.442.559	-1.121.350.301	-1.010.623.651	737.317.993
4	-1.940.763.261	-1.960.715.830	-1.322.233.642	-1.781.142.714	-1.561.664.462	-2.000.620.967	-1.661.427.304	-2.120.336.377	-1.681.379.872	-1.940.763.261	-1.821.047.851	225.692.550
5	33.837.082	29.064.647	181.782.567	72.016.562	124.513.347	19.519.777	100.651.172	-9.114.832	95.878.737	33.837.082	62.471.692	1.255.886.946
6	21.714.330	33.292.390	-337.205.526	-70.910.149	-198.268.808	56.448.510	-140.378.508	125.916.869	-128.800.448	21.714.330	-47.754.029	257.459.617
7	1.246.072.309	1.275.250.242	341.556.381	1.012.648.844	691.691.579	1.333.606.109	837.581.245	1.508.673.708	866.759.178	1.246.072.309	1.071.004.710	257.459.617
8	2.606.921.089	2.655.790.147	1.091.980.294	2.215.968.625	1.678.408.988	2.753.528.262	1.922.754.278	3.046.742.610	1.971.623.336	2.606.921.089	2.313.706.741	257.459.617
9	3.732.224.211	3.795.122.609	1.782.373.879	3.229.037.029	2.537.154.653	3.920.919.405	2.851.646.642	4.298.309.792	2.914.545.040	3.732.224.211	3.354.833.825	291.564.572
10	8.687.537.088	8.761.743.821	6.387.128.337	8.093.883.216	7.277.609.144	8.910.157.289	7.648.642.813	9.355.397.693	7.722.849.547	8.687.537.088	8.242.296.684	2.011.615.739
11	7.545.976.595	7.632.016.701	4.878.733.308	6.857.655.747	5.911.214.580	7.804.096.913	6.341.415.110	8.320.337.549	6.427.455.216	7.545.976.595	7.029.735.959	1.229.566.771
12	5.420.258.826	5.515.468.232	2.468.767.253	4.658.583.582	3.611.280.120	5.705.887.043	4.087.327.148	6.277.143.476	4.182.536.554	5.420.258.826	4.849.002.393	257.459.617
13	5.538.849.944	5.636.795.019	2.502.552.620	4.755.289.344	3.677.893.520	5.832.685.169	4.167.618.894	6.420.355.619	4.265.563.969	5.538.849.944	4.951.179.494	257.459.617
14	5.559.921.841	5.657.866.916	2.523.624.517	4.776.361.241	3.698.965.417	5.853.757.066	4.188.690.792	6.441.427.516	4.286.635.867	5.559.921.841	4.972.251.391	257.459.617
15	5.475.904.449	5.572.700.096	2.475.239.387	4.701.539.272	3.636.787.153	5.766.291.391	4.120.765.389	6.347.065.274	4.217.561.036	5.475.904.449	4.895.130.566	257.459.617
16	6.477.854.992	6.573.501.212	3.512.822.192	5.712.685.237	4.660.576.825	6.764.793.650	5.138.807.921	7.338.670.966	5.234.454.141	6.477.854.992	5.903.977.676	-196.785.235
17	6.057.312.367	6.151.809.158	3.127.911.829	5.301.338.034	4.261.873.327	6.340.802.741	4.734.357.285	6.907.783.491	4.828.854.077	6.057.312.367	5.490.331.617	47.569.642
18	6.042.743.183	6.137.235.249	3.113.489.135	5.286.806.654	4.247.393.928	6.326.219.381	4.719.854.258	6.893.171.777	4.814.346.324	6.042.743.183	5.475.790.786	47.722.015
19	6.130.222.213	6.227.013.398	3.129.695.453	5.355.892.726	4.291.189.683	6.420.595.770	4.775.145.612	7.001.342.885	4.871.936.797	6.130.222.213	5.549.475.098	145.276.061
20	5.945.354.389	6.043.296.320	2.909.154.535	5.161.818.943	4.084.457.704	6.239.180.181	4.574.167.358	6.826.831.766	4.672.109.289	5.945.354.389	5.357.702.804	195.520.965
21	5.858.768.518	5.956.712.654	2.822.500.289	5.075.215.427	3.997.829.926	6.152.600.927	4.487.550.608	6.740.265.746	4.585.494.745	5.858.768.518	5.271.103.700	223.845.775
22	9.783.375.082	9.877.658.855	6.860.578.125	9.029.104.900	7.991.983.399	10.066.226.401	8.463.402.263	10.631.929.038	8.557.686.036	9.783.375.082	9.217.672.446	249.413.915
23	4.919.960.436	5.008.976.498	2.160.462.527	4.207.831.943	3.228.655.266	5.187.008.621	3.673.735.574	5.721.104.990	3.762.751.635	4.919.960.436	4.385.864.067	257.459.617
24	4.322.538.497	4.404.655.762	1.776.903.291	3.665.600.379	2.762.310.468	4.568.890.291	3.172.896.791	5.061.593.879	3.255.014.056	4.322.538.497	3.829.834.909	290.930.709
25	4.688.904.519	4.766.663.133	2.278.387.470	4.066.835.603	3.211.490.844	4.922.180.362	3.600.283.916	5.388.732.049	3.678.042.531	4.688.904.519	4.222.352.832	754.575.397
26	3.965.362.069	4.046.840.549	1.439.529.180	3.313.534.227	2.417.270.944	4.209.797.510	2.824.663.345	4.698.668.392	2.906.141.826	3.965.362.069	3.476.491.187	297.067.243
27	6.685.783.306	6.761.106.924	4.350.751.156	6.083.194.364	5.254.634.569	6.911.754.159	5.631.252.658	7.363.695.866	5.706.576.276	6.685.783.306	6.233.841.600	1.690.770.053
28	4.254.483.578	4.313.959.113	2.410.741.983	3.778.679.295	3.124.448.407	4.432.910.184	3.421.826.083	4.789.763.396	3.481.301.619	4.254.483.578	3.897.630.366	1.347.397.332
29	5.499.461.217	5.533.342.391	4.449.144.807	5.228.411.821	4.855.718.901	5.601.104.740	5.025.124.774	5.804.391.787	5.059.005.948	5.499.461.217	5.296.174.170	2.577.849.267
30	501.057.851	510.220.303	217.021.830	427.758.232	326.971.257	528.545.207	372.783.518	583.519.921	381.945.971	501.057.851	446.083.137	257.459.617

Fuente: Elaboración propia. a partir del estudio agroeconómico.

15.1.5.3. Valor Residual

Se consideró un valor residual al que se puede liquidar la inversión al final de la vida útil del proyecto de un 40% del costo total de las obras.

15.1.6. Resultados

La evaluación económica de cada alternativa se resume en los Cuadros 15.1.6-1 y 15.1.6-2, a precios privados y sociales, respectivamente, mientras que los resultados específicos de se encuentran en el Anexo 15-1.

CUADRO 15.1.6-1
RESULTADOS EVALUACIÓN - PRECIOS PRIVADOS

Alternativa	Volumen Útil Tranca Morada (Hm3)	Volumen Útil San Miguel Alto (Hm3)	VAN (MM $)	IVAN	VAN/Sup (MM $/ha)	n/k	TIR (%)
E11-1	3,0	0,0	-12.334,9	-0,67	-10,11	0,44	6,19%
E11-2	4,0	0,0	-12.937,5	-0,62	-9,80	0,48	6,70%
E11-3	5,0	0,0	-13.678,3	-0,59	-9,63	0,50	7,06%
E12-1	2,0	0,0	-16.355,2	-0,7	-12,61	0,41	5,74%
E12-2	3,0	0,0	-15.662,3	-0,6	-10,72	0,48	6,81%
E12-3	4,0	0,0	-15.914,5	-0,6	-10,07	0,52	7,26%
E12-4	5,0	0,0	-18.057,5	-0,6	-11,24	0,49	6,96%
E21-1	0,0	3,0	-12.379,0	-0,64	-9,80	0,46	6,46%
E21-2	0,0	4,0	-13.238,2	-0,59	-9,43	0,50	7,05%
E21-3	0,0	5,0	-13.675,9	-0,56	-9,16	0,53	7,35%
E22-1	0,0	2,0	-16.882,2	-0,71	-13,10	0,39	5,54%
E22-2	0,0	3,0	-16.082,2	-0,60	-10,77	0,49	6,83%
E22-3	0,0	4,0	-16.941,4	-0,57	-10,37	0,52	7,23%
E22-4	0,0	5,0	-18.792,9	-0,59	-11,41	0,49	6,94%
E31-1	1,0	2,0	-25.170,9	-0,84	-20,35	0,28	3,67%
E31-2	1,0	4,0	-26.172,6	-0,73	-17,09	0,38	5,30%
E31-3	2,0	2,0	-24.986,0	-0,77	-17,97	0,34	4,73%
E31-4	2,0	4,0	-26.223,3	-0,68	-21,20	0,42	5,89%
E31-5	4,0	1,0	-25.488,3	-0,75	-15,24	0,36	5,01%
E31-6	4,0	3,0	-26.349,4	-0,66	-15,07	0,44	6,16%
E32-1	1,0	2,0	-28.464,6	-0,76	-19,40	0,34	4,73%
E32-2	2,0	2,0	-28.044,1	-0,70	-17,17	0,39	5,54%
E32-3	4,0	1,0	-31.138,2	-0,75	-20,00	0,35	4,82%
E41	0,0	0,0	-4.813,1	-0,64	-4,19	0,38	3,87%

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 15.1.6-2
RESULTADOS EVALUACIÓN - PRECIOS SOCIALES

Alternativa	Volumen Útil Tranca Morada (Hm3)	Volumen Útil San Miguel Alto (Hm3)	VAN (MM $)	IVAN	VAN/Sup (MM $/ha)	n/k	TIR (%)
E11-1	3,0	0,0	2.672,3	0,16	2,190	1,123	6,75%
E11-2	4,0	0,0	5.418,7	0,29	4,103	1,222	7,31%
E11-3	5,0	0,0	8.019,0	0,38	5,643	1,295	7,70%
E12-1	2,0	0,0	1.370,1	0,06	1,056	1,050	6,31%
E12-2	3,0	0,0	7.452,9	0,32	5,101	1,249	7,45%
E12-3	4,0	0,0	11.135,8	0,44	7,049	1,340	7,94%
E12-4	5,0	0,0	9.988,4	0,36	6,216	1,282	7,63%
E21-1	0,0	3,0	3.950,8	0,23	3,129	1,174	7,05%
E21-2	0,0	4,0	7.762,8	0,38	5,531	1,293	7,71%
E21-3	0,0	5,0	10.308,0	0,47	6,904	1,358	8,05%
E22-1	0,0	2,0	492,1	0,02	0,382	1,018	6,11%
E22-2	0,0	3,0	8.017,2	0,33	5,370	1,258	7,51%
E22-3	0,0	4,0	11.829,2	0,44	7,241	1,339	7,94%
E22-4	0,0	5,0	10.494,8	0,36	6,374	1,284	7,65%
E31-1	1,0	2,0	-8.718,0	-0,32	-7,047	0,744	4,22%
E31-2	1,0	4,0	32,7	0,00	0,021	1,001	6,01%
E31-3	2,0	2,0	-3.507,9	-0,12	-2,523	0,906	5,38%
E31-4	2,0	4,0	4.596,2	0,13	3,715	1,104	6,64%
E31-5	4,0	1,0	-1.865,7	-0,06	-1,116	0,952	5,69%
E31-6	4,0	3,0	7.027,5	0,20	4,018	1,153	6,92%
E32-1	1,0	2,0	-3.972,8	-0,12	-2,707	0,906	5,39%
E32-2	2,0	2,0	1.884,0	0,05	1,153	1,042	6,26%
E32-3	4,0	1,0	-3.586,4	-0,10	-2,303	0,923	5,50%
E41	0,0	0,0	-1.100,4	-0,16	-0,959	0,854	4,86%

Fuente: Elaboración propia.

Se observa, en primer lugar, que todas las alternativas resultan no rentables a precios privados. Sin embargo, a precios sociales 18 de las 24 alternativas resultan rentables.

En una segunda aproximación, se observa que la rentabilidad, en cuanto al VAN y TIR social de Escenarios comparables e iguales volúmenes útiles, del embalse San Miguel Alto es mayor a la del embalse Tranca Morada. No obstante, cabe destacar que ambos sitios resultan competitivos, ya que los resultados difieren en su TIR en promedio un 0,35% a precios sociales. Además, las alternativas de uso de embalses en forma conjunta presentan resultados mixtos, aunque menores a los definidos considerando solo un embalse.

Por otra parte, la inclusión independiente del mejoramiento de canales a toda el área de estudio (E41) no resulta rentable a precios sociales. Esta situación cambia cuando este mejoramiento se incluye como complemento a la construcción de los embalses, ya que todas las alternativas de los Escenarios E12, E22 y E32 poseen un mayor VAN social en comparación con las alternativas de igual volumen útil de los EscenariosE11, E21 y E31. Al observar la TIR social, la relación anterior es válida solo para volúmenes útiles menores o iguales a 4hm^3.

Si se considera el VAN social, principal indicador de la rentabilidad y riqueza generada por un proyecto, **la alternativa E22-3, es decir, el sitio de embalse San Miguel Alto con un volumen útil de 4 hm^3 y con mejoramiento de canales, es la que posee los mejores indicadores económicos, con un VAN Social de MM$11.829**. En el segundo y tercer lugar se encuentran las alternativas E12-3 (embalse Tranca Morada con un volumen útil de 4 hm^3 mejoramiento de canales) y E22-4 (embalse San Miguel Alto con un volumen útil de 5 hm^3 y mejoramiento de canales), respectivamente.

Un aspecto relevante a destacar es que al considerar otros indicadores económicos el ranking las mejores alternativas cambia al obtenido con el VAN social, tal como se muestran en el Cuadro 15.1.6-3. Por ejemplo, al analizar la TIR social obtenida, la mejor alternativa es la E21-3 (embalse San Miguel Alto con un volumen útil de 5 hm^3 sin mejoramiento de canales), relegando al segundo lugar a la alternativa E22-3. Esto se debe a que, en una alternativa que incorpora el mejoramiento de canales, el costo de las obras representa una porción mayor de los flujos de la evaluación que en la alternativa homóloga sin mejoramiento, afectando la tasa de rentabilidad (TIR social, IVAN y n/k). En cambio, la riqueza absoluta (VAN social y VAN/sup) depende de los beneficios agrícolas adicionales generados por el aumento de la superficie, los cuales son mayores que el incremento del costo de las obras[1].

En el Cuadro 15.1.6-3 además se puede observar que el volumen útil óptimo varía entre 4 y 5 hm^3, independiente de la alternativa seleccionada.

La alternativa E22-3 será analizada en profundidad en los acápites siguientes.

CUADRO 15.1.6-3
RANKING EVALUACIÓN ECONÓMICA - PRECIOS SOCIALES

Ranking	VAN	IVAN	VAN/Sup	n/k	TIR
Por Escenario					
1°	E22-3	E21-3	E22-3	E21-3	E21-3
2°	E12-3	E22-3	E12-3	E12-3	E22-3
3°	E22-4	E12-3	E21-3	E22-3	E12-3
4°	E21-3	E21-2	E22-4	E21-2	E21-2
Por Volumen Útil (hm³)					
1°	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0
2°	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
3°	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0
4°	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0

Fuente: Elaboración propia.

[1] En el ejemplo, el costo de las obras de la Alternativa E22-3 representa el 68,4% de los beneficios agrícolas descontados al año 0, mientras que en la Alternativa E21-3 la relación llega al 66,6%, lo que explica la mayor TIR social de esta última. Por su parte, el costo adicional de las obras de la Alternativa E22-3 es MM$5.489, menor a los MM$7.112 de beneficios agrícolas por sobre la Alternativa E21-3, principal razón para el mayor VAN social de la alternativa E22-3.

15.1.7. Análisis de Sensibilidad

15.1.7.1. Introducción

Al hacer cualquier evaluación económica, siempre hay un elemento de incertidumbre asociado a las variables y alternativas que se estudian, lo que dificulta una toma de decisiones con mayor seguridad. Una forma de disminuir o dimensionar esta incertidumbre es a través un análisis de sensibilidad, que busca identificar las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y la magnitud de su incidencia.

15.1.7.2. Incidencia de las Variables del Proyecto

Como primer paso, el Cuadro 15.1.7.2-1 muestra el cambio que experimenta el VAN, a precios sociales, ante la variación del 10% de las partidas involucradas en la evaluación económica de la Alternativa E22-3, a fin de conocer las que repercuten más en la rentabilidad del proyecto. De este cuadro se puede observar que la variable que más incide en la rentabilidad es el ingreso agrícola por variación del precio de venta, cuya elasticidad con respecto al VAN social es igual a 4,98. La segunda variable con mayor importancia es el costo de las obras asociadas al embalse. Las restantes variables tienen un efecto marginal.

Las variaciones necesarias para lograr un VAN nulo en la Alternativa E22-3 son de -22,1% para el ingreso agrícola y 58,5% para el costo del embalse, las que respaldan la solidez de la conveniencia de la realización del proyecto.

CUADRO 15.1.7.2-1
ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE LAS VARIABLES
EN LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Item Evaluación	Variación	VAN0 (MM $)	VAN1 (MM $)	ΔVAN (MM $)	Elasticidad
Ingresos Agrícolas	-10,00%	11.829,2	5.848,1	-5.981	5,06
Costos Embalse	10,00%	11.829,2	9.807,4	-2.022	-1,71
Costos Mej. Canales	10,00%	11.829,2	11.141,0	-688	-0,58
Costos Operación	10,00%	11.829,2	11.561,9	-267	-0,23
Costos Ambientales	10,00%	11.829,2	11.767,7	-62	-0,05
Costos Anexos	10,00%	11.829,2	11.792,2	-37	-0,03

Fuente: Elaboración propia.

Otro análisis de sensibilidad consiste en modificar la gradualidad de los cambios en la Situación Con Proyecto, los que se desprenden de la incorporación de los cultivos que conforman el nuevo uso del suelo.

Dada lo anterior se confeccionó un escenario denominado “temprano”, en el cual la incorporación de los cultivos fuera más rápida que la estimada inicialmente, y otro “tardío” en el cual los cambios se producen en forma más lenta. El Cuadro 15.1.7.2-2 muestra las tasas de incorporación utilizadas en cada caso.

Estas tasas tienen repercusión en la gradualidad de la incorporación de la superficie, costos indirectos, habilitación de suelos, inversión en riego tecnificado, asistencia técnica y la estabilización de los márgenes brutos.

Los flujos agroeconómicos netos a precios sociales a partir de este análisis se resumen en el Cuadro 15.1.7.2-3 para precios sociales.

CUADRO 15.1.7.2-2
TASAS DE INCORPORACIÓN CULTIVOS ESCENARIOS DE INCORPORACIÓN AGRÍCOLA

Año	Cultivos anuales y frutales existentes E1 a E4			Año	Cultivos anuales y frutales existentes E5 y E6		
	Base	Temprano	Tardío		Base	Temprano	Tardío
0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	10	10	1	10	10	10
2	30	50	30	2	50	60	30
3	60	75	50	3	75	100	60
4	90	100	75	4	100	100	90
5	100	100	90	5	100	100	100
6	100	100	100	6	100	100	100
Año	Frutales			Año	Praderas		
	Base	Temprano	Tardío		Base	Temprano	Tardío
0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	10	10	1	10	50	10
2	30	50	30	2	60	100	50
3	60	75	50	3	100	100	75
4	90	100	75	4	100	100	100
5	100	100	90	5	100	100	100
6	100	100	100	6	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

Usando la información anterior, se presenta en el Cuadro 15.1.7.2-4 el análisis de sensibilidad para la incorporación de la tierra a la agricultura de riego, el que muestra que, si la gradualidad de los cambios sucede en un periodo menor, el efecto de aumento de los beneficios agrícolas en los primeros años provoca que la rentabilidad del proyecto aumente, aunque no de manera significativa, debido a que la incorporación de los cultivos en el Escenario futuro base ya se presenta en un periodo breve.

Estos resultados confirman la incidencia significativa de los ingresos agrícolas en la rentabilidad del proyecto.

Finalmente se ha evaluado el cambio del VAN social ante una variación de la tasa de descuento y el periodo de ejecución de las obras, resultados que se muestran en el Cuadro 15.1.7.2-5. En este caso destaca que a medida que el proyecto demora más en ejecutarse el VAN social disminuye.

CUADRO 15.1.7.2-3
FLUJOS AGROECONÓMICOS ESCENARIOS DE INCORPORACIÓN AGRÍCOLA ($)

Año	Base	Temprano	Tardío
0	0	0	0
1	-514.664.339	-537.088.213	-514.664.339
2	-1.008.376.807	-1.917.771.681	-1.084.907.479
3	-1.121.350.301	-986.196.567	-704.918.200
4	-1.940.763.261	-1.862.610.917	-1.650.058.303
5	33.837.082	441.393.276	-46.421.419
6	21.714.330	584.250.358	-362.612.255
7	1.246.072.309	1.857.191.320	948.435.167
8	2.606.921.089	3.225.043.361	2.091.072.614
9	3.732.224.211	4.078.819.577	3.219.260.729
10	8.687.537.088	9.128.887.311	8.387.735.043
11	7.545.976.595	7.792.271.005	7.237.627.097
12	5.420.258.826	5.553.259.552	5.173.964.416
13	5.538.849.944	5.538.849.944	5.405.849.219
14	5.559.921.841	5.559.921.841	5.559.921.841
15	5.475.904.449	5.475.904.449	5.475.904.449
16	6.477.854.992	6.283.709.333	6.477.854.992
17	6.057.312.367	6.105.848.781	6.154.385.196
18	6.042.743.183	6.091.279.597	6.091.279.597
19	6.130.222.213	6.227.295.042	6.081.685.798
20	5.945.354.389	5.945.354.389	5.848.281.560
21	5.858.768.518	5.858.768.518	5.858.768.518
22	9.783.375.082	9.783.375.082	9.783.375.082
23	4.919.960.436	4.283.755.595	4.919.960.436
24	4.322.538.497	4.119.755.586	4.640.640.918
25	4.688.904.519	4.580.670.072	5.028.872.790
26	3.965.362.069	4.160.329.468	4.075.641.483
27	6.685.783.306	6.798.444.022	6.518.173.202
28	4.254.483.578	3.232.544.101	4.176.612.766
29	5.499.461.217	5.060.475.811	5.970.659.880
30	501.057.851	24.059.269	1.116.211.211

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 15.1.7.2-4
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD
ESCENARIOS DE INCORPORACIÓN DE AGRÍCOLA

Escenario	VAN Social (MM $)	TIR (%)
Temprano	12.768,0	8,12%
Tardío	11.003,1	7,80%

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 15.1.7.2-5
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD
TASA DE DESCUENTO SOCIAL Y PERIODO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Item Evaluación	Valor	VAN Social (MM $)
Tasa de Descuento Social	**4%**	29.688,7
	8%	-281,8
Período de Ejecución de las Obras	**2 Años**	10.363,0
	3 Años	7.973,1

Fuente: Elaboración propia.

15.1.7.3. Incorporación Mejoramiento de Canales por Sector

Además del análisis del mejoramiento integral de los canales para toda el área de estudio, es posible observar el impacto del mejoramiento de canales de cada sector por separado, en la rentabilidad del proyecto de embalse San Miguel Alto con un volumen útil de 4 hm^3. Para ello se generaron 4 subalternativas, definidos de la siguiente forma:

- E22-3-1: Mejoramiento de canales del Sector 1.
- E22-3-2: Mejoramiento de canales del Sector 2.
- E22-3-3: Mejoramiento de canales del Sector 3.
- E22-3-4: Mejoramiento de canales del Sector 4.

A nivel de la modelación en el Software WEAP, las diferencias entre cada subalternativa se basan en la disminución de los porcentajes de pérdida del caudal entrante a los canales en cada sector, en las magnitudes que se muestran en el Cuadro 15.1.7.3-1.

CUADRO 15.1.7.3-1
PÉRDIDAS POR CANAL (% DEL CAUDAL ENTRANTE)

Sector	Actual	E22-3 (Base)	E22-3-1	E22-3-2	E22-3-3	E22-3-4
1	16	5	5	16	16	16
2	18	5	18	5	18	18
3	17	5	17	17	5	17
SM	16	5	16	16	16	5

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del modelo determinan las superficies con 85% de seguridad de riego, las que presentan en el Cuadro 15.1.7.3-2. Además, en el Cuadro 15.1.7.3-3 se resumen los flujos agroeconómicos obtenidos.

CUADRO 15.1.7.3-2
SUPERFICIES CON 85% DE SEGURIDAD DE RIEGO
SUBALTERNATIVAS MEJORAMIENTO CANALES POR SECTOR

Subalternativa	Superficie (ha)				
	1	2	3	4	Total
E22-3 (Base)	419,5	456,7	554,8	202,7	1.633,7
E22-3-1	326,9	427,0	549,4	151,2	1.454,6
E22-3-2	346,8	433,4	550,6	162,3	1.493,0
E22-3-3	326,9	427,0	549,4	151,2	1.454,6
E22-3-4	313,7	422,7	548,6	143,9	1.429,0

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 15.1.7.3-3
FLUJOS AGROECONÓMICOS
SUBALTERNATIVAS MEJORAMIENTO CANALES POR SECTOR

Año	Base	E22-3-1	E22-3-2	E22-3-3	E22-3-4
0	0	0	0	0	0
1	-514.664.339	-435.642.432	-452.575.698	-435.642.432	-424.353.588
2	-1.008.376.807	-844.022.122	-879.240.983	-844.022.122	-820.542.881
3	-1.121.350.301	-862.988.118	-918.351.443	-862.988.118	-826.079.234
4	-1.940.763.261	-1.661.427.304	-1.721.285.009	-1.661.427.304	-1.621.522.167
5	33.837.082	100.651.172	86.333.867	100.651.172	110.196.042
6	21.714.330	-140.378.508	-105.644.329	-140.378.508	-163.534.628
7	1.246.072.309	837.581.245	925.115.044	837.581.245	779.225.378
8	2.606.921.089	1.922.754.278	2.069.361.452	1.922.754.278	1.825.016.162
9	3.732.224.211	2.851.646.642	3.040.341.835	2.851.646.642	2.725.849.846
10	8.687.537.088	7.648.642.813	7.871.263.015	7.648.642.813	7.500.229.345
11	7.545.976.595	6.341.415.110	6.599.535.429	6.341.415.110	6.169.334.898
12	5.420.258.826	4.087.327.148	4.372.955.365	4.087.327.148	3.896.908.337
13	5.538.849.944	4.167.618.894	4.461.454.119	4.167.618.894	3.971.728.745
14	5.559.921.841	4.188.690.792	4.482.526.017	4.188.690.792	3.992.800.642
15	5.475.904.449	4.120.765.389	4.411.152.331	4.120.765.389	3.927.174.095
16	6.477.854.992	5.138.807.921	5.425.746.579	5.138.807.921	4.947.515.483
17	6.057.312.367	4.734.357.285	5.017.847.660	4.734.357.285	4.545.363.702
18	6.042.743.183	4.719.854.258	5.003.330.456	4.719.854.258	4.530.870.126
19	6.130.222.213	4.775.145.612	5.065.519.169	4.775.145.612	4.581.563.240
20	5.945.354.389	4.574.167.358	4.867.993.151	4.574.167.358	4.378.283.497
21	5.858.768.518	4.487.550.608	4.781.383.018	4.487.550.608	4.291.662.336
22	9.783.375.082	8.463.402.263	8.746.253.581	8.463.402.263	8.274.834.717
23	4.919.960.436	3.673.735.574	3.940.783.759	3.673.735.574	3.495.703.451
24	4.322.538.497	3.172.896.791	3.419.248.585	3.172.896.791	3.008.662.262
25	4.688.904.519	3.600.283.916	3.833.559.760	3.600.283.916	3.444.766.687
26	3.965.362.069	2.824.663.345	3.069.098.786	2.824.663.345	2.661.706.385
27	6.685.783.306	5.631.252.658	5.857.223.511	5.631.252.658	5.480.605.422
28	4.254.483.578	3.421.826.083	3.600.252.689	3.421.826.083	3.302.875.013
29	5.499.461.217	5.025.124.774	5.126.768.297	5.025.124.774	4.957.362.425
30	501.057.851	372.783.518	400.270.875	372.783.518	354.458.614

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en el Cuadro 15.1.7.3-4 se puede observar que al considerar el mejoramiento de canales del sector 2 el resultado en términos de la TIR mejora, pero disminuye con respecto al VAN social de la Alternativa Base. Para los sectores 1 y San Miguel ambos indicadores son inferiores, aunque la TIR es muy semejante a la Alternativa Base. La incorporación del mejoramiento de canales del sector 3 es la que logra los resultados más bajos. Los resultados detallados se muestran en el Anexo 15-2.

CUADRO 15.1.7.3-4
RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA
SUBALTERNATIVAS MEJORAMIENTO CANALES POR SECTOR

Subalternativa	VAN (MM $)	TIR (%)
Base	11.831,7	7,94%
E22-3-1	8.880,3	7,82%
E22-3-2	10.165,4	8,01%
E22-3-3	6.917,2	7,36%
E22-3-4	8.508,2	7,81%

Fuente: Elaboración propia.

15.1.7.4. Evaluación Escenario de Cambio Climático

Anteriormente se analizó el efecto del Cambio Climático (CC) en los caudales aportantes a los distintos sitios de embalse del área de estudio (Capítulo 5) y su efecto en la seguridad de riego (Capítulo 7). En el presente apartado se explica cómo se estimó el impacto del Cambio Climático sobre la rentabilidad de la alternativa E22-3.

Para desarrollar este Escenario, la premisa básica consiste en que el cambio climático ocurrirá independiente de la construcción del proyecto, por lo que los cambios se verán reflejados tanto en la Situación Sin Proyecto (SSP) y Con Proyecto (SCP).

Como se explica en forma detallada en el Capítulo 7, para determinar la superficie con 85% de seguridad de riego en este Escenario se optó por no usar directamente la serie de caudales modelados con CC, sino que usar la serie actual y afectarla con un factor de corrección. Este factor de corrección se aplica multiplicando a cada valor de caudal, representando de esta forma el efecto del cambio climático de manera efectiva y comparable. En el Cuadro 15.1.7.4-1 se muestran los factores de corrección utilizados.

CUADRO 15.1.7.4-1
FACTORES DE CORRECCIÓN DE CAUDALES PARA CAMBIO CLIMÁTICO

Cuenca	Factor
San Miguel cabecera	0,79
Mostazal cabecera	0,81
Laterales (bajo la confluencia de Mostazal con San Miguel)	0,80

Fuente: Elaboración propia

En la Situación Sin Proyecto el efecto inmediato es la reducción de la satisfacción de la demanda promedio y la seguridad de riego de la superficie física regada (1.147,4 ha). Para el área de estudio la seguridad de riego en el escenario de cambio climático disminuye de 70,8% a 65,0% (Cuadro 15.1.7.4-2).

CUADRO 15.1.7.4-2
SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA PROMEDIO Y SEGURIDAD DE RIEGO
SITUACIÓN SIN PROYECTO

Sector	Sup (ha)	Sin Cambio Climático		Con Cambio Climático	
		SR (%)	SD (%)	SR (%)	SD (%)
S1	168,3	73,33	97,20	66,67	95,73
S2	376,0	73,33	97,19	66,67	95,72
S3	540,2	73,33	97,76	66,67	96,28
SM	63,0	63,33	96,33	60,00	94,62

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, en la Situación con Proyecto se observa una disminución de 294,3 ha con 85% de seguridad de riego, siendo el sector 1 el más afectado, el cual pierde 152,0 ha, lo que se explica por su mayor vulnerabilidad por no estar regulado por el embalse (Cuadro 15.1.7.4-3).

CUADRO 15.1.7.4-3
SUPERFICIE CON 85% DE SEGURIDAD DE RIEGO
ESCENARIO CAMBIO CLIMÁTICO

Escenario	Superficie (ha)				
	1	2	3	4	Total
E22-3 (Base)	419,5	456,7	554,8	202,7	1.633,7
E22-3 C. Climático	267,4	407,9	546,0	118,2	1.339,4

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados anteriores modifican los beneficios agroeconómicos. Para la Situación Sin Proyecto, si bien se mantiene la superficie regada, los márgenes de los cultivos se ven afectados por la satisfacción de la demanda de cada mes y año de la serie estadística analizada[2]. En la Situación Con Proyecto los márgenes disminuyen debido a la menor superficie con 85% de seguridad de riego. En el Cuadro 15.1.7.4-4 se resumen los flujos agroeconómicos sin y con cambio climático.

Finalmente, el Cuadro 15.1.7.4-5 muestra que, si bien el proyecto continúa siendo rentable, el VAN social disminuye en un 50,4% (MM $6.050,3) y la TIR se reduce a un 7,08%.

Los resultados de este escenario (Anexo 15-3) confirman la conveniencia de desarrollar el proyecto a pesar de la disminución de la rentabilidad observada. Además, es posible afirmar que el proyecto ayuda a mitigar los efectos de este fenómeno, ya que la disminución de la superficie con 85% de seguridad de riego en los sectores directamente regulados por el embalse (2, 3 y SM) es menor que la observada en el Sector 1.

[2] Según la metodología de evaluación explicada en el Capítulo 2.

CUADRO 15.1.7.4-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS
ESCENARIO CON CAMBIO CLIMÁTICO

Año	E22-3 - Sin Cambio Climático (Base)			E22-3 - Con Cambio Climático		
	SSP	SCP	Flujo Neto	SSP	SCP	Flujo Neto
0	6.131.604.258	6.131.604.258	0	6.131.604.258	6.131.604.258	0
1	6.155.685.740	5.641.021.401	-514.664.339	6.155.685.740	5.731.332.152	-424.353.588
2	6.221.858.538	5.213.481.731	-1.008.376.807	6.221.858.538	5.401.315.657	-820.542.881
3	5.749.426.245	4.628.075.944	-1.121.350.301	5.069.066.536	4.923.347.011	-145.719.525
4	6.391.236.956	4.450.473.695	-1.940.763.261	6.210.679.077	4.769.714.789	-1.440.964.288
5	5.350.425.221	5.384.262.303	33.837.082	4.121.696.394	5.460.621.263	1.338.924.869
6	6.420.839.711	6.442.554.041	21.714.330	6.420.839.711	6.257.305.083	-163.534.628
7	6.420.839.711	7.666.912.020	1.246.072.309	6.420.839.711	7.200.065.090	779.225.378
8	6.420.839.711	9.027.760.800	2.606.921.089	6.251.681.152	8.245.855.874	1.994.174.721
9	6.388.310.826	10.120.535.037	3.732.224.211	5.945.242.276	9.114.160.672	3.168.918.396
10	2.250.126.273	10.937.663.361	8.687.537.088	1.087.329.862	9.750.355.618	8.663.025.757
11	-71.975.622	7.474.000.973	7.545.976.595	-942.236.072	6.097.359.276	7.039.595.348
12	3.583.974.293	9.004.233.119	5.420.258.826	3.583.974.293	7.480.882.630	3.896.908.337
13	3.598.174.217	9.137.024.161	5.538.849.944	3.598.174.217	7.569.902.961	3.971.728.745
14	3.722.766.204	9.282.688.046	5.559.921.841	3.722.766.204	7.715.566.846	3.992.800.642
15	4.197.881.381	9.673.785.830	5.475.904.449	4.197.881.381	8.125.055.476	3.927.174.095
16	872.418.115	7.350.273.107	6.477.854.992	872.418.115	5.819.933.598	4.947.515.483
17	3.912.488.364	9.969.800.731	6.057.312.367	3.912.488.364	8.457.852.066	4.545.363.702
18	3.953.737.584	9.996.480.766	6.042.743.183	3.953.737.584	8.484.607.709	4.530.870.126
19	4.508.465.662	10.638.687.875	6.130.222.213	4.129.455.433	9.090.028.902	4.960.573.469
20	5.582.435.327	11.527.789.716	5.945.354.389	5.582.435.327	9.960.718.824	4.378.283.497
21	5.942.836.506	11.801.605.024	5.858.768.518	5.823.199.865	10.234.498.841	4.411.298.976
22	1.955.772.571	11.739.147.653	9.783.375.082	1.951.257.816	10.230.607.288	8.279.349.473
23	6.436.049.791	11.356.010.228	4.919.960.436	6.436.049.791	9.931.753.242	3.495.703.451
24	6.032.966.239	10.355.504.736	4.322.538.497	5.735.968.284	9.041.628.501	3.305.660.217
25	5.436.497.052	10.125.401.570	4.688.904.519	4.594.152.130	8.881.263.739	4.287.111.609
26	6.358.318.845	10.323.680.915	3.965.362.069	6.135.075.476	9.020.025.230	2.884.949.754
27	3.382.128.746	10.067.912.052	6.685.783.306	2.133.235.373	8.862.734.168	6.729.498.795
28	5.076.601.363	9.331.084.941	4.254.483.578	3.755.285.116	8.379.476.376	4.624.191.260
29	2.568.209.350	8.067.670.567	5.499.461.217	1.545.153.027	7.525.571.775	5.980.418.747
30	6.380.119.489	6.881.177.339	501.057.851	6.380.119.489	6.734.578.102	354.458.614

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 15.1.7.4-5
RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA
ESCENARIO CON CAMBIO CLIMÁTICO

Escenario	VAN (MM $)	TIR (%)
Base	11.831,7	7,94%
E22-3 C. Climático	5.778,9	7,04%

Fuente: Elaboración propia.

15.1.8. Análisis de Riesgo

15.1.8.1. Introducción

El análisis de riesgo es una herramienta cuyo fin es determinar el grado de confianza estadística en la solución obtenida. Este tipo de análisis se puede pensar como un análisis de sensibilidad generalizado, en el que no se analiza un cambio único en una variable, sino que se analizan muchas posibilidades dentro del rango posible. Dado que de las variables identificadas como más relevantes para el análisis, el monto de la inversión es la única que depende del proyecto, es la variable que se analizará en mayor detalle. Por esta razón se considera analizar variaciones a nivel de los precios unitarios y de las cantidades de obra requeridas. En lo que sigue se presenta en mayor detalle el análisis. En todo caso, se hace notar que el análisis presentado se rige por los lineamientos de MIDESO (2013). A diferencia del análisis tradicional, el análisis de riesgo, no entrega un VAN, sino que una distribución de probabilidad, o en forma más interesante, la probabilidad que el proyecto sea rentable.

15.1.8.2. Condiciones de Análisis

La modelación se realizó transformando las variables de determinísticas, precios unitarios y cantidades de obra, con un valor dado, a variables con un valor cambiante, llamadas estocásticas. El cambio se realizó con la siguiente representación:

$$X_E = \alpha * X_D$$

Donde:

X_E: Valor estocástico de la variable
X_D: Valor determinístico de la variable
α: Función de transformación

Adicionalmente se requiere que en condiciones estáticas el modelo estocástico sea igual al determinístico. Esto se logra imponiendo que el valor esperado de la variable estocástica sea igual al valor determinístico:

$$E(X_E) = E(X_D) = X_D$$

Esto se logra imponiendo la condición:

$$E(X_\alpha) = 1$$

Con el objetivo de desarrollar la modelación, se escogió usar una función α de tipo triangular, como la mostrada en la Figura 15.1.8.2-1, la que resulta muy conveniente por su operatoria sencilla, especialmente en casos en donde la cantidad de datos muestrales es muy limitada, tal como es en el presente estudio. Esta función entrega valores que varían entre un mínimo y un máximo, presentándose las mayores probabilidades de ocurrencia para el valor más probable (o vmp). Esto significa que siempre hay menos valores cercanos al mínimo o al máximo que al vmp.

En particular, para esta simulación se adoptó una distribución simétrica, en el rango [1-β,1+β], con un vmp igual a P_0, tal como se muestra en la Figura 15.1.8.2-2. La forma simétrica de la distribución permite analizar aumentos y disminuciones de costo en la misma proporción. De esta manera se representa un rango de precisión de ±β. Usualmente a este nivel del proyecto, se espera un error ±30%, disminuyendo su importancia a medida que se mejora el nivel del proyecto.

La siguiente ecuación muestra en forma analítica la distribución de probabilidad considerada, en que P_0 es desconocido:

$$f_x(x) = \begin{cases} 0 & x < 1 - \beta \\ \frac{P_o}{1-\beta}(1-\beta-x) & 1-\beta < x < 0 \\ \frac{P_o}{1+\beta}(1+\beta-x) & 0 < x < 1+\beta \\ 0 & 1+\beta < x \end{cases}$$



FIGURA 15.1.8.2-1
DISTRIBUCIÓN ALEATORIA TRIANGULAR TÍPICA
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la función probabilidad se define como:

$$F_x(x) = \int_{-\infty}^{x} f_x(x)\, dx$$

Para determinar el valor de P_0, se tiene que cumplir la condición:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_x(x)\, dx = 1$$

De donde:

$$P_o = \frac{1}{2\,\beta}$$

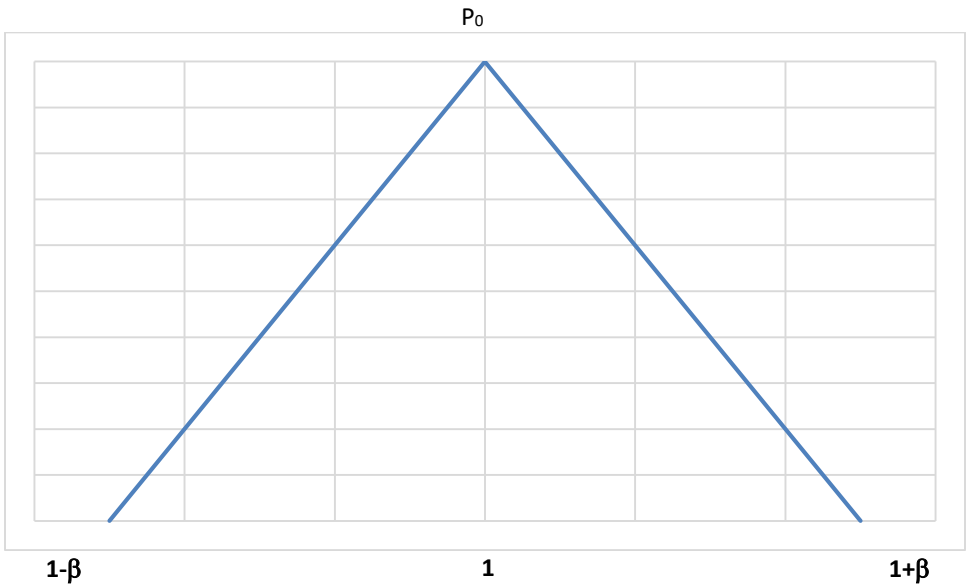


FIGURA 15.1.8.2-2
DISTRIBUCIÓN ALEATORIA TRIANGULAR ESCOGIDA
Fuente: Elaboración propia.

15.1.8.3. Resultados

En primer lugar, se muestra en la Figura 15.1.8.3-1 la variación del VAN/Sup para la subalternativa E22-3, cuando el parámetro β es igual a 30% para diferente número de simulaciones realizadas usando el programa computacional @RISK. El uso de este programa permite modelar el comportamiento del VAN para diferentes valores de los parámetros de entrada. En la Figura 15.1.8.3-1 se muestra esta variación para 100, 1.000 y 10.000 simulaciones diferentes. En la figura, que representa la probabilidad acumulada, prácticamente no se observan diferencias entre una curva y otra.

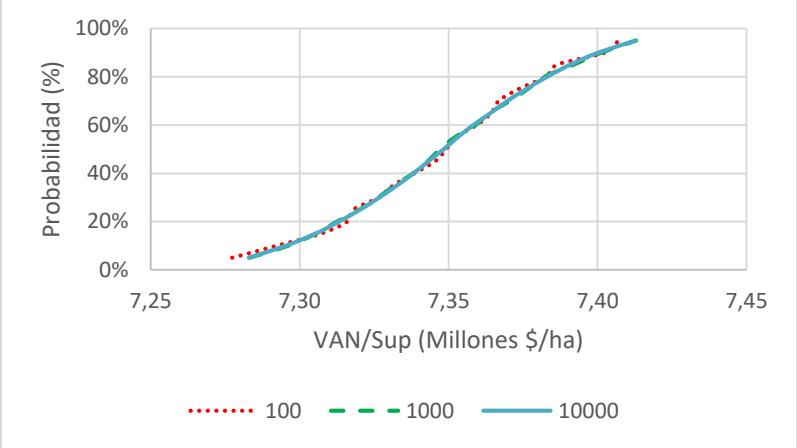


FIGURA 15.1.8.3-1
COMPARACIÓN VAN PARA DIFERENTE NÚMERO DE SIMULACIONES
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, y para completar el análisis, se presenta en la Figura 15.1.8.3-2 la probabilidad del VAN/sup para diferentes valores del parámetro β, lo que permite demostrar que, aunque los costos varíen en una gran cantidad, el proyecto continúa siendo rentable.

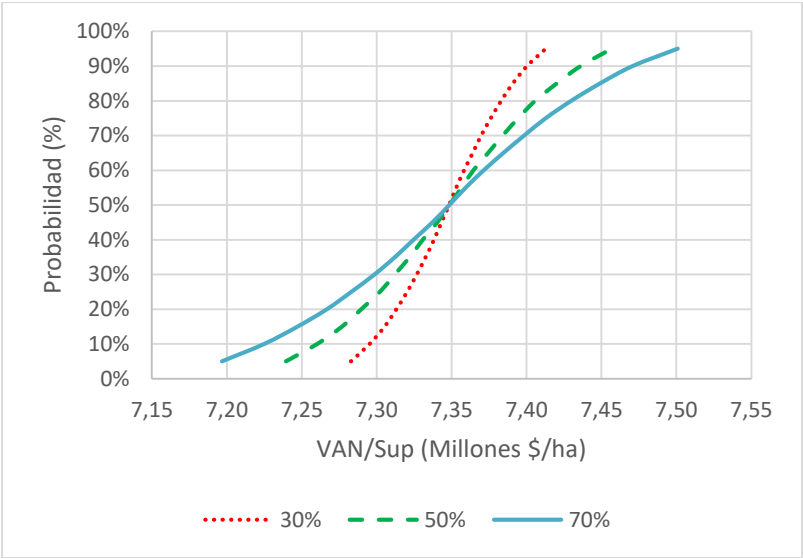


FIGURA 15.1.8.3-2
COMPARACIÓN VAN PARA DIFERENTES PARÁMETROS B
Fuente: Elaboración propia.

15.1.9. Indicadores Adicionales

15.1.9.1. Introducción

En esta sección se presentan resultados que no son contemplados o percibidos en forma explícita en la evaluación económica, pero que dependen de ésta. En específico, se analiza la generación

de empleo agrícola, la rentabilidad predial, el ingreso agropecuario per cápita[3] y los impuestos captados por el Estado.

15.1.9.2. Generación de Empleo

En el Cuadro 15.1.9.2-1 es posible observar el balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Actual y la Situación Con Proyecto, en el cual destaca el crecimiento anual de 8,13% del empleo permanente femenino. A esto se suma el aumento de las jornadas temporales masculinas en un 4,76% al año.

CUADRO 15.1.9.2-1
GENERACIÓN DE EMPLEO AGRÍCOLA TOTAL ÁREA

Tipo Jornada	SA	SCP	Variación		
			Nº	% Total	% Anual
Jornadas Anuales Totales					
Masculinas	84.834	162.113	77.279	91,1%	5,54%
Femeninas	50.672	54.387	3.714	7,3%	0,59%
Jornadas Anuales Permanentes					
Masculinas	36.595	77.866	41.271	112,8%	6,49%
Femeninas	5.183	13.207	8.024	154,8%	8,11%
Empleos Mensuales Permanentes					
Masculinos	128	271	143	111,7%	6,45%
Femeninas	18	46	28	155,6%	8,13%
Jornadas Anuales Temporales					
Masculinas	48.239	84.247	36.008	74,6%	4,76%
Femeninas	45.489	41.180	-4.310	-9,5%	-0,83%

Fuente: Elaboración propia.

15.1.9.3. Rentabilidad por Hectárea Productiva

La rentabilidad por hectárea productiva consiste en el cuociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de hectáreas beneficiadas.

La rentabilidad para cada una de las situaciones se presenta en el Cuadro 15.1.9.3-1. En Situación Con Proyecto se produce un incremento de 35,3% en relación a la rentabilidad de la situación Sin Proyecto.

[3] Por sobre el ingreso por remuneraciones

CUADRO 15.1.9.3-1
RENTABILIDAD POR HECTÁREA PRODUCTIVA

Situación	A - Rentabilidad Promedio Área de Estudio ($)	B -Superficie Física Cultivada Riego (ha)	C- Rentabilidad por Hectárea ($) (A/B)	D - Incrementos (%)
Sin Proyecto	4.041.448.413	1.147,4	3.522.180	-
Con Proyecto	7.787.361.020	1.633,7	4.766.669	35,3

Fuente: Elaboración propia a partir de flujos agroeconómicos.

15.1.9.4. Ingreso Per Cápita Asignable al Sector Agropecuario

El ingreso per cápita asignable al sector agropecuario consiste en el cuociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de agricultores beneficiados con el mismo.

El ingreso per cápita de la Situación Con Proyecto se incrementa en 92,7% en relación a la Situación Sin Proyecto, lo que coincide con las mayores utilidades por encima de las remuneraciones de la labor agrícola actual. Esta información se presenta en el Cuadro 15.1.9.4-1.

CUADRO 15.1.9.4-2
INGRESO PER CÁPITA

Situación	A - Rentabilidad Promedio Área de Estudio ($)	B- Número de Agricultores	C - Ingreso Per Cápita ($) (A/B)	D - Ingreso Per Cápita mensual ($) (C/12)	E - Incrementos (%)
Sin Proyecto	4.041.448.413	685	5.899.925	491.660	-
Con Proyecto	7.787.361.020	685	11.368.410	947.368	92,7

Fuente: Elaboración propia a partir de flujos agroeconómicos.

15.1.9.5. Generación de Impuestos

La generación de impuestos corresponde al impuesto generado por el incremento de la utilidad producto de la entrada en funcionamiento del proyecto.

Al respecto la generación de impuestos producto de la construcción de obras se incrementa en un 99,2% al pasar de $972,7 millones en Situación Actual a $1.938,0 millones en Situación Con Proyecto (ver Cuadro 15.1.9.5-1).

CUADRO 15.1.9.5-3
GENERACIÓN IMPUESTOS

Situación	A - Utilidad Promedio Área de Estudio	B - Impuestos ($) (A*0,24)	C - Incrementos (%)
Sin Proyecto	4.053.101.031	972.744.248	-
Con Proyecto	8.075.210.716	1.938.050.572	99,2

Fuente: Elaboración propia a partir de flujos agroeconómicos.

15.1.10. Externalidades y Efectos Intangibles

Además de los efectos antes descritos se pueden mencionar otros, que debido a sus características propias o por lo complejidad no han podido ser considerados dentro de la evaluación económica:

- **Medio construido:** No se detectan efectos significativos en los asentamientos humanos, ya que el proyecto se encontrará principalmente enterrado.

- **Medio Ambiente y Paisaje:** Los efectos en el medio ambiente deben ser minimizados y monitoreados en concordancia con lo indicado posteriormente en el Análisis Ambiental.

- **Futuro de la Agricultura:** Se ha procurado, en concordancia con el interés de los potenciales beneficiarios, no ampliar la frontera agrícola actualmente definida en el área de estudio. No obstante, depende finalmente de la propia junta de vigilancia promover en forma continua buenas prácticas agrícolas que ayuden a dicho objetivos.

- **Efecto Sobre la Recarga del Acuífero y Afloramientos:** En la modelación hidrogeológica realizada en el presente estudio se observa una disminución de la recarga subterránea producto de la interrupción del flujo causada por el embalse y repercute en el aporte de afloramientos desde el acuífero al río, disminuyendo estos últimos en la misma proporción que el déficit de recarga subterránea, un 12% aproximadamente. Por otra parte, en cuanto a la afectación de los niveles freáticos no se observa un efecto significativo (< 0,1 m). No obstante, estos resultados deben ser considerados como una referencia general, debido a que el modelo hidrogeológico realizado posee importantes limitantes en cuanto a lo acotada de la información de terreno disponible, lo que obligó a la utilización de datos bibliográficos y supuestos que afectan significativamente la precisión de los resultados obtenidos.

15.1.11. Momento Óptimo de la Inversión

El momento óptimo de inversión se obtiene al comparar el VAN de invertir en el momento n versus hacerlo en el momento n+1.

La premisa fundamental para que este cálculo sea posible de realizar es que los beneficios netos anuales posibles sean independientes del momento de inicio del proyecto, es decir que su evolución y gradualidad de incorporación no dependan de la construcción del proyecto, sino de la evolución de la demanda o una variación en el mercado de los insumos. Un ejemplo claro de lo anterior sucede en los proyectos de agua potable o alcantarillado, en los cuales, dependiendo del año de entrada en vigencia de la obra, podrá abastecer una demanda que depende del aumento poblacional.

Tal como se señala en el Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego (CNR, 2011) y en la Metodología para la Formulación y Evaluación Socioeconómica de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas con Fines Múltiples (MIDESO, 2013), en los proyectos de riego no se justifica el análisis del

momento óptimo de inversión, debido principalmente a que la existencia de los beneficios agrícolas adicionales depende en forma exclusiva de la construcción de la obra. De hecho, la última versión de la Metodología Formulación y Evaluación de Proyectos de Riego (MIDESO, 2016), no considera al momento óptimo dentro de los indicadores recomendados.

De todas formas, es posible justificar la imposibilidad de obtener este indicador para el caso particular del proyecto en estudio. Para esto se analizan los dos tipos de factores principales que pudieran incidir en el momento óptimo de inversión:

- **Existencia de elementos de la demanda que no dependan directamente del proyecto evaluado.** En este proyecto no existen obras que dependan de la integración de nuevos agricultores, ya que todos los derechos están asignados y ya existe suministro a través de los canales, por lo que el único elemento restante es el embalse. De esta forma incluso los agricultores de nivel tecnológico más bajo ya tienen las condiciones para recibir beneficios del proyecto. En proyectos de riego concesionados (similar al caso del agua potable) podría darse la instancia en que el inversionista evalué la integración de una nueva zona de distribución en base a este criterio (por ejemplo, la concesión del embalse Convento Viejo), situación diferente al caso en estudio.

- **Cambio significativo en el precio de un bien complementario o sustituto con respecto al resto de los bienes relacionados al proyecto**. Con los antecedentes que se disponen en el presente estudio permiten inferir que solo existirían variaciones significativas en bienes relacionados, como es el valor de la tierra, en forma posterior a la construcción del embalse. Se prevé que cualquier otra variación especulativa solo podría ser consistente en el tiempo ante la confirmación de la construcción de las obras o, en un caso mucho menos probable, si existiese un fenómeno externo al área de estudio de tal magnitud que impulse un cambio profundo en la estructura de cultivos o el área agrícola (por ejemplo, condiciones de mercados internacionales, un cambio del uso del suelo por la presión urbana o un gran proyecto de infraestructura).

En definitiva, el momento de realización de la obra dependerá de la comparación de la rentabilidad del proyecto con la de otras iniciativas dentro de la cartera del inversionista, en este caso el Estado[4].

[4]Referencias adicionales a esta justificación se encuentran disponibles en a) Brealey, R. y Myers, S. "Fundamentos de Financiación Empresarial"- 8a Edición. Mc Graw-Hill, 2006. b) Fontaine, E.R., "Evaluación Social de Proyectos", Publisher México: Pearson Educación de México, Edición 13a. Ed. 2008 y c) Contreras, E. "Apuntes de Evaluación de Proyectos". Universidad de Chile - Departamento de Ingeniería Industrial FCFM, Magister en Gestión y Políticas Públicas. 2012.

15.1.12. Recomendación del Proyecto

Los resultados de la evaluación económica social muestran que existen numerosas alternativas posibles ser desarrolladas a nivel de factibilidad. Dentro de los factores para los resultados favorables destaca el cambio significativo de los ingresos agrícolas del área de estudio, debido al aumento importante de la superficie con riego seguro.

Además, si bien el proyecto de mejoramiento de canales integral para el área de estudio (Escenario E41) no es rentable a precios sociales, cuando se presenta como complemento a las alternativas de embalse mejora el VAN social de las mismas.

El sitio de embalse San Miguel Alto es viable desde el punto de la evaluación económica social para todas las alternativas analizadas (Escenarios E21 y E22). En este sentido, la Alternativa E22-3, que contempla un volumen útil de 4 hm^3 y el mejoramiento de canales, posee el mayor VAN social de todas las alternativas evaluadas.

Por otra parte, el sitio de embalse Tranca Morada también es rentable para todas las alternativas (Escenarios E11 y E12), aunque con resultados un poco menores en comparación con el sitio San Miguel Alto. De hecho, el embalse con un volumen útil de 4 hm^3 y con mejoramiento de canales la (Alternativa E21-3) obtiene el segundo valor más alto de VAN social.

En caso de que no se concrete el proyecto de mejoramiento de canales, para ambos embalses el volumen útil óptimo aumenta a 5hm^3.

En resumen, **utilizando exclusivamente el criterio económico, se recomienda estudiar en la etapa de factibilidad ambos sitios de embalse, San Miguel Alto y Tranca Morada. Del mismo modo, se recomienda el estudio a nivel de factibilidad el mejoramiento integral de los canales del área de estudio, como complemento al estudio de los embalses.**

No obstante lo anterior, es clave comprender que la proyección de los resultados obtenidos en el horizonte de análisis se sostiene bajo el supuesto de que las condiciones de interacción cauce - acuífero se mantienen constantes en el tiempo. En las próximas fases del ciclo de vida del proyecto, se recomienda realizar una evaluación futura más detallada de los efectos de las obras en el acuífero, considerando nuevas mediciones de terreno, con una mayor cobertura y densidad de datos, y análisis más específicos, que permitan establecer modelos dinámicos y sectorizados del área de estudio.

Finalmente, también destaca la necesidad de estudiar con mayor detalle otros aspectos legales, de gestión y políticos que podrían afectar la viabilidad de cada proyecto.

15.2. Análisis Financiero y Disposición de Pago

15.2.1. Supuestos

El presente Acápite, se refiere al análisis del financiamiento que deben considerar los agricultores según el costo que tenga la obra para ellos. Se supone que la obra será construida bajo los procedimientos que establece el DFL Nº1.123 de 1981. El análisis financiero de los predios tipo se basa en los siguientes supuestos:

- Las obras asociadas al riego se construyen en el primer año de análisis (año 0), correspondiendo al segundo período el inicio de la situación con proyecto.

- Se contempla el ofrecimiento de un crédito blando a 20 años para el pago de las obras, el que debe ser contrastado con la disposición de pago de los beneficiarios, a fin de obtener el subsidio requerido para llevar a cabo el proyecto. Se ha calculado el pago potencial con una tasa de 4,5%.

- La tasa de descuento es de un 12%, al igual que la evaluación económica privada.

- Los valores de ingresos agropecuarios, costos directos de la actividad agropecuaria, costos indirectos, margen neto y margen neto corregido por el efecto hidrológico, para las situaciones Con y Sin proyecto, corresponden a los valores de mercado determinados, para cada predio tipo, en el estudio agroeconómico del estudio.

- El capital de trabajo considerado para las situaciones Sin y Con Proyecto corresponde a un 20% de los costos indirectos, otros costos y las inversiones de los tres primeros años, el que es financiado mediante crédito a 10 años con una tasa de interés anual de un 8,0%, en cuotas iguales.

- Se ha supuesto que la realización del proyecto debe permitir, a cada predio tipo, entregar al propietario una cierta rentabilidad por su actividad, que representa su sustento familiar. De esta forma se ha definido, para el diferencial de flujos entre las situaciones Sin y Con Proyecto. El factor así definido se aplica anualmente a la utilidad después del impuesto. Dado el nivel tecnológico existente, se adopta para todos los estratos una utilidad de 10%.

15.2.2. Resultados

Al aplicar estos supuestos se obtuvieron los resultados presentados en los Cuadros 15.2.2-1 a 15.2.2-3 a nivel de predio promedio, hectárea y predio expandido, respectivamente. En el Anexo 15-4 se presentan los resultados específicos.

CUADRO 15.2.2-1
DISPOSICIÓN DE PAGO POR PREDIO PROMEDIO

Sector	Nivel	Estrato	Valor inicial a Pagar ($)	Valor Dispuesto a Pagar ($)	Valor a Subsidiar ($)	Subsidio (%)
1	Tipo A	E1	513.905	132.319	381.586	74,25
		E2	2.037.238	542.879	1.494.359	73,35
		E3	5.057.709	4.406.287	651.423	12,88
		E4	7.409.155	9.048.161	0	0,00
		E5	31.823.788	24.459.084	7.364.703	23,14
		E6	388.400.562	497.197.312	0	0,00
	Tipo B	E6	27.563.911	11.985.570	15.578.341	56,52
2	Tipo A	E1	340.722	66.712	274.010	80,42
		E2	1.826.519	789.708	1.036.811	56,76
		E3	3.409.033	519.677	2.889.356	84,76
		E4	3.260.762	0	3.260.762	100,00
		E6	125.290.502	5.716.166	119.574.336	95,44
	Tipo B	E3	9.649.764	1.932.288	7.717.476	79,98
		E4	8.346.478	4.356.916	3.989.562	47,80
		E5	28.318.075	14.085.249	14.232.826	50,26
		E6	43.225.223	25.179.299	18.045.924	41,75
3	Tipo A	E1	360.595	88.759	271.836	75,39
		E2	1.605.904	347.394	1.258.511	78,37
		E3	6.034.557	380.704	5.653.852	93,69
		E4	2.910.611	1.288.954	1.621.657	55,72
		E6	4.930.135	616.245	4.313.889	87,50
	Tipo B	E2	3.829.075	0	3.829.075	100,00
		E3	4.142.217	1.216.077	2.926.141	70,64
		E4	6.879.626	3.375.730	3.503.896	50,93
		E5	34.852.901	9.608.957	25.243.944	72,43
4	Tipo A	E5	30.069.721	28.382.753	1.686.968	5,61
	Tipo B	E6	109.547.970	71.330.660	38.217.310	34,89

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 15.2.2-2
DISPOSICIÓN DE PAGO POR HECTÁREA

Sector	Nivel	Estrato	Valor inicial a Pagar ($/ha)	Valor Dispuesto a Pagar ($/ha)	Valor a Subsidiar ($/ha)	Subsidio (%)
1	Tipo A	E1	1.252.905	322.596	930.309	74,25
		E2	1.252.905	333.872	919.033	73,35
		E3	1.252.905	1.091.533	161.372	12,88
		E4	1.252.905	1.530.065	0	0,00
		E5	1.252.905	962.956	289.949	23,14
		E6	1.252.905	1.603.862	0	0,00
	Tipo B	E6	1.252.905	544.799	708.106	56,52
2	Tipo A	E1	1.252.905	245.314	1.007.591	80,42
		E2	1.252.905	541.702	711.203	56,76
		E3	1.252.905	190.994	1.061.911	84,76
		E4	1.252.905	0	1.252.905	100,00
		E6	1.252.905	57.162	1.195.743	95,44
	Tipo B	E3	1.252.905	250.884	1.002.021	79,98
		E4	1.252.905	654.025	598.880	47,80
		E5	1.252.905	623.188	629.717	50,26
		E6	1.252.905	729.835	523.070	41,75
3	Tipo A	E1	1.252.905	308.398	944.507	75,39
		E2	1.252.905	271.032	981.873	78,37
		E3	1.252.905	79.042	1.173.863	93,69
		E4	1.252.905	554.845	698.060	55,72
		E6	1.252.905	156.608	1.096.297	87,50
	Tipo B	E2	1.252.905	0	1.252.905	100,00
		E3	1.252.905	367.829	885.076	70,64
		E4	1.252.905	614.782	638.123	50,93
		E5	1.252.905	345.426	907.479	72,43
4	Tipo A	E5	1.252.905	1.182.615	70.290	5,61
	Tipo B	E6	1.252.905	815.812	437.093	34,89

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 15.2.2-3
DISPOSICIÓN DE PAGO POR PREDIO EXPANDIDO

Sector	Nivel	Estrato	Valor inicial a Pagar ($)	Valor Dispuesto a Pagar ($)	Valor a Subsidiar ($)	Subsidio (%)
1	Tipo A	E1	20.556.210	5.292.775	15.263.434	74,25
		E2	55.005.423	14.657.741	40.347.681	73,35
		E3	25.288.546	22.031.433	3.257.113	12,88
		E4	44.454.930	54.288.967	0	0,00
		E5	63.647.575	48.918.169	14.729.406	23,14
		E6	388.400.562	497.197.312	0	0,00
		Subtotal	597.353.245	642.386.397	73.597.635	12,32
	Tipo B	E6	27.563.911	11.985.570	15.578.341	56,52
		Subtotal	27.563.911	11.985.570	15.578.341	56,52
	Total Sector 1		624.917.156	654.371.967	89.175.976	14,27
2	Tipo A	E1	36.116.564	7.071.483	29.045.081	80,42
		E2	100.458.556	43.433.954	57.024.602	56,76
		E3	30.681.299	4.677.092	26.004.208	84,76
		E4	13.043.049	0	13.043.049	100,00
		E6	125.290.502	5.716.166	119.574.336	95,44
		Subtotal	305.589.971	60.898.694	244.691.276	80,07
	Tipo B	E3	38.599.054	7.729.151	30.869.903	79,98
		E4	75.118.301	39.212.246	35.906.055	47,80
		E5	141.590.373	70.426.243	71.164.131	50,26
		E6	43.225.223	25.179.299	18.045.924	41,75
		Subtotal	298.532.951	142.546.938	155.986.013	52,25
	Total Sector 2		604.122.922	203.445.633	400.677.289	66,32
3	Tipo A	E1	96.278.784	23.698.644	72.580.140	75,39
		E2	157.378.627	34.044.586	123.334.041	78,37
		E3	90.518.353	5.710.566	84.807.787	93,69
		E4	5.821.222	2.577.908	3.243.314	55,72
		E6	9.860.269	1.232.490	8.627.779	87,50
		Subtotal	359.857.255	67.264.195	292.593.061	81,31
	Tipo B	E2	15.316.300	0	15.316.300	100,00
		E3	12.426.652	3.648.230	8.778.422	70,64
		E4	34.398.131	16.878.651	17.519.481	50,93
		E5	278.823.208	76.871.653	201.951.555	72,43
		Subtotal	340.964.292	97.398.534	243.565.758	71,43
	Total Sector 3		700.821.547	164.662.729	536.158.818	76,50
	Tipo A	E5	90.209.162	85.148.258	5.060.903	5,61
		Subtotal	90.209.162	85.148.258	5.060.903	5,61
	Tipo B	E6	219.095.940	142.661.320	76.434.620	34,89
		Subtotal	219.095.940	142.661.320	76.434.620	34,89
	Total Sector SM		309.305.102	227.809.579	81.495.523	26,35
Total General			2.239.166.727	1.165.141.649	1.102.446.704	49,23

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados presentados, es posible realizar las siguientes conclusiones:

- Se observa que un grupo importante de los estratos de tamaño predial tiene problemas de flujo de caja en algún momento del proyecto.

- Relacionado con lo anterior el subsidio necesario es sumamente variable dependiendo del estrato de tamaño predial. Por ejemplo, el 5,0% de los predios requiere menos de un 50% de subsidio y un 85,8% de los predios requiere un subsidio mayor al 70%. El promedio ponderado del subsidio necesario es de 73,1%.

En este caso, dado el alto costo del proyecto, aspectos como las inversiones intraprediales y el pago del crédito del capital de trabajo inicial tienen una relevancia menor.

Un análisis especial es el que tiene relación la capacidad de pago con los derechos de aprovechamiento de agua asignados a cada sector y estrato de tamaño predial (Cuadro 15.2.2-4). En este sentido destacar que los subsidios necesarios en general disminuyen con respecto a los análisis de superficies en los sectores 1 y 4, a diferencia de lo que sucede en los sectores 2 y 3, donde la relación se invierte. En promedio, el subsidio necesario por derechos de aprovechamiento de agua, 75,1%, es mayor que el estimado en relación a la superficie cultivada.

CUADRO 15.2.2-4
DISPOSICIÓN DE PAGO POR L/S

Sector	Nivel	Estrato	Valor inicial a Pagar ($/L/s)	Valor Dispuesto a Pagar ($/L/s)	Valor a Subsidiar ($/ha)	Subsidio (%)
1	Tipo A	E1	616.002	165.028	450.974	73,21
		E2	616.002	170.797	445.205	72,27
		E3	616.002	558.389	57.613	9,35
		E4	616.002	782.726	0	0,00
		E5	616.002	492.613	123.389	20,03
		E6	616.002	820.478	0	0,00
	Tipo B	E6	616.002	278.699	337.303	54,76
2	Tipo A	E1	616.002	113.736	502.266	81,54
		E2	616.002	251.151	364.851	59,23
		E3	616.002	88.551	527.451	85,62
		E4	616.002	0	616.002	100,00
		E6	616.002	26.502	589.500	95,70
	Tipo B	E3	616.002	116.318	499.684	81,12
		E4	616.002	303.227	312.775	50,77
		E5	616.002	288.930	327.072	53,10
		E6	616.002	338.375	277.627	45,07
3	Tipo A	E1	616.002	132.696	483.306	78,46
		E2	616.002	116.618	499.384	81,07
		E3	616.002	34.010	581.992	94,48
		E4	616.002	238.736	377.266	61,24
		E6	616.002	67.384	548.618	89,06
	Tipo B	E2	616.002	0	616.002	100,00
		E3	616.002	158.268	457.734	74,31
		E4	616.002	264.525	351.477	57,06
		E5	616.002	148.628	467.374	75,87
4	Tipo A	E5	616.002	912.352	0	0,00
	Tipo B	E6	616.002	629.374	0	0,00

Fuente: Elaboración propia.

16. ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

16.1. Introducción

El Estudio de Análisis Ambiental (EAA), se fundamenta en las bases técnicas específicas, cuyo objetivo general es estudiar y evaluar, ambientalmente, los sitios de emplazamiento de obras de regulación para el río Mostazal y sus afluentes, incluyendo su red de canales matrices, definidos en la identificación de alternativas y el estudio de ingeniería, evaluando en forma preliminar los potenciales Impactos Ambientales que se podrían generar durante la implementación y operación del proyecto, la pertinencia de Ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto definido por ingeniería en la Etapa de Prefactibilidad, y elaborando, además, el (los) respectivos Planes Preliminares de Manejo y Seguimiento Ambiental y sus costos aproximados, de tal forma de lograr su comparación y el análisis de ventajas y desventajas en este aspecto.

16.2. Contenido del EAA

El EAA se desarrolla en 13 capítulos y un Resumen Ejecutivo. El contenido de cada capítulo se describe brevemente a continuación:

- **Introducción y Objetivos:** Pone en contexto el EAA y expone objetivos del mismo.
- **Descripción del Proyecto de Ingeniería a Nivel de Alternativas:** Da a conocer las características generales del estudio y los tipos de obras involucradas.
- **Metodología para Definición de Impactos Ambientales Potenciales en el Territorio:** Se detallan los pasos seguidos para la evaluación de los impactos ambientales.
- **Caracterización de la línea de base del Área de Influencia:** Se describen los principales aspectos de los componentes ambientales relevantes en el proyecto en el área de influencia y se evalúa la sensibilidad ambiental de cada uno de ellos.
- **Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales:** Se identifican y evalúan impactos ambientales en etapas de construcción y operación, describiendo previamente el método empleado.
- **Áreas de Sensibilidad Ambiental y Zonas de Restricción Ambiental:** se identifican, en función de los antecedentes recopilados, aquellas zonas en que los trabajos relacionados con el proyecto deben ser limitados o prohibidos.
- **Análisis de la legislación Ambiental y Plan de Cumplimiento:** con base en el marco legal, se analiza la normativa ambiental general y específica aplicable al proyecto. Estas normas se asocian a las obras y acciones que se definen para el proyecto e incluye el Análisis de Pertinencia de Ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

- **Plan de Manejo Ambiental:** Se incluyen las acciones y medidas correspondientes al Plan de Medidas de Mitigación, Plan de Medidas de Restauración o Reparación (PMR) y al Plan de Medidas de Compensación (PMC) por etapa del proyecto.
- **Plan de Prevención de Contingencia y Emergencias:** Se consideran acciones necesarias de tomar en caso de ocurrencia de eventos accidentales de relevancia para la vida, salud humana y el medio ambiente.
- **Plan de Seguimiento Ambiental:** Se consideran acciones de seguimiento para la ejecución de medidas ambientales contenidas en el Plan de Manejo Ambiental, en los casos que se requiera, tanto en la etapa de construcción como de operación.
- **Identificación de Estudios Ambientales:** Detalla los estudios ambientales recomendados para las etapas posteriores (factibilidad y diseño), con el fin de sumar información de mayor detalle a la toma de decisiones en materia ambiental.
- **Conclusiones, Consideraciones y Recomendaciones:** Se presentan conclusiones del EAA**.**
- **Estudio de los Costos Ambientales Preliminares:** Se entrega una aproximación de los costos ambientales del proyecto, así como también los alcances de las diferentes medidas ambientales propuestas.

16.3. Resultados Principales del Estudio

16.3.1. Análisis de Pertinencia de Ingreso al SEIA

De acuerdo a los antecedentes analizados, el Proyecto Ingresa al SEIA, según lo establecido en la Ley de Base del Medio Ambiente 19.300, en su artículo 10 (letra a), a partir del cual, se acota el ingreso de aquellas obras que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas. En este contexto, el Proyecto ingresa al SEIA particularmente por las alternativas de obras correspondientes a embalses y sifón; y actividad de dragado de materiales en cuerpos de agua continentales.

La forma de ingreso será vía Estudio de Impacto Ambiental (EIA), específicamente para las alternativas de embalse de agua superficial. Esto de acuerdo a lo indicado en el Art. 6 del Reglamento del SEIA, sobre los efectos adversos significativos sobre los recursos naturales; al Art. 7 sobre alteración significativa en los sistemas de vidas de los grupos humanos y; al Art. 9 sobre la alteración a zonas con valor paisajístico. Cabe señalar que se requiere ampliar la línea de base del componente Arqueológico y Cultural para determinar los efectos señalados en el Art. 10.

Por otra parte, la alternativa asociada a la construcción de un sifón en el río Tulahuencito ingresaría al SEIA mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), ya que no aplica ninguno de los efectos, características o circunstancias contempladas en el artículo 11 de la Ley 19.300.

16.3.2. Evaluación de Impactos Ambientales

La evaluación de la intensidad final de impactos potenciales, está dada por la combinación de los resultados obtenidos entre Sensibilidad Ambiental e Intensidad Parcial de Impactos Potenciales, tal como se indica en la explicación de este método (apartado 3 del Informe EAA). Para efectos de este cálculo se obtuvo un valor de Sensibilidad Ambiental para cada componente, y un valor de Agresividad de Actividades. Posteriormente se promedian ambos valores en cada componente, para obtener un valor de **Intensidad del Impacto Ambiental** promedio.

Por otra parte, para analizar el impacto total asociado a cada componente ambiental, se consideran los valores acumulados de intensidades de impacto por componente. De esta forma, se toma como base la premisa respecto a que, a mayor número de impactos asociados a las actividades influyentes por componente, mayor es el **Nivel de Impacto Ambiental** total sobre el mismo componente ambiental.

De los resultados, se concluye que en promedio las **Intensidades de Impacto** mayores se presentan en el componente **hidrológico e hidrogeológico**, considerando que el tipo de obras analizadas alteran el régimen hídrico en el río, existiendo una relación directa entre el régimen hídrico superficial con el sistema hídrico subterráneo. Esta dependencia resulta evidente y de gran importancia en el área de estudio dado los diversos sitios identificados con afloramientos de agua subterránea que se integran al flujo superficial de agua en el río; así como también, por la identificación de diversos sitios donde el río mantiene filtraciones importantes que permiten la recarga del acuífero.

Por otra parte, al analizar los **Niveles de Impactos** sobre los componentes ambientales en las alternativas de embalse, se tiene que los mayores valores se presentan en los componentes: **Fauna Terrestre, Biodiversidad, Flora y Vegetación y Paisaje**; en tanto para la alternativa de mejoramiento de obras de Conducción y distribución, los mayores niveles de impacto se asocian a **biodiversidad, Fauna Terrestre y, Flora y Vegetación.**

16.3.3. Medidas Ambientales y Costos Asociados

Se han establecido 64 medidas ambientales, en las etapas de construcción y operación, las que se diferencias en: Medida de Mitigación Ambiental, Medida de Resguardo Ambiental, Medida de Seguimiento Ambiental, Plan de Prevención de Contingencia y Emergencia y Permisos Ambientales Sectoriales (PAS).

En el Cuadro 16.3.3-1 se presentan los costos ambientales de las obras que ingresan al SEIA vía Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y en el Cuadro 16.3.3-2 los costos asociados a los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) para las obras que no requieren un EIA.

CUADRO 16.3.3-1
RESUMEN COSTO MEDIDAS AMBIENTALES

ETAPA	TIPO DE MEDIDA	EMBALSE TM		EMBALSE SMa	
		VALOR TOTALES (UF)	VALOR TOTALES (PESOS $)	VALOR TOTALES (UF)	VALOR TOTALES (PESOS $)
TOTAL	MMA	3.317	88.443.842	3.596	95.897.084
	MRA	3.975	106.003.306	3.274	87.300.571
	MSA	11.238	299.651.615	11.238	299.651.615
	PPCE	60	1.599.905	60	1.599.905
	PAS	1.660	44.264.049	1.660	44.264.049
	Imprevistos y otros	3.037	80.994.408	2.974	79.306.984
TOTAL		**23.287**	**620.957.125**	**22.802**	**608.020.209**

Nota: TM: Alternativa de Embalse Tranca Morada; SM_a; MMA: Medida de Mitigación Ambiental; MRA: Medida de Resguardo Ambiental; MSA: Medida de Seguimiento Ambiental; PPCE: Plan de Prevención de Contingencia y Emergencia; PAS: Permisos Ambientales Sectoriales.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 16.3.3-2
COSTOS PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES

Artículo N°	Extracto Permiso	Tipo de Obra	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (UF)	Total (UF)	Total ($)
PAS 155	Construcción de Obras Hidráulicas	1 Sifón	gl	1	150	150	3.999.764
PAS 156	Modificación de Cauce	41 Cruce de Quebrada	gl	1	287	287	7.039.584
TOTAL						**414**	**11.039.347**

Fuente: Elaboración propia.

16.3.4. Identificación de Estudios Ambientales

A partir del análisis ambiental realizado, se propone la realización de estudios ambientales específicos a desarrollar en las etapas posteriores del Proyecto, con el fin de profundizar en los componentes ambientales que, a juicio del consultor, requieren de un análisis mayor y consideración especial. Se han propuesto estudios para los componentes: Hidrología, Flora y Fauna Acuática, Ruido y Vibraciones, Flora y Vegetación Terrestre, Paisaje, Cultural y Arqueológico; los que se detallan en el acápite de Identificación de Estudios Ambientales del Volumen del EAA.

16.3.5. Conclusiones

De las alternativas de proyecto analizadas en el presente informe, deberán someterse al SEIA mediante elaboración de un EIA sólo los proyectos asociados a obra de embalse (Sitio Tranca Morada y San Miguel Alto), dado que cumplen ambos con los requisitos estipulados con la Normativa Ambiental vigente en Chile. De las obras propuestas en la alternativa de mejora al sistema de conducción y distribución de agua para riego, sólo la obra asociada a la construcción de un Sifón en Río Tulahuencito ingresa al SEIA por la modalidad de Declaración de Impacto Ambiental.

Es posible señalar que, de las tres alternativas de proyecto analizadas, embalse Tranca Morada, embalse San Miguel Alto y Obras de mejoramiento para sistema de conducción y distribución de agua para riego, la que genera un menor impacto ambiental en el medio, corresponde a la última de éstas.

En términos generales, las Obras de mejoramiento para sistema de conducción y distribución de agua para riego, al estar asociada a un área de influencia ya intervenida por obras existentes y por mantener un uso actual del territorio destinado a actividades agroproductivas, los impactos sobre los componentes ambientales resultan menores, caracterizándose estos a su vez, por una sensibilidad ambiental menor en relación a las alternativas de embalse. Bajo este contexto, destaca una mayor **Intensidad de Impacto** en el componente hidrogeológico, dado los efectos de la impermeabilización de canales en la recarga actual del acuífero dentro del área de estudio; en tanto los mayores **niveles de Impacto** se presentan en el componente Biodiversidad, principalmente producto de la sumatoria de actividades que impactan en etapa de construcción, lo cual, asumiría una condición más bien temporal.

En cuanto a los componentes ambientales afectados por las alternativas de embalse, cabe señalar que mantienen niveles de sensibilidad ambiental altos en la mayoría de estos, generándose la mayor cantidad de presiones en los componentes Biodiversidad, Fauna Terrestre, Flora y Vegetación y Paisaje, tanto por los efectos que generan las etapas de construcción como en etapa de operación, lo que se expresa en altos valores en los niveles de impacto analizados. Respecto a los resultados obtenidos al analizar los principales componentes ambientales afectados se destaca:

- **Biodiversidad:** no se localizan sitios que se encuentren incorporados en los sistemas actuales de protección de la biodiversidad. Al considerar los antecedentes referidos a la riqueza y estructura de especies, destacan en el área de estudio los sitios Tranca Morada y San Miguel Alto, lugares en los cuales se presenta la mayor variedad de especies de flora y fauna terrestre.

- **Fauna Terrestre**, Se presenta una alta diversidad de especies y un alto grado de endemismo, a pesar de mantener una zona urbanizada y una amplia superficie de uso agrícola. Para los reptiles, también es destacable el registro de la Salamanqueja de Combarbalá (Garthia penai) especie endémica y que no había sido reportada anteriormente en el lugar de estudio.

- **Flora Terrestre:** Se registraron 51 especies, de las cuales 11 fueron señaladas por la comunidad local, relevándose por su importancia ecosistémica, paisajística o cultural (Maqui, maitén Arrayán, sauce, olivillo, chañar, abrojo, guayacán, espino y otros).

- **Vegetación Terrestre**, Se presenta altamente fragmentada, reconociéndose una representación de formaciones de “Bosque nativo” y de comunidades de especies “Xerófitas” (Colliguay, Espino, Quisco, y otros) que requieren verificación detallada para eventuales Planes de Manejo en estudios posteriores.

- **Flora y Fauna Acuática:** A pesar de reconocerse un ambiente propicio para este tipo de especies, se registra una escasa representatividad de estas, posiblemente debido a una reducción de las poblaciones lo que las hace susceptible a eventuales intervenciones del medio.

- **Paisaje.** La mayor valoración de este componente se obtuvo en el sitio de embalse Tranca Morada, destacándose los atributos estructurales, en especial la naturalidad, así como también atributos biofísicos, particularmente referido al relieve. De igual forma se releva como atributos de importancia para toda Área de Estudio, la diversidad paisajística y el color.

Estos resultados se presentan concordantes en parte, con las impresiones y preocupaciones de los actores locales señaladas en el proceso de participación ciudadana, quienes han dado cuenta de la importancia de mantener espacios silvestres, dada la riqueza en torno a la biodiversidad de flora y fauna local, a la cual relevan una importancia ecológica y cultural. En este contexto, se refuerza la necesidad de llevar a cabo un Plan de Manejo Ambiental que minimice los impactos de las actividades contempladas en el proyecto y garantice compensaciones ambientales cuando estos resulten necesarios.

Dadas las características de las alternativas analizadas, son las obras de embalse las que requieren por normativa el desarrollo y ejecución de un Plan de Manejo Ambiental, en el contexto de análisis y proposiciones en etapa de prefactibilidad, el que deberá ser actualizado y desarrollado con mayor detalle en un posterior Estudio de Análisis Ambiental o en el Estudio de Impacto Ambiental.

Los costos preliminares para las medidas ambientales propuestas no varían en demasía entre una alternativa de embalse y otra (23.287 UF para Tranca Morada y 22.802 UF para San Miguel), presentándose esta variación de costos en las medidas contempladas para la etapa de construcción. Por su parte, el análisis preliminar de costos para alternativas de mejoramiento de canales, se ha acotado a los permisos ambientales sectoriales (PAS) para las obras requeridas, dado que, por normativa, no se contempla la proposición de medidas ambientales para las alternativas en cuestión, alcanzando un monto preliminar de 414 UF.

Se sugieren en un posterior estudio de EIA, profundizar en el análisis de los componentes que mantendrían las mayores presiones por intensidad de impactos (Fauna Terrestre, Biodiversidad Flora y Vegetación y Paisaje). En particular para el componente paisaje, se recomienda adecuar metodológicamente la evaluación empleada, de modo de incorporar las preferencias de actores locales, lo cual resulta de gran valor para definir e incorporar nuevas medidas en el Plan de Manejo ambiental y/o establecer medidas compensatorias acorde a las necesidades de los actores locales dentro del Área de Estudio.

Otros Estudios particulares recomendados, corresponden a: Una estimación del Caudal Ecológico o Ambiental, según criterios biológicos, con el fin de tomar las medidas necesarias en el Plan de Manejo respectivo; así como también, un diagnóstico del componente Ruido y Vibraciones, el cual se estima relevante dado que el área a intervenir es predominantemente rural y puede verse afectada en la etapa de construcción de las obras. Todo lo anterior permitiría definir las medidas de mitigación con mayor precisión y asegurar el normal desarrollo de las actividades ecosistémicas.

17. ESTUDIO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La participación ciudadana en la gestión pública es una orientación que facilita el diálogo entre el Estado y la ciudadanía, posibilitando que los proyectos, programas y políticas respondan efectivamente a lo que la sociedad necesita, así como a que exista una mayor transparencia en la acción del Estado y una mayor capacidad de fiscalización ciudadana. Desde el año 2000 en adelante, la Administración del Estado ha instruido a sus distintos servicios para que la participación ciudadana sea incorporada en la estructura de los proyectos que ejecuta, siendo la Comisión Nacional de Riego parte de este compromiso.

El "Estudio de Prefactibilidad del Mejoramiento Uso y Regulación Recursos Hídricos del Río Mostazal" incorporó un amplio proceso de participación ciudadana con un programa que tuvo como objetivo principal integrar a la comunidad, autoridades y servicios relacionados al desarrollo del proyecto, ya sea a través de consultas, talleres de trabajo u otras actividades que permitieron, por una parte, informarlos de los objetivos y avances del estudio y, por otra, recoger información, inquietudes, interés y opiniones, incorporándolas en el estudio cuando es técnica y económicamente factible.

Los objetivos específicos del programa de participación ciudadana del estudio fueron:

- Contextualizar social y territorialmente el área de influencia del proyecto.
- Identificar y caracterizar a los actores relevantes, tanto comunitarios como institucionales.
- Difundir, a los actores relevantes identificados, los objetivos y alcances del estudio.
- Conocer e incorporar, en la medida que sea técnica y económicamente viable, las opiniones, inquietudes, conocimientos y sugerencias de los actores sociales relevantes para el proyecto.
- Elaborar, a partir de las inquietudes ciudadanas, un plan de trabajo de Participación Ciudadana para desarrollar durante la etapa de construcción de las obras.

En ese contexto, el programa de participación ciudadana comenzó con una reunión inicial en el mes de noviembre del año 2016 con la directiva de la Junta de Vigilancia del rio Mostazal y sus afluentes, dirigentes de canales y equipo de la Comisión Nacional de Riego. Se efectuó una presentación del estudio, explicando los objetivos, se presentaron: el equipo de la consultora ARRAU Ingeniería SpA, las etapas del proyecto, y finalmente, se solicitó la colaboración necesaria para desarrollar exitosamente la iniciativa.

El programa continuó con visitas a terreno, donde se realizaron las entrevistas comprometidas (11 entrevistas a actores comunitarios e institucionales), se recabó la información respecto a las dinámicas organizacionales del valle, lo que además permitió reforzar los lazos de confianza con la Junta de Vigilancia y las otras organizaciones presentes en el valle de Mostazal. Del mismo modo, a partir de las conversaciones (formales e informales) efectuadas, el equipo de participación ciudadana, levantó las inquietudes, aprensiones y/o expectativas que los habitantes del valle, expresaban respecto estudio.

Se efectuaron 5 reuniones de participación ciudadana: reunión inicial, lanzamiento, dos reuniones intermedias y la reunión final. La primera reunión de participación ciudadana (PAC1) se realizó en el mes de enero del año 2017 en la localidad de Pedregal con una asistencia de 103 personas, la segunda reunión (lanzamiento) se efectuó en Monte Patria en el mes de abril de 2017, con una asistencia de 63 personas. Las dos reuniones intermedias (PAC2), desarrolladas en las localidades de Pedregal y El Maitén respectivamente, se materializaron en el mes de octubre de 2017 con una asistencia total de 69 personas. La reunión final (PAC3) se realizó en el mes de abril de 2018, con una asistencia de 59 personas, en la localidad de Pedregal. En suma, un total de 294 personas, que compartieron opiniones, inquietudes, conocimientos y sugerencias para mejorar la ejecución del estudio.

Un aspecto importante de destacar, durante el proceso de participación ciudadana, fue la participación de las principales organizaciones sociales del área de estudio. La Junta de Vigilancia del rio Mostazal y sus Afluentes, la Agrupación de Pequeños Regantes y no Regantes, las Juntas de Vecinos y los comités de Agua Potable Rural, entre otras, colaboraron y participaron en todas las reuniones realizadas. Del mismo modo, su cooperación permitió desarrollar todas las actividades planificadas (entrevistas, encuestas agropecuarias, visitas a terreno, etc.) entregando la información y las facilidades operativas a los profesionales responsables de cada tarea. En ese mismo sentido, también fue importante la realización de las reuniones de participación ciudadana en la misma localidad de Mostazal y en las sedes propuestas por los dirigentes. Esto permitió generar lazos de confianza, logrando convocar a un número relevante de participantes en cada reunión.

Otro aspecto relevante en el proceso, fue la incorporación de organizaciones de “no regantes” en cada reunión de participación ciudadana. El estudio logró integrar a organizaciones sociales que no participan en las reuniones habituales de la Junta de Vigilancia, logrando que otros puntos de vistas y perspectivas se sumaran al desarrollo del estudio. Así, manifestaron con toda su fuerza, los diversos intereses de los distintos grupos del área de estudio, no siendo la comunidad del valle de mostazal, un cuerpo homogéneo de intereses sino más bien, muy heterogéneo.

Una inquietud permanente durante el desarrollo del estudio, fue la opinión expresada por los pequeños y grandes agricultores en torno a la “idea de embalse”. Un sector de los pequeños agricultores, agrupados en la organización “Agrupación de Pequeños Regantes y No Regantes del Río Mostazal” plateaba que la idea de embalse solo beneficiaba a los grandes propietarios, pidiendo ellos otras alternativas a evaluar, como el mejoramiento de canales y oponiéndose a la idea de un embalse en el valle. A su vez, los grandes agricultores, representados en la directiva de la Junta de Vigilancia del rio Mostazal y sus Afluentes, apoyaban la idea del embalse con el argumento de aumentar la seguridad

de riego. Sumado a lo anterior, la presencia de profesionales que llegaron a vivir al valle de Mostazal e integrantes en su mayoría de la "Agrupación de Pequeños Regantes y No Regantes de río Mostazal" manifestaban opiniones más generales y críticas en torno al desarrollo del valle, la expansión de la agroindustria, el aumento de la superficie cultivada, que ampliaban los temas analizados en las reuniones de participación ciudadana.

Para complementar el plan de participación ciudadana, se elaboró un video institucional de 10 minutos, que recoge distintos momentos del desarrollo del estudio y que servirá para la difusión del estudio para las etapas futuras del proyecto.

Para un futuro proceso de participación ciudadana vinculado al estudio, se recomienda mantener un adecuado flujo de información hacia los principales actores sociales involucrados en el proyecto, con el objetivo de fortalecer las relaciones comunitarias en cada etapa futura del proyecto. En primer lugar, con la Junta de Vigilancia del rio Mostazal y sus Afluentes, se sugiere estrechar la relación e información del proyecto para potenciar rol de liderazgo que se necesita de la Junta de Vigilancia para la materialización del proyecto. En segundo lugar, con la Agrupación de Pequeños Regantes y No Regantes, se recomienda mantener reuniones periódicas con sus dirigentes para informar sobre las características de un proyecto para la etapa de factibilidad, considerando que los integrantes de esta última organización, poseen una buena capacidad de vinculación y legitimación con los habitantes del área de estudio, por lo que deberían asumir algún rol la próxima etapa del proyecto. En tercer lugar, se recomienda incorporar nuevas herramientas de comunicación para informar sobre el proyecto en las siguientes etapas. La creación de una página web, Facebook, Twitter, etc. permitiría aumentar el flujo de información hacia los diversos actores y recoger tempranamente las inquietudes de la comunidad del área de estudio.

De esta forma, durante el estudio se cumplieron todos los objetivos específicos del proceso de participación ciudadana implementado. Se contextualizó social y territorialmente el área de influencia del proyecto, identificando a los actores relevantes, tanto comunitarios como institucionales. En las reuniones efectuadas se difundieron a los actores relevantes, los objetivos y alcances del estudio, conociendo las opiniones, inquietudes, conocimientos y sugerencias de los actores sociales relevantes para el proyecto. Se incorporaron durante el estudio, las sugerencias de la comunidad relacionadas con la metodología de trabajo, realizando las reuniones los días sábados, en las localidades de Pedregal y El Maqui, como asimismo, la demanda ciudadana de no considerar al sector de Cuestecita como un posible sitio de embalse.

18. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

18.1. Generalidades

En este capítulo se presenta un compendio de información espacial reflejado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con toda la información de infraestructura de canales recabada en terreno, compuesta por trazado de canales, ubicación de bocatomas y singularidades (Incluye cruces de caminos, atravieso de cauces y quebradas, compuertas, filtraciones y otros). Junto con lo anterior, se integra en el SIG la identificación de las obras de embalse evaluadas, y antecedentes de interés ambiental (Sitios de muestreo, Coberturas de Ocupación de tierras y hallazgos de importancia arqueológico-cultural), así como también las zonas potenciales a ser expropiadas por el Proyecto.

El SIG fue creado en el software de acceso libre Quantum Gis (QGIS), de modo de poder facilitar su utilización por otros usuarios. Este software permite el despliegue de información gráfica y antecedentes contenidos en la base de datos. El proyecto SIG se presenta en formato ".qgs" de QGIS, en sistema de referencia WGS 84, Huso 19S.

Se incluye información de diversa índole, toda la cual fue producto de un proceso de sistematización, además del complemento con bases de datos existentes, provenientes de fuentes de información formales, como DGA, MOP y SII.

18.2. Estructura Temática y Base de Datos del SIG

18.2.1. Estructura Temática

El presente SIG se ha estructurado en 5 temáticas generales de interés (Antecedentes Base, Catastro de Canales, Alternativas de Obras, Información EAA y Potenciales Áreas de Expropiaciones). Estas por su parte están constituidas por capas o coberturas de información espacial disponible previo al desarrollo del estudio, así como antecedentes generados en el transcurso del mismo. En el Cuadro 18.2.1-1, se presenta la estructura temática del SIG, tipo de representación (Polígono, línea o punto), fuente de la información y año de elaboración y actualización.

CUADRO 18.2.1-1
ANTECEDENTES CARTOGRÁFICOS Y ESPACIALES

TEMÁTICA		COBERTURA	TIPO REPRESENTACIÓN	INSTITUCIÓN Y/O FUENTE	AÑO ELABORACIÓN (E) /ACTUALIZACIÓN (A)
Antecedentes Base		Área de Estudio	Polígono	Generado a partir del Estudio	2018
		Área de Influencia Proyecto	Polígono	Generado a partir del Estudio	2018
		Red de Caminos	Línea	Dirección de Vialidad, MOP. Con actualización de Información a partir del Estudio.	2015 /2018
		Poblados-Localidades	Polígono	Generado a partir del Estudio.	2018
		Sectores Riego	Polígono	Generado a partir del Estudio.	2018
		Capa de Roles	Polígono	SII - CIREN	2012
		Hidrografía AE	Línea	Generado a partir del Estudio.	2018
		Hidrografía General	Línea	DGA	2012
Catastro Canales		Tramos/Canales	Línea	Generado a partir del Estudio.	2018
		Singularidades	Punto		
Alternativas Obras	**Embalse Tranca Morada**	Camino Proyectado	Línea	Generado a partir del Estudio.	2018
		Muro	Polígono		
		Espejo Agua	Polígono		
		Empréstito	Polígono		
	Embalse San Miguel Alto	Camino Proyectado	Línea		
		Muro	Polígono		
		Espejo Agua	Polígono		
		Empréstito	Polígono		
	Tranque Regulación	Tranque Regulación	Polígono		
Antecedentes Análisis Ambiental	**Muestreo**	Calidad de Aguas	Puntos	Generado a partir del Estudio.	2018
		Flora y Vegetación Terrestre			
		Fauna Terrestre			
		Flora y Fauna Acuática			
	Registros	Carta de Ocupación de Tierra (COT)	Polígono		
		Hallazgo Flora Terrestre	Puntos		
		Hallazgo Fauna Terrestre	Puntos		
		Hallazgo Flora y Fauna Terrestre	Puntos		
		Arqueología	Puntos		
Expropiación		Camino Expropiación	Línea	Generado a partir del Estudio.	2018
		Sitio Embalse	Polígono		

Fuente: Elaboración propia.

18.2.2. Base de Datos Contenidas en el SIG

La base de datos del SIG se compone de los antecedentes espaciales de interés para cada cobertura, la cual se visualiza en una tabla de atributos como se ejemplifica en el Cuadro 18.2.2-1. Los antecedentes o atributos, para cada cobertura se presentan en el Cuadro 18.2.2-2.

CUADRO 18.2.2-1
TABLA DE ATRIBUTOS PARA SIG, EJEMPLO COBERTURA "TRAMO CANAL"

FID	Shape *	Codigo_B_2	Nombre_Can	Tipo	Material	Conservaci	Uso	Tipo_Secci
0	Polyline ZM	MLv_16	MOLINO VIEJO	No Revestido	Tierra	Regular	En Uso	Irregular
1	Polyline ZM	AF_1	ALFARO	No Revestido	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
2	Polyline ZM	AF_10	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
3	Polyline ZM	AF_11	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
4	Polyline ZM	AF_12	ALFARO	Entubado	Hormigón	Regular	En Uso	Regular
5	Polyline ZM	AF_13	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
6	Polyline ZM	AF_14	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
7	Polyline ZM	AF_15	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
8	Polyline ZM	AF_16	ALFARO	No Revestido	Tierra	Malo	Sin Uso	Irregular
9	Polyline ZM	AF_2	ALFARO	No Revestido	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
10	Polyline ZM	AF_3	ALFARO	No Revestido	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
11	Polyline ZM	AF_4	ALFARO	No Revestido	Tierra	Malo	En Uso	Irregular
12	Polyline ZM	AF_5	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
13	Polyline ZM	AF_6	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
14	Polyline ZM	AF_7	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular
15	Polyline ZM	AF_8	ALFARO	Revestido	Mampostería	Regular	En Uso	Regular

Nota: La Cantidad de filas del Cuadro fue acotadas para la presentación de la Tabla de Atributos.
Los nombres de los campos son los presentados en el SIG.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 18.2.2-2
ATRIBUTOS COBERTURAS SIG MOSTAZAL

TEMÁTICA		COBERTURA	ATRIBUTOS
Mapas base		Área de Estudio	Superficie (ha)
		Área de Influencia Estudio	Superficie (ha)
		Red de Caminos	Nombre, referencia, tipo, distancia (Km)
		Poblados-Localidades	Nombre
		Sectores Riego	Nombre
		Capa de Roles	Rol, Superficie (ha)
		Hidrografía AE (Área de Estudio)	Tipo
		Hidrografía General	Nombre, Tipo, Escala, Distancia (Km)
Catastro Canales		Trazado Canales	Nombre, Distancia (km)
		Tipo Tramo Canales	Código, Nombre, Tipo, Material, Estado Conservación, Condición Uso, sección.
		Bocatomas	Código, Nombre, material, Estado de conservación.
		Singularidades	Código, Nombre Canal , Obra singularidad, Material, Estado Conservación
Alternativas Obras	**Embalse Tranca Morada**	Camino Proyectado	Distancia (m)
		Muro	Nombre Sitio Embalse
		Espejo Agua	Nombre Sitio, Superficie (ha)
		Empréstito	Nombre Sitio, Superficie (ha)
	Embalse San Miguel Alto	Camino Proyectado	Distancia (m)
		Muro	Nombre Sitio Embalse
		Espejo Agua	Nombre Sitio, Superficie (ha)
		Empréstito	Nombre Sitio, Superficie (ha)
	Tranque Regulación	Tranque Regulación	Nombre Obra, Superficie (ha)
Antecedentes Análisis Ambiental	**Muestreo**	Calidad de Aguas	Código (COD)
		Flora y Vegetación Terrestre	Código (COD)
		Fauna Terrestre	Código (COD)
		Flora y Fauna Acuática	Código (COD)
	Registros	Carta de Ocupación de Tierra (COT)	Nombre, Superficie
		Sitios Arqueología	Código Sitio
		Hallazgo Arqueología	Sitio, Tipo hallazgo, Descripción
Expropiación		Camino Expropiación	Nombre sitio Embalse, Distancia (Km)
		Sitio Embalse	Nombre sitio Embalse, Superficie (ha)

Fuente: Elaboración propia.

19. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado del estudio, se tienen las siguientes conclusiones:

1. Se realizó un acabado análisis y evaluación, a nivel de prefactibilidad, de distintas alternativas de acumulación y regulación superficiales o subterráneas o una combinación de ambas, con el fin de asegurar el riego de los canales del valle del río Mostazal.

2. Se recorrió el valle y se definieron de manera preliminar cinco alternativas de sitios posibles para emplazar la presa, además de estudiar 4 posibles sitios de localización de embalses subterráneos.

3. Respecto a los embalses superficiales de definieron 2 sitios para analizarlos a nivel de prefactibilidad. Éstos corresponden al sitio de Tranca Morada en el valle del río Mostazal y el sitio de San Miguel Alto en el valle del río San Miguel.

4. Tipo de presa: se considera una presa tipo CFGD (Concrete Face Gravel Dam), con talud de aguas arriba H:V=1,5:1 y talud de aguas abajo H:V = 1,6:1. Pared moldeada que alcanza los niveles de roca encontrados en los sondajes realizados. En el Cuadro 19-1 se resumen las características principales de los embalses.

CUADRO 19-1
CARACTERÍSTICAS EMBALSES

Volumen Útil (hm^3)	Tranca Morada			San Miguel Alto		
	Altura Total Muro (m)	Cota Coronamiento (msnm)	Superficie Inundada (ha)	Altura Total Muro (m)	Cota Coronamiento (msnm)	Superficie Inundada (ha)
1	52	1.567	12,1	57	1.553	9,4
2	59	1.574	15,2	66	1.562	12,7
3	65	1.580	17,9	73	1.569	15,6
4	70	1.585	20,4	79	1.575	18,0
5	75	1.590	23,4	84	1.580	20,2

Fuente: Elaboración propia.

5. Mejoramiento de canales: de los 42 canales catastrados, se proponen obras para 29 canales comunitarios. Para ello se considera:

   a. Sistemas de captación mejorados en bocatomas, compuertas de regulación y aforadores para tramos iniciales de canal, obras de resguardo para cruces de quebradas y ríos; obras de resguardo para atraviesos de caminos y compuertas de entrega predial.

   b. Revestimiento de hormigón en tramos que actualmente están en tierra y los revestidos con geomembranas con estado regular y malos.

De los tramos de canales comunitarios, el 85% Requiere algún tipo de mejora.

6. Beneficio Agroeconómico - Comparación Situación Actual y Futura

   a. Cambio en Uso de Suelo: se expande superficie regada en desmedro de los terrenos de secano.

   b. Cambio estructura de cultivos por estrato.

      i. Estratos más pequeños: de chacras para autoconsumo a frutales para comercio interno.

      ii. Estratos intermedios: de frutales y vides para consumo interno a frutales de exportación.

      iii. Estratos grandes: de frutales y vides de exportación a frutales de exportación con calidad mejorada.

   c. Mejoras en rentabilidad, destacándose los siguientes cultivos: Uva de Mesa, Palta, Durazno, Mandarino

      Para obtener todos los beneficios del proyecto, tal como se han presentado, es necesario cumplir con las siguientes condiciones:

      i. Actualización del listado de usuarios, asociando los derechos de aprovechamiento de aguas a los roles prediales.

      ii. Asistencia técnica y capacitación a agricultores: Mejoramiento de nivel tecnológico: Adopción de nuevas técnicas de manejo agronómico (fertilización, manejo fitosanitario, mecanización) y Mejorar eficiencia de manejo actual (jornadas de riego, poda, limpias, etc.).

7. Respecto al Análisis de Impacto Ambiental, se tiene:

   a. Línea de Base:

      i. Vegetación terrestre: Altamente fragmentada; Existe representación de formaciones Bosque nativo y de comunidades de especies Xerófitas (Colliguay, Espino, Quisco, y otros) que requieren verificación detallada para eventuales Planes de Manejo en estudios Posteriores.

      ii. Flora: Se registraron 51 especies, de las cuales 11 fueron señaladas por la comunidad local, relevándose por su importancia ecosistémica, paisajística o cultural (Maqui, maitén Arrayán, sauce, olivillo, chañar, abrojo, guayacán, espino y otros).

      iii. Fauna: De un total de 172 especies reportadas para la zona, se registró en terreno la presencia de 38, de las cuales la mayor riqueza está representada por aves (65%). El aporte por conocimiento local fue de 14 especies.

iv. Se destaca el registro de un reptil, Salamanqueja de Combarbalá (Garthia penai), especie endémica y que no había sido reportada anteriormente en el lugar de estudio.

v. Flora y fauna acuática: A pesar de reconocerse un ambiente propicio para este tipo de especies, se registra una escasa representatividad de estas, posiblemente debido a una reducción de las poblaciones lo que las hace susceptible a eventuales intervenciones del medio.

b. Ingreso SEIA:

i. Los proyectos asociados a obra de embalse (Sitio Tranca Morada y San Miguel Alto), deben someterse al Servicio de Impacto Ambiental (SEIA) mediante elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

ii. Entre las obras de mejora para Canales, sólo la construcción de Sifón en Río Tulahuencito debería ingresar al SEIA vía Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

8. Se determinó el presupuesto de las obras a precios privados y sociales.

a. El Costo de construcción de San Miguel Alto es levemente superior que Tranca Morada, según se observa en el Cuadro 19-2.

CUADRO 19-2
COSTO DE OBRAS PROPUESTAS

Volumen Útil (Hm3)	PRECIOS PRIVADOS ($)		PRECIOS SOCIALES ($)	
	Tranca Morada	San Miguel Alto	Tranca Morada	San Miguel Alto
1	13.843.055.862	13.511.173.651	13.016.106.897	12.800.069.478
2	16.335.493.492	16.644.071.666	15.461.550.805	15.839.941.105
3	18.656.612.967	19.454.738.170	17.710.781.732	18.554.579.458
4	21.042.884.935	22.720.733.179	20.016.315.189	21.731.668.296
5	23.559.492.117	24.695.926.235	22.462.320.879	23.638.340.939

Fuente: Elaboración propia.

b. El Costo por mejoramiento de canales es de $7.623,1 millones a precios privados y $7.395,3 millones a precios sociales.

9. Desde el punto de vista de la evaluación económica, se destaca que:

a. A precios sociales, los sitios de embalse Tranca Morada y San Miguel Alto son rentables para todas las alternativas analizadas.

b. La Alternativa que posee un mayor VAN social es la E22-3, que corresponde al embalse San Miguel Alto, con un volumen útil de 4 hm^3 y el mejoramiento de canales para todos los sectores de riego.

c. Si bien el Mejoramiento de Canales no es rentable a precios sociales por sí solo, cuando se presenta como complemento a las alternativas de embalse, mejora el VAN social de las mismas.

d. En caso de que no se concrete el proyecto de mejoramiento de canales, para ambos embalses el volumen útil óptimo aumenta a 5 hm^3.

e. Considerando exclusivamente el criterio económico, se recomienda estudiar en etapa de factibilidad, ambos sitios de embalse (San Miguel Alto y Tranca Morada). Del mismo modo, se recomienda estudiar el mejoramiento integral de los canales del área de estudio, como complemento a las alternativas de embalses.

10. Se recalca que en un futuro estudio se deberá estudiar con mayor detalle la viabilidad legal y operacional de construir el embalse San Miguel Alto. Esto debido a que, si bien históricamente la operación del riego del valle de Mostazal se basa en la entrega de recursos hídricos provenientes del valle de San Miguel, no existe un respaldo formal que dé certidumbre sobre la disponibilidad de estos recursos en el futuro, ya que los derechos de aprovechamiento de aguas están constituidos por usuarios del valle de San Miguel.

11. Finalmente, resulta clave comprender que la proyección de los resultados obtenidos en el horizonte de análisis (30 años) se sostienen bajo el supuesto de que las condiciones de interacción cauce - acuífero, es decir, los niveles de recarga y afloramientos determinados en el modelo hidrogeológicos se mantienen constantes en el tiempo. Para realizar una evaluación futura más detallada de los efectos de las obras en el acuífero es necesario realizar mediciones de terreno y análisis más específicos, que permitan establecer modelos dinámicos y sectorizados del área de estudio.