

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
MEJORAMIENTO DEL RIEGO EN LA CUENCA
DEL RÍO CAUTÍN EN CURACAUTÍN,
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**

INFORME FINAL CONSOLIDADO

SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2012

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MEJORAMIENTO DEL RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO CAUTÍN, EN CURACAUTÍN, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

INFORME FINAL CONSOLIDADO

SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2012

Estudio Elaborado por:



ARCADIS CHILE S.A.

Dirección: Av. Antonio Varas 621, PROVIDENCIA – SANTIAGO

Fono: +56 02 381 6000

www.arcadis.cl

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO (CNR)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD “MEJORAMIENTO DEL RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO CAUTÍN EN CURACAUTÍN”, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

N° 3866-0000-GA-INF-008_1

INFORME FINAL CONSOLIDADO

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	S. Hernández	I. Despouy	A. Gómez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	07.12.12	07.12.12	07.12.12	
0	Nombre Firma	I. Despouy	D. González	A. Gómez	Aprobado Cliente
	Fecha	27.12.12	28.12.12	28.12.12	
1	Nombre Firma	I. Despouy	D. González	A. Gómez	Aprobado Cliente
	Fecha	27.12.12	28.12.12	28.12.12	

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD “MEJORAMIENTO DEL RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO CAUTÍN EN CURACAUTÍN”, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

INFORME FINAL CONSOLIDADO

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	26
1.1	ANTECEDENTES	26
1.2	AREA DE ESTUDIO	27
1.3	OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO	28
1.3.1	Objetivos Generales	28
1.3.2	Objetivos Específicos	29
1.3.3	Alcances del Estudio	29
2	REVISIÓN DE ANTECEDENTES	31
2.1	ANTECEDENTES DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO	31
2.2	ANTECEDENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	31
2.2.1	Cuenca del Río Cautín y Afluentes, hasta junta con el Río Quepe	34
2.2.2	Canal Matriz Victoria	36
2.2.3	Canal Traiguén	38
2.3	ANTECEDENTES EMBALSES DE REGULACION	38
2.3.1	“Estudio del Embalse de Rari – Ruca sobre el Río Cautín”. MOP, Dirección de Obras hidráulicas, julio de 1957. Informe elaborado por el ingeniero civil Alfredo Montero Guillou	38
2.3.2	Estudio Conceptual Alternativo Regadío Victoria – Traiguén – Lautaro (1996)	39
2.3.3	Plan director para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Río Imperial. MOP. DGA. Septiembre de 2001. (S.I.T N°74). Realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores	40
2.3.4	“Diagnóstico para localización de Embalses de temporada en la Región de la Araucanía”, MOP. DOH. Enero 2009. Realizado por Luis Arrau del Canto Ltda.	40
2.4	ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS DE LA CUENCA EN ESTUDIO	41
2.4.1	Información Pluviométrica	42
2.4.2	Fluviometría	42
2.5	AGRICULTURA DE LA ZONA	44
2.6	ANTECEDENTES DE CONDICIONES DE VIDA DE LA POBLACIÓN	44
2.6.1	Demografía	44
2.6.2	Salud	45
2.6.3	Educación	45
2.6.4	Vivienda	46
3	IDENTIFICACION Y SELECCIÓN DE SITIOS PARA EMPLAZAMIENTO DE EMBALSES	47

3.1	IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS	47
3.2	ESTUDIO GEOLOGICO PRELIMINAR DE CADA ALTERNATIVA	50
3.2.1	Caracterización Geológica de Sitios.....	51
3.2.2	Resumen de la Caracterización	53
3.3	DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE EMBALSES Y CURVAS CARACTERISTICAS	53
3.3.1	Dimensionamiento Preliminar de Embalses	53
3.3.2	Dimensionamiento Preliminar de Muros de Presa	55
3.3.3	Curvas Características	56
3.4	EVALUACION Y SELECCIÓN DE SITIOS DE EMBALSE	60
4	ESTUDIOS DE TERRENO	63
4.1	TRABAJOS TOPOGRÁFICOS.....	63
4.2	TRABAJOS DE GEOLOGÍA Y PROSPECCIONES GEOTÉCNICAS.....	63
4.2.1	Geología Superficial	64
4.2.2	Prospecciones	64
4.2.3	Sondajes	65
4.2.4	Ensayos de laboratorio.....	78
5	ESTUDIOS BÁSICOS	81
5.1	ESTUDIO GEOLÓGICO	81
5.2	GEOLOGÍA REGIONAL.....	81
5.2.1	Geología de las Alternativas de Embalse.....	82
5.2.2	Riesgos Geológicos.....	83
5.3	ESTUDIO GEOTÉCNICO	84
5.3.1	Sitio La Mula.....	84
5.3.2	Sitio Malalcahuello.....	86
5.3.3	Canales Matrices.....	88
5.3.4	Yacimientos de Material	89
5.4	ESTUDIO HIDROLÓGICO	92
5.4.1	Hidrología de Recursos de Aguas	93
5.4.2	Estudio de Crecidas.....	103
5.4.3	Estudio Sedimentológico	108
5.4.4	Hidrogeología.....	108
5.5	ESTUDIO RIESGO SÍSMICO	119
6	CARACTERIZACIÓN AGROPECUARIA EN SITUACIÓN ACTUAL	121
6.1	SECTORIZACIÓN.....	121
6.2	TASAS DE RIEGO, DEMANDAS BRUTAS DE RIEGO	126
6.3	VALOR DEL AGUA CRUDA (VAC) ZONA DE ESTUDIO	128
6.1.1	Mercados y Disponibilidad DGA	128
6.1.2	Método de las Transacciones	128
6.4	DERECHOS DE AGUA Y SITUACIÓN JURÍDICA DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO.....	129
6.1.3	Derechos de Aprovechamiento Consuntivos	129
6.1.4	Derechos de Aprovechamiento No Consuntivos.....	130
6.1.5	Derechos de Aprovechamiento en Trámite.....	132
6.5	ORGANIZACIONES DE USUARIOS	134

7	SITUACIÓN AGROPECUARIA FUTURA	135
7.1	SECTORIZACIÓN.....	135
7.2	SITUACIÓN SIN PROYECTO.....	136
7.2.1	Criterios	136
7.2.2	Uso del suelo.....	137
7.2.3	Demandas de agua de riego.....	137
7.2.4	Fichas Técnico Económicas y Gastos Indirectos.....	137
7.2.5	Determinación de valores económicos	139
7.2.6	Transferencia Tecnológica.....	140
7.3	SITUACIÓN CON PROYECTO.....	144
7.3.1	Criterios de Desarrollo.....	144
7.3.2	Uso del suelo.....	152
7.3.3	Demandas de agua de riego.....	157
7.3.4	Fichas técnico económicas y gastos indirectos.....	157
7.3.5	Inversiones intraprediales.....	164
7.3.6	Programa de Integración Tecnológica	173
7.3.7	Determinación de valores económicos	180
8	ESCENARIOS Y MODELO DE SIMULACIÓN.....	183
8.1	ESCENARIOS DE RIEGO	183
8.2	MODELO DE SIMULACIÓN	183
8.2.1	Desarrollo conceptual del modelo.....	184
8.2.2	Implementación del modelo	185
8.2.3	Aplicación del modelo	185
9	DISEÑOS PRELIMINARES.....	188
9.1	OBRAS DE EMBALSE.....	188
9.1.1	Obras de desvío	188
9.1.2	Muro de presa	189
9.1.3	Evacuador de crecidas	190
9.1.4	Obra de toma.....	190
9.1.5	Costos de las obras de embalse.....	190
9.2	OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	191
9.2.1	Red de riego	191
9.2.2	Costo de las obras de la red de riego.....	192
9.3	POTENCIAL HIDROELÉCTRICO	195
9.4	SISTEMA DE AFORO REMOTO DE CAUDALES	195
9.5	ANÁLISIS DE PERTINENCIA DE LA UTILIZACIÓN DEL EMBALSE COMO EMBALSE DE CONTROL.....	196
10	ESTUDIO DE TENENCIA DE TIERRA.....	198
10.1	TENENCIA DE TIERRA ALTERNATIVA LA MULA.....	199
10.2	TENENCIA DE TIERRA ALTERNATIVA MALALCAHUELLO	199
10.3	TENENCIA DE TIERRA RED DE RIEGO	200
10.3.1	Canal matriz Victoria.....	200
10.3.2	Canales derivados La Isla I y II.....	200
10.3.3	Canal derivado El Carmen.....	200
10.3.4	Canal derivado La Parra	200
10.3.5	Canal derivado Quillem 1	201

10.3.6	Canal derivado Perquenco	201
10.3.7	Canal derivado Quillem 2	201
10.3.8	Canal derivado Santa Rosa	201
10.3.9	Canal derivado Púa 1	201
10.3.10	Canal derivado Púa 2	201
10.3.11	Canal derivado Las Vertientes y Bayo Toro	202
10.3.12	Canal derivado Las Cardas	202
10.3.13	Canal derivado Huillenlebu	202
10.4	ESTIMACIÓN DE COSTOS	202
11	EVALUACIÓN ECONÓMICA	203
11.1	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA	203
11.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA COMO OBRA DE RIEGO (MÉTODO VALOR PRODUCTO MARGINAL)	205
11.2.1	Tamaños de proyecto a evaluar	206
11.2.2	Beneficios agronómicos	207
11.2.3	Costos desarrollo del riego	208
11.2.4	Rentabilidad proyecto de riego	211
11.2.5	Análisis de Sensibilidad	214
11.2.6	Momento Óptimo de Inversión	218
11.2.7	Recomendación sobre tamaño del proyecto de riego	218
11.3	MÉTODOS DE CHEQUEO DE EVALUACIÓN	219
11.3.1	Método de las transacciones	219
11.3.2	Método del valor incremental de la tierra	220
11.3.3	Resumen Métodos de Chequeo	223
11.4	EVALUACIÓN ECONÓMICA COMO OBRA MULTIPROPÓSITO	223
11.4.1	Uso Agua Potable	223
11.4.2	Uso Turismo	225
11.4.3	Uso Generación Hidroeléctrica	230
11.4.4	Uso Control de Crecidas	233
11.4.5	Rentabilidad Multipropósito del Proyecto	235
12	EXTERNALIDADES	236
12.1	AUMENTO Y DESARROLLO DEL TURISMO	236
12.2	AUMENTO EN EL VOLUMEN DE EXPORTACIONES	236
12.3	AUMENTO DE LA DEMANDA DE MANO DE OBRA	237
12.4	INCREMENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA	237
12.5	DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA	237
12.6	AUMENTO DEL COMERCIO	238
12.7	DESARROLLO DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL	238
12.8	CAMBIO DE LA ESTRUCTURA GEOPOLÍTICA, ASOCIADA A LA MIGRACIÓN DE INDIVIDUOS A LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	238
12.9	GENERACIÓN DE IMPUESTOS	238
13	ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL, PAC Y TALLERES LEGALES	239
13.1	ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL	239
13.1.1	Introducción	239
13.1.2	Descripción del Proyecto	239

13.1.3	Línea Base	240
13.1.4	Evaluación de Impacto	241
13.1.5	Plan de Manejo y Seguimiento Ambiental.....	242
13.1.6	Legislación Ambiental Aplicable y Permisos Sectoriales	242
13.1.7	Pertenencia y Modalidad de Ingreso	245
13.1.8	Costos ambientales	246
13.1.9	Recomendaciones y conclusiones EAA	246
13.1	ESTUDIO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA	246
13.2	TALLERES LEGALES	252
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	253

LISTADO DE ANEXOS

TOMO II

ANEXO A REVISIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE ANTECEDENTES

Anexo A.1 Informe Hidráulico – Hidrológico Alternativas Embalses Río Cautín
N° 3866-0000-IH-INF-001.

ANEXO B SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE EMBALSE

Anexo B.1 Informe Geológico de los Sitios de Alternativas de Embalse
N° 3866-1000-GO-INF-002.

Anexo B.2 Informe Hidráulico Selección Mejores Ubicaciones Embalses Río Cautín
N° 3866-1000-IH-INF-001.

ANEXO C ESTUDIOS DE TERRENO

Anexo C.1 Trabajos Topográficos
N° 3866-0000-TP-INF-002.

ANEXO D ESTUDIOS BÁSICOS

Anexo D.1 Estudio Geológico
N° 3866-1000-GO-INF-005.

Anexo D.2 Informe Hidrológico
N° 3866-0000-IH-INF-002.

Anexo D.3 Informe Estudio Riesgo Sísmico
N° 3866-0000-GE-INF-002.

TOMO III

VOLUMEN I de II

ANEXO D ESTUDIOS BASICOS

Anexo D.4 Estudio Geotécnico
N° 3866-1000-GE-INF-001.

ANEXO D ESTUDIOS BASICOS

Anexo D.5 Estudio Agroeconómico
N° 3866-0000-AG-INF-005.

VOLUMEN II de II

ANEXO D ESTUDIOS BASICOS

Anexo D.5 Estudio Agroeconómico
N° 3866-0000-AG-INF-005.

TOMO IV

ANEXO E ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

Anexo E.1 Estudio de Análisis Ambiental
N° 3866-0000-MA-INF-005.

TOMO V

ANEXO E PAC Y TALLERES LEGALES

Anexo E.2 Informe Final PAC.
N° 3866-0000-MS-PAC-008.

Anexo E.3 Informe Final Asesoría Legal
N° 3866-0000-LL-INF-003.

ANEXO F ESCENARIOS Y MODELO DE SIMULACIÓN

Anexo F.1 Modelo de Simulación y Operación Embalse
N° 3866-0000-IH-INF-003.

Anexo F.2 Manual de Operación Modelo Embalse
N° 3866-0000-IH-MNL-001.

Anexo F.3 Análisis de Derechos de Agua en Río Cautín
N° 3866-0000-IH-INF-006.

ANEXO G DISEÑOS PRELIMINARES

- Anexo G.1 Diseños Preliminares Obras de Embalse
N° 3866-1000-IH-INF-002.
- Anexo G.2 Memoria de Cálculos Análisis de Estabilidad de Muros de Presa Embalse Cautín.
N° 3866-1000-GE-MEC-001.
- Anexo G.3 Diseños Preliminares Red de Riego
N° 3866-2000-IH-INF-002.
- Anexo G.4 Sistema Remoto de Aforo de Caudales
N° 3866-0000-IH-INF-005.
- Anexo G.5 Informe de Hidrogeneración
N° 3866-0000-IH-INF-004.
- Anexo G.6 Analisis de Pertinencia Embalse como Obra de Control
N° 3866-1000-IH-INF-003.

ANEXO H ESTUDIO DE TENENCIA DE TIERRA

- Anexo H.1 Estudio de Tenencia de Tierra
N° 3866-1000-LL-INF-001.

TOMO VI PLANOS

VOLUMEN I de X

AGROECONÓMICOS - MAPA BASE

- N° 3866-2000-AG-PLA-1001 Mapa Base lámina 1 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1002 Mapa Base lámina 2 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1003 Mapa Base lámina 3 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1004 Mapa Base lámina 4 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1005 Mapa Base lámina 5 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1006 Mapa Base lámina 6 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1007 Mapa Base lámina 7 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1008 Mapa Base lámina 8 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1009 Mapa Base lámina 9 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-1010 Mapa Base lámina 10 d 30

N° 3866-2000-AG-PLA-1011	Mapa Base lámina 11 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1012	Mapa Base lámina 12 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1013	Mapa Base lámina 13 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1014	Mapa Base lámina 14 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1015	Mapa Base lámina 15 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1016	Mapa Base lámina 16 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1017	Mapa Base lámina 17 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1018	Mapa Base lámina 18 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1019	Mapa Base lámina 19 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1020	Mapa Base lámina 20 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1021	Mapa Base lámina 21 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1022	Mapa Base lámina 22 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1023	Mapa Base lámina 23 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1024	Mapa Base lámina 24 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1025	Mapa Base lámina 25 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1026	Mapa Base lámina 26 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1027	Mapa Base lámina 27 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1028	Mapa Base lámina 28 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1029	Mapa Base lámina 29 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-1030	Mapa Base lámina 30 de 30

VOLUMEN II de X

MAPA AGROECOLOGICO

N° 3866-2000-AG-PLA-2001	Mapa Agrológico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 1 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2002	Mapa Agrológico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 2 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2003	Mapa Agrológico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 3 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2004	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 4 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2005	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 5 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2006	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 6 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-2007	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 7 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2008	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 8 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2009	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 9 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2010	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 10 d 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2011	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 11 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2012	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 12 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2013	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 13 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2014	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 14 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2015	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 15 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2016	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 16 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2017	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 17 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2018	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 18 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2019	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 19 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2020	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 20 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2021	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 21 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2022	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 22 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2023	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 23 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2024	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 24 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2025	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 25 de 30
N° 866-2000-AG-PLA-2026	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 26 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2027	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 27 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2028	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 28 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-2029	Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 29 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-2030 Mapa Agrologico y de Capacidad de Uso Mapa Clase de Drenaje lámina 30 de 30

VOLUMEN III de X

MAPA CATEGORIA DE RIEGO

- N° 3866-2000-AG-PLA-3001 Mapa Categoría de Riego lámina 1 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3002 Mapa Categoría de Riego lámina 2 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3003 Mapa Categoría de Riego lámina 3 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3004 Mapa Categoría de Riego lámina 4 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3005 Mapa Categoría de Riego lámina 5 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3006 Mapa Categoría de Riego lámina 6 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3007 Mapa Categoría de Riego lámina 7 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3008 Mapa Categoría de Riego lámina 8 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3009 Mapa Categoría de Riego lámina 9 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3010 Mapa Categoría de Riego lámina 10 d 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3011 Mapa Categoría de Riego lámina 11 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3012 Mapa Categoría de Riego lámina 12 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3013 Mapa Categoría de Riego lámina 13 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3014 Mapa Categoría de Riego lámina 14 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3015 Mapa Categoría de Riego lámina 15 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3016 Mapa Categoría de Riego lámina 16 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3017 Mapa Categoría de Riego lámina 17 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3018 Mapa Categoría de Riego lámina 18 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3019 Mapa Categoría de Riego lámina 19 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3020 Mapa Categoría de Riego lámina 20 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3021 Mapa Categoría de Riego lámina 21 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3022 Mapa Categoría de Riego lámina 22 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3023 Mapa Categoría de Riego lámina 23 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3024 Mapa Categoría de Riego lámina 24 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3025 Mapa Categoría de Riego lámina 25 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3026 Mapa Categoría de Riego lámina 26 de 30
- N° 3866-2000-AG-PLA-3027 Mapa Categoría de Riego lámina 27 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-3028 Mapa Categoría de Riego lámina 28 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-3029 Mapa Categoría de Riego lámina 29 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-3030 Mapa Categoría de Riego lámina 30 de 30

VOLUMEN IV de X

MAPA CLASE DE DRENAJE

N° 3866-2000-AG-PLA-4001 Mapa Clase de Drenaje lámina 1 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4002 Mapa Clase de Drenaje lámina 2 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4003 Mapa Clase de Drenaje lámina 3 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4004 Mapa Clase de Drenaje lámina 4 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4005 Mapa Clase de Drenaje lámina 5 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4006 Mapa Clase de Drenaje lámina 6 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4007 Mapa Clase de Drenaje lámina 7 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4008 Mapa Clase de Drenaje lámina 8 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4009 Mapa Clase de Drenaje lámina 9 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4010 Mapa Clase de Drenaje lámina 10 d 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4011 Mapa Clase de Drenaje lámina 11 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4012 Mapa Clase de Drenaje lámina 12 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4013 Mapa Clase de Drenaje lámina 13 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4014 Mapa Clase de Drenaje lámina 14 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4015 Mapa Clase de Drenaje lámina 15 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4016 Mapa Clase de Drenaje lámina 16 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4017 Mapa Clase de Drenaje lámina 17 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4018 Mapa Clase de Drenaje lámina 18 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4019 Mapa Clase de Drenaje lámina 19 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4020 Mapa Clase de Drenaje lámina 20 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4021 Mapa Clase de Drenaje lámina 21 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4022 Mapa Clase de Drenaje lámina 22 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4023 Mapa Clase de Drenaje lámina 23 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4024 Mapa Clase de Drenaje lámina 24 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4025 Mapa Clase de Drenaje lámina 25 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4026 Mapa Clase de Drenaje lámina 26 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4027 Mapa Clase de Drenaje lámina 27 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4028 Mapa Clase de Drenaje lámina 28 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4029 Mapa Clase de Drenaje lámina 29 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-4030 Mapa Clase de Drenaje lámina 30 de 30

VOLUMEN V de X

MAPA DE APTITUD FRUTAL

N° 3866-2000-AG-PLA-5001 Mapa de Aptitud Frutal lámina 1 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5002 Mapa de Aptitud Frutal lámina 2 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5003 Mapa de Aptitud Frutal lámina 3 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5004 Mapa de Aptitud Frutal lámina 4 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5005 Mapa de Aptitud Frutal lámina 5 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5006 Mapa de Aptitud Frutal lámina 6 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5007 Mapa de Aptitud Frutal lámina 7 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5008 Mapa de Aptitud Frutal lámina 8 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5009 Mapa de Aptitud Frutal lámina 9 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5010 Mapa de Aptitud Frutal lámina 10 d 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5011 Mapa de Aptitud Frutal lámina 11 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5012 Mapa de Aptitud Frutal lámina 12 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5013 Mapa de Aptitud Frutal lámina 13 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5014 Mapa de Aptitud Frutal lámina 14 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5015 Mapa de Aptitud Frutal lámina 15 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5016 Mapa de Aptitud Frutal lámina 16 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5017 Mapa de Aptitud Frutal lámina 17 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5018 Mapa de Aptitud Frutal lámina 18 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5019 Mapa de Aptitud Frutal lámina 19 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5020 Mapa de Aptitud Frutal lámina 20 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5021 Mapa de Aptitud Frutal lámina 21 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5022 Mapa de Aptitud Frutal lámina 22 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5023 Mapa de Aptitud Frutal lámina 23 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5024 Mapa de Aptitud Frutal lámina 24 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5025 Mapa de Aptitud Frutal lámina 25 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5026 Mapa de Aptitud Frutal lámina 26 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5027 Mapa de Aptitud Frutal lámina 27 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5028 Mapa de Aptitud Frutal lámina 28 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5029 Mapa de Aptitud Frutal lámina 29 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-5030 Mapa de Aptitud Frutal lámina 30 de 30

VOLUMEN VI de X

MAPA DE UNIDAD DE MANEJO

N° 3866-2000-AG-PLA-6001 Mapa de Unidad de Manejo lámina 1 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6002 Mapa de Unidad de Manejo lámina 2 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6003 Mapa de Unidad de Manejo lámina 3 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6004 Mapa de Unidad de Manejo lámina 4 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6005 Mapa de Unidad de Manejo lámina 5 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6006 Mapa de Unidad de Manejo lámina 6 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6007 Mapa de Unidad de Manejo lámina 7 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6008 Mapa de Unidad de Manejo lámina 8 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6009 Mapa de Unidad de Manejo lámina 9 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6010 Mapa de Unidad de Manejo lámina 10 d 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6011 Mapa de Unidad de Manejo lámina 11 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6012 Mapa de Unidad de Manejo lámina 12 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6013 Mapa de Unidad de Manejo lámina 13 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6014 Mapa de Unidad de Manejo lámina 14 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6015 Mapa de Unidad de Manejo lámina 15 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6016 Mapa de Unidad de Manejo lámina 16 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6017 Mapa de Unidad de Manejo lámina 17 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6018 Mapa de Unidad de Manejo lámina 18 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6019 Mapa de Unidad de Manejo lámina 19 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6020 Mapa de Unidad de Manejo lámina 20 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6021 Mapa de Unidad de Manejo lámina 21 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6022 Mapa de Unidad de Manejo lámina 22 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6023 Mapa de Unidad de Manejo lámina 23 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6024 Mapa de Unidad de Manejo lámina 24 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-6025 Mapa de Unidad de Manejo lámina 25 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-6026 Mapa de Unidad de Manejo lámina 26 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-6027 Mapa de Unidad de Manejo lámina 27 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-6028 Mapa de Unidad de Manejo lámina 28 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-6029 Mapa de Unidad de Manejo lámina 29 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-6030 Mapa de Unidad de Manejo lámina 30 de 30

VOLUMEN VII de X

MAPA DE PROPIEDADES

N° 3866-2000-AG-PLA-7001 Mapa de Propiedades lámina 1 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7002 Mapa de Propiedades lámina 2 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7003 Mapa de Propiedades lámina 3 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7004 Mapa de Propiedades lámina 4 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7005 Mapa de Propiedades lámina 5 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7006 Mapa de Propiedades lámina 6 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7007 Mapa de Propiedades lámina 7 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7008 Mapa de Propiedades lámina 8 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7009 Mapa de Propiedades lámina 9 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7010 Mapa de Propiedades lámina 10 d 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7011 Mapa de Propiedades lámina 11 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7012 Mapa de Propiedades lámina 12 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7013 Mapa de Propiedades lámina 13 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7014 Mapa de Propiedades lámina 14 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7015 Mapa de Propiedades lámina 15 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7016 Mapa de Propiedades lámina 16 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7017 Mapa de Propiedades lámina 17 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7018 Mapa de Propiedades lámina 18 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7019 Mapa de Propiedades lámina 19 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7020 Mapa de Propiedades lámina 20 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7021 Mapa de Propiedades lámina 21 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7022 Mapa de Propiedades lámina 22 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7023 Mapa de Propiedades lámina 23 de 30

N° 3866-2000-AG-PLA-7024 Mapa de Propiedades lámina 24 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7025 Mapa de Propiedades lámina 25 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7026 Mapa de Propiedades lámina 26 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7027 Mapa de Propiedades lámina 27 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7028 Mapa de Propiedades lámina 28 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7029 Mapa de Propiedades lámina 29 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-7030 Mapa de Propiedades lámina 30 de 30

VOLUMEN VIII de X

MAPA DE USO DE SUELO

N° 3866-2000-AG-PLA-8001 Mapa de Uso de Suelo lámina 1 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8002 Mapa de Uso de Suelo lámina 2 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8003 Mapa de Uso de Suelo lámina 3 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8004 Mapa de Uso de Suelo lámina 4 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8005 Mapa de Uso de Suelo lámina 5 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8006 Mapa de Uso de Suelo lámina 6 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8007 Mapa de Uso de Suelo lámina 7 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8008 Mapa de Uso de Suelo lámina 8 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8009 Mapa de Uso de Suelo lámina 9 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8010 Mapa de Uso de Suelo lámina 10 d 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8011 Mapa de Uso de Suelo lámina 11 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8012 Mapa de Uso de Suelo lámina 12 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8013 Mapa de Uso de Suelo lámina 13 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8014 Mapa de Uso de Suelo lámina 14 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8015 Mapa de Uso de Suelo lámina 15 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8016 Mapa de Uso de Suelo lámina 16 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8017 Mapa de Uso de Suelo lámina 17 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8018 Mapa de Uso de Suelo lámina 18 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8019 Mapa de Uso de Suelo lámina 19 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8020 Mapa de Uso de Suelo lámina 20 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8021 Mapa de Uso de Suelo lámina 21 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8022 Mapa de Uso de Suelo lámina 22 de 30

- N° 3866-2000-AG-PLA-8023 Mapa de Uso de Suelo lámina 23 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8024 Mapa de Uso de Suelo lámina 24 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8025 Mapa de Uso de Suelo lámina 25 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8026 Mapa de Uso de Suelo lámina 26 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8027 Mapa de Uso de Suelo lámina 27 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8028 Mapa de Uso de Suelo lámina 28 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8029 Mapa de Uso de Suelo lámina 29 de 30
N° 3866-2000-AG-PLA-8030 Mapa de Uso de Suelo lámina 30 de 30

VOLUMEN IX de X

General

- N° 3866-0000-GA-PLA-001 Planta General Áreas de Riego y Ubicación de Embalses
N° 3866-0000-GA-PLA-002 Planta General Áreas de Riego y Ubicación Alternativas de Presa.
N° 3866-0000-GA-PLA-003 Planta General - Alternativas de Embalse - La Mula y Malalcahuello.
N° 3866-0000-GA-PLA-004 Planta General - Red de Riego - Canal Matriz Victoria y Derivados.
N° 3866-0000-GA-PLA-005 Planta General de Obras Proyectadas – Planta.

Trabajos Topográficos

- N° 3866-1000-TP-PLA-001 Levantamiento Topográfico - Sector La Mula.
N° 3866-1000-TP-PLA-002 Levantamiento Topográfico - Sector Malalcahuello.
N° 3866-2000-TP-PLA-001 Levantamiento Topográfico - Sector Riego Cautín.

Geología-Geotecnia

- N° 3866-1000-GO-PLA-001 Planta Geología Ubicación de Embalse Alternativa la Mula.
N° 3866-1000-GO-PLA-002 Planta Geología Ubicación de Embalse Alternativa Malalcahuello.
N° 3866-1000-GO-PLA-003 Planta General Ubicación de Sondajes y perfiles Sísmicos Alternativa Malalcahuello.
N° 3866-1000-GO-PLA-004 Planta General Ubicación de Sondajes y Perfiles Sísmicos Alternativa la Mula.
N° 3866-1000-GO-PLA-005 Planta General Ubicación de Calicatas Alternativa Malalcahuello.
N° 3866-1000-GO-PLA-006 Planta General Ubicación de Calicatas Alternativa la Mula.
N° 3866-1000-GO-PLA-007 Planta Ubicación de Calicatas Canales.
N° 3866-1000-GO-PLA-008 Geología - Área embalse Malalcahuello.
N° 3866-1000-GO-PLA-009 Geología - Área embalse La Mula.

- N° 3866-1000-GO-PLA-010 Geología – Embalse Malalcahuello - Zona Muro.
- N° 3866-1000-GO-PLA-011 Geología – Embalse La Mula – Zona Muro.
- N° 3866-1000-GO-PLA-012 Geología – Embalse Malalcahuello - Ubicación Sondajes y Perfiles de Refracción
- N° 3866-1000-GO-PLA-013 Geología – Embalse La Mula - Ubicación Sondajes y Perfiles de Refracción
- N° 3866-1000-GO-PLA-014 Geología – Embalse Malalcahuello - Ubicación Calicatas
- N° 3866-1000-GO-PLA-015 Geología – Embalse La Mula - Ubicación Calicatas
- N° 3866-1000-GO-PLA-016 Geología - Embalse Malalcahuello - Ubicación Yacimientos de Empréstitos
- N° 3866-1000-GO-PLA-017 Geología - Embalse La Mula - Ubicación Yacimientos de Empréstitos
- N° 3866-1000-GO-PLA-018 Geología - Embalse La Mula y Malalcahuello - Perfiles Geológicos
- N° 3866-2000-GO-PLA-001 Canales Matrices - Ubicación de Calicatas - Planta

Eléctricos

- N° 3866-1000-EL-PLA-001 Alternativa Embalse La Mula - Planta Línea de Transmisión Alta Tensión - Planta y Secciones Estructurales
- N° 3866-1100-EL-PLA-001 Alternativa Embalse Malalcahuello - Planta Línea de Transmisión Alta Tensión - Planta y Secciones Estructurales

Interferencias

- N° 3866-1000-OC-PLA-001 Alternativa Embalse La Mula - Interferencias Infraestructura Existente - Planta
- N° 3866-1000-OC-PLA-002 Alternativa Embalse Malalcahuello - Interferencias Infraestructura Existente - Planta
- N° 3866-1000-OC-PLA-003 Alternativa Embalse Malalcahuello Interferencia Camino Planta, Perfil Longitudinal y Corte.

Tenencia de Tierra

- N° 3866-1000-LL-PLA-001 Estudio Tenencia de Tierra - Alternativa La Mula - Planta General
- N° 3866-1000-LL-PLA-002 Estudio Tenencia de Tierra - Alternativa Malalcahuello - Planta General
- N° 3866-2000-LL-PLA-001 Estudio Tenencia de Tierra - Canal Matriz - Cuadro General
- N° 3866-2000-LL-PLA-002 Estudio Tenencia de Tierra - Canal Matriz - Planta General (2/3)
- N° 3866-2000-LL-PLA-003 Estudio Tenencia de Tierra - Canal Matriz - Planta General (3/3)
- N° 3866-2000-LL-PLA-004 Estudio Tenencia de Tierra - Derivados La Isla 1 y La Isla 2 - Planta General
- N° 3866-2000-LL-PLA-005 Estudio Tenencia de Tierra - Derivado El Carmen - Planta (1/2)
- N° 3866-2000-LL-PLA-006 Estudio Tenencia de Tierra - Derivado El Carmen - Planta (2/2)
- N° 3866-2000-LL-PLA-007 Estudio Tenencia de Tierra - Derivado La Parra - Planta (1/2)
- N° 3866-2000-LL-PLA-008 Estudio Tenencia de Tierra - Derivado La Parra - Planta (2/2)
- N° 3866-2000-LL-PLA-009 Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Quillem 1 - Planta (1/2)

N° 3866-2000-LL-PLA-010	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Quillem 1 - Planta (2/2)
N° 3866-2000-LL-PLA-011	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Perquenco - Planta (1/2)
N° 3866-2000-LL-PLA-012	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Perquenco - Planta (2/2)
N° 3866-2000-LL-PLA-013	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Quillem 2 - Planta
N° 3866-2000-LL-PLA-014	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Santa Rosa - Planta
N° 3866-2000-LL-PLA-015	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Púa 1 - Cuadro de Expropiaciones y Deslindes
N° 3866-2000-LL-PLA-016	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Púa 1 - Planta
N° 3866-2000-LL-PLA-017	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Púa 2 - Planta
N° 3866-2000-LL-PLA-018	Estudio Tenencia de Tierra - Derivados Las Vertientes y Bayo Toro - Planta
N° 3866-2000-LL-PLA-019	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Las Cardas - Planta (1/2)
N° 3866-2000-LL-PLA-020	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Las Cardas - Planta (2/2)
N° 3866-2000-LL-PLA-021	Estudio Tenencia de Tierra - Derivado Huillinlebu - Planta

VOLUMEN X de X

DISEÑOS PRELIMINARES

N° 3866-1000-IH-PLA-001	Planta Ubicación de Embalse.
N° 3866-1000-IH-PLA-002	Planta Zona de Ubicación de Alternativas de Embalses y Detalles Perfiles Longitudinales de Muro.
N° 3866-1000-IH-PLA-003	Alternativa Embalse La Mula - Disposición General de Obras - Planta
N° 3866-1000-IH-PLA-004	Alternativa Embalse La Mula - Muro de Presa - Planta y Secciones
N° 3866-1000-IH-PLA-005	Alternativa Embalse La Mula - Evacuador de Crecidas - Planta y Secciones
N° 3866-1000-IH-PLA-006	Alternativa Embalse La Mula - Túnel de Desvío - Planta y Secciones
N° 3866-1000-IH-PLA-007	Alternativa Embalse La Mula - Ataguía Aguas Arriba y Aguas Abajo - Planta y Secciones
N° 3866-1000-IH-PLA-008	Alternativa Embalse La Mula - Obra de Toma - Planta, Secciones y Detalles
N° 3866-1000-IH-PLA-009	Alternativa Embalse La Mula - Sector Casa de Máquinas y Patio de Alta Tensión - Planta Disposición
N° 3866-1100-IH-PLA-001	Alternativa Embalse Malalcahuello - Disposición General de Obras - Planta
N° 3866-1100-IH-PLA-002	Alternativa Embalse Malalcahuello - Muro de Presa - Planta y Secciones
N° 3866-1100-IH-PLA-003	Alternativa Embalse Malalcahuello - Evacuador de Crecidas - Planta y Secciones
N° 3866-1100-IH-PLA-004	Alternativa Embalse Malalcahuello - Túnel de Desvío - Planta y Secciones
N° 3866-1100-IH-PLA-006	Alternativa Embalse Malalcahuello - Obra de Toma - Planta, Secciones y Detalles

N° 3866-1100-IH-PLA-007	Alternativa Embalse Malalcahuello - Sector Casa de Máquinas y Patio de Alta Tensión - Planta Disposición
N° 3866-2000-IH-PLA-001	Planta General Red de Canales y Zona Beneficiada.
N° 3866-2000-IH-PLA-002	Red de Riego - Canal Matriz Victoria - Planta y Perfil Longitudinal Km. 0+000 A Km. 17+000
N° 3866-2000-IH-PLA-003	Red de Riego - Canal Matriz Victoria - Planta y Perfil Longitudinal Km. 17+000 A Km. 27+000
N° 3866-2000-IH-PLA-004	Red de Riego - Canal Matriz Victoria - Planta y Perfil Longitudinal Km. 27+000 A Km. 37+292
N° 3866-2000-IH-PLA-005	Red de Riego - Derivados La Isla 1 y La Isla 2 - Plantas y Perfiles Longitudinales
N° 3866-2000-IH-PLA-006	Red de Riego - Derivados El Carmen y La Parra - Plantas y Perfiles Longitudinales
N° 3866-2000-IH-PLA-007	Red de Riego - Derivado Quillem 1 - Planta y Perfil Longitudinal
N° 3866-2000-IH-PLA-008	Red de Riego - Derivado Quillem 2 - Planta y Perfil Longitudinal
N° 3866-2000-IH-PLA-009	Red de Riego - Derivado Perquenco - Planta y Perfil Longitudinal Km. 0+000 A Km. 19+000
N° 3866-2000-IH-PLA-010	Red de Riego - Derivado Perquenco - Planta y Perfil Longitudinal Km. 19+000 A Km. 32+374
N° 3866-2000-IH-PLA-011	Red de Riego - Derivado Santa Rosa - Planta y Perfil Longitudinal Km. 0+000 A Km. 2+634
N° 3866-2000-IH-PLA-012	Red de Riego - Derivado Púa 1 - Planta y Perfil Longitudinal Km. 0+000 A Km. 18+709
N° 3866-2000-IH-PLA-013	Red de Riego - Derivado Púa 2 - Planta y Perfil Longitudinal Km. 0+000 A Km. 12+637
N° 3866-2000-IH-PLA-014	Red de Riego - Derivados Las Vertientes y Bayo Toro - Plantas y Perfiles Longitudinales
N° 3866-2000-IH-PLA-015	Red de Riego - Derivado Huillinlebu - Planta y Perfil Longitudinal
N° 3866-2000-IH-PLA-016	Red de Riego - Derivado Las Cardas - Planta y Perfil Longitudinal
N° 3866-2000-IH-PLA-017	Red de Riego - Obras - Bocatoma 1 de 2
N° 3866-2000-IH-PLA-018	Red de Riego - Obras - Bocatoma 2 de 2
N° 3866-2000-IH-PLA-019	Red de Riego - Obras - Obra Tipo Cruce de Alcantarilla
N° 3866-2000-IH-PLA-020	Red de Riego - Obras - Obras Tipo Canoa
N° 3866-2000-IH-PLA-021	Red de Riego - Obras - Obras Tipo
N° 3866-2000-IH-PLA-022	Red de Riego - Obras - Obras Tipo
N° 3866-2000-IH-PLA-023	Red de Riego - Obras - Obras Tipo

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Derechos Concedidos y en Trámite	31
Tabla 2-2: Características del Canal Victoria	37
Tabla 2-3: Estaciones Pluviométricas Consideradas	42
Tabla 2-4: Estaciones Fluviométricas	43
Tabla 2-5: Estadística Poblacional Zona de Proyecto	44
Tabla 2-6: Antecedentes de Salud Región de la Araucanía	45
Tabla 2-7: Establecimientos Educativos en Zona de Proyecto	46
Tabla 2-8: Nivel de Educación por Comuna del Total de la Matrícula	46
Tabla 2-9: Hogares por Zona Índice de Materialidad.....	46
Tabla 3-1: Alternativas de Emplazamiento de Presa.....	47
Tabla 3-2: Jerarquización de las Alternativas de Embalse Analizadas desde el Punto de Vista Geológico.	53
Tabla 3-3: Dimensionamiento Preliminar Embalses	54
Tabla 3-4: Características Principales Alternativas de Muro de Presa	55
Tabla 3-5: Volúmenes de Relleno para cada Alternativa de Embalse y Tipo de Presa	56
Tabla 3-6: Resumen Costos de Muros Alternativas de Embalse.....	56
Tabla 3-7: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Rari Ruca	57
Tabla 3-8: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa La Mula	57
Tabla 3-9: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Cautín	57
Tabla 3-10: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Dillo	58
Tabla 3-11: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Manzanar	58
Tabla 3-12: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Malalcahuello	58
Tabla 3-13: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Blanco	59
Tabla 3-14: Relación Volumen Agua–Muro Alternativas de Embalse.....	59
Tabla 3-15: Matriz de Evaluación de Alternativas de Embalse.....	62
Tabla 4-1: Características Principales de los Sondajes y Ensayos In Situ Realizados	65
Tabla 4-2: Resumen de las características de las calicatas excavadas	67
Tabla 4-3: Resumen de las características de las calicatas canales matrices.....	75
Tabla 4-4: Perfiles Sísmicos de Refracción.....	78
Tabla 4-5: Resumen de Estudios Petrográficos	79
Tabla 4-6: Resumen de Resultados de Ensayos de Resistencia a Compresión Simple.....	79

Tabla 5-1: Empréstitos	90
Tabla 5-2: Estaciones Fluviométricas	93
Tabla 5-3: Disponibilidad de Información Estaciones Fluviométricas	93
Tabla 5-4: Curvas de Variación Estacional Cautín en Rari Ruca, (m3/s).....	95
Tabla 5-5: Curvas de Variación Estacional Río Muco en Puente Muco, (m3/s).....	96
Tabla 5-6: Características Cuencas afluentes a Emplazamiento Muros.....	97
Tabla 5-7: Caudales Promedio Mensuales en Alternativas de Embalse	99
Tabla 5-8: Disponibilidad de Recursos La Mula (m3/s)	100
Tabla 5-9: Disponibilidad de Recursos Malalcahuello (m3/s)	100
Tabla 5-10: Aportes y Demandas del Proyecto	101
Tabla 5-11: Alícuotas en el horizonte de evaluación	102
Tabla 5-12: Caudales Extremos en Alternativas de Embalse.....	104
Tabla 5-13: Parámetros morfológicos de la Cuenca Asociada a Rari Ruca	105
Tabla 5-14: Parámetros morfológicos de la Cuenca asociada a Río Blanco en Curacautín	106
Tabla 5-15: Resumen de Volumen Retenido	108
Tabla 5-16: Estaciones Pluviométricas Representativas del Proyecto	109
Tabla 5-17: Estaciones Pluviométricas consideradas en Balance Hídrico Nacional DGA ...	110
Tabla 5-18: Autocorrelograma serie mensual de caudales	115
Tabla 6-1: Uso del Suelo Total Área	125
Tabla 6-2: Demandas Brutas de Riego (m3/ha) – Situación Actual.....	127
Tabla 6-3: Derechos de Aprovechamiento Consuntivo de Agua en Área de Influencia Proyecto	129
Tabla 6-4: Derechos de Aguas Disponibles sobre el Río Cautín (m3/s).....	130
Tabla 6-5: Derechos de Aprovechamiento No Consuntivo de Aguas en Área de Influencia Proyecto	130
Tabla 6-6: Detalle Caudales Derechos No Consuntivos (l/s).....	131
Tabla 6-7: Derechos de Aguas No Consuntivos en Trámite en el Río Cautín (m3/s)	133
Tabla 6-8: Derechos de Aguas Consuntivos en Trámite en el Río Cautín (l/s).....	133
Tabla 7-1: Resumen de Fichas Técnico Económicas Nivel Bajo.....	139
Tabla 7-2: Ingresos, Costos y Márgenes Brutos Total Área	140
Tabla 7-3: Comparación Márgenes Brutos Situación Actual y sin Proyecto Total Área	140
Tabla 7-4: Costo Programa Año 1 (miles de \$)	143
Tabla 7-5: Costo Programa Años 2 al 8 (miles de \$).....	144

Tabla 7-6: Criterios de Asignación de Rubros en situación con Proyecto de Riego	154
Tabla 7-7: Uso del Suelo Total Área	155
Tabla 7-8: Comparación Uso del Suelo Situaciones sin y con proyecto Total Área.....	156
Tabla 7-9: Demandas Brutas de Riego (m ³ /ha) – Situación Con proyecto.....	158
Tabla 7-10: Resumen de Fichas Técnico Económicas.....	162
Tabla 7-11: Gastos Indirectos Situación Con proyecto por Estrato de Tamaño.....	163
Tabla 7-12: Costos de Inversión Método Riego por Goteo.....	169
Tabla 7-13: Costos de Inversión Método Riego por Aspersión.....	170
Tabla 7-14: Costos de Inversión Método Riego por Pivote	171
Tabla 7-15: Vida Útil (años) de Algunos Componentes de los Sistemas de Riego.....	171
Tabla 7-16: Costos de Inversión (\$/ha) y Costos Operacionales Anuales para Riego por Goteo, Aspersión y Pivote (\$/ha/año)	172
Tabla 7-17: Costos en Destronque (\$/ha)	173
Tabla 7-18: Costo Programa Año 1 (miles de \$)	178
Tabla 7-19: Costo Programa Año 2 (miles de \$)	178
Tabla 7-20: Costo Programa Año 3 (miles de \$)	179
Tabla 7-21: Costo Programa Año 4 (miles de \$)	179
Tabla 7-22: Costo Programa Año 5 (miles de \$)	179
Tabla 7-23: Costo Programa Año 6 (miles de \$)	179
Tabla 7-24: Costo Programa Año 7 (miles de \$)	180
Tabla 7-25: Costo Programa Año 8 (miles de \$)	180
Tabla 7-26: Ingresos, Costos y Márgenes Brutos Total Área	181
Tabla 7-27: Comparación Márgenes Brutos Situaciones sin y con proyecto Total Área.....	182
Tabla 8-1: Escenarios de proyecto para las alternativas de embalse.....	183
Tabla 8-2: Resumen de dimensionamiento de embalse vs áreas de riego.....	186
Tabla 9-1: Escenarios de proyecto de embalse	188
Tabla 9-2: Costos Obras de Embalse Alternativa La Mula	190
Tabla 9-3: Costos Obras de Embalse Alternativa Malalcahuello	191
Tabla 9-4: Tasas de demanda de riego por sector en Enero.....	191
Tabla 9-5: Costo Red de Riego para Superficie Beneficiada por Embalse La Mula	193
Tabla 9-6: Costo Red de Riego para Superficie Beneficiada por Embalse Malalcahuello ...	193
Tabla 9-7: Costo sistema de aforo remoto de caudales	196
Tabla 10-1: Estimación costos de predios potencialmente afectados por el proyecto	202

Tabla 11-1: Tamaños de Proyecto Embalse La Mula.....	207
Tabla 11-2: Resumen de Flujos Situación Actual y Con Proyecto para el Total del Área	207
Tabla 11-3: Costos a Precio Privado Alternativas de Embalse La Mula y Malalcahuello	209
Tabla 11-4: Costos a Precio Social Alternativas de Embalse La Mula y Malalcahuello	209
Tabla 11-5: Resumen Indicadores de Rentabilidad Evaluación Privada La Mula	212
Tabla 11-6: Resumen Indicadores de Rentabilidad Evaluación Social La Mula	212
Tabla 11-7: Resumen Indicadores de Rentabilidad Evaluación Privada Malalcahuello	212
Tabla 11-8: Resumen Indicadores de Rentabilidad Evaluación Social Malalcahuello	213
Tabla 11-9: Análisis de Sensibilidad Alternativa Embalse La Mula.....	216
Tabla 11-10: Análisis de Sensibilidad Alternativa Embalse Malalcahuello.....	217
Tabla 11-11: Resultados de análisis para momento óptimo de inversión	218
Tabla 11-12: Tamaño de proyecto uso riego.....	218
Tabla 11-13: Registro de transacciones de derechos de agua para uso consuntivo	219
Tabla 11-14: Beneficio de proyecto utilizando Método de las Transacciones.....	220
Tabla 11-15: Precio de la tierra agrícola comunas Curacautín, Lautaro y Victoria	220
Tabla 11-16: Beneficio del Proyecto Utilizando Método del Valor Incremental de la Tierra .	222
Tabla 11-17: Población comuna Curacautín	224
Tabla 11-18: Beneficios turísticos zona alternativas embalse La Mula y Malalcahuello	230
Tabla 11-19: Volumen Óptimo Alternativas de Embalse	230
Tabla 11-20: Potencial de Hidrogeneración para la Alternativa de Embalse La Mula.....	231
Tabla 11-21: Potencial de Hidrogeneración para la Alternativa de Embalse Malalcahuello .	231
Tabla 11-22: Resultados Escenarios de Generación	232
Tabla 11-23: Rentabilidad del Riego más Hidrogeneración	233
Tabla 11-24: Volumen de crecida almacenado	234
Tabla 11-25: Rentabilidad Multipropósito Proyecto	235
Tabla 12-1 Generación de exportaciones (\$US)	236
Tabla 12-2: Requerimientos de Empleo Permanente y Temporal de Hombres y Mujeres en Jornadas para Situación Actual	237
Tabla 12-3: Requerimientos de Empleo Permanente y Temporal de Hombres y Mujeres en Jornadas para Situación con proyecto	237
Tabla 12-4 Generación Impuestos	238
Tabla 13-1. Resultados Línea Base	240
Tabla 13-2. Jerarquización de los Impactos Ambientales	241

Tabla 13-3 Normas Ambientales.....	242
Tabla 13-4. Permisos Sectoriales	244
Tabla 13-5. Integrantes Mesa de Trabajo	248
Tabla 13-6. Nómina de Personas Convocadas	249

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación General del Proyecto.....	28
Figura 2-1: Infraestructura de Riego	32
Figura 2-2: Diagrama Unifilar del Río Cautín	33
Figura 2-3: Ubicación Estaciones Hidrométricas.....	41
Figura 2-4: Ubicación Estaciones Fluviométricas.....	43
Figura 2-5: Evolución de la Tasa de Analfabetismo	45
Figura 3-1: Alternativas de Embalse	49
Figura 5-1: Ubicación Estaciones Fluviométricas.....	94
Figura 5-2: Cuencas Afluentes a Emplazamiento Muros.....	98
Figura 5-3: Curvas Isoyetas Zona del Proyecto	112
Figura 5-4: Características Hidrogeológicas Cuenca del río Imperial (Escala 1:1.000.000). 113	
Figura 5-5: Características Hidrogeológicas	114
Figura 6-1: Sectores de riego asociados al canal proyectado	124
Figura 6-2: Derechos No consuntivos que interfieren con el proyecto.....	132
Figura 7-1: Delimitación de Área de Proyecto	135
Figura 8-1: Resultado Modelo Simulación Situación Actual	186
Figura 9-1. Plata General de Obras Proyectadas.....	194
Figura 11-1: Curva de Costo Social Alternativa Embalse La Mula	210
Figura 11-2: Curva de Costos Social Alternativa Embalse Malalcahuello.....	211
Figura 11-3: Curva de VAN Evaluación a Precios Privados	213
Figura 11-4: Curva de VAN Evaluación a Precios Sociales.....	214
Figura 11-5: Variación Mensual del Nivel del Embalse La Mula	226
Figura 11-6: Variación Mensual del Nivel del Embalse Malalcahuello	227
Figura 11-7: Áreas de Concesión Turística Embalse La Mula	228
Figura 11-8: Áreas de Concesión Turística Embalse Malalcahuello	229

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La presente consultoría corresponde a la elaboración del Estudio de Prefactibilidad del Proyecto “Mejoramiento del Riego en la Cuenca del Río Cautín en Curacautín Región de la Araucanía”, encargado a ARCADIS Chile por la Comisión Nacional de Riego (CNR) del Ministerio de Agricultura. Este Estudio considera analizar conjuntamente una obra de regulación (embalse) y la red de distribución asociada para dotar de recursos hídricos a la mayor superficie posible de las comunas en estudio.

Durante los últimos 50 años se han desarrollado diversos estudios y diagnósticos de la cuenca del Río Cautín, cuyos objetivos primordiales han sido la mejora de las condiciones del riego en la zona, proponiéndose de estos estudios diversas obras que permitan aprovechar los recursos hídricos del Río Cautín.

Uno de los proyectos que se destacan corresponde al desarrollado por la empresa CEDEC/CADE – IDEPE “Estudio de Factibilidad y Anteproyecto regadío Victoria – Traiguén – Lautaro”, durante el año 1992 para la Dirección de Riego, actualmente Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas, el cual propuso incorporar a riego 64.173 ha, de las cuales sólo 1.809 ha poseían riego en la localidad de Perquenco. Conforme a los resultados obtenidos de este estudio, se aconsejó la construcción de dos canales matrices, el Matriz Victoria, con una extensión de 52 km, y el matriz Traiguén, con una extensión de 15 km. Ambos canales matrices alimentan, a su vez, toda la red secundaria y terciaria de riego de diversas localidades, tales como La Isla, El Carmen, Quillán y Perquenco, entre otras. Posteriormente, estos estudios continuaron con el Proyecto Definitivo Canal Matriz Victoria, también desarrollado por CADE-IDEPE (1993), el cual proyectó un área neta de riego aproximada de 64.000 ha. Sin embargo solo el 56% corresponde a riego permanente, es decir, aproximadamente 36.000 ha, y el resto corresponde a riego eventual.

Otro de los estudios destacados corresponde al proyecto “Estudio de diseño definitivo Canal Victoria Primera Etapa y sus obras complementarias IX Región” proyecto elaborado por EDIC Ingenieros Ltda. en el año 2000, el cual fue desarrollado a nivel de ingeniería de detalle, y corresponde a una modificación del proyecto de CADE-IDEPE (1993). En este nuevo estudio sólo se contempló la implementación del canal Matriz Victoria, y proyectó una superficie de riego de aproximadamente 26.000 ha. Posteriormente, el estudio del año 2000 fue actualizado y originó el proyecto “Proyecto Victoria, Ingeniería Sistema de Distribución” desarrollado también por EDIC Ingenieros Ltda. (2004). Este último estudio conservó las características principales de su antecesor y las desarrolló en un nivel de detalle mayor, proyectando también una superficie de riego de aproximadamente 26.000 ha.

No obstante lo anterior, los estudios mencionados sólo contemplaron la materialización de la red de riego, obras que no aseguraban el adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos (85% de Seguridad de Riego), lo que generó la necesidad del desarrollo de una obra de regulación, en el Río Cautín o sus afluentes, mediante la construcción de un embalse y

sus obras anexas, además de la ya mencionada construcción de red de canales matrices, derivados y sub-derivados.

Diversos estudios se han desarrollado estableciendo distintas ubicaciones para la construcción de uno o más embalses de regulación para la zona, entre los que destacan:

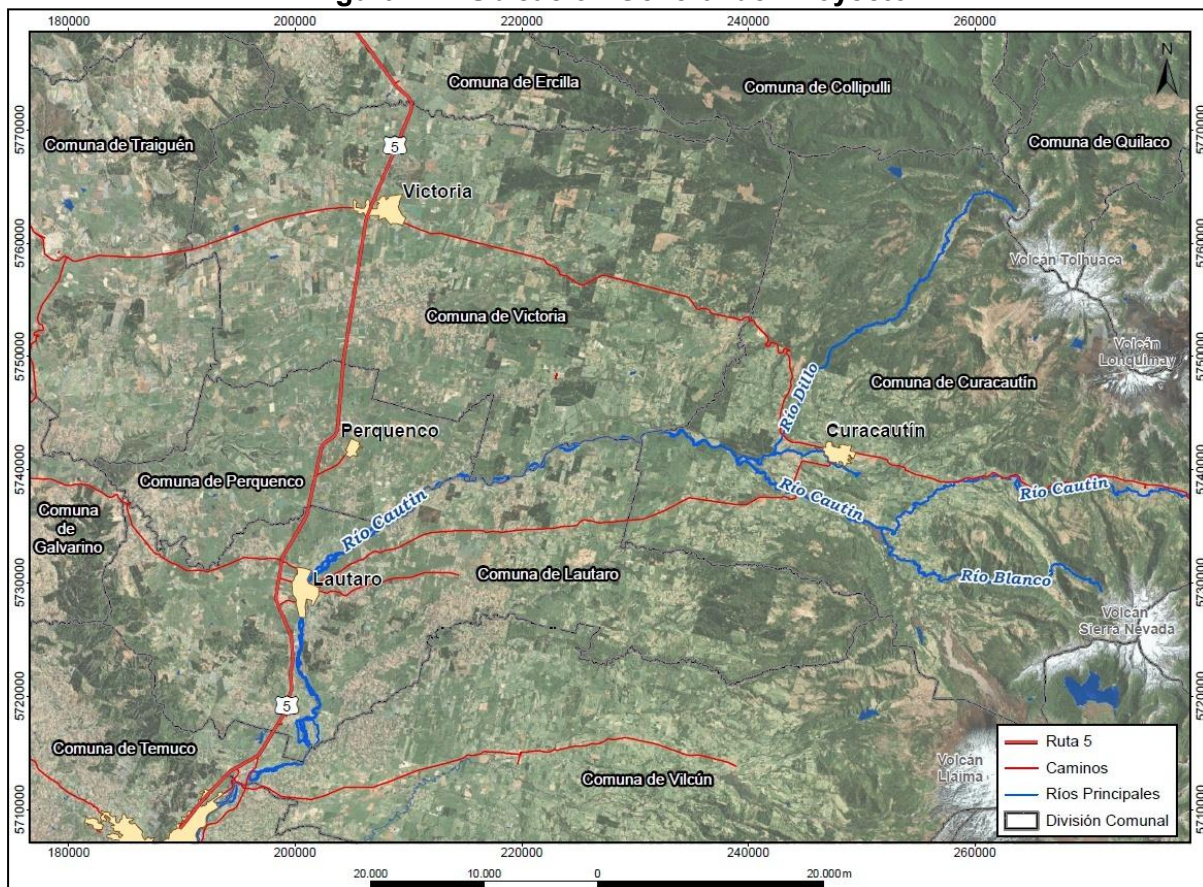
- “Estudio del Embalse de Rari – Ruca sobre el Río Cautín”. MOP, Dirección de Obras Hidráulicas, julio de 1957. Informe elaborado por el ingeniero civil Alfredo Montero Guillou.
- “Estudio conceptual alternativo regadío Victoria – Traiguén – Lautaro”, IX Región, enero de 1996. Realizado por CADE-IDEPE.
- “Plan Director para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Río Imperial. MOP. DGA. Septiembre de 2001. (S.I.T. N° 74). Realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores.
- “Diagnóstico para localización de Embalses de Temporada en la Región de la Araucanía”, MOP. DOH. Enero 2009. Realizado por Luis Arrau del Canto Ltda.

Todos los estudios señalados anteriormente han presentado distintas ubicaciones de obras de embalses y canales anexos, pero ninguno de ellos ha abordado en forma definitiva la red de distribución y alternativas de embalse en la cuenca del río Cautín. Es por esto que se considera necesaria la realización de un estudio de Prefactibilidad, que consolide la operación conjunta de un embalse de regulación con la red de riego, considerando como punto de partida el Estudio de Factibilidad y Anteproyecto regadío Victoria–Traiguén–Lautaro.

1.2 AREA DE ESTUDIO

La zona de proyecto se encuentra ubicada a 650 km al sur de Santiago, y comprende las comunas de Curacautín, Lautaro, Perquenco, Victoria, Traiguén y Galvarino, en la IX Región de la Araucanía y está conformada por la cuenca alta del río Cautín y sus afluentes. En la Figura 1-1 se presenta la ubicación general del proyecto.

Figura 1-1: Ubicación General del Proyecto



Fuente Elaboración Propia

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivos Generales

El objetivo principal de la presente consultoría, es la elaboración de un estudio de prefactibilidad para desarrollo del riego en el valle del Río Cautín, mediante la construcción de un embalse y la red de riego asociada. Las obras proyectadas deberán permitir la implementación de un sistema de riego, con una seguridad de un 85%, para una superficie potencial total estimada de 66.000 ha en las comunas de Lautaro, Curacautín, Victoria, Traiguén, Perquenco y Galvarino, acorde a los lineamientos y estrategias definidas por la Comisión Nacional de Riego (CNR).

Se identificarán las alternativas y opciones de obras y sus soluciones, con la finalidad de definir alternativas de mejoramiento del riego en la zona del valle del Río Cautín y sus afluentes, considerando en lo principal la siguiente información preliminar:

- Construcción de un embalse en el Río Cautín o en sus afluentes y sus obras anexas, que permita entregar con una seguridad de riego de 85% una superficie estimada potencial de aproximadamente 66.000 ha.
- Mejoramiento y/o diseño de las redes de conducción y distribución de las aguas de riego que permitan transportar el agua hacia las zonas de riego, considerando aspectos técnicos, legales y ambientales, y definiendo los anteproyectos de las obras propuestas.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para cumplir con los objetivos generales planteados para el Estudio, es necesario considerar el logro de un conjunto de objetivos específicos, cuya integración permitirá contar con una visión sistémica del valle y posibilidades de desarrollo. Los objetivos específicos de la Consultoría son los siguientes:

- Caracterizar las cuencas del Río Blanco, Dillo y Cautín, además de sus afluentes, para evaluar probables sitios de embalse de regulación.
- Revisión extensa de los trabajos de Red de Canales existentes tanto en la Dirección de Obras Hidráulicas como en la CNR y proponer las obras necesarias para el desarrollo de riego.
- Analizar la factibilidad de incluir dentro del proyecto, generación hidroeléctrica.
- Revisar externalidades positivas del proyecto, que pudieren mejorar la rentabilidad del mismo.

1.3.3 Alcances del Estudio

El marco general del estudio abarcará una serie de investigaciones y trabajos en terreno en los ámbitos agronómicos, civil, ambiental y de participación ciudadana, con el objeto de asegurar que las proposiciones planteadas se basen en una fiel representación de las condiciones reales existentes y consideren los conocimientos y aspiraciones de los interesados. De acuerdo a lo anterior, los alcances de la consultoría se resumen a continuación:

- Seleccionar el mejor o los mejores emplazamientos para la presa del embalse tanto en el río Cautín como sus afluentes y sus obras anexas, y desarrollar sus diseños a nivel de anteproyecto.
- Revisar los trazados de los canales matrices existentes, derivados y sub-derivados necesarios para el proyecto, validarlos acorde a la nueva situación con proyecto de embalse y elaborar sus diseños preliminares.

- Verificar y analizar exhaustivamente la situación de los recursos hídricos de la cuenca, identificando los derechos de aguas que se hayan concedido y aquellos en tramitación. Además de analizar la pertinencia de solicitar nuevos derechos eventuales a favor de la DOH.
- Entregar las herramientas legales y técnicas necesarias, para la confirmación de Juntas de Vigilancia o Comunidad de Aguas, que serán en el futuro las encargadas de administrar las obras que se proyecten.
- Determinar en función de los estudios Agropecuarios y Agroeconómicos, las demandas hídricas del proyecto, a modo de dimensionar el tamaño embalse necesario, condicionando su operación para variados escenarios de simulación.
- Efectuar diferentes estudios de ingeniería básica (hidrología, hidrogeología, mecánica fluvial, transporte de sedimentos, geológicos, geotécnicos, topográficos, etc.), para el estudio de las alternativas de presa.
- Analizar la situación agropecuaria actual y proyectarla, en función de la mayor seguridad de riego que cualquiera de las alternativas de proyecto generaría, además de determinar las demandas hídricas del proyecto, a modo de dimensionar el tamaño embalse necesario, condicionando su operación para variados escenarios de simulación, junto a lo anterior plantear un mejoramiento en las tecnologías de riego y cultivos actuales, así como elaborar un “Programa de Asistencia Técnica” y de “Transferencia Tecnológica” para la zona del Proyecto.
- Estudiar la operación del sistema riego-generación y optimizarla.
- Realizar un Estudio de Análisis Ambiental del Proyecto (EAA).
- Realizar el Prediseño de todas las Obras de Ingeniería, para el caso de la Presa se deberán considerar las obras de evacuación, entrega y control de la presa, trazados de canales de distribución, secciones tipo, entre otros.
- Desarrollar un Programa de Participación Ciudadana.
- Preparar un programa de Inversión donde se consideren los costos de construcción y operación del embalse, además estimar los costos de implementar los planes de Transferencia Tecnológica y Asistencia Técnica, para ser expuestos a la comunidad.
- Evaluar económicamente y bajo distintos criterios, las alternativas planteadas y recomendar la más conveniente.

2 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

2.1 ANTECEDENTES DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Los derechos de aprovechamiento se dividen, en función de su naturaleza en superficiales y subterráneos. A su vez, para cada grupo, se diferencian en virtud de su estado, entre concedidos y solicitados.

A continuación se muestra un resumen de los derechos concedidos y en trámite ubicados en la IX Región.

Tabla 2-1: Derechos Concedidos y en Trámite

Naturaleza	Estado	Nº derechos	Caudal Total [l/s]
Superficial	Concedido	390	310.160
	Trámite	147	211.316
Subterránea	Concedido	302	554
	Trámite	134	706

Fuente: Elaboración Propia

El listado completo de los derechos concebidos y en trámite antes mencionados, junto con las asociaciones de usuarios registrados por la DGA en la IX Región, se presenta en el Anexo A.1 Informe Hidráulico – Hidrológico Alternativas Embalses Río Cautín 3866-0000-HI-INF-001.

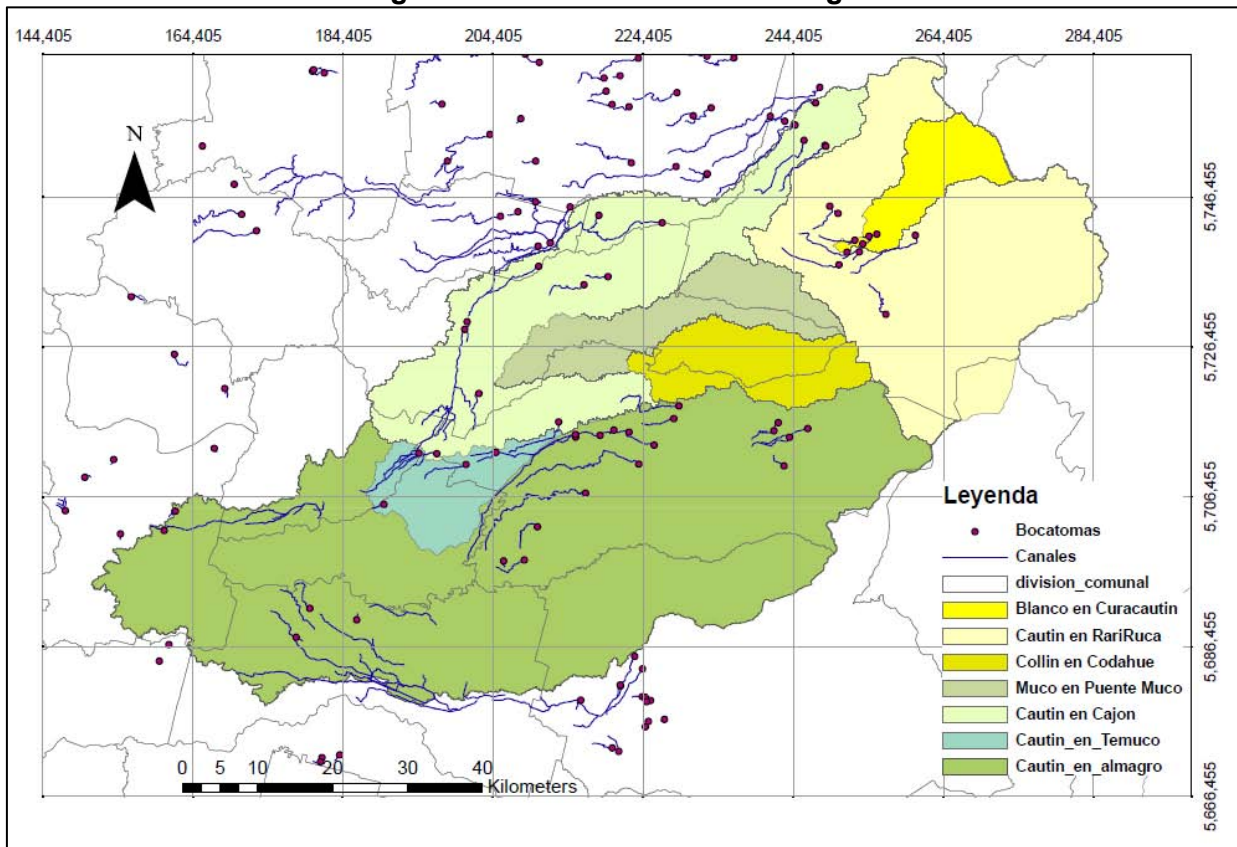
2.2 ANTECEDENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

En este punto se resumen los antecedentes revisados que dicen relación con la infraestructura de riego de la zona en estudio.

La principal infraestructura de Riego proyectada en la zona de estudio se refiere a los proyectos a nivel definitivo del Canal Matriz Victoria y a nivel de factibilidad del Matriz Traiguén.

La ubicación de los canales y bocatomas existentes localizados tras la revisión de antecedentes, se muestra en la Figura 2-1. Un listado con la infraestructura de riego existente en la zona se muestra en el Anexo A.1 Informe Hidráulico – Hidrológico Alternativas Embalses Río Cautín N° 3866-0000-IH-INF-001.

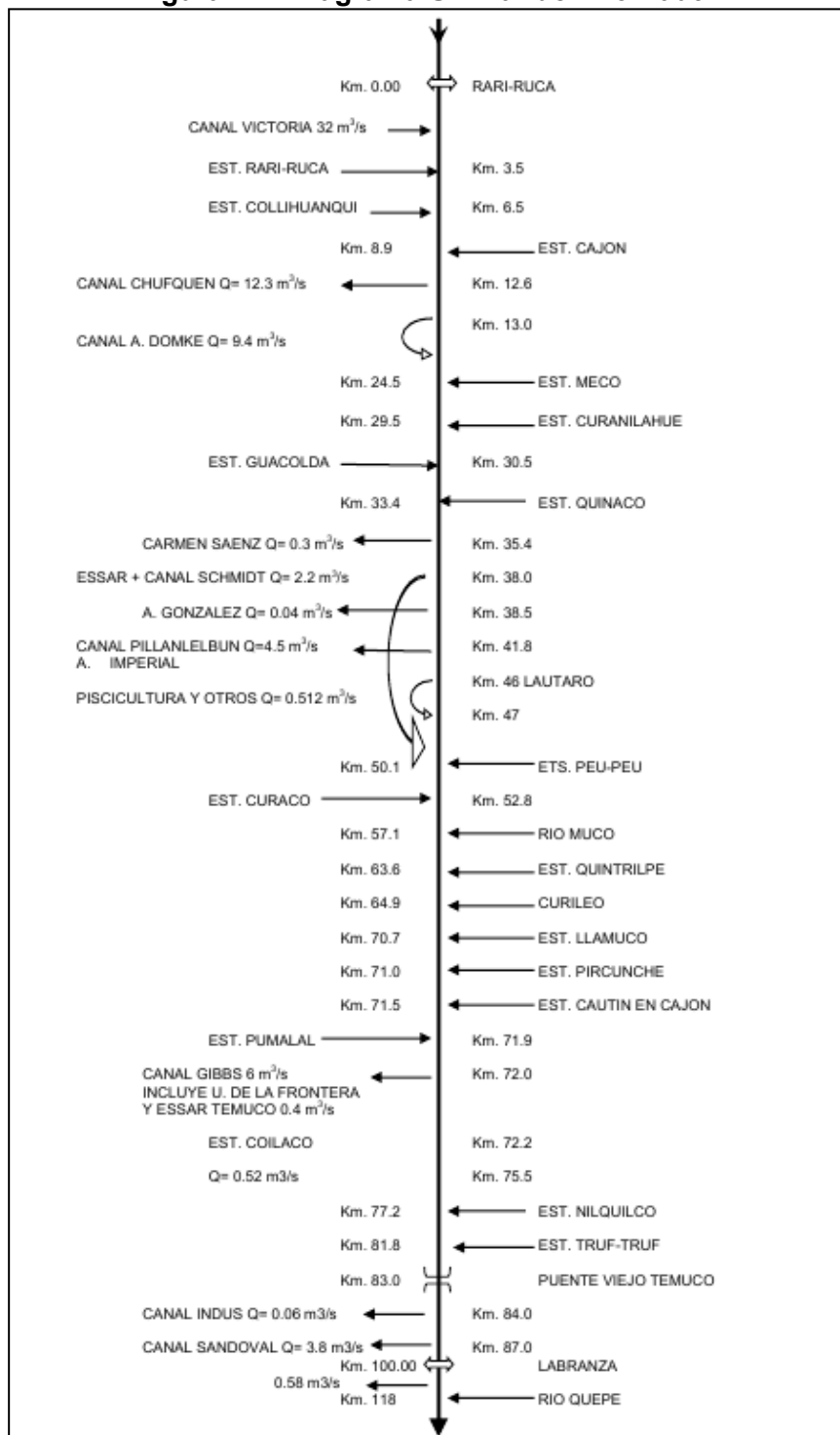
Figura 2-1: Infraestructura de Riego



Fuente Elaboración Propia

En la Figura 2-2 se muestran las entradas y salidas del sistema de riego del Río Cautín, entre la afluencia del río Blanco hasta su unión con el río Quepe. Aguas arriba de este punto no se encontraron proyectos o infraestructura de riego existente.

Figura 2-2: Diagrama Unifilar del Río Cautín



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Canal Victoria, desarrollado por EDIC para el MOP (1999).

2.2.1 Cuenca del Río Cautín y Afluentes, hasta junta con el Río Quepe

En la zona alta de la subcuenca del río Cautín, tanto en el cauce principal como en sus afluentes, existen aprovechamientos de riego puntuales y menores, los que son abastecidos mediante canales de tierra de muy pequeña magnitud y escasa significancia. Igual situación se aprecia en la subcuenca del río Muco, afluente del río Cautín entre las ciudades de Lautaro y Temuco, donde los terrenos agrícolamente aprovechables son de muy escasa extensión y, por tanto, las obras de aprovechamiento muy rudimentarias pero adecuadas a las necesidades.

Entre las obras de infraestructura destinadas a riego en esta zona destaca:

Embalse Rodríguez. Corresponde a un tranque de regulación de menos de 300.000 m³. de capacidad, destinado al riego de terrenos agrícolas de la ribera izquierda del río Cautín ubicados entre las ciudades de Curacautín y Lautaro. El estado general de sus obras es bueno.

Las principales obras de aprovechamiento para riego, derivadas del río Cautín son:

Canal Chufquén. Toma sus aguas en el río Cautín, aproximadamente 5 Km. aguas abajo del pueblo Villa Cautín, y, mediante un recorrido del orden de 84 Km. de su canal matriz, permite abastecer las demandas de 117 usuarios, proporcionando riego a unas 11.700 ha, mediante sus 12,40 m³/s. de derechos de agua. El canal data de 1920 y está organizado, desde 1981, en una Comunidad de Aguas.

El agua de riego se distribuye en los valles del río Cautín (ribera norte hasta la ciudad de Lautaro), del estero El Salto y del río Quino y, finalmente, en el valle al noroeste de la ciudad de Galvarino.

El canal Chufquén es de sección trapecial 2:1 (H:V) y ancho basal del orden de 5 m. Capta mediante barreras de carácter temporal, en el cauce del río, y una obra de toma de hormigón armado. Esta última se encuentra provista de un vertedero lateral, sección de rejás, sección de compuertas y sección de aforo con limnómetro.

Canal Santa Julia. Es un canal derivado del canal Chufquén, que permite regar del orden de 1.500 ha. En el valle comprendido entre los ríos Cautín y Quillén, al noreste de Lautaro.

Canal Progreso. Es un canal que capta sus aguas a través del canal Chufquén y que posee derechos de aprovechamiento propios por 200 l/s desde el río Cautín, los que permiten abastecer las demandas de riego de aproximadamente 200 ha.

Canal Perquenco. También capta sus aguas desde el canal Chufquén, teniendo derechos de aprovechamiento propios por 2,8 m³/s en el río Cautín. Permite regar del orden de 2.500 ha.

La obra de toma del canal Perquenco es de hormigón, provista de compuertas planas. El canal matriz, de aproximadamente 17 Km de longitud, es de sección trapecial y excavado en tierra.

En la actualidad existe un embalse de regulación nocturna en funcionamiento en el mismo sector del canal del mismo nombre, cuyo proyecto final contemplaba una capacidad de regulación del orden de 150.000 m³.

Canales Lavanchy, Sáenz y González. Estos corresponden a tres pequeños cauces que captan sus derechos desde la ribera derecha del río Cautín, entre el canal Chufquén y el estero Meco. El canal Lavanchy posee derechos de 400 l/s., el canal Sáenz, de 300 l/s y riega del orden de 240 ha; y el canal González, de 40 l/s. Estos canales corresponden, cada uno, a un usuario, están excavados en tierra y poseen obras de captación temporales.

Canal Pillanlelbún. Diseñado para conducir 4,50 m³/s, caudal en el que se incluye 1 m³/s correspondiente al canal Imperial; capta sus recursos desde el río Cautín, inmediatamente aguas abajo de la ciudad de Lautaro. Sus derechos de agua son de 3,50 m³/s los que permiten abastecer las demandas de riego de 129 usuarios. El área total de cultivos abastecida de riego es del orden de 2.880 ha, que se ubican en la ribera derecha del río Cautín, entre las ciudades de Lautaro y Temuco.

La captación de los caudales se efectúa mediante una barrera temporal en el cauce, presentando ella los problemas propios de este tipo de obra. La bocatoma, dispuesta lateralmente, es de hormigón armado y cuenta con limnómetro y dos vanos de compuertas. El canal matriz es de sección trapecial, de un ancho basal de 1,80 m aproximadamente, excavado en tierra, con algunos tramos menores revestidos. La longitud total del canal principal es del orden de 32 Km.

Existen 8 canales derivados. El canal matriz Pillanlelbún hace una entrega final de 1 m³/s a un tranque, caudal que corresponde a derechos de aprovechamiento del canal Imperial que se desarrolla aguas abajo de la ciudad de Temuco.

Canal Imperial. Actualmente este canal recibe un aporte de 1 m³/s desde el canal Pillanlelbún, y además cuenta con derechos adicionales desde el río Cautín, los que son captados aguas abajo de la ciudad de Temuco. El canal Imperial permite actualmente abastecer de riego aproximadamente 600 ha de cultivo.

Canal Sandoval. Capta sus recursos desde el río Cautín, algunos kilómetros aguas abajo de la ciudad de Temuco. Actualmente tiene derechos por un total de 600 l/s, caudal que corresponde a la capacidad máxima del canal según informe técnico emitido por la DGA Regional. En la actualidad, solamente permite el riego de no más de 400 ha, siendo su capacidad normal de abastecimiento mucho mayor. Aguas arriba de la confluencia de los ríos Cautín y Quepe existen tres pequeños sectores de riego, que suman alrededor de 800 ha Y que se riegan mediante tres canales (Truf-Truf, Lutchinger y Peterson) que captan de los esteros Pircunche, Truf-Truf y Traipo y del río Muco.

2.2.2 Canal Matriz Victoria

2.2.2.1 Proyecto Definitivo Canal Matriz Victoria, Sistema de Regadío Victoria-Traiguén-Lautaro, IX Región.

El proyecto Definitivo del Canal Matriz Victoria fue desarrollado el año 1993 por CADE-IDEPE para la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas y es una etapa posterior al Estudio de Factibilidad y Anteproyecto Regadío Victoria-Traiguén-Lautaro.

Este estudio indica que la capacidad de la captación y conducción no fue determinado en función de la demanda de riego, sino que fue definida a partir de la oferta de agua en bocatoma (aproximadamente 2 km aguas abajo puente acceso Rari-Ruca). Para esto se determinó el beneficio económico asociado a distintas capacidades de diseño, y luego se encontró que el caudal de 40 m³/s era el valor óptimo, adoptándose este para el diseño.

Adicionalmente, se indica que la decisión tomada por la Dirección de Riego (MOP) de diseñar el canal Matriz Victoria con un caudal de 40 m³/s, alcanzará para regar con un número de fallas razonable, una superficie del 56% del área neta de riego (64.212 ha).

De lo anterior, se puede decir que el canal Matriz Victoria se ha diseñado para regar 35.958 ha, siempre y cuando haya una disponibilidad de agua de 40 m³/s en la bocatoma. Además, se debe destacar que este caudal y esta superficie de riego consideran la alimentación al canal Matriz Traiguén, el cual no está diseñado a nivel de ingeniería definitiva.

Bocatoma Matriz Victoria: según el proyecto, la bocatoma del canal Matriz Victoria quedará situada en el Río Cautín a unos 1.500 metros aguas debajo del puente de acceso a la localidad de Rari-Ruca. Considerando una obra de toma a la cota de 402 msnm aproximadamente.

Canal Matriz Victoria: adicionalmente, se puede señalar que el canal proyectado tiene una longitud total de 52 km subdividida en dos secciones. La primera de estas secciones posee una longitud de 32 km y va desde la obra de toma en el río Cautín hasta el estero El Salto, lugar donde alimentaría el canal Matriz Traiguén. La segunda sección, va desde este punto y prolonga el canal por 20 km más, hasta la localidad de Victoria.

El proyecto destaca que los primeros 6 km del trazado presentan dificultades derivadas de la cercanía con el trazado de la línea férrea de Púa a Lonquimay. Además, el tramo desde el km 6 al km 15 posee dificultades en menor grado debido a lo escarpado del terreno. A partir del km 15 el canal va por terrenos planos con pendientes transversales de 0 a 2%.

El matriz Victoria entrega 11 m³/s al matriz Traiguén en el km 32, y llegaría con 3,7 m³/s a las vecindades de la ciudad de Victoria.

2.2.2.2 “Estudio de Impacto Ambiental Canal Victoria”,

De acuerdo a este estudio, el canal Victoria estará constituido por tres partes principales, cuyo detalle se presenta a continuación:

Bocatoma: la bocatoma del canal Matriz Victoria se construirá sobre el cauce del río Cautín, unos 2.000 m aguas abajo del puente colgante sobre el río que sirve de acceso a la localidad de Rari-Ruca. La bocatoma contará con una barrera que abarcará los dos brazos del río en ese punto, derivando las aguas hacia una captación ubicada en la ribera derecha del río. La barrera estará compuesta de una barrera móvil de compuertas, de una barrera vertedero y de una obra de cierre. La captación comprende la sección de entrada donde se dispone una reja sobre un umbral, la canalización denominada embudo de entrada, la sección de compuertas, el aforador y la transición al canal de aducción propiamente tal.

Canal Matriz: tiene una longitud aproximada de 30 km. desde su bocatoma hasta las cercanías del estero El Salto y una capacidad de diseño de 30 m³/s en bocatoma Este caudal se va distribuyendo en ocho derivados de acuerdo con la Tabla 2-2. Su sección es trapezoidal, con pendiente longitudinal 0.0002. Va disminuyendo su caudal en la medida en que se producen las entregas a los canales derivados, desde 30 m³/s hasta 13.2 m³/s en la obra de entrega al derivado Púa y al tramo final del canal. La sección del canal varía en ancho basal, altura de canal y pendiente, de acuerdo a la variación del caudal antes expuesta.

Tabla 2-2: Características del Canal Victoria

Nombre Derivado	Kilometro C. Matriz	Longitud [km]	Caudal Afluente [m ³ /s]	Caudal Derivado [m ³ /s]	Superficie Regada [ha]	Secciones de Entrega
Isla	6,002	5,8	32,00	1,100	973	4
El Carmen	16,436	8,7	30,900	2,300	1833	5
La Parra	20,057	6,0	28,600	0,700	667	4
Quillén	23,434	32,5	27,900	5,200	3030	3
Perquenco	25,434	5,5	22,700	9,500	1.472	4
Púa	26,868	7,5	13,200	12,100	9.912	2
Las Vertientes	2,052	3,6	1,100	0,400	296	2
Bayo Toro	3,058	5,4	0,700	0,700	477	2

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Canal Victoria, CADE-IDEPE, 2002.

Canales Derivados: son 8 los canales derivados con sus respectivas obras de arte, los cuales alcanzan una longitud total aproximada de 102 km. Cada canal derivado alimenta los canales subderivados que son los que permiten llegar hasta los predios, constituyéndose así la red terciaria. Los canales derivados son de sección trapezoidal, sin revestir y con taludes 1:1.

El proyecto canal Victoria se sub-dividió en cuatro sectores por condiciones espaciales, para el desarrollo de la Ingeniería de Detalle y la Construcción. El primer sector abarca la bocatoma y el canal derivado La Isla, el segundo sector abarca los derivados El Carmen, La Parra y Quillén, el cuarto sector abarca el derivado Perquenco y el cuarto sector abarca los derivados Púa, Las Vertientes y Bayo Toro. Dentro de este aspecto cada sector abarca la parte del canal matriz que permite alimentar los derivados que contempla.

2.2.3 Canal Traiguén

De acuerdo al estudio de factibilidad y anteproyecto Regadío Victoria-Traiguén-Lautaro realizado por CEDEC/CADE-IDEPE (1992), a continuación se presentan las principales características del Matriz Traiguén.

Originalmente el proyecto consideraba que las aguas destinadas al matriz Traiguén, se conducían a través del canal Chufquén, pero debido a que dicho canal es de uso particular, fue necesario analizar otras alternativas. Como solución se consideró aumentar la capacidad del canal Victoria que, además de realizar su propio riego, debe contemplar el riego asignado al Traiguén. La alimentación del Traiguén se realiza a través de una descarga al estero El Salto, obra que a su vez constituiría el fin de la primera sección del canal Victoria. El estero El Salto constituye necesariamente un cauce al cual el canal Victoria debe poder descargar sus aguas de invierno o en situaciones de emergencia.

El canal Matriz Traiguén se desarrolla desde su toma en el estero El Salto hasta el río Tricauco con una longitud aproximada de 15 km. Su caudal inicial en la toma es de 11,01 m³/s y su caudal final en la entrega al estero Tricauco es de 4,77 m³/s. Para el cruce de los cauces se proyectaron sifones, solución también adoptada para el cruce de líneas de ferrocarril. Desde el río Tricauco toma sus aguas el derivado Traiguén Norte, que se divide dando original ramal denominado Tricauco-Galvarino que riega la zona ubicada entre el río de ese nombre y Traiguén: El Traiguén Norte cruza el Río Traiguén mediante un sifón de 1.800 m de longitud y lleva sus aguas al extremo norponiente de la zona de riego.

2.3 ANTECEDENTES EMBALSES DE REGULACION

En este punto se resumen los antecedentes revisados que dicen relación con los análisis de embalses de la zona en estudio.

2.3.1 “Estudio del Embalse de Rari – Ruca sobre el Río Cautín”. MOP, Dirección de Obras hidráulicas, julio de 1957. Informe elaborado por el ingeniero civil Alfredo Montero Guillou

El estudio corresponde a una proposición de presupuesto y plan de trabajo de topografía a nivel de detalle y de pozos de reconocimiento, correspondientes al estudio del embalse Rari Ruca sobre el río Cautín.

Solo de modo introductorio se presentó una breve descripción de algunas características del embalse, sin presentar detalles de ubicación, figuras o planos para su descripción.

En el informe se cita que en el año 1955 se realizó un reconocimiento de un total de 9 posibilidades de embalses para regadío en la zona de Malleco y Cautín, además del aprovechamiento de las lagunas de Malleco y Conguillio.

2.3.2 Estudio Conceptual Alternativo Regadío Victoria – Traiguén – Lautaro (1996)

El estudio fue desarrollado por CEDEC/CADE-IDEPE y tuvo como objetivo evaluar a nivel preliminar nuevas alternativas del proyecto de regadío Victoria – Traiguén – Lautaro, estudio efectuado por la misma empresa y denominado “Estudio de Factibilidad y Anteproyecto, Regadío Victoria-Traiguén-Lautaro” en 1992.

Considerando como base el estudio de 1992, que entre otros canales contemplaba la construcción del canal matriz Victoria, se debía rediseñar el canal Victoria ajustándolo a los requerimientos de las alternativas a evaluar, conservando en lo posible el trazado original.

Se evaluaron diferentes alternativas las cuales consideraban la inclusión de embalses de regulación en el sistema, a diferencia del proyecto precedente que no contemplaba embalses. Las alternativas evaluadas consideraron:

- Canal Victoria más regulación con aguas del Río Cautín. Esta alternativa contempló el rediseño del canal Victoria, considerándolo para riego, y como canal alimentador de uno o más embalses de regulación, extrayendo las aguas desde el río Cautín.
- Canal Victoria más regulación con aguas de otras cuencas. Esta alternativa contempló el rediseño del canal Victoria, identificando y definiendo las distintas alternativas de obtención de agua de invierno que pudieran ser almacenadas para su utilización como complemento al canal Victoria.
- Canal Victoria con elevación desde el río Cautín. Esta alternativa contempló el rediseño del canal Victoria, incluyendo una elevación mecánica desde el río Cautín hacia el canal Victoria, considerando además un sistema Bombeo-Embalse con cuenca transversal.

Para la evaluación de las diferentes alternativas se identificaron 7 alternativas de embalses, estas corresponden a:

- Embalse en el río Cautín, en la confluencia con el río Blanco (denominado Curacautín Alt. I).
- Embalse en el río Cautín, entre Curacautín y la localidad de Los Álamos, por el sur (denominado Curacautín Alt. II).
- Embalse en el río Rari-Ruca, poco antes de la confluencia con el río Cautín.
- Embalse en el estero El Salto, en la confluencia con el estero Cullinco.
- Embalse en el río Quino en la confluencia con el río Huillinlebu.
- Embalse en el río Traiguén en la confluencia con el estero Dumo.
- Embalse en el río Quillén en La Esperanza.

2.3.3 Plan director para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Río Imperial. MOP. DGA. Septiembre de 2001. (S.I.T N°74). Realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores

El objetivo del estudio fue generar un Plan Director, cuyo propósito fundamental fue constituir un elemento de planificación indicativa dentro de la cuenca del río Imperial, que, naciendo de las inquietudes y necesidades reales detectadas en ella, y enfocado hacia metas y objetivos desprendidos de esta realidad, constituyera un ente de coordinación para las decisiones del sector público, como también una orientación para la acción privada.

En el desarrollo de este Plan Director se identificó y evaluó los siguientes embalses:

- Embalse de Cabecera Dillo: Se ubicaría en el río del mismo nombre, aguas abajo de la confluencia de los Ríos Dillo y Corcoludo. Tiene como objetivo permitir, mediante la regulación anual de los recursos del río Dillo, el regadío de las 26.000 ha abastecidas por el canal Victoria con una seguridad de riego del 85%.
- Embalse de regulación Traiguén: en la confluencia del río Traiguén con el estero Dumo. Se refiere a al embalse del “Estudio Conceptual Alternativo Regadío Victoria – Traiguén – Lautaro (1996)” descrito en el punto anterior.
- Embalse de regulación Quino, en la confluencia del río Quino con el Río Huillinlebu. Se refiere a al embalse del “Estudio Conceptual Alternativo Regadío Victoria – Traiguén – Lautaro (1996)” descrito en el punto anterior.
- El embalse Purén se ubicaría en el río Purén a unos 11 km al norponiente de la ciudad. El área que cubre el proyecto está inserta en los faldeos orientales de la cordillera de Nahuelbuta entre las comunas de Lumaco, Purén y Los Sauces, cuyo objetivo es poner bajo riego gravitacional un total de 5.950 ha, desglosadas en 2.650 ha del sector de Purén, y riego con bombeo 3.300 ha del sector de Lumaco. Además, el proyecto plantea el mejoramiento de las condiciones de drenaje de ríos y esteros, en una longitud aproximada de 30 Km. Obras que apuntan a facilitar el desarrollo agrícola de la zona, lo que tendrá diversos efectos socioeconómicos, geopolíticos y de optimización del uso de los recursos hídricos y naturales en general.

2.3.4 “Diagnóstico para localización de Embalses de temporada en la Región de la Araucanía”, MOP. DOH. Enero 2009. Realizado por Luis Arrau del Canto Ltda.

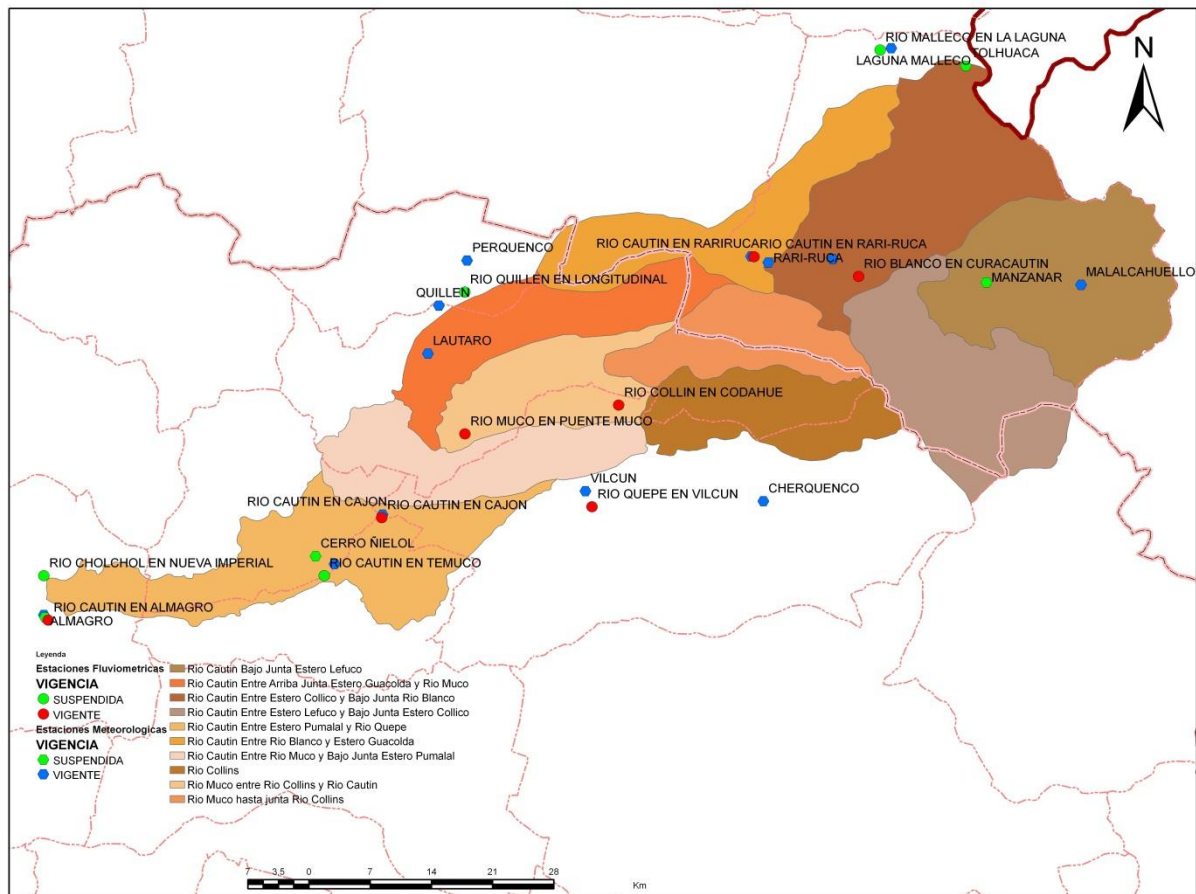
El objetivo del estudio fue ubicar sectores técnicamente factibles para el emplazamiento de embalses en la IX Región junto con la determinación del tipo de presas, curvas de capacidad de embalses, altura del muro, áreas de inundación y estimaciones económicas, indicando además, sus efectos medioambientales, interferencia con otros servicios, entre otros.

Los contenidos del informe abarcaron una recopilación y análisis de antecedentes e información cartográfica disponible a nivel regional estableciendo las zonas potenciales de emplazamiento de los embalses de regulación. En total, se analizaron 70 cartas IGM en

2.4 ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS DE LA CUENCA EN ESTUDIO

En primer lugar, se identificaron las estaciones DGA, tanto de medición de caudales como de precipitación, dentro de la zona de estudio, para caracterizar el comportamiento hidrológico de los cauces y contar con información con la que calcular los caudales generados en las cuencas que conforman el sistema. En la Figura 2-3 se presentan las estaciones hidrométricas estudiadas.

Figura 2-3: Ubicación Estaciones Hidrométricas



Fuente Elaboración Propia

2.4.1 Información Pluviométrica

Las estaciones Pluviométricas consideradas, son las que se presentan en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Estaciones Pluviométricas Consideradas

Código BNA	Nombre	Cota [msnm]	Periodo de Registro
08304004-1	Lonquimay	920	1987-2011
08343002-8	Encimar Malleco	520	1988-2011
09101003-8	Tranaman	100	1988-2011
09102003-3	Lumaco	70	1948-2011
09104003-4	Las Mercedes (Victoria)	350	1986-2011
09105002-1	Traiguén	170	1979-2011
09111002-4	Quillen	250	1959-2011
09112000-3	Perquenco	290	2002-2011
09114001-2	La Cabaña	625	1988-2011
09116001-3	Rio Chol-Chol En Chol-Chol	20	2004-2011
09116002-1	Chol-Chol	20	1987-2011
09120002-3	Manzanar	790	1972-1988
09120003-1	Malalcahuello	950	1988-2011
09122001-6	Curacautín	500	1970-2011
09122003-2	Tolhuaca	1350	1971-1975
09123001-1	Rio Cautín En Rariruca	425	2001-2011
09123002-K	Rari-Ruca	455	1992-2001
09124001-7	Lautaro	210	1953-2011
09129002-2	Rio Cautín En Cajón	130	2001-2011
09129004-9	Cerro Nielol	175	1974-1989
09129005-7	Pueblo Nuevo (Temuco)	100	1953-2011
09130001-K	Cherquenco	500	1987-2011
09135004-1	Freire Campamento Fiscal	100	1969-1981
09140001-4	Rio Cautín En Almagro	20	2005-2011
09153001-5	Puerto Saavedra	5	1979-2011
09401001-2	Tricauco	520	1988-2011
09403001-3	Cunco	380	1970-2011
09404002-7	Los Laureles	260	1939-2011

Fuente: Elaboración Propia

Con esta información se comenzó con la adquisición del registro estadístico y procesamiento de datos para la elaboración de las isoyetas (líneas de igual precipitación promedio anual) cuyo detalle se presenta en el Anexo A.1 Informe Hidráulico – Hidrológico Alternativas Embalses Río Cautín 3866-0000-HI-INF-001.

2.4.2 Fluvimetría

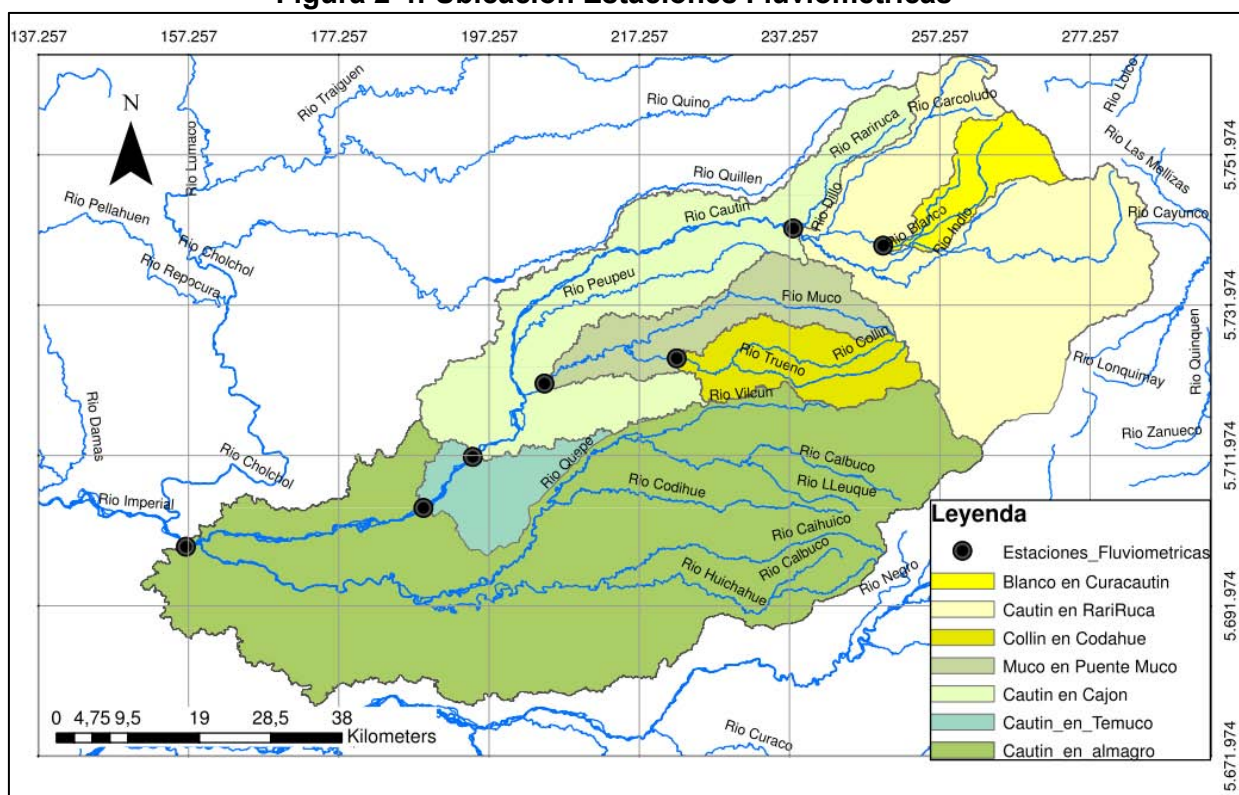
Las estaciones fluvimétricas consideradas, fueron las que se muestran en la Tabla 2-4 y Figura 2-4:

Tabla 2-4: Estaciones Fluviométricas

Nombre	Código	Cota [msnm]	Periodo Registro	Área [Km ²]
Río Cautín en Almagro	09140001-4	20	1965-2011	3.223,8
Río Cautín en Temuco	09129001-4	113	1923-1932	3.048
Río Cautín en Cajón	09129002-2	130	1949-2011	2.794
Río Muco en Puente Muco	09127001-3	250	1950-2011	650
Río Collin en Codahue	09126001-8	250	1996-2011	245,4
Río Blanco en Curacautín	09122002-4	405	1986-2010	170,86
Río Cautín en Rari-Ruca	09123001-1	425	1929-2011	1.365

Fuente Elaboración Propia

Figura 2-4: Ubicación Estaciones Fluviométricas



Fuente Elaboración Propia

Para el posterior análisis de los caudales, se consideraron las estaciones fluviométricas con mayor periodo de registro, con información actualizada hasta la fecha presente y ubicadas a lo largo de las cuencas de estudio. De esta forma se tomaron en cuentas las estaciones: Río Cautín en Rari-Ruca y Río Muco en Puente Muco.

La estadística detallada de las estaciones consideradas se recoge en el Anexo A.1 Informe Hidráulico – Hidrológico Alternativas Embalses Río Cautín 3866-0000-HI-INF-001.

2.5 AGRICULTURA DE LA ZONA

La agricultura desarrollada en el área de estudio corresponde a una de carácter extensivo y tradicional, con presencia de reducciones indígenas, en donde destaca el cultivo de trigo, avena, lupino y raps. Asimismo, las praderas artificiales, mejoradas y naturales cubren una amplia extensión y están dedicadas a la alimentación del ganado bovino, principal actividad agropecuaria de la zona.

En menor importancia, destacan algunas especies frutales como arándano, frambuesa, cerezo y manzano, entre otros. La producción hortícola está representada por choclo, lechuga, poroto granado, poroto verde y arveja.

En relación al proyecto mismo, se debe señalar que el estudio original tenía por objetivo el incremento, diversificación y estabilización de la oferta forrajera orientado a sustentar un incremento sustancial de la productividad y rentabilidad de la ganadería. Igualmente apuntaba al incremento de la productividad y rentabilidad de los cultivos anuales principalmente los cereales, frutas y hortalizas. Cabe señalar, que en la actualidad, si bien se mantienen en parte estos objetivos, la idea es intensificar los rubros hortícolas y frutícolas en desmedro de los cultivos tradicionales.

2.6 ANTECEDENTES DE CONDICIONES DE VIDA DE LA POBLACIÓN

2.6.1 Demografía

El XVII Censo Nacional de Población y Vivienda, realizado en abril de 2002, registró un total de 869.535 habitantes en la IX Región, representando el 5,8% de población nacional. La densidad regional es de 27,3 habitantes/km².

De acuerdo a los datos del Censo 2002, se presentan en la Tabla 2-5 el número de habitantes por cada comuna comprendida en la zona del proyecto:

Tabla 2-5: Estadística Poblacional Zona de Proyecto

Nivel	Total Población	Población Urbana	Población Rural	Población Masculina	Población Femenina
Lautaro	32.218	21.071	11.147	15.991	16.227
Curacautín	16.970	12.412	4.558	8.310	8.660
Galvarino	12.596	3.539	9.057	6.500	6.096
Victoria	33.501	23.977	9.524	16.423	17.078
Perquenco	6.450	2.929	3.521	3.281	3.169
Traiguén	19.534	14.140	5.394	9.734	9.800

Fuente: Elaboración Propia

2.6.2 Salud

En el contexto regional, los antecedentes de salud son los que se presentan en la Tabla 2-6:

Tabla 2-6: Antecedentes de Salud Región de la Araucanía

Antecedentes de Salud	Año	Región
Tasa de desnutrición	2005	0,3 %
Mortalidad infantil	2003	9,8 ‰
Mortalidad general	2003	6,0 ‰
Número de hospitales	2004	22
Número de consultorios	2004	52
Número de postas rurales	2004	199

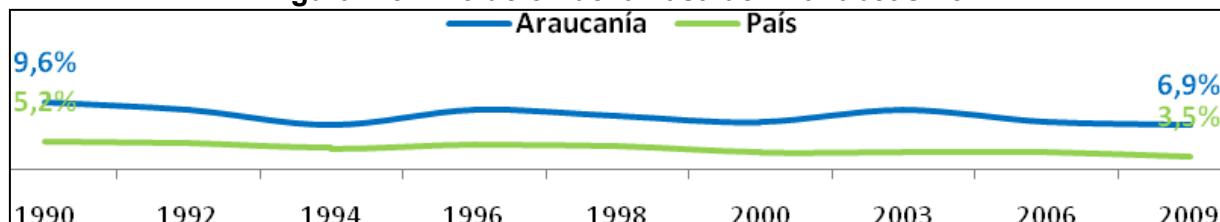
Fuente: MINSAL

2.6.3 Educación

Los diferentes indicadores educacionales muestran que la Región de La Araucanía se encuentra sumamente retrasada respecto del país. Esta situación es especialmente crítica entre la población mapuche de la región.

En el año 2009 la tasa de analfabetismo en La Araucanía fue de 6,9%, siendo la segunda más alta del país y duplicando la tasa de analfabetismo a nivel nacional (3,5%). En la Figura 2-5 se presenta la evolución de la tasa de analfabetismo respecto del país.

Figura 2-5: Evolución de la Tasa de Analfabetismo



Fuente: Diagnóstico, Plan Araucanía.

A continuación, en la Tabla 2-7, se presenta un resumen del número de establecimientos educacionales existentes en cada comuna de la zona de proyecto. La información fue recabada a partir de las fichas de establecimientos del MINEDUC.

Tabla 2-7: Establecimientos Educativos en Zona de Proyecto

Comuna	Dependencia	
	Municipal	Part. Subv.
Curacautín	16	3
Galvarino	20	15
Lautaro	24	14
Perquenco	4	3
Traiguén	13	9
Victoria	22	9

Fuente: MINEDUC

Tabla 2-8: Nivel de Educación por Comuna del Total de la Matrícula

Nivel	% Pre Básica	% Básica	% Diferencial	% Media	% Técnico Profesional	% Formación Técnica	% Instituto Profesional	% Univ
Galvarino	5,88	56,92	0,37	17,03	0,29	0,49	0,49	2,60
Victoria	4,88	46,31	0,44	23,95	0,35	1,18	1,75	7,11
Traiguén	4,88	50,14	0,38	23,38	0,25	1,04	1,31	5,66
Curacautín	4,84	49,89	0,55	19,80	0,34	0,90	1,58	4,34
Lautaro	5,38	47,40	0,30	24,81	0,52	1,53	2,00	5,49
Perquenco	4,03	54,48	0,25	22,69	0,34	1,35	1,06	2,60

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional

2.6.4 Vivienda

Para analizar el desarrollo habitacional, se utiliza el índice de materialidad, el cual se construye a partir de los materiales predominantes en muros, techo y pisos de las viviendas, los que se clasifican de buenas, aceptables, recuperables y deficitarios. Este índice para la Región de la Araucanía se presenta en Tabla 2-9.

Tabla 2-9: Hogares por Zona Índice de Materialidad

Región	Indicador de Materialidad de la vivienda	Zona					
		Urbana		Rural		Total	
		Hogares	%	Hogares	%	Hogares	%
La Araucanía	Aceptable	148.572	81,7	53.399	61,2	201.971	75,0
	Recuperable	33.210	18,3	32.468	37,2	65.678	24,4
	Irrecuperable	166	0,1	1.394	1,6	1.560	0,6
	Total	181.948	100,0	87.261	100,0	269.209	100,0

Fuente: MIDEPLAN, División Social, Encuesta CASEN 2009, con factores de expansión en base a CENSO 2002.

3 IDENTIFICACION Y SELECCIÓN DE SITIOS PARA EMPLAZAMIENTO DE EMBALSES

En el presente capítulo se aborda la selección de las dos mejores alternativas de embalse, sobre las cuales se llevaron a cabo los trabajos de prefactibilidad, tales como estudios básicos y prediseño de obras.

Con base en la revisión de antecedentes y la ejecución de dos visitas a terreno se identificaron y estudiaron diversas alternativas de emplazamientos de embalses. Teniendo en consideración los antecedentes recopilados, se efectuó la evaluación y selección de siete alternativas de embalses mediante la utilización de una matriz de evaluación que englobó los antecedentes técnicos, económicos, ambientales y legales pertinentes.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

La preselección de los sitios de emplazamiento de presa se basó considerando los criterios que se mencionan a continuación:

- Las alternativas de embalses se ubicaron en la cuenca del río Cautín, en el tramo de aguas arriba del proyecto Canal Matriz Victoria, cuya bocatoma se ubica en la cota 397 msnm.
- Se buscaron alternativas tanto en sectores altos de la cuenca (cabecera) como en sectores bajos, aunque siempre respetando la cota mínima de los 397 msnm.
- Se intentó ubicar alternativas de embalse en sectores donde se presentan angosturas de los valles de los respectivos ríos.
- Se consideraron sitios de embalse analizados en estudios previos, que cumplieran con los criterios mencionados anteriormente.

De esta manera se preseleccionaron siete alternativas de ubicación de presa, de las cuales tres se emplazan en el sector bajo y otras cuatro en sectores altos de la zona de estudio. Las alternativas de embalses de regulación son las que se presentan en la Tabla 3-1 y pueden ser observadas en la Figura 3-1.

Tabla 3-1: Alternativas de Emplazamiento de Presa

N°	Nombre Alternativa	Cauce	Coordenadas del Eje del Muro* (m)				Coordenada Fin Zona Inundación* (m)	
			Estribo Norte		Estribo Sur			
			N	E	N	E	N	E
1	Rari-Ruca	Río Cautín bajo	5742933,8	236233,2	5741357,3	235545,4	5738403,9	242898,6
2	La Mula	Río Cautín bajo	5742169,6	239659,5	5741209,7	238622,4	5737932,0	244778,9
3	Cautín	Río Cautín bajo	5741889,7	239910,4	5739900,7	239307,8	5737877,7	244928,2
4	Dillo	Río Dillo	5752776,9	250042,9	5751707,6	250254,1	5755536,2	254410,0

N°	Nombre Alternativa	Cauce	Coordenadas del Eje del Muro* (m)				Coordenada Fin Zona Inundación* (m)	
			Estribo Norte		Estribo Sur		N	E
			N	E	N	E		
5	Manzanar	Río Cautín alto	5739838,7	263320,1	5738480,8	263418,8	5738709,7	267512,5
6	Malalcahuello	Río Cautín alto	5738490,9	266215,9	5737780,7	266653,2	5738165,1	276036,6
7	Blanco	Río Blanco	5731111,3	259079,4	5730460,5	259298,1	5731545,2	266695,5

*Coordenadas en sistema de proyección UTM referidas al DATUM WGS84, HUSO 19.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen brevemente cada una de las alternativas identificadas.

Alternativa Rari Ruca

Este embalse ubicado en el sector bajo de la zona de estudio ubica su muro de presa sobre el río Cautín, aproximadamente un kilómetro aguas abajo en dirección oeste de la localidad de Curacautín, en la cota 415 msnm.

Este es el embalse ubicado a la menor cota de todas las alternativas, al mismo tiempo es la que está más cerca del punto de captación del proyecto de riego Canal Matriz Victoria.

Alternativa La Mula

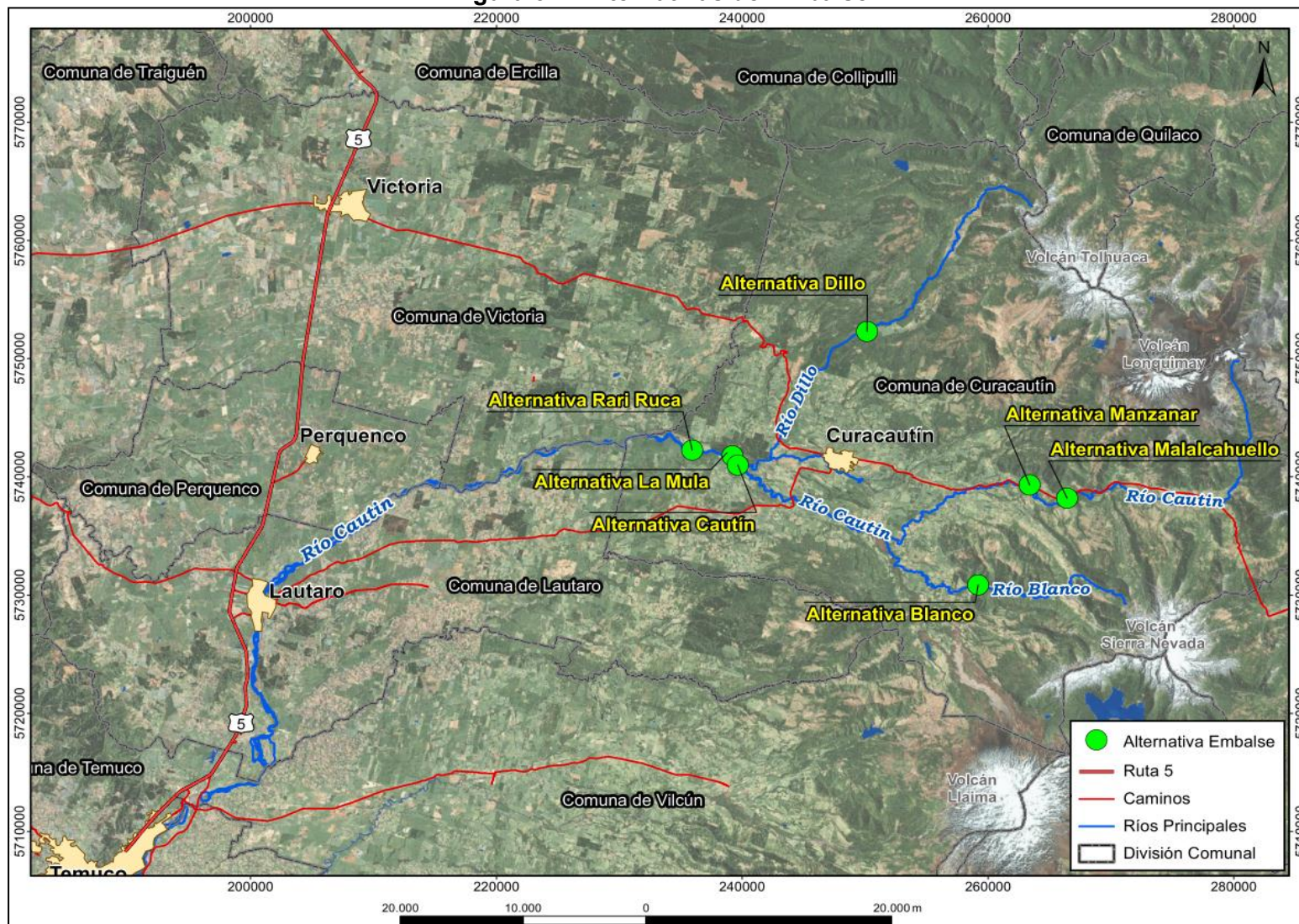
El muro del embalse La Mula se ubica sobre el río Cautín a 300 m aguas abajo de la confluencia de los ríos Blanco (bajo) y Cautín, y a dos kilómetros aproximadamente aguas arriba en dirección sudeste de la localidad de Rari Ruca.

El nombre de esta alternativa se debe a que el muro se ubica próximo al puente La Mula a una cota 431 msnm aproximadamente y a 1.800 m aguas arriba de la localidad de Rari Ruca.

Alternativa Cautín

El embalse Cautín corresponde a otra alternativa emplazada en el sector bajo de la zona de estudio, cuyo muro se ubica tres kilómetros aguas arriba de la localidad de Rari Ruca en dirección sudeste. El muro se encuentra emplazado sobre los ríos Blanco (bajo) y Cautín en la cota 440 msnm, los cuales confluyen a 800 m aguas abajo de la ubicación de esta alternativa. Esta alternativa se emplaza 1.200 m aguas arriba de la alternativa La Mula, aunque el estribo derecho de ambas alternativas de presa se encuentra muy cercano.

Figura 3-1: Alternativas de Embalse



Fuente Elaboración Propia

Alternativa Dillo

Esta alternativa está ubicada en la parte alta del río Dillo a una cota aproximada de 736 msnm, aguas arriba de la confluencia con el río Corcoludo y 11,0 km al norte de la localidad de Curacautín. Esta alternativa de embalse es considerada como una de “cabecera” y ha sido considerada en estudios anteriores.

Alternativa Manzanar

En la parte alta del río Cautín, a 1,5 km aguas abajo en dirección oeste de la localidad de Manzanar, se ubica el muro de esta alternativa. La cota del río en el eje del muro es de 730 msnm. El nombre de esta alternativa está dado por el poblado rural homónimo próximo al sitio.

Adicionalmente se puede señalar que hay aproximadamente 32 km desde este muro de presa hasta el punto de captación del proyecto de riego Canal Matriz Victoria.

Alternativa Malalcahuello

La alternativa del embalse Malalcahuello se ubica en la parte alta del río Cautín, a 8 km aguas abajo de la localidad de Malalcahuello en dirección oeste y 2 km aguas arriba de la alternativa Manzanar.

El muro de esta alternativa estaría ubicado en la cota 784 msnm sobre el río Cautín y 35 km al punto de captación del proyecto de riego Canal Matriz Victoria.

Alternativa Blanco

Sobre el río Blanco a una cota aproximada de 681 msnm y a 27 kilómetros aguas arriba en dirección sureste del punto de captación del proyecto de riego Canal Matriz Victoria, está ubicado el muro de esta alternativa. Esta alternativa se encuentra en un valle encajonado perteneciente a la cabecera de esta cuenca.

3.2 ESTUDIO GEOLOGICO PRELIMINAR DE CADA ALTERNATIVA

La zona de estudio se localiza en el límite entre las unidades geomorfológicas Depresión Central, de ubicación occidental, y la Cordillera Principal al oriente. De esta manera las alternativas de embalse Cautín, Rari-Ruca y La Mula se ubican en la Depresión Central mientras que las alternativas Dillo, Manzanar, Malalcahuello y Blanco lo hacen en la Cordillera Principal.

La zona de estudio corresponde a la parte occidental de la cuenca de Neuquén (sector chileno) que consiste en una potente secuencia volcano sedimentaria desde el Mesozoico Temprano hasta el Cenozoico y Reciente

En el área de estudio la mayoría de rocas aflorantes son relativamente jóvenes, siendo las más antiguas las rocas del Complejo Vizcacha-Cumilao (Cretácico - Paleógeno), y las más

recientes, las generadas por erupciones volcánicas históricas del Conjunto de Volcanes de la Cordillera Principal, así como los depósitos fluviales, glaciales y coluviales recientes. También existen en el área afloramientos de rocas intrusivas cenozoicas.

3.2.1 Caracterización Geológica de Sitios

Desde el punto de vista de las características geológicas de las zonas de las alternativas de embalses, y considerando además como un factor adicional los riesgos geológicos que podrían afectarlas, es posible establecer las siguientes características de cada sitio:

Alternativa Embalse Dillo

En esta alternativa no fueron observados afloramientos rocosos en el sector donde se emplazaría el muro, con excepción del estribo izquierdo. Se desconoce la estratigrafía de las secuencias volcánicas observadas en los sectores de los estribos, por lo que no se puede asegurar el grado de impermeabilidad del sustrato rocoso subyacente. Para lograr una mejor definición de las condiciones geológicas de esta alternativa, habría que realizar estudios geológicos de mayor detalle, además de sondajes y perfiles geofísicos en sectores de muy difícil acceso.

No se reconocieron materiales de empréstito para la construcción del muro. El principal riesgo geológico está asociado a una potencial erupción explosiva del volcán Tolguaca, considerado potencialmente activo. Esto generaría emisiones de tefra, lahares y flujos de lavas que podrían afectar la zona del embalse. Considerado de importancia alta y probabilidad de ocurrencia media a alta.

Alternativa de embalse regular desde el punto de vista geológico.

Alternativa Embalse Blanco

Esta alternativa se ubica en rocas intrusivas que fueron detectadas en ambos estribos, así como en una ribera del río Blanco. Dadas las condiciones de emplazamiento de las rocas intrusivas es posible asegurar continuidad de estas en el fondo rocoso del valle. Existen, además, materiales adecuados en calidad y cantidad para construir el muro. No obstante el eventual espesor del relleno fluvial (50 a 70 m), esta alternativa se considera geológicamente como una buena opción de embalse, aunque debería estudiarse con mayor detalle el riesgo de erupciones asociadas al volcán Sierra Nevada.

Alternativa Embalse Manzanar

En la zona de esta alternativa de embalse se detectó la presencia de lavas andesíticas y aglomerados volcánicos en el estribo derecho y, presumiblemente también en el estribo izquierdo. La parte central del muro posiblemente se apoyaría en rocas volcánicas. Sin embargo, existe incerteza acerca del espesor de los depósitos volcanoclásticos y de cenizas situado sobre estas rocas, lo que requiere la ejecución de sondajes y perfiles geofísicos a lo largo del eje del muro. Además, tampoco puede asegurarse la continuidad en profundidad de las rocas volcánicas observadas en superficie.

No se reconocieron materiales de empréstito en la zona del embalse.

Alternativa de embalse regular de acuerdo a las condiciones geológicas superficiales.

Alternativa Embalse Malalcahuello

En el sector de ubicación del Embalse Malalcahuello se observó la presencia de afloramientos de rocas volcánicas tanto en los estribos como en la zona de fundación del muro. Se identificaron, además, bloques de rocas granodioríticas y dioríticas en las proximidades del estribo derecho, los cuales podrían formar parte de un cuerpo intrusivo cuyas dimensiones se desconoce. En esta alternativa se tienen dudas de la continuidad en profundidad del sustrato rocoso, homogeneidad litológica y espesores de los depósitos volcanoclásticos que cubren los macizos de rocas. Tales incertezas deberían investigarse mediante prospecciones geológico-geotécnicas.

Existen posibilidades de materiales de empréstitos para la construcción del muro en la localidad de Malalcahuello, a unos 7-8 km del sitio del muro.

Alternativa de embalse buena de acuerdo a las condiciones geológicas superficiales.

Alternativa Embalse Cautín

El muro se apoyarían en depósitos volcanoclásticos (laháricos y cenizas en parte retrabajadas) localmente retrabajados por acción fluvial, los que podrían eventualmente sobreyacer a rocas volcánicas.

Estos depósitos volcanoclásticos constituyen niveles aterrazados compuestos por suelos heterogéneos de baja compacidad, posiblemente de 40 a 60 m de espesor, con permeabilidad muy variable.

Alternativa de embalse mala de acuerdo a las características geológicas de la zona.

Alternativa Embalse Rari-Ruca

Las condiciones geológicas de la zona donde se desarrolla esta alternativa de embalse, son similares a las descritas para la Alternativa Embalse Cautín, no siendo apropiadas para la localización de un embalse. Por esto, se considera como una mala alternativa desde el punto de vista geológico según las condiciones superficiales.

Alternativa Embalse La Mula

El estribo izquierdo está constituido por lavas andesítico-basálticas columnares, mientras que el estribo derecho presenta depósitos volcanoclástico los cuales podrían tener intercalaciones de niveles de rocas. En esta alternativa la mayor parte del muro se apoyaría en depósitos volcanoclásticos con intercalaciones piroclásticas, presentando espesores estimados del orden de 50 m o más. En esta alternativa se debería investigar, la

prolongación en profundidad de las lavas andesíticas que afloran en el sector de La Mula, la permeabilidad de éstas y las características geológicas e hidrogeológica del relleno del valle.

Por lo anterior, se considera esta alternativa de embalse buena desde el punto de vista geológico y de acuerdo a las condiciones superficiales.

3.2.2 Resumen de la Caracterización

De acuerdo con lo anterior, es posible generar una jerarquización de las alternativas en base a las características geológicas apreciadas, la cual se presenta en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Jerarquización de las Alternativas de Embalse Analizadas desde el Punto de Vista Geológico.

N°	Nombre	Categoría
1	Alternativa Blanco	Buena
2	Alternativa Malalcahuello	Buena
3	Alternativa La Mula	Buena
4	Alternativa Manzanar	Regular
5	Alternativa Dillo	Regular
6	Alternativa Cautín	Mala
7	Alternativa Rari-Ruca	Mala

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo B.1 Informe Geológico de los Sitios de Alternativas de Embalse 3866-1000-GO-INF-002, se presenta el Estudio Geológico en su versión completa.

3.3 DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE EMBALSES Y CURVAS CARACTERISTICAS

El dimensionamiento de los embalses en esta Etapa tiene como objetivo complementar el análisis comparativo de selección de alternativas de presas, aportando información cuantitativa a los criterios de selección de los mejores sitios de embalse. Cabe destacar que este dimensionamiento es de carácter preliminar, dando cuenta de las limitaciones de la información, topografía del sitio y de los recursos hídricos de la cuenca, ya que el análisis en profundidad forma parte de los estudios básicos a desarrollar como parte del presente proyecto. Los antecedentes presentados se encuentran tratados con detalle en el Anexo B.2 Informe Hidráulico Selección Mejores Ubicaciones Embalses Río Cautín 3866-1000-IH-INF-001.

3.3.1 Dimensionamiento Preliminar de Embalses

El dimensionamiento preliminar de las alternativas de embalse se llevó a cabo mediante una simulación basada en la ecuación de continuidad, donde el embalse representa un volumen de control, los aportes están dados por la hidrología y las salidas están controladas por las demandas de riego asociadas, la ecuación que representa este balance es la siguiente:

$$Q_{afl} - Q_{efl} - Q_{vert} = (V_f - V_i) / (t_f - t_i)$$

Donde,

- Q_{afl} : Caudal medio mensual afluente [m^3/s]
 Q_{efl} : Caudal medio mensual efluente, o entrega para riego [m^3/s]
 Q_{vert} : Caudal medio mensual evacuado por el vertedero [m^3/s]
 V_f : Volumen almacenado a fin de mes [hm^3]
 V_i : Volumen almacenado a inicios de mes [hm^3]
 t_f : Instante correspondiente a fin de mes
 t_i : Instante correspondiente a comienzo de mes

La estadística de caudales con la cual se trabajó corresponde a los datos de medición de la estación fluviométrica Río Cautín en Rari Ruca, la cual cuenta con 40 años de registros desde el año 1970 hasta 2010 y es la que mejor representa las condiciones de los sitios analizados. Con el objetivo de determinar los caudales en cada punto de análisis, se utilizó el método de transposición, lo que significa que los datos aportados por la estadística conocida son ponderados por un factor de transposición que corresponde a la razón de las áreas aportantes entre la estación fluviométrica conocida y las áreas aportantes a los distintos sitios analizados.

El caudal afluente (Q_{afl}) queda determinado por la el caudal medio mensual menos el caudal ecológico, el cual se ha definido provisoriamente como un 10% del caudal medio mensual según recomendaciones da la Dirección General de Aguas.

La demanda de agua para riego considerada en esta estimación se basa en tasas mensuales de riego predial presentadas en el “Estudio de factibilidad y anteproyecto regadío Victoria-Traiguén-Lautaro” desarrollado en el año 1992 por CADE-IDEPE. Adicionalmente, el cálculo de las demandas utilizadas en el balance, ha considerado dar una seguridad de riego del 85%.

Finalmente en este punto, y según la metodología y criterios descritos en los párrafos anteriores, en la Tabla 3-3 se presentan los resultados de los cálculos.

Tabla 3-3: Dimensionamiento Preliminar Embalses

Alternativa de embalse	Área aportante [km^2]	Caudal medio anual [m^3/s]	Factor transposición [°/1]	Caudal ecológico [m^3/s]	Superficie de embalse [ha]	Volumen de embalse [hm^3]	Superficie de riego [ha]
Rari Ruca	1.319	90	0,9	9,0	1.290	230	55.000*
La Mula	1.251	85	0,9	8,5	1.360	230	54.000*
Cautín	1.251	85	0,9	8,5	1.540	230	54.000*
Dillo	112	8	0,1	0,8	490	130	13.000*
Manzanar	338	23	0,2	2,3	540	300	35.000*
Malalcahuello	321	22	0,2	2,2	930	300	34.000*
Blanco	71	5	0,1	0,5	540	240	10.000**

* Máxima capacidad de embalsamiento dada por la topografía.

** Máxima capacidad de embalsamiento dada por la recarga hídrica.

Fuente: Elaboración Propia

Los volúmenes de embalse definidos en la Tabla 3-3 corresponden a la máxima capacidad de embalsamiento dada por la topografía, o a la máxima capacidad de embalsamiento dada por la recarga hídrica. Además para una comparación más objetiva entre sitios cercanos (Rari Ruca, La Mula y Cautín), se utilizó el volumen mínimo común entre los criterios mencionados anteriormente.

Dado lo anterior las tres alternativas del sector bajo (Rari Ruca, La Mula y Cautín) se definieron en 230 hm³, dada la máxima capacidad topográfica de la alternativa La Mula, para que fueran comparables entre sí. Los volúmenes de embalse de las alternativas Dillo, Manzanar y Malalcahuello también se definieron por limitaciones del terreno. Por otro lado la alternativa Blanco ha sido definida por la capacidad de su recarga hídrica.

3.3.2 Dimensionamiento Preliminar de Muros de Presa

El dimensionamiento de los muros de presa en esta etapa tiene por finalidad estimar un costo preliminar de cada alternativa de embalse. Dado que este ítem representa uno de los principales costos del proyecto, se utilizará como indicador económico para las distintas alternativas. Debido además a la diferencia de volúmenes de cada alternativa, se utilizará la razón costo de muro y agua embalsada como otro indicador para una comparación más objetiva.

Se analizaron tres tipos de muros de presa de manera de evaluar su costo y factibilidad constructiva. Los tipos de muro a analizados fueron los siguientes:

- Muro de RCC. Hormigón compactado rodillado.
- Muro de CFRD. Presa de gravas compactadas con pantalla de hormigón.
- Muro de tierra con núcleo impermeable.

En la Tabla 3-4 se pueden observar las dimensiones principales de los muros de presa para cada alternativa estudiada, en la Tabla 3-5 se presentan los volúmenes de relleno estimados para las distintas materialidades de muro, en la Tabla 3-6 se muestran los costos estimados.

Tabla 3-4: Características Principales Alternativas de Muro de Presa

Sector	Alternativa de embalse	Cota de fondo [msnm]	Cota de coronamiento [msnm]	Altura de muro [m]	Ancho de coronamiento(*) [m]
Bajo	Rari Ruca	416	477	61	7
	La Mula	437	494	57	7
	Cautín	440	498	58	7
Alto	Dillo	736	824	88	9
	Manzanar	730	857	127	11
	Malalcahuello	784	944	160	13
	Blanco	681	814	133	11

(*): Ancho para los muros de CFRD y de tierra. Para el muro de RCC el ancho considerado es 8,5 m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-5: Volúmenes de Relleno para cada Alternativa de Embalse y Tipo de Presa

Sector	Alternativa de embalse	VOLUMEN DE MURO [hm ³]		
		RCC	CFRD	Tierra
Bajo	Rari Ruca	1,9	5,9	7,5
	La Mula	1,0	2,9	3,8
	Cautín	2,2	6,7	8,5
Alto	Dillo	2,2	7,3	9,1
	Manzanar	4,5	16,4	21,9
	Malalcahuello	5,1	19,1	24,9
	Blanco	3,1	10,9	13,9

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-6: Resumen Costos de Muros Alternativas de Embalse

Sector	Alternativa de embalse	COSTO MURO [MUS\$]		
		RCC	CFRD	Tierra
Bajo	Rari Ruca	192	84	154
	La Mula	101	42	79
	Cautín	224	95	174
Alto	Dillo	221	103	186
	Manzanar	455	233	450
	Malalcahuello	506	271	512
	Blanco	309	156	286

Fuente: Elaboración Propia

En resumen, considerando el caso en que el tipo de suelo no requiera un tratamiento adicional, como la construcción de una pared moldeada, y sin considerar los costos de obras anexas como caminos, bocatomas, desvíos, etc., el tipo de muro más económico para todas las alternativas analizadas corresponde al muro de CFRD. Se utilizaron para la estimación de estos costos bases de datos del consultor.

3.3.3 Curvas Características

Las curvas características de cada uno de los sitios de embalse apuntan a la obtención de indicadores que permitan completar la matriz de decisión para, finalmente, obtener los lugares más indicados para la construcción del embalse de regulación y el tipo de muro.

Las curvas características mencionadas corresponden a las curvas de embalse, donde se define el volumen y superficie de inundación respecto a la cota, y a la relación de volumen agua – muro.

Las curvas de embalse para cada una de los sitios seleccionados, independiente del tipo de muro, son las siguientes:

a) Embalse Rari Ruca

Las curvas características del sitio de embalse Rari Ruca se presenta en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Rari Ruca

Cota [msnm]	Volumen de embalse [hm ³]	Superficie de inundación [ha]
416	0	0
432	8	129
452	61	400
472	220	1.248
492	591	2.714

Fuente: Elaboración Propia

b) Embalse La Mula

Las curvas características del sitio de embalse La Mula se presenta en la Tabla 3-8.

Tabla 3-8: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa La Mula

Cota [msnm]	Volumen de embalse [hm ³]	Superficie de inundación [ha]
431	0	0
451	8	105
471	61	514
491	249	1.524

Fuente: Elaboración Propia

c) Embalse Cautín

Las curvas características del sitio de embalse Cautín se presenta en la Tabla 3-9.

Tabla 3-9: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Cautín

Cota [msnm]	Volumen de embalse [hm ³]	Superficie de inundación [ha]
442	0	0
450	1	36
470	29	319
490	173	1.178
510	557	2.518

Fuente: Elaboración Propia

d) Embalse Dillo

Las curvas características del sitio de embalse Dillo se presenta en la Tabla 3-10.

Tabla 3-10: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Dillo

Cota [msnm]	Volumen de embalse [hm ³]	Superficie de inundación [ha]
740	0	0
760	1	14
780	10	109
800	57	346

Fuente: Elaboración Propia

e) Embalse Manzanar

Las curvas características del sitio de embalse Manzanar se presenta en la Tabla 3-11.

Tabla 3-11: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Manzanar

Cota [msnm]	Volumen de embalse [hm ³]	Superficie de inundación [ha]
730	0	0
741	1	16
761	11	81
781	34	149
801	78	289
821	150	422

Fuente: Elaboración Propia

f) Embalse Malalcahuello

Las curvas características del sitio de embalse Malalcahuello se presenta en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Malalcahuello

Cota [msnm]	Volumen de embalse [hm ³]	Superficie de inundación [ha]
791	0	0
811	3	24
831	10	57
851	25	84
871	47	122
891	87	253
911	147	379

Fuente: Elaboración Propia

g) Embalse Blanco

Las curvas características del sitio de embalse Blanco se presentan en la Tabla 3-13.

Tabla 3-13: Superficie y Volumen de Embalse Alternativa Blanco

Cota [msnm]	Volumen de embalse [hm ³]	Superficie de inundación [ha]
682	0	0
700	2	26
720	13	82
740	35	146

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo B.2 Informe Hidráulico Selección Mejores Ubicaciones Embalses Río Cautín 3866-1000-IH-INF-001 se muestran los gráficos de las curvas de embalse y superficie resumidas en las tablas anteriores.

Adicionalmente a las curvas de embalse, se calcularon las relaciones agua-muro, para lo cual se utilizaron los volúmenes de embalse especificados en el numeral 3.3.1 y los volúmenes de relleno de cada muro de presa descritos en el numeral 3.3.2. De esta forma, la relación agua-muro queda dada por la siguiente razón:

$$R_{agua-muro} = \frac{V_{agua}}{V_{muro}}$$

Conjuntamente, se puede establecer que mientras mayor sea esta relación, más eficiente es el muro al poder contener más agua con un volumen de muro dado. Así, en la Tabla 3-14 se muestra la relación agua-muro de las alternativas de embalse estudiadas.

Tabla 3-14: Relación Volumen Agua-Muro Alternativas de Embalse

Sector	Alternativa de embalse	RELACION VOLUMEN AGUA / MURO [m ³ agua / m ³ muro]		
		RCC	CFRD	Tierra
Bajo	Rari Ruca	119,7	20,3	2,7
	La Mula	227,3	76,8	20,1
	Cautín	102,7	15,3	1,8
Alto	Dillo	58,9	8,1	0,9
	Manzanar	66,0	4,0	0,2
	Malalcahuello	59,3	3,1	0,1
	Blanco	77,6	7,1	0,5

Fuente: Elaboración Propia

3.4 EVALUACION Y SELECCIÓN DE SITIOS DE EMBALSE

De acuerdo a las metodologías propuestas por la CNR, y validadas por el consultor, para la selección de posibles sitios para la ubicación de embalses se requieren la revisión conjunta de 3 aspectos:

- a) Técnicos-Económico,
- b) Ambientales,
- c) Administrativos y legales.

De esta forma, los aspectos técnicos a revisar son los siguientes: relación agua–muro, información geológica y geotécnica de los sitios evaluados, tipo de muro, costos, disponibilidad de empréstitos, complejidad del vertedero, complejidad obras de desviación, complejidad obras de entrega, tamaño del embalse, recursos hídricos disponibles y caminos de acceso a las distintas obras.

En relación a los aspectos ambientales e interferencias, se requiere evaluar lo siguiente: modificación de caminos, cambio de líneas de alta tensión, erradicación de gente y/o expropiaciones complejas, existencia de sitios arqueológicos, turísticos y zonas con restricción ambiental e impactos ambientales relevantes. Los aspectos administrativos y legales a identificar han sido las probables expropiaciones y catastro de propietarios en la zona de inundación y obras anexas.

Desde el punto de vista de superficie de embalse las tres alternativas del sector bajo inundan casi la misma extensión. En cuanto a muro de presa se determina que la alternativa La Mula necesita un muro de menor tamaño (altura y longitud) que las otras dos alternativas similares, lo que se traduce en un costo menor finalmente (cerca de la mitad en ambos casos). Al tener fijado el volumen de embalse, la relación agua – muro es también mejor en la alternativa La Mula.

Suponiendo condiciones similares en Manzanar y en Malalcahuello, se realizó una comparación análoga a las alternativas del sector bajo, con lo cual se concluye que el volumen de muro de la alternativa Manzanar es un 10% menor que Malalcahuello para un mismo volumen de embalse. Además, respecto a la superficie cubierta por el embalse, la alternativa de Manzanar presenta una mayor ventaja ya que su área de inundación es menor que en la alternativa de Malalcahuello. No obstante estas ventajas de la alternativa Manzanar por sobre Malalcahuello, las condiciones geológicas del suelo de fundación del muro son mejores en esta última alternativa de sitio.

La alternativa de embalse Dillo es la que presenta el menor volumen de embalse, condicionado por el terreno donde está ubicado. La relación agua–muro de esta alternativa presenta el menor valor para el muro de RCC comparado con las demás alternativas, aunque para los otros tipos de muro es la mejor calificada de las alternativas de los sectores altos. Por otro lado la superficie de embalse de esta alternativa es similar a la de Manzanar y Blanco, siendo que estas últimas podrían embalsar alrededor del doble del volumen.

El área aportante de la alternativa de embalse Blanco es la más reducida, resultando por consiguiente en el menor caudal medio anual. Aun así cuenta con un volumen de embalse

potencial mayor a Dillo y cercano a las alternativas de Manzanar y Malalcahuello. Sin considerar la alternativa Dillo, la alternativa de embalse Blanco es la que tiene mejor relación agua–muro de las alternativas del sector alto para cada tipo de muro.

Basándose solamente en la relación agua–muro, se observa que la alternativa de embalse La Mula es la que tiene el valor más alto para todos los tipos de muro analizados. Por otro lado el tipo de muro RCC es la que presenta la mejor relación agua–muro, comparado con los otros tipos de muro.

El análisis económico indica que el tipo de muro de CFRD es el que presenta los menores costos para cada alternativa. Lo anterior discrepa con el costo de muro por agua acumulada, el que concluye que el muro de RCC es más rentable en este sentido para las alternativas de Manzanar, Malalcahuello y Blanco. Sin embargo, la tendencia anterior puede variar al considerar alturas de muro distintas.

En forma complementaria se han considerado otros factores para analizar todas las alternativas de embalse de una forma más completa y de esta manera realizar la selección de las dos mejores alternativas de embalse. Por esto, se construyó una matriz de evaluación de los distintos sitios para emplazamiento de embalse requerido (Tabla 3-15). La información en esta matriz se completó con los datos cuantitativos y cualitativos que se respaldan en los informes adjuntos. A continuación, se determinó cuáles alternativas presentan más ventajas sobre otras, y de esta forma se ha definido que las alternativas de embalse La Mula y Malalcahuello seguirán adelante con los estudios de prefactibilidad.

Por otra parte, se llevó a cabo una reunión de trabajo entre los profesionales de Arcadis Chile y la Comisión Nacional de Riego. El objetivo fue presentar la evaluación y selección de alternativas de emplazamiento de presa, contenida en el presente informe, para recibir el visto bueno de parte de la CNR, y así continuar con los trabajos de terreno. Finalmente, en la reunión se confirmó y aprobó la selección de las alternativas de embalse La Mula y Malalcahuello.

Tabla 3-15: Matriz de Evaluación de Alternativas de Embalse

CRITERIOS	Alternativa 1 - Rari Ruca	Alternativa 2 - Cautín	Alternativa 3 - La Mula	Alternativa 4 - Manzanar	Alternativa 5 - Malalcahuello	Alternativa 6 - Dillo	Alternativa 7 - Blanco
TÉCNICOS							
Relación agua / muro (Volumen agua / Volumen Muro)	20	15	77	4	3	8	7
Aspectos geológicos y/ geotécnicos del sitio de presa	El estribo derecho del muro lo constituye un cordón de cerros con vegetación autóctona caracterizado por la presencia de depósitos volcanoclásticos de la Formación Malleco (Plioceno- Pleistoceno Inferior), con ausencia de rocas. El estribo izquierdo está formado presumiblemente por depósitos similares a los mencionados, dado que presentan características geomorfológicas análogas a las del estribo derecho, con intercalaciones de niveles rocosos. La parte central del muro quedará fundada en niveles aterrazados compuestos por depósitos fluviales antiguos con intercalaciones piroclásticas, presumiblemente de permeabilidades muy variables	El estribo izquierdo del muro corresponde a un cordón de cerros con niveles aterrazados constituido principalmente por depósitos volcanoclásticos de la Formación Malleco (Plioceno-Pleistoceno Inferior). El estribo derecho está compuesto por depósitos volcanoclásticos originados posiblemente por lahares y/o flujos piroclásticos, con eventuales intercalaciones de niveles de rocas. La parte central-derecha del muro se apoyaría posiblemente en materiales de ignimbritas que conforman un nivel aterrazado al Norte del río Cautín, las cuales no fueron identificadas en la visita a terreno. El sector central y central-izquierdo del muro quedará fundado, posiblemente, en suelos heterogéneos, de baja compactad, con intercalaciones piroclásticas, también constituyendo niveles aterrazados.	El estribo izquierdo está conformado por lavas andesítico-basálticas columnares, con sistemas de fracturas subverticales derivadas del enfriamiento de las lavas, y en menor medida fracturas subhorizontales. El espesor visible de estas lavas es de unos 40m a 50m. El estribo derecho del muro presenta características geológicas similares a las del estribo homólogo de la Alternativa 2 (Embalse Cautín) . La parte central del muro se apoyaría en las ignimbritas señaladas en la Alternativa 2 (Embalse Cautín) las que, como ya se mencionó, no fueron detectadas en terreno.	El costado derecho del muro se apoyaría en la parte inferior o pie de la ladera de un cordón de cerros. Está compuesto probablemente por depósitos de suelos volcanoclásticos con abundante ceniza, según lo observado en los cortes de la ruta R-89. El estribo izquierdo del muro se ubicaría en un cordón de cerros de baja altura cubierto por vegetación, desconociéndose la naturaleza y características geológicas de éste. La parte central derecha del muro se fundaría localmente en roca, dado que ésta aflora en el costado izquierdo del río Cautín. Sin embargo, se desconoce la continuación de la misma tanto hacia el norte como hacia el sur, siguiendo el eje del muro. Dado que la implantación de este embalse se localizaría próximo a las Termas de Manzanar, es conveniente efectuar un estudio hidrogeológico del sector para determinar el riesgo de afectar o alterar las aguas termales aprovechadas en este recinto hotelero.	El estribo derecho del muro se ubica en la base o pie de la ladera del cordón de cerro situado al Norte de la ruta R-89, compuesto por depósitos de suelos volcanoclásticos en una matriz de ceniza. Parte del apoyo izquierdo del muro estaría constituido por rocas (lavas andesíticas y basálticas) estratificadas sub-horizontalmente. El tramo superior de este estribo estaría formado presumiblemente por depósitos volcanoclásticos. El sector donde se apoyaría la parte central del muro es de difícil acceso y con gran cobertura vegetalional, de modo que no se tiene certeza de la constitución geológica del mismo.	En el sitio del eje del muro, en la ladera “a cerro” del camino próximo al estribo izquierdo, afloran rocas constituidas por brechas volcánicas y lavas andesítico-basálticas de la Formación Malleco (Plioceno-Pleistoceno Inferior), en general muy duras e impermeables. De acuerdo a lo observado en terreno, el estribo derecho está compuesto principalmente por depósitos volcanoclásticos, caracterizados principalmente por bloques y bolones subredondeados a subangulosos en una matriz abundante de cenizas, con aspecto caótico y sin estratificación. La parte central del muro se apoyaría en lavas basálticas y andesíticas, además de flujos de piroclastos (Pleistoceno superior-Holoceno), provenientes presumiblemente de erupciones del volcán Tolguaca. Estos materiales, aparentemente erosionados fuertemente por acción fluvial, no fueron reconocidos en el sector del eje del muro debido a la tupida vegetación existente y a la fuerte pendiente de ambas laderas del valle del río Dillo. Cabe la posibilidad que estos materiales contengan horizontes o estratos de alta permeabilidad, lo cual deberá estudiarse en etapas posteriores del proyecto.	Al pié del estribo derecho del muro se detectaron algunos afloramientos aislados de rocas granodioríticas, que estarían intruyendo a rocas volcánicas-sedimentarias de la Formación Viscacha –Cumilao (Cretácico-Paleógeno). Es probable que ambos estribos estén constituidos en gran parte por las rocas intrusivas granodioríticas ya mencionadas, las cuales en principio serían poco permeables a impermeables y presentarían buena calidad geotécnica, lo que deberá ser necesariamente verificado en etapas posteriores del proyecto. Se estima preliminarmente que el espesor del relleno sedimentario en la parte central del muro alcanzaría unos 50 a 80m, el cual posiblemente sea bastante permeable, lo cual deberá evaluarse mediante la ejecución de sondajes, reconocidos a la posteriormente a la realización de perfiles sísmicos. De ser escogido este sector, se requeriría analizar adicionalmente, el riesgo geológico asociado al volcán Sierra Nevada.
Recomendación geológica	Mala	Mala	Buena	Regular	Buena	Regular	Buena
Tipo de muro más probable	CFRD	CFRD	CFRD	CFRD	CFRD	CFRD	CFRD
Empréstitos	Los yacimientos de materiales de empréstitos deberán prospectarse en los niveles aterrazados antes mencionados, al interior de la zona de inundación.	Es posible que puedan encontrarse yacimientos de materiales de empréstitos en niveles de terrazas fluviales próximos al río Cautín, en el sector de inundación del embalse. En caso contrario, será necesario prospectar tales yacimientos hacia aguas abajo del puente Rari-Ruca	Son válidas las mismas consideraciones efectuadas para la Alternativa 2 (Embalse Cautín).	No se identificaron depósitos de materiales de empréstitos para la construcción del muro en la zona de inundación del embalse.	Existen yacimientos de materiales de empréstitos en la zona del pueblo de Malalcahuello, a unos 7-8 km del sitio del muro.	No se identificaron en terreno yacimientos de materiales de empréstitos para la construcción del muro. Es muy probable que dada las características geológicas y geomorfológicas del valle del río Dillo, tales yacimientos deberán prospectarse fuera de la zona del embalse, en el valle del río Cautín.	Existen volúmenes importantes de materiales de empréstitos para la construcción del muro, en la zona de inundación del embalse. Tales materiales deberán prospectarse mediante calicatas.
Complejidad Vertedero*	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Complejidad media	Complejidad media	Complejidad alta	Complejidad media
Complejidad Obras de Desviación*	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Complejidad media	Complejidad media	Complejidad alta	Complejidad media
Complejidad de Obra de Entrega*	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad
Caminos de acceso a Obras	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad	Sin Complejidad
Volumen muro de presa (hm³)	5,9	6,7	2,9	16,4	19,1	7,3	10,9
Altura del muro (m)	63	59	58	127	160	89	133
Superficie inundada (há)	1290	1540	1360	540	930	490	540
Capacidad máxima extimada del Embalse (hm3)	230	230	230	300	300	130	240
Costo del embalse (MUS\$)	84	95	42	233	271	103	156
INTERFERENCIAS E IMPACTOS AMBIENTALES							
Requiere modificación de camino	Si: Camino R-883 en ripio 5,4 km inundados, camino R-883 en tierra 0,5 km inundados, faja ferroviaria 5 km inundados.	Si: Ruta internacional CH-181 1 km inundado, camino S-11-R pavimentado 1,8 km inundado, faja ferroviaria 6,3 km inundado.	Si: Camino S-11-R pavimentado 0,6 km inundados, faja ferroviaria 3,5 km inundado.	Si: Ruta internacional CH-181 9,1 km inundado, camino sin nombre en ripio 0,6 km inundado, camino sin nombre en tierra 1,7 km inundado, camino sin nombre pavimentado 0,8 km inundado, faja ferroviaria 9,8 km inundado.	Si: Ruta internacional CH-181 5 km inundado, faja ferroviaria 5,5 km inundada.	Si: Camino R-755 en ripio 3,8 km inundado.	Si: Camino R-919 en ripio 1,4 km inundado, camino R-929 en ripio 8,3 km inundado.
Requiere erradicación de gente y/o expropiaciones complejas	Si, 459 habitantes (120 casas)	No	probablemente	Si, 554 habitantes (60 casas)	Si, 902 habitantes (140 casas) (depende del volumen de embalse	No	Si, caseríos (12 casas)
Existencia de sitios arqueológicos, turísticos o zonas con restricción ambiental	No	No	No	Si, sitios turísticos.	Si, sitios turísticos.	No	No
ADMINISTRATIVOS Y LEGAL							
Propietarios en la zona de inundación y de las obras	Si, 40 predios	Si, 44 predios	Si, 35 predios	Si, sin info de roles	Si, sin info de roles	Si, (al menos 2, forestal)	Si (sin info de roles)

*Este criterio considera la existencia superficie de fundación adecuada, calidad del lecho de recepción de caudales, interferencias con otras obras,
Fuente: Elaboración Propia

4 ESTUDIOS DE TERRENO

4.1 TRABAJOS TOPOGRÁFICOS

Los trabajos topográficos considerados para este estudio, acorde a las especificaciones técnicas de la DOH 2011, fueron los siguientes:

- **Restitución Aerofotogramétrica escala 1:10.000.** Se trata de la restitución del área de riego. Con un vuelo en escala 1:20.000 y apoyo de terreno. Los planos desarrollados con curvas de nivel cada 5 m.
- **Levantamiento Sitio de Embalses Escala 1:2.000.** Se trata del levantamiento del área de embalse e inundación con un vuelo en escala 1:8.000 y apoyo de terreno.

Se determinó en forma precisa los sectores a levantar por medio de fotografías existentes o cartografía preliminar, que permitió planificar con precisión las líneas de vuelo en el GPS del avión. Posteriormente se realizó la toma de Fotografías Aéreas Digitales Color a escalas 1:8.000 y 1:20.000 de los sectores seleccionados, utilizando un avión equipado con una cámara Fotogramétrica Digital de 80 megapíxeles

El proyecto fue vinculado al vértice IGM SIRGAS ASTRO PUA ubicado en la ciudad de Victoria acorde a lo solicitado por la Comisión Nacional de Riego (CNR).

Para la restitución se emplearon Estaciones Fotogramétricas Digitales Summit-Evolution, las 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.

Concluida la etapa de transferencia de la información, se revisó cada una de las restituciones obtenidas, con el fin de complementar o corregir toda aquella información que no estuviese de acuerdo con la escala del plano.

Finalmente, los archivos digitales definitivos se procesaron en formato DWG de AutoCAD.

Mayor detalle de los trabajos topográficos se presenta en el Anexo C.1 Trabajos Topográficos 3866-0000-TP-INF-001.

4.2 TRABAJOS DE GEOLOGÍA Y PROSPECCIONES GEOTÉCNICAS

Se ejecutó una campaña de investigación geotécnica consistente en la perforación de 6 sondajes y la realización de 3.215 ml de perfiles de refracción sísmica en los 2 sitios de presas seleccionados en la Etapa 2 en el sector de estudio.

Adicionalmente, se excavaron 28 calicatas repartidas en la zona de presa, áreas de inundación y de yacimientos de materiales de empréstitos en la alternativa de embalse de Malalcahuello y 22 calicatas en la alternativa de embalse de La Mula.

Para la investigación del trazado de los canales se excavaron 20 calicatas adicionales en la zona de riego.

Las láminas 3866-1000-GO-PLA-012 a 3866-1000-GO-PLA-015, del Anexo I Planos, se detalla la ubicación de las prospecciones realizadas.

A continuación, se presenta un resumen de los trabajos realizados en terreno y de los ensayos de laboratorio, utilizados en el análisis de las características geológico-geotécnicas de las zonas de embalse previstas.

4.2.1 Geología Superficial

Se realizó una cartografía geológica de superficie en la zona de los muros propuestos, así como en los vasos de las alternativas seleccionadas.

En esta cartografía se detallan las unidades de rocas y de suelos existentes, así como las características estructurales de los materiales presentes, las cuales se incluyen en los planos 3866-1000-GO-PLA-008 a 3866-1000-GO-PLA-011.

4.2.2 Prospecciones

En el área de estudio se realizaron diversas prospecciones que han proporcionado información sobre las características geológico-geotécnicas de los materiales, tanto en superficie como en profundidad.

La investigación en terreno consistió en la ejecución de sondeos mecánicos, calicatas y perfiles sísmicos de refracción. Con la realización de dichas prospecciones, se obtuvieron diversas muestras del terreno que fueron sometidas a diferentes ensayos “in-situ” y de laboratorio, con la finalidad de determinar los parámetros característicos de cada uno de los materiales presentes.

Los resultados de estos estudios no constituyen la totalidad de los datos requeridos para el diseño de las obras, si bien sirven para obtener una primera aproximación de las condiciones de fundación de las obras en proyecto. Por este motivo, deberá elaborarse a posteriori un programa de prospecciones que permita resolver todas las incertidumbres asociadas a las características geológico-geotécnicas de los sectores mencionados.

4.2.3 Sondajes

Para este estudio se ejecutaron 6 sondajes, ubicados en sectores considerados de especial interés en torno a los ejes de los muros proyectados para las alternativas de embalse, con profundidades de entre 32,65 y 48 m.

En los planos 3866-1000-GO-PLA-012 y 3866-1000-GO-PLA-013 se indica la ubicación de los sondajes perforados.

Para la descripción petrográfica de los materiales rocosos predominantes en los testigos de sondajes se efectuaron cortes transparentes y para caracterizar la resistencia y deformabilidad de la matriz rocosa, se tomaron muestras para la realización de ensayos de resistencia a compresión uniaxial, con y sin medida de módulos de deformación.

4.2.3.1 Ensayos in situ en sondajes

Durante la ejecución de los sondajes, y con el objeto de caracterizar el macizo rocoso desde el punto de vista hidrogeológico (fracturación, percolación e inyectabilidad), aspecto que puede resultar determinante en un proyecto de estas características, se definió la realización de ensayos de admisión de agua de tipo Lugeon.

En la Tabla 4-1 se muestran las características principales de los sondajes y los ensayos in situ realizados.

Tabla 4-1: Características Principales de los Sondajes y Ensayos In Situ Realizados

Sitio	Sondaje	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19		Prof. Perforada (m)	Ensayos Lugeon (N° y Prof. - m -)	Ensayos Lefranc Mandel (N° y Prof. - m -)
		Este	Norte			
Malalcahuello	S-1	266276	5738434	32,65	1: 12,50-17,50 m 2: 17,50-22,50 m 3: 22,50-27,50 m 4: 27,50-32,65 m	-
	S-2	266454	5738049	48,00	-	1: 4,00-5,00 m 2: 9,00-10,00 m 3: 14,00-15,00 m 4: 19,00-20,00 m 5: 24,00-25,00 m 6: 29,00-30,00 m 7: 34,00-35,00 m 8: 39,00-40,00 m 9: 44,00-45,00 m
	S-3	266634	5737787	44,00	1: 35,00-39,00 m 2: 40,00-44,00 m	1: 2,00-3,00 m 2: 5,00-6,00 m 3: 8,00-9,00 m 4: 11,00-12,00 m 5: 14,00-15,00 m 6: 17,00-18,00 m 7: 20,00-21,00 m 8: 23,00-24,00 m

Sitio	Sondaje	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19		Prof. Perforada (m)	Ensayos Lugeon	Ensayos Lefranc Mandel
						9: 26,00-27,00 m 10: 29,00-30,00 m 11: 32,00-33,00 m
La Mula	S-4	239632	5742143	40,00	-	1: 4,00-5,00 m 2: 9,00-10,00 m 3: 14,00-15,00 m 4: 19,00-20,00 m 5: 24,00-25,00 m 6: 27,00-28,00 m 7: 30,00-31,00 m 8: 33,00-34,00 m 9: 36,00-37,00 m 10: 39,00-40,00 m
	S-5	238770	5741345	45,00	-	1: 4,00-5,00 m 2: 9,00-10,00 m 3: 14,00-15,00 m 4: 19,00-20,00 m 5: 24,00-25,00 m 6: 29,00-30,00 m 7: 34,50-35,50 m 8: 39,00-40,00 m 9: 44,00-45,00 m
	S-6	238629	5741217	40,00	1: 15,50-20,50 m 2: 20,00-25,00 m 3: 25,00-30,00 m 4: 30,00-35,00 m 5: 35,00-40,00 m	1: 4,00-5,00 m 2: 9,00-10,00 m 3: 14,00-15,00 m
TOTALES	6	249,65		11	42	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.2 Calicatas

En las áreas de las dos alternativas en estudio, se ejecutaron un total de **50 calicatas** (28 de ellas en el sector Malalcahuello y 22 más en el sector de La Mula) con profundidades variables entre 1 y 6 metros, con el propósito de analizar los suelos de sobrecarga en el área de las presas y las características generales de sus áreas de inundación, así como analizar los materiales del sector para su posible utilización en la construcción de las obras previstas.

A continuación se presenta la Tabla 4-2 donde se incluye un resumen de las características de los materiales excavados mediante calicatas.

Tabla 4-2: Resumen de las características de las calicatas excavadas

Sitio	Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19*		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)*	Causa fin excavación
		Este	Norte				
La Mula	C-01	239636	5742118	4,50	0,00-1,00m: Limos con algo de arena color café oscuro. 1,00-2,10m: Limos arenosos color café. 2,10-4,50m: Limos arenosos color café oscuro con bolones y bloques de más de 30".	No detectado	Presencia de grandes bloques
La Mula	C-04	239214	5741758	5,10	0,00-0,90m: Suelo vegetal. 0,90-1,65m: Limos arenosos color café. 1,65-2,00m: Arenas limosas color grisáceo. 2,00-4,10m: Limos arcillosos con algo de arena color café rojizo. 4,10-5,10m: Gravas areno-limosas con algunos bolones de hasta 5".	No detectado	Presencia de estrato fuertemente cementado
La Mula	C-05	239110	5741667	4,20	0,00-0,90m: Suelo vegetal. 0,90-1,10m: Limos arenosos color café rojizo. 1,10-1,50m: Arenas limosas color grisáceo con algunas gravas dispersas. 1,50-2,10m: Limos arcillosos con algo de arena color café. 2,10-2,80m: Arenas limosas cementadas, con alguna grava dispersa. 2,80-4,20m: Arena limosa cementada.	No detectado	Profundidad prevista
La Mula	C-06	239064	5741603	4,40	0,00-1,00m: Suelo vegetal. 1,00-2,40m: Limos arenosos color grisáceo. 2,40-3,00m: Arena limosa cementada color café rojizo. 3,00-3,60m: Limos arcillosos con algo de arena color café. 3,60-4,40m: Arenas limosas con gravas, bolones y bloques de hasta 20".	No detectado	Presencia de grandes bloques

Sitio	Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19*		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)*	Causa fin excavación
		Este	Norte				
La Mula	C-08	238821	5741039	4,00	0,00-0,30m: Suelo vegetal. 0,30-4,00m: Arenas limosas color café grisáceo.	3,00	Presencia de agua
La Mula	C-09	238924	5741093	3,50	0,00-0,30m: Suelo vegetal. 0,30-1,80m: Arena limosa color café grisáceo. 1,80-3,50m: Gravas arenosas con bolones y bloques de hasta 30" y algunos finos.	3,40	Presencia de grandes bloques
La Mula	C-10	238754	5741363	5,20	0,00-0,20m: Suelo vegetal. 0,20-5,20m: Arenas limosas color café grisáceo, con algunas gravas dispersas.	5,10	Presencia de grandes bloques
La Mula	C-19	238756	5741211	4,70	0,00-0,80m: Suelo vegetal. 0,80-3,10m: Limo arenoso color café. 3,10-4,70m: Arena limosa con gravas, bolones y bloques dispersos, de hasta 20".	No detectado	Presencia de grandes bloques
La Mula	C-20	238925	5740612	3,40	0,00-0,70m: Suelo vegetal. 0,70-1,50m: Arena limosa color café rojizo con algunas gravas. 1,50-3,40m: Arena limosa con abundantes gravas.	1,40	Presencia de agua
La Mula	C-21	239262	5740198	3,70	0,00-0,70m: Suelo vegetal. 0,70-bajo napa: Limos arenosos y arenas limosas con gravillas.	1,50	Presencia de agua
La Mula	C-22	239593	5740581	2,80	0,00-0,20m: Suelo vegetal. 0,20-0,80m: Limos arenosos color café rojizo. 0,80-1,60m: Suelo vegetal. 1,60-2,80m: Gravas areno-limosas con abundantes bolones de hasta 10".	No detectado	Presencia de estrato fuertemente cementado
La Mula	C-24	239942	5740398	1,25	0,00-0,40m: Suelo vegetal. 0,40-0,70m: Limos arenosos con abundantes gravas y bolones de hasta 4". 0,70-1,25m: Gravas areno-limosas con bolones de hasta 12".	No detectado	Presencia de estrato fuertemente cementado

Sitio	Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19*		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)*	Causa fin excavación
		Este	Norte				
La Mula	C-25	239799	5740031	2,70	0,00-1,00m: Suelo vegetal. 1,00-1,70m: Arena limosa con algunas gravas dispersas. 1,70-2,00m: Arena limosa con algunas gravas dispersas, color café rojizo. 2,00-2,70m: Arenas limosas con gravillas, color café claro.	1,60	Presencia de agua
La Mula	C-26	241117	5739533	4,10	0,00-1,00m: Suelo vegetal. 1,00-2,30m: Arena limosa con algunas gravas dispersas, color café rojizo. 2,30-3,60m: Limos areno-arcillosos color café. 3,60-4,10m: Limo arenoso gris oscuro.	1,60	Presencia de agua
La Mula	C-28	241557	5738903	2,60	0,00-0,60m: Suelo vegetal. 0,60-1,20m: Limo arenoso, color café rojizo. 1,20-2,60m: Arenas limosas con abundantes gravas dispersas.	2,30	Presencia de agua
La Mula	C-31	244307	5739687	1,40	0,00-1,10m: Suelo vegetal. 1,10-1,40m: Limo arenoso color café claro.	1,15	Presencia de agua
La Mula	C-32	244008	5738941	2,40	0,00-1,40m: Suelo vegetal. 1,40-2,40m: Arenas limosas con gravas dispersas.	1,90	Presencia de agua
La Mula	C-35	241656	5741531	1,30	0,00-0,90m: Suelo vegetal. 0,90-1,30m: Limos arenosos color marrón rojizo.	1,10	Presencia de agua
La Mula	C-36	240656	5741312	4,00	0,00-0,80m: Suelo vegetal. 0,80-1,10m: Limos arenosos color café. 1,10-1,50m: Arena limosa cementada. 1,50-3,60m: Limos arcillo-arenosos color café rojizo. 3,60-4,00m: Arena limosa cementada con algunas gravas dispersas.	No detectado	Profundidad prevista

Sitio	Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19*		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)*	Causa fin excavación
		Este	Norte				
La Mula	C-37	239838	5741537	4,40	0,00-1,10m: Suelo vegetal. 1,10-1,90m: Limos arcillo-arenosos color café rojizo. 1,90-2,70m: Arena limosa color grisáceo. 2,70-4,40m: Limo arenoso color café rojizo.	No detectado	Profundidad prevista
La Mula	C-38	239361	5741579	4,30	0,00-1,10m: Suelo vegetal. 1,10-2,60m: Limos arenosos color café rojizo. 2,60-3,20m: Arena limosa color grisáceo con gravas dispersas. 3,20-3,80m: Limos arcillo-arenoso color café rojizo. 3,80-4,30m: Arenas limosas con algunas gravas y bolones de hasta 5".	No detectado	Profundidad prevista
La Mula	C-40 La Mula	246044	5737401	1,80	0,00-0,30m: Suelo vegetal. 0,30-1,80m: Arena limosa con gravas, bolones y bloques dispersos de hasta 36".	No detectado	Profundidad prevista
Malalc.	CAM-01	266267	5738407	5,50	0,00-0,90m: Suelo vegetal 0,90-5,00m: Limos arcillosos con algo de arena. 5,00-5,50m: Roca fracturada	No detectado	Roca
Malalc.	CAM-02	266300	5738356	4,50	0,00-0,30m: Suelo vegetal 0,30-4,50m: Limos arcillosos con algo de arena.	No detectado	Profundidad prevista
Malalc.	CAM-03	266322	5738333	4,00	0,00-0,45m: Suelo vegetal 0,45-4,00m: Limos arcillosos con algo de arena.	No detectado	Profundidad prevista
Malalc.	CAM-04	266340	5738315	4,50	0,00-0,30m: Suelo vegetal 0,30-3,80m: Limos arcillosos con algo de arena. 3,80-4,50m: Limos arenosos con gravas y bolones y bloques de hasta 11".	4,20	Profundidad prevista

Sitio	Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19*		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)*	Causa fin excavación
		Este	Norte				
Malalc.	CAM-05	266346	5738300	4,00	0,00-0,40m: Suelo vegetal 0,40-3,80m: Limos arcillosos con algo de arena. 3,80-4,00m: Limos arenosos con algunas gravas.	2,30	Presencia de agua
Malalc.	CAM-07	266396	5738149	3,60	0,00-1,40m: Suelo vegetal 1,40-3,60m: Gravas areno limosas con abundantes bolones y bloques de hasta 28".	No detectado	Grandes bloques
Malalc.	CAM-08	266503	5738039	2,00	0,00-0,70m: Suelo vegetal 0,70-2,00m: Gravas areno limosas con abundantes bolones y bloques de hasta 27".	No detectado	Grandes bloques
Malalc.	CAM-08A	266497	5738047	1,30	0,00-0,50m: Suelo vegetal 0,50-1,30m: Gravas areno limosas con abundantes bolones y bloques de hasta 28".	No detectado	Grandes bloques
Malalc.	CAM-09	266648	5737793	6,00	0,00-0,50m: Suelo vegetal 0,50-2,60m: Limos algo arenosos color café. 2,60-6,00m: Arenas con gravas y algunos finos. Bolones y bloques dispersos.	No detectado	Profundidad prevista
Malalc.	C-39	266628	5738270	2,70	0,00-0,30m: Suelo vegetal 0,30-2,70m: Limo arenoso color café claro.	2,10	Presencia de agua
Malalc.	C-40	266762	5738380	3,60	0,00-0,40m: Suelo vegetal. 0,40-2,20m: Gravas arenosas con algunos limos y hasta un 6% de bolones y bloques de hasta 12". 2,20-3,10m: Arenas limosas con abundantes gravas de hasta 1,5". 3,10-3,60m: Limo arenoso de color negruzco.	3,10	Presencia de agua
Malalc.	C-41	266807	5738690	4,00	0,00-0,50m: Suelo vegetal 0,50-4,00m: Gravas arenosas con algunos limos y hasta un 10% de bolones y bloques de hasta 28".	No detectado	Profundidad prevista

Sitio	Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19*		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)*	Causa fin excavación
		Este	Norte				
Malalc.	C-42	267356	5739037	4,00	0,00-0,30m: Suelo vegetal. 0,30-1,30m: Limos arenosos color café, con algunas gravas y bolones dispersos de hasta 12". 1,30-4,00m: Gravas arenosas con algunos limos y hasta un 10% de bolones y bloques de hasta 20".	No detectado	Profundidad prevista
Malalc.	C-43	267840	5739109	4,00	0,00-0,25m: Suelo vegetal. 0,25-2,70m: Limos arenosos color café, con algunas gravas y bolones dispersos de hasta 4". 2,70-4,00m: Gravas arenosas con algunos limos y hasta un 20% de bolones y bloques mayores a 3", con tam. máx. de 20".	No detectado	Profundidad prevista
Malalc.	C-44	269061	5738756	4,00	0,00-1,50m: Suelo vegetal. 1,50-4,00m: Limos arenosos color café, con algunas gravas y bolones dispersos de hasta 4".	No detectado	Profundidad prevista
Malalc.	C-45	268508	5738184	5,80	0,00-0,90m: Suelo vegetal. 0,90-5,80m: Gravas arenosas con algunos limos y hasta un 10% de bolones y bloques mayores a 3", con tam. máx. de 16".	No detectado	Profundidad prevista
Malalc.	C-46	268889	5738251	5,30	0,00-0,20m: Suelo vegetal. 0,20-5,30m: Gravas arenosas con algunos limos y hasta un 15% de bolones y bloques mayores a 3", con tam. máx. de 36".	1,00	Profundidad prevista
Malalc.	C-47	269412	5738603	2,10	0,00-0,10m: Suelo vegetal. 0,10-2,10m: Arenas limosas color café, con algunas gravas dispersas.	1,90	Presencia de agua

Sitio	Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19*		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)*	Causa fin excavación
		Este	Norte				
Malalc.	C-48	270061	5739402	1,30	0,00-0,20m: Suelo vegetal. 0,20-0,50m: Arena limosa color café rojizo. 0,50-1,30m: Limos arenosos color café con algunas gravas dispersas.	0,90	Presencia de agua
Malalc.	C-48C	269450	5738811	4,00	0,00-0,40m: Suelo vegetal. 0,40-4,40m: Limo arcilloso color café.	No detectado	Corte junto a camino
Malalc.	C-49	270275	5739554	1,50	0,00-0,20m: Suelo vegetal. 0,20-1,50m: Limos arenosos color café oscuro.	1,20	Presencia de agua
Malalc.	C-50	270343	5739906	4,00	0,00-0,10m: Suelo vegetal. 0,10-4,00m: Limos arenosos color café oscuro.	2,20	Profundidad prevista
Malalc.	C-51	270345	5739887	1,60	0,00-0,45m: Suelo vegetal. 0,45-0,90m: Limos arenosos color café. 0,90-1,60m: Limos arcillosos, color café rojizo, con gravas dispersas.	1,55	Presencia de agua
Malalc.	C-52	274804	5737865	6,05	0,00-0,10m: Suelo vegetal. 0,10-0,35m: Grava areno-limosa con algunos bolones. 0,35-1,40m: Limo arenoso color café. 1,40-4,40m: Arena limosa color gris oscuro. 4,40-6,05m: Arena algo limosa, con gravas dispersas y algunos bolones.	6,00	Profundidad prevista
Malalc.	C-53	274846	5737978	5,80	0,00-0,80m: Suelo vegetal. 0,80-1,30m: Limo arenoso color café. 1,30-4,40m: Limo arenoso color gris oscuro. 4,40-5,80m: Limo algo arenoso color café claro.	No detectado	Profundidad prevista

Sitio	Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 19*		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)*	Causa fin excavación
		Este	Norte				
Malalc.	C-54	275232	5737730	3,30	0,00-0,10m: Suelo vegetal. 0,10-0,40m: Grava arenosa con algunos bolones de hasta 6". 0,40-1,20m: Arena limosa color gris oscuro. 1,20-3,30m: Grava areno- limosa de color gris oscuro.	2,80	Presencia de agua
Malalc.	C-55	269162	5738698	0,80	0,00-0,80m: Suelo estratificado con arenas, gravas y finos.	0,80	Presencia de agua
Malalc.	C-56B	274046	5738140	1,60	0,00-0,40m: Suelo vegetal. 0,40-0,80m: Arena limosa color gris. 0,80-1,60m: Grava areno- limosa de color gris con algunos bolones de hasta 8".	1,00	Presencia de agua

(*) Coordenadas sistema GPS.
Fuente: Elaboración Propia

Los saltos en la numeración utilizada en la nomenclatura de las calicatas corresponden a variaciones respecto del planteamiento original, por falta de permisos y/o dificultad de accesos para la ejecución de la excavación.

Todas las calicatas fueron muestreadas de manera de caracterizar los distintos materiales excavados y cuantificar el volumen disponible requerido en la construcción de las obras del proyecto.

Posteriormente, una vez identificados los distintos materiales, se seleccionaron las muestras consideradas más representativas y se definieron los ensayos fundamentales para su caracterización.

Por su parte, para el estudio de los canales matrices se ejecutaron 20 calicatas ubicadas a lo largo de los trazados de los nuevos canales, cuyas características principales se muestran en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Resumen de las características de las calicatas canales matrices

Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 18*		Sector / Canal	Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
	Este	Norte					
C-1	757542	5744111	Canal Matriz	3,80	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-1,40m: Limos arenosos color café con alguna grava 1,40-3,80m: Gravass limo-arenosas con bolones y bloques de hasta 17".	No detectado	Presencia de grandes bloques
C-2	737625	5743307	Canal Matriz - Derivado Isla 1	2,80	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-2,80m: Arcilla limo-arenosa.	2,65	Presencia de agua
C-3	749687	5745174	Canal Matriz - Derivado Isla 2	3,20	0,00-0,20m: Suelo Vegetal 0,20-3,20m: Arenas limosas con algunas gravas y bolones hasta 10".	3,10	Presencia de agua
C-4	729485	5744905	Canal Matriz - Derivado El Carmen	2,80	0,00-0,40m: Suelo Vegetal 0,40-2,80m: Gravass areno-limosas color café.	1,10	Presencia de agua
C-5	753981	5744707	Canal Matriz - Derivado La Parra	2,50	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-2,50m: Gravass areno-arcillosas con algunos bolones.	2,40	Presencia de agua
C-6	743220	5746105	Derivado La Parra	3,40	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-3,40m: Gravass areno-arcillosas con algunos bolones.	3,20	Presencia de agua
C-7	740173	5750747	Canal Matriz - Derivados Bayo toro y Vertientes	2,10	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-2,10m: Gravass areno-arcillosas con algunos bolones.	1,80	Presencia de agua
C-8	741931	5748779	Canal Matriz - Derivados Perquenco	2,00	0,00-0,20m: Suelo Vegetal 0,20-2,00m: Limos arenosos con algunas gravas.	1,80	Presencia de agua

Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 18*		Sector / Canal	Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
	Este	Norte					
C-9	740600	5745101	Derivado Quillen 1	4,00	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-4,00m: Gravas arcillo-arenosas con algunos bolones y bloques hasta 17".	3,90	Profundidad prevista
C-10	737625	5743307	Derivado Quillen 1	4,00	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-4,00m: Gravas arcillo-arenosas con algunos bolones.	3,90	Profundidad prevista
C-11	726645	5738761	Derivado Quillen 2	4,30	0,00-0,40m: Suelo Vegetal 0,40-4,30m: Gravas arcillo-arenosas con algunos bolones.	No detectado	Profundidad prevista
C-12	722079	5734730	Derivado Quillen 2	4,00	0,00-0,40m: Suelo Vegetal 0,40-4,00m: Arena arcillosa con algunas gravas y bolones.	3,70	Profundidad prevista
C-13	736352	5745531	Derivado Perquenco	4,00	0,00-0,40m: Suelo Vegetal 0,40-4,00m: Arena gravo-arcillosa con algunos bolones.	3,60	Profundidad prevista
C-14	730212	5746695	Derivado Perquenco	2,80	0,00-0,40m: Suelo Vegetal 0,40-2,80m: Gravas areno-limosas con algunos bolones.	2,60	Presencia de grandes bloques
C-15	728102	5742578	Derivado Perquenco	2,80	0,00-0,60m: Suelo Vegetal 0,60-2,80m: Gravas areno-limosas con algunos bolones.	1,30	Presencia de agua
C-16	722701	5740896	Derivado Perquenco	4,00	0,00-0,40m: Suelo Vegetal 0,40-3,70m: Arena arcillosa con algunas gravas. 3,70-4,00m: Gravas areno-limosas con algunos bolones.	3,70	Profundidad prevista

Calicata	Coordenadas UTM WGS84 Huso 18*		Sector / Canal	Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
	Este	Norte					
C-17	715777	5738077	Derivado Perquenco	4,00	0,00-0,40m: Suelo Vegetal 0,40-3,60m: Arena arcillosa con abundantes gravas. 3,60-4,00m: Arenas arcillosas con algunas gravas.	3,80	Profundidad prevista
C-18	736024	5751106	Derivado Pua 1	1,20	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-1,10m: Limos arenosos color café. 1,10-1,20m: Gravas, bolones y bloques de hasta 27" con matriz arenosa.	1,10	Presencia de agua
C-19	728671	5753949	Derivados Pua 1 y Pua 2	3,50	0,00-0,30m: Suelo Vegetal 0,30-3,50m: Arenas limosas con algunas gravas.	3,00	Presencia de agua
C-20	722749	5753085	Derivados Pua 1 y Pua 2	3,30	0,00-0,40m: Suelo Vegetal 0,40-3,30m: Gravas arcillo-arenosas con algunos bolones.	No detectado	Presencia de grandes bloques

(*) Coordenadas sistema GPS.
Fuente: Elaboración Propia

De cada una de estas calicatas también se extrajeron muestras sobre las que se ejecutaron ensayos de clasificación completa y Proctor Modificado.

Debe señalarse que todas estas calicatas se excavaron entre los meses de mayo y agosto del año 2012, cuando comienza la temporada de lluvias en el sector. Esto implica que los niveles de aguas subterráneas detectados en las excavaciones podrían ser ligeramente más profundos que los registrados hasta octubre de cada año.

La descripción estratigráfica de todas las calicatas y sus fotografías se presentan en el Anexo D.4 Estudio Geotécnico 3866-1000-GE-INF-001.

En los planos 3866-1000-GO-PLA-014 y 3866-1000-GO-PLA-015 se indica la ubicación de las calicatas excavadas en las zonas de embalse y en el plano 3866-2000-GO-PLA-001, la ubicación de las calicatas efectuadas para el estudio de los canales matrices.

4.2.3.3 Geofísica

Los estudios geofísicos ejecutados durante la etapa de prefactibilidad, abarcan las principales zonas de interés, correspondientes a la ubicación de los muros previstos.

En total, fueron ejecutados 6 perfiles de refracción sísmica, con un total de 3.215 metros prospectados.

En la Tabla 4-4 se describen sus principales características y en los planos 3866-1000-GO-PLA-012 y 3866-1000-GO-PLA-013, se presenta su ubicación en planta.

Tabla 4-4: Perfiles Sísmicos de Refracción

Perfil Sísmico	Sitio	Coordenada Inicio WGS84, H19 (*)		Coordenada Fin WGS84, H19 (*)		Longitud (m)	Sondaje de apoyo
		Este	Norte	Este	Norte		
PS-01	Malalcahuello	266.256	5.738.421	266.419	5.738.150	357	S-1 y S-2
PS-02	Malalcahuello	266.693	5.738.171	266.255	5.738.133	485	S-2
PS-03	Malalcahuello	266.478	5.738.040	266.186	5.737.918	365	S-2
PS-04	La Mula	239.647	5.742.160	238.710	5.741.292	1268,8	S-4 y S-5
PS-05	La Mula	238.692	5.741.390	238.892	5.741.129	375	S-5
PS-06	La Mula	238.660	5.741.104	238.607	5.741.337	365	S-6

(*) Coordenadas sistema GPS.
Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo D.2 Estudio Geotécnico 3866-1000-GE-INF-001 se detallan los resultados de estos trabajos.

4.2.4 Ensayos de laboratorio

Con las muestras extraídas de sondajes y calicatas efectuados, se llevaron a cabo, en centros especializados, los ensayos de laboratorio que se describen a continuación.

4.2.4.1 Ensayos de laboratorio en muestras de sondajes

Para la descripción petrográfica de los materiales rocosos predominantes en los testigos de sondajes, se efectuaron 5 cortes transparentes. Los resultados de los estudios petrográficos realizados pueden resumirse del siguiente modo:

Tabla 4-5: Resumen de Estudios Petrográficos

Sondaje	Prof. Muestra (m)	Clasificación petrográfica	Textura	Objeto
S-1	25,43	Tonalita de hornblenda y escasa biotita	Fanerítica de grano medio	Malalcahuello
S-3	40,45	Andesita basáltica	Porfídica con masa fundamental pilotaxítica	Malalcahuello
S-4	10,50	Basalto de piroxeno y olivino	Porfídica, con masa fundamental pilotaxítica	La Mula
S-4	20,30	Basalto de piroxeno y olivino	Porfídica, con masa fundamental intergranular a pilotaxítica	La Mula
S-6	21,00	Basalto de piroxeno y olivino	Porfídica, con masa fundamental pilotaxítica	La Mula

Fuente: Elaboración Propia

Con el objeto de caracterizar la resistencia y deformabilidad del macizo, se tomaron 10 muestras para la realización de ensayos de resistencia a compresión simple, con y sin medida de módulos de deformación y determinación de pesos unitarios.

Los resultados de los ensayos realizados se muestran en la siguiente tabla resumen:

Tabla 4-6: Resumen de Resultados de Ensayos de Resistencia a Compresión Simple

Sondaje	Muestra	Prof. (m)	Peso Unitario (t/m ³)	Esfuerzo Ruptura, s ₁ (MPa)	Módulo de Young Secante (GPa)	Razón de Poisson	Mod. Tang. (GPa)	Razón de Poisson	Tipo de Ruptura
S-1	ME-MAL01	7,03	2,73	152,21	56,85	0,22	62,34	0,26	Matriz
S-1	ME-MAL02	12,80	2,74	327,03	59,23	0,23	65,07	0,34	Matriz
S-1	ME-MAL03	18,56	2,73	358,12	78,04	0,23	81,18	0,29	Matriz
S-1	ME-MAL05	29,05		299,90					Matriz
S-1	ME-MAL06	30,37	2,75	331,80	69,36	0,24	68,18	0,31	Matriz
S-3	MCS-1	36,75	2,70	169,18	21,18	0,19	23,00	0,34	Matriz
S-3	MCS-2	42,35	2,72	136,96	23,27	0,21	21,18	0,36	Matriz
S-6	ME-M01	18,08	2,67	170,45	36,40	0,16	34,82	0,22	Matriz
S-6	ME-M02	22,93		143,08					Matriz
S-6	ME-M03	29,10	2,68	122,71	75,52	0,12	74,66	0,17	Matriz y/o estructura

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo D.2 Estudio Geotécnico 3866-1000-GE-INF-001_0 se incluyen los certificados de los resultados enviados por los laboratorios.

4.2.4.2 Ensayos de Laboratorio en Muestras de Calicatas

Las muestras tomadas en las calicatas de reconocimiento, fueron sometidas a los siguientes ensayos de laboratorio:

- Granulometría, límites de Atterberg, humedad natural, peso específico y clasificación USCS para las muestras procedentes de calicatas de embalses.
- Ensayos de compactación de tipo Proctor Modificado en muestras seleccionadas de las calicatas de los canales matrices.

En el Anexo D.4 Estudio Geotécnico 3866-1000-GE-INF-001 se incluyen los certificados de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

En el Anexo D.4 Estudio Geotécnico 3866-1000-GE-INF-001 se presenta mayor detalle de los estudios realizados.

5 ESTUDIOS BÁSICOS

5.1 ESTUDIO GEOLÓGICO

Se realizó un levantamiento geológico en escala 1:10.000 del área sobre la cual se proyectan las alternativas de embalses seleccionadas. Este levantamiento tiene como objetivo mejorar el conocimiento existente de las características geológicas de los materiales que forman parte del área de influencia de las obras del proyecto.

El trabajo anterior se complementó con un reconocimiento geológico en escala 1:2.000 de los sitios de muro de las alternativas de embalse La Mula y Malalcahuello.

Se realizó un análisis de los peligros geológicos. En primer lugar se realizó mediante interpretación fotogeológica de las imágenes satelitales existentes. Adicionalmente, se revisaron aquellas publicaciones, estudios de impacto ambiental, memorias de título, etc., realizadas en zonas cercanas y de similares características, con la finalidad de identificar peligros declarados o actuales y peligros potenciales.

Para completar y verificar los estudios de peligros geológicos en las áreas de influencia del proyecto, se realizó una visita a terreno. Durante ésta, se recorrió la zona examinando y verificando los peligros identificados previamente en el estudio de gabinete, efectuando nuevas observaciones en aquellos sectores que presentaran una alta potencialidad de ocurrencia, analizando las evidencias de terreno que permitan definir eventuales peligros potenciales.

A continuación se presenta un resumen de las principales conclusiones y resultados del estudio geológico. En el Anexo D.1 Estudio Geológico 3866-1000-GO-INF-005 se presenta el Estudio Geológico completo, en el cual se aborda en profundidad cada uno de los temas aquí descritos.

5.2 GEOLOGÍA REGIONAL

Las rocas existentes en la zona de estudio consisten mayoritariamente en materiales volcánicos y volcanoclásticos de la Fm. Malleco (Plioceno –Pleistoceno inferior) y del Conjunto de Volcanes de la Cordillera Principal (Pleistoceno superior-Holoceno). Adicionalmente, es posible encontrar rocas intrusivas graníticas pertenecientes al Grupo Plutónico Melipeuco y, rocas volcanoclásticas-sedimentarias de la Fm. Cura-Mallín (Mioceno inferior-medio).

Las rocas pertenecientes a la Formación Malleco poseen rumbo general N-S y actitud tectónica subhorizontal a horizontal. Esta ha sido dividida en tres unidades: una inferior con predominancia de rocas volcanoclásticas, una unidad media con alternancia de lavas andesítico-basálticas y rocas volcanoclásticas de similares características a las del miembro inferior y, finalmente la unidad superior que comprende lavas andesítico-basálticas con ocasionales intercalaciones volcanoclásticas.

5.2.1 Geología de las Alternativas de Embalse

Los estribos del muro de la alternativa de embalse La Mula estarían compuestos por rocas volcanoclásticas de la Formación Malleco. Sin embargo, el sector del estribo derecho presenta un grado de complejidad geológica importante debido a la existencia, en la parte final del sondaje S-4 de depósitos de antiguos lahares, bajo rocas basálticas. Tomando en consideración esta información, se desconoce la profundidad hasta la cual se encontrarían estos niveles, lo que podría implicar que tales sedimentos también podrían encontrarse bajo los basaltos del estribo izquierdo, aunque esto debe ser estudiado con mayor detalle posteriormente.

El estribo izquierdo de la alternativa de embalse Malalcahuello, estaría formado por coladas de lavas basálticas cuaternarias pertenecientes a la unidad Conjunto de Volcanes de la Cordillera Principal. El estribo derecho, estaría compuesto por las rocas intrusivas del Grupo Plutónico Melipeuco sobre las cuales se habrían depositado, en discordancia, posibles coladas de lavas más jóvenes.

El relleno sedimentario del valle del río Cautín, que forma parte del vaso de los embalses, consiste en materiales de origen volcánico, fluvial, coluvial y aluvial. Los depósitos fluviales están constituidos por bolones, bloques, arenas y gravas con un bajo contenido de finos, asociados al cauce actual y paleocauces del río Cautín, esto último evidenciado por la presencia de terrazas fluviales formadas cuando el río escurría a cotas más altas. Los depósitos coluviales consisten en gravas limosas y arenosas, ripios y bloques angulares a subangulares, los cuales se encuentran ubicados al pie de las laderas del valle. Los materiales de origen aluvial consisten en gravas, bolones y bloques, en una matriz limoarenosa, los cuales están relacionados con flujos de detritos generados a lo largo de estrechas quebradas tributarias, que descargan al valle del río Cautín.

Junto con los materiales de origen sedimentario descritos anteriormente, se encuentran niveles volcanoclásticos, coladas de lavas recientes y flujos laháricos de espesor métrico intercalados con terrazas fluviales antiguas. Estos estarían asociados a la actividad del Conjunto de Volcanes de la Cordillera Principal, durante el período Pleistoceno-Reciente.

La información obtenida de las investigaciones y ensayos realizados en los sitios de muro de las alternativas de embalse, permitió avanzar con la caracterización de cada sitio sin embargo debido a las limitaciones en la cantidad de prospecciones disponibles para el estudio, es necesario consignar que persisten incertidumbres fundamentalmente asociadas a la complejidad geológicas de ambos sitios.

En este caso, estas incertidumbres, en efecto, deberían ser completamente subsanadas o aclaradas mediante la ejecución de nuevos trabajos en terreno en el desarrollo de las siguientes fases de proyecto, en las que se deberá prestar especial atención a los siguientes puntos:

- Análisis de las características hidrogeológicas y geomecánicas del macizo rocoso intrusivo detectado en el estribo derecho y su continuidad en profundidad y lateralmente hacia el sureste.

- Determinación del espesor y características hidrogeológicas de las lavas andesítico-basálticas constituyentes del estribo izquierdo y sus relaciones de contacto con los materiales del entorno.
- Caracterización de los materiales que rellenan el fondo del valle en el área de fundación del muro proyectado, tanto en lo referente al espesor de suelos aluviales detectados y sus características granulométricas e hidrogeológicas, como en la posibilidad de la existencia de niveles volcanoclásticos, coladas de lavas recientes y flujos laháricos.

Los puntos siguientes dan cuenta de los aspectos que fue posible caracterizar en cada sitio de acuerdo al programa de prospecciones realizada.

5.2.2 Riesgos Geológicos

Las observaciones realizadas durante las campañas de terreno no permiten identificar la existencia de fallas de importancia regional que afecten los sectores del vaso de inundación o sitios de presa de ambas alternativas de embalse. Sin embargo, de acuerdo a la Hoja Curacautín, la traza de la Falla Liquiñe-Ofqui intersectaría la cola del embalse Malalcahuello. Esto debe ser profundizado con estudios geológicos posteriores de mayor detalle.

Se estima que la alternativa de embalse La Mula posee un peligro volcánico bajo y de probabilidad de recurrencia media, asociado a la ocurrencia de lahares, flujos piroclásticos y coladas de lava procedentes del Volcán Llaima. De manera similar, el sitio del muro y el área inundada por la alternativa de Malalcahuello poseen una alta probabilidad de ser afectada por lahares, flujos piroclásticos de volumen mayor a 1 km³ y coladas de lavas provenientes de erupciones del volcán Lonquimay.

Aparentemente, el peligro asociado a fenómenos de remoción en masa en la alternativa de embalse de La Mula, se restringe a la caída de rocas desde los numerosos afloramientos de rocas andesítico-basálticas que presentan una marcada disyunción columnar en el sector del estribo izquierdo del muro. El peligro asociado a la generación de flujos de detritos es considerado bajo ya que no se identificaron depósitos de volúmenes importantes.

En la alternativa del embalse Malalcahuello, el peligro de ocurrencia de flujos de detritos que afecten el vaso de inundación del embalse, puede ser calificado como un peligro declarado de baja a media importancia y una probabilidad de recurrencia baja-media. Las características geomorfológicas de las laderas del vaso de inundación, poseen condiciones favorables para la generación de estos fenómenos, pero serían de pequeña magnitud y afectarían áreas muy pequeñas del vaso del embalse. El peligro potencial de ocurrencia de deslizamientos en el vaso del embalse se considera un peligro potencial de importancia media y una probabilidad de recurrencia baja. Los desprendimientos de roca constituyen un peligro potencial de baja importancia y baja a media probabilidad de recurrencia.

La evaluación de los peligros geológicos en las zonas de embalses debe ser profundizada con estudios posteriores de mayor detalle.

Las observaciones realizadas en terreno y la información obtenida de las investigaciones ejecutadas permiten identificar una serie de incertidumbres en los sitios de los muros correspondientes a ambas alternativas de embalse, fundamentalmente asociadas a su complejidad geológica.

En efecto, estas incertidumbres deberán subsanarse con el desarrollo de nuevas campañas de prospecciones en terreno en siguientes fases de proyecto.

5.3 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Este estudio comprende la geotecnia de los sitios de presa La Mula y Malalcahuello, además del estudio de los yacimientos de materiales de empréstitos disponibles en el entorno susceptible de ser utilizados en la construcción de las obras contempladas en ambos sitios.

Durante los trabajos de terreno se ejecutó una campaña de investigación geotécnica consistente en la perforación de 6 sondajes y la realización de 3.215 m de perfiles de refracción sísmica en los 2 sitios de alternativas de presas.

Adicionalmente, se excavaron 28 calicatas repartidas en la zona de presa, áreas de inundación y de yacimientos de materiales de empréstitos en la alternativa de embalse de Malalcahuello. En la alternativa de embalse de La Mula se excavaron 22 calicatas. En la zona de riego se excavaron 20 calicatas adicionales para la investigación del trazado de los canales matrices a proyectar.

Los resultados del estudio geotécnico por sector de análisis, considerando la campaña de terreno descrita anteriormente, se presentan en los siguientes puntos. El estudio completo se presenta en el Anexo D.4 Estudio Geotécnico 3866-1000-GE-INF-001, donde, adicionalmente, se incluye una primera aproximación al programa de prospecciones que deberá elaborarse en futuras fases del proyecto, de manera de resolver todas las dudas e incertezas asociadas a las características geológico-geotécnicas de los sectores analizados.

5.3.1 Sitio La Mula

En el área de la alternativa de embalse de La Mula, se realizaron los sondajes S-4, S-5 y S-6 de entre 40 y 45 m de profundidad, tres perfiles de sísmica de refracción en torno al eje del muro proyectado y un total de 22 calicatas, 7 de ellas en el eje del muro.

En las calicatas excavadas se detectó entre 0,3 y 1,0 m de suelo vegetal y hasta 5,2 m de trumao (limos algo arenosos color café) y arenas limosas con algunas gravas, bolones y bloques de hasta 30", correspondientes a depósitos fluviales del río Cautín.

A partir de la información obtenida del sondaje S-5 y de las calicatas ubicadas en el eje del muro de presa de esta alternativa, estos depósitos alcanzarían una profundidad mínima de 45 m, con permeabilidades muy elevadas hasta los 30 m de profundidad, a partir de donde se observa un descenso significativo de las mismas, pudiendo calificarse los materiales como no permeables. Los perfiles sísmicos realizados en el área determinaron velocidades

sísmicas para estos materiales de entre 290 y 1.295 m/s, lo que es consistente con el aumento en la consistencia o compacidad de los materiales en profundidad.

Bajo el relleno cuaternario descrito, presumiblemente se encontraría un sustrato rocoso de similares características que las que conforman los estribos, constituido fundamentalmente por lavas basálticas, con permeabilidades variables asociadas a la existencia de fracturas subverticales y velocidades sísmicas del orden de 6.000 m/s. Sin embargo, los resultados de las prospecciones realizadas no permiten identificar la profundidad a la que se encontrarían tales rocas.

El estribo derecho está compuesto por una capa superficial de trumaos, bajo los que se encontrarían las rocas volcánicas y volcanoclásticas pertenecientes a la Unidad Inferior de la Formación Malleco. En el sondeo S-4, perforado hasta 40 m de profundidad, se detectó la presencia de estas rocas, fundamentalmente de naturaleza basáltica, desde los 4,50 m de profundidad y hasta los 30 metros, aproximadamente, profundidad a la que se detectó la presencia de depósitos laháricos antiguos. En este sondeo, la roca presenta índices RQD generalmente inferiores al 25% (roca de muy mala calidad geotécnica), lo cual es consistente con la elevada permeabilidad de los materiales obtenida en los ensayos de infiltración tipo Lefranc realizados, donde se obtuvieron coeficientes del orden de 10^{-3} a 10^{-2} cm/s.

El perfil de refracción sísmica realizado en esta zona, confirma también estos resultados, señalando la existencia de una primera unidad de suelos con velocidades sísmicas muy bajas, seguida de una unidad intermedia con velocidades de entre 620 y 1.300 m/s hasta unos 30 m de profundidad, consistente con el nivel de roca muy fracturada descrito con anterioridad. A partir de dicha profundidad, se detecta una tercera unidad geosísmica en la que la velocidad de onda compresional asciende hasta los 2.400 - 2.700 m/s, asimilable a los depósitos sedimentarios descritos en el sondeo, probablemente de alta compacidad, y con permeabilidades elevadas medidas en los ensayos Lefranc, con coeficientes del orden de 10-2 cm/s, como corresponde a materiales de esta naturaleza.

El estribo izquierdo está conformado por una capa de trumaos de unos 11,5 m de espesor según el sondeo S-6, con velocidades sísmicas de 290-390 m/s, sobre las rocas volcánicas y volcanoclásticas pertenecientes a la Unidad Inferior de la Formación Malleco, constituidas por lavas generalmente basálticas. Respecto de la permeabilidad de los suelos, los ensayos de infiltración tipo Lefranc, realizados hasta los 10 m de profundidad en el sondeo, determinaron coeficientes de permeabilidad elevados, del orden de 10^{-3} cm/s.

Bajo estos suelos, se detecta la presencia de rocas de origen volcánico de naturaleza fundamentalmente basáltica, muy duras (con resistencias a la compresión uniaxial del orden de 150-170 MPa) y levemente fracturadas (el índice RQD del sondeo es bueno a muy bueno), compatible con las altas velocidades sísmicas detectadas en el perfil sísmico realizado, del orden de 6.000 m/s, y con el descenso de permeabilidad en profundidad, determinado en los ensayos de tipo Lugeon realizados (con permeabilidades del orden de 10^{-6} cm/s) a partir de los 25,00 m.

Teniendo en consideración toda esta información, podrá proponerse la ejecución de un muro de materiales sueltos, debido a las características del suelo de fundación en el valle, constituido fundamentalmente por depósitos fluvio-aluviales.

Si bien no se estima que la calidad de los materiales presentes en el valle y los estribos comprometa el muro en proyecto, puesto que su capacidad portante estará muy por encima de la carga estimada para un muro de tierras, se considera que, en posteriores fases de proyecto, deberá estudiarse en profundidad las características de los materiales constituyentes del estribo derecho. Además, habrá de realizarse la impermeabilización de, al menos, los 30 o 35 m más superficiales.

Considerando la estimación de que en la ladera izquierda existiría una unidad de suelo con espesores generalmente inferiores a los 10 m, por debajo de los que se encontraría el macizo rocoso de buena calidad geotécnica, sería aconsejable ubicar en esta zona el evacuador de crecidas y el túnel de desvío, cuyos portales de entrada y salida atravesarían presumiblemente los depósitos coluviales observados, constituidos por gravas limosas y arenosas, ripios y bloques, con un espesor estimado en unos 5-10 m.

Al igual que en el sitio de muro de Malalcahuello, en este sector también fueron identificadas una serie de incertidumbres asociadas a la complejidad geológica del sitio. Estas incertidumbres deberían ser subsanadas mediante la ejecución de nuevos trabajos en terreno en el desarrollo de las siguientes fases de proyecto, donde se determinará la continuidad en profundidad de las lavas andesítico-basálticas que constituyen los estribos y sus condiciones hidrogeológicas; naturaleza, características y profundidad a la que se encuentra el sustrato rocoso; naturaleza, espesor y características hidrogeológicas de los depósitos que rellenan el fondo del valle.

5.3.2 Sitio Malalcahuello

Las prospecciones geológico-geotécnicas ejecutadas en el sitio de embalse de Malalcahuello fueron 3 sondajes, 28 calicatas y tres perfiles de refracción sísmica, efectuados en el entorno del eje del muro proyectado.

En las 9 calicatas excavadas en el eje del muro se detectó entre 0,3 y 1,4 m de suelo vegetal y hasta 6,0 m de gravas areno-limosas, con bolones y bloques. El sondaje S-2 reconoció, hasta los 48 m de profundidad, la presencia de estos sedimentos, que atendiendo a la información aportada por el perfil sísmico realizado podrían alcanzar profundidades del orden de 60 m. Las velocidades sísmicas obtenidas en estos materiales fueron de entre 400 y 2.300 m/s, consistente con el aumento en profundidad de la compacidad o consistencia de estos materiales. Los ensayos Lefranc realizados en el sondaje S-2 determinaron coeficientes de permeabilidad muy elevados, con un ligero descenso de la permeabilidad con la profundidad.

Bajo estos suelos, y según los perfiles sísmicos PS-01, PS-02 y PS-03, se detecta la presencia del sustrato rocoso, que correspondería a rocas graníticas pertenecientes al Grupo Plutónico Melipeuco (tonalitas) y/o rocas de la unidad superior de la Formación Malleco, consistente en lavas andesítico-basálticas, con velocidades sísmicas de onda compresional del orden de 4.000 m/s.

En el estribo derecho, se observó una unidad de suelo que podría presentar altos valores de permeabilidad, con velocidades sísmicas de 400 m/s y espesores generalmente inferiores a los 4 m. Por debajo de ella, se encontraría el macizo rocoso, posiblemente alterado y fracturado en los primeros 10 metros, con valores del índice RQD en el sondaje S-1 generalmente inferiores al 75% (roca de calidad media a mala) y velocidades de propagación de ondas compresionales de 1.230 m/s, que presentaría permeabilidades elevadas, no habiéndose podido realizar ensayos de tipo Lugeon en el sondaje. Por debajo de este nivel, y de acuerdo al perfil sísmico realizado, existiría una tercera unidad geosísmica, con velocidades del orden de 4.070 m/s, que correspondería a los materiales rocosos sanos, con índices RQD observados en el sondaje S-1 superiores al 75% (roca de calidad buena a muy buena) y coeficientes de permeabilidad entre 10^{-4} y 10^{-6} cm/s según los ensayos tipo Lugeon realizados.

En el estribo izquierdo se dispone de la información proporcionada por el sondaje S-3, en el que se determinó la existencia de suelos, fundamentalmente limosos, hasta los 24 m de profundidad, bajo los que se encuentra el macizo rocoso, constituido fundamentalmente por lavas andesítico-basálticas columnares, con sistemas de fracturas subverticales derivadas del enfriamiento de las lavas, y en menor medida fracturas subhorizontales, de calidad geotécnica media a partir de los 35 m de profundidad, calidad que aumenta de manera generalizada con la profundidad. Estas rocas presentarían una resistencia de entre 140 y 170 MPa (roca muy dura), lo que es consistente con los valores estimados en terreno, y elevadas permeabilidades, del orden de 10^{-3} - 10^{-4} cm/s.

Atendiendo a esta información, se recomienda para este sitio la construcción de una presa de materiales sueltos, debido a las características del material de fundación, la cual no presentaría problemas relacionados con la capacidad de soporte, que estaría muy por encima de las cargas estimadas para este tipo de muros. El material de fundación, de naturaleza fluvio-aluvial, deberá ser impermeabilizado hasta una profundidad de, al menos, 30 - 35 m.

En base a la morfología de la zona y a las observaciones geológicas realizadas en terreno y con el objeto de optimizar los criterios de diseño, se considera que el mejor sector para la ubicación del túnel y vertedero a proyectar sería el estribo derecho, constituido principalmente por rocas tonalíticas de calidad media. De este modo, los portales de entrada y salida del túnel deberán atravesar los depósitos coluviales existentes, con un espesor estimado de 5 - 10 m.

Las observaciones realizadas en terreno y la información obtenida de las investigaciones y ensayos realizados en los sitios de muro de las alternativas de embalse, han permitido identificar una serie de incertidumbres fundamentalmente asociadas a la complejidad geológicas de ambos sitios. En este caso, estas incertidumbres, en efecto, deberían ser completamente subsanadas o aclaradas mediante la ejecución de nuevos trabajos en terreno en el desarrollo de las siguientes fases de proyecto, en las que se deberá prestar especial atención a los siguientes puntos: análisis de las características hidrogeológicas y geomecánicas del macizo rocoso intrusivo detectado en el estribo derecho, su continuidad en profundidad y lateralmente hacia el sureste; determinación del espesor y características hidrogeológicas de las lavas andesítico-basálticas constituyentes del estribo izquierdo y sus relaciones de contacto con los materiales del entorno; caracterización de los materiales que

rellenan el fondo del valle en el área de fundación del muro proyectado, tanto en lo referente al espesor de suelos aluviales detectados y sus características granulométricas e hidrogeológicas, como en la posibilidad de la existencia de niveles volcanoclásticos, coladas de lavas recientes y flujos laháricos.

5.3.3 Canales Matrices

El reconocimiento de los materiales presentes a lo largo de los trazados propuestos para los canales matrices del área de riego, está basado en la revisión de antecedentes de las prospecciones geotécnicas realizadas por la empresa EDIC (2004) en la zona en estudio, en la ejecución de calicatas para la confirmación de la información disponible y en las observaciones realizadas a lo largo de la totalidad de los trazados.

Se estima que la totalidad de los materiales a excavar corresponderá a depósitos de suelos que serán excavables con medios mecánicos convencionales.

El canal matriz Victoria será excavado sobre las terrazas fluviales modernas del río Cautín desde la bocatoma hasta el Km. 2,000; desde ese punto y hasta el Km. 4,300, se excavará en sedimentos glaciales, y hasta el final (Km. 23,000) se desarrollará sobre sedimentos volcánico-clásticos.

Atendiendo a las observaciones realizadas y a las recomendaciones previas, se estima necesario el revestimiento del canal debido a las características de los suelos y a la topografía sobre la que se desarrolla en algunos tramos. Adicionalmente, sería necesario el diseño de un sistema de drenaje bajo este revestimiento, debido a la existencia de aguas subterráneas, que podrían producir subpresiones sobre el revestimiento del canal y sus obras asociadas.

El canal Derivado El Carmen se desarrolla sobre sedimentos volcanoclásticos con abundantes finos, en un área sin grandes variaciones topográficas, de manera que no se estima necesario su revestimiento, si bien el nivel de agua subterránea en este sector se determinó a 1,1 m de profundidad, por lo que podrían originarse subpresiones en las obras que se proyecten en esta zona.

El canal Derivado La Parra, con una longitud aproximada de 5,7 km, se desarrolla sobre sedimentos volcanoclásticos y, atendiendo a las características litológicas y topográficas del sector sobre el que se proyecta este canal, no se considera necesario su revestimiento.

El Derivado Perquenco y subderivados, con una longitud de 32,3 km, se ubican sobre un primer estrato de ceniza volcánica (trumao) hasta los 0,70 m de profundidad media, seguido de un estrato de limo-arenoso con clastos de gravas de origen volcanoclástico y aluvional, no considerándose necesario su revestimiento.

Los canales derivados Quillem 1 y Quillem 2, con longitudes de 10,4 y 14,2 Km. respectivamente, se proyectan también sobre sedimentos volcanoclásticos, habiéndose determinado en la excavación de las calicatas la existencia de un nivel cementado en

profundidad, conocido con el nombre de “tosquilla”. De acuerdo a la información disponible, no se estima necesario su revestimiento.

Los canales Derivados Pua 1 y 2 y sus subderivados, tienen una longitud aproximada de 18,7 y 12,6 Km. respectivamente, y se desarrollan fundamentalmente sobre sedimentos volcanoclásticos con abundantes finos, en una zona de morfología suave, por lo que no sería preciso el revestimiento de estos canales.

Del mismo modo, los canales Derivados Las Vertientes y Bayo Toro, de 1,5 Km. de longitud cada uno, se desarrollan en un área constituida por sedimentos volcanoclásticos con abundantes finos y sin grandes variaciones topográficas, por lo que no se considera necesario su revestimiento.

En el canal matriz, para cortes de una altura de hasta 6 m se consideran, en los proyectos existentes, inclinaciones no superiores a 1:3 (H:V), mientras que para los cortes mayores de 6,0 m, se aconseja dejar una berma intermedia de 1,5 m de ancho cada 6 m de altura, si bien, atendiendo a experiencias recientes, cabe señalar que la berma intermedia propuesta para cortes de alturas superiores a los 6 m, presenta un ancho insuficiente, tanto para resultar accesible, como para dar estabilidad a los taludes. Por el contrario, podrían originarse posibles inestabilidades asociadas a la infiltración y acumulación de agua. Por este motivo, se estima adecuado una mayor inclinación de los taludes en esos casos, y no construir berma intermedia.

Para los canales derivados y subderivados se proyectan taludes de corte 1:1 (H:V) y se estima que la profundidad de fundación de sus obras asociadas varíe entre 1,0 y 1,5 m en la mayoría de los casos.

Para la construcción de rellenos, que podrán estar constituidos fundamentalmente por material granular grueso sin cohesión, se recomienda utilizar taludes 3:2 (H:V).

Se debe destacar que para aquellos taludes de corte que involucren materiales de tipo trumao, es aconsejable sobreexcavar un cierto ancho y sustituirlos por material granular competente, bien compactado, sobre el que se apoye el revestimiento proyectado, con objeto de limitar daños que pudieran producirse por posibles filtraciones.

Se deberá evitar apoyar los revestimientos y estructuras proyectadas sobre cenizas volcánicas (trumaos) y depósitos fluviales de transición contaminados con cenizas, que deberán ser removidos y remplazados por rellenos compactados.

Durante la construcción del canal principal y sus derivados, los taludes de corte deberán ser ratificados y/o modificados por un especialista geotécnico, con especial atención a la posible existencia de aguas subterráneas en numerosos tramos.

5.3.4 Yacimientos de Material

El reconocimiento geológico-geotécnico mediante calicatas y los resultados de los ensayos en muestras extraídas de éstas, permitieron identificar materiales de empréstitos constituidos

de manera generalizada por depósitos fluviales, formados por arenas limosas y suelos gravo-arenosos con abundantes bolones y bloques.

En total se identificaron 9 posibles yacimientos de materiales de empréstitos, denominados: EMA-1, EMA-2, EMA-3, EMA-6, EMA-7, ELA-1, ELA-2, ELA-4 y ELA-5. Además, se identificaron 10 áreas potenciales, ubicadas fuera del área de inundación de los embalse, denominadas EMA-4, EMA-5, EMA-8, EMA-9, EMA-10, ELA-3, ELA-6, ELA-7, ELA-8 y ELA-9 de las que podrían obtenerse materiales aptos para la construcción del muro proyectado, cuyas características principales son las que se presentan en la Tabla 5-1:

Tabla 5-1: Empréstitos

Sector de Empréstito	Espesor Medio Suelo Vegetal (m)	Espesor Medio Material aprovechable (m)	Material de Empréstito Disponible (m³)	Características del Material	Sitio	Distancia media al muro (km)
EMA-1	1,00	2,00	600.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques.	Malalcahuello	0,1
EMA-2	0,50	2,00	750.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques.	Malalcahuello	2
EMA-3	Estimado: 0,50	Estimado: 2,00	Estimado: > 300.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques.	Malalcahuello	2,1
EMA-4	Estimado: 0,50	Estimado: 2,00	Estimado: > 250.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques.	Malalcahuello	2,2
EMA-5	Estimado: 0,50	Estimado: 2,00	Estimado: > 175.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques.	Fuera del área de inundación	6,1 (Mal.)
EMA-6	0,40	2,50	600.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques.	Fuera del área de inundación	8 (Mal.)
EMA-7	0,50	2,50	250.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques.	Fuera del área de inundación	8,6 (Mal.)
EMA-8	Estimado: 0,50	Estimado: 4,00	Estimado: >3.250.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques	Fuera del área de inundación	7,5 (Mal.)
EMA-9	Estimado: 0,50	Estimado: 4,00	Estimado: >1.000.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques	Fuera del área de inundación	13 (Mal.)

Sector de Empréstito	Espesor Medio Suelo Vegetal (m)	Espesor Medio Material aprovechable (m)	Material de Empréstito Disponible (m³)	Características del Material	Sitio	Distancia media al muro (km)
EMA-10	Estimado: 0,50	Estimado: 4,00	Estimado: >1.300.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques	Fuera del área de inundación	13 (Mal.)
ELA-1	0,50	2,00	150.000	Arenas limosas con algunas gravas, bolones y bloques.	La Mula	0
ELA-2	0,50	2,00	850.000	Arenas limosas con algunas gravas, bolones y bloques.	La Mula	0,9
ELA-3	Estimado: 0,60	Estimado: 2,00	Estimado: > 800.000	Arenas limosas con algunas gravas, bolones y bloques.	La Mula	1,7
ELA-4	0,80	2,00	600.000	Arenas limosas con algunas gravas, bolones y bloques.	La Mula	2,8
ELA-5	1,00	3,00	450.000	Arenas limosas con algunas gravas, bolones y bloques.	La Mula	0
ELA-6	Estimado: 0,80	Estimado: 2,00	Estimado: > 450.000	Arenas limosas con algunas gravas, bolones y bloques.	La Mula	3,5
ELA-7	Estimado: 0,50	Estimado: > 10	Estimado: > 2.500.000	Estimado: Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Terrazas fluviales antiguas.	Fuera del área de inundación	0,5 (La Mula)
ELA-8	Estimado: 0,30	Estimado: > 4,00	Estimado: > 2.500.000	Estimado: Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Terrazas fluviales antiguas.	Fuera del área de inundación	4,1 (La Mula)

Sector de Empréstito	Espesor Medio Suelo Vegetal (m)	Espesor Medio Material aprovechable (m)	Material de Empréstito Disponible (m³)	Características del Material	Sitio	Distancia media al muro (km)
ELA-9	Estimado: 0,40	Estimado: > 4,00	Estimado: > 1.450.000	Estimado: Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Terrazas fluviales antiguas.	Fuera del área de inundación	6,1 (La Mula)
Total estimado en yacimientos			>18.225.000			

Fuente: Elaboración Propia

Las estimaciones preliminares de material necesario para la construcción de los muros de presa es de aproximadamente 2.400.000 m³ en la alternativa La Mula mientras que para la alternativa de Malalcahuello el material necesario asciende a 12.800.000 m³.

Como se puede observar del balance de materiales potencialmente disponible en el entorno, en esta primera fase de proyecto se estima que no exista problema en la obtención de los materiales necesarios para la construcción del muro de la alternativa de embalse La Mula. Sin embargo, debido a las limitaciones propias de un estudio de prefactibilidad, por el que las prospecciones realizadas son igualmente limitadas, en este punto existen dificultades para asegurar la factibilidad en la obtención de los materiales que se harán necesarios para la construcción del muro proyectado en la alternativa Malalcahuello sin incrementar considerablemente los costos asociados.

Además debe señalarse que, los yacimientos localizados que se ubican fuera de la zona inundada, requerirán, en posteriores fases de proyecto, estudios ambientales adicionales.

5.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO

En el estudio hidrológico se determinó la hidrología de caudales medios mensuales en las diferentes ubicaciones de muro propuestas. A su vez, se realizaron los estudios de crecidas para las obras de desvío y aliviadero y la determinación del volumen muerto del embalse para cada sitio de interés a partir del estudio sedimentológico correspondiente. Además se realizó la caracterización hidrogeológica de la zona de estudio.

A continuación se entrega una síntesis de cada uno de estos temas. El estudio completo se presenta en el Anexo D.2 Estudio Hidrológico 3866-0000-IH-INF-002.

Cabe mencionar que el estudio hidrológico también abordó la información referente a derechos de agua y organizaciones de usuarios, sin embargo, este tema se abordó con mayor detalle en el informe.

5.4.1 Hidrología de Recursos de Aguas

5.4.1.1 Estadística

Se identificaron las estaciones DGA de medición de caudales dentro de la zona de estudio, para caracterizar el comportamiento hidrológico de los cauces y contar con información con la cual generar los caudales (en forma sintética) en las cuencas que conforman el sistema Cautín, y que son de interés del proyecto.

Las estaciones Fluviométricas consideradas, fueron las que se muestran en la Figura 5-1 y en la Tabla 5-2.

En la Figura 5-1, se puede observar que las estaciones más representativas para caracterizar el régimen, y por lo tanto, para generar series sintéticas en las secciones de emplazamiento de muros de embalses, son las estaciones Río Cautín en Rari Ruca y Río Blanco en Curacautín. Esto es por la cercanía, ya que todas las subcuencas asociadas a los muros proyectados se encuentran aguas arriba de la estación Río Cautín en Rari Ruca.

Tabla 5-2: Estaciones Fluviométricas

Nombre	Código	Cota (msnm)	Periodo Registro	Area (Km ²)
Río Cautín en Almagro	09140001-4	20	1965-2011	3.223
Río Cautín en Temuco	09129001-4	113	1923-1932	3.048
Río Cautín en Cajón	09129002-2	130	1949-2011	2.794
Río Muco en Puente Muco	09127001-3	250	1950-2011	650
Río Collín en Codahue	09126001-8	250	1996-2011	245
Río Blanco en Curacautín	09122002-4	405	1986-2010	171
Río Cautín en Rari-Ruca	09123001-1	425	1970-2011	1.365

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5-3, se presenta la disponibilidad de información en el período de registro de cada estación.

Tabla 5-3: Disponibilidad de Información Estaciones Fluviométricas

Nombre	Registros Disponibles	Registros Faltantes	% Disponible	% Faltante
Río Cautín en Almagro	527	37	93	7
Río Cautín en Temuco	103	17	86	14
Río Cautín en Cajón	715	41	95	5
Río Muco en Puente Muco	698	46	94	6
Río Collín en Codahue	168	24	87	13
Río Blanco en Curacautín	282	18	94	6
Río Cautín en Rari-Ruca	476	28	94	6

Fuente: Elaboración Propia

Las estaciones con menor cantidad de registros corresponden a estaciones de funcionamiento reciente, como son Río Collín en Codahue (inicio del control julio 1996), y Río Blanco en Curacautín (inicio de control octubre 1986). La estación fluviométrica Río Cautín en Temuco se encuentra suspendida desde noviembre de 1932.

Este mapa detallado muestra la cuenca hidrográfica del río Cautín en Chile, con una cuadrícula de coordenadas geográficas. Las subcuencas están coloreadas y etiquetadas en la leyenda:

- Blanco en Curacautín:** Área amarilla en la parte superior derecha.
- Cautín en RariRuca:** Área de color crema.
- Collín en Codahue:** Área amarilla en el centro.
- Muco en Puente Muco:** Área de color verde claro.
- Cautín en Cajón:** Área de color verde muy claro.
- Cautín en Temuco:** Área de color verde azulado.
- Cautín en Almagro:** Área de color verde oscuro en la parte inferior.

Siete estaciones fluviométricas están marcadas con círculos negros y etiquetadas: **Curacautín**, **Temuco**, **Almagro**, **Collín**, **Muco**, **RariRuca** y **Cajón**. El mapa también muestra una red extensa de ríos, un norte y una escala de 0 a 38 kilómetros.

3866-0000-GA-INF-008_1
Informe Final Consolidado

Para descartar la presencia de valores anómalos desde el punto de vista estadístico, se utilizó el concepto de cuartil de un conjunto de datos. Aplicando dicha metodología, se concluyó que ningún valor de la estadística se encuentra fuera de los rangos límites establecidos como outliers. Es decir, no se detectaron valores anómalos desde el punto de vista estadístico.

Las estaciones de larga extensión de registros, disponen de sobre el 90% de registros, y las estaciones de menor extensión, cuentan con más de un 85% de datos. Esto hace totalmente factible el proceso de relleno de información. Luego, se recurrió a las denominadas regresiones dinámicas, las que permiten correlacionar series que son dependientes en el tiempo, así fue posible correlacionar las series mensuales de cada estación. Aplicando dicha metodología se procedió a rellenar la estadística faltante.

Por otra parte, se verificó que los registros estadísticos son homogéneos ya que en el caso de la función de transferencia entre los caudales medios mensuales de estación Río Cautín en Rari Ruca y Río Blanco en Curacautín, la explicación resultó ser de un 92%.

En el Anexo D.2 Estudio Hidrológico 3866-0000-IH-INF-002 se presenta la estadística rellenada de las estaciones fluviométricas.

5.4.1.2 Régimen de escurrimiento

Para caracterizar el tipo de régimen hidrológico, se construyeron las curvas de variación estacional de seis estaciones fluviométricas emplazadas en la zona del proyecto. Para la elaboración de las curvas de variación estacional, se aplicaron dos modelos probabilísticos, y se seleccionó el de mejor ajuste, mediante un test de bondad del mismo.

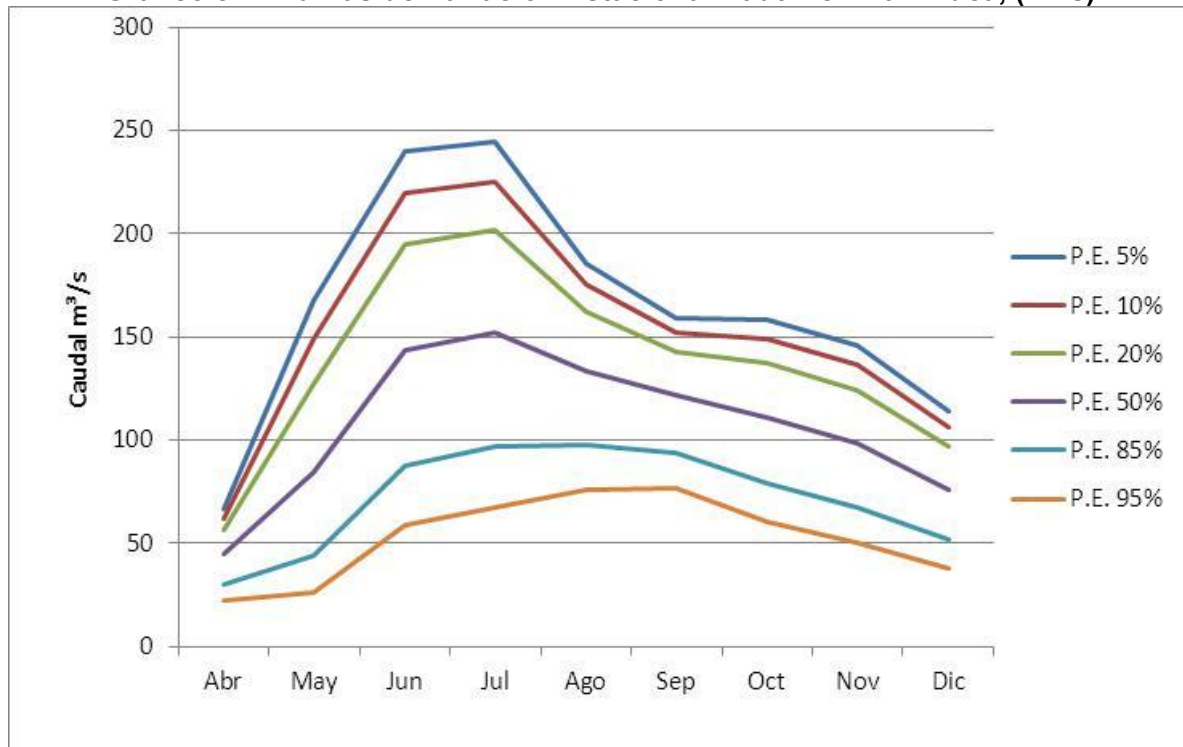
Al analizar las curvas se encontró que el régimen es preferentemente pluvial, con precipitaciones que se presentan a lo largo de todo el año, con un marcado descenso en los meses de verano. A continuación se muestran como ejemplo dos de las seis curvas analizadas. El total de las curvas se presenta en el Anexo D.2 Estudio Hidrológico 3866-0000-IH-INF-002.

Tabla 5-4: Curvas de Variación Estacional Cautín en Rari Ruca, (m³/s)

Pexcedencia (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	66,3	167,6	239,9	244,1	185,2	159,1	158,6	145,8	113,9	72,2	60,5	52,6
10	61,8	148,9	219,5	225,0	175,0	151,8	149,1	136,2	106,1	68,6	57,4	50,0
20	56,3	126,8	194,4	201,4	162,0	142,5	137,2	124,2	96,5	63,9	53,4	46,8
50	44,5	84,5	143,2	152,3	133,5	121,4	111,2	98,4	75,9	53,4	44,6	39,4
85	30,3	43,9	87,5	97,0	97,6	93,8	79,1	67,6	51,4	40,0	33,2	29,9
95	22,4	26,0	59,0	67,7	76,0	76,3	60,3	50,1	37,7	31,8	26,3	24,0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5-1: Curvas de Variación Estacional Cautín en Rari Ruca, (m³/s)



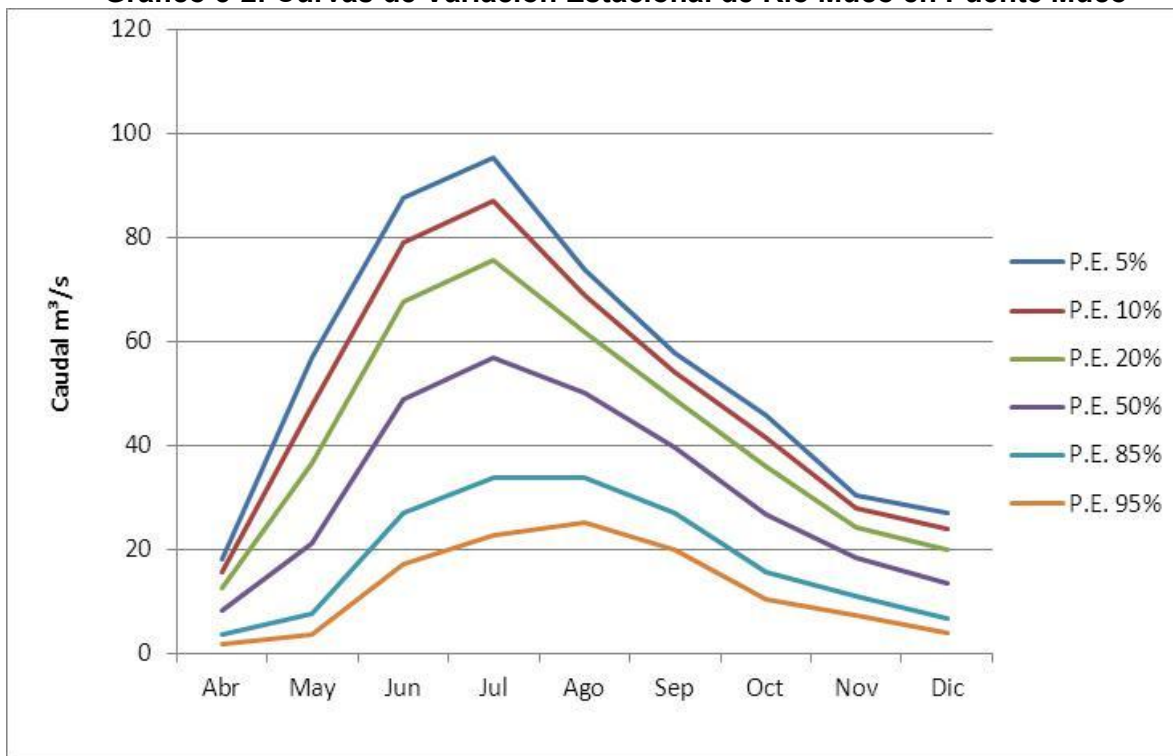
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-5: Curvas de Variación Estacional Río Muco en Puente Muco, (m³/s)

Pexcedencia (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	18,1	56,9	87,7	95,3	73,6	57,9	45,7	30,6	27,0	12,5	10,6	8,7
10	15,7	47,8	79,1	87,0	68,8	54,2	41,6	27,9	23,9	11,5	9,5	8,0
20	12,6	36,5	67,5	75,6	61,9	48,8	35,9	24,3	19,8	10,0	8,1	6,9
50	8,1	21,1	48,9	57,0	50,1	39,6	26,8	18,3	13,5	7,5	5,8	5,2
85	3,6	7,8	27,1	33,9	33,9	27,0	15,7	10,9	6,8	4,5	3,1	3,1
95	1,9	3,6	17,2	22,7	25,1	20,1	10,3	7,3	3,9	3,0	2,0	2,1

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5-2: Curvas de Variación Estacional de Río Muco en Puente Muco



Fuente: Elaboración Propia

5.4.1.3 Caracterización de cuencas no controladas

La producción media de las cuencas sin control fluviométrico, donde se encuentran los emplazamientos propuestos para embalses, se realizó por medio de una trasposición de caudales.

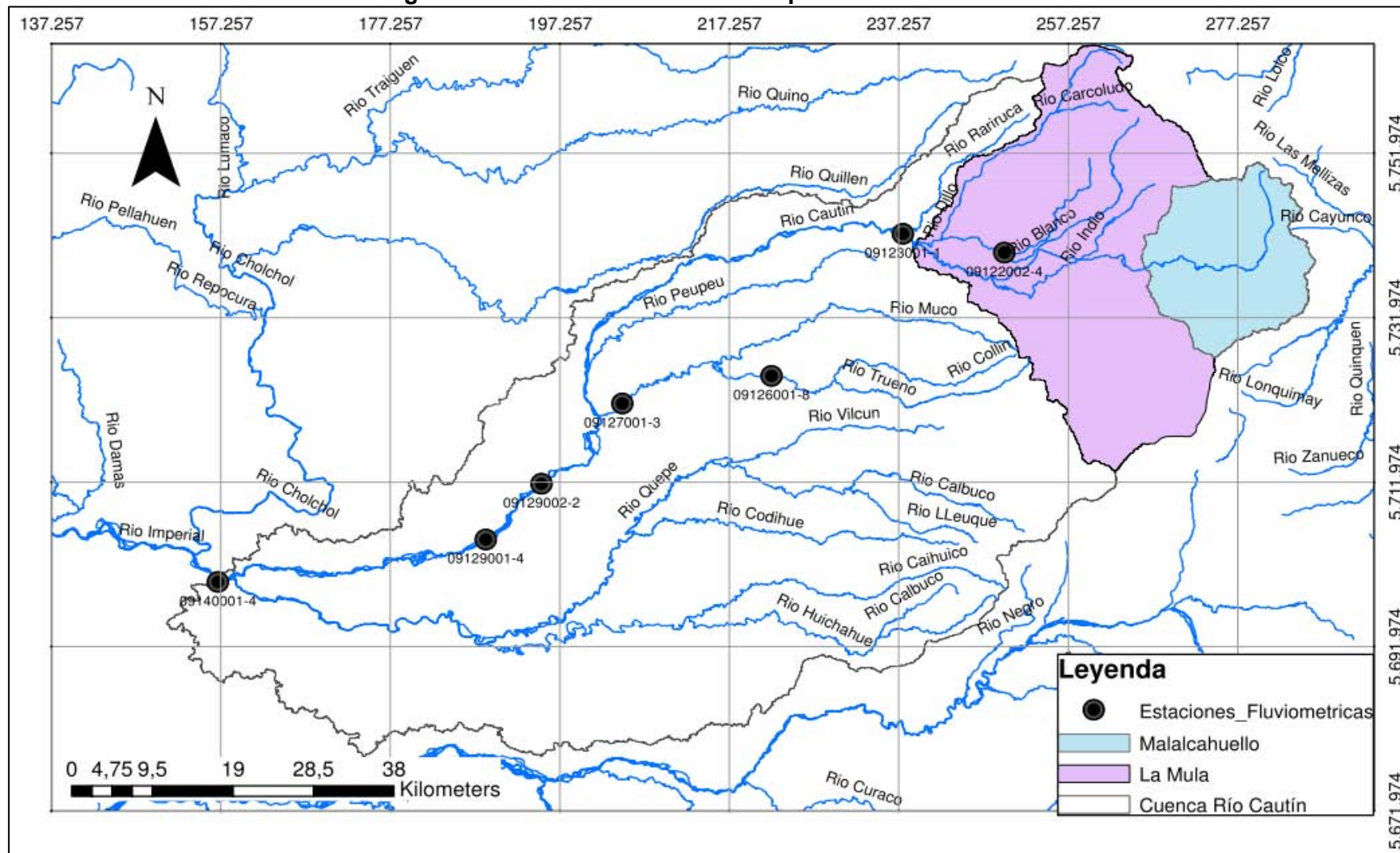
En la Figura 5-2, se presentan las cuencas cuyos puntos de salida se corresponden con el emplazamiento proyectado de muros. En la Tabla 5-6 se muestran las características de las cuencas asociadas a los muros.

Tabla 5-6: Características Cuencas afluentes a Emplazamiento Muros

Muro	Cota Media	Área (km ²)
La Mula	1.138	1.251
Malaicahuello	1.385	321

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-2: Cuencas Afluentes a Emplazamiento Muros



Fuente: Elaboración Propia

La distribución de caudales mensuales obtenida en los puntos de interés, se presenta en la Tabla 5-7:

Tabla 5-7: Caudales Promedio Mensuales en Alternativas de Embalse

Muros	Área (km ²)	Qa [m ³ /s]	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
La Mula	1.251	85,1	48,8	40,7	35,8	41,2	82,9	134,5	141,8	122,0	110,0	102,0	90,7	70,6
Malalcahuello	321	21,0	12,1	10,1	8,9	10,2	20,5	33,2	35,0	30,1	27,2	25,2	22,4	17,4

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1.4 Disponibilidad de recursos superficiales

La siguiente evaluación de la disponibilidad del recurso, se efectúa sobre el total de las aguas producidas en las cuencas definidas por los sitios de emplazamiento de embalses. Esta estimación, no representa ningún factor que influya en el posterior dimensionamiento de los embalses, y es referencial para una potencial gestión futura para solicitud de derechos de aguas.

En los dos emplazamientos de embalse, en donde se estimó su producción media mediante transposición de caudales, además se generaron series pseudohistóricas, sobre las cuales se aplicaron tres modelos probabilísticos, a saber, Normal, Lognormal y Gumbel (Valores Extremos Tipo I); en las planillas de que se adjuntan, se puede observar, que en la aplicación del test de bondad de ajuste (test de Filliben), el modelo seleccionado presenta una correlación cercana al 100% respecto a la relación de datos observados, lo que no hace necesario buscar otro modelo probabilístico de mejor ajuste.

De acuerdo a la norma que se usa para el otorgamiento de nuevos derechos de aguas (Código de Aguas, 2005), los valores de caudales ecológicos máximos son un 20% del caudal medio anual y excepcionalmente hasta un 40% del caudal medio anual. Este último sólo con la autorización del Presidente de la República.

El Ministerio de Obras Públicas adopta como criterio para obtener el caudal ecológico, lo recomendado por el Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, en cuanto a lo siguiente:

- ✓ Caudal igual al 10 % del caudal medio anual
- ✓ Caudal igual al 50 % del caudal mínimo de estiaje del año 95%

En este proyecto se adopta como estimación del caudal ecológico, el valor de un 10% del caudal medio anual.

La Resolución DGA N° del año 1996, menciona que el Fisco, hacia aguas abajo del punto de su captación, deberá dejar pasar un caudal mínimo de 5 m³/s, para la preservación de las condiciones medio ambientales del Río Cautín. Al respecto se menciona que la estación fluviométrica Cautín en Rari Ruca, otorga la oferta de recursos a partir de la cual se desarrolla el balance respectivo entre disponibilidad hidrológica y demanda por derechos de aguas. En este balance se ha considerado un caudal ecológico de un 10% del caudal medio

mensual, con un mínimo de 5 m³/s, con lo cual se garantiza la exigencia de la de la Resolución DGA mencionada.

Luego, en la Tabla 5-8 y Tabla 5-9 se presenta la disponibilidad de recursos hídricos en los sitios de embalse La Mula y Malalcahuello, respectivamente.

Tabla 5-8: Disponibilidad de Recursos La Mula (m³/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q (85%) LN	36,4	30,3	27,2	27,7	39	79,1	87,9	88,7	85,3	71,9	61,3	46,7
Q (85%) VEI	37,1	30,9	27,7	28,4	40,7	81,8	90,6	90,6	86,8	73,5	62,9	47,9
Q (85%) selec.	37,1	30,3	27,7	27,7	39	79,1	87,9	88,7	85,3	71,9	61,3	46,7
Q (95%)	30,8	24,1	22							59	49,3	34,3
Q 10%Qmanual	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Q 20%Qmanual	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Q (ecológico MOP)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Q (ecológico) adoptado	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Q disponible	28,6	21,8	19,2	19,2	30,5	70,6	79,4	80,2	76,8	63,4	52,8	38,2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-9: Disponibilidad de Recursos Malalcahuello (m³/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q (85%) LN	9	7,5	6,7	6,8	9,6	19,5	21,7	21,9	21,1	17,8	15,2	11,5
Q(85%) VEI	9,2	7,6	6,9	7	10,1	20,2	22,4	22,4	21,5	18,2	15,5	11,8
Q (85%) selec.	9,2	7,5	6,9	6,8	9,6	19,5	21,7	21,9	21,1	17,8	15,2	11,5
Q (95%)	7,6	6	5,4							14,6	12,2	8,5
Q 10%Qmanual	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Q 20%Qmanual	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Q (ecológico MOP)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Q (ecológico) adoptado	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Q disponible	7,1	5,4	4,8	4,7	7,5	17,4	19,6	19,8	19	15,7	13,1	9,4

Fuente: Elaboración Propia

En todos los puntos considerados posibles de emplazamiento de muros, se observa escorrentía continua a lo largo del año, pero esto se debe como ya se había comentado en este proyecto, a que las lluvias se producen durante todo el año. Se puede afirmar que se presenta una mayor preponderancia del régimen pluvial. Existe un manifiesto déficit en el mes de marzo.

Se evalúa la disponibilidad hidrológica en la bocatoma del Canal Victoria, considerando demandas preexistentes, y la oferta hidrológica a partir de la estación fluviométrica Cautín en Rari Ruca.

En la Tabla 5-10, se identifican los aportes y demandas del sistema, a partir de la estación fluviométrica Cautín en Rari Ruca. Cada aporte lateral se estima mediante transposición de caudales, utilizando como estadística base, la estación de control recién mencionada.

Tabla 5-10: Aportes y Demandas del Proyecto

Oferta			Demanda	
km	Afluente	Área (km ²)	Resolución DGA	Usuario
0,0	Estación Rari Ruca	1.319,0		
2,0			850/1996	Fisco
2,1				Captación C.A. Kahan
3,5	Estero Rari Ruca	49,5		
6,5	Estero Collimanqui	93,0		
8,9	Estero Cajón	22,0		
12,5	Quebrada Chufquén	18,5		
12,6				BT Canal Chufquén
12,6				Alfredo Domke
12,6				Carmen Sáenz
			29/2007	AES Gener S.A.
			416/2001	Comunidad Indígena I.H.
			116/2001	Inversiones JTM S.A.
24,5	Estero Meco	6,1		
30,5	Estero Guacolda	46,7		
30,5			459/2007	Luis Millacoy
30,5	Estero Curanilahue	5,0		
33,4	Estero Quiñaco	14,4		
			321/2002	Hernán Cañumir
34,5	Quebrada Santa Julia	13,1		
38,0				BT Canal Grob Schmidt
38,0				Essar Lautaro
38,5				A. González
38,8			117/2011	Inversiones JTM S.A.
			115/2011	Inversiones JTM S.A.
41,0				BT Canal Pillalebum
41,0				I. Municipalidad Lautaro
50,1	Estero PeuPeu	165,0		
52,8	Estero Curaco	6,9		
57,0	Río Muco	79,0		
57,1				
63,6	Estero Quintrilpe	40,0		
64,9	Estero Curileo	48,2		
70,7	Estero Llanuco	14,0		
71,0	Estero Pircunche	32,4		
71,5	Río Cautín en Cajón	2.794,0		
71,9	Estero Pumalal	86,2		
72,2	Quebrada Coilaco	15,9		
75,5				BT Canal Gibbs
75,5				Essar Temuco
75,5				U Frontera
75,5				INDUS
77,0	Estero Nilquilco	4,1		
81,8	Estero Truf-Truf	114,5		
83,0				BT Sandoval
83,0				Grove
83,0				Andueza

Fuente: Elaboración Propia

Los factores de transposición de caudales (relación de áreas), junto con los factores de infiltración, fueron calibrados efectuando balances en dos tramos importantes, cuales son:

Tramo 1: Cautín en Rari – Ruca y Cautín en Cajón

Tramo 2: Cautín en Cajón y Cautín en Almagro

Con los parámetros de ponderación de áreas y de infiltración ya calibrados, se procedió a determinar la disponibilidad hidrológica de recursos en el punto de captación del canal proyectado.

Para determinar la disponibilidad hidrológica de recursos en el punto de captación, se efectúa un balance considerando todos los aportes y demandas identificados en la Tabla 5-10. En primer lugar, el balance se efectúa a nivel de derechos permanentes, por cada mes del horizonte de evaluación. De esta forma se define si mensualmente se satisfacen las demandas, o si ello no ocurre, se determinan las alícuotas sobre los derechos de cada usuario.

Efectuado el balance mensual, demandando exclusivamente los derechos de aprovechamiento permanentes, se obtiene que para ningún mes es posible entregar la totalidad de los derechos. El máximo de satisfacción de la demanda de derechos permanentes, alcanza a un 85%, y que se da sólo en el mes de julio, como se muestra en la Tabla 5-11.

Tabla 5-11: Alícuotas en el horizonte de evaluación

Año	abr	May	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar
1970	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1971	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1972	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00
1973	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00
1974	0,91	0,95	1,00	1,00	1,00	0,86	0,95	0,95	1,00	0,95	1,00	1,00
1975	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1976	0,91	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1977	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93	0,92
1978	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,37	0,91
1979	0,89	1,00	0,09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1980	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,64	0,69	0,60	1,00	0,96	0,94
1981	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,64	0,69	0,66	0,32	0,37	0,62
1982	0,64	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,56	0,90
1983	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	1,00	1,00	0,60	0,16	0,21	0,62
1984	0,36	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98
1985	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57	0,58	0,64	1,00	0,59	0,13	0,21	0,90
1986	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,24	1,00
1987	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,24	1,00
1988	1,00	0,66	1,00	0,75	1,00	0,74	1,00	1,00	1,00	0,11	0,24	0,77
1989	0,41	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,81	1,00	0,86	0,25	1,00
1990	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85	0,35	0,11	0,61
1991	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,77	0,81	1,00	1,00	0,62	1,00
1992	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1993	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Año	abr	May	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar
1994	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93	0,94
1995	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,17	0,47	0,94
1996	1,00	1,00	0,69	0,36	0,30	0,63	0,52	0,57	0,18	0,62	0,63	0,50
1997	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,89	0,45	0,86
1998	0,86	0,57	0,05	0,33	0,35	0,31	0,35	0,16	0,50	0,10	0,08	0,34
1999	0,46	0,00	1,00	0,32	1,00	1,00	1,00	0,79	0,62	0,19	1,00	1,00
2000	1,00	0,61	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2001	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,72	0,79	0,58	0,66	0,71	1,00
2002	1,00	1,00	1,00	0,69	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
2003	1,00	0,24	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
2004	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
2005	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	1,00				
2006	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
2007	1,00	0,31	0,22	1,00	0,00	0,02						
2008	0,60	1,00	0,04	1,00	1,00							
2009	0,64	1,00	1,00	1,00								
2010	0,81	0,14	1,00									
2011	1,00	0,44										
Total	67%	74%	83%	85%	82%	76%	76%	75%	66%	53%	36%	53%

Fuente: Elaboración Propia

De este análisis se concluye que no existe disponibilidad de nuevos recursos en el sistema.

De la misma manera, se efectúa un balance considerando los derechos eventuales, que en este caso favorece al Fisco en términos que su otorgamiento antecede a los de otros usuarios. Se concluye que la efectividad de los derechos de aprovechamiento eventuales es de un 58% en el largo plazo. Se obtiene finalmente de este balance el factor de satisfacción de los derechos eventuales.

Con los dos análisis anteriores, se determina la disponibilidad hidrológica en el punto de captación del Canal proyectado. La serie de caudales generada en este punto, fue transpuesta a los sitios de emplazamiento de embalses, según una relación de áreas. Con esto, se dispuso de los caudales de entrada a los embalses, legalmente constituidos a favor del Fisco. La diferencia entre las series, corresponde al aporte lateral del sistema.

5.4.2 Estudio de Crecidas

El estudio de crecidas busca determinar el caudal máximo instantáneo para un evento de crecida de cierto período de retorno, de modo de definir con posterioridad el caudal de diseño de las obras de evacuación del embalse y la seguridad de las obras anexas.

5.4.2.1 Análisis fluviométrico

Para obtener el caudal máximo instantáneo se realizó un Análisis de Frecuencia con las estadísticas de las estaciones fluviométricas de la zona en estudio.

Para el análisis de crecidas, se utilizaron las estaciones fluviométricas de Blanco en Curacautín, y de Cautín en Rari Ruca. Sobre la estadística de caudales extremos, se aplicaron tres modelos probabilísticos, a saber, Normal, Lognormal y Gumbel (Valores Extremos Tipo I). A partir de esos resultados, mediante transposición de caudales, se generaron los caudales máximos para diversos períodos de retorno en los puntos de interés, es decir, en los sitios propuestos de embalses Malalcahuello y La Mula.

Los resultados para las dos cuencas en estudio se presentan a continuación.

Tabla 5-12: Caudales Extremos en Alternativas de Embalse

T (años)	Pexc (%)	La Mula	Malalcahuello
		Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
5	20	605,7	219,7
10	10	679,4	244,6
20	5	740,4	264,7
100	1	854,7	301,1
150	0,7	879,6	308,8
200	0,5	896,5	314,0
500	0,2	947,2	329,4
1000	0,1	982,8	340,0
10.000	0,01	1088,3	370,6

Fuente: Elaboración Propia

5.4.2.2 Análisis pluviométrico

Para el análisis solicitado, no se dispone de la estadística suficiente en calidad, ya que se trata de registros de muy corta extensión. En efecto, la estación pluviométrica en Rari Ruca, dispone de ocho (8) registros.

5.4.2.3 Hidrogramas de crecidas

Para el análisis de los hidrogramas de crecidas, se utilizó como antecedente la publicación de la Dirección General de Aguas, "Precipitaciones Máximas en 24, 48 y 72 horas", en particular el Mapa "Los Ángeles", donde se encuentran las Isoyetas de precipitaciones máximas en 24 hrs y período de retorno 10 años.

En cada uno de los sitios propuestos para embalses, se construyeron hidrogramas de crecidas, mediante el método del Hidrograma Unitario Sintético.

Se destaca que esta metodología presenta la utilidad en cuanto a definir las propiedades del hidrograma, tales como tiempo base, tiempo al peak, y la forma. Al disponer de estadística de caudales de crecidas en las estaciones Cautín en Rari Ruca y Blanco en Curacautín,

mediante transposición de caudales, se hace posible estimar los caudales extremos en los sitios de interés, y por lo tanto, los caudales peak para los hidrogramas.

Para la alternativa de embalse La Mula se construyen los hidrogramas de crecidas para la sección donde se encuentra la estación fluviométrica Cautín en Rari Ruca, cuyos parámetros se presentan en la Tabla 5-13:

Tabla 5-13: Parámetros morfológicos de la Cuenca Asociada a Rari Ruca

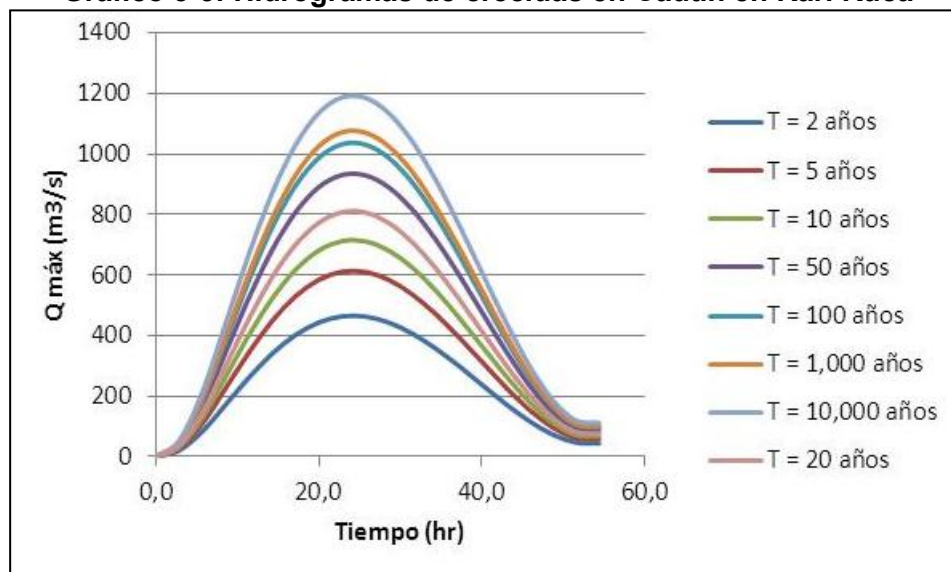
Parámetros	Unidades	Valor
Área Cuenca	A (km ²) =	1.365
Cota máxima de la cuenca	Hmax (msnm) =	3050
Cota de salida de la cuenca	Hsal (msnm) =	425
Longitud del Cauce principal	L (km) =	65,3
Longitud desde el CG hasta la salida	Lg (km) =	30,3
Desnivel máximo de la cuenca	H (m) =	2625
Pendiente media de la cuenca	S (m/m) =	0,00029

Fuente: Elaboración Propia

Para la construcción del hidrograma de crecida, se hizo uso del El Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuenas sin Información Fluviométrica, de la Dirección General de Aguas, se encuentra disponible en página de esa institución. Se destaca que esta metodología presenta la utilidad en cuanto a definir las propiedades del hidrograma, tales como tiempo base, tiempo al peak, y la forma, propiedades que son funciones de las propiedades geomorfológicas de la cuenca.

En el Gráfico 5-3 se presentan los hidrogramas generados para la cuenca aportante a la estación Cautín en Rari Ruca.

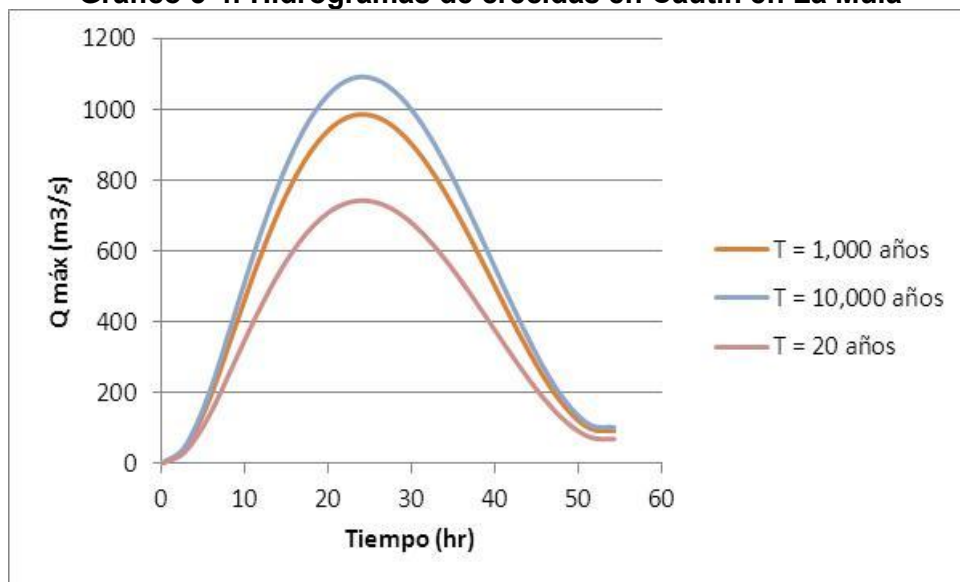
Gráfico 5-3: Hidrogramas de crecidas en Cautín en Rari Ruca



Fuente: Elaboración Propia

Los hidrogramas recién contruidos, se transponen en cuanto a caudal peak, y con ellos, se obtienen los hidrogramas de crecidas en La Mula, los que se muestran en el Gráfico 5-4.

Gráfico 5-4: Hidrogramas de crecidas en Cautín en La Mula



Fuente: Elaboración Propia

Para la alternativa de embalse Malalcahuello se repite el procedimiento recién efectuado para el caso del sitio de emplazamiento del embalse La Mula. En la Tabla 5-14 se entregan los parámetros morfológicos de la cuenca aportante a la estación Río Blanco en Curacautín.

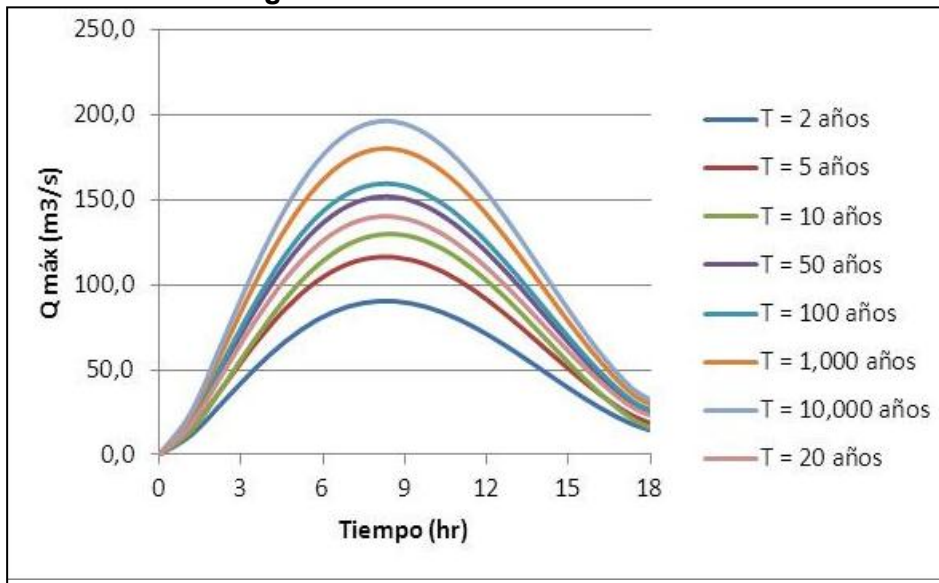
Tabla 5-14: Parámetros morfológicos de la Cuenca asociada a Río Blanco en Curacautín

Parámetros	Unidades	Valor
Área Cuenca	A (km ²)	170,86
Cota máxima de la cuenca	Hmax (msnm)	3050
Cota de salida de la cuenca	Hsal (msnm)	2721,4
Longitud del Cauce principal	L (km)	8,2
Longitud desde el CG hasta la salida	Lg (km)	3,8
Desnivel máximo de la cuenca	H (m)	328,6
Pendiente media de la cuenca	S (m/m)	0,00029

Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo el procedimiento del Manual de la Dirección General de Aguas para la construcción del hidrograma de crecidas, mediante el Hidrograma Unitario Sintético, se obtiene el siguiente gráfico:

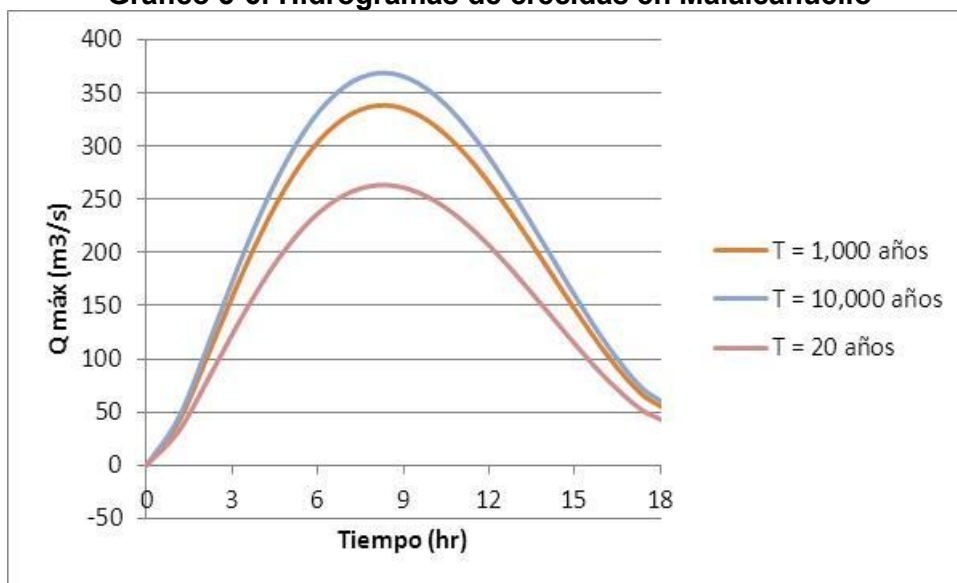
Gráfico 5-5: Hidrogramas de crecidas en Río Blanco en Curacautín



Fuente: Elaboración Propia

Los hidrogramas recién contruidos, se transponen en cuanto a caudal peak, y con ellos, se obtienen los hidrogramas de crecidas en Malalcahuello Gráfico 5-6, manteniendo longitud base y tiempo al peak.

Gráfico 5-6: Hidrogramas de crecidas en Malalcahuello



Fuente: Elaboración Propia

5.4.3 Estudio Sedimentológico

El estudio sedimentológico se orientó a estimar el volumen de sedimento que quedará depositado en el embalse. Para esto, se levantaron antecedentes hidrológicos, topobatemétricos y sedimentométricos de los cauces y de la zona en estudio. Se determinó de esta manera el volumen de sedimentos que ingresará al embalse mediante el transporte en suspensión y arrastre de fondo.

Se concluyó que los volúmenes de sedimentos más finos, movilizados mediante transporte en suspensión y depositados en los vasos de los embalses, para los dos posible zonas de ubicación del embalse, se espera que colmaten cerca de un 0,1% para el embalse Malalcahuello y un 3,7% para La Mula de su capacidad proyectada.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a los volúmenes de sedimentos producido por el arrastre de fondo, el embalse Malalcahuello se ubica en una zona con mayor pendiente lo que genera una mayor capacidad de arrastre, por lo que se produce una mayor cantidad de sedimento a diferencia de La Mula que se emplaza en un tramo del cauce con menor pendiente.

En la Tabla 5-15 se detallan los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla 5-15: Resumen de Volumen Retenido

Embalse	Sedimento en Suspensión Afluente				Sedimentos de Arrastre de Fondo			
	(kg/día)	(ton/año)	(ton/año 50)	Vol. retenido (m³)	(kg/día)	(ton/año)	(ton/año 50)	Vol. retenido (m³)
Malalcahuello	20.317	7.416	370.786	316.004	541.921	197.801	5.741.685	3.189.825
La Mula	650.257	237.344	11.867.188	8.607.553	222.297	81.138	2.355.247	1.308.471

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado se obtuvo que para el embalse Malalcahuello el volumen de sedimento atrapado al cabo de la vida útil del embalse (50 años) es 3,5 hm³, lo que representa una merma en el volumen proyectado de menos de un 2%. Para el embalse La Mula la disminución de la capacidad inicial del embalse alcanza los 9,9 hm³, lo que significa un 4,3% de pérdida de capacidad a embalsar.

5.4.4 Hidrogeología

Este apartado tiene como objetivo caracterizar la hidrogeología de la zona de emplazamiento del proyecto. Se trata de identificar la existencia de acuíferos importantes, y evaluar la potencial intervención que el proyecto de embalse podría generar.

En la revisión de información, no se encontraron antecedentes específicos de la zona de proyecto. De esta forma, se efectúa una caracterización hidrogeológica global, y a partir de ese contexto general se sitúa el proyecto en un marco local, orientado a evaluar su posible impacto sobre el embalse subterráneo.

5.4.4.1 Clima

La cuenca del río Cautín presenta un clima templado frío lluvioso con influencia mediterránea, propio del sector precordillerano de la región. Este tipo climático se caracteriza por presentar precipitaciones a lo largo de todo el año aunque los meses de verano presentan menor pluviosidad que los meses invernales.

Tabla 5-16: Estaciones Pluviométricas Representativas del Proyecto

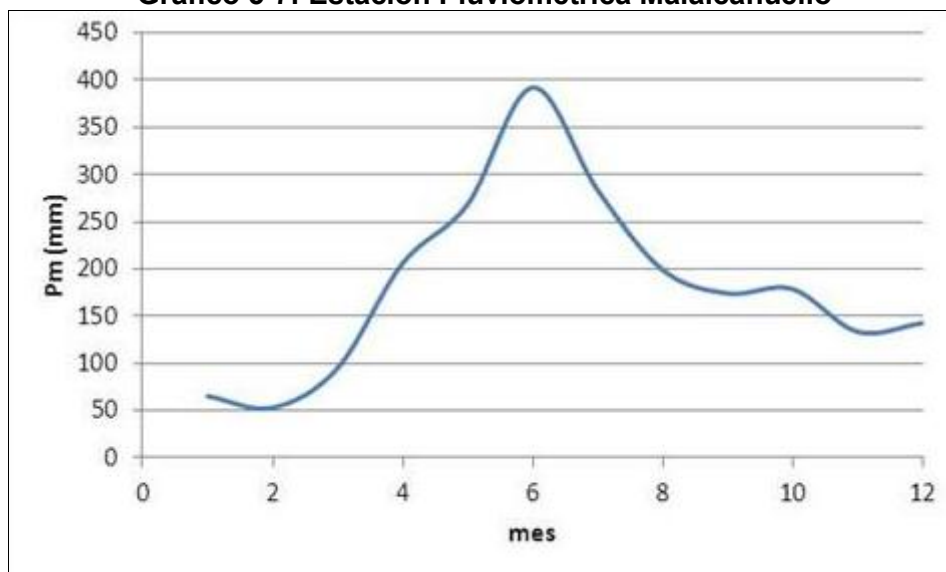
Estación	Cota (m.s.n.m.)	Pp total anual (mm)
Malalcahuello	950	2.245
Curacautín	500	1.715
Rari-Ruca	455	1.569
Traiguén	170	1.009
Perquenco	290	1.205
Lautaro	210	1.238
Galvarino	40	921

Fuente: Elaboración Propia

En el sector de Malalcahuello (950 m.s.n.m.), se registran anualmente 2.245 mm, y en la zona baja de Galvarino, la precipitación total anual suma 921 mm, dándose el comportamiento habitual del gradiente de precipitaciones, que a mayor altura, mayor es el nivel de precipitaciones.

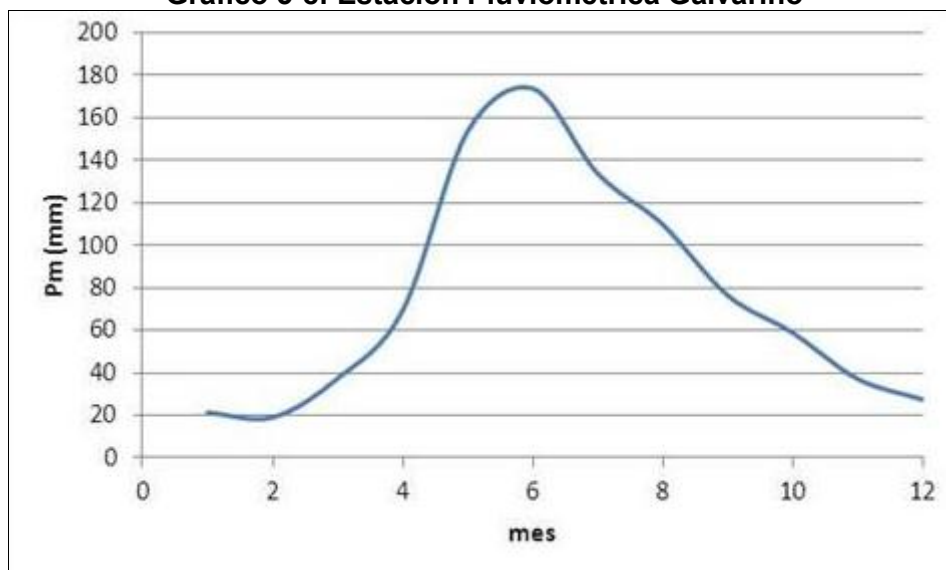
En el Gráfico 5-7 y Gráfico 5-8, se puede observar la característica de esta zona, en que se presentan precipitaciones a lo largo de todo el año, con un marcado descenso en los meses de verano.

Gráfico 5-7: Estación Pluviométrica Malalcahuello



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5-8: Estación Pluviométrica Galvarino



Fuente: Elaboración Propia

El mes más frío tiene una temperatura media comprendida entre 18°C y -3°C, y la media del mes más cálido supera los 10°C. Las temperaturas no sufren una gran variación por latitud, siendo la unidad térmica y lo poco significativo de las oscilaciones, una notable característica de este clima.

En el Balance Hídrico Nacional (Dirección General de Aguas), se presentan las isoyetas de la zona, construidas con los registros en veintiocho estaciones pluviométricas, las que se presentan a continuación:

Tabla 5-17: Estaciones Pluviométricas consideradas en Balance Hídrico Nacional DGA

Código BNA	Nombre	Cota [msnm]	Periodo de Registro
08304004-1	Lonquimay	920	1987-2011
08343002-8	Encimar Malleco	520	1988-2011
09101003-8	Tranaman	100	1988-2011
09102003-3	Lumaco	70	1948-2011
09104003-4	Las Mercedes (Victoria)	350	1986-2011
09105002-1	Traiguén	170	1979-2011
09111002-4	Quillén	250	1959-2011
09112000-3	Perquenco	290	2002-2011
09114001-2	La Cabaña	625	1988-2011
09116001-3	Río Chol-Chol En Chol-Chol	20	2004-2011
09116002-1	Chol-Chol	20	1987-2011
09120002-3	Manzanar	790	1972-1988
09120003-1	Malalcahuello	950	1988-2011
09122001-6	Curacautín	500	1970-2011
09122003-2	Tolhuaca	1350	1971-1975
09123001-1	Río Cautín En Rariruca	425	2001-2011
09123002-K	Rari-Ruca	455	1992-2001
09124001-7	Lautaro	210	1953-2011

Código BNA	Nombre	Cota [msnm]	Periodo de Registro
09129002-2	Río Cautín En Cajón	130	2001-2011
09129004-9	Cerro Nielol	175	1974-1989
09129005-7	Pueblo Nuevo (Temuco)	100	1953-2011
09130001-K	Cherquenco	500	1987-2011
09135004-1	Freire Campamento Fiscal	100	1969-1981
09140001-4	Río Cautín En Almagro	20	2005-2011
09153001-5	Puerto Saavedra	5	1979-2011
09401001-2	Tricauco	520	1988-2011
09403001-3	Cunco	380	1970-2011
09404002-7	Los Laureles	260	1939-2011

Fuente: Dirección General de Aguas

Y las respectivas curvas isoyetas, se presentan en la Figura 5-3, donde se puede observar la tendencia típica en cuencas del país, con un gradiente de precipitaciones directamente proporcional con la altitud; en efecto, las isoyetas de mayor precipitación, se manifiestan en cotas mayores.

Las curvas isoyetas permiten diferenciar valores de recarga subterránea bruta, con un valor medio entre curvas sucesivas.

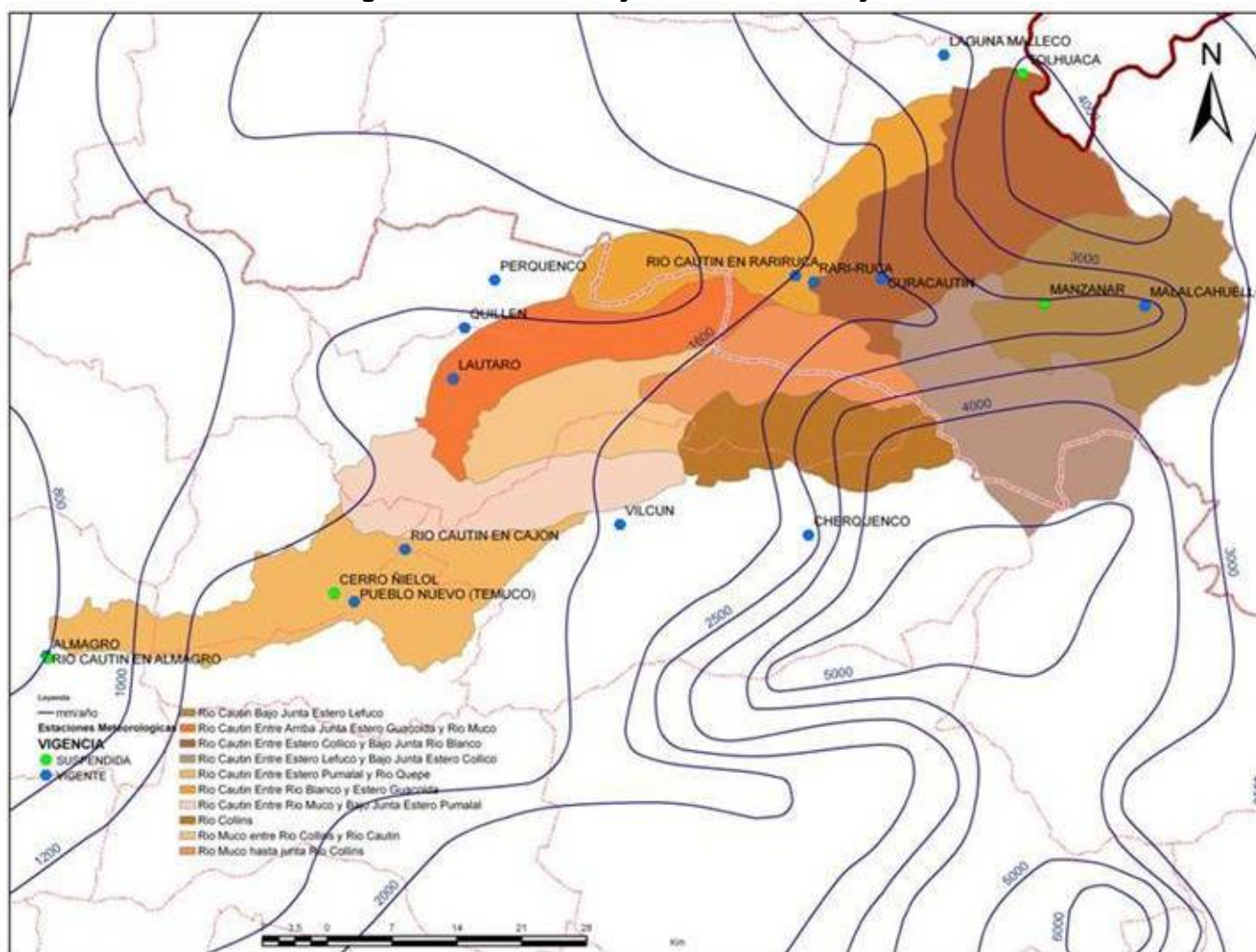
5.4.4.2 Geomorfología

La cuenca del río Cautín se caracteriza por sus escasas altitudes que difícilmente sobrepasan los 2.400 m.s.n.m. y pendientes por lo general menores del 60%. Es una cuenca pre andina en la que se distinguen dos formaciones: La Cordillera de los Andes y la Depresión Intermedia.

La Cordillera de los Andes se presenta con una altura promedio de 2.000 m.s.n.m., destacando como máximas alturas el volcán Llaima (3.124 m.s.n.m.), Sierra Nevada (2.580 m.s.n.m.) y el Volcán Lonquimay (2.822 m.s.n.m.). Una gran cantidad de torrentes menores y lagos de diversos tamaños completan el relieve cordillerano, modelado en gran parte por la actividad volcánica. En este sector se presentan pendientes entre 60-100%.

La Depresión Intermedia está caracterizada por planicies, lomajes y cerros que en general no superan los 300 m.s.n.m. Esta planicie se encuentra colmatada con depósitos de origen fluvial, glacial y volcánico que se reparten en forma homogénea. Los terrenos son planos sin mayores accidentes y pendientes que varían entre 0 y 30%. En estos sectores se conforman las zonas acuíferas.

Figura 5-3: Curvas Isoyetas Zona del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia

5.4.4.3 Unidades hidrogeológicas

En la Figura 5-4, se presenta un corte del Mapa Hidrogeológico de Chile, que muestra las características de la zona de estudio. En la parte alta de la cuenca, destaca la existencia de permeabilidad muy baja debido a la presencia de formaciones rocosas de origen volcánico del período Terciario y Cuaternario, período en el cual también se han formado los volcanes de Tolhuaca, Lonquimay, Sierra Nevada y Llaima, que son los formadores del relieve de la zona.

Las formaciones rocosas están constituidas principalmente por andesitas e ignimbritas que adoptan la forma de coladas, brechas y tobas de baja permeabilidad y que forman el basamento de esta zona. De acuerdo a las características de permeabilidad, las infiltraciones escurren al acuífero por el subsuelo hasta las depresiones de las cuales el cauce del río Cautín forma parte de una zona de material no consolidado o relleno bajo.

Junto al río Cautín se encuentra asociado un acuífero que escurre hacia la depresión intermedia ampliándose al sur de la ciudad de Curacautín, a través de material no consolidado formado principalmente por depósitos aluviales. Destacan en este sector los bajos niveles freáticos, registrando el pozo DGA de Lautaro, una profundidad de sólo seis (6) metros.

Desde el sector de Lautaro, el acuífero se divide en dos: uno de ellos sigue la orientación del río Quillén y Quino (por el norte); el otro, gira hacia el sur siguiendo la orientación del Cautín el que posteriormente, a la altura de Temuco, se orienta hacia la costa juntándose con el acuífero del este que viaja paralelo al río Quepe.

Figura 5-4: Características Hidrogeológicas Cuenca del río Imperial (Escala 1:1.000.000)



Fuente: Mapa Hidrogeológico de Chile, SERNAGEOMIN



Rellenos Cuaternarios, buen acuífero

En el sector de Nueva Imperial se reúnen los acuíferos procedentes desde el norte y este, para escurrir a través de rocas paleozoicas de nula permeabilidad junto al río Imperial, hasta su desembocadura en Puerto Saavedra. Este último tramo, destaca por la alta productividad de los pozos y baja profundidad del nivel freático.

5.4.4.4 Influencia del Proyecto

La zona propuesta de emplazamiento del proyecto se encuentra sobre una unidad permeable, con baja zona aportante relativa de recarga, ya que ambos sitios propuestos se hallan cercanos a la cabecera de la cuenca del Río Cautín.

En la Figura 5-5, que corresponde a una ampliación local de las características hidrogeológicas del Río Itata, queda de manifiesto que el emplazamiento de los embalses proyectados no presenta una zona de recarga relativa importante, lo que transforma a la recarga directa del río en la principal fuente de alimentación del acuífero en esa zona.

Figura 5-5: Características Hidrogeológicas



Fuente: Mapa Hidrogeológico de Chile, SERNAGEOMIN

En términos de caudales medios, y por lo tanto, de recarga media, el proyecto no afecta al acuífero. Un aspecto relevante de evaluar es verificar si la regulación de la recarga es modificada por las obras de embalses, y esto se efectúa mediante el uso del autocorrelograma de las distintas series de caudales.

El autocorrelograma de una serie temporal, se determina calculando la correlación de una serie consigo misma pero desfasada. De esta manera se construye una tabla de desfases versus autocorrelación. Esto sirve para identificar ciclos, y además, la regulación de un sistema, es decir, a partir de qué período los eventos del pasado ya no influyen.

En los sitios seleccionados como alternativa para emplazamiento de muros se determinaron los autocorrelogramas de las series de caudales medios. Estos autocorrelogramas son equivalentes en ambas alternativa ya que ambas series provienen de la transposición de caudales de la serie de caudales registrados en la estación Cautín en Rari Ruca. En la Tabla 5-18 se presenta el autocorrelograma de la serie mensual de caudales.

Tabla 5-18: Autocorrelograma serie mensual de caudales

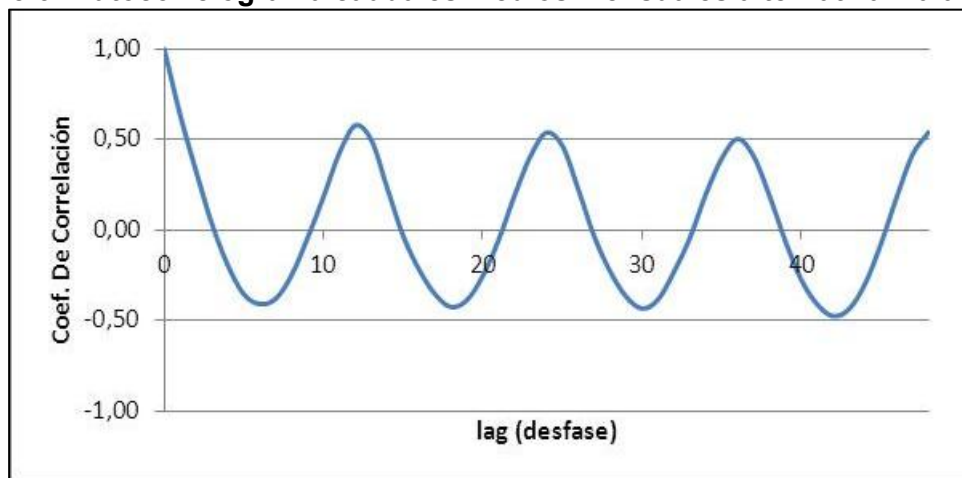
lag (meses)	Coefficiente Correlación
0	1,00
1	0,64
2	0,32
3	0,03
4	-0,20
5	-0,35
6	-0,41
7	-0,38
8	-0,25
9	-0,04
10	0,19
11	0,43
12	0,58
13	0,50
14	0,23
15	-0,03
16	-0,22
17	-0,35
18	-0,42
19	-0,39
20	-0,25
21	-0,05
22	0,19
23	0,41
24	0,54
25	0,47
26	0,23
27	-0,03
28	-0,23
29	-0,37
30	-0,43
31	-0,38
32	-0,23
33	-0,04
34	0,20
35	0,40
36	0,50

lag (meses)	Coefficiente Correlación
37	0,41
38	0,19
39	-0,06
40	-0,27
41	-0,41
42	-0,47
43	-0,44
44	-0,30
45	-0,08
46	0,19
47	0,42
48	0,54

Fuente: Elaboración Propia

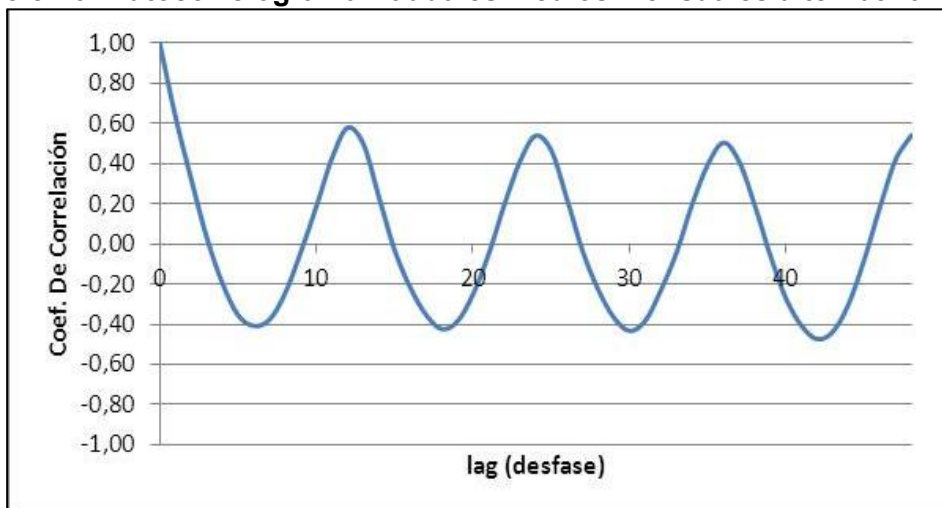
En el Gráfico 5-9 y Gráfico 5-10 se muestra que los caudales medios mensuales en ambas alternativa son influenciados sólo hasta el tercer mes previo (coeficiente de regulación casi nulo). Un embalse afectaría positivamente al acuífero en la medida que estos autocorrelogramas presentaran un desfase de independencia mayor a los tres meses, y viceversa, ya que se estaría favoreciendo la regulación del acuífero.

Gráfico 5-9: Autocorrelograma caudales medios mensuales alternativa Malalcahuello



Fuente: Elaboración Propia

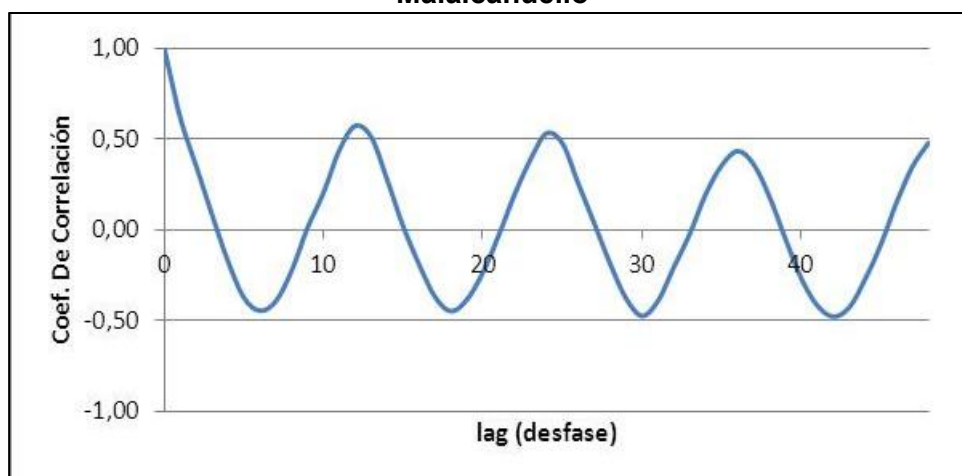
Gráfico 5-10: Autocorrelograma Caudales medios mensuales alternativa La Mula



Fuente: Elaboración Propia

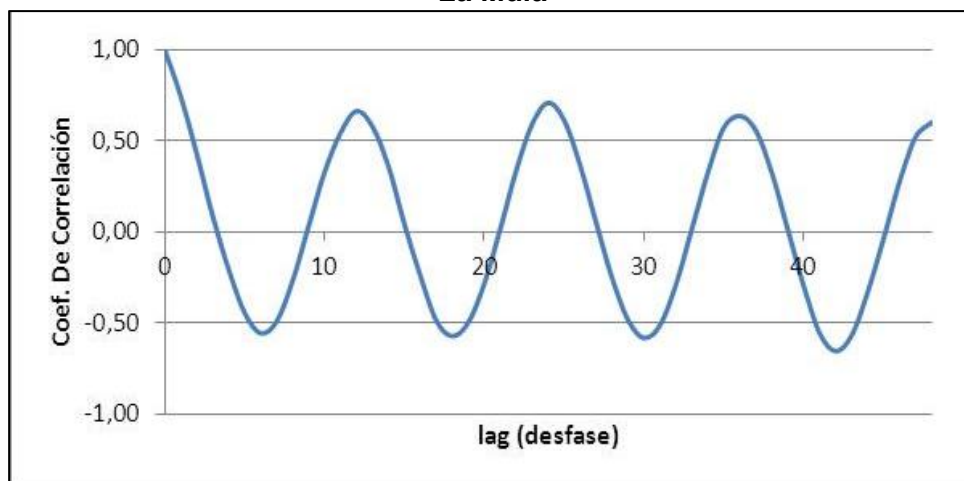
Utilizando los resultados del modelo de operación de embalses, se construyeron los autocorrelogramas de las series de caudales de riego, para diversos volúmenes de embalses, y no se registró mayor variación en las independencias de las series.

Gráfico 5-11: Autocorrelograma caudales medios mensuales caudal vertido alternativa Malalcahuello



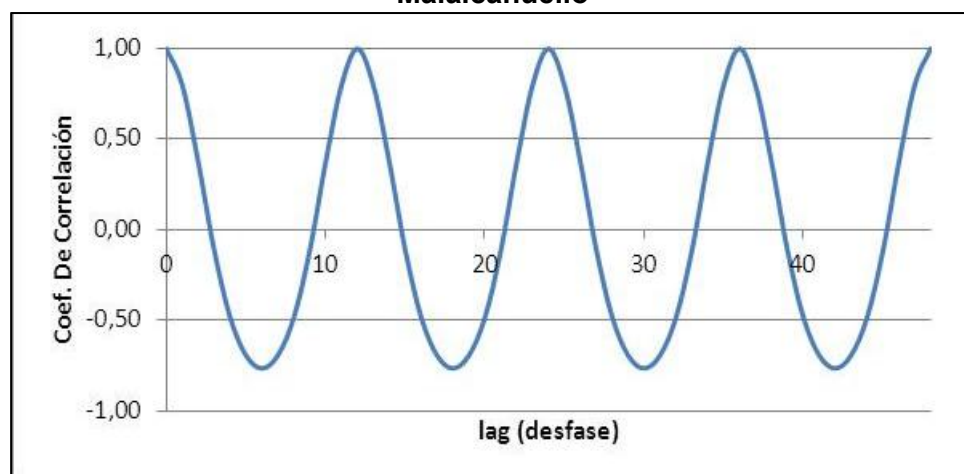
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5-12: Autocorrelograma caudales medios mensuales caudal vertido alternativa La Mula



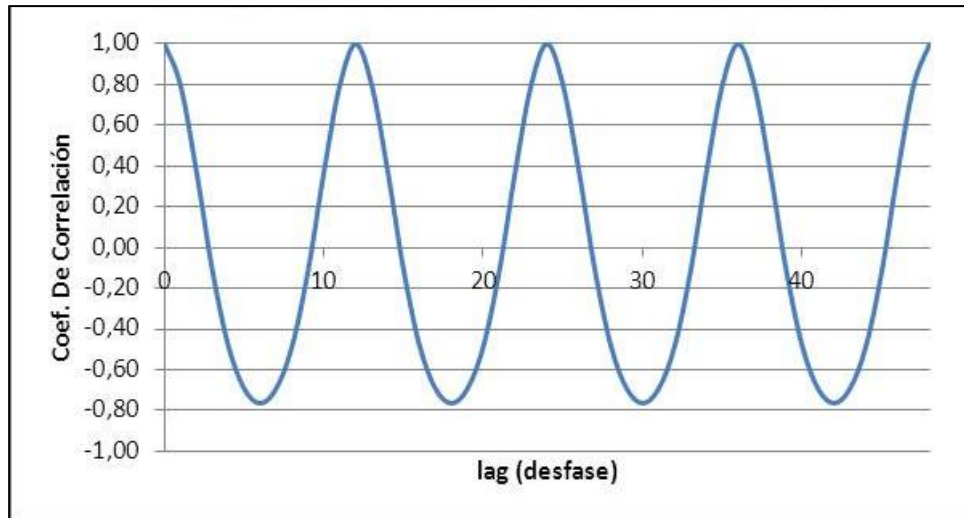
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5-13: Autocorrelograma caudales medios mensuales caudal riego alternativa Malalcahuello



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5-14: Autocorrelograma caudales medios mensuales caudal de riego alternativa La Mula



Fuente: Elaboración Propia

Del análisis del Gráfico 5-11 al Gráfico 5-14, se concluye que el embalse para ambas alternativas analizadas no presenta ninguna influencia en la dinámica de recarga del acuífero.

5.5 ESTUDIO RIESGO SÍSMICO

Se ha determinado la peligrosidad sísmica uniforme para el proyecto, logrando una primera aproximación a la incorporación de los efectos de sitio sobre la base de estudios geofísicos previos realizados en la zona de estudio. Para lo anterior se generó una completa base de datos con la sismicidad histórica registrada en la zona, clasificando los eventos según fuente sismogénica.

Por otro lado se han formulado las leyes de Gutenberg-Richter que definen la productividad sísmica de la zona, obteniéndose las mayores tasas de productividad sísmica asociadas a la fuente interplaca, seguido de la fuente intraplaca de profundidad intermedia y sismicidad cortical.

Con el fin de determinar la sismicidad en el lugar de emplazamiento de las futuras obras, se aplicaron leyes de atenuación por intensidad y aceleración horizontal máxima del suelo a cada uno de los sismos registrados en la zona, para luego cuantificar, mediante un análisis probabilístico, las probabilidades de excedencia de los parámetros de evaluación, en función de distintas vidas útiles de las obras asociadas a distintos periodos de retorno.

Los resultados obtenidos para la condición de sismo de diseño (10% de probabilidad de excedencia en 50 años) constan de valores esperados de intensidad 7,00 MM para sismicidad interplaca, 7,37 MM para fuente intraplaca de profundidad intermedia, y 4,36 MM para sismicidad cortical.

En términos de aceleración máxima horizontal del suelo, se obtuvieron valores esperados de 0,12g, 0,37g y 0,017g para las sismicidades interplaca, intraplaca de profundidad intermedia y cortical respectivamente.

Con respecto de las aceleraciones verticales, dadas las limitaciones del caso, es posible señalar que éstas quedan fuertemente condicionadas por efectos locales y efectos de fuente cercana. De los resultados del análisis, y ante la inexistencia de leyes de atenuación locales para aceleraciones verticales, resulta no viable un abordaje probabilista en este sentido. Los análisis preliminares entregan valores para las aceleraciones verticales que en promedio no superan el 60% de las aceleraciones horizontales.

Por otra parte, luego de cuantificar una primera aproximación a posibles amplificaciones locales en el lugar de emplazamiento de las obras (efectos de sitio), se determinaron las funciones de transferencia en función del periodo fundamental de vibración de los suelos, según lo cual se esperarían mayores factores de amplificación para suelos que presenten periodos fundamentales de vibración menores a 0,3 seg.

Cabe destacar que los factores de amplificación aplican solo a los estratos superficiales del subsuelo, donde por lo general son fundadas las obras secundarias del proyecto. Acorde a estos resultados y con el fin de cuantificar de mejor forma los efectos de sitio en los puntos de interés, se recomienda determinar de forma precisa los periodos predominantes de vibración del suelo en base a campañas experimentales de prospección sísmica.

El estudio completo se presenta en el Anexo D.3 Estudio Riesgo Sísmico 3866-0000-GE-INF-002.

6 CARACTERIZACIÓN AGROPECUARIA EN SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se presenta la caracterización agropecuaria en situación actual. Mayor detalle se presenta en el Anexo D.5 Estudio Agroeconómico 3866-0000-AG-INF-005.

6.1 SECTORIZACIÓN

El área de estudio del mejoramiento del riego en la cuenca del río Cautín abarca una superficie de 104.782 ha, de las cuales alrededor de 84.000 ha tienen potencial agrícola, de éstas apenas 4.100 ha son regadas en la actualidad. Las potenciales áreas beneficiadas por este proyecto, que contempla tanto la construcción de una red de canales como de un embalse en el río Cautín que regule sus aguas, están insertas en las comunas de Victoria, Traiguén, Lautaro, Perquenco y Galvarino.

Debido a la extensión del área de influencia, junto a la gran cantidad de canales que son necesarios de implementar para la óptima distribución del riego, se ha considerado un alto número de sectores, el que es coincidente con la sectorización originalmente utilizada en el estudio del Canal Victoria-Traiguén-Lautaro elaborado por la empresa CADE IDEPE Consultores en Ingeniería para la Dirección de Obras Hidráulicas en el año 1992.

Esta sectorización considera un total de 19 sectores que son alimentados por el Matriz Victoria y 9 sectores alimentados por el Matriz Traiguén, cuyos deslindes se presentan a continuación, separados por cada matriz:

Sectores alimentados por el Matriz Victoria:

La Isla (1):	Norte: Canal Derivado La Isla Sur: Río Cautín Oriente: Canal Derivado La Isla y Río Cautín Poniente: Estero
El Carmen (2):	Norte: Estero Chaquilaco Sur: Canal Chufquén y Río Cautín Oriente: Canal Victoria Poniente Estero Guacolda
La Parra (3):	Norte: Estero Guacolda Sur: Estero Chaquicalco Oriente: Canal Victoria Poniente Estero Guacolda
Quillén (4):	Norte: Río Quillén Sur: Estero Guacolda Oriente: Canal Victoria Poniente: Río Quillén

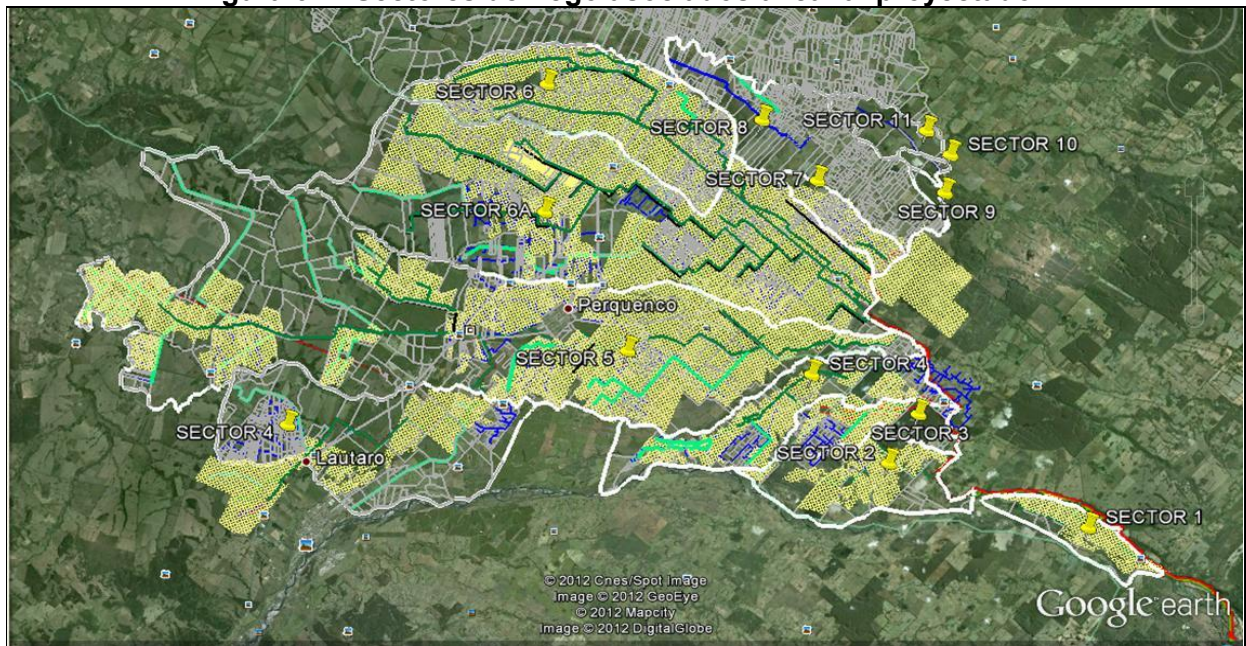
Perquenco (5):	Norte: Estero Perquenco Sur: Río Quillén y Canal Chufquén Oriente: Canal Victoria Poniente: Canal Chufquén
Las Vertientes (6):	Norte: Estero Linquelahue Sur: Estero Cullinco Oriente: Canal Victoria Poniente: Esteros Linquelahue y Cullinco
Púa (6A):	Norte: Esteros Cullinco y El Salto Sur: Esteros Perquenco y Rehuecoyán, Canal Chufquén Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Púa y Canal Chufquén
Bayo Toro (7):	Norte: Estero El Salto Sur: Estero Linquelahue Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Cullinco
Las Cardas (8):	Norte: Estero Huillenlebu Sur: Estero El Salto Oriente: Canal Victoria Poniente: Canal Traiguén
Maria Luisa (9):	Norte: Estero Medahue Sur: Estero Huillinlebu Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Huillinlebu
Medahue (10):	Norte: Derivado Huillenlebu Sur: Estero Huillinlebu Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Huillinlebu
Huillinlebu (11):	Norte: Río Quino Sur: Estero Huillinlebu Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Huillinlebu
Pailahueque (12):	Norte: Estero Arquenco Sur: Río Quino Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Arquenco
Quipul (13):	Norte: Estero Ralungo y Estero Chanco Sur: Estero Arquenco Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Chanco

Cahuín (14):	Norte: Estero Chanco Sur: Estero Ralungo Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Chanco
Cerro Verde (15):	Norte: Estero Tricauco Sur: Estero Chanco Oriente: Canal Victoria Poniente: Canal Traiguén
Lucía (16):	Norte: Quebrada Cerro Verde Sur: Estero Tricauco Oriente: Canal Victoria Poniente: Estero Tricauco
Victoria (17):	Norte: Río Traiguén Sur: Estero Tricauco Oriente: Derivado Pelé Poniente: Ciudad de Victoria
Victoria – Quilapán (18):	Norte: Río Traiguén Sur: Estero Tricauco Oriente: Canal La Turbina, Canal Victoria y Carretera 5 Sur Poniente: Esteros Tricauco y Quilapán
Sectores alimentados por el Matriz Traiguén:	
Salto – Quino (A):	Norte: Río Quino Sur: Estero El Salto Oriente: Matriz Traiguén Poniente: Río Quino y Estero El Salto
Quino – Chanco (B):	Norte: Estero Chanco Sur: Río Quino Oriente: Matriz Traiguén Poniente: Río Quino y Estero Chanco
Chanco – Manzanaco (C):	Norte: Estero Manzanaco Sur: Estero Chanco Oriente: Matriz Traiguén Poniente: Esteros Chanco y Manzanar
Manzanaco – Tricauco (D):	Norte: Estero Tricauco y Qda. San Florentino Sur: Esteros Manzanaco y Licura Oriente: Matriz Traiguén Poniente: Río Quino

Manzanaco (E):	Norte: Estero Tricauco Sur: Qda. San Florentino Oriente: Matriz Traiguén Poniente: Qda. San Florentino
Traiguén Norte (I):	Norte: Estero Las Vegas y Cerros de Calquineo Sur: Río Traiguén Oriente: Cerros de Quinchamahuida Poniente: Estero Melalgüe
Tricauco – Galvarino (H-1):	Norte: Río Traiguén Sur: Estero Tricauco Oriente: Canal Traiguén Norte Poniente: Río Quino
Galvarino (H-2):	Norte: Río colpi o Pangueco Sur: Estero Pelahuenco Oriente: Canal Chufquén Poniente: Río Colpi o Pangueco

En la Figura 6-1 se aprecia la totalidad de los sectores indicados precedentemente.

Figura 6-1: Sectores de riego asociados al canal proyectado



Fuente: Elaboración Propia

La estructura de cultivos para el total del área se presenta en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Uso del Suelo Total Área

Rubro Productivo	Método de Riego	Uso del Suelo Actual Total Área					
		Riego Superficial		Riego por Pozo		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
RIEGO							
Cultivos y Hortalizas							
Trigo	Tendido	497,37	13,7	124,55	25,8	621,93	0,6
Papa	11%As+89%Su	75,36	2,1	51,76	10,7	127,12	0,1
Poroto	Surco	2,78	0,1	0,29	0,1	3,07	
Otras Chacras	Surco	10,41	0,3	1,23	0,3	11,64	0,0
Arveja Verde	Surco	13,95	0,4	2,25	0,5	16,21	0,0
Frutales y Vides							
Arándano	Goteo	98,37	2,7			98,37	0,1
Avellano Europeo	66%Go+34%Su	425,51	11,8	191,71	39,7	617,22	0,6
Cerezo	Surco	2,68	0,1			2,68	
Frambuesa	Surco	5,32	0,1			5,32	0,0
Frutilla	Surco			1,09	0,2	1,09	
Manzano	45%Go55%Su	202,43	5,6			202,43	0,2
Nogal	Surco	2,47	0,1			2,47	
Otros Frutales	Goteo	1,36				1,36	
Vid Vinífera	92%Go+8%Su	25,50	0,7			25,50	0,0
Alfalfa	Tendido	32,53	0,9			32,53	0,0
Pradera Mixta	1,6%Pi+97,4%Te	1.966,03	54,3	110,00	22,7	2.076,02	2,0
Otras Praderas	Tendido	46,33	1,3			46,33	0,0
Pradera Mejorada	Tendido	210,91	5,8			210,91	0,2
Total Riego		3.619,30	100,0	482,89	100,0	4.102,19	3,9
SECANO							
Avena						11.871,26	11,3
Trigo						39.687,99	37,9
Lupino						2.287,81	2,2
Raps						6.315,76	6,0
Papa						24,61	0,0
Huerta Casera						33,93	0,0
Cebada						3.061,41	2,9
P. Artificial y N. Mejorada						4.241,18	4,1
Pradera Natural						11.682,54	11,2
Forestal						11.201,30	10,7
Secano Sin Uso						4.970,60	4,7
Total Secano						95.378,40	91,0
Indirectamente Productivo						2.407,52	2,3
Sin Uso Agrícola						2.889,44	2,8
Total Área de Estudio		3.619,30		482,89		104.777,55	100,0

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera, en el Total del Área, tal como se aprecia en la Tabla 6-1, el 3,9% de la superficie se explota bajo condiciones de riego, donde el recurso hídrico proviene en 88,2% desde fuentes superficiales y el 11,8% restante de pozos. Los principales cultivos tradicionales señalados por los agentes encuestados son trigo y papa con 621,9 ha y 127,1 ha, respectivamente.

Entretanto, los frutales suman casi 990 hectáreas, donde las especies más relevantes, en orden de importancia son, avellano europeo, manzano, arándano y vid vinífera, entre otros. Las praderas de riego suman el 2,6% de la superficie total sectorial, lo que equivale a 2.365 hectáreas. En relación a los métodos de riego, cabe señalar que los métodos presurizados son de poca relevancia en relación al total de la superficie regada, abarcando el 16% de la superficie bajo riego con alrededor de 667 hectáreas.

En secano, sin lugar a dudas, el trigo es la principal especie cultivada con 39.688 hectáreas, seguido por avena, raps, lupino, cebada y papa. Las praderas, por su parte, abarcan 15.923 hectáreas, en tanto que los terrenos sin uso suman más de 4.970 hectáreas.

Se debe señalar que el término secano sin uso corresponde a suelos con potencial agropecuario que en la actualidad se encuentran en condiciones de secano y el término sin uso agrícola, corresponde a terrenos sin potencial de cultivo y cerros.

Cabe señalar que el uso del suelo presentado en esta oportunidad corresponde al año 0 del proyecto y no refleja la evolución propia que éste alcanzaría con el tiempo.

6.2 TASAS DE RIEGO, DEMANDAS BRUTAS DE RIEGO

En la Tabla 6-2 se puede apreciar la demanda bruta para el total del área de estudio. Al respecto, la demanda para el total del área de estudio alcanza a los 50,9 hm³, con un mes de máxima demanda en enero con 3.080 m³/ha/mes.

Se debe señalar que en la realidad del área el trigo en condiciones de riego, sólo le alcanzan a dar entre 1 a 3 riegos en la temporada. En el caso de la pradera natural, sólo se dan uno a dos riegos dependiendo de la disponibilidad de agua cada año.

Los resultados de demandas de agua de riego corresponden a la demanda teórica y no a la realidad actual del área, en donde una gran cantidad de cultivos se riegan con déficit hídrico.

Tabla 6-2: Demandas Brutas de Riego (m³/ha) – Situación Actual
Total Área de Estudio

Cultivos	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total	Superficie
Cultivos y Hortalizas														
Trigo						750.044	1.808.309	2.406.335	1.455.272				6.419.960	621,93
Papa							7.685	281.585	370.299	294.181	102.849		1.056.599	127,12
Poroto							2.280	5.905	8.759	6.770	3.597		27.311	3,07
Otras Chacras						57	10.495	24.545	35.799	27.796	15.770		114.462	11,64
Aneja Verde							11.379	30.571	45.744	12.630			100.325	16,21
Frutales y Vides														
Arándano							56.170	129.555	146.081	94.239	16.821		442.866	98,37
Avellano Europeo						14.807	454.365	907.289	1.020.767	955.332	426.238		3.778.798	617,22
Cerezo							1.853	4.985	7.464	6.990	2.656		23.946	2,68
Frambuesa							5.596	13.383	15.180	9.750	1.447		45.355	5,32
Frutilla							673	2.071	2.398	2.073	1.001		8.216	1,09
Manzano							165.732	421.211	619.643	579.861	313.352		2.099.799	202,43
Nogal							2.407	5.834	6.819	6.377	2.195		23.633	2,47
Otros Frutales							607	1.518	1.867	1.610	668		6.270	1,36
Vid Vinífera							16.627	37.368	41.969	34.757	18.348		149.068	25,50
Praderas y Forrajes														
Alfalfa						25.696	75.103	112.930	128.315	119.988	74.712	3.806	540.550	32,53
Pradera Mixta						1.394.708	4.403.701	6.751.195	7.726.899	7.232.869	4.377.197	633	31.887.202	2.076,02
Otras Praderas						68.938	146.539	201.022	224.603	209.824	146.400	41.603	1.038.928	46,33
Pradera Mejorada						97.177	421.096	668.910	777.044	726.000	418.354	7.483	3.116.062	210,91
TOTAL DEMANDAS						2.351.426	7.590.615	12.006.210	12.634.923	10.321.048	5.921.603	53.524	50.879.349	4.102,19
Total (m³/ha/mes)						650	1.850	2.927	3.080	2.966	1.709	23	13.205	
Total lt/ha/seg						0,24	0,71	1,09	1,15	1,23	0,64	0,01	0,42	

Fuente: Elaboración Propia

6.3 VALOR DEL AGUA CRUDA (VAC) ZONA DE ESTUDIO

El objetivo de este capítulo es valorizar el agua cruda de las distintas fuentes superficiales y subterráneas en la zona de estudio. Para ello se ha analizado la situación de la IX región utilizando información de la SISS, DGA y AGUAS ARAUCANÍA.

6.1.1 Mercados y Disponibilidad DGA

Los mercados de derechos de agua se definen principalmente mediante la agrupación de las transacciones de los Conservadores de Bienes Raíces (CBR). En el caso particular de la zona de estudio el CBR corresponde a Curacautín y Lautaro.

Debido a que sólo se valorizan, con un VAC mayor a cero, sistemas de fuentes superficiales, sólo se asocian los sistemas de fuentes superficiales con los mercados definidos.

Una vez definidos los mercados e indicada la asociación con cada sistema de agua potable, se confirma que existe disponibilidad de obtener derechos en las fuentes subterráneas de toda la región, por lo que el VAC asociado a esas fuentes de extracción se define como cero. Luego solo proceder determinar VAC a las fuentes superficiales, debido a que ellas no existe disponibilidad de obtener nuevos derechos mediante solicitud DGA.

Según la DGA para obtener derechos de agua superficiales para uso consuntivos, permanentes y continuos es nula. Lo anterior se muestra en el estudio tarifario de Aguas Araucaria del año 2011.

6.1.2 Método de las Transacciones

Este método consiste en estimar el precio del agua cruda que se extrae de una fuente, a partir de la información obtenida de transacciones reales de derechos de agua consuntivos, permanentes y continuos en dicha fuente.

Para las fuentes con valor de agua positivo se recopilaban las transacciones de compraventa para derechos de agua para uso consuntivo en el Conservador de Bienes Raíces de Curacautín Lautaro en la IX región.

Posteriormente se depuraron las transacciones de acuerdo con los criterios establecidos en las Bases Definitivas de Estudio Tarifario, eliminando las transacciones entre parientes, los registros incompletos, las transacciones con más de una fuente y un solo precio, etc.

La conclusión es que existen 112 transacciones para Curacautín y Lautaro, por lo que procede aplicar el método de directo de valoración con fuentes superficiales. La base de datos de transacciones y las conversiones de acciones a derechos se concordaron con la SISS.

De la aplicación de la metodología de determinación del Valor de Agua Cruda, se fija un valor de 7,07 UF//s lo que al valor de la UF a Diciembre de 2012 equivale a 161.796 \$//s.

6.4 DERECHOS DE AGUA Y SITUACIÓN JURÍDICA DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Los derechos de aprovechamiento se dividieron, según su uso en consuntivos y no consuntivos. De acuerdo a la información recopilada, se tiene un total de catorce (14) derechos consuntivos y veinticuatro (24) no consuntivos.

A continuación se muestran los derechos de aprovechamiento consuntivo y no consuntivo de agua en el área de influencia del proyecto.

6.1.3 Derechos de Aprovechamiento Consuntivos

Los derechos de aprovechamiento consuntivos se presentan en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Derechos de Aprovechamiento Consuntivo de Agua en Área de Influencia Proyecto

Usuario	Nº RES	Fecha	Q (l/s)
J. Terpelle	1009	10/03/1934	12.300
Rosa Widmer De Lavanchy	1622	30/07/1957	1.000
Lavanchy Widmer	196	27/06/1983	400
Lavanchy Widmer	701	27/06/1983	400
Alfredo González Taladriz	406	06/12/1984	40
Fisco	850	05/11/1996	40.000
C. Indígena Ignacio Huaiquilao II	416	17/07/2001	20
Silvio Sepulveda	396	21/10/1988	18
Cristian Japke	396	21/10/1988	200
Cristian Japke	396	21/10/1988	182
Alejandrina Kahan Schleyer	118	24/04/1976	84
Carmen Saenz De Phillips	2063	17/09/1960	300
Rigoberto Montenegro P. Y Otros	2062	17/09/1958	1.000
Universidad de La Frontera	337	10/09/1983	120

Fuente: Elaboración propia en base a Información de Catastro público de Aguas

Según la Resolución DGA N° 850 del 05 de Noviembre de 1996, los derechos que posee la DOH sobre el río Cautín son los que se presentan en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4: Derechos de Aguas Disponibles sobre el Río Cautín (m³/s)

Mes	Permanente y Continuo	Eventual y Continuo
Ene	16,3	23,7
Feb	9,5	21,4
Mar	4,1	23,0
Abr	3,0	37,0
May	24,8	15,2
Jun	28,0	12,0
Jul	28,0	12,0
Ago	28,0	12,0
Sep	28,0	12,0
Oct	28,0	12,0
Nov	28,0	12,0
Dic	28,0	12,0

Fuente: Res. DGA N° 850

El punto de captación de estos derechos se ubica 2.000 m aguas abajo del puente existente sobre el río Cautín en la localidad de Rari Ruca por la ribera derecha.

6.1.4 Derechos de Aprovechamiento No Consuntivos

En la Tabla 6-5 se presentan los derechos de aprovechamiento no consuntivo de aguas en el área de influencia del proyecto y en la Tabla 6-6 se entregan el detalle de los caudales asociados a dichos derechos.

Tabla 6-5: Derechos de Aprovechamiento No Consuntivo de Aguas en Área de Influencia Proyecto

ID	Usuario	Ejercicio	N° RES	Registro Propiedad de Aguas Notario y Conservador de Cautín	Fecha
1	AES GENER	permanente y continuo	29		29/01/2007
2	AES GENER	eventual y discontinuo			
3	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	permanente y continuo		Fojas 12, N°7	2010
4	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	permanente y continuo		Fojas 13 vta, N°8	2010
5	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	eventual y discontinuo		Fojas 13 vta, N°8	2010
6	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	permanente y continuo		Foja 16 vta, N°10	2010
7	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	permanente y continuo		Fojas 15, N°9	2010
8	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	eventual y discontinuo		Fojas 15, N°9	2010
9	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	permanente y continuo		Fojas 11, N°6	2010

ID	Usuario	Ejercicio	Nº RES	Registro Propiedad de Aguas Notario y Conservador de Cautín	Fecha
10	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	Permanente y discontinuo	115		18/08/2011
11	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	eventual y continuo	115		18/08/2011
12	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	eventual y discontinuo	115		18/08/2011
13	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	Permanente y discontinuo	116		18/08/2011
14	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	eventual y continuo	116		18/08/2011
15	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	eventual y discontinuo	116		18/08/2011
16	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	Permanente y discontinuo	117		18/08/2011
17	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	eventual y continuo	117		18/08/2011
18	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	eventual y discontinuo	117		18/08/2011
19	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	Permanente y discontinuo	118		18/08/2011
20	Asesorías e Inversiones JTM S. A.	eventual y continuo	118		18/08/2011
21	C. GrobSchmid				
22	IM Lautaro				
23	Canal Gibbs				
24	INDUS				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6-6: Detalle Caudales Derechos No Consuntivos (l/s)

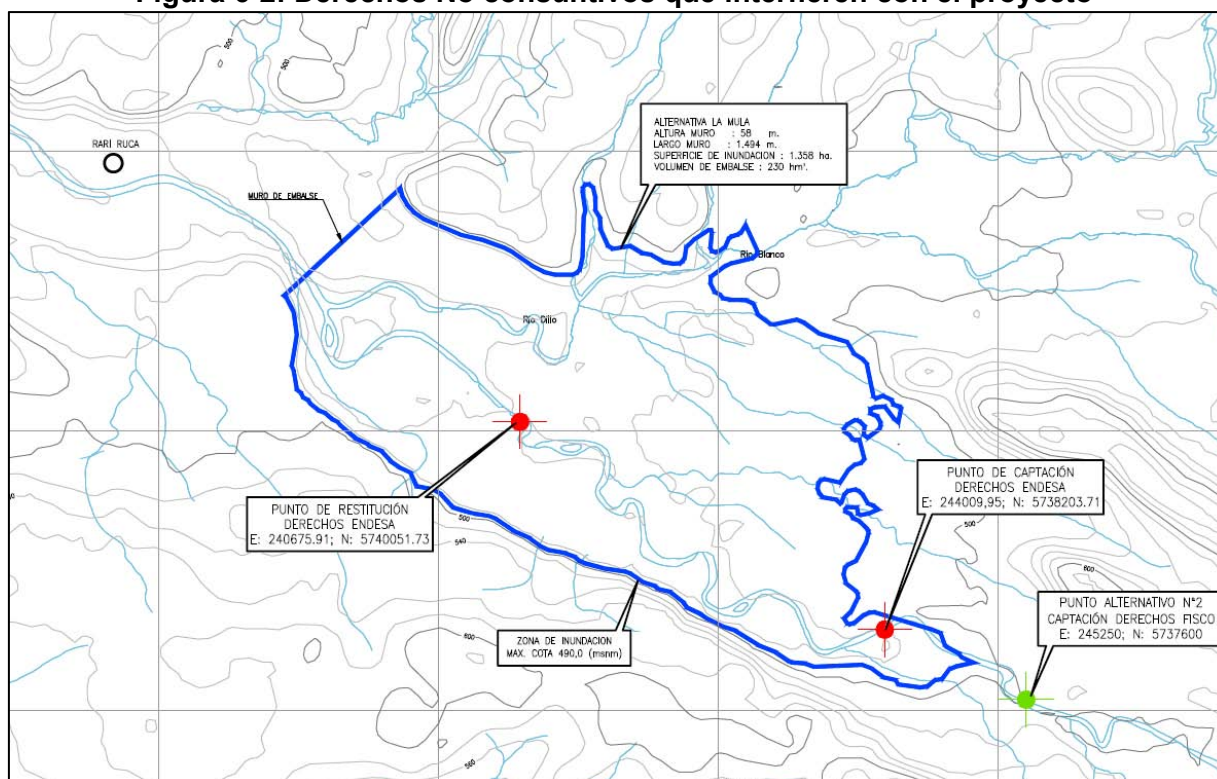
ID	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	7.400	7.400	7.400	7.400	7.400	7.400	7.400	7.400	7.400	7.400	7.400	7.400
2	15.000	12.698	10.742	12.698	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
3	0	2.302	4.258	2.302	0	0	0	0	0	0	0	0
4	222,56	222,56	222,56	222,56	222,56	222,56	222,56	222,56	222,56	222,56	222,56	222,56
5	3.523	0	0	0	3.488	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	9.387
6	16.477	19.068	11.240	15.146	16.512	0	0	0	0	0	0	10.613
7	627,98	627,98	627,98	627,98	627,98	627,98	627,98	627,98	627,98	627,98	627,98	627,98
8	0	0	0	0	0	38.200	38.120	40.320	38.910	19.920	5.250	0
9	14.110	7.020	2.580	16.750	150.000	111.800	111.880	99.660	101.370	107.540	98.720	65.770
10	0	0	0	0	28.150	57.680	89.320	0	0	0	0	0
11	0	0	0	730	0	40.380	40.310	42.460	41.090	22.530	8.190	0
12	16.630	9.910	5.720	18.550	150.000	109.620	109.690	97.170	98.840	104.870	96.250	67.120
13	0	0	0	0	26.950	55.780	86.710	0	0	0	0	0
14	0	0	0	1.380	0	42.330	42.250	44.430	43.030	24.110	9.490	0
15	18.280	11.240	6.830	19.520	150.000	107.670	107.750	99.270	100.980	107.120	98.340	39.760
16	0	0	0	0	31.750	61.170	92.710	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	5.050	5.030	5.480	5.080	0	0	0
18	1.190	0	0	2.090	22.000	16.950	16.970	16.520	16.920	22.000	22.000	16.050

ID	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
19	200											
20	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512
21	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
22	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 6-2, se identifica un derecho de aprovechamiento no consuntivo que se superpone con el emplazamiento propuesto del embalse La Mula. Se trata del derecho de aprovechamiento de propiedad de ENDESA, identificado en la Tabla 6-5, con ID3 al ID9. En la Figura 6-2, la cuenca asociada al muro del embalse se representa en color verde.

Figura 6-2: Derechos No consuntivos que interfieren con el proyecto



Fuente: Elaboración Propia

6.1.5 Derechos de Aprovechamiento en Trámite

De acuerdo a la información obtenida en el Catastro Público de Aguas, durante el primer semestre del año 2012, en la zona de estudio se encontraban en trámite las solicitudes que se presentan en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7: Derechos de Aguas No Consuntivos en Trámite en el Río Cautín (m³/s)

Expediente	Peticionario	Caudal (m³/s)	Ejercicio
ND-O902-9422	María Alejandra Neira	300	NCPC
ND-O902-9654	Germán Apablaza Acuña	0,048	NCPC
ND-O902-9692	Jordi Noguera Vila	60	NCPC
ND-O902-10049	Asesorías e Inversiones JTM S.A.	150	NCPC
ND-O902-10049	Asesorías e Inversiones JTM S.A.	120	NCEC
ND-O902-10050	Asesorías e Inversiones JTM S.A.	150	NCPC
ND-O902-10050	Asesorías e Inversiones JTM S.A.	120	NCEC
ND-O902-10051	Asesorías e Inversiones JTM S.A.	150	NCPC
ND-O902-10051	Asesorías e Inversiones JTM S.A.	120	NCEC
ND-O902-11024	Germán Apablaza Acuña	0,049	NCPC
ND-O902-11451	Exploenergías Ltda.	150	NCPC
ND-O902-12048	Luis Podlech y Otros	90	NCPC
ND-O902-12049	Exploenergías, Luis Podlech y Otros	90	NCPC
ND-O902-12050	Exploenergías, Luis Podlech y Otros	90	NCPC
ND-O902-12178	John Araneda Peña	120	NCPC
ND-O902-12179	John Araneda Peña	120	NCPC
ND-O902-12315	Héctor Moraga Palma	500	NCPC

NC: No Consuntivo, PC: Permanente Continuo, EC: Eventual Continuo
Fuente: Catastro Público de Aguas

Esta información del Catastro Público de Aguas, sobre derechos en trámite, se actualizó con el registro de resoluciones evacuadas por la Dirección General de Aguas, de esta forma las solicitudes reportadas en trámite, según los expedientes ND-0902-10049, ND-0902-10050 y ND-0902-10051, pasaron a la categoría de aprobados, incluyéndose entonces en la Tabla 6-5 de este apartado, a razón de las resoluciones DGA 115, 116 y 117, respectivamente, todas de fecha 18/08/2011.

Los derechos de aprovechamiento de aguas de tipo consuntivo, que se encuentran en trámite, son bastante reducidos, y se presentan en la Tabla 6-8.

Tabla 6-8: Derechos de Aguas Consuntivos en Trámite en el Río Cautín (l/s)

Expediente	Solicitante	Caudal (l/s)
ND-0902-5608	COMUNIDAD INDIGENA CURICHE EPUL	10
ND-0902-4808	COMUNIDAD INDIG. UQUE MONTERO VIUDA DE QUECHUVILO	3
ND-0902-6098	CLAUDIO ALFONSO PAINEVIL CHIHUAIHUEN	5
ND-0902-8753	COMUNIDAD INDIGENA CARLOS CAYUQUEO	5
ND-0902-8753	COMUNIDAD INDIGENA CARLOS CAYUQUEO	5

Fuente: Catastro Público de Aguas

6.5 ORGANIZACIONES DE USUARIOS

Canal Chufquén

Cuenta con 125 regantes, además de 5 comunidades mapuches con un promedio de 25 familias cada una (total 250 regantes). El caudal con que cuenta es 12.300 l/s para una superficie regada de 8.000 ha reales sobre un área de 12.000 ha.

Su canal matriz tiene una longitud de 80 km y aproximadamente 200 km en ramales. Tiene pérdidas bajas y recuperaciones por desagües y cauces naturales.

Canal Perquenco

Corresponde a un canal que se deriva del Chufquén, el cual fue construido por el Fisco y entregado en 1978 a la administración de su organización; sin embargo, aún no se ha traspasado la propiedad, dado que hay problemas con los títulos de las tierras por donde cruza el canal. Esta condición jurídica, les restringe para la presentación de proyectos a la Ley 18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Riego.

El canal tiene dos ramales, Popeta que conduce 224 l/s y Perquenco con 2.576 l/s. Ambos canales están en una misma comunidad de Aguas que riega unas 2.800 ha.

Canal Pillanlelbun

Es un canal construido por el Fisco que opera desde el año 1962. Tiene una asociación de canalistas que distribuye el agua y hace el mantenimiento de la obra desde el año 1978. No ha presentado proyectos a la Ley 18.450 por la situación de propiedad y es difícil que acepte recibir el canal en propiedad ya que el Fisco realiza arreglos y reparaciones en situaciones límite que podrían afectar a terceros. Su superficie de riego es de unas 2.000 ha.

7.2 SITUACIÓN SIN PROYECTO

7.2.1 Criterios

Se caracterizó la estructura productiva y económica de la situación sin proyecto a partir de los Predios Promedios en el diagnóstico de la situación actual.

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.

Se debe señalar que la situación sin proyecto consiste en un mejoramiento de la situación actual con recursos que no superan el 5% de las inversiones efectuadas en la situación con proyecto.

El Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica deberá efectuar, con el objetivo mencionado, diferentes acciones tales como:

- Desarrollo de experiencias demostrativas
- Organización de charlas y seminarios con utilización de medios audiovisuales
- Preparación de días de campo con el objeto de dar a conocer nuevas tecnologías
- Elaboración de material divulgativo en forma de folletos o fichas técnicas simples
- Realización de actividades en el campo en parcelas demostrativas e
- Información de la comercialización y apertura de mercados para los productos, entre otros.

Las acciones enunciadas están orientadas principalmente a producir cambios de conducta por parte de los agricultores de nivel tecnológico bajo a medio.

Entre los cambios producidos por efecto de la optimización de la situación actual, se deben mencionar los siguientes:

- Mejoría en el manejo de la explotación y de los rubros productivos desarrollados en ella. Esto produce aumento en los rendimientos de los cultivos y rubros productivos.
- Mejoramiento en la capacidad empresarial de los agricultores
- Optimización en la oportunidad de ejecución de las labores requeridas
- Mejor uso de insumos, especialmente fertilizantes y otros
- Acceso a la información de precios y mercados

Se espera que el Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica impulse y oriente a los agricultores a mejorar estos aspectos, principalmente por la vía de la organización de ellos para efectuar labores de acopio, transporte y venta de productos.

Las acciones mencionadas anteriormente, parten del supuesto que se conserve la estructura de cultivos de situación actual.

Por otra parte, se espera que se produzcan incrementos en los rendimientos de los cultivos actuales, producto de la introducción de nuevas prácticas de manejo (aplicación oportuna de fertilizantes y pesticidas) y en las oportunidades de cosecha y comercialización.

Los incrementos productivos entre situación actual y sin proyecto son conservadores para la realidad del área, incluso en algunos rubros los rendimientos no sufrieron modificación entre ambas situaciones, por considerarse que eran adecuados.

Para poder representar adecuadamente la situación sin proyecto se han considerado diferencias a nivel del tamaño predial. De esta forma se espera que ésta se concrete en un plazo no superior a los cuatro años en aquellos predios de tamaño mayor a las 50 ha, en un plazo de seis años en predios de tamaño entre 5,01 a 50 ha y en ocho años en predios de menor tamaño.

En el caso de la ganadería, debido a que las acciones de mejoramiento a nivel de los animales son a mayor plazo que el cambio producido en los cultivos, la estabilización en predios mayores de 50 ha se logrará en seis años, predios entre 5,01 a 50 ha en ocho años y predios menores de 5 ha en diez años.

7.2.2 Uso del suelo

En situación sin proyecto no se ha considerado un cambio en la estructura de cultivos definida en la situación actual. Se debe señalar que la única diferencia es que no se considerará al momento de evaluar el proyecto, el área actualmente regada. Por otra parte, tal como se señaló en un comienzo, el área de interés se ha concentrado en los primeros 12 sectores de riego (1, 2, 3, 4, 5, 6, 6A, 7, 8, 9, 10 y 11).

7.2.3 Demandas de agua de riego

Debido a que el área beneficiada ha excluido las áreas actualmente regadas, no se justifica en esta parte del estudio, determinar demandas de agua de riego en forma optimizada.

7.2.4 Fichas Técnico Económicas y Gastos Indirectos

Se elaboraron estándares o patrones productivos y económicos según el nivel tecnológico para cada uno de los rubros productivos identificados en el área del proyecto en la Situación Sin Proyecto.

Se tomó el supuesto de que aquellos cultivos desarrollados en el área de influencia del proyecto son susceptibles de sufrir un mejoramiento, producto de un programa de asistencia técnica. Para tales efectos, se incorporaron mejorías en el manejo del cultivo, capacidad empresarial de los agricultores y en la fertilización, uso de semillas de mejor calidad y labores agrícolas. Con lo anterior se logrará un incremento en los rendimientos en aquellos patrones deficitarios y con ello se producirá un mejoramiento en la Situación Sin Proyecto.

Los precios de mano de obra corresponden a valores actuales pagados en la zona, en tanto que los precios de las labores de maquinaria agrícola e insumos, son precios de lista informados por proveedores de la zona a Diciembre del 2011. Los estándares incluyen las principales características de cada uno de los rubros identificados.

En términos generales se consideraron los siguientes aspectos en cada patrón:

Labores e insumos:

- Mano de obra
- Maquinaria
- Tracción animal
- Insumos físicos
- Fletes y envases
- Imprevistos
- Rendimientos

Los patrones se elaboraron a precios de mercado y social; para este último, se consideraron las normas impartidas por MIDESO (Ministerio de Desarrollo Social), aplicando los factores de ajuste social para cada ítem.

Los coeficientes determinados por MIDESO, cuyo monto varía según el ítem, se detallan a continuación:

- | | |
|-------------------------------|-------|
| • Mano de Obra no calificada: | 0,620 |
| • Insumo Importado: | 1,010 |
| • Insumo Nacional: | 1,000 |
| • Maquinaria Importada: | 1,007 |
| • Maquinaria Nacional: | 1,000 |
| • Producto Nacional: | 1,000 |
| • Producto de Exportación: | 1,010 |

Se debe señalar que en el caso de la ganadería las fichas técnico económicas se basaron en la distribución obtenida de la encuesta muestral del número de animales y la superficie de praderas y forrajes por sub estratos de tamaño. Dicha distribución se representó en la totalidad de la superficie encuestada, al igual que el número de animales.

Los patrones productivos y económicos de la Situación Sin Proyecto se presentan en el Anexo D.5. A modo de resumen se presenta en la Tabla 7-1 los rendimientos, ingresos, costos y márgenes brutos unitarios de cada rubro productivo por nivel tecnológico.

Tabla 7-1: Resumen de Fichas Técnico Económicas Nivel Bajo

Rubro Productivo	Rendimiento	Valores Unitarios (\$)					
		Precios Mercado			Precios Sociales		
		Ingreso	Costo	Margen Bruto	Ingreso	Costo	Margen Bruto
SECANO							
Avena N. Bajo	38 qgm/ha	467.362	284.655	182.707	467.362	255.645	211.717
Avena N. Medio	50 qgm/ha	411.150	329.070	82.080	411.150	328.402	82.748
Avena N. Alto	65 qgm/ha	534.495	434.270	100.226	534.495	431.354	103.141
Trigo N. Bajo	38 qgm/ha	467.362	352.149	115.213	467.362	320.400	146.962
Trigo N. Medio	50 qgm/ha	614.950	410.319	204.631	614.950	410.299	204.651
Trigo N. Alto	65 qgm/ha	799.435	531.531	267.904	799.435	529.430	270.005
Cebada	60 qgm/ha	756.000	550.820	205.181	756.000	548.776	207.224
Lupino	27 qgm/ha	369.900	254.310	115.590	369.900	252.757	117.143
Raps	45 qgm/ha	1.125.000	631.208	493.793	1.125.000	629.938	495.062
Papa	90 qgm/ha	846.000	750.981	95.019	846.000	652.426	193.574
Ganadería Bovina y Ovina 0 a 1 ha N. Bajo		477.437	324.550	152.887	477.437	315.274	162.163
Ganadería Bovina y Ovina 1,01 a 5 ha N. Bajo		205.944	28.357	177.588	205.944	23.648	182.296
Ganadería Bovina y Ovina 1,01 a 5 ha N. Medio-Alto		330.894	231.940	98.954	330.894	223.191	107.702
Ganadería Bovina y Ovina 5,01 a 15 ha N. Bajo		156.948	24.074	132.874	156.948	20.134	136.813
Ganadería Bovina y Ovina 5,01 a 15 ha N. Medio		186.462	48.732	137.730	186.462	42.915	143.546
Ganadería Bovina y Ovina 15,01 a 50 ha N. Bajo		125.784	53.637	72.148	125.784	47.668	78.117
Ganadería Bovina y Ovina 15,01 a 50 ha N. Medio		143.943	63.109	80.834	143.943	57.713	86.230
Ganadería Bovina y Ovina 15,01 a 50 ha N. Alto		1.081.877	511.543	570.334	1.081.877	501.423	580.454
Ganadería Bovina y Ovina 50,01 a 100 ha N. Bajo		197.539	40.076	157.464	197.539	35.810	161.729
Ganadería Bovina y Ovina 50,01 a 100 ha N. Medio		259.239	121.022	138.216	259.239	114.920	144.319
Ganadería Bovina y Ovina 50,01 a 100 ha N. Alto		795.827	601.461	194.366	795.827	573.550	222.277
Ganadería Bovina Mayor de 100 ha N. Bajo		52.838	6.601	46.237	52.838	5.349	47.489
Ganadería Bovina y Ovina Mayor de 100 ha N. Medio		85.950	14.449	71.501	85.950	12.783	73.167
Ganadería Bovina y Ovina Mayor de 100 ha N. Alto		522.819	70.908	451.911	522.819	65.799	457.020

Fuente: Elaboración Propia

Con el objeto de determinar posteriormente el margen neto por cultivo de la Situación Sin Proyecto, se han estimado los gastos indirectos por hectárea.

Debido a los leves cambios producidos a nivel de rentabilidad en las fichas técnico económicas de situación sin proyecto y considerando por otra parte, que en situación futura o con proyecto el incremento de los gastos indirectos no supera el 20%, se han contemplado como válidos los valores presentados en la Situación Actual, por lo que en esta oportunidad no han sufrido modificaciones.

7.2.5 Determinación de valores económicos

Los márgenes brutos se han determinado a través de la diferencia entre los ingresos producidos por la actividad agropecuaria del área de estudio y sus respectivos costos operacionales. Estos valores se obtienen por medio de la multiplicación de cada superficie asignada por el ingreso y costo unitario resultante de las fichas técnico económicas por nivel tecnológico.

Los ingresos, costos y márgenes para la suma de los sectores 1 al 11 se presentan en la Tabla 7-2.

Tabla 7-2: Ingresos, Costos y Márgenes Brutos Total Área

Rubro Productivo	Predio Promedio Expandido Precios Mercado			Predio Promedio Expandido Precios Sociales		
	Ingreso	Costos	Márgen Bruto	Ingreso	Costos	Márgen Bruto
	\$	\$	\$	\$	\$	\$
SECANO						
Avena	2.294.800.118	1.900.836.301	393.963.816	2.294.800.118	1.847.783.518	447.016.600
Trigo	14.131.187.429	9.615.424.667	4.515.762.763	14.131.187.429	9.450.847.115	4.680.340.314
Lupino	452.313.720	310.970.268	141.343.452	452.313.720	309.071.513	143.242.207
Raps	2.716.963.875	1.524.415.978	1.192.547.897	2.716.963.875	1.521.350.790	1.195.613.085
Papa	20.823.444	18.484.646	2.338.798	20.823.444	16.058.803	4.764.641
Huerta Casera	21.770.118	19.324.994	2.445.124	21.770.118	16.788.868	4.981.250
Cebada	2.314.427.472	1.686.285.427	628.142.045	2.314.427.472	1.680.029.723	634.397.749
P. Artificial y N. Mejorada	426.945.232	128.637.686	298.307.546	426.945.232	122.012.643	304.932.588
Pradera Natural	1.009.396.387	297.490.396	711.905.991	1.009.396.387	275.608.727	733.787.660
Total Secano	23.388.627.794	15.501.870.363	7.886.757.431	23.388.627.794	15.239.551.699	8.149.076.095
Total Área	23.388.627.794	15.501.870.363	7.886.757.431	23.388.627.794	15.239.551.699	8.149.076.095

Fuente: Elaboración Propia

Con el objeto de comparar el cambio de la situación sin proyecto se presenta la Tabla 7-3, en donde se aprecia los incrementos de los márgenes entre ambas situaciones por sector y total área.

Tabla 7-3: Comparación Márgenes Brutos Situación Actual y sin Proyecto Total Área

Rubro Productivo	Márgenes Brutos P. Mercado			Márgenes Brutos P. Mercado		
	Situación Actual	Situación Optimizada	Diferencial	Situación Actual	Situación Optimizada	Diferencial
	\$	\$	\$	\$	\$	\$
SECANO						
Avena	279.607.067	393.963.816	114.356.749	333.526.915	447.016.600	113.489.685
Trigo	3.741.254.826	4.515.762.763	774.507.937	3.910.506.756	4.680.340.314	769.833.559
Lupino	104.258.985	141.343.452	37.084.467	106.919.309	143.242.207	36.322.898
Raps	1.192.547.897	1.192.547.897		1.195.613.085	1.195.613.085	
Papa	1.884.194	2.338.798	454.603	4.246.068	4.764.641	518.573
Huerta Casera	1.969.853	2.445.124	475.270	4.439.102	4.981.250	542.148
Cebada	498.437.672	628.142.045	129.704.373	505.308.146	634.397.749	129.089.603
P. Artificial y N. Mejorada	267.218.753	298.307.546	31.088.793	273.802.682	304.932.588	31.129.906
Pradera Natural	651.343.588	711.905.991	60.562.403	673.113.284	733.787.660	60.674.377
Total Secano	6.738.522.835	7.886.757.431	1.148.234.596	7.007.475.345	8.149.076.095	1.141.600.750
Total Área	6.738.522.835	7.886.757.431	1.148.234.596	7.007.475.345	8.149.076.095	1.141.600.750

Fuente: Elaboración Propia

7.2.6 Transferencia Tecnológica

7.2.6.1 Implementación y promoción

Con el objeto de proporcionar apoyo directo y constante a los agricultores beneficiados por el presente programa, sería necesario instalar una oficina central en la localidad de Victoria, punto medio del área de interés del presente estudio.

Esta oficina deberá ser equipada con toda la infraestructura necesaria para llevar a cabo en forma eficiente y expedita el programa de aplicación tecnológica.

El equipamiento de la oficina debe incluir como mínimo los siguientes elementos:

- Dos computadores con sus respectivas impresoras
- Teléfono y Fax
- Línea de Internet
- Mobiliario adecuado (escritorios, sillas, estantes, mesa de reuniones, etc.)

El programa deberá contar con la participación directa de un Ingeniero Agrónomo y dos Técnicos Agrícolas. El Ingeniero Agrónomo será el Jefe del Programa y los técnicos serán de apoyo.

Durante la implementación del programa se deben identificar los líderes. Esto consiste en reconocer en cada organización los líderes legales (Presidente, Tesorero, etc.) y aquellos naturales existentes en el área. Utilizando un catastro de las organizaciones comunitarias se puede tomar contacto con los directivos y los líderes naturales a los cuales se les invitará a formar parte y promover el Programa de Reforzamiento y de Aplicación Tecnológica.

Posteriormente, se deben organizar reuniones de promoción con los líderes y aquellos primeros agricultores contactados por ellos. De esta manera, se da a conocer y se fomenta el interés por el programa por parte de las personas asistentes. Se espera que por medio de una o dos reuniones se pueda masificar el interés y participación a la totalidad de los beneficiarios.

Durante esta etapa se procede a efectuar contactos con instituciones existentes en la zona, sean ellas públicas o privadas, con el objeto de promover y traspasar los conocimientos que se adquieran en el transcurso del proyecto.

7.2.6.2 Descripción del programa

Se deberán implementar Módulos Demostrativos o MODEMS, que corresponden a unidades de trabajo ubicadas en las propiedades de los agricultores (beneficiarios del programa), donde se efectúan diversas actividades destinadas a validar nuevas tecnologías y a entregar transferencia a los agricultores.

Los MODEMS tienen el objetivo de promover las ventajas de la aplicación de nuevas tecnologías hacia los productores directamente beneficiados con el programa así como también indirectamente a los agricultores vecinos al área del proyecto. Los Módulos Demostrativos deben provocar un impacto directo y a corto plazo sobre su objetivo.

Las Unidades de Validación o UVAL corresponden a parcelas en donde se establecen y demuestran tecnologías de riego aplicadas a sistemas productivos alternativos. Del trabajo efectuado en las UVAL se espera que se produzcan respuestas tanto en el corto como en el mediano plazo.

Para el establecimiento de estas unidades se deben considerar los siguientes aspectos:

- Se debe reforzar la organización de los agricultores y la organización institucional de los mismos, a través de programas de gestión y.
- La validación de los sistemas productivos y las tecnologías a implementar se deben realizar en forma local.
- Se debe promover la participación tanto de organizaciones como de los propios agricultores en la validación de los proyectos seleccionados
- Los proyectos de validación deben crear efectos institucionales integrados a las respectivas áreas.
- Durante la validación de los sistemas productivos y tecnológicos se debe dar énfasis a la gestión empresarial.
- Se deben apoyar y asesorar los procesos de comercialización.
- Los proyectos deben crear condiciones adecuadas, para que al término de la ejecución de los mismos se pueda perpetuar a través del sector privado y/o a través de organizaciones regionales del sector público.

Se implementarán un total de cuatro parcelas demostrativas de 250 m² cada una. Estas unidades de validación estarán ubicadas en las propiedades de los agricultores beneficiados.

Considerando la zona en estudio, el suelo, clima y las actuales tendencias del mercado, se prevé la implantación de módulos con chacras, cereales y cultivos industriales. Todos en condiciones hídricas de secano.

Las parcelas deben estar disponibles para ser visitadas por toda la comunidad, actividad que estará apoyada por el Jefe del Programa y los Técnicos Agrícolas. Con el objetivo de proporcionar una mayor utilidad a los módulos se organizarán días de campo cada dos meses en donde además de entregar capacitación y transferencia se debe dar un aire de camaradería con el propósito de que éstos sean más atractivos y al menos, para integrar de esta forma a los agricultores a participar en forma activa en el programa.

Junto con lo anterior, se considera necesaria la emisión de boletines informativos y/o de extensión que serían distribuidos a la totalidad de los beneficiarios del programa y se entregarán en los días de campo.

7.2.6.3 Costos del Programa

En la determinación de los costos del programa propuesto se han considerado los siguientes elementos:

Personal:

1 Ingeniero Agrónomo	\$ 1.500.000/mes
1 Técnico Agrícola	\$ 500.000/mes
1 Secretaria	\$ 250.000/mes

Oficina:

Arriendo de Oficina	\$ 200.000/mes
Gastos de Oficina	\$ 200.000/mes
2 Computadores	\$ 500.000 c/u
2 Impresoras	\$ 70.000 c/u
1 Fax	\$ 110.000
Escritorios, sillas, estantes, etc.	\$ 1.300.000

Material Divulgativo:

Fotocopias	\$ 800.000
------------	------------

Días de Campo:

Movilización Agricultores: depende del número de agricultores de cada sector

Consumos: depende del número de agricultores de cada sector

Parcelas Demostrativas y Unidades de Validación: Se considera que el valor de la mano de obra es absorbido directamente por el agricultor, debido a que este recibirá los beneficios de la producción. El programa financiará el uso de maquinaria y los insumos necesarios.

Para determinar los costos de las parcelas se han considerado los cultivos más representativos del área de secano. La composición de las parcelas de riego se indica a continuación:

- Parcela 1: Papa secano
- Parcela 2: Trigo secano
- Parcela 3: Raps secano
- Parcela 4: Lupino secano

Se debe indicar que los cultivos seleccionados en las parcelas demostrativas son sólo un ejemplo que puede representar a otros cultivos desarrollados en la zona. Además, las parcelas pueden subdividirse en subunidades más pequeñas para incluir en ellas otro tipo de cultivos.

Cabe señalar que la duración del programa será de ocho años. En las Tabla 7-4 y Tabla 7-5 se presenta el costo mensual del programa para el total del área en estudio.

Tabla 7-4: Costo Programa Año 1 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 Ingeniero Agrónomo	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	18.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Secretaría	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Movilización	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	1.920
Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Muebles	1.050												1.050
Computador	1.180												1.180
Material divulgativo			800			800			800			800	3.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	435
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Total	5.576	3.346	8.507	3.346	3.346	8.507	3.346	3.346	8.507	3.346	3.346	8.507	63.027
Imprevistos	558	335	851	335	335	851	335	335	851	335	335	851	6.303
Presupuesto Final	6.134	3.681	9.358	3.681	3.681	9.358	3.681	3.681	9.358	3.681	3.681	9.358	69.330

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-5: Costo Programa Años 2 al 8 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 Ingeniero Agrónomo	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	18.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Secretaría	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Movilización	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	1.920
Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Material divulgativo			800			800			800			800	3.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	435
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Total	3.346	3.346	8.507	3.346	3.346	8.507	3.346	3.346	8.507	3.346	3.346	8.507	60.797
Imprevistos	335	335	851	335	335	851	335	335	851	335	335	851	6.080
Presupuesto Final	3.681	3.681	9.358	3.681	3.681	9.358	3.681	3.681	9.358	3.681	3.681	9.358	66.877

Fuente: Elaboración Propia

Se debe considerar que el estudio beneficiará a una superficie de secano de alrededor de 42.000 ha, dentro de las cuales en situación con embalse se regarán 35.000. Según lo anterior el costo del programa de fortalecimiento y de aplicación tecnológica por año asciende a los \$1.640/ha en el año 1 y \$1.582/ha en el resto de los años.

7.3 SITUACIÓN CON PROYECTO

En este capítulo se presenta la caracterización productiva y económica de la situación con proyecto. Ésta se efectuó a partir de Predios Promedio previamente seleccionados.

El Predio Promedio, al igual que en situación actual y sin proyecto, corresponde a la unidad de análisis y de trabajo del presente proyecto. Lo anterior se realizó mediante una expansión directa a través de la aplicación porcentual de la estructura productiva de ellos sobre la superficie total de cada estrato de tamaño a expandir. Posteriormente, mediante la suma de las expansiones se obtuvo el uso del suelo para cada estrato y para el total del área.

Dentro de la situación con proyecto, se determinaron los gastos indirectos por Predio Promedio y se elaboraron las fichas o estándares productivos y económicos, con los cuales se realizará la evaluación económica, la expansión de los respectivos ingresos brutos, costos directos y márgenes brutos por predio expandido y con la suma de ellos se obtuvo el valor para el total de cada sector. Se llevó a cabo el cálculo de las demandas de agua para el área del presente estudio.

Finalmente, se presentan las inversiones y el programa de asistencia técnica necesaria para lograr las metas planteadas en el presente estudio.

7.3.1 Criterios de Desarrollo

La situación con proyecto corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, la cual es básicamente de secano, a través de la ejecución y construcción de obras civiles, que en este caso específico se producen mediante la construcción de un embalse multianual y la red completa de canales que permitan incorporar un total aproximado de 35.000 ha de secano a riego.

Esta situación, apoyada por un programa de asistencia técnica y capacitación, permitirá a los beneficiarios aumentar la potencialidad productiva de sus predios, mejorando el nivel tecnológico y, por consiguiente, la rentabilidad de los rubros.

Las áreas en estudio, cuentan con recursos de suelo y clima, particularmente apropiados para el desarrollo de una agricultura de mediana intensidad basada en la explotación de frutales de hoja caduca, vides viníferas, chacras, hortalizas, cereales y ganadería bovina.

Con el objeto de llevar a cabo una adecuada utilización de los recursos disponibles, es necesario previamente efectuar las obras de regulación y la red matriz de canales, así como la habilitación de una gran cantidad de terrenos para potencializar su uso en riego.

La habilitación de terrenos está referida tanto a la remoción de vegetación arbustiva (destronques), como a la construcción de red de canales y desagües prediales.

En la determinación de la transición entre la situación sin proyecto y con proyecto, en el caso específico de las nuevas plantaciones frutales y establecimiento de cultivos, se considerará un período de ocho años en predios menores de 5 ha, de seis años en predios entre 5 y 50 ha y de cuatro años para predios mayores de 50 ha. En el caso específico de comunidades mapuches, la totalidad de ellas será integrada al proyecto en ocho años, a excepción de aquellas que presentan en la actualidad un nivel tecnológico medio-alto a alto, según lo cual serán integradas de acuerdo a su tamaño predial.

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.

De esta forma, en predios menores a 5 ha, las curvas que consideran tanto la entrada de las superficies como la curva natural de cada especie frutal en cuanto a ingresos y costos, se estabilizará a los 9 años en frutilla, 12 años en frambuesa y 14 años en manzanos.

En el caso de predios entre 5,01 ha y 50 ha, la estabilización en frutilla se producirá a los 7 años, a los 10 años en frambuesa, 12 años en manzano, 13 años en arándano y cereza, y a los 14 años en nogales.

Finalmente, en relación a los frutales, la estabilización en predios mayores de 50 ha se producirá en el caso de la frutilla a los 5 años, a los 8 años en frambuesa y vid vinífera, 10 años en manzano, 11 años en arándano y cereza, y a los 12 años en nogales y avellano europeo.

Por otra parte, la determinación del período de transición entre situación sin proyecto y con proyecto, para especies anuales, considera curvas de gradualidad distintas dependiendo del estrato de tamaño.

De esta forma se procedió, en primer lugar, a elaborar la gradualidad porcentual para diferentes aspectos que intervienen en la transición del proyecto. Es así que tanto el período de puesta en riego como el establecimiento de los cultivos se efectuará en no más de ocho años para los predios menores de 5 ha, seis años para predios entre 5,01 y 50 ha y en cuatro años en predios mayores de 50 ha.

En el caso de la ganadería, debido a que las acciones de mejoramiento a nivel de los animales son a mayor plazo que el cambio producido en los cultivos, la estabilización en predios mayores de 50 ha se logrará en siete años, predios entre 5,01 a 50 ha en ocho años y predios menores de 5 ha en diez años.

Se debe señalar que en todas las situaciones analizadas se ha contemplado un crecimiento gradual ascendente y no lineal, debido a que tanto la adopción de tecnologías, como de inversiones es un proceso difícil de adoptar y asumir por parte de la mayoría de los agricultores.

Los supuestos de desarrollo que están presentes en la determinación de la situación con proyecto se han basado íntegramente en experiencias locales y en las actuales perspectivas agroeconómicas. Los supuestos son los siguientes:

a) Potencialidad de los Suelos

De acuerdo a los antecedentes del estudio de suelos se puede concluir que no existen suelos descartables, todos tienen potencial para ser incorporados al riego.

b) Potencial Climático

De los parámetros agroclimáticos presentados, puede concluirse que son óptimos para una gran gama de cultivos, especialmente frutales de hoja caduca, tales como manzanos, avellano, nogales, cerezos, vides viníferas y berries, entre otros.

En cuanto a cultivos anuales y hortalizas, en esta zona es posible el cultivo de una amplia gama de especies, tales como trigo, papa, porotos, lechuga, tomate y zanahoria, entre otros.

c) Potencialidad de Cultivos y Mercados

El uso actual de los suelos, en cuanto a su estructura productiva, representa el aprovechamiento óptimo de los escasos recursos hídricos disponibles. Consecuente con lo anterior, en la situación con proyecto, se considera que el uso de la tierra seguirá un patrón similar en relación al comportamiento por parte de los agricultores. Por lo tanto, como resultado de la incorporación al riego tendrá lugar una consolidación de los rubros que requieren de tal condición, como es la fruticultura, que presenta grandes ventajas comparativas en el área.

• Especies Frutales

Las especies frutales y viñas a implementar son, en parte, las mismas que ya se encuentran en la actualidad, tanto en la zona como en otras aledañas al área de estudio, como son manzano, frutilla, frambuesa, arándano, avellano europeo, nogal, cerezo y vid vinífera.

En los Predios Promedio de menor tamaño (menos de 5 ha) se asignó preferentemente frutilla y frambuesa, la excepción está dada en predios de la etnia mapuche, en donde también se ha incorporado manzanos, debido a que es una especie ya conocida y manejada por parte de la comunidad.

En el caso de especies que requieren una mayor especialización productiva, con niveles tecnológicos altos y economías de escala, éstas se asignaron en una mayor proporción en Predios Promedios de mayor tamaño. En predios menores de 50 ha y superiores a 5 ha, se optó por asignar frambuesa, frutilla, arándano, cerezo, manzano y nogal. En predios mayores de 50 ha, además de los señalados se consideró la implantación de vid vinífera y avellano europeo.

En general, en predios de menor tamaño, éstos son manejados esencialmente con mano de obra familiar. Cabe destacar que tanto el rubro de las frutillas como el de frambuesas tienen buenas perspectivas de desarrollo en la zona, puesto que presenta una adecuada adaptación edafoclimática.

En este sentido se debe indicar que el cultivo de la frutilla, reconocido también como fresón, es practicado tanto por pequeños agricultores como por medianas y grandes empresas agrícolas.

Las perspectivas de corto y mediano plazo para la frutilla, se mantienen favorables, sobre todo para la comercialización congelada en el contexto internacional, lo que también debiera significar un mejoramiento de los precios en el mercado nacional. Si bien la superficie de esta especie es mínima en la zona, agentes consultados señalan que se han obtenido buenos resultados productivos y se encuentran optimistas en ampliar las plantaciones con el objetivo de diversificar la producción frutícola y abastecer tanto el mercado local como la agroindustria.

La frambuesa, entretanto, constituye un rubro con buenas perspectivas de desarrollo en el área de estudio, ya que presenta una adecuada adaptación edafoclimática y Chile presenta una ventaja estacional respecto a la producción del hemisferio norte, principalmente en el producto fresco.

La productividad, calidad y eficiencia serán factores fundamentales para que la frambuesa continúe siendo un cultivo atractivo en el país. Asimismo, es relevante llegar temprano al mercado con el fin de lograr mejores precios en la frambuesa fresca. Además, se debe aprovechar la ventaja de estacionalidad de producción respecto de los países del hemisferio norte, como Estados Unidos y Europa, sectores habituados al consumo de esta fruta. Para esto es primordial llegar con un producto de buena calidad, aspecto que será el resultado de la elección de una buena variedad y del manejo tanto de cosecha como de postcosecha.

En el caso del producto congelado las cotizaciones son menos manejables, ya que éstas dependen del volumen almacenado en el hemisferio norte. En ambos casos, como consecuencia de menores aranceles de internación en los nichos comerciales más relevantes, el producto chileno será más competitivo, que en años anteriores.

En el caso de los arándanos, éste posee una adecuada adaptabilidad climática en la IX Región. Esta especie posee excelentes perspectivas de exportación, ya que Chile es el principal proveedor de contra-estación en el hemisferio norte y ésta es una fruta que enfrenta una alta demanda.

El arándano registra elevados precios unitarios por lo que sus demandantes y potenciales compradores, por el momento, deben ser países solventes y dispuestos a pagar esos valores. Cabe destacar que en la última temporada tuvo lugar un descenso en los retornos

chilenos, lo que sería atribuible tanto a la expansión de las exportaciones desde nuestro país como a la coincidencia del arándano chileno con el argentino en el mercado estadounidense.

Es probable que Estados Unidos continúe siendo el comprador más importante de arándanos chilenos, puesto que la demanda es mayor a la oferta, no se pagan aranceles u otro tipo de gravámenes y las restricciones de calidad, fitosanitarias y de residuos de pesticidas, son relativamente fáciles de cumplir.

En este contexto, se debe destacar los envíos de arándanos chilenos también se realizan por vía marítima, lo que permite reducir el costo de flete y, por lo tanto, ser más competitivos en el ámbito internacional. Esto, unido a la rebaja arancelaria y a que Chile es un productor de contra-estación respecto de sus principales nichos de colocación, hace prever inmejorables perspectivas para esta especie.

Chile, respecto de otros competidores del hemisferio sur, como Nueva Zelandia, obtiene menores precios promedios. Esto se debe a que comercializa mayores volúmenes y los productores y exportadores están menos organizados.

En relación a la cereza, ésta entra sin pagar arancel a Estados Unidos, Brasil, Colombia, México, Canadá, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Perú y Argentina. En el tratado suscrito con Corea, la entrada de esta fruta concluirá su desgravación arancelaria en el año 10, es decir, en 2014. En Japón el arancel de 8,5% se igualó a cero desde la entrada en vigencia del acuerdo.

En general, las perspectivas del cerezo son favorables, puesto que Chile es el principal proveedor de cerezas de contra-estación al hemisferio norte. Asimismo, las innovaciones tecnológicas y varietales de los últimos años debieran traducirse en un aumento de la producción de fruta de buena calidad y de mayor duración de post-cosecha.

En cuanto a los mercados del cerezo, cabe señalar que si bien Chile hoy en día exporta a Latinoamérica, Europa, Estados Unidos y algo a Medio Oriente, lo ideal sería la ampliación y consolidación del mercado de Japón, pues en dicho país los precios son significativamente más altos que los registrados en los mercados tradicionales. Se debe tener en consideración que sólo a partir de la temporada 2000/2001 Japón autorizó el ingreso de la cereza chilena.

Para la manzana, su futuro en estado fresco, se fundamentará en la obtención de un producto de calidad acorde con el gusto de los consumidores extranjeros, en la introducción de nuevas variedades de mayor aceptación, en la apertura de nuevos mercados y en la consolidación de los existentes. Asimismo, las perspectivas para jugo son favorables, y las agroindustrias han subido el precio al productor por la materia prima, ya que con el aumento de las exportaciones de fruta fresca, ésta se ha tornado más escasa.

En el caso específico de la avellana, el destino de esta fruta está constituido por el mercado interno y de exportación. En el primero, es utilizada como snacks, en chocolatería y en la industria de la gastronomía, entre otros. En el segundo destino, cabe señalar que se ha evidenciado un sostenido incremento de las ventas al exterior.

Según lo anterior se prevé un buen desempeño de esta especie tanto en el ámbito nacional como en el mercado internacional, principalmente en el segundo, por cuanto es en donde este tipo de producto enfrenta una demanda creciente.

Finalmente, en nogal, las nuevas plantaciones han utilizado fundamentalmente variedades injertadas, ya que éstas entran antes en producción y presentan una producción homogénea en el huerto, tanto en rendimiento como en calidad.

A nivel mundial, cabe destacar que el principal productor y exportador es Estados Unidos, abastece a los países europeos, latinoamericanos y de Oriente, y en los dos primeros nichos coincide con la nuez chilena. No obstante, según la opinión de expertos la calidad del producto nacional sería mejor que la norteamericana, debido a que esta última tiene un tratamiento mecánico que afectaría su presentación.

En este escenario, surge la necesidad de contar con variedades injertadas que permitan obtener una fruta con los atributos necesarios para optar por los mercados más exigentes.

Por otra parte, es preciso señalar que para todo el proceso de partidura, selección y embalaje de las nueces se requiere de mano de obra especializada y de infraestructura que permita un adecuado manejo y conservación del producto, lo que necesariamente deberá asociarse a la capacidad empresarial y disponibilidad de recursos de cada productor.

Cabe señalar que si bien el nogal es una especie que requiere suelos profundos, friables y con buen drenaje, se debe indicar que estos aspectos no serían restrictivos en las plantaciones proyectadas, por cuanto los suelos del área del proyecto poseen suficiente profundidad para el cultivo de nogales.

- **Vid Vinífera**

Actualmente, existe la tendencia hacia una expansión de las plantaciones de esta especie, y el objetivo es la exportación de vinos finos con denominación de origen. No obstante, el aumento de los viñedos se ha atenuado en los últimos años con el objeto de mantener el escenario favorable que caracteriza hoy en día a este sector, principalmente en el caso de los vinos de calidad.

En la actualidad la producción nacional de vinos se caracteriza por una gran heterogeneidad, debido a diversas gamas de cepajes o variedades, zonas agroclimáticas y procesos de elaboración. De hecho, existen productores, incluidas las industrias, que cultivan vides en zonas de riego con un alto nivel tecnológico y variedades exportables. Por otro lado, hay productores pequeños localizados en áreas de secano, con bajo nivel tecnológico y cuyas variedades, del tipo corriente, abastecen de preferencia el mercado interno, en los segmentos menos exigentes.

En el corto a mediano plazo, la producción de vino aumentará considerablemente, ya que una parte importante de los viñedos en Chile se encuentran en etapa de producción creciente. En este escenario, es preciso consolidar el producto en los mercados de exportación y abrir nuevas plazas de colocación, estrategia que debe ser complementada con una fuerte expansión de la capacidad de elaboración y guarda dentro del país.

Agentes vinculados al sector están conscientes del aumento que experimentará la oferta nacional durante los próximos años, por lo cual se están aplicando estrictas medidas técnico productivas en el manejo de los viñedos, con el objeto de controlar el rendimiento en

beneficio de la calidad. Lo anterior debería contribuir, además, a ordenar las entregas y facilitar la fluidez de la comercialización.

El programa anual que tiene Chile para la promoción del vino, el cual incluye su participación en las principales ferias vitivinícolas del mundo y viajes comerciales, es una estrategia básica para posicionar el producto nacional en los mercados ya consolidados así como también en nuevos puntos de colocación.

No obstante lo anterior, el fuerte aumento de la producción de vinos finos y la creciente competencia internacional con países como Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Argentina y otros, recomienda ser muy conservadores en la promoción de nuevas plantaciones. Sólo la producción de vinos de alta calidad podrá competir con éxito en el mercado internacional.

En este ámbito, se debe señalar que los mercados que Chile actualmente abastece presentan potencial. En efecto, Europa es un gran productor y consumidor de vinos, concentra a demandantes estables y exigentes. Asia, es un nicho que está en vías de expansión, cuenta con numerosa población, aunque con influencia musulmana que rechaza el consumo de alcohol.

Estados Unidos, por su parte, tiene un potencial de producción interno muy alto y la oferta de vinos varietales ha aumentado considerablemente, aunque es preciso indicar que alrededor del 50% de su población nunca ha consumido vino, porcentaje que debiera descender en los próximos años mediante la implementación de campañas de marketing, proceso que favorecería los envíos chilenos.

De esta forma, el programa anual que tiene Chile para la promoción del vino, el cual incluye su participación en las principales ferias vitivinícolas del mundo y viajes comerciales, es una estrategia básica para posicionar el producto nacional en los mercados ya consolidados así como también en nuevos puntos de colocación.

- **Chacras y Hortalizas**

Se han incorporado chacras y hortalizas para consumo fresco con mayor potencial en la zona de estudio, como es el caso de la papa, poroto, lechuga, poroto verde, tomate, zanahoria y arveja verde. Estos cultivos se han asignado a la totalidad de los estratos de tamaño sin distinción, pero preferentemente en aquellos predios de menor tamaño y perteneciente a la etnia mapuche. Lo anterior es debido a que la mano de obra familiar, al igual que en el caso de berries, se adapta de mejor manera a las exigencias de estas especies.

En general el cultivo de estas especies está orientado a la producción para consumo fresco en el mercado nacional, específicamente en las ciudades de Temuco, Concepción, Los Ángeles, Chillán y al sur de la IX Región.

- **Menta**

Se debe señalar que las áreas Centro y Centro-Sur del país, como Chillán, Los Ángeles y Temuco, presentan características climáticas similares a las áreas productivas de Estados Unidos, lo que ha logrado definir un adecuado manejo agronómico para esta especie.

Actualmente existe una alta demanda del aceite esencial de menta a nivel mundial, la que ha mostrado un crecimiento del orden de 5% anual. Este aceite es utilizado en la elaboración de pastas de dientes y enjuagues bucales, gomas de mascar, pastillas, licores y remedios, entre otros.

En Chile la Empresa Agrícola Essential Oil Ltda., ubicada en Bulnes, VIII Región, ha desarrollado este cultivo, actualmente tiene una capacidad de 500 hectáreas, la que se podrían duplicar en las próximas temporadas.

Se debe tener en consideración que una hectárea de menta produce entre 80 y 100 kilos de aceite al año y la plantación dura seis años. Una plantación comercial involucra entre 80 y 100 hectáreas, por lo que se recomienda para grandes productores, ya que la inversión en maquinaria es del orden de US\$100.000, monto que incluye el equipo de cosecha y de destilación.

- **Productos Pecuarios**

En relación a la carne bovina, el objetivo es ocupar algunos nichos en los mercados externos con productos de alta calidad. Para afrontar el futuro con éxito, es preciso reorientar las estrategias de desarrollo de la ganadería nacional. Se requerirá de reglas claras para invertir y generar un cambio en el enfoque del sistema actual que vaya hacia una integración entre productores, industria procesadora-empacadora y el sector oficial así como adoptar sistemas productivos de alta competitividad.

Cabe señalar que los embarques a la Unión Europea han cumplido satisfactoriamente con los estándares exigidos por dicho bloque. De hecho, actualmente existen dos mataderos habilitados con dicho propósito y este año podría quedar listo un tercer matadero. Uno de los mataderos es Carnes Nuble ubicado en Chillán, el otro se ubica en Osorno. Asimismo, tanto Guatemala como México han enviado misiones a Chile con el propósito de habilitar mataderos y concretar adquisiciones de carne bovina chilena. Se debe destacar que México es un gran importador de carne y la carne nacional entra con arancel cero.

Por otra parte, es necesario destacar la expansión que ha exhibido, en Chile, el consumo por habitante de carne bovina, ya que mientras en 1989 se consumían 17,5 kilos por habitante, en 2010 éste fue de 23,6 kilos, lo que implica un incremento del orden de 34,5%. Sin embargo, se debe tener presente que en ese mismo período, las carnes blancas experimentaron un crecimiento más espectacular, ya que en ese lapso el consumo de pollos y pavos se expandió fuertemente, pasando de 8 a casi 33,3 kilos por habitante.

En relación a la leche, en Chile la leche es un rubro que podría tener posibilidades de expansión sólo en el caso de lecherías eficientes que cuenten con economías de escala, ya que la relación beneficio-costos se ha tornado más estrecha. Esta apreciación se basa en una demanda interna creciente, en la disminución que han experimentado las importaciones y en consolidación de las exportaciones.

En este contexto, es importante señalar que actualmente se está llevando a cabo una importante campaña con el objeto de incentivar el consumo nacional de leche. En efecto, el consumo de productos lácteos en Chile durante el año 2003 se ubicó en torno a unos 130 litros por habitante, cifra que en los países desarrollados, según FAO, alcanza a un promedio de 200 kilos per cápita y en los en desarrollo no supera los 45 kilos por habitante.

Cabe señalar que sólo se asignarán praderas de tipo comercial con ganado bovino sólo en predios mayores de 50 ha, y en aquellos de menor tamaño, sólo en predios pertenecientes a la etnia mapuche.

d) Experiencias Locales

Se debe tomar en consideración que los planteamientos de desarrollo de esta zona, en donde sólo se ha considerado integrar al riego la actual superficie de secano, se sustenta en cuanto a que las escasas áreas de riego presentes tanto en el área de estudio como en toda la región, se efectúan esencialmente en base a frutales, tales como avellanos, manzanos, cerezos, nogales y berries bajo riego tecnificado. Asimismo, cultivos como menta, maíz silo y alfalfa son regados ya sea por aspersión o por pivote.

Cabe señalar que en la comuna de Gorbea, que no hace más de una década sólo se dedicaba al cultivo de cereales y ganadería, actualmente se ha intensificado notoriamente en producción tanto de avellanos como de berries, asociando a alrededor de 64 grandes agricultores de la toda la región, incluso con agricultores presentes al interior del área de estudio.

Por otra parte, también existen iniciativas asociadas a la vinificación, con importantes agricultores presentes en el área de estudio, que han implementado viñedos con tecnología de punta asesorados por académicos de la Universidad Católica de Chile.

En zonas aledañas al área de interés del presente estudio, existe una importante superficie destinada al cultivo de menta, regado por pivote y con perspectivas de expansión favorables para el presente estudio.

Según lo anterior, el que se esté efectuando un estudio de riego para incorporar una importante superficie actualmente de secano, no significa que dicho proceso sea desconocido, por lo contrario y debido a las experiencias de riego, las cuales se encuentran distribuidas tanto al interior del área de estudio como en zonas aledañas a la misma, permiten que sea factible su introducción y sea posible su adopción.

Lo anterior, también es expansible a la posibilidad de que los métodos de riego tecnificados sean fácilmente adoptados por parte de los usuarios del futuro proyecto.

Finalmente, se debe señalar que el gran apoyo, tanto técnico como crediticio de las instituciones estatales presenta actualmente en el área de estudio, permiten que dicha adopción del riego, por parte de los agricultores, sea un proceso gradual pero permanente dentro del flujo de adopción del proyecto.

7.3.2 Uso del suelo

La situación con proyecto corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio por medio de la ejecución y construcción de obras civiles. Esta situación se apoya por medio de un programa de asistencia técnica y capacitación, el cual permite a los beneficiarios, además de tecnificar el riego y aumentar la eficiencia del mismo, poder mejorar las labores de cultivo y la rentabilidad de los rubros.

El objetivo es dar una pauta para evaluar económicamente la ejecución de proyectos de riego, con el fin de tener una herramienta común de comparación y priorización para la mejor asignación de los recursos del sector.

La diferencia de costos y beneficios entre situación sin proyecto y con proyecto, permitirá obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto. La conveniencia de su materialización dependerá de si los beneficios asociados a él son mayores que sus costos o en caso contrario, si no es rentable, no deberá llevarse a cabo.

La estructura de uso futuro del suelo en la situación con proyecto, 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 asociada.

Como resumen a los criterios de desarrollo en la Tabla 7-6 se aprecian como se distribuyen los cultivos bajo riego de acuerdo al estrato de tamaño y etnia.

Cabe señalar que a diferencia del sector 1, en donde por condiciones climáticas la asignación de rubros bajo riego es más limitante y del sector 5, en donde se asignó vid vinífera debido a la existencia de algunas experiencias en ese sector, para el resto de los sectores (2, 3, 4, 6, 6A, 7, 8, 9, 10 y 11) los criterios de asignación de los distintos rubros es similar diferenciándose solamente por los tipos de estratos de tamaño, niveles tecnológicos y tipo de etnia.

Se debe señalar que los métodos de riego adoptados por tipo de cultivo se presentan en cada cuadro de asignación de cultivos. Al respecto, sólo se ha considerado riego presurizado en aquellos cultivos que de acuerdo a su rentabilidad lo ameritan y lo pueden costear sin perjudicar su rentabilidad. De esta forma el riego tecnificado correspondiente a goteo se ha considerado en la totalidad de los frutales y en la vid vinífera. El riego por pivote se ha estimado factible en menta y maíz silo y el método de aspersión en alfalfa. El resto de los cultivos se regará en forma tradicional, considerando un pequeño mejoramiento en sus eficiencias de riego.

Tabla 7-6: Criterios de Asignación de Rubros en situación con Proyecto de Riego

Rubro Productivo	Estratos de Tamaño											
	0 a 1		1 a 5		5 a 15		15 a 50		50 a 100		> 100	
	No Mapuche	Mapuche	No Mapuche	Mapuche	No Mapuche	Mapuche	No Mapuche	Mapuche	No Mapuche	Mapuche	No Mapuche	Mapuche
Cultivos												
Cebada							X	X	X	X	X	X
Trigo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Papa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Poroto	X	X	X	X	X	X						
Menta									X		X	
Lechuga	X	X	X	X	X	X		X		X		X
Poroto Verde	X	X	X	X	X	X		X		X		X
Tomate	X	X	X	X	X	X	X	X				
Zanahoria							X		X		X	
Arveja Verde	X	X	X	X	X	X		X		X		X
Frutales y Vides												
Arándano					X		X		X		X	
Avellano Europeo									X		X	
Cerezo					X	X	X	X	X	X	X	X
Frambuesa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Frutilla	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X
Manzano				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nogal							X		X		X	
Vid Vinífera									X		X	
Praderas/Forrajes												
Alfalfa		X		X		X		X	X	X	X	X
Trébol		X		X		X		X	X	X	X	X
Maíz Silo									X		X	
Pradera Mixta		X		X		X		X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

En tanto, en la Tabla 7-7, se presenta el uso actual para el total del área de estudio. Cabe señalar que el uso del suelo presentado en esta oportunidad corresponde al año estabilizado de la situación con proyecto.

Tabla 7-7: Uso del Suelo Total Área

Rubro Productivo	Método de Riego	Uso del Suelo Futuro Total Área					
		Riego Superficial		Riego por Pozo		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
RIEGO							
Cultivos y Hortalizas							
Cebada	Tendido	2.704,04	7,7			2.704,04	6,0
Trigo	Tendido	4.093,78	11,7			4.093,78	9,0
Papa	Surco	1.806,29	5,2			1.806,29	4,0
Poroto	Surco	791,75	2,3			791,75	1,7
Menta	Pivote	338,31	1,0			338,31	0,7
Choclo	Surco	336,76	1,0			336,76	0,7
Poroto Verde	Surco	322,28	0,9			322,28	0,7
Tomate	Surco	334,84	1,0			334,84	0,7
Zanahoria	Surco	362,36	1,0			362,36	0,8
Arveja Verde	Surco	621,69	1,8			621,69	1,4
Frutales y Vides							
Arándano	Goteo	1.825,40	5,2			1.825,40	4,0
Avellano Europeo	Goteo	2.241,14	6,4			2.241,14	4,9
Cerezo	Goteo	2.966,95	8,5			2.966,95	6,5
Frambuesa	Goteo	1.660,97	4,8			1.660,97	3,7
Frutilla	Goteo	1.615,47	4,6			1.615,47	3,6
Manzano	Goteo	3.217,55	9,2			3.217,55	7,1
Nogal	Goteo	1.435,50	4,1			1.435,50	3,2
Vid Vinífera	Goteo	218,75	0,6			218,75	0,5
Alfalfa	Aspersión	2.108,80	6,0			2.108,80	4,6
Trébol	Tendido	925,38	2,6			925,38	2,0
Maíz Silo	Pivote	505,25	1,4			505,25	1,1
Pradera Mixta	Tendido	4.525,57	12,9			4.525,57	10,0
Total Riego		34.958,83	99,9			34.958,83	76,9
SECANO							
Avena						974,13	2,1
Trigo						3.870,70	8,5
Lupino						208,61	0,5
Raps						417,46	0,9
Papa						4,31	0,0
Huerta Casera						4,47	0,0
Cebada						524,05	1,2
P. Artificial y N. Mejorada						212,17	0,5
Pradera Natural						775,15	1,7
Forestal						965,35	2,1
Secano Sin Uso						247,54	0,5
Total Secano						8.203,94	18,1
Indirectamente Productivo						1.200,18	2,6
Sin Uso Agrícola						1.082,06	2,4
Total Área de Estudio		34.958,83				45.445,01	100,0

Fuente: Elaboración Propia

Con el objeto de comparar el cambio de la situación sin proyecto a con proyecto se presenta la Tabla 7-8, en donde se aprecia los incrementos de superficie regada entre ambas situaciones para el total del área.

Tabla 7-8: Comparación Uso del Suelo Situaciones sin y con proyecto Total Área

Rubro Productivo	Uso del Suelo		
	Situación Actual	Situación Futura	Diferencial
	ha	ha	%
RIEGO			
Cultivos y Hortalizas			
Cebada		2.704,04	100%
Trigo		4.093,78	100%
Papa		1.806,29	100%
Poroto		791,75	100%
Menta		338,31	100%
Choclo		336,76	100%
Poroto Verde		322,28	100%
Tomate		334,84	100%
Zanahoria		362,36	100%
Arveja Verde		621,69	100%
Frutales y Vides			
Arándano		1.825,40	100%
Avellano Europeo		2.241,14	100%
Cerezo		2.966,95	100%
Frambuesa		1.660,97	100%
Frutilla		1.615,47	100%
Manzano		3.217,55	100%
Nogal		1.435,50	100%
Vid Vinífera		218,75	100%
Alfalfa		2.108,80	100%
Trébol		925,38	100%
Maíz Silo		505,25	100%
Pradera Mixta		4.525,57	100%
Total Riego		34.958,83	100%
SECANO			
Avena	5.651,46	974,13	-80%
Trigo	22.689,15	3.870,70	-80%
Lupino	1.222,80	208,61	-80%
Raps	2.415,08	417,46	-80%
Papa	24,61	4,31	-80%
Huerta Casera	25,73	4,47	-80%
Cebada	3.061,41	524,05	-80%
P. Artificial y N. Mejorada	1.231,42	212,17	-80%
Pradera Natural	4.513,70	775,15	-80%
Secano Sin Uso	1.438,27	323,76	-80%
Total Secano	42.273,64	7.314,81	-80%
Indirectamente Productivo	1.215,82	1.215,82	
Sin Uso Agrícola	1.084,52	1.084,52	
Total Área	44.573,98	44.573,98	

Fuente: Elaboración Propia

7.3.3 Demandas de agua de riego

7.3.3.1 Tasas de Riego, Demandas Brutas de Riego

Se han determinado las tasas de riego por hectárea una vez afectada la demanda neta por la eficiencia de riego.

Posteriormente se procedió al cálculo de las demandas brutas de agua por cultivo. Esto se ha efectuado mediante la multiplicación de las tasas de riego por las asignaciones de cultivo.

En la Tabla 7-9 se puede apreciar la demanda bruta para el del área de estudio. Al respecto, la demanda para el total del área de estudio alcanza a los 248,6 hm³, con un mes de máxima demanda en enero con 1.947 m³/ha/mes.

7.3.4 Fichas técnico económicas y gastos indirectos

Se elaboraron fichas o estándares productivos y económicos considerando, en algunos casos un determinado nivel tecnológico y sistema productivo. Dichos estándares se llevaron a cabo para cada uno de los rubros productivos que se asignaron en el área del proyecto en la situación con proyecto.

Los costos directos de producción para frutales, cultivos, hortalizas y praderas se elaboraron en base a la información recopilada por el consultor y en base a la experiencia existente en la zona. Esta información fue revisada, analizada y en algunos casos corregida según antecedentes obtenidos de diversas publicaciones, de la opinión de informantes calificados, así como también de las agroindustrias presentes en la zona de estudio.

Entre las fuentes bibliográficas consultadas figuran:

- Estándares Técnicos Programa Fortalecimiento de las Capacidades de Formulación y Evaluación de Proyectos para la Pequeña Agricultura. ODEPA. 1993.
- Manual de Producción de Hortalizas. Prodecop-Fida-INIA-INDAP. 1998.
- Manual del Productor de Menta. Agrícola Essential Oil Ltda. Leslie Gilmore, Agronomist, abril 2005.
- Coeficientes Técnicos de Producción de las principales hortalizas del país, IICA, Ministerio de Agricultura. 1990.
- Cultivo de Hortalizas, Vicente Giaconi y Moisés Escaff, 1988.
- Coeficientes Técnicos de Producción de los principales frutales del país, IICA, Ministerio de Agricultura. 1990.
- Revista Agroeconómico, Fundación Chile (Diversos Números).
- Manual Fitosanitario 2006-2007, AFIPA A.G.

Tabla 7-9: Demandas Brutas de Riego (m³/ha) – Situación Con proyecto
Total Área de Estudio

Cultivos	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total	Superficie
Cultivos y Hortalizas														
Cebada						2.390.273	6.259.208	8.485.615	5.094.663				22.229.758	2.704,04
Trigo						3.592.945	9.455.228	12.827.979	7.700.206				33.576.358	4.093,78
Papa							90.692	3.765.896	4.958.582	3.936.935	1.369.397		14.121.503	1.806,29
Poroto							496.496	1.340.873	2.008.602	1.548.614	801.196		6.195.782	791,75
Menta							195.429	527.624	594.845	434.877	33.171		1.785.945	338,31
Lechuga							304.728	843.204	954.565	799.894			2.902.391	336,76
Poroto Verde							202.531	546.197	817.929	225.448			1.792.104	322,28
Tomate						101.511	572.522	837.560	779.188	560.912			2.851.693	334,84
Zanahoria						20.361	327.193	754.877	865.048	505.794			2.473.273	362,36
Arveja Verde							392.656	1.055.437	1.579.319	436.131			3.463.543	621,69
Frutales y Vides														
Arándano							927.959	2.266.115	2.580.499	1.650.468	217.624		7.642.665	1.825,40
Avellano Europeo							1.425.034	2.954.315	3.351.937	3.140.050	1.329.176		12.200.511	2.241,14
Cerezo							979.834	2.719.004	4.100.296	3.839.788	1.423.708		13.062.630	2.966,95
Frambuesa							846.398	2.063.891	2.349.584	1.503.156	199.950		6.962.978	1.660,97
Frutilla							469.342	1.505.238	1.751.265	1.512.508	712.613		5.950.966	1.615,47
Manzano							1.135.537	3.138.972	4.704.512	4.404.336	2.275.433		15.658.790	3.217,55
Nogal							915.777	1.895.100	2.149.248	2.013.459	854.342		7.827.925	1.435,50
Vid Vinífera							115.063	275.188	312.156	258.344	128.188		1.088.938	218,75
Praderas y Forrajes														
Alfalfa						509.950	1.767.161	2.742.508	3.155.015	2.951.587	1.756.122		12.882.342	2.108,80
Trébol						502.225	1.679.584	2.594.595	2.979.339	2.788.466	1.669.355		12.213.563	925,38
Maíz Silo							3.845	473.282	749.534	701.534	431.891		2.360.086	505,25
Pradera Mixta						2.371.702	8.146.153	12.628.526	14.521.944	13.589.762	8.096.109		59.354.196	4.525,57
TOTAL DEMANDAS						9.488.966	36.708.368	66.241.993	68.058.276	46.802.062	21.298.273		248.597.937	34.958,83
Total (m3/ha/mes)						630	1.050	1.895	1.947	1.662	813		7.997	
Total lt/ha/seg						0,24	0,41	0,71	0,73	0,69	0,30		0,25	

Fuente: Elaboración Propia

Las fichas han sido construidas, sobre la base de una selección de coeficientes técnicos extraídos de diferentes estudios, los que han sido consultados con diversos profesionales especialistas e informantes calificados. Estos coeficientes tratan de reflejar el uso de recursos bajo situaciones de manejo tecnológico medio y alto. Existiendo muchas posibilidades de manejo técnico distintas, se ha tenido necesariamente que escoger aquellas que parecen más representativas para las zonas estudiadas. Las referencias a nombres comerciales para algunos insumos son sólo indicativas y no representan ninguna selección ni recomendación especial.

Para cada especie se han elaborado fichas de costos directos anuales. En el caso de frutales, menta y praderas, se han considerado los costos directos para cada etapa del proceso productivo, desde la plantación o siembra hasta el año de producción estabilizado. A partir de los primeros años de producción comercial, se agrega una estimación del resultado económico para dicho año, con precios y volúmenes acorde con las condiciones antes señaladas. Para el resto de las especies anuales se considera una estimación de resultado económico anual, en las mismas condiciones.

Algunos aspectos metodológicos generales que se considera necesario precisar son los siguientes:

- El documento contiene información sobre los principales cultivos, hortalizas y especies frutales determinados como relevantes de considerar en el área de estudio.
- Cabe señalar que las cotizaciones de productos se han expresado en moneda de Diciembre de 2011, sin IVA, y corresponden a valores puestos en la IX Región. En cada caso se tomó en consideración los precios mensuales de los diez últimos años, a los que se les descontó el 5% de los valores más altos y el 5% de los valores más bajo.
- Para el dólar se tomó en consideración el valor de dólar observado de los últimos cinco años, a los que se les descontó el 5% de los valores más altos y el 5% de los más bajos. Según esta metodología, el tipo de cambio es de \$ 519 por 1 US\$.
- Los precios de los insumos han sido obtenidos de la información publicada en la Revista del Campo y de los antecedentes entregados por distribuidores de agroquímicos de la zona en estudio (Diciembre de 2011). A estos precios se le ha descontado el IVA.
- Los costos de maquinaria agrícola incluyen la totalidad de los costos directos y fijos asignables al uso del tractor con el respectivo implemento, incluido las depreciaciones. En ellos, se considera, además, el costo del operario.
- El precio determinado para la mano de obra representa una estimación del costo que una jornada efectiva de trabajo significa para la empresa, incluyendo los días festivos, vacaciones legales, etc., diferenciando entre mano de obra especializada y no especializada.
- Los rendimientos estimados se han elaborado a partir de la información disponible y se han ajustado de acuerdo a las estimaciones de los informantes calificados (agricultores,

exportadores y agroindustria). En todas las especies se consideró sólo la producción comercial (no se consideran las mermas).

- En el cálculo de márgenes de cada estándar, no se han considerado los costos de inversión ni de operación del riego tecnificado, a excepción del costo de la mano de obra dedicada a riego.
- Los costos de los insumos, en muchas ocasiones, por efectos del cálculo han sido aproximados a la fracción superior, eliminando los decimales resultantes en las operaciones aritméticas.
- Se ha considerado en todos los costos directos, de cada uno de los rubros, un costo por concepto de imprevistos, el que asciende al 5% de los costos directos en que se ha incurrido.
- En el caso de la ganadería las fichas técnico económicas se basaron en una redistribución de la información obtenida de la encuesta muestral del número de animales, en función de las nuevas productividades estimadas en las praderas y forrajes asignados en situación con proyecto. Dicha distribución se representó en la totalidad de la superficie encuestada, al igual que el número de animales.

En términos generales se han considerado los siguientes aspectos en cada patrón:

Labores e insumos:

- Mano de obra
- Tracción animal
- Maquinaria
- Insumos físicos
- Fletes y envases
- Imprevistos
- Rendimientos

Los estándares o patrones se valorizaron con información proveniente del capítulo “Estudio Mercados, Comercialización y Precios”. De esta manera, se obtienen las fichas técnico – económicas, las que incluyen información sobre ingreso bruto, costos directos y margen bruto.

Los patrones se elaboraron a precios de mercado y social; para este último, se consideraron las normas impartidas por MIDEPLAN, aplicando los factores de ajuste social para cada ítem.

Los coeficientes determinados por MIDEPLAN, cuyo monto varía según el ítem, se detallan a continuación:

- | | |
|-------------------------------|-------|
| • Mano de Obra no calificada: | 0,620 |
| • Insumo Importado: | 1,010 |
| • Insumo Nacional: | 1,000 |
| • Maquinaria Importada: | 1,007 |
| • Maquinaria Nacional: | 1,000 |
| • Producto Nacional: | 1,000 |
| • Producto de Exportación: | 1,010 |

En relación al factor social de 1,007 en maquinaria, éste corresponde a un ponderado entre el factor de producto nacional y de producto importado en relación 30% y 70%, respectivamente.

Los patrones productivos y económicos de la situación con proyecto se presentan en el Anexo D.5. A modo de resumen se presenta en la Tabla 7-10 los ingresos, costos y márgenes brutos unitarios de cada rubro productivo.

Con el objeto de determinar posteriormente en la evaluación económica el margen neto por cultivo de la situación con proyecto, se han estimado los gastos indirectos para cada uno de los Predios Promedio considerados.

Los gastos indirectos corresponden a los mismos valores presentados en la situación sin proyecto los cuales en algunos aspectos como administración, contabilidad, movilización, comunicaciones y arreglos de infraestructura predial se incrementaron en 20%. En el caso de las contribuciones éstas se mantuvieron sin modificaciones respecto a la situación sin proyecto. En los estratos de tamaño en donde no existía información de acciones de agua de riego y limpia de canales, de acuerdo a la información existente se han estimado dichos valores.

Los gastos indirectos corresponden a los valores declarados por los agricultores al momento de aplicarles la encuesta de Estudio de Casos. Los aspectos que se han incluido en los gastos indirectos de acuerdo con la información existente son los siguientes:

- **Administración:** Este incluye la ocupación o contratación de un empleado o mayordomo de campo. En las explotaciones de menor tamaño no se han considerado gastos de administración debido a que el agricultor trabaja directamente en los cultivos, realizando labores que se encuentran incluidas en los patrones unitarios.
- **Contribuciones:** En base a la información proporcionada por los agricultores en la encuesta aplicada a los Estudios de Casos se han estimado las contribuciones respectivas. Se ha considerado que los Predios Promedio Expandido más pequeños, están exentos de dicho pago.
- **Contabilidad:** Por este concepto se entienden los costos en contador, necesarios para la organización financiera y manejo del libro del I.V.A. y otros, de la explotación.
- **Movilización:** Dependiendo del tamaño de la explotación se ha considerado un valor por este concepto que cubre lo específicamente gastado en movilización atribuible a la actividad agrícola.
- **Comunicaciones:** Dependiendo del tamaño de la explotación se ha considerado un valor por este concepto que cubre lo específicamente gastado en comunicaciones, ya sea por telefonía fija o celular.
- **Arreglo Infraestructura Predial:** Correspondiente a mantención de infraestructura predial, como cercos, galpones, etc.

Tabla 7-10: Resumen de Fichas Técnico Económicas

Rubro Productivo	Rendimiento	Valores Unitarios (\$)					
		Precios Mercado			Precios Sociales		
		Ingreso	Costo	Margen Bruto	Ingreso	Costo	Margen Bruto
RIEGO							
Cultivos y Hortalizas							
Cebada	70 qqm/ha	882.000	624.089	257.912	882.000	609.663	272.337
Trigo	75 qqm/ha	922.425	582.036	340.389	922.425	567.310	355.115
Papa N. Bajo	250 qqm/ha	2.350.000	1.451.552	898.449	2.350.000	1.250.562	1.099.438
Papa N. Medio-Alto	300 qqm/ha	2.820.000	1.840.482	979.518	2.820.000	1.610.638	1.209.362
Poroto	20 qqm/ha	1.001.620	666.825	334.795	1.001.620	575.952	425.668
Menta Año 1	60 Kg Aceite/ha	1.401.300	1.701.062	-299.762	1.401.300	1.666.844	-265.544
Menta Año 2 al 6	100 Kg Aceite/ha	2.335.500	784.685	1.550.815	2.335.500	743.288	1.592.212
Choclo	40 mil ud/ha	2.800.000	1.446.695	1.353.305	2.800.000	1.260.474	1.539.526
Poroto Verde	12 Ton /ha	2.580.000	1.210.711	1.369.289	2.580.000	975.606	1.604.394
Tomate	40 ton/ha	5.400.000	3.366.147	2.033.853	5.400.000	2.929.648	2.470.352
Zanahoria	45 ton/ha	6.480.000	2.911.230	3.568.770	6.480.000	2.388.284	4.091.716
Arveja Verde	5 ton/ha	1.580.000	816.304	763.696	1.580.000	676.667	903.333
Frutales y Vides							
Arándano Plantación y Año 1	0 ton/ha	0	5.088.426	-5.088.426	0	4.738.448	-4.738.448
Arándano Año 2	1 ton/ha	1.180.800	239.201	941.600	1.190.532	241.581	948.951
Arándano Año 3	2,5 ton/ha	2.952.000	276.192	2.675.808	2.976.330	278.926	2.697.404
Arándano Año 4	4 ton/ha	5.904.000	2.477.276	3.426.725	5.952.660	1.718.849	4.233.811
Arándano Año 5	6 ton/ha	7.084.800	2.939.255	4.145.546	7.143.192	2.035.250	5.107.942
Arándano Año 6	7 ton/ha	8.265.600	3.316.656	4.948.944	8.333.724	2.294.412	6.039.312
Arándano Año 7	9 ton/ha	10.627.200	4.031.979	6.595.221	10.714.788	2.784.527	7.930.261
Arándano Año 8 al 18	10 ton/ha	14.169.600	5.401.205	8.768.395	14.286.384	3.700.886	10.585.498
Avellano Europeo Plantación y Año 1	0 Ton/ha	0	1.623.774	-1.623.774	0	1.459.689	-1.459.689
Avellano Europeo Año 2	0 Ton/ha	0	308.291	-308.291	0	272.703	-272.703
Avellano Europeo Año 3	0 Ton/ha	0	282.587	-282.587	0	242.166	-242.166
Avellano Europeo Año 4	0,5 ton/ha	649.000	866.366	-217.366	649.000	787.693	-138.693
Avellano Europeo Año 5	0,85 ton/ha	1.103.300	1.011.187	92.113	1.103.300	920.179	183.121
Avellano Europeo Año 6	1,1 ton/ha	1.427.800	1.103.561	324.240	1.427.800	1.004.212	423.588
Avellano Europeo Año 7	2,0 ton/ha	2.596.000	1.230.962	1.365.038	2.596.000	1.121.951	1.474.049
Avellano Europeo Año 8	3 ton/ha	3.894.000	1.433.518	2.460.482	3.894.000	1.299.496	2.594.504
Avellano Europeo Año 9 al 30	3,5 ton/ha	4.543.000	1.544.141	2.998.860	4.543.000	1.395.834	3.147.166
Cerezo Plantación y Año 1	0 ton/ha	0	3.106.572	-3.106.572	0	2.846.431	-2.846.431
Cerezo Año 2	0 ton/ha	0	792.131	-792.131	0	689.854	-689.854
Cerezo Año 3	2,1 ton/ha	1.818.810	1.579.095	239.715	1.820.813	1.346.457	474.356
Cerezo Año 4	4 ton/ha	3.464.400	1.884.682	1.579.718	3.468.216	1.568.183	1.900.033
Cerezo Año 5	6,5 ton/ha	5.629.650	2.597.133	3.032.517	5.635.851	1.115.362	4.520.489
Cerezo Año 6	8 ton/ha	6.928.800	2.912.805	4.015.995	6.936.432	1.181.750	5.754.682
Cerezo Año 7	10 ton/ha	8.661.000	3.361.381	5.299.619	8.670.540	1.300.612	7.369.928
Cerezo Año 8 al 20	12 ton/ha	10.393.200	3.897.989	6.495.212	10.404.648	1.397.103	9.007.545
Frambuesa Plantación y Año 1 N. Medio	0 ton/ha	372.050	4.091.837	-3.719.787	374.576	3.737.689	-3.363.113
Frambuesa Año 2 N. Medio	2 ton/ha	1.488.200	1.609.175	-120.975	1.498.304	1.183.880	314.424
Frambuesa Año 3 N. Medio	4,5 ton/ha	3.348.450	2.535.643	812.807	3.371.184	1.797.167	1.574.017
Frambuesa Año 4 N. Medio	6 ton/ha	4.464.600	3.417.842	1.046.758	4.494.912	2.382.152	2.112.760
Frambuesa Año 5 al 10 N. Medio	7,5 ton/ha	5.580.750	4.345.150	1.235.600	5.618.640	2.994.268	2.624.372
Frambuesa Plantación y Año 1 N. Alto	0 ton/ha	744.100	4.198.111	-3.454.011	749.152	3.843.728	-3.094.576
Frambuesa Año 2 N. Alto	3,6 ton/ha	2.678.760	2.190.275	488.485	2.696.947	1.529.961	1.166.986
Frambuesa Año 3 N. Alto	6 ton/ha	4.464.600	3.307.811	1.156.789	4.494.912	2.273.004	2.221.908
Frambuesa Año 4 N. Alto	8 ton/ha	5.952.800	4.410.378	1.542.422	5.993.216	3.084.748	2.908.468
Frambuesa Año 5 al 10 N. Alto	10 ton/ha	7.441.000	5.240.886	2.200.114	7.491.520	3.528.643	3.962.877
Frutilla Plantación y Año 1	0 y 20 ton/ha	9.000.000	9.905.618	-905.618	9.000.000	6.608.795	2.391.205
Frutilla Año 2	25 ton/ha	11.250.000	7.426.382	3.823.618	11.250.000	2.804.707	8.445.293
Manzano Plantación y Año 1	0 ton/ha	0	2.064.069	-2.064.069	0	1.829.233	-1.829.233
Manzano Año 2	0 ton/ha	0	840.452	-840.452	0	697.388	-697.388
Manzano Año 3	4,5 ton/ha	455.850	1.422.955	-967.105	471.780	1.108.963	-637.183
Manzano Año 4	12 ton/ha	1.215.600	1.727.413	-511.813	1.258.080	1.334.000	-75.920
Manzano Año 5	25 ton/ha	2.532.500	2.095.406	437.094	2.621.000	1.619.038	1.001.962
Manzano Año 6	35 ton/ha	3.545.500	2.469.962	1.075.538	3.669.400	1.891.510	1.777.890
Manzano Año 7 al 20	45 ton/ha	4.558.500	2.770.871	1.787.629	4.717.800	2.112.158	2.605.642
Nogal Plantación y Año 1	0 Ton/ha	0	2.428.622	-2.428.622	0	2.324.346	-2.324.346
Nogal Año 2	0 Ton/ha	0	638.820	-638.820	0	616.086	-616.086
Nogal Año 3	0,8 Ton/ha	1.560.000	610.612	949.388	1.560.000	550.847	1.009.153
Nogal Año 4	1,6 Ton/ha	3.120.000	782.610	2.337.390	3.120.000	681.938	2.438.062
Nogal Año 5	2,1 Ton/ha	4.095.000	888.245	3.206.755	4.095.000	760.234	3.334.766
Nogal Año 6	2,6 Ton/ha	5.070.000	949.303	4.120.697	5.070.000	801.630	4.268.370
Nogal Año 7	3 Ton/ha	5.850.000	1.069.274	4.780.726	5.850.000	896.720	4.953.280
Nogal Año 8	3,3 Ton/ha	6.435.000	1.160.217	5.274.783	6.435.000	969.295	5.465.705
Nogal Año 9 al 25	4 Ton/ha	7.800.000	1.370.042	6.429.958	7.800.000	1.134.009	6.665.991
Vid Vinífera Plantación y Año 1	0 ton/ha	0	3.141.096	-3.141.096	0	2.787.807	-2.787.807
Vid Vinífera Año 2	0 kg/ha	0	750.183	-750.183	0	655.108	-655.108
Vid Vinífera Año 3	4.000 kg/ha	1.120.000	917.913	202.087	1.120.000	461.382	658.618
Vid Vinífera Año 4	9.000 kg/ha	2.520.000	1.250.452	1.269.548	2.520.000	684.671	1.835.329
Vid Vinífera Año 5 al 20	12.000 kg/ha	3.360.000	1.571.737	1.788.263	3.360.000	845.727	2.514.273
Ganadería							
Bovina y Ovina 0 a 1 ha N Bajo y Medio-Bajo		930.583	560.578	370.004	930.583	483.704	446.878
Bovina y Ovina 1,01 a 5 ha N Bajo y Medio-Bajo		763.022	409.937	353.085	763.022	382.495	380.527
Bovina y Ovina 1,01 a 5 ha N Medio-Alto		1.263.480	706.888	556.592	1.263.480	666.451	597.029
Ovina 5,01 a 15 ha N Bajo		436.508	208.575	227.933	436.508	174.554	261.954
Bovina y Ovina 5,01 a 15 ha N Medio y Medio-Alto		923.130	457.038	466.093	923.130	427.374	495.757
Bovina y Ovina 15,01 a 50 ha N Bajo		330.578	211.694	118.884	330.578	181.032	149.546
Bovina y Ovina 15,01 a 50 ha N Medio		1.089.227	654.564	434.663	1.089.227	613.814	475.412
Bovina 15,01 a 50 ha N Alto y Medio-Alto		2.014.126	925.087	1.089.040	2.014.126	882.857	1.131.270
Bovina y Ovina 50,01 a 100 ha N Bajo y Medio-Bajo		614.728	391.302	223.426	614.728	364.020	250.707
Bovina y Ovina 50,01 a 100 ha N Medio		1.458.534	757.711	700.823	1.458.534	716.810	741.724
Bovina y Ovina 50,01 a 100 ha N Alto y Medio-Alto		2.356.860	908.820	1.448.040	2.356.860	864.407	1.492.453
Bovina Mayor de 100 ha N Bajo		281.984	196.515	85.470	281.984	169.322	112.662
Bovina y Ovina Mayor de 100 ha N Medio		2.647.315	1.872.776	774.539	2.647.315	1.766.851	880.464
Bovina y Ovina Mayor de 100 ha N Alto y Medio-Alto		3.267.298	1.106.694	2.160.604	3.267.298	1.063.835	2.203.463

Fuente: Elaboración Propia

- Acciones: Corresponde a lo pagado a las organizaciones de regantes por el agua de riego.
- Limpia de Canales: Corresponde a un monto anual ocupado principalmente en la limpia de canales de regadío.

Se debe señalar que generalmente los predios del área, especialmente los de menor tamaño, no poseen costos de administración, los que están asociados a la contratación de un Administrador. En el caso de propiedades pequeñas y que no sean parte integrante de explotaciones de mayor tamaño, tampoco poseen contabilidad, debido básicamente a que los agricultores de estos predios se dedican a trabajar en forma asalariada en otros lugares.

El criterio general utilizado en el cálculo de los gastos indirectos es partir de la base de lo informado por los propios agricultores y posteriormente según la explotación, los más pequeños, que no forman parte de más explotaciones, están exentos de pago de contribuciones y destinan un gasto mínimo a comunicaciones y movilización, los cuales están generalmente asociados a actividades ajenas a la explotación agropecuaria.

De esta forma en la Tabla 7-11 se han determinado los valores por Predio Promedio. Cabe señalar que en esta Tabla los valores corresponden a precios de mercado, los respectivos precios sociales son los mismos montos presentados sin incluir el ítem correspondiente a contribuciones.

**Tabla 7-11: Gastos Indirectos Situación Con proyecto por Estrato de Tamaño
(Precios de Mercado, \$/ha/año)**

Ítem	Estratos de Tamaño					
	0 - 1 ha	1,01 - 5 ha	5,01 - 15 ha	15,01 - 50 ha ⁽¹⁾	50,01 - 100 ha	Más de 100 ha
Administración ⁽¹⁾				133.859	133.004	18.424
Contribuciones				9.000	9.152	8.937
Contabilidad			6.000	9.950	9.747	3.044
Movilización	24.000	6.000	26.007	39.733	18.220	13.208
Comunicaciones	49.590	27.594	9.320	14.113	4.196	3.856
Arreglo Infraest.	38.548	30.575	8.551	12.841	14.076	4.477
Acciones Agua	5.872	5.872	6.271	7.822	5.872	6.523
Limpia Canales	7.343	7.343	7.343	7.343	7.343	7.344
Total/ha	125.353	77.384	63.492	234.661	201.610	65.813

⁽¹⁾ Valores de Administración aplicables solo a agricultores con Nivel Tecnológico Alto

Fuente: Elaboración Propia

7.3.5 Inversiones intraprediales

7.3.5.1 Adecuación Predial

a) Métodos a Implementar

El éxito o fracaso de una agricultura de riego depende, en gran medida, del método de riego que se emplee, el cual debe permitir que el cultivo alcance su máximo rendimiento sin deteriorar el suelo. Los métodos de riego deben diseñarse para una determinada condición de operación, teniendo presente los siguientes factores:

- Factores de cultivo: Entre éstos se debe considerar la densidad de siembra o plantación, forma de crecimiento de la especie y susceptibilidad a enfermedades.
- Factores relacionados con el agua de riego: Especialmente la disponibilidad o abundancia del recurso y la calidad.
- Factores de suelo: Se debe tener presente la pendiente, la velocidad de infiltración y las características de textura y profundidad del suelo.
- Factores humanos: Preparación del personal y posibilidades de capacitación, en especial cuando se trata de métodos tecnificados.

Los métodos de riego a implementar dependen, en gran parte, de las condiciones propias de la zona en la cual se desarrolla este proyecto. De esta manera, no existen impedimentos tanto climáticos como agrológicos que impidan la tecnificación del riego. Las excepciones están dadas por suelos de tipo no agrícola de clases VII y VIII.

De esta forma, los métodos de riego que son factibles de desarrollar en la zona de estudio corresponden a los siguientes, según el tipo de cultivo:

- Riego por goteo en frutales
- Riego por aspersión o cobertura en praderas de alta rentabilidad.
- Pivote en cultivos industriales de predios que en la actualidad presenten un nivel técnico alto y predios mayores de 50 ha.

A continuación, y considerando lo expresado anteriormente, se describen los métodos de riego tecnificado mencionados precedentemente.

En las dos últimas décadas, la adopción de tecnologías de riego de alta eficiencia ha presentado un crecimiento significativo en Chile. Lo anterior está dado, principalmente, por la introducción de cultivos de alta rentabilidad.

Los equipos de riego localizado permiten suministrar agua y fertilizantes en forma dirigida a las plantas. El agua es conducida a cada planta a través de una red de tuberías y entregada por góteros, microjet o cinta. En el terreno, el agua se distribuye formando un bulbo de mojado cuya forma y tamaño depende del tipo de suelo, caudal del emisor y tiempo de riego.

Las ventajas del riego localizado se basan principalmente en que los requerimientos de agua pueden ser menores que con otros métodos tradicionales. Los ahorros dependen del cultivo, suelo, condiciones ambientales y de la eficiencia de riego. La razón principal del ahorro de

agua es la pequeña porción de volumen de suelo que se moja con este sistema. Además, se debe considerar que disminuye la superficie evaporante y se minimiza la escorrentía de agua en el campo y la percolación profunda.

Otra ventaja, es la posibilidad de utilizar aguas con un cierto grado de salinidad, reduciendo los daños al cultivo, lo que es atribuible a la disminución de la concentración de la solución del suelo, debido a la alta frecuencia de riego utilizada para la mantención de adecuados contenidos de humedad en la zona radicular. Lo anterior, es producto de la formación de un bulbo radicular de humedecimiento al interior del cual se desarrollan las raíces concentrándose las sales fuera de él, no afectando por lo tanto el desarrollo del cultivo.

Con el riego localizado es factible dirigir el fertilizante a la planta, con un considerable ahorro de este tipo de insumos. El ahorro de fertilizantes se estima en 25%. Además, debido a que sólo se humedece una pequeña porción de superficie, la propagación de malezas es reducida.

El hecho de utilizar tuberías en la conducción del agua, disminuye prácticamente a 0% las pérdidas por conducción. Además, éste sistema produce precocidad por el buen estado hídrico del sistema radicular.

La principal desventaja de este sistema está dada por la posibilidad de obstrucción de los emisores, a menos que sean tomadas medidas preventivas. La tapadura de los emisores está dada por aguas con abundante Carbonato de Calcio (CaCO_2) el cual hace precipitar el fósforo tapando los goteros.

Los componentes básicos de un sistema de riego localizado incluyen una bomba, filtros, líneas de distribución y los emisores (gotero, microjet, cinta). Los emisores son los últimos puntos del sistema por donde fluye el agua de riego al suelo en forma controlada. Un emisor eficiente debe cumplir las siguientes características:

- Descarga baja, uniforme y constante (2 - 12 l/h), para una carga de 10 a 20 m
- Sección hidráulica adecuada para evitar obstrucciones
- Económico y compacto
- Resistencia a la contaminación química y ambiental
- Poseer reducida pérdida de carga en el sistema de conexión

El sistema de riego por goteo consiste en emisores colocados sobre el lateral, espaciados uniformemente y que logran caudales menores a 12 l/h. Este sistema de riego logra eficiencias de aplicación del orden de 90% a 95%.

En el caso del riego por aspersión o cobertura, este consiste en conducir el agua a presión por medio de tuberías hasta el terreno a regar y aplicarla en forma de lluvia a través de rociadores o aspersores.

El riego por aspersión presenta ventajas en ciertas condiciones de suelo en que existen limitaciones especiales tales como:

- Terrenos de topografía irregular, ondulados y de pendiente fuerte, en cuyo caso la conducción de agua por tuberías resuelve los problemas de acequias.
- Suelos poco profundos, en los cuales no pueden realizarse trabajos de nivelación y deben aplicarse reducidas láminas de agua en cada riego.
- Suelos que presentan alta velocidad de infiltración, en los que el uso de riego superficial puede significar importantes pérdidas de agua por percolación profunda. Asimismo en suelos muy susceptibles a la erosión, donde el escurrimiento de agua en superficie puede producir importante transporte de partículas.

Entre las principales desventajas de este método de riego, cabe mencionar el uso limitado en áreas ventosas, donde este afecta la distribución y eficiencia en la aplicación del agua. Además, no es posible aplicarlo en lugares donde no exista agua continua, a no ser que se cuente con un tranque de acumulación que permita asegurar la continuidad de caudal entre dos turnos de entrega de agua al predio.

Cabe señalar que este sistema tampoco es factible utilizarlo con aguas de alto contenido de sales.

Este sistema de riego simula la lluvia aplicando el agua con una velocidad igual o mayor que la velocidad de infiltración del suelo, para evitar de esta forma el escurrimiento del agua. El riego se realiza con caudales relativamente pequeños (2 a 4 l/s), pudiendo llegar según el tipo de aspersor a caudales mínimos de 0,1 l/s y máximos de 17 l/s. Este sistema de riego alcanza eficiencias de aplicación del orden del 75% a 80% (promedio de 75%).

Los componentes de un equipo de riego por aspersión son los siguientes:

- Equipo de bomba: aspira el agua desde una fuente de abastecimiento y la impulsa a través del sistema con la presión suficiente para hacer funcionar los aspersores y compensar las pérdidas de energía en las tuberías.
- Tuberías: permiten conducir el agua desde el equipo motobomba hasta los aspersores; se clasifican en laterales, sub-principales, principales y de conducción.

En función de la movilidad de la tubería, los equipos se pueden clasificar en los siguientes:

- Sistema portátil: las tuberías laterales y las principales e incluso el sistema de bombeo pueden ser transportables en forma manual. También se denomina de acople rápido.
- Sistema semifijo: las tuberías laterales se desplazan manualmente por el campo; el resto del equipo es fijo.
- Sistema fijo: como su nombre lo indica todo el equipo es fijo.

Los aspersores corresponden a pequeños dispositivos que tienen por finalidad la aplicación directa del agua al terreno.

En cuanto al Pivote Central, este consiste básicamente en una tubería lateral con aspersores. La tubería lateral es soportada por tensores de acero y torres espaciadas entre 30 y 60 m. Cada torre cuenta con un motor y va sentada sobre dos o cuatro grandes ruedas de goma. En cada torre hay acoples flexibles que conectan las tuberías de dos tramos adyacentes. El voladizo es una tubería de menor diámetro, con aspersores, suspendida por

cables al final de la última torre para aumentar el área regada. Cañones y sistemas de esquinas pueden ser colocados al final del equipo para aumentar el radio mojado o regar en las esquinas. La longitud más común de los pivotes es 400 m y su vida útil es de 15 a 20 años.

La mayoría de los pivotes son eléctricos, aunque también usan motores hidráulicos que son más caros. Un motor eléctrico o hidráulico de alrededor de 1 HP va en cada torre para permitir su movimiento en forma autónoma. El panel de control usualmente se localiza en la estructura base o centro de pivote.

Se usan dos tipos de aspersores, de impacto y spray. Los de impacto son generalmente de baja presión y bajo ángulo y van montados directamente sobre la tubería lateral del Pivote y los tipo spray puede ser montado sobre la tubería de lateral, pero más frecuentemente se ubican en el extremo de una tubería bajante flexible, conectada en forma de U a la parte superior de la tubería lateral, manteniendo los emisores sobre la canopia del cultivo. Un pivote estándar de 400 m tiene 100 a 110 aspersores. Los tipo spray, de baja presión, son los más comúnmente utilizados para reducir las pérdidas por viento y evaporación, aunque los de impacto son aún utilizados en algunas zonas.

Los Pivotes son utilizados para regar desde 2 a 200 hectáreas, aunque lo normal son 18 a 50 ha. Consideraciones económicas limitan su uso a áreas menores de 25 hectáreas. Las áreas regadas con un pivote dependen del radio del lateral principal, más el radio producido por el cañón final y el sistema de esquina. Si el pivote central es posicionado en el centro de un cuadrado de suelo sin cañón final, regará casi el 80% del área total.

En general, tanto las ventajas como las desventajas del equipo vienen dadas del sistema de riego por aspersión, que se complementan, con las características propias del sistema con Pivote Central.

Ventajas:

- Debido a que la dosis de riego es únicamente función de la velocidad de rotación, puede adaptarse tanto a dosis grandes como pequeñas.
- El poder modificar la pluviometría permite al sistema adaptarse a distintos tipos de suelos.
- El sistema permite realizar riegos de alta uniformidad.
- No necesita nivelaciones, adaptándose a topografías onduladas. Esto permite conservar la fertilidad natural del suelo.
- Evita la construcción de acequias y canales, aumentando la superficie útil.
- Puede conseguir altos grados de automatización, con el consiguiente ahorro de mano de obra.
- Posee un bajo costo por hectárea.
- Bajos costos de operación.
- El sistema trabaja a bajas presiones permitiendo menores requerimientos de energía.
- Permite una rotación de cultivos, con la condición de que el dimensionamiento se realice para el cultivo más exigente.
- Permite la aplicación de químicos junto con el agua de riego.

Desventajas:

- Alta inversión inicial.
- Requiere de un servicio técnico especializado.
- Se necesitan adaptar los predios para su funcionamiento (mover cercos, realizar nuevos trazados de líneas eléctricas, eliminar árboles, modificar caminos, etc.).
- Al ser un sistema de riego circular se pueden perder las superficies en las esquinas de los predios.
- Para un buen manejo del riego y la presencia de varios cultivos bajo el Pivote, el sistema obliga a cultivar en sectores circulares.
- La uniformidad de riego se ve afectada por la influencia de fuertes vientos.
- Requiere de sistemas de decantación y filtraje cuando se presentan problemas con la calidad del agua.

Este sistema de riego alcanza eficiencias de aplicación del orden del 75% a 95% (promedio de 90%).

b) Costos de Inversión y Operacionales de Riego Tecnificado

A continuación se presentan los costos de inversión necesarios para la implementación del riego tecnificado y los correspondientes gastos anuales de operación de los sistemas propuestos.

i. Costos de inversión

Los costos de inversión corresponden a los pagos en que se incurren por aquellos bienes y servicios requeridos para la implementación del sistema de riego. Dentro de éstos se consideran las labores, materiales, equipos y servicios que se utilizan en cada método de riego propuesto.

Para el caso de los riegos mecánicos se considera el costo de los equipos de riego incluyendo todos sus componentes. Para la impulsión se considera el uso de motobombas con motor eléctrico.

En el caso de riego por goteo se utilizó como base una superficie de riego de 15 ha. Los costos de inversión alcanzan los \$3.003.940.

Para establecer las inversiones requeridas en riego por aspersión móvil, se tomó como base una superficie de riego de 30 ha alcanzado los \$771.294 por ha.

En riego por Pivote se consideró una superficie de 18 ha, alcanzando un costo de \$2.408.752 por unidad de superficie.

Estos costos se han obtenido de diversas fuentes bibliográficas publicadas por el INIA y la Universidad de Chile, los valores han sido actualizados y corregidos a precios de Diciembre de 2011.

El detalle del cálculo de las inversiones para cada uno de los métodos de riego indicados se presenta en las Tabla 7-12 a la Tabla 7-14.

Tabla 7-12: Costos de Inversión Método Riego por Goteo

Inversión y costos de riego por goteo, para una superficie de 15 ha				
INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Bomba 10 HP 10 lt/s	Gl			1.985.070
Tubería PVC diam. 90 mm clase 6	m	100	11.071	1.107.100
Tubería PVC diam. 75 mm clase 6	m	250	7.636	1.909.000
Tubería PVC diam. 63 mm clase 6	m	1.300	5.574	7.246.200
Tubería Polietileno diam. 16 mm	m	55.000	206	11.330.000
Goterros interlínea 4 lt/hr	U	37.000	81	2.997.000
Filtro malla 2" c/válvula	U	1	80.023	80.023
Filtro arena	U	2	946.024	1.892.048
Interconexiones hidráulica	Gl			912.815
Inyector de fertilizante 1"	U	1	36.540	36.540
Válvulas	U	8	102.424	819.392
Fittings	Gl			771.602
Caseta protectora	Gl			398.246
Programador	U	1	206.640	206.640
Tablero y conexiones eléctricas	Gl			1.711.528
Cable eléctrico	m	2.000	616	1.232.000
Transporte	Gl			433.590
Topografía y estudio de suelo	Gl			410.816
				35.479.610
Diseño e instalación 12% inversión				4.257.553
Gastos Generales e Imprevistos (15%)				5.321.942
TOTAL DE INVERSION PARA 15 ha				45.059.105
TOTAL DE INVERSION POR ha				3.003.940

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-13: Costos de Inversión Método Riego por Aspersión

Inversión y costos de riego por aspersión móvil tubería de aluminio, para una superficie de 30 ha				
INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Tub. Aspiración	m	10	23.110	231.100
Valvula de pie c/acopamiento 108 mm	Gl			95.876
Motobomba 68 HP	U	1		7.166.086
Accesorios varios	Gl			1.837.308
Aspersor alcance 50 m 14 mm/hr	U	2	686.443	1.372.886
Trípodes para aspersores	U	2	78.453	156.906
Tubería Aluminio acople rápido	Tira	150	40.473	6.070.950
Piezas especiales acople rápido	Gl			264.617
Válvulas	U	2	89.761	179.522
Traslado materiales				433.590
Topografía y estudio de suelo	Gl			410.816
				18.219.657
Diseño e instalación 12% inversión				2.186.359
Gastos Generales e Imprevistos (15%)				2.732.949
TOTAL DE INVERSION PARA 30 ha				23.138.965
TOTAL DE INVERSION POR ha				771.299

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-14: Costos de Inversión Método Riego por Pivote

Inversión y costos de riego por pivote central, para una superficie de 18 ha				
INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Pivote	U	1	32.266.279	32.266.279
Bomba Centrífuga y Accesorios	U	1	793.744	793.744
Tablero Comando y Red Alimentación Eléctrica	U	1	3.697	3.697
Caseta para Bomba y Tablero Comando	U	1	1.168	1.168
Red Hidráulica desde Bomba a punto Pivote	U	1	4.738	4.738
Acumulador de Agua y Cámara de Aspiración	U	1	3.418	3.418
Subestación Eléctrica y Empalme Alta Tensión	U	1	5.547	5.547
Traslado materiales				650.385
Topografía y estudio de suelo	GI			410.816
				34.139.792
Diseño e instalación 12% inversión				4.096.775
Gastos Generales e Imprevistos (15%)				5.120.969
TOTAL DE INVERSION PARA 18 ha				43.357.536
TOTAL DE INVERSION POR ha				2.408.752

Fuente: Elaboración Propia

ii. Vida útil de equipos de riego

En la Tabla 7-15 se presenta la vida útil considerada para cada una de los componentes de los métodos de riego.

Tabla 7-15: Vida Útil (años) de Algunos Componentes de los Sistemas de Riego

ELEMENTOS	VIDA UTIL (AÑOS)
Motobomba	20 a 30
Tuberías y Acoples	18 – 20
Emisores (goteros, cintas)	8 a 10
Filtro de Arena	15 a 20
Filtro Malla	5 a 10
Inyectores	8 a 10
Aspersores	10
Válvulas y Fittings	10 a 15
Pivote y accesorios	20 a 30
Programador y Material Eléctrico	15 a 20

Fuente: Elaboración Propia

iii. Costos anuales de riego

Los costos anuales son aquellos que se relacionan directamente con la operación de los métodos de riego, éstos incluyen la mano de obra requerida, las reparaciones y la energía necesaria para su funcionamiento, sea ésta con combustible o energía eléctrica.

- Mano de obra

Corresponde al número de jornadas empleadas anualmente en la labor del riego. Este costo se ha considerado directamente en las fichas o estándares productivos y económicos.

- Energía eléctrica

En el caso de riego tecnificado se ha optado por el uso de motores eléctricos con un costo anual aproximado de \$114.000 a \$213.750, dependiendo del método de riego utilizado.

- Reparaciones

El costo de reparaciones considera un valor equivalente a un 5% del costo de inversión.

c) Costos Totales de los Sistemas de Riego

Considerando los antecedentes mencionados precedentemente se incluye a continuación la Tabla 7-16, en la cual se presentan los costos de inversión y anuales operacionales por hectárea para cada uno de los sistemas de riego propuestos.

Tabla 7-16: Costos de Inversión (\$/ha) y Costos Operacionales Anuales para Riego por Goteo, Aspersión y Pivote (\$/ha/año)

Método	Inversión \$/ ha	Reparaciones	Energía	Total Operacional
Goteo	3.003.940	150.195	148.200	298.395
Aspersión	771.299	38.565	148.200	186.765
Pivote	2.408.752	120.438	213.750	334.188

Fuente: Elaboración Propia

7.3.5.2 Habilitación de Terrenos

Se debe efectuar una labor de destronque, el cual es un costo en que hay que incurrir para habilitar aquellos suelos que en la actualidad se encuentran con matorral o arbustos, producto de las condiciones de secano que enfrentan en la actualidad estos suelos.

Con el propósito de que estos suelos se incorporen en forma efectiva al riego, es necesario efectuar una labor de roce y destronque con tractor y/o bueyes con el objeto de cultivarlos y posteriormente regarlos.

Para efectuar esta labor de habilitación es necesario un total de 18 JH por ha, más el valor de arriendo de maquinaria. En la Tabla 7-17 se presentan los costos de destronque.

Tabla 7-17: Costos en Destronque (\$/ha)

Insumos	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total Costos (\$)
Mano de Obra	JH	20	8.000	160.000
Tractor	JM	10	25.000	250.000
TOTAL				410.000

Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar que la estimación del valor de destronque se ha efectuado tomando en consideración las actuales prácticas de destronque que realizan los habitantes del sector en estudio.

7.3.5.3 Cortinas Protectoras de Heladas

Las cortinas protectoras de heladas, también funcionan para la protección de partidura en cerezas. Este sistema consiste en el tapado de la totalidad de la plantación en periodos críticos de helada y/o lluvia por cortinas sobre un riel de alambres, cuya durabilidad alcanza los cinco años. Posterior al suceso crítico, las cortinas deben ser recogidas en postes laterales especialmente instalados para su sostenimiento.

El costo total de este sistema alcanza a los \$ 9.720.000 por ha.

7.3.6 Programa de Integración Tecnológica

7.3.6.1 Implementación y Promoción

Con el objeto de proporcionar apoyo directo y constante a los agricultores beneficiados por el presente programa, sería necesario instalar una oficina central ya sea en la localidad de Victoria, punto de interés del presente estudio.

Esta oficina deberá ser equipada con toda la infraestructura necesaria para llevar a cabo en forma eficiente y expedita el programa de aplicación tecnológica.

El equipamiento de la oficina debe incluir como mínimo los siguientes elementos:

- Cuatro computadores con sus respectivas impresoras
- Teléfono y Fax
- Línea de Internet
- Mobiliario adecuado (escritorios, sillas, estantes, mesa de reuniones, etc.)

El programa deberá contar con la participación directa de dos Ingenieros Agrónomos de tiempo completo, uno de ellos como Jefe del Programa y otro de apoyo, más dos técnicos agrícolas que cubrirán la totalidad de los sectores en estudio.

El Jefe de Programa es un Ingeniero Agrónomo que debe dirigir y coordinar la totalidad del programa, mientras que el otro agrónomo más los técnicos agrícolas cumplirán su función esencialmente en terreno, promoviendo, reforzando y aplicando el programa directamente a los agricultores beneficiados en conjunto con las organizaciones de regantes de la zona.

Durante la implementación del programa se deben identificar los líderes. Esto consiste en reconocer en cada organización los líderes legales (Presidente, Tesorero, etc.) y aquellos naturales existentes en el área. Utilizando un catastro de las organizaciones comunitarias, se puede tomar contacto con los directivos y los líderes naturales a los cuales se les invitará a formar parte y promover el Programa de Reforzamiento y de Aplicación Tecnológica.

Posteriormente, se deben organizar reuniones de promoción con los líderes y aquellos primeros agricultores contactados por ellos. De esta manera, se da a conocer y se fomenta el interés por el programa por parte de las personas asistentes. Se espera que por medio de una o dos reuniones se pueda masificar el interés y participación a la totalidad de los beneficiarios.

Durante esta etapa se procede a efectuar contactos con instituciones existentes en la zona, sean ellas públicas o privadas, con el objeto de promover y traspasar los conocimientos que se adquieran en el transcurso del proyecto.

Durante el programa es indispensable contar con la asesoría de especialistas en temas tales como medio ambiente, fertilidad de suelos, riego, agroeconomía y gestión.

7.3.6.2 Descripción del Programa

a) Módulos Demostrativos de Riego y Unidades de Validación

Los Módulos Demostrativos o MODEMS corresponden a unidades de trabajo ubicadas en las propiedades de los agricultores (beneficiarios del programa), donde se efectúan diversas actividades destinadas a validar nuevas tecnologías y a entregar transferencia a los agricultores.

Los MODEMS tienen el objetivo de promover las ventajas de la aplicación de nuevas tecnologías hacia los productores directamente beneficiados con el programa así como también indirectamente a los agricultores vecinos al área del proyecto. Los Módulos Demostrativos deben provocar un impacto directo y a corto plazo sobre su objetivo.

Las Unidades de Validación o UVAL corresponden a parcelas en donde se establecen y demuestran tecnologías de riego aplicadas a sistemas productivos alternativos. Del trabajo efectuado en las UVAL se espera que se produzcan respuestas tanto en el corto como en el mediano plazo.

Con el objeto de optimizar el negocio agrícola, tanto en las Unidades de Validación como en los MODEMS, descritos anteriormente, se debería efectuar un diagnóstico de los rubros en estudio tanto en los aspectos productivos como económicos.

Para el establecimiento de estas unidades se deben considerar los siguientes aspectos:

- Se debe reforzar la futura organización de regantes y la organización institucional de los mismos, a través de programas de gestión, capacitación en distribución de turnos y

programación del riego a través de una cartilla de intención de siembras y de riego previo al inicio de cada temporada de riego.

- La validación de los sistemas productivos y las tecnologías a implementar se deben realizar en forma local.
- Se debe promover la participación tanto de las organizaciones de regantes como de los propios agricultores en la validación de los proyectos seleccionados
- Los proyectos de validación deben crear efectos institucionales integrados a las respectivas áreas.
- Se debe proporcionar una total cobertura a los agricultores durante el proceso, a través de asistencia técnica y capacitación.
- Durante la validación de los sistemas productivos y tecnológicos se debe dar énfasis a la gestión empresarial.
- Se deben apoyar y asesorar los procesos de comercialización.
- Los proyectos deben crear condiciones adecuadas, para que al término de la ejecución de los mismos se pueda perpetuar a través del sector privado y/o a través de organizaciones regionales del sector público.

Se implementarán un total de cuatro parcelas demostrativas de 250 m² cada una. Estas unidades de validación estarán ubicadas en las propiedades de los agricultores beneficiados.

Se debe indicar que previo a la elaboración del programa, se debe considerar y tomar como base en los diseños y del estudio en sí, el diagnóstico de la situación sin proyecto que enfrenta el área, de cuyo análisis se podrán determinar las distintas tipologías de agricultores que la conforman. Estas tipologías pueden ser coincidentes con los Predios Tipo Promedio determinados para el presente estudio.

Una vez determinadas las tipologías de agricultores, en conjunto con las organizaciones de agricultores se procederán a elegir las ubicaciones de las parcelas, de manera que sean representativas del universo y estén lo más accesible posible a todos los agricultores.

Considerando la zona en estudio, el suelo, clima y las actuales tendencias del mercado, se prevé la implantación de dos módulos con frutales, una con papa y una con cultivo industrial.

Adicional a las cuatro parcelas, existirá una quinta que se debe utilizar de entrenamiento permanente en métodos de riego. Además, en esta misma parcela se puede destinar un sector para Exposición de Equipos de Riego, para lo cual se debe tomar contacto con las diferentes empresas existentes en la zona para que se instalen y promuevan sus productos.

Las parcelas deben estar disponibles para ser visitadas por toda la comunidad, actividad que estará apoyada por el Jefe del Programa, el agrónomo de apoyo y los Técnicos Agrícolas. Con el objetivo de proporcionar una mayor utilidad a los módulos se organizarán días de campo cada dos meses en donde además de entregar capacitación y transferencia se debe dar un aire de camaradería con el propósito de que éstos sean más atractivos y al menos, para integrar de esta forma a los agricultores a participar en forma activa en el programa.

Junto con lo anterior, se considera necesaria la emisión de boletines informativos y/o de extensión que serían distribuidos a la totalidad de los beneficiarios del programa y se

entregarán en los días de campo. Finalmente, se debe contemplar la realización de videos que muestren el avance del programa y su evolución en el tiempo.

b) Formación de Grupos de Interés

La identificación de grupos de interés, compuestos por agricultores que desarrollan opciones productivas o sistemas productivos similares, se basa exclusivamente en la realidad actual que enfrentan en el área de estudio y en las inquietudes detectadas por parte de los agricultores.

Considerando lo anterior, se deben considerar una serie de medidas y recomendaciones, referentes a la investigación agropecuaria y transferencia tecnológica, factor que se considera clave para el adecuado cumplimiento y establecimiento perdurable en el tiempo de estos Grupos de Interés.

Entre estos grupos, se podría contemplar la gestión en el riego, la introducción de nuevas especies vegetales, mejoramiento en técnicas de riego y habilitación de suelos, entre otros. Dichas medidas deben considerar el trabajo que se encuentran desarrollando en el área de estudio diversas instituciones del sector público, tales como INDAP, SAG, INIA, FOSIS, CORFO y otros, más algunas instituciones y empresas del sector privado, tales como cooperativas, ONGs, instituciones financieras, universidades, etc.

De acuerdo a las metas proyectadas en las distintas alternativas del estudio, se plantearán nuevas acciones que deberían desarrollar las instituciones antes mencionadas, para dar una cobertura adecuada a los requerimientos de las mismas.

Al respecto, es importante destacar que hace varios años que se han puesto en marcha mecanismos de concursabilidad en el Fondo de Promoción de Exportaciones Agropecuarias, el cual es gestionado en conjunto con PROCHILE y el sector privado. Esta innovación operativa busca ampliar el uso de estos fondos hacia empresas de pequeño y mediano tamaño, especializadas en nuevos rubros y localizadas en regiones.

Durante el programa se debe considerar el trabajo en conjunto con aquellas instituciones que prestan apoyo a la actividad agropecuaria y que son necesarias para el logro de las metas del programa de desarrollo propuesto. El criterio técnico al respecto es que las medidas de implementación del programa agropecuario, que se genere con ocasión del programa, cuenten con apoyo técnico y crediticio adecuado.

Por otra parte, se encuentra disponible para los agricultores algunos instrumentos CORFO, tales como FAT y PROFOS y el programa de capturas tecnológicas desarrollado por el Ministerio de Agricultura a través del FIA.

c) Creación de una cartera de proyectos

Se deberían identificar los impactos que signifique la puesta en funcionamiento de diferentes proyectos, ya sea mejoramiento de canales, construcción de nuevas obras de riego, tecnificación del riego, programas de transferencia técnica que se estén efectuando en la actualidad en la zona de estudio, etc.

De acuerdo a las potencialidades de la zona se definirá una cartera de proyectos para ser financiados con fondos de la Ley 18.450 o a través del Programa de Riego de la Comisión Nacional de Riego, INDAP, CORFO, etc.

7.3.6.3 Costos del Programa

En la determinación de los costos del programa propuesto se han considerado los siguientes elementos:

Personal:

2 Ingenieros Agrónomos	\$ 3.000.000/mes
2 Técnico Agrícola	\$ 1.000.000/mes
1 Secretaria	\$ 250.000/mes

Oficina:

Arriendo de Oficina	\$ 150.000/mes
Gastos de Oficina	\$ 200.000/mes
4 Computadores	\$ 500.000 c/u
4 Impresoras	\$ 70.000 c/u
1 Fax	\$ 110.000
Escritorios, sillas, estantes, etc.	\$ 1.300.000

Material Divulgativo:

Fotocopias	\$ 1.200.000
Videos	\$ 450.000 c/u
Diaporamas	\$ 400.000 c/u

Días de Campo:

Movilización Agricultores: depende del número de agricultores de cada sector

Consumos: depende del número de agricultores de cada sector

Viáticos de Especialistas: \$ 309.000 por 4 días

Parcelas Demostrativas y Unidades de Validación: Se considera que el valor de la mano de obra es absorbido directamente por el agricultor, debido a que este recibirá los beneficios de la producción. El programa financiará la tecnificación del riego, el uso de maquinaria y los insumos necesarios.

Para determinar los costos de las parcelas se han considerado los cultivos industriales, frutícolas y hortícolas más representativos del área de riego según la asignación de cultivos en situación con proyecto. La composición de las parcelas de riego se indica a continuación:

- Parcela 1: Papa
- Parcela 2: Menta
- Parcela 3: Avellano Europeo
- Parcela 4: Nogal

Se debe indicar que los cultivos seleccionados en las parcelas demostrativas son sólo un ejemplo que puede representar a otros cultivos desarrollados en la zona. Además, las parcelas pueden subdividirse en subunidades más pequeñas para incluir en ellas otro tipo de cultivos.

Cabe señalar que la duración del programa será de ocho años. En las Tabla 7-18 a la Tabla 7-25 se presenta el costo mensual del Programa de Reforzamiento de Regantes y de Aplicación Tecnológica correspondiente a los años 1 al 8 para el total del área en estudio.

Tabla 7-18: Costo Programa Año 1 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 Ingenieros Agrónomos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	36.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Movilización	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3.840
Oficina	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1.800
Secretaría	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Muebles	1.750												1.750
Computador	2.390												2.390
Material divulgativo			2.050			2.050			2.050			2.050	8.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	4.009
Asesorías especializadas		500			500			500			500		2.000
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Viaticos Especialistas		309			309			309			309		1.236
Total	9.394	6.063	11.665	5.254	6.063	11.665	5.254	6.063	11.665	5.254	6.063	11.665	96.067
Imprevistos	939	606	1.166	525	606	1.166	525	606	1.166	525	606	1.166	9.607
Presupuesto Final	10.333	6.669	12.831	5.779	6.669	12.831	5.779	6.669	12.831	5.779	6.669	12.831	105.674

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-19: Costo Programa Año 2 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 Ingenieros Agrónomos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	36.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Movilización	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3.840
Oficina	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1.800
Secretaría	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Material divulgativo			2.050			2.050			2.050			2.050	8.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	1.100
Asesorías especializadas		500			500			500			500		2.000
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Viaticos Especialistas		309			309			309			309		1.236
Total	5.012	5.821	11.422	5.012	5.821	11.422	5.012	5.821	11.422	5.012	5.821	11.422	89.018
Imprevistos	501	582	1.142	501	582	1.142	501	582	1.142	501	582	1.142	8.902
Presupuesto Final	5.513	6.403	12.564	5.513	6.403	12.564	5.513	6.403	12.564	5.513	6.403	12.564	97.920

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-20: Costo Programa Año 3 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 Ingenieros Agrónomos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	36.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Movilización	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3.840
Oficina	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1.800
Secretaria	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Material divulgativo			2.050			2.050			2.050			2.050	8.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	1.058
Asesorías especializadas		500			500			500			500		2.000
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Viáticos Especialistas		309			309			309			309		1.236
Total	5.008	5.817	11.419	5.008	5.817	11.419	5.008	5.817	11.419	5.008	5.817	11.419	88.976
Imprevistos	501	582	1.142	501	582	1.142	501	582	1.142	501	582	1.142	8.898
Presupuesto Final	5.509	6.399	12.561	5.509	6.399	12.561	5.509	6.399	12.561	5.509	6.399	12.561	97.874

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-21: Costo Programa Año 4 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 Ingenieros Agrónomos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	36.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Movilización	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3.840
Oficina	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1.800
Secretaria	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Material divulgativo			2.050			2.050			2.050			2.050	8.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	1.191
Asesorías especializadas		500			500			500			500		2.000
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Viáticos Especialistas		309			309			309			309		1.236
Total	5.019	5.828	11.430	5.019	5.828	11.430	5.019	5.828	11.430	5.019	5.828	11.430	89.109
Imprevistos	502	583	1.143	502	583	1.143	502	583	1.143	502	583	1.143	8.911
Presupuesto Final	5.521	6.411	12.573	5.521	6.411	12.573	5.521	6.411	12.573	5.521	6.411	12.573	98.020

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-22: Costo Programa Año 5 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 Ingenieros Agrónomos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	36.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Movilización	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3.840
Oficina	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1.800
Secretaria	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Material divulgativo			2.050			2.050			2.050			2.050	8.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	1.225
Asesorías especializadas		500			500			500			500		2.000
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Viáticos Especialistas		309			309			309			309		1.236
Total	5.022	5.831	11.433	5.022	5.831	11.433	5.022	5.831	11.433	5.022	5.831	11.433	89.143
Imprevistos	502	583	1.143	502	583	1.143	502	583	1.143	502	583	1.143	8.914
Presupuesto Final	5.524	6.414	12.576	5.524	6.414	12.576	5.524	6.414	12.576	5.524	6.414	12.576	98.057

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-23: Costo Programa Año 6 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 Ingenieros Agrónomos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	36.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Movilización	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3.840
Oficina	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1.800
Secretaria	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Material divulgativo			2.050			2.050			2.050			2.050	8.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	1.245
Asesorías especializadas		500			500			500			500		2.000
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Viáticos Especialistas		309			309			309			309		1.236
Total	5.024	5.833	11.434	5.024	5.833	11.434	5.024	5.833	11.434	5.024	5.833	11.434	89.163
Imprevistos	502	583	1.143	502	583	1.143	502	583	1.143	502	583	1.143	8.916
Presupuesto Final	5.526	6.416	12.577	5.526	6.416	12.577	5.526	6.416	12.577	5.526	6.416	12.577	98.079

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-24: Costo Programa Año 7 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 Ingenieros Agrónomos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	36.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Movilización	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3.840
Oficina	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1.800
Secretaria	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Material divulgativo			2.050			2.050			2.050			2.050	8.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	1.516
Asesorías especializadas		500			500			500			500		2.000
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Viaticos Especialistas		309			309			309			309		1.236
Total	5.046	5.855	11.457	5.046	5.855	11.457	5.046	5.855	11.457	5.046	5.855	11.457	89.434
Imprevistos	505	586	1.146	505	586	1.146	505	586	1.146	505	586	1.146	8.943
Presupuesto Final	5.551	6.441	12.603	5.551	6.441	12.603	5.551	6.441	12.603	5.551	6.441	12.603	98.377

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-25: Costo Programa Año 8 (miles de \$)

Costos	Meses												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2 Ingenieros Agrónomos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	36.000
2 Técnicos Agrícolas	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	12.000
Movilización	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3.840
Oficina	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1.800
Secretaria	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3.000
Gastos Oficina	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2.400
Material divulgativo			2.050			2.050			2.050			2.050	8.200
4 Parcelas demostrativas de 250 m ² c/u	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	1.324
Asesorías especializadas		500			500			500			500		2.000
Días de Campo			4.361			4.361			4.361			4.361	17.442
Viaticos Especialistas		309			309			309			309		1.236
Total	5.030	5.839	11.441	5.030	5.839	11.441	5.030	5.839	11.441	5.030	5.839	11.441	89.242
Imprevistos	503	584	1.144	503	584	1.144	503	584	1.144	503	584	1.144	8.924
Presupuesto Final	5.533	6.423	12.585	5.533	6.423	12.585	5.533	6.423	12.585	5.533	6.423	12.585	98.166

Fuente: Elaboración Propia

Según lo anterior y considerando que el estudio beneficiará un total de 35.000 ha de riego, el costo del programa de fortalecimiento y de aplicación tecnológica por año asciende a los \$3.019/ha en el año 1, \$2.798/ha en el año 2, \$2.796/ha en el año 3, \$2.801/ha en el año 4, \$2.802/ha en el año 5, \$2.802/ha en el año 6, \$2.811/ha en el año 7 y \$2.805/ha en el año 8.

7.3.7 Determinación de valores económicos

Los márgenes brutos se han determinado a través de la diferencia entre los ingresos producidos por la actividad agropecuaria del área de estudio y sus respectivos costos operacionales. Estos valores se obtienen por medio de la multiplicación de cada superficie asignada por el ingreso y costo unitario resultante de las fichas técnico económicas por nivel tecnológico.

En la Tabla 7-26 se presentan los ingresos, costos y márgenes brutos para el total del área a precios de mercado y social para la situación con proyecto.

Cabe señalar que los ingresos, costos y márgenes brutos presentados en esta oportunidad corresponden al año estabilizado de la situación con proyecto.

Tabla 7-26: Ingresos, Costos y Márgenes Brutos Total Área

Rubro Productivo	Predio Promedio Expandido Precios Mercado			Predio Promedio Expandido Precios Sociales		
	Ingreso	Costos	Márgen Bruto	Ingreso	Costos	Márgen Bruto
	\$	\$	\$	\$	\$	\$
RIEGO						
Cultivos y Hortalizas						
Trigo	3.776.205.017	2.382.727.336	1.393.477.680	3.776.205.017	2.322.440.664	1.453.764.353
Papa	4.690.567.100	2.990.815.760	1.699.751.340	4.690.567.100	2.600.403.300	2.090.163.800
Poroto	793.032.635	527.958.337	265.074.298	793.032.635	456.010.159	337.022.476
Menta	790.123.005	265.466.765	524.656.240	790.123.005	251.461.712	538.661.293
Lechuga	942.928.000	487.189.092	455.738.908	942.928.000	424.477.267	518.450.733
Poroto Verde	831.482.400	390.187.909	441.294.491	831.482.400	314.418.305	517.064.095
Tomate	1.808.136.000	1.127.120.561	681.015.439	1.808.136.000	980.963.191	827.172.809
Zanahoria	2.348.092.800	1.054.913.303	1.293.179.497	2.348.092.800	865.418.708	1.482.674.092
Arveja Verde	982.270.200	507.488.220	474.781.980	982.270.200	420.676.867	561.593.333
Frutales y Vides						
Arándano	25.865.187.840	9.859.360.063	16.005.827.777	26.078.365.354	6.755.597.911	19.322.767.442
Avellano Europeo	10.181.499.020	3.460.635.040	6.720.863.980	10.181.499.020	3.128.259.730	7.053.239.290
Cerezo	30.836.104.740	11.565.136.980	19.270.967.760	30.870.070.384	4.145.136.036	26.724.934.347
Frambuesa	10.617.841.938	7.866.428.984	2.751.412.953	10.689.930.820	5.360.726.231	5.329.204.589
Frutilla	18.174.037.500	11.997.098.073	6.176.939.427	18.174.037.500	4.530.919.613	13.643.117.887
Manzano	14.667.201.675	8.915.416.790	5.751.784.885	15.179.757.390	6.795.973.643	8.383.783.747
Nogal	11.196.900.000	1.966.695.133	9.230.204.867	11.196.900.000	1.627.870.291	9.569.029.709
Vid Vinífera	735.000.000	343.817.381	391.182.619	735.000.000	185.002.697	549.997.303
Alfalfa	4.678.339.686	2.423.835.143	2.254.504.544	4.678.339.686	2.296.887.725	2.381.451.962
Pradera Mixta	7.957.484.329	4.160.299.336	3.797.184.993	7.957.484.329	3.921.460.606	4.036.023.723
Total Riego	151.872.433.885	72.292.590.208	79.579.843.677	152.704.221.639	47.384.104.656	105.320.116.984
SECANO						
Avena	395.793.630	327.767.988	68.025.641	395.793.630	318.681.952	77.111.678
Trigo	2.414.540.664	1.643.345.966	771.194.697	2.414.540.664	1.614.891.605	799.649.059
Lupino	77.164.839	53.051.609	24.113.230	77.164.839	52.727.681	24.437.158
Raps	469.642.500	263.503.883	206.138.617	469.642.500	262.974.048	206.668.452
Papa	3.646.260	3.236.728	409.532	3.646.260	2.811.954	834.306
Huerta Casera	3.781.620	3.356.885	424.735	3.781.620	2.916.342	865.278
Cebada	396.181.800	288.656.959	107.524.841	396.181.800	287.586.113	108.595.687
P. Artificial y N. Mejorada	74.056.488	22.565.291	51.491.197	74.056.488	21.417.760	52.638.728
Pradera Natural	173.352.721	51.283.852	122.068.869	173.352.721	47.523.765	125.828.956
Total Secano	4.008.160.521	2.656.769.162	1.351.391.359	4.008.160.521	2.611.531.220	1.396.629.301
Total Área	155.880.594.406	74.949.359.370	80.931.235.036	156.712.382.161	49.995.635.876	106.716.746.285

Fuente: Elaboración Propia

Con el objeto de comparar el cambio producido entre las situaciones sin y con proyecto, se presentan la Tabla 7-27, en donde se aprecia los incrementos de márgenes entre ambas situaciones el área total.

Tabla 7-27: Comparación Márgenes Brutos Situaciones sin y con proyecto Total Área

Rubro Productivo	Márgenes Brutos P. Mercado			Márgenes Brutos P. Mercado		
	Situación Actual	Situación Futura	Diferencial	Situación Actual	Situación Futura	Diferencial
	\$	\$	\$	\$	\$	\$
RIEGO						
Cultivos y Hortalizas						
Trigo		1.393.477.680	1.393.477.680		1.453.764.353	1.453.764.353
Papa		1.699.751.340	1.699.751.340		2.090.163.800	2.090.163.800
Poroto		265.074.298	265.074.298		337.022.476	337.022.476
Menta		524.656.240	524.656.240		538.661.293	538.661.293
Choclo		455.738.908	455.738.908		518.450.733	518.450.733
Poroto Verde		441.294.491	441.294.491		517.064.095	517.064.095
Tomate		681.015.439	681.015.439		827.172.809	827.172.809
Zanahoria		1.293.179.497	1.293.179.497		1.482.674.092	1.482.674.092
Arveja Verde		474.781.980	474.781.980		561.593.333	561.593.333
Frutales y Vides						
Arándano		16.005.827.777	16.005.827.777		19.322.767.442	19.322.767.442
Avellano Europeo		6.720.863.980	6.720.863.980		7.053.239.290	7.053.239.290
Cerezo		19.270.967.760	19.270.967.760		26.724.934.347	26.724.934.347
Frambuesa		2.751.412.953	2.751.412.953		5.329.204.589	5.329.204.589
Frutilla		6.176.939.427	6.176.939.427		13.643.117.887	13.643.117.887
Manzano		5.751.784.885	5.751.784.885		8.383.783.747	8.383.783.747
Nogal		9.230.204.867	9.230.204.867		9.569.029.709	9.569.029.709
Vid Vinífera		391.182.619	391.182.619		549.997.303	549.997.303
Alfalfa		2.254.504.544	2.254.504.544		2.381.451.962	2.381.451.962
Pradera Mixta		3.797.184.993	3.797.184.993		4.036.023.723	4.036.023.723
Total Riego		79.579.843.677	79.579.843.677		105.320.116.984	105.320.116.984
SECANO						
Avena	279.607.067	68.025.641	-211.581.426	333.526.915	77.111.678	-256.415.237
Trigo	3.741.254.826	771.194.697	-2.970.060.129	3.910.506.756	799.649.059	-3.110.857.696
Lupino	104.258.985	24.113.230	-80.145.755	106.919.309	24.437.158	-82.482.151
Raps	1.192.547.897	206.138.617	-986.409.280	1.195.613.085	206.668.452	-988.944.633
Papa	1.884.194	409.532	-1.474.662	4.246.068	834.306	-3.411.762
Huerta Casera	1.969.853	424.735	-1.545.119	4.439.102	865.278	-3.573.824
Cebada	498.437.672	107.524.841	-390.912.831	505.308.146	108.595.687	-396.712.459
P. Artificial y N. Mejorada	267.218.753	51.491.197	-215.727.556	273.802.682	52.638.728	-221.163.954
Pradera Natural	651.343.588	122.068.869	-529.274.719	673.113.284	125.828.956	-547.284.328
Total Secano	6.738.522.835	1.351.391.359	-5.387.131.476	7.007.475.345	1.396.629.301	-5.610.846.044
Total Área	6.738.522.835	80.931.235.036	74.192.712.200	7.007.475.345	106.716.746.285	99.709.270.940

Fuente: Elaboración Propia

8 ESCENARIOS Y MODELO DE SIMULACIÓN

8.1 ESCENARIOS DE RIEGO

Los escenarios del proyecto fueron definidos en función de la superficie de riego posible de servir con el embalse (y en definitiva establecer el tamaño óptimo del proyecto), considerando tanto las obras de embalse como las obras de riego. En este sentido se definieron tres escenarios para cada alternativa de embalse los que se presentan en la Tabla 8-1.

Tabla 8-1: Escenarios de proyecto para las alternativas de embalse

Alternativa de embalse	Escenario	Cota de coronamiento (msnm)	Volumen embalsado (hm ³)
La Mula	1	478	142,1
	2	473	101,5
	3	468	70,3
Malalcahuello	1	920	224,0
	2	900	138,3
	3	880	80,7

Fuente: Elaboración Propia

La red de riego en tanto fue evaluada para tres caudales de diseño diferentes, permitiendo de esta manera establecer una curva de costos que en definitiva se utilizó para determinar el costo asociado a cada escenario de embalse. Los caudales de diseño considerados fueron 28, 20 y 15 m³/s.

8.2 MODELO DE SIMULACIÓN

De acuerdo a los objetivos del proyecto, el modelo operacional analiza distintas dimensiones de embalses, y su respectiva repercusión en cuanto a áreas seguras de riego, asociadas al proyecto Canal Victoria, que captará recursos desde el Río Cautín.

Se trata de un modelo flexible que permite el análisis de cada escenario del proyecto, es decir, cualquiera de las dos alternativas propuestas de emplazamiento de embalses, considerándolos como una obra multipropósito, para riego y generación.

Las dos alternativas de emplazamiento de embalses, presentan una influencia sobre el Río Cautín, y se encuentran aguas arriba de la estación fluviométrica Cautín en Rari Ruca.

La elaboración del modelo de simulación y operación de los recursos del sistema, comprendió tres etapas principales, cuales son:

- ✓ *Desarrollo del Modelo:* etapa que considera la conceptualización del modelo, la descripción de los elementos que lo componen y la definición de sus estructuras representadas a través de diagramas de flujo.
- ✓ *Implementación del Modelo:* fase en la cual se realiza la programación del modelo, de tal forma de lograr una óptima aplicación.

- ✓ *Aplicación del Modelo:* etapa que opera el modelo en los escenarios propuestos, determinando así los resultados de interés.

Entre los alcances del modelo se destaca:

- Una caracterización adecuada de los sistemas de riego, la cual otorgará una mayor exactitud y precisión a los resultados encontrados.
- Su utilidad como herramienta de decisión, la cual permite evaluar con una mínima incertidumbre, la conveniencia de incorporar nuevas zonas de riego.

8.2.1 Desarrollo conceptual del modelo

El sistema natural fundamental de trabajo es el *cauce superficial*, que como cualquier subsistema hidrológico, puede describirse y analizarse por medio de un balance hidrológico o ecuación general de balance de masas, de acuerdo con:

$$Q_{entradas} = Q_{salidas} + \frac{dS}{dt}$$

La variable “ $Q_{entradas}$ ” representa las entradas al sistema por unidad de tiempo, “ $Q_{salidas}$ ” las salidas por unidad de tiempo y “ dS/dt ” es la tasa de variación con el tiempo del almacenamiento de masa o volumen en el embalse.

La medición y estimación de las variables involucradas se convierte en el principal problema y es lo que dificulta la aplicación práctica de la ecuación. Una correcta determinación de los parámetros del sistema proporcionará una mayor precisión y exactitud de los resultados.

De acuerdo con las características del sistema hidrológico descrito, el modelo desarrollado corresponde a una simulación de la regulación de un embalse superficial. Utilizando relaciones algebraicas y matemáticas, y elementos de decisiones lógicas, se establece el funcionamiento final del sistema.

Una adecuada y realista representación del sistema dependerá exclusivamente del buen conocimiento que se tenga de él, describiendo el funcionamiento de los elementos que representan el sistema hidrológico estudiado, los datos de entradas, datos de salidas, parámetros y el balance de flujos.

Los elementos considerados en el desarrollo del modelo matemático son: Canales de Riego, Sectores de Riego y Obras de Regulación. Una adecuada caracterización de ellos permite establecer los flujos que participan en el balance de cada uno y su correcta implementación.

El modelo prácticamente presenta una estructura lineal, se define un volumen, la lectura de la demanda condiciona el régimen operacional, y por lo tanto, la forma de regular del embalse.

Ninguno de los sectores de riego se privilegia respecto a los demás, razón por la cual a todos se les asigna el mismo factor de área, que al ponderarla, con la respectiva tasa de riego, define la demanda del proyecto.

En todo el horizonte de evaluación, se determina la seguridad de riego, según los criterios vigentes:

- Se considera como falla en el año al mínimo valor entre al menos un mes con factor de satisfacción de la demanda menor a un 85%
- Dos meses consecutivos con factores de satisfacción de demanda menores a un 90%.

El resultado corresponde a la máxima área que se puede regar con una seguridad de riego al menos de un 85%, además manteniendo el volumen del embalse en todo momento del horizonte de evaluación, sobre el mínimo establecido.

8.2.2 Implementación del modelo

El lenguaje de programación escogido para el módulo de simulación fue Visual Basic 6.0, por sus características de lenguaje modular, y su interfaz gráfica, además de ser compatible con el sistema operativo Windows 2000 o superior.

El programa opera sobre los datos de entrada, almacenados en una planilla Excel, simula cada elemento y su conjunto a nivel mensual para un período de treinta (30) años, calculando el balance oferta demanda.

Una vez definidos los escenarios de modelación, el modelo computacional funciona como un programa cerrado con una interfaz que lee la información del archivo Excel, y procesa dicha información, generando salidas de fácil lectura para el usuario.

En la carpeta en respaldo magnético donde se incluye el programa ejecutable (SWCautin.exe), se acompaña la planilla modelo.xls, archivo que almacena la información de toda la dinámica hidrológica del sistema, como infraestructura, oferta hídrica, demandas de riego, etc. Si el usuario desea modificar algún registro, lo puede realizar directamente en esta planilla, teniendo en cuenta que debe mantener la posición relativa de la información.

El objetivo de la interfaz es facilitar al usuario la creación, modificación y presentación de los escenarios de entrada y salidas del modelo. El Módulo gráfico posee un archivo instalador, el cual se preocupa de instalar en la carpeta de trabajo, una planilla con los resultados de los caudales de riego generados en el escenario de trabajo.

8.2.3 Aplicación del modelo

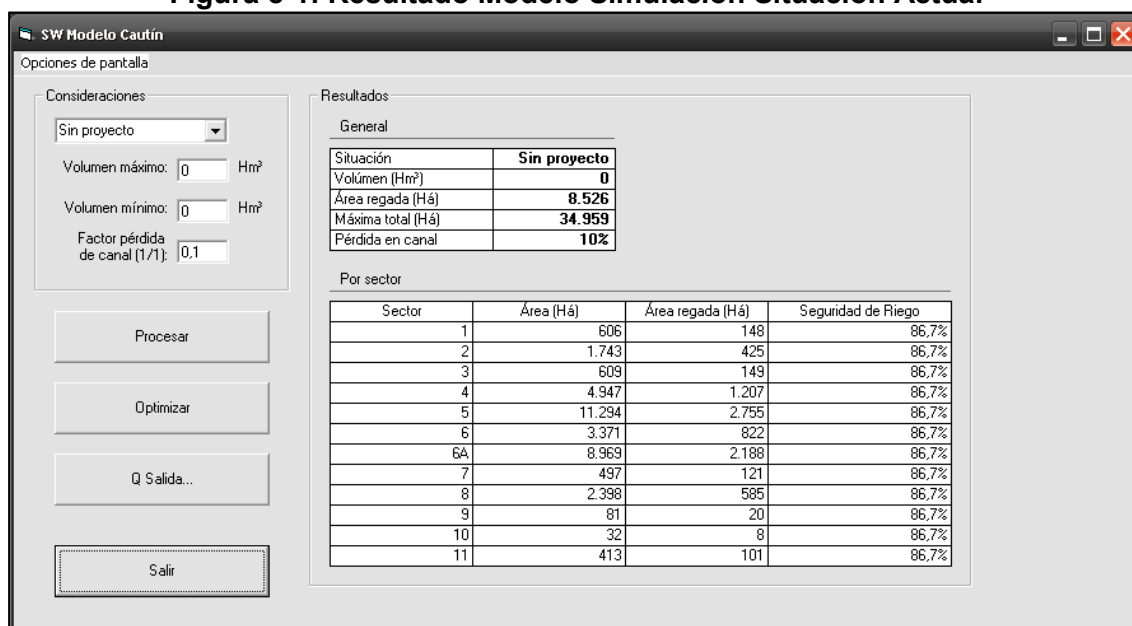
El sistema que demanda el caudal de riego, comprende doce (12) sectores, y cada uno lleva asignado una superficie máxima de riego, y tasas mensuales de riego.

Los escenarios de funcionamiento del modelo son excluyentes, se considera el escenario sin proyecto (sin embalse), y las alternativas de embalse La Mula y Malalcahuello.

Como la alternativa del embalse en La Mula, regula un caudal de entrada superior al de ingreso al sitio propuesto en Malalcahuello, su impacto sobre el proyecto de riego es mayor, es decir, la relación volumen de embalse versus área de riego, es mayor, por lo tanto, se requiere de un volumen menor para la primera alternativa.

Los resultados del escenario actual (con canal proyectado), con seguridad correspondiente superior a 85%, es de 8.526 ha. Este resultado se presentan en la Figura 8-1.

Figura 8-1: Resultado Modelo Simulación Situación Actual



Fuente: Elaboración Propia

Se repite el procedimiento, alternativamente para ambos embalses, generando los resultados que se presentan en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Resumen de dimensionamiento de embalse vs áreas de riego

Alternativa Embalse	Tamaño Embalse	Volumen Total (hm³)	Volumen útil (hm³)	Superficie Riego con 85% Seguridad (ha)
La Mula	1	142,1	132,2	32.204
	2	101,5	91,6	24.648
	3	70,3	60,4	18.265
	4	46,5	36,6	13.078
	5	32,9	23,0	9.985
Malalcahuello	1	309,6	306,1	25.435
	2	224,0	220,5	24.473
	3	138,3	134,8	22.326

Alternativa Embalse	Tamaño Embalse	Volumen Total (hm ³)	Volumen útil (hm ³)	Superficie Riego con 85% Seguridad (ha)
	4	80,7	77,2	15.710
	5	30,4	26,9	8.069

Fuente: Elaboración Propia

Se destaca que en el modelo de embalses, no se incorporaron otras pérdidas asociadas a la obra, toda vez que la más relevante, en cuanto a pérdida no aprovechable, que es la evaporación, en condiciones de embalse lleno, no sobrepasa el 3% y 6% del caudal de ingreso a los embalses La Mula y Malalcahuello, respectivamente.

En la alternativa La Mula para una caudal medio de ingreso al embalse de 27,39 m³/s, se obtiene que la evaporación para embalse lleno es aproximadamente 3%.

En la alternativa Malalcahuello para una caudal medio de ingreso al embalse de 6,2 m³/s, se obtiene que la evaporación para embalse lleno es aproximadamente 6%.

Para regar la totalidad del área potencial del proyecto Canal Victoria (34.959 ha), se requiere un volumen de embalse en el sitio propuesto de La Mula, mayor a 142 hm³. La alternativa del emplazamiento en Malalcahuello, impone volúmenes sobredimensionados, en efecto, para regar un total de 25.435 ha, se requiere de un volumen de embalse de 309 hm³. Esta última área de riego, con la alternativa de emplazamiento en La Mula, es posible satisfacerla con un volumen de 101 hm³ aproximadamente, es decir, con una capacidad inferior a un 30% del sitio en Malalcahuello.

Desde el punto de vista costo de las obras y efectividad de riego, la alternativa del emplazamiento en La Mula se presenta como opción más atractiva, lo anterior debido principalmente a la disponibilidad de recursos en cada sitio.

9 DISEÑOS PRELIMINARES

En la Figura 9-1 se presenta un esquema de la ubicación de las alternativas de embalse y red de riego consideradas en los prediseños.

9.1 OBRAS DE EMBALSE

El diseño preliminar de las obras de embalse consideró el diseño y estimación de costos, a nivel de prefactibilidad, del muro de presa, túnel de desvío, ataguía aguas arriba y aguas abajo, evacuador de crecidas y obra de toma e interferencias.

La ubicación de las obras se determinó considerando los estudios de mecánica de suelos realizado en ambos estribos del muro del embalse. De esta manera en el caso de la alternativa de embalse La Mula se privilegió proyectar el túnel de desvío junto con el evacuador de crecidas por el estribo izquierdo, mientras que para la alternativa de embalse Malalcahuello se proyectaron ambas obras por el estribo derecho.

En el caso particular de las obras de embalse se analizaron tres muros de presa de distinta altura junto con una variación del evacuador de crecida asociado a estos tamaños de muro. El túnel de desvío y las ataguías aguas arriba y aguas abajo no se analizaron variaciones dado que no depende del tamaño del embalse. En el caso de la obra de toma no se analizaron variaciones de altura dado que no era muy sensible al tamaño del embalse y no muy relevante en el costo total del proyecto.

Para tener un rango de costos del proyecto aceptable, y que además tuviera un área de riego no muy bajo, se consideraron las siguientes cotas de coronamiento de muro con los valores de volumen embalsado correspondientes:

Tabla 9-1: Escenarios de proyecto de embalse

Alternativa de embalse	Cota coronamiento (m.s.n.m.)	Volumen Embalsado (hm³)
La Mula	478	142
	473	102
	468	70
Malalcahuello	920	224
	900	138
	880	81

Fuente: Elaboración Propia

9.1.1 Obras de desvío

El túnel de desvío y las ataguías se proyectaron para un período de retorno de 20 años, lo que permite lograr una seguridad del 90 % durante el período de construcción de cada embalse considerando un plazo de construcción de 2 años. Como criterio hidráulico se definió que la sección del túnel sea de arco de medio punto totalmente revestido en hormigón operando a flujo libre.

La ubicación de los portales de entrada y salida para cada sitio se realizó en función a lo observado por el profesional de la disciplina de geología, teniendo la precaución de no interferir con la traza de la presa para las distintas alturas de muro.

Por otro lado la pendiente longitudinal del túnel está condicionada por la pendiente del río en el tramo a desviar, la cual se verifica junto con las dimensiones del túnel de manera que el caudal de diseño pueda ser conducido preferiblemente en condición supercrítica para que no exista influencia desde aguas abajo al flujo dentro del túnel.

El objetivo de la ataguía ubicada aguas arriba del muro, es generar la poza tal que se tenga el nivel energético que permita desviar el flujo y que este ingrese al túnel de desvío. En el caso de la ataguía de aguas abajo, su objetivo es evitar el ingreso del flujo proveniente del túnel de desvío hacia la zona seca de obras.

El dimensionamiento de la altura de la ataguía de aguas arriba será resultado de un balance de energía entre el nivel de poza aguas arriba del túnel de desvío y el punto de control hidráulico ubicado en el portal de entrada del mismo (escurrimiento crítico), por lo que no depende de la altura de muro, si no que principalmente de la crecida de diseño adoptada. Para la ataguía de aguas abajo esta poseerá una altura de 1 m por encima de la clave del portal de salida del túnel de desvío.

Como criterio general se eligió una ataguía impermeable con taludes aguas arriba y aguas abajo iguales a 2:1 (H:V) y un ancho de coronamiento de 4 m. Igualmente se fijó que la altura contará con una revancha de 1 m sobre el nivel máximo de la poza para la condición de la crecida de 20 años.

9.1.2 Muro de presa

Para el estudio de las alternativas de los distintos sitios, se consideró un muro cuyo núcleo esté integrado de gravas y enrocado con una pantalla de hormigón impermeable en el espaldón de aguas arriba (CFRD).

Se consideraron taludes aguas arriba y aguas debajo de 1,5:1,0 y 1,6:1,0 respectivamente. Estos taludes se revisaron mediante los análisis de estabilidad estático y dinámico.

La cota de coronamiento de la presa ha sido calculada a partir de la cota del umbral del vertedero, adicionando la carga de diseño (3 m) y la revancha necesaria (2 m). El ancho de coronamiento se fijó en 8 m para cada una de las alternativas dado por recomendaciones de diseño de la bibliografía consultada.

9.1.3 Evacuador de crecidas

La obra de evacuación de crecidas está compuesta por: vertedero, canal colector, canal de conexión, rápido de descarga y obra de disipación de energía.

Debido a que el vertedero es lateral, las aguas descargadas desde la sección de control son recibidas en un canal colector de geometría trapecial y pendiente suave. Aguas abajo de esta obra, se ubica un canal rectangular que mantiene la pendiente del anterior y cuya función es guiar el escurrimiento hacia un rápido de descarga rectangular y de fuerte pendiente, en cuyo extremo final se ubica un disipador de energía para retornar de manera segura el flujo al cauce original.

9.1.4 Obra de toma

Se proyectó una torre rectangular a la entrada del túnel de desvío, en cuya parte superior se dispusieron las rejas frontales al embalse y rejas laterales, por donde se captará el agua requerida por el riego e igualmente funcionen como descarga para el caso de vaciado del embalse.

Una vez captadas las aguas a través de la obra de toma, el flujo será dirigido por el túnel de desvío existente el cual en esta etapa trabajará a boca llena. En un punto definido del trazado, se ubicará un tapón de hormigón desde el cual nacerá el desagüe de fondo de sección rectangular con compuerta tipo Bureau y una tubería de acero de entrega a riego, en cuyo extremo final se ubicarán primeramente una válvula mariposa de emergencia y finalmente una válvula de regulación de caudal tipo Howell-Bunger.

9.1.5 Costos de las obras de embalse

Los costos asociados a las obras de embalse descritas anteriormente, relativos a las alternativas de embalse La Mula y Malalcahuello, se resumen en la Tabla 9-2 y Tabla 9-3.

Estos costos no tienen incorporado los gastos generales y las utilidades.

Tabla 9-2: Costos Obras de Embalse Alternativa La Mula

Cota Coronamiento (msnm)	Área Regada (ha)	Volumen Útil Embalse (hm ³)	Costo Privado Embalse		Costo Social Embalse	
			(US\$)	(MM\$)	(US\$)	(MM\$)
478	32.204	142,1	200.638.255	100.319	198.330.915	99.165
473	24.648	101,5	183.610.419	91.805	181.498.899	90.749
468	18.265	70,3	172.199.367	86.100	170.219.074	85.110
463	13.078	46,5	161.630.419	80.815	159.771.670	79.886
459	9.985	32,9	152.217.797	76.109	150.467.292	75.234

Cambio de US\$ a \$ Chileno respecto a Octubre 2012

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9-3: Costos Obras de Embalse Alternativa Malalcahuello

Cota Coronamiento (msnm)	Área Regada (ha)	Volumen Útil Embalse (hm ³)	Costo Privado Embalse		Costo Social Embalse	
			(US\$)	(MM\$)	(US\$)	(MM\$)
930	25.435	309,6	1.007.486.212	503.743	995.900.121	497.950
920	24.473	224,0	835.649.778	417.825	826.039.806	413.020
900	22.326	138,3	479.001.899	239.501	473.493.377	236.747
880	15.710	80,7	379.757.788	189.879	375.390.573	187.695
848	8.069	30,4	195.432.218	97.716	193.184.748	96.592

Cambio de US\$ a \$ Chileno respecto a Octubre 2012
Fuente: Elaboración Propia

Los detalles de los cálculos y la estimación de costos de estas obras se presentan en el Anexo G.1 Diseños Preliminares Obras de Embalse 3866-1000-IH-INF-002.

9.2 OBRAS COMPLEMENTARIAS

9.2.1 Red de riego

Se determinó la curva de costos de la red de riego, evaluando el costo asociado a tres diferentes tamaños de la red, que equivale a tres capacidades de porteo, junto al desarrollo de los prediseños necesarios para tal objetivo.

Para determinar este costo se ha propuesto que en esta etapa de diseño se consideran los costos necesarios hasta la red requerida para llevar el agua de riego a la zona beneficiada.

El área de estudio se circunscribió a los sectores 1 a 11 definidos en el estudio agroeconómico, que corresponden a la máxima envolvente que podría ser regada con la obra de regulación de mayor tamaño analizada en la presente consultoría.

Se evaluó el costo de la red de riego para tres caudales diferentes, los cuales permitieron abarcar el rango de áreas potencialmente regables a través del embalse asociado a la red. Los caudales corresponden a 15, 20 y 28 m³/s en bocatoma.

Para determinar el caudal en cada canal, se utilizó como referencia la tasa de riego del mes de máxima demanda, que para todos los sectores en estudio corresponde al mes de enero.

En la Tabla 9-4 se presenta los valores obtenidos del estudio agroeconómico.

Tabla 9-4: Tasas de demanda de riego por sector en Enero

Sector	Demanda (l/s/ha)
1	0,71
2	0,68
3	0,77
4	0,69
5	0,73

Sector	Demanda (l/s/ha)
6	0,72
6A	0,72
7	0,76
8	0,85
9	0,70
10	0,76
11	0,73

Fuente: Elaboración Propia

Dado que los trazados han sido optimizados en diversos estudios previos, estos fueron adoptados para conformar la nueva red de riego. Solo fueron complementados o modificados acorde a la necesidad de abarcar espacialmente el área de estudio. Como referencia principal se utilizaron los trazados de los estudios de Ingeniería de detalle desarrollado por EDIC en 2004 y de CADE de 1993.

Acorde al nivel de ingeniería del presente estudio, los trazados se desarrollaron hasta la red secundaria.

Se adoptó la ubicación y diseño de la bocatoma desarrollada en el estudio de EDIC 2004, dado que corresponde a un diseño optimizado y estudiado a nivel de detalle.

Dado que la solución a las diversas singularidades de la mayor parte de la red de riego fueron estudiadas y proyectadas a nivel de detalle en estudios previos, dichas soluciones, tanto las obras tipo como obras particulares, fueron adoptadas en el presente estudio para llevar a cabo el costeo de las obras del canal.

Se adoptaron canales sin revestir, salvo en los casos que fue técnicamente recomendable incorporar revestimiento debido al grado de infiltración que podrían presentar los suelos existentes, conforme a las recomendaciones de los estudios de ingeniería de detalle de 1993 y 2004.

Para determinar la pertinencia de revestimiento se utilizaron antecedentes recabados en estudios anteriores y verificados en la presente consultoría.

9.2.2 Costo de las obras de la red de riego

Considerando que el proyecto desarrollado por EDIC en 2004 comprendió la mayor parte de la zona de estudio, y además que dicho estudio fue desarrollado a nivel de ingeniería de detalle inclusive hasta la red terciaria (entrega a predio), se consideró que estos antecedentes constituyen la mejor referencia posible del costo de generar una red de riego en la zona estudiada. Por tal motivo, el costo de cada una de las redes consideradas en este estudio fue referido al costo del proyecto desarrollado en 2004.

Se utilizó como referencia una ponderación referida al área de riego neta que comprende la red de distribución de riego así como del caudal de riego utilizado para el diseño. La ponderación fue aplicada tanto sobre la cobertura espacial de la red de riego como sobre los costos que efectivamente varían por el cambio de caudal de diseño, manteniendo constante los costos que no son influidos por una variación del caudal.

Según los criterios descritos anteriormente, se resumen en la Tabla 9-5 y Tabla 9-6 los costos asociados a la red de riego para los escenarios analizados.

Tabla 9-5: Costo Red de Riego para Superficie Beneficiada por Embalse La Mula

Cota Coronamiento (msnm)	Área Regada (ha)	Costo Total Precios Privados		Costo Total Precios Sociales	
		(US\$)	(MM\$)	(US\$)	(MM\$)
478	32.204	219.467.364	109.734	216.943.489	108.472
473	24.648	157.737.378	78.869	155.923.398	77.962
468	18.265	109.310.194	54.655	108.053.127	54.027
463	13.078	72.461.921	36.231	71.628.609	35.814
459	9.985	51.560.861	25.780	50.967.912	25.484

Cambio de US\$ a \$ Chileno respecto a Octubre 2012

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9-6: Costo Red de Riego para Superficie Beneficiada por Embalse Malalcahuello

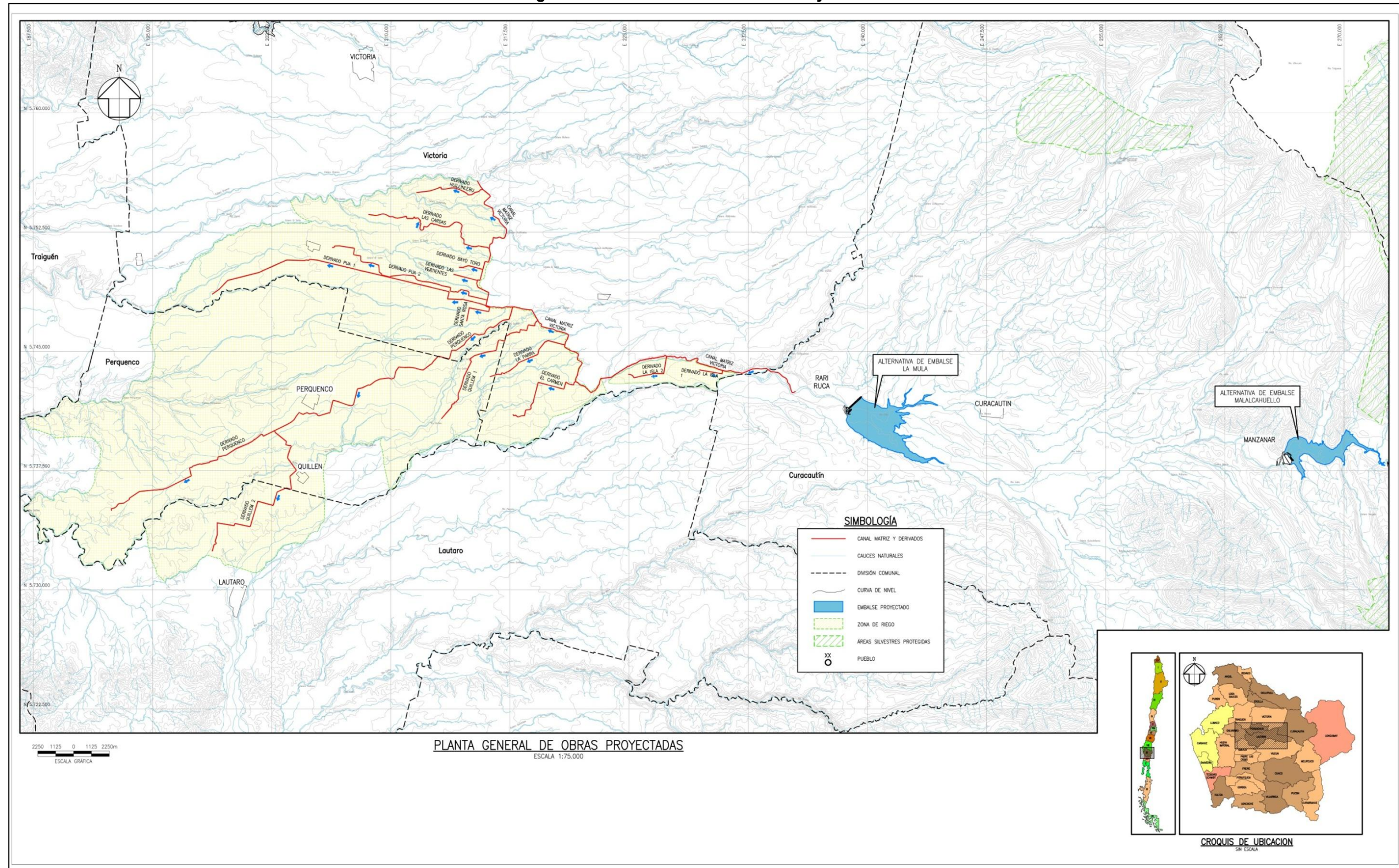
Cota Coronamiento (msnm)	Área Regada (ha)	Costo Total Precios Privados		Costo Total Precios Sociales	
		(US\$)	(MM\$)	(US\$)	(MM\$)
930	25.435	163.946.950	81.973	162.061.560	81.031
920	24.473	156.371.078	78.186	154.572.811	77.286
900	22.326	139.726.721	69.863	138.119.864	69.060
880	15.710	90.883.485	45.442	89.838.325	44.919
848	8.069	39.012.947	19.506	38.564.298	19.282

Cambio de US\$ a \$ Chileno respecto a Octubre 2012

Fuente: Elaboración Propia

Los detalles de los cálculos y la estimación de costos de estas obras se presentan en el Anexo G.3 Diseños Preliminares obras de Riego 3866-2000-IH-INF-002.

Figura 9-1. Plata General de Obras Proyectadas.



Fuente Elaboración Propia

9.3 POTENCIAL HIDROELÉCTRICO

El estudio de Hidrogeneración tuvo como objetivo realizar un análisis técnico – económico de la implementación de generación eléctrica a pie de presa de las alternativas embalse La Mula y Malalcahuello.

La metodología desarrollada para determinar el potencial hidroeléctrico, contempló las siguientes actividades principales:

- Antecedentes topográficos disponibles.
- Recursos Hídricos superficiales en la cuenca del Río Cautín.
- Con los resultados de dicho estudio se determinaron los volúmenes que se dispone para almacenar en el embalse de forma mensual.
- Finalmente y a partir de los resultados anteriores, se determina el potencial hidroeléctrico determinando los desniveles netos que existen entre el sector de toma y descarga de cada uno de los embalses.

Para la alternativa de embalse La Mula se contemplaron 2 turbinas iguales, cada una capaz de generar un caudal de 55 m³/s, con una potencia instalada total de 49,5 MW y una generación total de 225,3 GWh/año. Considerando una inversión aproximada de MM\$ 1,10 por MW instalado, los parámetros económicos entregan un VAN de MM\$ 12.924.

En el caso de la alternativa de embalse Malalcahuello también se contemplaron 2 turbinas iguales, cada una capaz de generar un caudal de 20 m³/s, con una potencia instalada total de 37,8 MW y una generación total de 121,2 GWh/año. Considerando una inversión aproximada de MM\$ 1,10 por MW instalado, los parámetros económicos entregan un VAN negativo (- MM\$ 3.066).

Para mayor información acerca de este estudio de hidrogeneración, se adjunta a este informe el Anexo G.5 Potencial Hidroeléctrico 3866-0000-IH-INF-004.

9.4 SISTEMA DE AFORO REMOTO DE CAUDALES

Para el sistema de aforos del embalse Cautín se han identificado 15 puntos de medición con sus respectivos sensores, 13 para monitorear los derivados principales y 2 para monitorear el caudal de salida en cada embalse. Además se han considerado 5 repetidores, 2 en cada embalse y uno en la bocatoma del canal matriz.

Dada la necesidad de contar con un sistema de aforo a distancia, y que transmita la lectura de los sensores a una base de datos centralizado, se analizó un sistema conjunto de hardware y software de la empresa Wiseflow.

En la Tabla 9-7 se resumen los costos del sistema de aforo remoto de caudales analizado.

Tabla 9-7: Costo sistema de aforo remoto de caudales

Equipos Electrónicos	Cantidad	Valor Unitario [\$]	Valor [\$]
Nodo Dropflow	24	998.731	23.969.544
Módulo COMs GPRS	11	493.691	5.430.601
Kit de Energía - Solar 22W	11	306.429	3.370.719
Sensor Presión Hidrostática Riegel (16mm) - 120 m de cable	2	943.998	1.887.996
Caudalímetro de Inserción Seametrics EX215B (DL, Montaje y Conversor)	4	3.072.853	12.291.412
Sontek IQ - 0,08 m - 1,5 m de altura de agua	5	5.368.181	26.840.905
Sontek IQ Plus - 0,08 m - 5 m de altura de agua	6	9.340.409	56.042.454
Cable Sontek RS 232 - 10 m	5	288.731	1.443.655
Sensor Presión Tubería	2	299.413	598.826
OBRAS CIVILES			
Estructura de Montaje Sensor	24	351.826	8.443.824
Estructura de Montaje Nodo GPRS/RF - Ethernet/Satelital	11	374.524	4.119.764
Estructura de Montaje Nodo RED	6	565.570	3.393.420
INSTALACIÓN			
Instalación y puesta en operación GPRS	11	473.667	5.210.337
Instalación y puesta en operación RED	6	823.764	4.942.584
Otros	1	3.385.587	3.385.587
		TOTAL [\$]	161.371.628

Fuente: Elaboración Propia

Para mayor información acerca del sistema remoto de caudales analizado, se adjunta el Anexo G.4 Sistema Remoto de Aforo de Caudales 3866-0000-IH-INF-005.

9.5 ANÁLISIS DE PERTINENCIA DE LA UTILIZACIÓN DEL EMBALSE COMO EMBALSE DE CONTROL

En este estudio se analiza la pertinencia de utilizar el embalse en cuestión como embalse de control, siguiendo la definición realizada en la ley 20.304 "Sobre Operación de Embalses frente a Alertas y Emergencias de Crecidas y otras Medidas".

En este contexto, se hace necesario definir si el embalse es capaz de regular eventos de crecidas y si aguas abajo de este, existen zonas vulnerables que podrían verse afectadas ante este tipo de eventos.

Puesto que no existen obras de defensas fluviales en las márgenes del río Cautín sino hasta la ciudad de Lautaro, se supone que en las zonas frecuentemente inundadas por las crecidas de este cauce, no existan zonas habitadas o con infraestructura pública o privada de importancia, que justifique su construcción.

Respecto del análisis de la capacidad de regulación del embalse se desprendió que, comparado con el sitio La Mula, el embalse Malalcahuello reduciría en mayor medida el caudal máximo asociado a una crecida en el río Cautín, obteniéndose atenuaciones al pie de la presa de entre un 31% a 65% dependiendo del periodo de retorno y la altura de muro analizado. Mientras que en el embalse la Mula las atenuaciones alcanzan como máximo un 18% al pie de la presa.

Respecto a los volúmenes de regulación de los embalses, se estimaron que el volumen máximo que es capaz de almacenar el embalse La Mula corresponde a aproximadamente 30 hm³, lo que representa un 30% del volumen total de la crecida de 100 años de periodo de retorno que ingresa a dicho sitio de embalse. En el caso de Malalcahuello, se tiene un almacenamiento máximo de 8 hm³, lo que corresponde a un 70% del volumen total de la crecida de 100 años de periodo de retorno.

Para mayor información acerca de este estudio se adjunta el Anexo G.6 Embalse Como Obra de Control 3866-1000-IH-INF-003.

10 ESTUDIO DE TENENCIA DE TIERRA

Se identificaron los propietarios de los terrenos donde se emplazarán las obras de ambas alternativas, es decir, Embalse La Mula y Embalse Malalcahuello, y la red de regadío asociada al proyecto.

Los antecedentes utilizados para la elaboración de este estudio fueron obtenidos principalmente de la base de datos del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) para la Región de La Araucanía, además se utilizó estudios específicos de la zona de estudio. La anterior base de datos es alimentada directamente por el Servicio de Impuestos Internos (SII).

La información proporcionada por el CIREN, que data del año 1999, consiste en un catastro digital de predios de la zona de interés junto con información de roles asociados a los predios. Para el caso de las alternativas de estudio se utilizaron las siguientes ortofotos:

- Ortofotos digitales CIREN IGM del año 1987 N°50, 51 y N° 63 escala 1:20.000 con propiedades Rurales del SII, con base de datos CIREN del año 1999. Datum WGS-84, huso 19 y proyección UTM.

En los casos donde no fue posible identificar los propietarios con la información proporcionada por el CIREN, se efectuó una búsqueda de antecedentes en base a visitas a terreno y entrevistas a los propietarios de los sectores de interés. Las entrevistas fueron realizadas entre los meses de julio y agosto del año 2012.

En la mayoría de los casos se pudo respaldar la información de los propietarios de los terrenos con información obtenida de las siguientes fuentes de información oficial:

- En el Conservador de Bienes Raíces (CBR) de la Comuna de Curacautín se efectuó una investigación por nombre de los posibles propietarios y los costos de los terrenos.
- En el SII de la comuna se efectuó una búsqueda por nombre con el fin de identificar los roles de los propietarios potencialmente afectados y obtener el respaldo del certificado de avalúo fiscal.

En algunos terrenos no fue posible identificar a sus propietarios debido a que posiblemente se trate de propietarios que no tienen regularizadas sus propiedades.

A continuación se presenta un resumen de los resultados del estudio, en el Anexo H.1 Estudio de Tenencia de Tierra 3866-1000-LL-INF-001 se presenta el estudio completo, en el cual se incluye el detalle de los predios identificados.

10.1 TENENCIA DE TIERRA ALTERNATIVA LA MULA

De los antecedentes proporcionados por el CIREN se identificaron 35 predios de los cuales 2 pertenecen a empresas forestales, destacándose la forestal Comaco S.A la cual comprende una gran extensión de terreno. Además la zona de inundación podría afectar al club aéreo de Curacautín ubicado a un costado de la Ruta 181-CH. El resto de los propietarios corresponden a privados y algunas inmobiliarias.

Por otro lado la zona máxima potencial de inundación del embalse podría afectar a 3 rutas fiscales, las cuales se describen a continuación.

- La Ruta R-883 de nombre Tierra Santa Julia – Rari Ruca, ubicada en el sector poniente del embalse, podría ser afectada en aproximadamente 0,9 km de carpeta de ripio y 0,4 km de carpeta de tierra.
- La Ruta 181-CH que corresponde al Cruce Longitudinal (Victoria) - Curacautín - Túnel las Raíces -Paso Pino Hachado, cuya carpeta es de pavimento, podría ser afectada en un tramo aproximado de 1,1 km en el sector norte del embalse.
- La Ruta S-R-11 que corresponde a la ruta Lautaro-Curacautín, cuya superficie es de pavimento, podría ser afectada en un tramo de aproximadamente 1,7 Km en el sector oriente del embalse.

En el plano 3866-1000-LL-PLA-001 se detalla información de los terrenos afectados por el emplazamiento del futuro embalse.

10.2 TENENCIA DE TIERRA ALTERNATIVA MALALCAHUELLO

De acuerdo a los antecedentes obtenidos, la zona potencial máxima de inundación de este embalse afectaría a 54 predios. El equivalente en superficie de estos predios se estima en aproximadamente 532 ha, de los cuales 3 ha corresponden a caminos públicos.

Los caminos que podrían ser afectados por la zona potencial máxima de inundación de la alternativa de embalse Malalcahuello, son lo que se indican a continuación:

- La Ruta R-971 de nombre Escorial – Salto de La Princesa, ubicada en el sector sur-poniente del embalse. Aproximadamente 0,6 km de carpeta de ripio y 1,5 km de carpeta de tierra de esta ruta estarían en la zona de inundación máxima del embalse.
- La Ruta 181-CH correspondiente al Cruce Longitudinal (Victoria) - Curacautín - Túnel las Raíces -Paso Pino Hachado, cuya carpeta es de pavimento, tendría un tramo aproximado de 5 km en el sector norte en la zona de inundación máxima del embalse.
- La Ruta R-973, sin nombre, cuya superficie es de pavimento tendría un tramo aproximado de 1 km en el sector sur poniente en la zona de inundación máxima del embalse.

- La Ruta R-977, sin nombre, cuya superficie es de tierra tendría un tramo aproximado de 0,5 km en el sector sur orienten la zona de inundación máxima del embalse.

En el plano 3866-1000-LL-PLA-002 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el emplazamiento de las obras de la alternativa de embalse Malalcahuello.

10.3 TENENCIA DE TIERRA RED DE RIEGO

10.3.1 Canal matriz Victoria

En su recorrido el canal matriz cruza por 113 predios, de acuerdo a los antecedentes existentes. Se destacan los predios pertenecientes a Fernando Orueta Ansoleaga, Daniel Inostroza Acuña y Forestal Mininco S.A

En los planos 3866-2000-LL-PLA-001 al 3866-2000-LL-PLA-003 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del canal Matriz Victoria, así como el kilometraje del canal y el ancho de la faja.

10.3.2 Canales derivados La Isla I y II

El derivado la Isla I cruza por 7 predios. El derivado Isla II también cruza 7 predios, según acuerdo a los antecedentes existentes.

En el plano 3866-2000-LL-PLA-004 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por los trazados de los derivados La Isla I y II.

10.3.3 Canal derivado El Carmen

El derivado El Carmen cruza por 6 lotes.

En los planos 3866-2000-LL-PLA-005 y 3866-2000-LL-PLA-006 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado el Carmen.

10.3.4 Canal derivado La Parra

El derivado La Parra cruza por 7 predios a lo largo de 2 comunas Victoria y Perquenco.

En los planos 3866-2000-LL-PLA-007 y 3866-2000-LL-PLA-008 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado La Parra.

10.3.5 Canal derivado Quillem 1

El derivado del canal matriz Victoria denominado Quillem 1 cruza por 34 lotes en 2 comunas Victoria y Perquenco.

En los planos 3866-2000-LL-PLA-009 y 3866-2000-LL-PLA-010 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado Quillem 1.

10.3.6 Canal derivado Perquenco

El derivado Perquenco cruza 79 lotes en 2 comunas Victoria y Perquenco.

En los planos 3866-2000-LL-PLA-011 y 3866-2000-LL-PLA-012 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado Perquenco.

10.3.7 Canal derivado Quillem 2

El derivado Quillem 2 nace del derivado Perquenco, en su trazado se identificaron 15 lotes en la comuna de Perquenco.

En el plano 3866-2000-LL-PLA-013 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado Quillem 2.

10.3.8 Canal derivado Santa Rosa

El derivado Santa Rosa nace del canal Matriz Victoria, y en su trazado se identificaron 6 lotes en la comuna de Victoria.

En el plano 3866-2000-LL-PLA-014 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado Santa Rosa.

10.3.9 Canal derivado Púa 1

En el derivado Púa 1 se identificaron 55 lotes en la comuna de Victoria. Entre los lotes identificados destaca el cruce de varios caminos públicos y la Ruta 5 Sur.

En los planos 3866-2000-LL-PLA-015 y 3866-2000-LL-PLA-016 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado Púa 1.

10.3.10 Canal derivado Púa 2

En el derivado Púa 2 se identificaron 37 lotes en la comuna de Victoria. Entre los lotes identificados destaca el cruce de un camino público.

En el plano 3866-2000-LL-PLA-017 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado Púa 2.

10.3.11 Canal derivado Las Vertientes y Bayo Toro

En los derivados Las Vertientes y Bayo Toro se identificaron 11 y 8 lotes en la comuna de Victoria, respectivamente. Entre los lotes identificados destacan varios cruces de camino público.

En el plano 3866-2000-LL-PLA-018 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado de los derivados Las Vertientes y Bayo Toro.

10.3.12 Canal derivado Las Cardas

En el derivado Las Cardas se identificaron 55 lotes en la comuna de Victoria.

En los planos 3866-2000-LL-PLA-019 y 3866-2000-LL-PLA-020 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado Las Cardas.

10.3.13 Canal derivado Huillenlebu

En el derivado Huillenlebu se identificaron 7 lotes en la comuna de Victoria.

En el plano 3866-2000-LL-PLA-021 se detalla la información de los terrenos potencialmente afectados por el trazado del derivado Huillenlebu.

10.4 ESTIMACIÓN DE COSTOS

En un análisis preliminar se efectuó una estimación de costos de acuerdo a los precios publicados en avisos económicos de lugares cercanos al proyecto, abarcando la mayor gama de usos de suelo presentes en las zonas a expropiar. El rango de precios por hectárea varía entre M\$ 700 y M\$ 27.000 aproximadamente, dependiendo si se trata de terrenos agrícolas de riego, bosque nativo, plantaciones forestales, etc.

Por otro lado se efectuó un estudio de costos de terrenos respaldado en las escrituras y transacciones de compraventa de 3 de propiedades obtenidas del CBR de Curacautín, cuyas transacciones se realizaron posteriores al año 2008.

Acorde a la información recabada, se asumió un criterio conservador, y se adoptó un valor comercial referido a los avisos publicitarios, que corresponden a valores más reales de la transacción final. El valor adoptado es de M\$ 7.000 dado por el promedio de los precios publicados en avisos económicos.

En la Tabla 10-1 se presenta el costo asociado a los predios posiblemente afectados por cada alternativa de embalse, para la condición de inundación máxima.

Tabla 10-1: Estimación costos de predios potencialmente afectados por el proyecto

Alternativa embalse	Expropiación en red de riego (ha)	Expropiación en embalse (ha)	Valor (MM\$)
La Mula	380	1.546	13.482
Malalcahuello	380	523	6.321

Fuente: Elaboración Propia

11 EVALUACIÓN ECONÓMICA

11.1 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

Conforme a lo solicitado por la CNR la evaluación económica del proyecto se recomienda realizar con base a la aplicación de tres métodos cuya diferencia fundamental, es el procedimiento utilizado para cuantificar los beneficios del proyecto.

En efecto, tal como se encuentra establecido en el documento denominado “Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego (Consejo de Ministros, 2011) los beneficios atribuibles a los efectos del riego se relacionan con la mayor disponibilidad del agua en la cantidad y oportunidad requerida por los cultivos, la liberación de los recursos hídricos y el aumento de la eficiencia de riego. Esto permite la incorporación de nuevas tierras para actividades productivas y mejorar los ingresos de aquellos que ya son regadas, pero que presentan baja seguridad de aplicación del agua para el riego, lo que permite incorporar cambios hacia cultivos más rentables.

En términos generales, es posible señalar las siguientes definiciones para los métodos que se recomienda aplicar.

- **Método de la Productividad Marginal (o Método del Presupuesto):** en donde el agua es considerada un insumo de la producción de los bienes asociados a los cultivos agrícolas regados. El beneficio del agua se mide a través de las diferencias que se generan en la producción agrícola, en términos de los márgenes netos económicos, que se estiman a raíz de la utilización del agua en situaciones son y sin proyecto, entendiendo este último caso en la disposición del agua en la cantidad y oportunidad requerida por los cultivos.
- **Método del Valor Incremental de la Tierra:** que corresponde a un enfoque de los Precios Hedónicos, en el cual el precio de un bien se debe a una serie de tributos de dicho bien, entre los que se encuentran la disponibilidad de agua, el tipo de suelo, la aptitud de uso y los cultivos que en la práctica se desarrollan. En un escenario con proyecto cada una de las características mencionadas debe incrementar el valor de la tierra, por lo que se asume que este correspondería a su beneficio.
- **Método de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas:** En este caso se considera el mercado del agua para determinar el valor económico del agua asociada al proyecto, en cuanto a un mayor volumen disponible o el costo evitado para la compra de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas.

El método de uso más generalizado corresponde al denominado Método del Presupuesto, basado en el supuesto de que la disponibilidad de mayor cantidad de agua permite a los agricultores aumentar su producción agrícola, midiéndose los beneficios de la obra que permite tal aumento en la disponibilidad, como la diferencia entre los excedentes agrícolas de la situación antes y después de la existencia de la obra. Su uso requiere la rigurosidad en la inclusión de los gastos efectuados por el usuario para el usufructo del agua, incluyendo las obras de almacenamiento y regulación, captación, transporte y distribución así como otros asociados a la producción agrícola propiamente tal.

Dada la mayor experticia en Chile de la aplicación del Método del Presupuesto, resultan sus resultados de mayor solidez respecto de los dos restantes, cuyas limitaciones en la aplicación en nuestro país, presenta severas limitaciones debido fundamentalmente a la escasez de antecedentes que permitan representar la realidad del mercado del agua y la tierra.

En efecto, en el caso del Valor Incremental de la Tierra, se supone que si se incrementa la cantidad del agua disponible sin variar el resto de los atributos asociados a la tierra, el resultado esperado es el aumento del valor de la tierra, siendo este cambio atribuible al aumento del agua, lo que entrega el precio sombra de este bien. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el valor de la tierra se presenta influenciado por múltiples factores, pudiéndose mencionar entre otros:

- Cantidad de suelo con capacidad productiva
- Aptitud del suelo para el riego
- Localización respecto de la red vial
- Tamaño del predio
- Condiciones climáticas de la zona
- Infraestructura predial
- Construcciones
- Inversiones realizadas de largo plazo
- Disponibilidad y seguridad del agua
- Salinidad de las aguas subterráneas
- Proximidad a centros de abastecimiento y mercados

Si bien se pudiera abstraer de las condiciones que se supone no pueden cambiar, como aquellas asociadas a las características del suelo y del clima, queda un conjunto de variables que sólo es posible evaluar su real efecto si la información es suficientemente detallada y completa para el análisis, lo cual no ocurre aun en nuestro mercado de tierras.

En efecto, es del caso señalar por ejemplo, que buena parte de los valores de la tierra se han visto afectados por la construcción de las autopistas de la Ruta 5 que no es posible medirlas en los registros de transacciones.

De igual manera el crecimiento de centros de almacenamiento, refrigeración y mejoría en los transportes también inciden en el cambio en el valor de la tierra, por lo que resulta de alta complejidad obtener conclusiones del solo estudio de las valores de transacciones.

Por otro lado el tamaño de la tierra también es una variable a tener en cuenta, ya que si se trata de un paño aislado, agrupación o posibilidades de crecimiento del comprador, deben ser aspectos tratados y aislados en el análisis de los precios disponibles.

Demás está señalar que es usual que los valores de las transacciones además se vean afectados por las modificaciones no formales en las transacciones, como producto de la menor imposición que se puede obtener de esta forma de tramitar.

Finalmente es necesario comentar que entre los diversos problemas que han existidos en los estudios que han intentado abordar el tema, presenta el gran problema de su aplicabilidad final, atendiendo a que los Conservadores de Bienes Raíces no consignan la condición de riego o seco de los terrenos que se transan, limitando la posibilidad de hacer análisis con la información generada.

En lo que respecta a la estimación de beneficios a través de la valorización de los derechos de aprovechamiento de aguas, cabe comentar que tal como lo señala el documento elaborado por el Consejo de Ministros (2011) si bien en general en los países que se han establecido mercados para el agua, las transacciones han aumentado la eficiencia en la asignación del agua entre los usos consuntivos competitivos.

Sin embargo la evidencia indica que los precios no representan necesariamente el valor marginal del agua, porque en general los mercados del agua no han sido lo suficientemente competitivos proporcionando incentivos distorsionados para la asignación eficiente del recurso, Chile no se encuentra ajeno a este problema.

Asimismo, este tipo de análisis conlleva a incorporar un error en el procedimiento, por cuanto estos precios en su gran mayoría representan condiciones de mercado de corto plazo, que están determinados por otros factores distintos del valor marginal del agua.

Todo lo anterior, ha hecho que históricamente este tipo de evaluaciones, valor de la tierra y valor de transacciones de derechos de aprovechamiento, no se utilice en el país. Sin perjuicio de lo señalado y en atención a los requerimientos de la CNR se han establecido cifras que permiten tener alguna idea de los valores que pudieran alcanzar los beneficios a través de estas metodologías, sin embargo no se han considerado como elementos de juicio para la evaluación económica del proyecto.

11.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA COMO OBRA DE RIEGO (MÉTODO VALOR PRODUCTO MARGINAL)

La evaluación social se ha realizado considerando los lineamientos entregados en el documento “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Riego”, del Ministerio de Desarrollo Social (MIDESO) así como en el documento “Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego” (Consejo Ministros para La Comisión nacional de Riego, 2011).

En base a esta metodología se ha considerado una situación actual, o sin proyecto, una situación actual optimizada o situación base optimizada y una situación futura o con proyecto, para cada una de las cuales se han estimado sus respectivos costos y beneficios para un horizonte de evaluación de 30 años. La diferencia de costos y beneficios entre la situación futura o con proyecto y la situación actual optimizada permite obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto.

Los beneficios asociados al proyecto se han estimado considerando el Método del Presupuesto, que en términos generales corresponden al aumento en la producción agrícola - ganadera, por la mayor disponibilidad de agua debido a la realización de las obras de regulación que permiten otorgar seguridad de riego a una superficie dada.

La producción agrícola, que refleja los beneficios del proyecto, depende de las cosechas de los cultivos, los cuales se han estructurado conforme a la proyección efectuada con las bases del estudio agronómico de la zona.

Los beneficios del proyecto se generan al aumentar la seguridad de riego para las tierras beneficiadas, permitiendo una mayor producción; ya sea por aumentar la superficie regada en cada año, como por permitir un cambio a cultivos más rentables, al disminuir el riesgo del abastecimiento de agua.

Para obtener estos beneficios, se han determinado los márgenes netos de cada cultivo, en la situación actual, actual optimizada, y con proyecto, para cada sector y agrupación predial de cada valle.

En tanto, los costos asociados al proyecto corresponden a los costos de inversión, de mantención y a la mayor utilización de recursos debido al proyecto.

Entre los costos más importantes del proyecto está los relacionados con la inversión en la infraestructura hidráulica, donde los ítems más importantes son el pago por concepto de las expropiaciones de terrenos que serán inundados por el embalse y las obras civiles de la presa y red de distribución del riego. Respecto a los costos de operación y mantención estos consideran los necesarios para la operación de embalses, limpieza de canales, energía, repuestos, limpieza de tranques, etc.

Una vez obtenido los costos y beneficios de la habilitación del sistema de regulación se han determinado los indicadores económicos de cada alternativa de embalse por separado, determinando el flujo anual de beneficios durante el horizonte de evaluación, a partir de lo cual se ha calculado el Valor Actual Neto de estos flujos (VAN), y la tasa interna de retorno (TIR).

Los beneficios del sistema de vendrán dados por la diferencia de los márgenes netos agrícolas, entre la situación con proyecto y la situación base optimizada. La alternativa que maximice la rentabilidad del proyecto, medida como el VAN permite determinar el tamaño óptimo del mismo.

11.2.1 Tamaños de proyecto a evaluar

Para efectuar la evaluación económica del proyecto de embalse, se consideraron crecimientos graduales del área regada y por consiguiente, diferentes capacidades de embalse para cada uno de los sitios en estudio. El tamaño del embalse dice relación con el volumen necesario de regulación para satisfacer la demanda agrícola con el criterio de seguridad de 85 %.

A continuación, en la Tabla 11-1 se presentan los tamaños de proyecto a evaluar para los sitios de embalse La Mula y Malalcahuello, respectivamente.

Tabla 11-1: Tamaños de Proyecto Embalse La Mula

Alternativa Embalse	Tamaño Embalse	Superficie Riego (ha)	Cota Coronamiento (msnm)	Altura Muro (m)	Volumen Total (hm ³)	Volumen útil (hm ³)
La Mula	1	32.204	478	62	142,1	132,2
	2	24.648	473	57	101,5	91,6
	3	18.265	468	52	70,3	60,4
	4	13.078	463	47	46,5	36,6
	5	9.985	459	43	32,9	23,0
Malalcahuello	1	25.435	930	162	309,6	306,1
	2	24.473	920	152	224,0	220,5
	3	22.326	900	132	138,3	134,8
	4	15.710	880	112	80,7	77,2
	5	8.069	848	80	30,4	26,9

Fuente: Elaboración Propia

11.2.2 Beneficios agronómicos

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. En situación sin proyecto, además de los descuentos señalados para la situación actual, se descontaron los costos del programa de transferencia tecnológica.

En situación futura se consideraron los costos por concepto de gastos indirectos, riego tecnificado, habilitación de terrenos, cortinas protectoras de heladas, máquina productora de aceite de menta y del programa de transferencia tecnológica.

Los beneficios agronómicos tanto a precios de mercado como a precios sociales para el total del área se presenta en la Tabla 11-2.

Tabla 11-2: Resumen de Flujos Situación Actual y Con Proyecto para el Total del Área

Años	Precio Mercado (MM\$)		Precio Social (MM\$)	
	Situación Actual	Situación Con Proyecto	Situación Actual	Situación Con Proyecto
0	4.537	4.537	5.070	5.070
1	4.564	4.537	5.096	5.070
2	4.694	4.537	5.224	5.070
3	4.884	- 12.324	5.412	- 9.039
4	5.110	- 17.369	5.635	- 12.134
5	5.168	- 28.081	5.693	- 18.948
6	5.233	- 31.108	5.757	- 18.294
7	5.248	5.494	5.771	19.043
8	5.264	15.715	5.787	33.138

Años	Precio Mercado (MM\$)		Precio Social (MM\$)	
	Situación Actual	Situación Con Proyecto	Situación Actual	Situación Con Proyecto
9	5.333	34.171	5.855	53.170
10	5.334	44.168	5.857	66.227
11	5.334	55.809	5.857	79.125
12	5.334	63.761	5.857	87.377
13	5.334	68.614	5.857	92.284
14	5.334	68.993	5.857	92.629
15	5.334	70.105	5.857	93.954
16	5.334	69.491	5.857	93.521
17	5.334	69.708	5.857	94.390
18	5.334	69.448	5.857	93.911
19	5.334	70.033	5.857	95.199
20	5.334	70.471	5.857	95.753
21	5.334	66.263	5.857	89.764
22	5.334	60.824	5.857	83.288
23	5.334	43.479	5.857	63.428
24	5.334	29.644	5.857	48.079
25	5.334	18.556	5.857	35.903
26	5.334	7.985	5.857	26.404
27	5.334	32.207	5.857	50.036
28	5.334	32.051	5.857	51.616
29	5.334	44.565	5.857	64.815
30	5.334	47.952	5.857	68.795

Fuente: Elaboración Propia

11.2.3 Costos desarrollo del riego

Se consideraron los siguientes costos para el desarrollo del riego:

- Obras de embalse
- Obras de riego
- Operación y mantenimiento
- Expropiaciones
- Compensaciones ambientales

En la Tabla 11-3 y Tabla 11-4 se resumen los costos de red de canales, obras de embalse, expropiaciones, compensaciones ambientales y costos totales en función de la superficie de riego beneficiada para los 2 sitios en estudio. El costo por operación y mantenimiento se consideró como el 1% del total de la inversión inicial en obras de embalse y red de riego.

Tabla 11-3: Costos a Precio Privado Alternativas de Embalse La Mula y Malalcahuello

Alternativa Embalse	Área Regada (ha)	Costo Obras de Embalse (MM\$)	Costo Canales (MM\$)	Costo de Expropiaciones (MM\$)	Costos de Compensación Ambiental (MM\$)	Costo Total (MM\$)	Costo Total (MMUS\$)
La Mula	32.204	100.319	109.734	11.259	2.331	223.643	447
	24.648	91.805	78.869	9.107	2.331	182.112	364
	18.265	86.100	54.655	7.644	2.331	150.730	301
	13.078	80.815	36.231	6.575	2.331	125.952	252
	9.985	76.109	25.780	5.710	2.331	109.930	220
Malalcahuello	25.435	503.743	81.973	8.535	1.806	595.987	1.192
	24.473	417.825	78.186	7.330	1.806	505.076	1.010
	22.326	239.501	69.863	5.547	1.806	316.647	633
	15.710	189.879	45.442	4.672	1.806	241.729	483
	8.069	97.716	19.506	3.559	1.806	122.518	245

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11-4: Costos a Precio Social Alternativas de Embalse La Mula y Malalcahuello

Alternativa Embalse	Área Regada (ha)	Costo Obras de Embalse (MM\$)	Costo Canales (MM\$)	Costo de Expropiaciones (MM\$)	Costos de Compensación Ambiental (MM\$)	Costo Total (MM\$)	Costo Total (MMUS\$)
La Mula	32.204	99.165	108.472	11.259	2.331	221.227	442
	24.648	90.749	77.962	9.107	2.331	180.149	360
	18.265	85.110	54.027	7.644	2.331	149.112	298
	13.078	79.886	35.814	6.575	2.331	124.606	249
	9.985	75.234	25.484	5.710	2.331	108.759	218
Malalcahuello	25.435	497.950	81.031	8.535	1.806	589.252	1.179
	24.473	413.020	77.286	7.330	1.806	499.372	999
	22.326	236.747	69.060	5.547	1.806	313.090	626
	15.710	187.695	44.919	4.672	1.806	239.022	478
	8.069	96.592	19.282	3.559	1.806	121.169	242

Fuente: Elaboración Propia

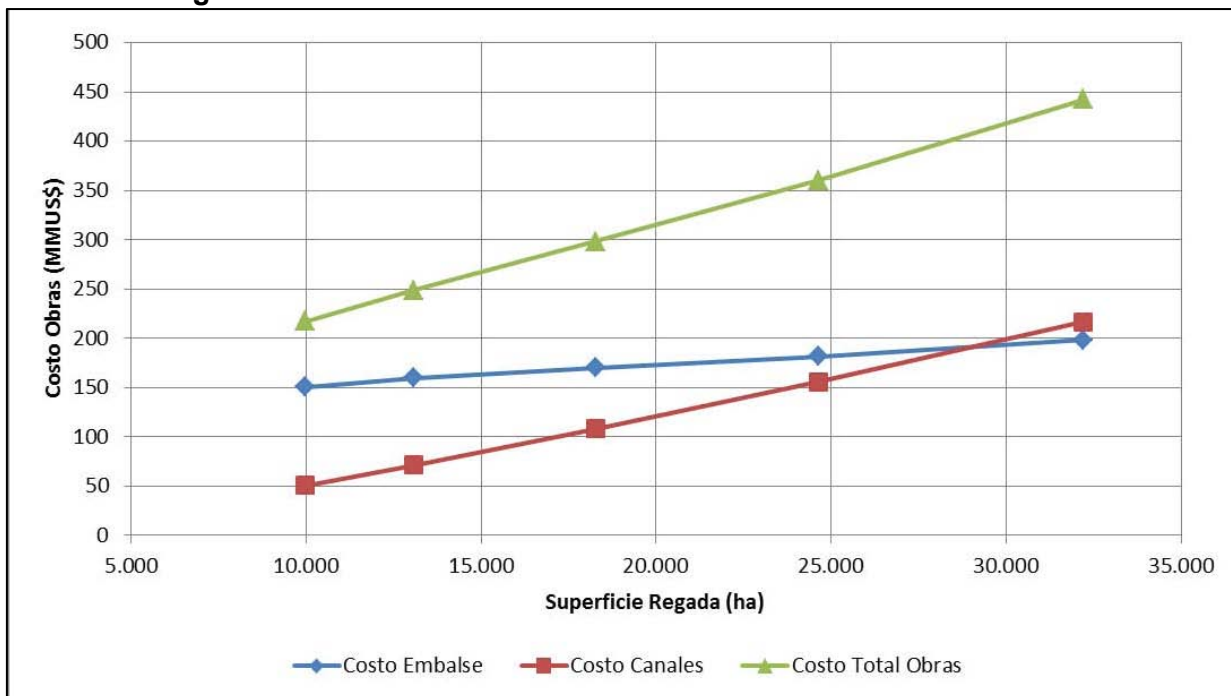
En la Figura 11-1 y Figura 11-2 se muestran las curvas de costos de la red de canales, obras de embalse y costos totales en función de la superficie de riego beneficiada para ambas alternativas.

En el caso del sitio de embalse La Mula se aprecia una variación lineal de los costos totales en función de la superficie beneficiada. Los costos de la red de riego comienza a ser mayores que los de las obras de embalse para una superficie superior a 30.000 ha.

Por otro lado, la curva de costos totales del sitio de embalse Malalcahuello presenta un quiebre en el punto asociado a una superficie de riego de 22.000 ha. A partir de dicha

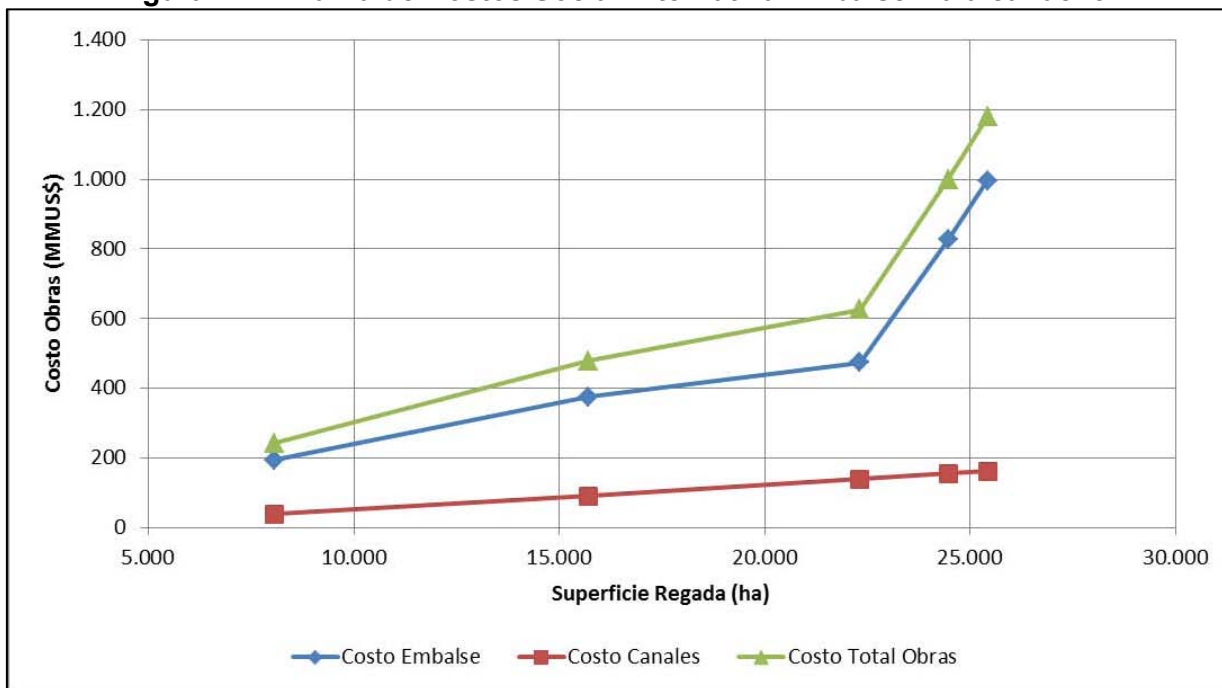
superficie, la curva de costos muestra un pendiente notoriamente mayor al tramo que le antecede (8.000 - 22.000 ha), esto se debe a que para un aumento marginal de la superficie beneficiada se requiere un mayor aumento del tamaño de las obras de embalse ya que se debe regular un mayor volumen de agua dada la disponibilidad del recurso en este sitio.

Figura 11-1: Curva de Costo Social Alternativa Embalse La Mula



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11-2: Curva de Costos Social Alternativa Embalse Malalcahuello



Fuente: Elaboración Propia

11.2.4 Rentabilidad proyecto de riego

La rentabilidad del proyecto de riego se evaluó en términos de los indicadores VAN y TIR.

Conforme a las recomendaciones de MIDEPLAN, la evaluación económica social del proyecto se realizó para una tasa de descuento de 6%.

En base a esta metodología se ha considerado una situación actual, o sin proyecto, una situación actual optimizada o situación base optimizada y una situación futura o con proyecto, para cada una de las cuales se han estimado sus respectivos costos y beneficios para un horizonte de evaluación de 30 años. La diferencia de costos y beneficios entre la situación futura o con proyecto y la situación actual optimizada permite obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto.

Los costos y beneficios del proyecto se presentan en UF y en US\$, considerando el valor promedio de la UF del mes de Octubre del 2012 de \$ 22.650,36 y un valor del dólar de \$ 500.

En la Tabla 11-5 y Tabla 11-6 se presenta un resumen de los indicadores de rentabilidad de la evaluación privada y social para el sitio La Mula para distintos tamaños de embalse. Por otro lado en la Tabla 11-7 y Tabla 11-8 se entrega la misma información para el sitio de embalse Malalcahuello.

En el caso de la evaluación a precios privados, ambas alternativas de embalses no son rentables a una tasa de descuento privada de 12%. Lo anterior se muestra en la Figura 11-3.

En la Figura 11-4 se presenta la curva de VAN de la evaluación social en función de la superficie beneficiada para ambos sitios de embalse. Para el caso del embalse La Mula la curva es creciente con la superficie beneficiada, el punto de mayor rentabilidad se alcanza para el mayor tamaño que técnicamente puede tener el embalse asociado a una superficie de riego de 32.204.

La rentabilidad social del embalse Malalcahuello es positiva a partir de una superficie de riego de 8.000 ha, alcanzando su mayor valor para una superficie beneficiada de 22.326 ha.

Tabla 11-5: Resumen Indicadores de Rentabilidad Evaluación Privada La Mula

Tamaño de Embalse	Área Regada (ha)	Volumen Embalse (hm ³)	VAN (US\$)	TIR (%)	IVAN
1	32.204	142,1	-163.809.014	8,2%	-0,390
2	24.648	101,5	-144.583.380	7,8%	-0,424
3	18.265	70,3	-133.947.983	7,1%	-0,476
4	13.078	46,5	-126.191.113	6,1%	-0,539
5	9.985	32,9	-119.369.522	5,3%	-0,586

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11-6: Resumen Indicadores de Rentabilidad Evaluación Social La Mula

Tamaño de Embalse	Área Regada (ha)	Volumen Embalse (hm ³)	VAN (US\$)	TIR (%)	IVAN
1	32.204	142,1	666.366.498	12,4%	1,605
2	24.648	101,5	487.911.647	11,9%	1,446
3	18.265	70,3	330.232.379	11,1%	1,187
4	13.078	46,5	200.867.960	10,0%	0,868
5	9.985	32,9	126.240.924	9,0%	0,627

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11-7: Resumen Indicadores de Rentabilidad Evaluación Privada Malalcahuello

Tamaño de Embalse	Área Regada (ha)	Volumen Embalse (hm ³)	VAN (US\$)	TIR (%)	IVAN
1	25.435	310	-811.528.303	0,8%	-0,693
2	24.473	224	-669.833.090	1,5%	-0,675
3	22.326	138	-377.215.512	3,8%	-0,610
4	15.710	81	-297.278.782	3,3%	-0,632
5	8.069	30	-151.302.138	3,4%	-0,645

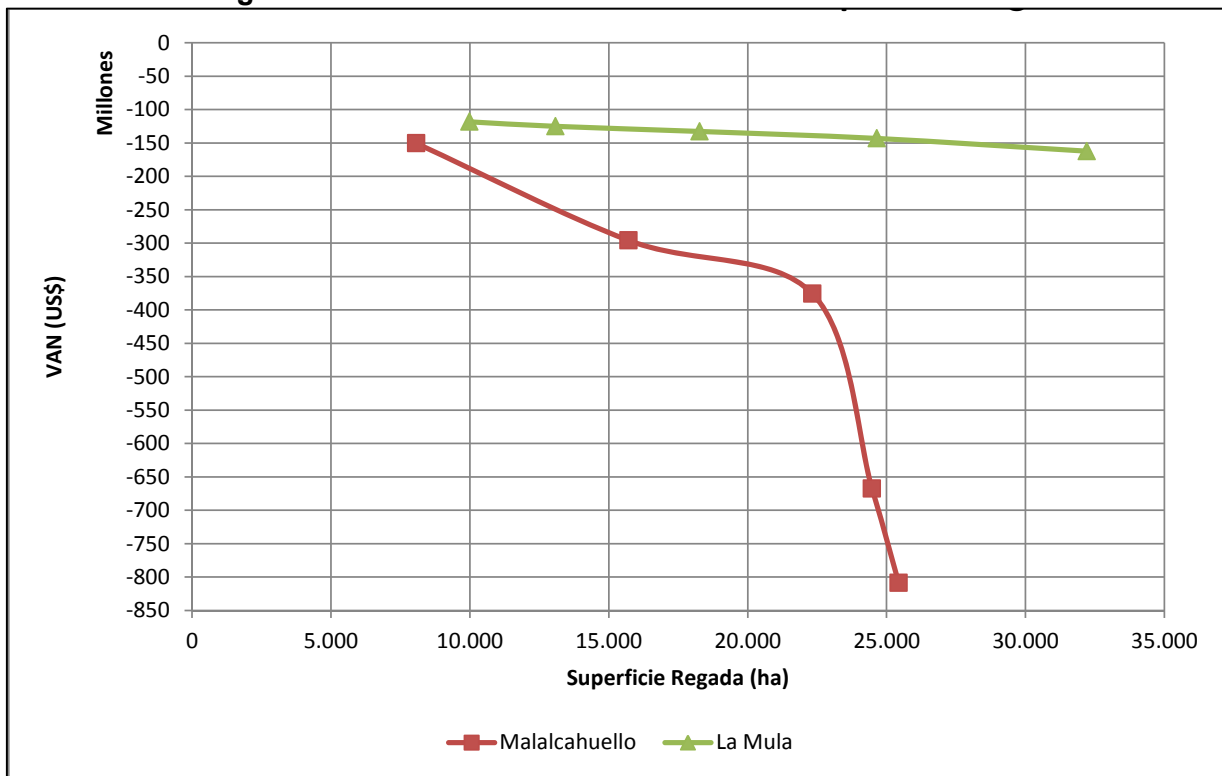
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11-8: Resumen Indicadores de Rentabilidad Evaluación Social Malalcahuello

Tamaño de Embalse	Área Regada (ha)	Volumen Embalse (hm ³)	VAN (US\$)	TIR (%)	IVAN
1	25.435	309,6	-294.990.065	4,1%	-0,255
2	24.473	224,0	-150.192.635	4,9%	-0,153
3	22.326	138,3	144.677.185	7,4%	0,237
4	15.710	80,7	64.354.776	6,8%	0,138
5	8.069	30,4	35.827.402	6,9%	0,155

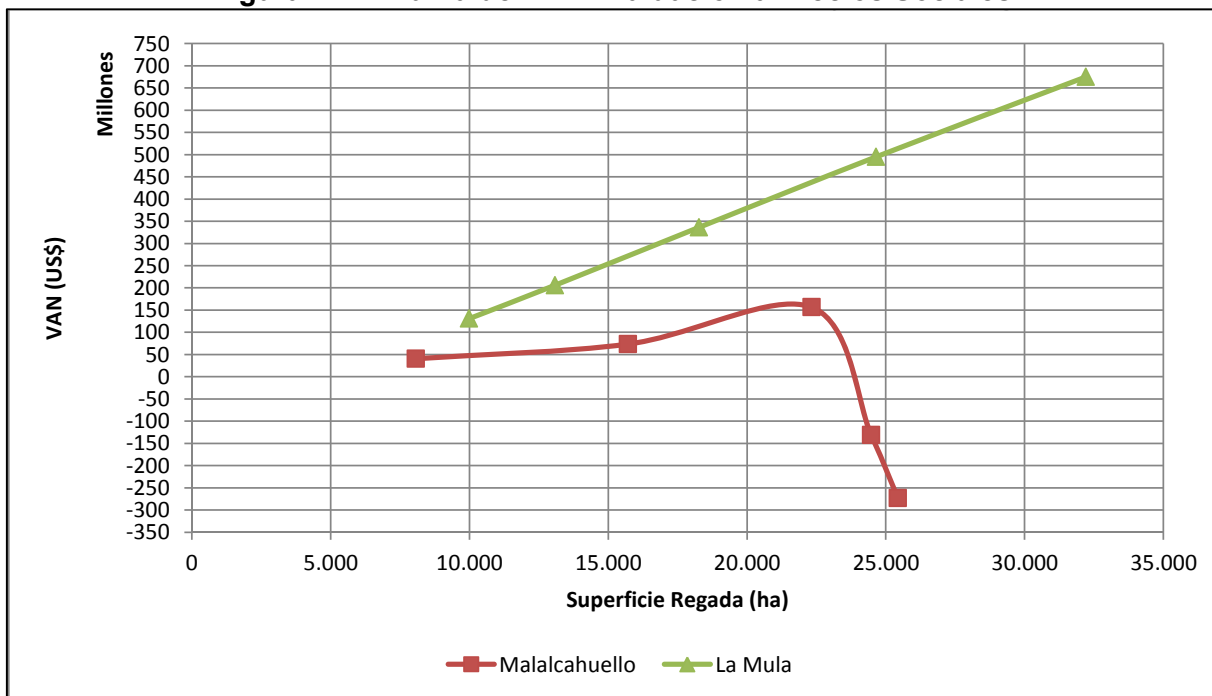
Fuente: Elaboración Propia

Figura 11-3: Curva de VAN Evaluación a Precios Privados



Fuente Elaboración Propia

Figura 11-4: Curva de VAN Evaluación a Precios Sociales



Fuente Elaboración Propia

11.2.5 Análisis de Sensibilidad

Se realizó un análisis de la sensibilidad en torno al tamaño de mayor rentabilidad para el riego correspondiente a las 32.204 ha para el embalse La Mula y a 22.326 ha asociadas al embalse Malalcahuello. Se sensibilizaron las siguientes variables:

- Inversión en obras de embalse y riego
- Beneficios agronómicos
- Tasa de descuento
- Período de ejecución de las obras
- Eficiencia de riego, se evaluó una disminución en las eficiencias de riego de cada método de riego (Goteo: 90 a 75%; Cinta 90 a 75%; Pivote 90 a 75%; Aspersión 75 a 65%), resultando una disminución del riego promedio de un 11,5 %, lo cual se traduce en una disminución de los beneficios agroeconómicos en un 5,9%.
- Tecnificación del riego, se efectuó la sensibilización del efecto ocasionado por el porcentaje de superficie a asignar en situación futura o con proyecto con riego presurizado o tecnificado (50%). Para un 20% del área con riego tecnificado se tiene una disminución de los beneficios agroeconómicos de un 15,6%, asimismo, para un 30% del área con riego tecnificado los beneficios disminuyen en un 12,3%. Finalmente, para un 70% de la superficie con riego tecnificado resulta un aumento de un 12,7% de los beneficios.
- Período de Transferencia Tecnológica, se evaluaron 3 casos correspondientes al aumento en 3 años del período de transferencia tecnológica y a la disminución en 1 y 3 años de este mismo parámetro.

Del análisis de sensibilidad efectuado, se concluye lo siguiente:

- El embalse La Mula es rentable tanto para un aumento de la inversión en obras de embalse y canales de hasta un 175% como para una disminución de los beneficios de hasta un 62% aproximadamente.
- El embalse La Mula disminuye su rentabilidad en un 44% frente a un aumento del período de ejecución de las obras a 10 años, mientras que para la misma situación, el embalse Malalcahuello disminuye en un 106%. Solamente en la alternativa de La Mula se mantiene la rentabilidad positiva para este escenario.
- El embalse La Mula disminuye su rentabilidad en un 10% frente a una disminución promedio de la eficiencia de riego de un 64,5 a 57,1% (11,5% de reducción). Además, frente a una disminución del área con riego tecnificado a un 20% disminuye su rentabilidad en un 25%, mientras que con una superficie con riego tecnificado de un 70% significa un aumento en la rentabilidad del proyecto de un 21%.
- Por otro lado, frente a un aumento del período de transferencia tecnológica de 4 a 7 años, el embalse La Mula disminuye su rentabilidad en un 52% mientras que para el embalse Malalcahuello la disminución de la rentabilidad es superior a un 160%.
- El embalse Malalcahuello resulta no ser rentable frente a un aumento en los costos de un 27% o superior. Lo mismo ocurre a partir de una disminución de los beneficios de un 20%.

En la Tabla 11-9 y Tabla 11-10 se presenta un resumen del análisis de sensibilidad realizado para ambas alternativas de embalse en estudio.

Tabla 11-9: Análisis de Sensibilidad Alternativa Embalse La Mula

Costo Obras (%)	Beneficios Agronómicos (%)	Tasa de Descuento (%)	Período Ejecución Obras (años)	Disminución Eficiencia de Riego Promedio (%)	Tecnificación Riego (%)	Período de Transferencia Tecnológica (años)	VAN (US\$)	TIR (%)	IVAN	ΔVAN (%)
0	0						666.366.498	12,4%	1,6	0%
50							468.903.041	9,8%	0,8	-30%
20							587.381.115	11,2%	1,2	-12%
-20							745.351.881	13,9%	2,2	12%
-50							863.829.956	16,8%	4,2	30%
	50						1.209.833.939	15,3%	2,9	82%
	20						883.753.475	13,7%	2,1	33%
	-20						448.979.522	10,9%	1,1	-33%
	-50						122.899.058	7,7%	0,3	-82%
		8					332.780.003	12,3%	0,8	-50%
		10					131.910.770	12,2%	0,3	-80%
		20					-176.159.890	12,0%	-0,4	-126%
			3				647.862.519	11,9%	1,6	-3%
			10				370.591.461	10,4%	0,9	-44%
				-11,5			602.237.340	12,0%	1,5	-10%
					20		496.804.657	11,2%	1,2	-25%
					30		532.673.508	11,5%	1,3	-20%
					70		804.407.228	13,3%	1,9	21%
						3	319.003.288	8,9%	0,8	-52%
						-1	773.428.535	14,0%	1,9	16%
						-3	938.305.656	17,0%	2,3	41%

Fuente Elaboración Propia

Tabla 11-10: Análisis de Sensibilidad Alternativa Embalse Malalcahuello

Costo Obras (%)	Beneficios Agronómicos (%)	Tasa de Descuento (%)	Período Ejecución Obras (años)	Disminución Eficiencia de Riego Promedio (%)	Tecnificación Riego (%)	Período de Transferencia Tecnológica (años)	VAN (US\$)	TIR (%)	IVAN	ΔVAN (%)
0	0						144.677.185	7,4%	0,2	0%
50							-152.873.731	4,8%	-0,2	-206%
20							25.656.819	6,2%	0,0	-82%
-20							263.697.551	8,8%	0,5	82%
-50							442.228.100	11,8%	1,4	206%
	50						521.437.931	10,0%	0,9	260%
	20						295.381.483	8,6%	0,5	104%
	-20						-6.027.114	5,9%	0,0	-104%
	-50						-232.083.561	3,0%	-0,4	-260%
		8					-63.479.088	7,2%	-0,1	-144%
		10					-184.408.667	7,1%	-0,3	-227%
		20					-337.897.762	6,7%	-0,6	-334%
			3				121.560.058	7,1%	0,2	-16%
			10				-8.580.961	5,9%	0,0	-106%
				-11,5			100.219.417	7,0%	0,2	-31%
					20		27.127.832	6,3%	0,0	-81%
					30		51.994.041	6,5%	0,1	-64%
					70		240.374.414	8,1%	0,4	66%
						3	-96.133.603	5,1%	-0,2	-166%
						-1	218.898.324	8,2%	0,4	51%
						-3	333.199.978	9,6%	0,5	130%

Fuente Elaboración Propia

11.2.6 Momento Óptimo de Inversión

Para determinar el momento óptimo de inversión se analiza la variación del atraso de las inversiones del proyecto en 1, 2 y 3 años para cada alternativa. Dado que se trata de un proyecto que representa beneficios solamente al tener construida las obras, es claro que entre más se atrase la inversión, más se atrasan los beneficios por lo que el óptimo de inversión debiera ser lo antes posible.

Un resumen de los resultados de este análisis, junto con los de realizar las inversiones en el año 0, se presenta en la Tabla 11-11 para ambas alternativas.

Tabla 11-11: Resultados de análisis para momento óptimo de inversión

Alternativa	Atraso en inversiones	VAN (US\$)	TIR (%)	IVAN
La Mula	-	666.366.498	12,4%	1,605
	1	620.712.326	12,3%	1
	2	577.642.351	12,2%	1
	3	537.010.300	12,1%	1
Malalcahuello	-	144.677.185	7,4%	0,237
	1	131.371.451	7,3%	0
	2	118.818.873	7,3%	0
	3	106.976.817	7,2%	0

Fuente: Elaboración Propia

11.2.7 Recomendación sobre tamaño del proyecto de riego

De la evaluación económica efectuada, se obtuvo que de las dos alternativas de embalse analizadas, el sitio de embalse La Mula resulta ser más rentable económicamente y el de mayor superficie beneficiada.

Para el embalse La Mula el tamaño de mayor rentabilidad permite regar 32.204 ha a partir de la construcción de un embalse de 62 m de altura y 142 hm³ de volumen total embalsado, que corresponde al mayor tamaño de muro que se puede implementar en este sitio dadas las limitaciones topográficas.

Por otro lado, el tamaño óptimo del embalse Malalcahuello desde el punto de vista del riego corresponde a un muro de 132 m de altura y 138,3 hm³ de volumen total embalsado. El área de riego beneficiada en este caso es de 22.326 ha.

Tabla 11-12: Tamaño de proyecto uso riego

Parámetros	Alternativa de Embalse	
	La Mula	Malalcahuello
Altura de muro (m)	62	132
Volumen útil (hm ³)	132,2	134,8
Volumen total (hm ³)	142,1	138,3

Fuente: Elaboración Propia

11.3 MÉTODOS DE CHEQUEO DE EVALUACIÓN

11.3.1 Método de las transacciones

Este método consiste en estimar el precio del agua cruda que se extrae de una fuente, a partir de la información obtenida de transacciones reales de derechos de agua consuntivos, permanentes y continuos en dicha fuente.

Para las fuentes con valor de agua positivo se recopilaban las transacciones de compraventa para derechos de agua para uso consuntivo en el Conservador de Bienes Raíces de Curacautín Lautaro en la IX región.

Posteriormente se depuraron las transacciones de acuerdo con los criterios y antecedentes establecidos en el documento denominado Bases Definitivas de Estudio Tarifario de la SISS, eliminando las transacciones con más de una fuente y un solo precio.

La conclusión es que existe información para 112 transacciones para Curacautín y Lautaro, lo que permite aplicar el método directo de valoración con fuentes superficiales.

Conforme se encuentra señalado en el documento citado, y de la aplicación de la metodología de determinación del Valor de Agua Cruda, se fija un valor de 7,07 UF/l/s lo que al valor de la UF a Diciembre de 2012 equivale a 161.796 \$/l/s.

Por otro lado se obtuvieron del conservador de bienes raíces (CBR) de Curacautín 7 datos desde el año 2009 hasta 2012 de transacciones de derechos de agua para uso consuntivo. Los valores antes mencionados se presentan en la Tabla 11-13.

De la Tabla 11-13 se concluye que en promedio el precio por derechos de agua corresponde a 180.000 \$/l/s equivalente a 7,9 UF/l/s. Del estudio agroeconómico se utilizó la demanda bruta de riego máxima, correspondiente al mes de Diciembre, de 0,73 l/s/ha.

Tabla 11-13. Registro de transacciones de derechos de agua para uso consuntivo

Año	N° Registro CBR	Procedencia del recurso	Valor transacción (\$)	Caudal derechos (l/s)	Precio derechos de agua (\$/l/s)
2009	3	Río Indio (Tributario Río Cautín)	30.000.000	135	222.222
2010	28	Estero (Tributario Río Cautín)	1.000.000	2	500.000
2011	7	Río Indio (Tributario Río Cautín)	15.000.000	405	37.037
2011	27	Estero Tres Arroyos (Tributario Río Cautín)	163.755	3	54.585
2011	36	Estero (Tributario Río Cautín)	400.000	4	100.000
2012	13	Vertiente (Tributario Río Cautín)	500.000	5	100.000
2012	53	Río Cautín	500.000	2	250.000

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando los valores obtenidos del CBR, debido a que se cuenta con mayor detalle de la transacción y del uso mismo de los derechos, se estima el ingreso por concepto de vender en un año el volumen de embalse asociado al óptimo en cada caso. Los resultados son los que se presentan en la Tabla 11-14.

Tabla 11-14: Beneficio de proyecto utilizando Método de las Transacciones

Alternativa de embalse	Beneficio por venta de agua (MMUS\$)
La Mula	8,5
Malalcahuello	5,9

Fuente: Elaboración Propia

11.3.2 Método del valor incremental de la tierra

El método incremental de la tierra se basa en el beneficio directo del proyecto asociado al incremento del valor neto de mercado del valle beneficiado, el cual cambia su estructura de cultivos, además de un aumento en la seguridad de riego.

Para este método se utilizaron los precios de la tierra determinados en el estudio “Valor de la tierra agrícola y sus factores determinantes” de la Pontificia Universidad Católica de Chile, año 2009. El anterior estudio se realizó para la oficina de estudios y políticas agrarias (ODEPA), perteneciente al Ministerio de Agricultura.

Los valores de la tierra perteneciente a las comunas de Curacautín, Lautaro y Victoria, son los que se presentan en la Tabla 11-15.

Tabla 11-15. Precio de la tierra agrícola comunas Curacautín, Lautaro y Victoria

Mes	Año	Región	Provincia	Comuna	Superficie (ha)	Precio tierra (\$/ha)
2	1999	9	Malleco	Curacautín	136,0	229.822
2	1999	9	Malleco	Curacautín	120,0	549.840
5	1999	9	Cautín	Lautaro	28,5	1.264.032
7	1999	9	Malleco	Victoria	290,0	1.199.883
8	1999	9	Cautín	Lautaro	3.500,0	200.090
9	1999	9	Malleco	Curacautín	80,0	374.729
9	1999	9	Malleco	Curacautín	109,0	1.237.635
11	1999	9	Malleco	Victoria	760,0	790.630
1	2000	9	Malleco	Curacautín	22,0	5.003.087
3	2000	9	Malleco	Curacautín	1.005,0	248.265
1	2001	9	Malleco	Curacautín	275,0	582.356
4	2001	9	Malleco	Curacautín	1.500,0	378.742
6	2001	9	Malleco	Curacautín	172,0	342.898
10	2001	9	Malleco	Victoria	282,0	1.669.662
1	2002	9	Malleco	Curacautín	170,0	441.341
2	2002	9	Malleco	Curacautín	82,0	2.989.162

Mes	Año	Región	Provincia	Comuna	Superficie (ha)	Precio tierra (\$/ha)
4	2002	9	Malleco	Curacautín	905,0	226.320
5	2002	9	Cautín	Lautaro	300,0	2.498.605
8	2002	9	Malleco	Curacautín	230,0	379.924
2	2003	9	Malleco	Victoria	43,0	1.046.640
3	2003	9	Malleco	Victoria	37,0	1.602.884
4	2003	9	Malleco	Curacautín	62,0	433.400
10	2003	9	Malleco	Curacautín	21,0	1.300.843
11	2003	9	Malleco	Victoria	700,0	1.929.362
12	2003	9	Malleco	Victoria	425,0	1.293.947
12	2003	9	Malleco	Victoria	424,0	1.300.265
2	2004	9	Cautín	Lautaro	1.105,0	197.076
2	2004	9	Malleco	Curacautín	1.105,0	197.306
2	2004	9	Malleco	Victoria	400,0	1.498.414
3	2004	9	Malleco	Victoria	120,0	541.411
4	2004	9	Malleco	Victoria	426,0	1.289.484
4	2004	9	Malleco	Victoria	210,0	1.856.575
4	2004	9	Malleco	Victoria	230,0	1.997.528
5	2004	9	Malleco	Curacautín	89,0	499.933
6	2004	9	Cautín	Lautaro	16,0	2.691.222
9	2004	9	Malleco	Curacautín	150,0	433.828
10	2004	9	Cautín	Lautaro	140,0	1.514.010
11	2004	9	Malleco	Curacautín	1.000,0	230.175
1	2005	9	Malleco	Curacautín	500,0	379.777
1	2005	9	Malleco	Curacautín	5,0	2.501.932
2	2005	9	Malleco	Curacautín	1.150,0	297.831
4	2005	9	Malleco	Curacautín	404,0	991.500
7	2005	9	Malleco	Curacautín	85,0	2.115.267
8	2005	9	Malleco	Curacautín	9,0	2.784.611
11	2005	9	Malleco	Victoria	404,0	987.861
11	2005	9	Malleco	Curacautín	18,0	1.995.480
11	2005	9	Malleco	Curacautín	45,0	2.095.254
11	2005	9	Malleco	Curacautín	6,0	2.497.255
12	2005	9	Cautín	Lautaro	108,0	2.299.829
10	2006	9	Malleco	Curacautín	30,0	1.600.933
11	2006	9	Malleco	Victoria	147,0	2.179.118
11	2006	9	Cautín	Lautaro	182,0	2.997.688
1	2007	9	Malleco	Curacautín	1.100,0	1.473.017
2	2007	9	Malleco	Curacautín	21,2	2.099.191
2	2007	9	Malleco	Victoria	180,0	3.334.546
5	2007	9	Cautín	Lautaro	1.100,0	1.424.241
9	2007	9	Malleco	Curacautín	40,0	899.525
10	2007	9	Malleco	Curacautín	2.000,0	401.132
2	2008	9	Malleco	Curacautín	10,0	2.101.270
3	2008	9	Malleco	Victoria	284,0	2.500.053

Mes	Año	Región	Provincia	Comuna	Superficie (ha)	Precio tierra (\$/ha)
3	2008	9	Malleco	Victoria	504,0	3.503.682
6	2008	9	Cautín	Lautaro	79,0	2.524.933
7	2008	9	Cautín	Lautaro	17,0	4.695.087
8	2008	9	Malleco	Curacautín	24,0	1.507.111
12	2008	9	Malleco	Curacautín	11,0	1.363.377
3	2009	9	Malleco	Curacautín	176,0	1.619.318
11	2009	9	Cautín	Lautaro	15,0	5.000.000
4	2010	9	Malleco	Curacautín	100,0	3.598.612
4	2010	9	Malleco	Victoria	424,0	3.604.765
5	2010	9	Malleco	Curacautín	100,0	3.594.445
5	2010	9	Malleco	Victoria	424,0	3.596.506
5	2010	9	Malleco	Victoria	424,0	3.608.705
10	2010	9	Malleco	Victoria	147,0	547.886

Fuente: Elaboración Propia

Considerando que el precio de la tierra para uso secano (situación actual) es representado por todos aquellos valores menores a \$1.000.000, se concluye de la Tabla 11-12 que el precio promedio de la tierra agrícola para este uso es de \$450.000/ha.

Por otro lado suponiendo que el precio de la tierra agrícola considerando riego es representado por todos aquellos valores mayores a \$1.000.000, se concluye de la Tabla 11-15 que el precio promedio de la tierra considerando este uso es de \$3.500.000/ha.

Por lo tanto el beneficio del proyecto utilizando este método de análisis consiste en percibir como ingreso en un año el precio total de la venta de los terrenos para uso agrícola en la situación óptima. Es decir corresponde a la diferencia entre el precio de la tierra agrícola y de la tierra para uso secano por la cantidad de hectáreas correspondientes. Los resultados de este método se presentan en la Tabla 11-16.

Tabla 11-16. Beneficio del Proyecto Utilizando Método del Valor Incremental de la Tierra

Alternativa de embalse	Beneficio por venta de tierra (MMUS\$)
La Mula	196
Malalcahuello	136

Fuente: Elaboración Propia

11.3.3 Resumen Métodos de Chequeo

Los resultados de los métodos descritos en este capítulo son discutibles dada una serie de limitaciones propias de los datos disponible para realizar estos análisis. En primer lugar no existe una cantidad de datos suficiente para ambos métodos de análisis que permitan tener resultados precisos. Varios de los datos que se utilizaron para el análisis dependen de factores que no aparecen detallado en los registros lo que impide que sean objetivos los resultados. Además no existe un mercado lo suficientemente grande que represente precios de compra venta reales del bien transado, como en es el caso de los derechos de agua en el sur.

Por las limitaciones descritas anteriormente los resultados de estos métodos podrían presentar grandes variaciones dependiendo de la cantidad y representatividad de nuevos datos que se incorporen en los análisis.

Se recomienda por lo tanto que los resultados del método del valor del producto marginal sean los representativos de la rentabilidad del proyecto.

11.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA COMO OBRA MULTIPROPÓSITO

11.4.1 Uso Agua Potable

Con base a los antecedentes de requerimiento de agua potable para el suministro de las localidades cercanas, se establecen las necesidades de volumen adicional a agregar al embalse a fin de permitir disponer de un respaldo hidrológico para dicho suministro. Se evalúan y comparan los beneficios que se podrán obtener a partir de este tipo de uso.

11.4.1.1 Sistema Curacautín

El sistema de distribución de agua potable de la localidad de Curacautín se alimenta desde una captación superficial ubicada en un cerro cercano, que capta los recursos hídricos de la vertiente denominada Los Laureles.

La Empresa de Servicios Sanitarios tiene un servicio de agua potable que abastece totalmente el área urbana de la localidad de Curacautín, con una cobertura efectiva de 99,8%. La población no abastecida tiene acceso a red de distribución muy cercana a sus viviendas.

Por lo tanto se puede concluir que el sistema de agua potable de Curacautín no presenta problemas en cuanto a la seguridad del suministro, ni tampoco en lo referente a su distribución a los centros de consumo.

11.4.1.2 Sistema Malalcahuello

El servicio de Agua Potable de la localidad de Malalcahuello, instalado en 1980, abastece, a través de 173 arranques domiciliarios, a una población de 902 habitantes, con una cobertura del 100% para la localidad.

11.4.1.3 Sistema Manzanar

El servicio de Agua Potable de la localidad de Manzanar, instalado en 1986, abastece a una población de 554 habitantes, mediante 105 arranques, con una cobertura del 100% para la localidad.

11.4.1.4 Sistema Rari-Ruca

El servicio de Agua Potable de la localidad de Rari-Ruca, instalado en 1977, abastece, mediante 84 arranques domiciliarios, a una población de 459 habitantes, con una cobertura del 100% para la localidad.

11.4.1.5 Sistema Santa Ema

El servicio de Agua Potable de la localidad de Santa Ema, instalado en 1988, abastece a una población de 409 habitantes, a través de 83 arranques domiciliarios, con una cobertura del 100% para la localidad.

11.4.1.6 Proyecciones de población

Las proyecciones de la Tabla 11-17 se han deducido de los datos de la localidad censal al año 1992, aún si esta no fue catalogada como urbana. De este modo la tasa intercensal anual de la localidad de Manzanar es de -7,8% y la de Malalcahuello de -10,83%. En la ciudad de Curacautín se han agregado los habitantes de la localidad de Pidenco, dando así una tasa intercensal anual de 0,44%.

Tabla 11-17. Población comuna Curacautín

Localidad	Población (número de hab.)			
	1982	1992	2010*	2020*
Curacautín	12.191	12.737	13.780	14.395
Manzanar	203	89	21	9
Malalcahuello	592	176	22	7

(*) Proyecciones de población según tendencia histórica

11.4.1.7 Producción y Consumo¹

La dotación media de consumo para el servicio de Curacautín, es del orden de 131 l/hab/día. Los caudales de producción son los siguientes:

- Caudal de producción medio diario: 29,8 l/s
- Caudal de producción máximo diario: 40,5 l/s
- Caudal de producción máximo horario: 63,5 l/s

Los derechos de agua constituidos sobre las vertientes, de 80 l/s, son suficientes para respaldar la demanda máxima diaria actual, de 40,5 l/s, con un excedente de 39,5 l/s.

¹Fuente: ESSAR, Actualización Planes de Desarrollo. Etapa II: Estudio de Prefactibilidad Servicio de Curacautín. Noviembre de 2000. Capítulo VI, Balance Oferta – Demanda.

Considerando una probabilidad de excedencia del 90% sobre el caudal de la captación superficial, se obtiene una oferta de 96 l/s, lo que arroja un excedente actual de 55,5 l/s. De acuerdo a las proyecciones de demanda al 2015, se concluye que no existe déficit durante todo el periodo de previsión.

La capacidad de porteo conjunta de las aducciones existentes, es de 73,6 l/s, es decir un superávit de 33,5 l/s sobre la demanda actual y futura de la población. El volumen de los estanques, considerando las necesidades de regulación, incendio y de seguridad o reserva, es actualmente suficiente para cada sector al cual distribuyen. Igualmente, es suficiente para los requerimientos futuros, de acuerdo a las proyecciones al 2015.

11.4.1.8 Alternativas de solución sistema de abastecimiento de agua potable

El Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la localidad de Curacautín está garantizado por las napas freáticas que alimentan las vertientes al interior de la hijuela Los Laureles. De ser necesario en un horizonte de tiempo que supere al 2015, bastará instalar nuevas captaciones y un nuevo sistema de estanque de regulación.

11.4.1.9 Utilización del embalse para agua potable

Este análisis se realiza para el caso del embalse La Mula solamente, dado que Curacautín es la única localidad con crecimiento poblacional en el período de análisis. Según la estimación de esta población, dado en la Tabla 11-17, y considerando la dotación de 131 l/hab/día, se puede estimar el aumento de la demanda en agua potable de 80.570 l/día desde el año 2010 hasta el 2020 período en el cual sería necesario invertir en infraestructura de abastecimiento. La demanda anterior equivale a tener un volumen anual de 29.400 m³.

Dado que el volumen óptimo del embalse corresponde al máximo topográfico, es decir no se puede seguir aumentando el tamaño del embalse, se requerirá dejar de percibir ingresos por conceptos de riego para utilizar esta agua para agua potable. El volumen de 29.400 m³ permitiría regar 7 hectáreas aproximadas, los que equivalen a un ingreso que se deja de percibir de 6,4 MMUS\$.

Considerando un costo de producción de agua de ESSAR de \$185/m³, según el plan de desarrollo de la empresa sanitaria, se tendría un ingreso de 5,6 MMUS\$ al vender los 29.400 m³.

Según el análisis anterior se concluye que es más beneficioso utilizar los 29.400 m³ de agua para riego que para uso en agua potable.

11.4.2 Uso Turismo

El potencial turístico que se podría desarrollar debido al espejo de agua del embalse, corresponde principalmente a actividades náuticas y equipamiento asociado a este uso.

Para evaluar este beneficio, se consideró la posibilidad de concesionar los terrenos correspondientes a la faja propia de expropiación del embalse que se estima sería del orden de 200 m. Luego, se evaluaron los siguientes aspectos:

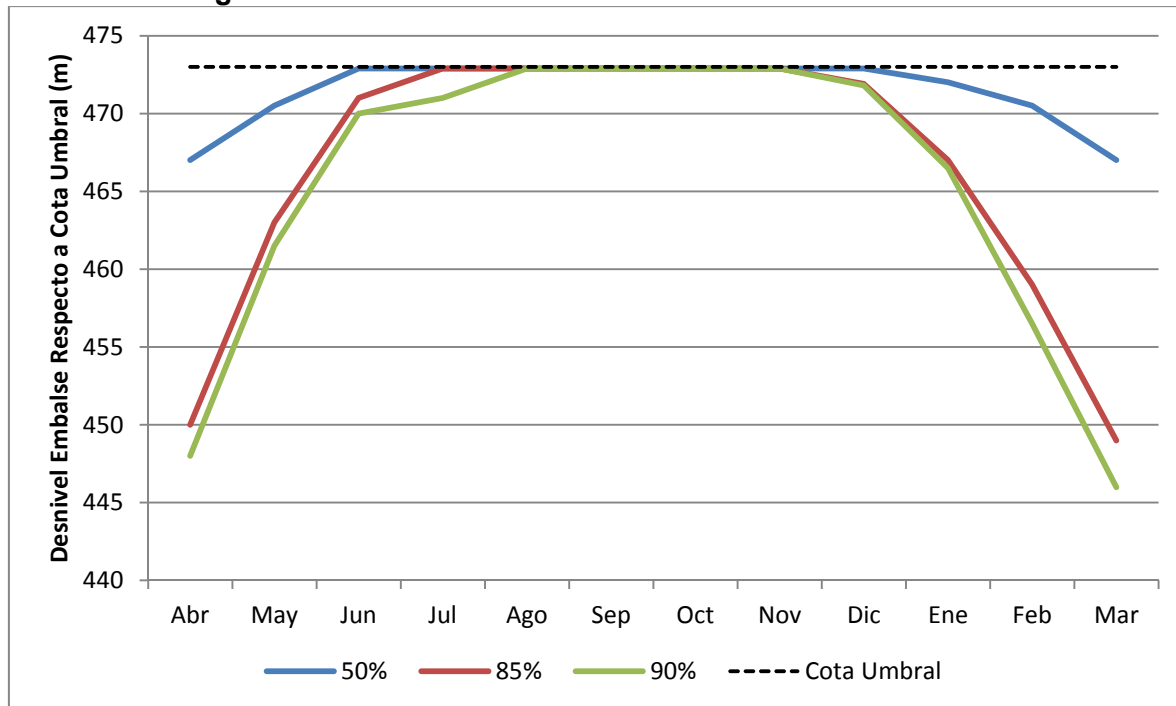
- Variación de la cota del espejo de agua
- Identificación de áreas de baja pendiente en donde es factible la concesión de terrenos
- Recogimiento del espejo de agua en las áreas posibles de concesionar

Para determinar la variación de la cota del espejo de agua se efectuó un análisis de frecuencias a los niveles mensuales del embalse para los 30 años de evaluación. Se estimaron las curvas de variación del nivel de embalse para las probabilidades de 50, 85 y 90% del tiempo. Lo anterior se presenta en la Figura 11-5 y Figura 11-6 para los embalses La Mula y Malalcahuello, respectivamente.

Considerando la curva de niveles de embalse asociada al 85%, se observa que el embalse La Mula mantiene niveles cercanos al nivel umbral del vertedero durante los meses de junio a diciembre (7 meses), mientras que para este mismo análisis el embalse Malalcahuello solo presentaría niveles cercanos al umbral durante los meses de octubre a diciembre (3 meses).

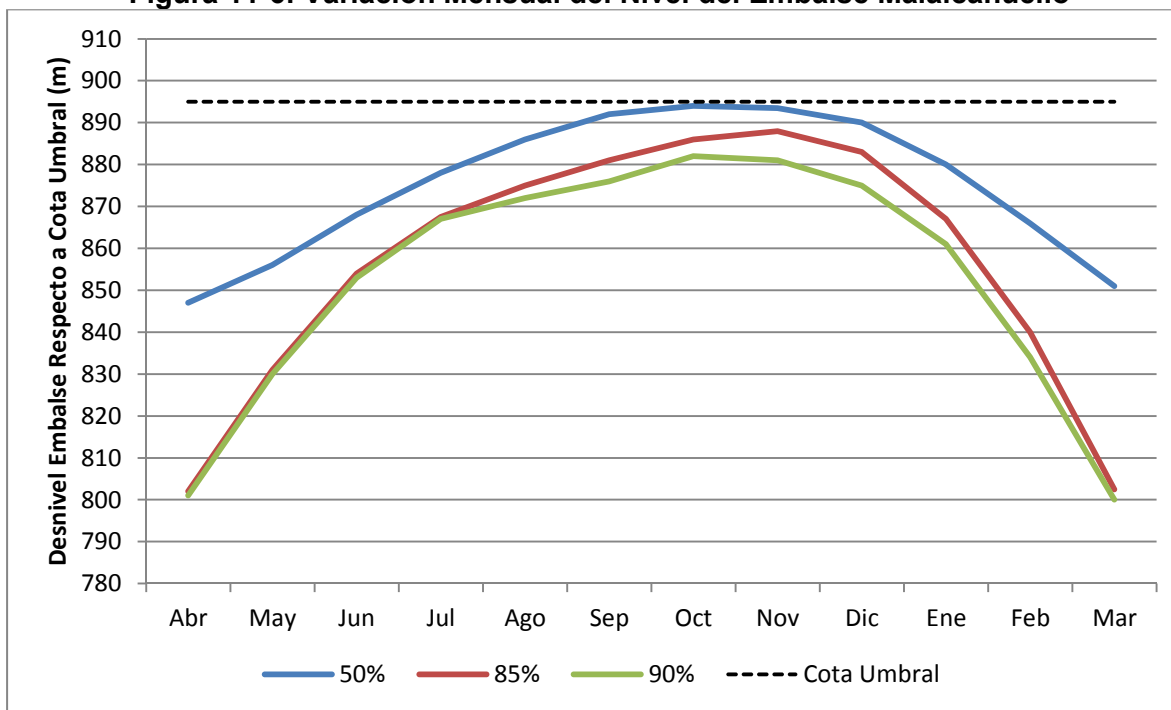
Por otro lado, se identificaron las áreas aptas para la instalación de infraestructura turística, como son cabañas, camping, etc. En La Mula se dispondría de una superficie total para estos fines de 110 ha y en Malalcahuello de 31 ha, que se muestran en la Figura 11-7 y Figura 11-8 respectivamente.

Figura 11-5: Variación Mensual del Nivel del Embalse La Mula



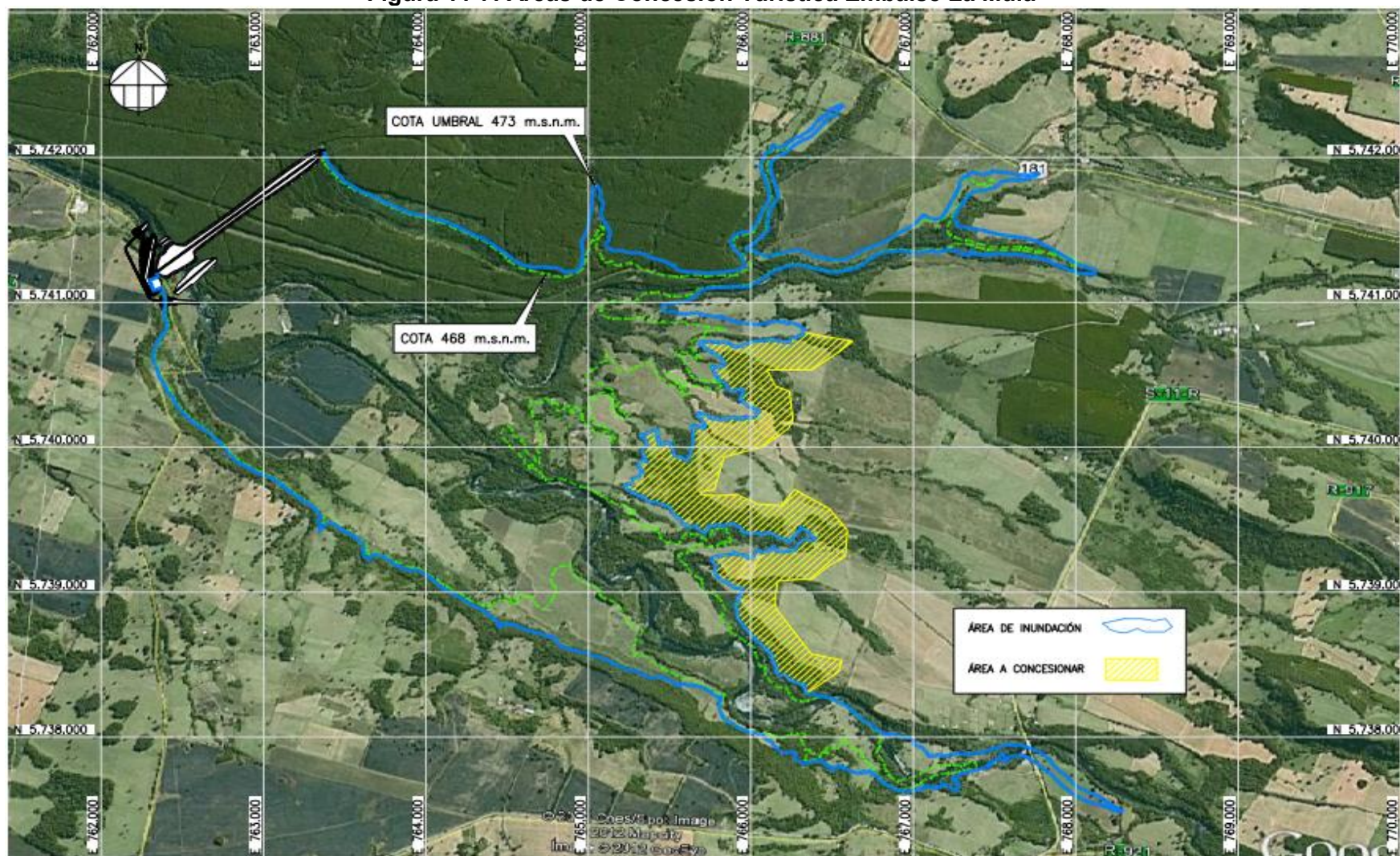
Fuente Elaboración Propia

Figura 11-6: Variación Mensual del Nivel del Embalse Malalcahuello



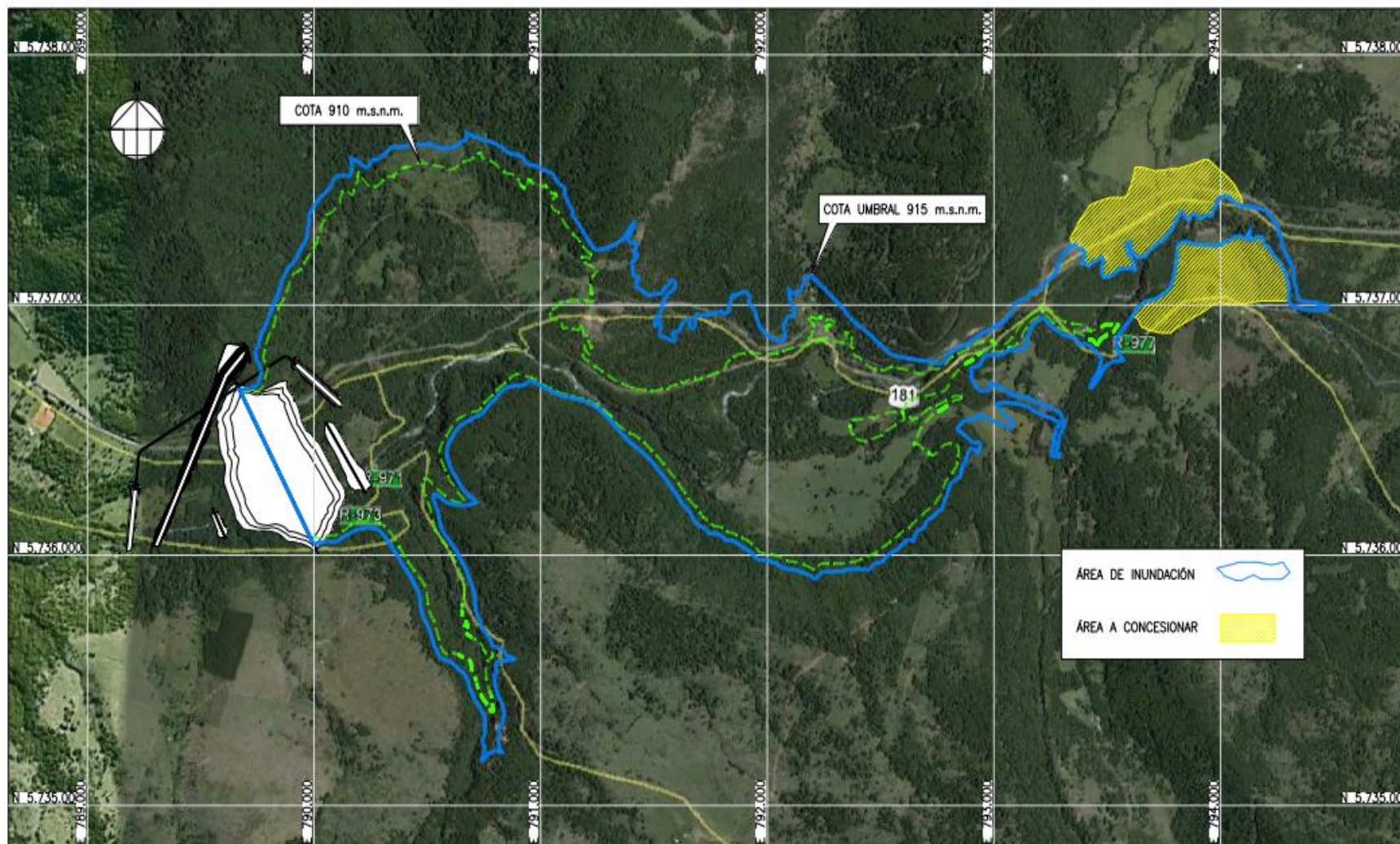
Fuente Elaboración Propia

Figura 11-7: Áreas de Concesión Turística Embalse La Mula



Fuente Elaboración Propia

Figura 11-8: Áreas de Concesión Turística Embalse Malalcahuello



Fuente Elaboración Propia

Respecto al recogimiento del espejo de agua en las zonas identificadas para la concesión turística se aprecia que para una baja en el nivel del embalse de 5 m, en el caso de La Mula el espejo de agua se recoge alrededor de 500 m, mientras que en la alternativa de embalse Malalcahuello el recogimiento de las aguas es incluso mayor.

Sobre la base de los precios de venta de terrenos en las orillas de los embalses Rapel y Colbún, que ascienden a 0,7 UF/m² y considerando un factor de arriendo/precio de venta de 0,009 (obtenido de la revisión de precios de venta y arriendo de terrenos comerciales), se determinó el beneficio anual del embalse asociado al uso turístico.

Como la evaluación considera la concesión de terrenos del embalse para la operación turística, se evaluó la rentabilidad de este uso considerando tasa de descuento social de 6%. Los beneficios anuales y VAN de riego más turismo se presentan en la Tabla 11-18:

Tabla 11-18: Beneficios turísticos zona alternativas embalse La Mula y Malalcahuello

Embalse	VAN Riego + Turismo (MM\$)	VAN Riego + Turismo (MMUS\$)	TIR Riego + Turismo (%)	Aumento Rentabilidad Proyecto Riego (%)
La Mula	344.748	689	12,6%	3,5%
Malalcahuello	74.190	148	7,4%	2,6%

Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que los resultados anteriores corresponden a los beneficios que se obtendrían de uso turístico del embalse, sobre la base de considerar que las áreas identificadas serán efectivamente concesionadas durante los meses en que los embalses presentan un nivel estable de sus aguas y cercano a la cota umbral del vertedero.

11.4.3 Uso Generación Hidroeléctrica

A partir de los resultados del cálculo de volumen óptimo para utilización en riego, se determinaron los costos y beneficios asociados para las dos alternativas de embalse. El volumen óptimo anterior se determinó en el informe 3866-0000-CO-INF-001 y son los que se presentan en la Tabla 11-19.

Tabla 11-19: Volumen Óptimo Alternativas de Embalse

Alternativa de embalse	Volumen Óptimo (hm ³)
La Mula	142
Malalcahuello	138

Fuente: Elaboración Propia

Se generaron a partir de estos volúmenes las matrices de caudales disponibles de generación y los volúmenes acumulados. De los volúmenes anteriores se obtuvieron la matriz de alturas brutas disponibles mediante la utilización de las curvas de embalse respectivas.

11.4.3.1 Potencial hidrogeneración La Mula

Los resultados de generación para la alternativa de embalse La Mula se presentan en la Tabla 11-20.

Tabla 11-20: Potencial de Hidrogeneración para la Alternativa de Embalse La Mula

Caudal (m ³ /s)	40	45	50	55	60	65	70	80
Potencia MW	18,00	20,25	22,5	24,75	27,00	29,25	31,50	36,00
Energía (GWh/año)	105,8	109,05	111,21	112,64	112,36	111,47	111,18	106,37
Factor de planta (%)	76	70	64	59	53	49	45	37

Fuente: Elaboración Propia

Para la alternativa de embalse La Mula se contemplaron 2 turbinas iguales, cada una capaz de generar un caudal de 55 m³/s, con una potencia instalada total de 49,5 MW y una generación total de 225,3 GWh/año. Considerando una inversión aproximada de MM\$ 1,10 por MW instalado, los parámetros económicos entregan un VAN de MM\$ 12.924.

11.4.3.2 Potencial hidrogeneración Malalcahuello

Los resultados de generación para la alternativa de embalse La Mula se presentan en la Tabla 11-21.

Tabla 11-21: Potencial de Hidrogeneración para la Alternativa de Embalse Malalcahuello

Caudal (m ³ /s)	10	15	20	25	30	35	40	50
Potencia MW	10,72	16,08	20,86	26,07	30,35	31,71	31,71	31,71
Energía (GWh/año)	65,28	76,34	77,72	75,83	67,68	61,84	53,2	24,55
Factor de planta (%)	92	71	54	42	31	24	19	6

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de la alternativa de embalse Malalcahuello también se contemplaron 2 turbinas iguales, cada una capaz de generar un caudal de 20 m³/s, con una potencia instalada total de 37,8 MW y una generación total de 121,2 GWh/año. Considerando una inversión aproximada de MM\$ 1,10 por MW instalado, los parámetros económicos entregan un VAN negativo (- MM\$ 3.066).

11.4.3.3 Costos y beneficios

Para la evaluación de la rentabilidad del proyecto asociado al uso del embalse para generación hidroeléctrica, se consideró el tamaño óptimo de riego para la confección de las matrices de generación mensual. Se evaluaron 3 escenarios de hidrogeneración:

1. Aumento de altura muro y volumen extra al de riego.
2. Generación supeditada a riego
3. Disminución de la superficie a regar de modo de generar este volumen.

En la Tabla 11-22 se presentan los resultados del análisis de los escenarios de hidrogeneración antes mencionado.

Tabla 11-22: Resultados Escenarios de Generación

ESCENARIOS	SENSIBILIDAD	LA MULA (MMUS\$)	MALALCAHUELLO (MMUS\$)
1	+ 1 m	M: 2,9 H: 36,5	M: 5,2 H: 11,9
	+ 2 m	M: 5,9 H: 39,2	M: 10,6 H: 13,1
	+ 3 m	M: 8,9 H: 41,9	M: 16,1 H: 14,2
2	-	H: 21,9	H: 2,9
3	- 20 hm ³	H: 35,0 R: 52,3	H: 12,9 R: 46,3
	- 30 hm ³	H: 36,2 R: 157,2	H: 14,1 R: 58,5

Fuente: Elaboración Propia

Donde,

M: Costo adicional muro

H: VAN hidrogeneración, tasa de descuento privado de 10%

R: VAN asociado a la superficie que se deja de regar

De acuerdo a los valores presentados en Tabla 11-22, se concluye que en ambos embalses resulta ser rentable la hidrogeneración. Por otro lado, para ambos embalses no es rentable el aumento de la generación en desmedro del riego.

Si bien es cierto, en ambos embalses es rentable aumentar la altura del muro para una mayor generación, en el caso de La Mula no se tiene capacidad topográfica por lo que se descarta dicha alternativa. En el caso de la alternativa de Malalcahuello solamente es rentable el aumento de hasta 2 m de altura del muro, dado que a mayor altura el costo del muro es mayor a los beneficios por concepto de generación.

En la Tabla 11-23 se presenta la rentabilidad del proyecto de más la rentabilidad propia de hidrogeneración considerando la tasa de descuento social de 6%:

Tabla 11-23: Rentabilidad del Riego más Hidrogeneración

Embalse	VAN Riego + Hidrogeneración (US\$)	TIR Riego + Hidrogeneración (%)	Aumento Rentabilidad Proyecto Riego (%)
La Mula	731.162.462	12,4%	9,7%
Malalcahuello	148.487.745	7,3%	2,6%

Fuente: Elaboración Propia

11.4.4 Uso Control de Crecidas

Se revisó la existencia de obras de defensas o encauzamientos en el río Cautín, verificándose que la localidad de Lautaro es el punto más cercano a los sitios de embalse donde se registran este tipo de obras, unos 47 km aguas abajo del sitio La Mula.

El sistema de defensas fluviales diseñado incluye un pretil transversal de cierre y la confección de 3 espigones de enrocado en la ribera izquierda (sur) del río Cautín, en un tramo de 310 m desde el puente Lautaro hacia aguas arriba.

Se proyectó además el encauzamiento de un tramo de 960 m de longitud, desde 480 m aguas arriba a 480 m aguas abajo del puente Lautaro, lo que permitiría proteger directamente el sector afectado e indirectamente el puente Lautaro y zonas ribereñas situadas en la margen Norte del río Cautín.

Los diseños de estas obras se realizaron para un caudal de 1.984 m³/s, correspondiente a un periodo de retorno de 100 años.

Los resultados de la capacidad de regulación del embalse presentados en el informe de análisis de pertinencia, 3866-1000-IH-INF-003, indican que en el caso del sitio La Mula las atenuaciones del caudal máximo al pie del embalse varían entre un 5% y 16%. Por otro lado en el caso del sitio Malalcahuello dichas atenuaciones varían entre un 31% y un 65%, dependiendo del periodo de retorno y la altura de muro considerada.

Las atenuaciones son más relevantes para el sitio Malalcahuello, lo que se debe en parte a que los caudales de crecida que ingresan a dicho embalse son del orden de un 35% de aquellos que ingresan al sitio La Mula.

El volumen de regulación del embalse es un parámetro relevante para este análisis, pues dependiendo de la duración e intensidad de la crecida, los volúmenes de las mismas pueden variar y con ello, el porcentaje de reducción del caudal máximo, pues este es función del volumen a almacenar en el embalse.

Los resultados obtenidos respecto a los volúmenes de almacenamiento se presentan en la Tabla 11-24.

Tabla 11-24: Volumen de crecida almacenado

Alternativa de Embalse	Cota Umbral Vertedero (msnm)	Volumen total Crecida de T=100 años (hm ³)	Volumen Máximo Almacenado (hm ³)	Almacenamiento del Volumen de Crecida
La Mula	473	101,5	30,3	30%
	468	101,5	24,9	25%
	463	101,5	19,4	19%
Malalcahuello	915	12,1	8,4	70%
	895	12,1	7,4	61%
	875	12,1	5,4	45%

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados presentados en la Tabla 11-24 se concluye que el embalse La Mula puede regular un volumen de hasta 30 hm³, lo que corresponde a un 30% del volumen total de la crecida de 100 años de periodo de retorno. Por otro lado el embalse Malalcahuello es capaz de regular un volumen de hasta 8 hm³, lo que corresponde a un 70% del volumen total de la crecida mencionada.

Puesto que el sitio de embalse Malalcahuello se localiza aguas arriba del sitio La Mula, los caudales de crecida que ingresan a dicho sitio son inferiores, y el efecto de atenuación que este embalse pueda generar va disminuyendo a medida que otros aportes se incorporan al cauce del río Cautín (ríos Blanco y Colorado). En el sector de emplazamiento del embalse La Mula se estima que la reducción de caudal máximo, generada por el embalse Malalcahuello, varía entre un 10% y un 20%, dependiendo de la altura de muro considerada.

Según los antecedentes revisados se tiene que el caudal asociado a la crecida de 100 años de periodo de retorno en el puente Lautaro es de 1.984 m³/s, sector donde se cuenta con las defensas suficientes para no inundar el poblado ante tal evento. Por otro lado, en el embalse la Mula se registra un caudal de 946 m³/s para el mismo periodo de retorno, correspondiente a un volumen de 101,5 hm³ de los cuales se embalsa un 30%, volumen que amortiguará el peak de la crecida y por ende no pondrá en riesgo de inundación a la localidad de Lautaro.

Por último cabe mencionar que aguas abajo de la localidad de Lautaro se produce la junta entre los río Cautín y Muco, los aportes de este último son relevantes y reducirán el impacto de la regulación que puedan generar los embalses analizados.

En función de los antecedentes presentados en el informe 3866-0000-1000-IH-INF-003 se considera que la influencia del efecto regulador de las alternativas de embalse La Mula y Malalcahuello son considerables hasta la altura de la localidad de Lautaro. Sin embargo aguas abajo de la junta de los ríos Cautín y Muco, este efecto se reduce, ya que el aporte de este último cauce es importante y aminora el efecto de regulación ya mencionado.

Por otro lado, puesto que no existen obras de defensas fluviales en las márgenes del río Cautín sino hasta la ciudad de Lautaro, se supone que en las zonas frecuentemente inundadas por las crecidas de este cauce, no existan zonas habitadas o con infraestructura pública o privada de importancia, que justifique su construcción.

Respecto del análisis de la capacidad de regulación del embalse se desprende que, comparado con el sitio La Mula, el embalse Malalcahuello reduciría en mayor medida el caudal máximo asociado a una crecida en el río Cautín, obteniéndose atenuaciones al pie de la presa de entre un 31% a 65% dependiendo del periodo de retorno y la altura de muro analizado. Mientras que en el embalse la Mula las atenuaciones alcanzan como máximo un 18% al pie de la presa.

Dado que no se identificaron obras de defensas fluviales en las márgenes del río Cautín sino hasta la ciudad de Lautaro, se supone que en las zonas frecuentemente inundadas por las crecidas de este cauce no existen zonas habitadas o con infraestructura pública o privada de importancia, que justifique su construcción. Por lo anterior y tomando en consideración el análisis hidráulico en la zona de Lautaro se concluye que dada la poca fluctuación del nivel del río en la zona de Lautaro, entre la situación sin proyecto y con proyecto considerando el efecto amortiguador del embalse, el embalse no tendría efecto en la prevención de daños físicos aguas abajo del embalse. Se desliga de lo anterior que el ahorro en los costos asociados a estos daños físicos es despreciable para la situación con proyecto.

11.4.5 Rentabilidad Multipropósito del Proyecto

En la Tabla 11-25 se presenta la rentabilidad multipropósito del proyecto, considerando el uso para riego, turismo e hidrogenación considerando una tasa de descuento social de 6%.

Tabla 11-25: Rentabilidad Multipropósito Proyecto

Embalse	VAN Riego + Turismo + Hidrogenación (MM\$)	VAN Riego + Turismo + Hidrogenación (MMUS\$)	TIR Riego+ Turismo + Hidrogenación (%)	Aumento Rentabilidad Proyecto Riego (%)
La Mula	377.146	754	12,6%	13,2%
Malalcahuello	76.095	152	7,3%	5,2%

Fuente: Elaboración Propia

12 EXTERNALIDADES

El desarrollo del proyecto de embalsamiento, trae consigo una serie de una serie de beneficios, tanto directos o como indirectos. A continuación se presentan las externalidades con mayor relevancia:

- Aumento y desarrollo de turismo
- Aumento del volumen de exportaciones
- Aumento de la demanda de mano de obra
- Incremento de la construcción de vivienda
- Desarrollo de Infraestructura
- Aumento del comercio
- Desarrollo del sector Agroindustrial
- Cambio en la estructura Geopolítica, asociada a la migración de individuos a la zona
- Generación de Impuesto.

12.1 AUMENTO Y DESARROLLO DEL TURISMO

Se estima el desarrollo de turismo asociado al embalse, debido a su condición multi-anual, permitiendo por ejemplo, la pesca y el entretenimiento acuático.

Eventualmente, y de acuerdo a las condiciones hidrológicas interanuales, se esperaría el potencial desarrollo de las siguientes actividades: regatas de windsurf, lancha, canoísmo y catamarán. Además, es posible esperar la implementación de zonas de miradores, picnic y camping, senderismo y otras actividades al desarrollo del turismo aventura.

12.2 AUMENTO EN EL VOLUMEN DE EXPORTACIONES

Consecuentemente a la mayor disponibilidad de agua, se estima un aumento en la cantidad y obtención e mayor calidad de los productos hortofrutícolas a desarrollar, asociado a una mayor eficiencia del recurso hídrico; lo que trae consigo un aumento de la oferta de productos frutícolas, que cumplen con los estándares exigidos por los mercados internacionales. Por lo tanto, se estima un incremento en el volumen de las exportaciones, incorporación de tecnología de riego.

Tabla 12-1 Generación de exportaciones (\$US)

Situación	Exportaciones en \$US	Incrementos %
Actual	0	0
Futura	100.346.203	>100

Fuente: Elaboración Propia

12.3 AUMENTO DE LA DEMANDA DE MANO DE OBRA

Debido al incremento en los volúmenes de producción, se estima un aumento en la demanda de mano de obra. En las Tablas 12-2 y 12-3 se presenta el requerimiento de empleo en la situación actual y con proyecto respectivamente.

Tabla 12-2: Requerimientos de Empleo Permanente y Temporal de Hombres y Mujeres en Jornadas para Situación Actual

Personal	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Masculino Labores Directas	1.152,3	1.152,3	1.152,3	1.240,1	1.152,3	1.152,3	713,0	1.152,3	1.415,8	1.152,3	1.152,3	1.240,1	13.827,2
Femenino Labores Directas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Masculino en Labores Indirectas	184,4	184,4	184,4	198,4	184,4	184,4	114,1	184,4	226,5	184,4	184,4	198,4	2.212,4
Femenino en Labores Indirectas	46,1	46,1	46,1	49,6	46,1	46,1	28,5	46,1	56,6	46,1	46,1	49,6	553,1
Total Personal Permanente	1.382,7	1.382,7	1.382,7	1.488,1	1.382,7	1.382,7	855,6	1.382,7	1.699,0	1.382,7	1.382,7	1.488,1	16.592,7
Masculino Temporal	300,6	300,6	300,6	0,0	8.911,9	29.692,3	0,0	40.108,6	0,0	4.547,3	428,3	0,0	84.590,2
Femenino Temporal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total Personal Temporal	300,6	300,6	300,6	0,0	8.911,9	29.692,3	0,0	40.108,6	0,0	4.547,3	428,3	0,0	84.590,2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12-3: Requerimientos de Empleo Permanente y Temporal de Hombres y Mujeres en Jornadas para Situación con proyecto

Personal Permanente	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Masculino Labores Directas	65.140,0	65.140,0	65.140,0	65.140,0	131.696,6	60.849,8	19.331,9	65.140,0	48.681,9	65.140,0	65.140,0	65.140,0	781.680,5
Femenino Labores Directas	4.204,0	4.204,0	4.204,0	4.204,0	4.204,0	2.023,0	5.792,6	4.270,0	4.730,4	4.204,0	4.204,0	4.204,0	50.448,2
Masculino en Labores Indirectas	11.095,0	11.095,0	11.095,0	11.095,0	21.744,1	10.059,6	4.019,9	11.105,6	8.546,0	11.095,0	11.095,0	11.095,0	133.140,6
Femenino en Labores Indirectas	2.773,8	2.773,8	2.773,8	2.773,8	5.436,0	2.514,9	1.005,0	2.776,4	2.136,5	2.773,8	2.773,8	2.773,8	33.285,1
Total Personal Permanente	83.212,9	83.212,9	83.212,9	83.212,9	163.080,7	75.447,4	30.149,4	83.292,0	64.094,8	83.212,9	83.212,9	83.212,9	998.554,5
Masculino Temporal	250.468,6	258.251,8	320.656,6	77.723,0	0,0	0,0	0,0	87.696,3	0,0	254.649,7	387.696,8	334.711,5	1.971.854,3
Femenino Temporal	330.796,5	310.196,3	312.796,9	125.349,4	2.272,7	0,0	0,0	0,0	0,0	207.906,7	288.313,5	334.090,8	1.911.722,7
Total Personal Temporal	581.265,1	568.448,1	633.453,5	203.072,4	2.272,7	0,0	0,0	87.696,3	0,0	462.556,4	676.010,3	668.802,3	3.883.577,0

Fuente: Elaboración Propia

12.4 INCREMENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA.

Se estima una mejora del desarrollo económico y social de la zona por efecto de la mayor disponibilidad de agua, y consecuentemente la mejora de las condiciones productivas y económicas de la zona y el aumento de la demanda de mano de obra. Debido a lo anteriormente señalado, se estima un incremento de la población, y por lo tanto un aumento en la demanda de vivienda y servicios.

12.5 DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA.

Se estima el desarrollo de infraestructura, como consecuencia del aumento del flujo de individuos y comercialización en la zona. Lo anterior trae consigo una mejora de las redes de caminos existentes y desarrollo de nuevas redes de comunicación vial. Así como también la mejora de las redes de telecomunicaciones.

Respecto de la infraestructura asociada al sector agroindustrial y frutícola, se estima el desarrollo de packing, cámaras de frío, instalaciones asociadas a líneas de procesos, etc.

12.6 AUMENTO DEL COMERCIO

Debido al aumento en la calidad de la producción agrícola y existencia de productos agroindustriales, se estima un aumento de los puntos de venta y distribución de insumos, como por ejemplo, fertilizantes, pesticidas, pallet, insumos de embalaje, etc. Además, se espera un aumento del comercio asociado a cubrir las necesidades de la población que migrará a la zona: supermercados, farmacias, panaderías, etc.

12.7 DESARROLLO DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL

Debido al aumento de la producción y calidad de productos hortofrutícola de la zona, se estima la presencia del sector agroindustrial, mediante el desarrollo de: conservería de frutas y hortalizas, deshidratación de frutas y hortalizas, elaboración de jugos clarificados y concentrados de frutas, elaboración de pulpas, mermeladas de frutas y pastas de hortalizas. Debido a lo anterior, se estima un incremento de los ingresos de la zona debido al fortalecimiento del sector agroindustrial.

12.8 CAMBIO DE LA ESTRUCTURA GEOPOLÍTICA, ASOCIADA A LA MIGRACIÓN DE INDIVIDUOS A LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO.

Debido al desarrollo del proyecto de embalsamiento y consecuentemente al fortalecimiento del sector agroindustrial en la zona, se espera la migración de población en la zona y la mejora de los servicios existentes. Se estima un fortalecimiento de la estructura geopolítica de la zona y de la Región, a través del emplazamiento de población en las zonas limítrofes, fortalecimiento de las conexiones a nivel regional, asociada al incremento de flujo de transporte, etc.

12.9 GENERACIÓN DE IMPUESTOS

La generación de impuestos corresponde al impuesto generado por el incremento de la utilidad producto de la entrada en funcionamiento del embalse.

Al respecto la generación de impuestos producto de la construcción de obras se incrementa en un 988,4% al pasar de \$773,7 millones en situación actual a más de \$8.421,2 millones en situación futura

Tabla 12-4 Generación Impuestos

Situación	Impuestos en \$	Incrementos %
Actual	773.728.128	0
Futura	8.421.280.776	988,4

Fuente: Elaboración Propia

13 ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL, PAC Y TALLERES LEGALES

13.1 ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

A continuación se presenta un resumen del Estudio de Análisis Ambiental. En el Anexo E.1 Estudio de Análisis Ambiental 3866-0000-MA-INF-005 se presenta el estudio completo.

13.1.1 Introducción

Una de las variables relevantes que se debe considerar en los Proyectos lo constituye las implicancias ambientales asociadas a su implementación, bajo este prisma es que se desarrolla el presente Estudio de Análisis Ambiental (EAA) para el Proyecto Prefactibilidad de Mejoramiento del Riego en la cuenca del Río Cautín en Curacautín”, Región de la Araucanía, con la finalidad de incorporar en su evaluación los aspectos ambientales identificados en el estudio.

Inicialmente desde el punto de vista de ingeniería se analizaron 7 alternativas de ubicación de embalsamiento para lograr el mejoramiento de riego,

De las áreas propuestas y como resultado de la evaluación de los diversos estudios se seleccionaron las zonas de Malalcahuello y sector La Mula, es sobre las áreas donde se emplazan estas alternativas que se elaboró el EAA

El Estudio de Análisis Ambiental (EAA) tuvo como objetivo identificar y evaluar, preliminarmente, los potenciales impactos ambientales que se podrían generar durante la implementación y operación del Proyecto, con el fin de analizar fundadamente la pertinencia de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), elaborando los respectivos Planes Preliminares de Manejo y Seguimiento Ambiental y sus costos asociados,

13.1.2 Descripción del Proyecto

Los estudios de ingeniería elaborados para el EAA determinaron dos alternativas de emplazamiento del embalse en la cuenca del río Cautín, denominadas Malalcahuello y La Mula. Las características generales de cada alternativa son las siguientes:

Embalse Malalcahuello, ubicado en la parte alta del río Cautín, entre la zona de Manzanares y la localidad de Malalcahuello, comuna de Curacautín, provincia de Malleco.

Se analizaron tres tamaños del muro que varían de 112 a 152 metros de altura con un ancho de coronamiento de 8 m. El volumen de material necesario para las alternativas del muro de CFRD varía de los 8,9 a los 17,6 hm³, este diseño permite un volumen de embalsamiento, máximo de 224 hm³ y una superficie de inundación de 535,7 ha.

Embalse La Mula se sitúa en la cuenca del río Cautín al sur de la ciudad de Curacautín por camino que une esta localidad con la ciudad de Lautaro, en la comuna de Curacautín, provincia de Malleco.

Se analizaron tres alternativas de altura de muro, que varían desde los 50 a los 60 metros, con un ancho de coronamiento de 8 m. El volumen de material necesario para las alternativas del muro de CFRD varía de los 1,3 a los 2,5 hm³, este diseño permite un volumen de embalsamiento máximo de 142 hm³ y una superficie de inundación de 1.358,3 ha.

Ambas alternativas tienen asociadas una red de canales de riego proyectada, que, potencialmente incorporarían una superficie de riego de 34.959 ha. en las comunas de Victoria, Perquenco y Lautaro. Esta red está compuesta por el canal Matriz Victoria y catorce canales derivados.

Además, se analizó la instalación de una central hidroeléctrica para cada una de las alternativas de embalse Asociada a esta central se contempla una línea de transmisión que se construiría para permitir la interconexión en 66 kV, entre la Central a pie de presa y el Sistema Interconectado Central (SIC) en la S/E Curacautín, ubicada en la IX Región

13.1.3 Línea Base

El EAA contempló el desarrollo de una línea base mediante estudios y análisis de las componentes del medio físico, biótico y humano.

Se levantó información en terreno con dos campañas en el año 2012, una de verano y otra invierno primavera, para aquellas componentes que a juicio de experto son las de mayor relevancia. Los principales resultados de la línea base se presentan en la Tabla 13-1.

Tabla 13-1. Resultados Línea Base

Componente	Alternativas de embalse	
	Sitio 1 (Malalcahuello)	Sitio 2 (La Mula)
Suelos	Perdida de suelo corresponde a 535,85 ha.	Perdida de suelo corresponde a 1.358,16 ha., con un 40% de superficie agrícola.
Intervención de la flora y vegetación terrestre	Un 69,52% de la superficie corresponde a formaciones de bosque nativo y un 26,22 % a pradera húmeda. una especie en categoría de conservación correspondiente a Araucaria araucana (Araucaria) (Vulnerable), Monumento Natural.	Un 42,91% de la superficie corresponde a terrenos agrícolas, un 32,7 % de Bosque nativo, un 18,6% a plantaciones y un 4% a matorral. Existen 2 especies en categoría de conservación: Persea lingue (Lingue) Preocupación menor y Fascicularia bicolor (Chupalla) Vulnerable
Pérdida de hábitat de la fauna terrestre	Se reconocen 5 especies en categoría de conservación.	Se reconocen 6 especies en categoría de conservación.
Biota Acuática	especies íctica introducidas que presentan un valor ambiental bajo para dicha componente.	Especies licticas nativas y especie En Peligro carmelita (Percillia gillissi) y (bagresito Trichomycterus areolatus) vulnerable.
Turismo	Inserto dentro del Área Turística Prioritaria Araucanía Andina.	Menor desarrollo turístico
Áreas bajo protección oficial y Sitios prioritarios	próxima a la Reserva Nacional Malalcahuello (aproximadamente 2,2 km del área de mayor proximidad) y al Parque Nacional Conguillio (aproximadamente 4,8 km del área más próxima).	La alternativa de embalse La Mula y canales, no se encuentran próximos a áreas de protección.
Intervención de área con valor ambiental	Alternativa inserta dentro del sector Reserva de la Biosfera "Araucarias" , en la zonificación denominada de transición.	No interfiere áreas con alto valor ambiental

Fuente: Elaboración Propia

13.1.4 Evaluación de Impacto

Los resultados de la línea base permitieron identificar los potenciales impactos sobre las siguientes componentes en las diferentes etapas del proyecto:

A)) Alteración de la calidad del aire - **B))** Alteración o pérdida de suelo - **C))** Alteración temporal de cauces **D))** Alteración temporal de calidad del agua **E))** Aumento del nivel de presión sonora **F))** Intervención de flora y vegetación terrestre **G))** Pérdida de superficies boscosas con alto valor ambiental **H))** Pérdida de ejemplares aislados de *Araucaria Araucana* declarada Monumento Natural mediante el D.S. 43 /1990 **I))** Pérdida de hábitat de la fauna terrestre **J))** Intervención de la flora y fauna acuática **K))** Intervención de aspectos turísticos de la zona **L))** Alteración a los modos de vida y costumbres locales **M))** Presión sobre equipamiento y servicios locales/ Alteración en composición demográfica local **N))** Alteración de flujos de transporte y conectividad local **L))** Eventual alteración del patrimonio arqueológico **O))** Modificación de la calidad visual del paisaje **P))** percepción de riesgos de inundación. **Q))** Aumento en las superficies de riego **R))** Intervención de área con valor ambiental **S))** Aumento en las actividades económicas locales

La jerarquización de los impactos ambientales para cada etapa de Proyecto y para las dos alternativas de sitio se realizó en base a los antecedentes del Proyecto, a los resultados de la línea de base y a la experiencia de ARCADIS Chile en proyectos de similares características. Dicha jerarquización se presenta en la Tabla 13-2.

Tabla 13-2. Jerarquización de los Impactos Ambientales

Grado de impacto	Componentes	Alternativa
Bajo	Alteración o Pérdida de suelo ,Intervención flora y fauna acuática ,Intervención de área con valor ambiental	Malalcahuello
	Arqueología	Ambas
Medio	Alteración temporal de cauce , Alteración temporal de calidad del agua, Aumento de nivel de presión sonora. Pérdida de hábitat fauna terrestre . Presión sobre equipamiento,. Alteración en la composición demográfica local Flujo, transporte y conectividad y Alteración del Valor paisajístico	Ambas
	Alteración o Pérdida de suelo ,Alteración del Valor turístico, Intervención de flora y vegetación terrestre y Pérdida de superficie boscosa de alto valor ambiental	La Mula
	Pérdida de ejemplares aislados de <i>Araucaria Araucana</i>	Malalcahuello
Alto	Intervención flora y fauna acuática	La Mula
	Intervención de flora y vegetación terrestre, Pérdida de superficie boscosa de alto valor ambiental y Alteración del Valor turístico	Malalcahuello
	Alteración de modos de vida y costumbre locales	Ambas
Medio Positivo	Aumento en las actividades económicas locales	Ambas
Alto positivo	Aumento en las superficies de riego	Ambas

Fuente: Elaboración Propia

La calificación de impactos presentada es referencial y deberá ser corroborada y ajustada una vez precisada la localización definitiva del embalse y sus obras anexas, con los estudios ambientales complementarios necesarios para la elaboración del documento ambiental que se ingrese al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

13.1.5 Plan de Manejo y Seguimiento Ambiental

De acuerdo a la tabla de impacto antes indicada, se elaboró un plan de manejo y seguimiento ambiental aplicable al Proyecto, orientado en términos generales para indicar medidas de mitigación, reparación y compensación asociadas para cada uno de los impactos detectados.

13.1.6 Legislación Ambiental Aplicable y Permisos Sectoriales

La legislación ambiental aplicable y los permisos sectoriales asociados al Proyecto se presenta haciendo referencia en primer término a la normativa de carácter general aplicable al Proyecto o actividad, y en segundo lugar a las normas de carácter específico asociadas directamente con la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza, el uso y manejo de los recursos naturales y, la fiscalización.

Para cada una de las componentes se señala la materia regulada y la fase del proyecto, además de sus detalles específicos

Como resultado de este análisis se tiene que para el presente proyecto se debe dar cumplimiento a las siguientes normativas:

- A) Normas ambientales de carácter general: Constitución de la Republica, Ley 19.300 Ley de bases del medio ambiente y, Reglamento de evaluación ambiental
- B) Normas ambientales de carácter específico que se detallan en la Tabla 13-3.

Tabla 13-3 Normas Ambientales

Materia Regulada	Normativa
Aire	D.S N° 144 de 1961; Emisiones de Polvo Decreto Supremo N° 75 de 1987 (modificado por Decreto Supremo N° 78/97) Emisiones de Material Particulado Decreto Supremo N° 59 de 1998 (modificado por Decreto Supremo N° 45/01). Decreto Supremo N° 138 de 2005 (modificado por Decreto Supremo N° 90 de 2010) Emisiones de contaminantes emanados de los vehículos motorizados Decreto Supremo N°4 de 1994 (modificado por Decreto Supremo N° 58/03) Decreto Supremo N° 211 Emisiones a la Atmósfera Decreto Supremo N° 55
Ruido	Ruidos Molestos generados por Fuentes Fijas Decreto Supremo N° 38
Agua Potable	Decreto con Fuerza de Ley N° 725 (modificado por Ley 20.380) Decreto Supremo N° 594 de 1999 (modificado por Decreto Supremo N°4 de 2010) Decreto N° 446 de 2006 Decreto Supremo N° 735 de 1969 (modificado por Decreto Supremo N° 76 de 2009).
Aguas Servidas	Decreto con Fuerza de Ley N° 725 de 1967 (modificado por Ley 20.533). Decreto Supremo N° 594 de 1999 (modificado por Decreto Supremo N°4 de

Materia Regulada	Normativa
	2010). Decreto Supremo N° 4
Obras Hidráulicas	Decreto con Fuerza de Ley N° 1.122 de 1981 (modificado por Ley 20.417 extracción de ripio y arena Ley N° 11.402
Electricidad y Combustibles	Decreto Supremo N° 327 Norma NSEG 5.E.n71 Decreto Supremo N° 160 de 2008 combustibles líquidos
Residuos	Residuos Sólidos Decreto con Fuerza de Ley N° 725 de 1967 (modificado por Ley 20.533). Decreto Supremo N° 594 de 1999. Decreto Supremo N° 148 de 2003 Decreto Ley N° 3.557
Flora y Vegetación Nativa	Bosque Nativo Ley N° 20.283 Decreto Supremo N° 68
Bosque Nativo y Plantaciones Forestales	Decreto Supremo N° 93 Decreto de Ley N° 701 y sus modificaciones Decreto Supremo N° 259
Vegetación y flora	Decreto Supremo N° 4.363 y sus modificaciones Decreto Supremo N° 43
Recursos Naturales y fauna	Decreto Ley N° 3.557 de 1980 (modificada por Ley 20.308)
Recursos Naturales	Resolución N° 133 (modificada por la Resolución N° 2.859 de 2007)
Fauna Terrestre	Ley N° 4.601 (Texto sustituido por Ley N° 19.473) Decreto Supremo N° 5 de 1998 (modificado por Decreto Supremo N° 53/03)
Recursos Hidrobiológicos	Decreto Supremo N° 430. Decreto Supremo N° 461.
Patrimonio Cultural	Ley N° 17.288 de 1970 (modificada por Ley 20.243) Decreto Supremo N° 484 de 1990
Vialidad y Transporte	Decreto con Fuerza de Ley N° 1 (modificada por Ley 20.410) Decreto Supremo N° 158, de 1980 (modificado por Decreto N° 1910 de 2002 Resolución N° 1 de 1995 (modificada por Resolución N° 62 de 2001) Decreto Supremo N° 19 (modificado por Decreto N° 1665/02)
Transporte de Sustancias Peligrosas	Decreto Supremo N° 298 de 1994 (modificada por Decreto Supremo N° 116 de 2001) Decreto con Fuerza de Ley N° 850 de 1997 (modificado por Decreto con Fuerza de Ley N° 2 de 2006).
Sustancias Peligrosas	Decreto Supremo N° 78
Almacenamiento de Sustancias Peligrosas	Decreto Supremo N° 594 Decreto Supremo N° 298 (modificado por Decreto Supremo N° 116/01)
Sustancias Explosivas	Decreto Supremo N° 400 Decreto Supremo N° 83

Fuente: Elaboración Propia

C) Los permisos sectoriales aplicables al proyecto se presentan en la Tabla 13-4.

Tabla 13-4. Permisos Sectoriales

89	Permiso para la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros.	Artículo 11 de la Ley N° 11.402.	Aplicación eventual
90	Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros.	Artículo 71, letra b), Decreto Fuerza de Ley N° 725/67 (Código Sanitario).	Aplicación Eventual
91	Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza.	Artículo 71, letra b), del Decreto Fuerza de Ley N° 725/67 (Código sanitario).	Aplicación Eventual
93	Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.	Artículos 79 y 80 del Decreto Fuerza de Ley N° 725/67 (Código Sanitario).	Aplica
94	Calificación de los establecimientos industriales o de bodegaje.	Artículo 4.14.2 del Decreto Supremo N° 47/92 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones).	Aplicación Eventual
95	Permisos para realizar pesca de investigación que sea necesaria para el seguimiento de la condición de poblaciones de especies hidrobiológicas en la aplicación del primer año del plan de seguimiento ambiental.	Título VII de la Ley N° 18.892 (Ley General de Pesca y Acuicultura) y sus modificaciones contenidas en el Decreto Supremo N° 430/92 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.	Aplica
96	Permiso para subdividir y urbanizar terrenos rurales para complementar alguna actividad industrial con viviendas, dotar de equipamiento a algún sector rural, o habilitar un balneario o campamento turístico; o para las construcciones industriales, de equipamiento, turismo y poblaciones, fuera de los límites	Incisos 3° y 4° del Artículo 55 del Decreto Fuerza de Ley N° 458/75 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Ley General de Urbanismo y Construcciones)	Aplicación Eventual

	urbanos.		
99	Permiso para la caza o captura de los ejemplares de animales de las especies protegidas.	Artículo 9 de la Ley N° 4.601 (Ley de Caza).	Aplica
101	Permiso para la construcción de obras a que se refiere el Artículo 294 del DFL N° 1.122 de 1981.	Artículo 294 del Decreto Fuerza de Ley N° 1.122/81 del Ministerio de Justicia (Código de Aguas).	Aplica
102	Permiso para corta o explotación de bosque nativo, en cualquier tipo de terrenos, o plantaciones ubicadas en terrenos aptitud preferentemente forestal.	Artículo 21 del Decreto Ley N° 701 de 1974 (Ley de Fomento Forestal).	Aplica
104	Permiso para la corta o explotación de la especie vegetal de carácter forestal denominada Pehuén – <i>Araucaria araucaria</i> (Mod.) K. Koch, cuando ésta tenga por objeto la habilitación de terrenos para la construcción de obras públicas.	Decreto Supremo N° 43/90 del Ministerio de Agricultura.	Aplica Sólo para la alternativa de Malalcahuello
106	Permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales.	Inciso 2° del Art. 171 del Decreto Fuerza de Ley N° 1.122/81 del Ministerio de Justicia (Código de Aguas).	Aplica

Fuente: Elaboración Propia

13.1.7 Pertenencia y Modalidad de Ingreso

Conforme a lo establecido en los artículos 8 y 10 letra c) de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y en el artículo 3, letras c) y a.1) del DS 95/2001 MINSEGPRES, el Proyecto Mejoramiento del sistema de riego mediante el embalsamiento del río Cautín debería someterse al SEIA por los siguientes: causales Letra a) “*Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas;*” Letra b) “*Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones*” Letra c) “*Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW*”

De acuerdo al actual desarrollo de la ingeniería y del avance del proyecto y, como resultado del análisis efectuado en el EAA, se concluye que el proyecto, puede generar y presentar los efectos, características o circunstancias descritos en los artículos del D.S. N° 95/01 números: 6° (efectos adversos significativos sobre la flora, fauna y suelo agrícola); 8° (reasantamiento de comunidades humanas y alteración significativa en sus sistemas de vida y costumbres.); 10° (alteración significativa del valor del paisaje y de la actividad turística); situación que conforme a lo dispuesto por el artículo 11 de la Ley N° 19.300, justifica su ingreso al SEIA a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Letra b) Letra c) “y Letra e)” *respectivamente*.

13.1.8 Costos ambientales

La estimación de los costos ambientales correspondientes a las medidas de manejo ambiental (mitigación, restauración y/o compensación), asociados a las etapas de construcción y operación del Proyecto, se realizaron a nivel de pre-factibilidad en base a juicio experto, con especial énfasis en los sitios de inundación.

Cabe señalar que los costos ambientales asociados a los sitios probables de emplazamiento del embalse, no incluyen los costos asociados a los aspectos legales y medidas asociadas al diseño de ingeniería,

Los valores indicados se basan en las medidas comunes y validadas en el SEIA asociadas a los impactos de: Suelo; Flora y Vegetación, Fauna terrestre, Flora y Fauna íctica; Medio Humano; Recursos Hídricos Superficiales; Ruido; Arqueología y Aspectos turísticos.

13.1.9 Recomendaciones y conclusiones EAA

Se recomienda en la medida de las posibilidades de la ingeniería, que la instalación de obras anexas como botaderos, empréstitos, instalaciones de faenas u otras, se realice al interior del área de inundación de modo de reducir las áreas de afectación del Proyecto. En el caso de que esto no sea posible, es necesario ampliar la línea de base a los sectores de intervención para estas obras anexas.

Se recomienda realizar el cálculo del caudal ecológico en base a una serie hidrológica (con datos de al menos 30 años y actualizado) y una modelación con la especie indicadora Carmelita (*Percilia gillissi*), listada en categoría de conservación En Peligro, según D.S. 51/2008 del MINSEGPRES, de modo de descartar o determinar la posible afectación del hábitat de dichas especies y acreditar el cumplimiento del caudal ecológico.

De acuerdo a los resultados de los estudios de línea de base, el emplazamiento de cualquiera de las alternativas de embalse no presenta restricciones ambientales absolutas para la ejecución de estas, sin embargo, se consideran medidas de diseño, mitigación, reparación y/o compensación, para los efectos ambientales identificados.

En el marco del SEIA el Proyecto debe ingresar al sistema como un EIA, de acuerdo al art.11 del reglamento de la Ley Base del Medio ambiente literales b, c, y d

13.1 ESTUDIO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Cabe indicar que inicialmente el proceso de PAC se realizaría en base a tres ciclos de reuniones, no obstante y según lo que se describe a continuación, este diseño inicial fue modificado en base a los resultados del primer ciclo de reuniones.

El objetivo propuesto para el proceso de Participación Ciudadana del proyecto fue: Integrar a los actores de la comunidad, autoridades y servicios relacionados al desarrollo del proyecto, ya sea a través de consultas, talleres de trabajo u otras actividades que permitirán, por una

parte, informarlos de los objetivos y avances del estudio y por otra, recoger información, inquietudes, intereses y opiniones, incorporándolas cuando sea técnica y económicamente factible.

De este modo en el marco del proyecto y en materia de PAC se realizaron: Un primer ciclo de reuniones de PAC en las comunas beneficiarias del proyecto, vale decir, Lautaro, Perquenco y Victoria; y también una reunión en la comuna en la que se emplazará el proyecto, Curacautín. Tras este primer ciclo de reuniones, se realizaron dos Mesas Técnicas de trabajo en la comuna de Curacautín. Esta modalidad que fue requerida por el Municipio y la comunidad, se desarrolló a fin de identificar potenciales oportunidades de mejora para el proyecto y beneficios para la comunidad residente del área de emplazamiento de este.

Sumado a lo anterior, se desarrollaron las gestiones orientadas a apoyar a la CNR en su participación tanto en la mesa técnica de cierre en Curacautín, como en el taller legal para asesorar a los beneficiarios del proyecto, y también los avances en materia de convocatoria para la reunión de cierre del proceso de PAC en las comunas beneficiarias.

Con el propósito de dar cierre a las actividades de la Mesa de trabajo y entregar los resultados de esta a la comunidad de Curacautín, se realizó una reunión abierta a la comunidad, el día 16 de enero de 20013. Durante el periodo previo a la fecha indicada, se realizaron las gestiones de coordinación y logística, orientadas hacia el desarrollo de esta actividad.

En el Anexo E.2 Participación Ciudadana 3866-0000-MS-PAC-008 se adjunta el informe completo.

A continuación se detallan las actividades desarrolladas en materia de Participación Ciudadana:

- Se realizaron confirmaciones telefónicas a las personas invitadas (usuarios y autoridades comunales) a las actividades: Taller Legal y PAC a desarrollar en la comuna de Victoria. Para esta actividad se programó la distribución de 250 invitaciones aproximadamente.
- El Taller Legal se realizó el 13 de diciembre a las 15:00 horas en el Salón auditorio del Centro Cultural de Perquenco. Se registró la asistencia de 41 personas, de las cuales 13 fueron mujeres y 28 hombres.
- Se realizó una reunión de Participación Ciudadana en la ciudad de Victoria, el 14 de Diciembre, a las 11 horas, en el Salón auditorio del Centro Cultural de Victoria. Se registró la asistencia de 86 personas, de las cuales 31 fueron mujeres y 55 hombres. Asistieron personas residentes en la comuna de Victoria, Lautaro y Perquenco.

Se define además que en la actividad programada en Curacautín se invitará a participar a potenciales beneficiados de las comunas de Victoria, Perquenco y Lautaro con el fin de que puedan dar cuenta de sus carencias de riego.

- Se realizó la actividad en la comuna de Curacautín el día miércoles 16 de enero a las 15:00 horas. Se realizó PAC tipo asamblea, cuya invitación fue abierta a la comunidad. Para la entrega de invitaciones se decidió convocar a los participantes de la primera reunión PAC realizada en el mes de Junio 2012, así como las personas que se sumaron a la Mesa de Trabajo. El proceso de convocatoria fue reforzado a través de los medios de comunicación radial de Curacautín.
- Se envió invitación a la reunión a través de correo electrónico, a los integrantes de la Mesa de Trabajo cuyo correo estaba registrado.

Tabla 13-5. Integrantes Mesa de Trabajo

Nombre	Organización	E-Mail
Aguilera Saavedra Vilma	Comité Ecológico Flor del Valle	vilmaaguilera@hotmail.com
Alvarado Washington	Bosque Modelo Araucarias de Alto Malleco	S/I
Brito Siade Millaray	Unión Comunal de Juntas de Vecinos	millaraybrito@yahoo.com
Bustos Sandoval Berta	Red Futuro Sustentable de Curacautín.	futurodecuracautin@gmail.com
Campos María Cristina	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.	S/I
Cayupan Catrin José	Junta de Vecinos Flor del Valle	S/I
Cepeda Lagos José Miguel	Cámara de Turismo	S/I
Cortes Castillo Ginette	Comité Ecológico Flor del Valle	ginettecc9@hotmail.com
Díaz Juanita	Club de Adulto Mayor de Rari Ruca	S/I
Dumoulin Pascal	PRODHOS, Asesorías y Proyectos Ltda.	pascalrodhos@gmail.com
Figueroa Lara Yamilet	Corporación El Trampolín	yfigueroa.lara@gmail.com
Flores Mondaca Abdis	Junta de Vecinos N° 12 de Rari Ruca	S/I
Herrera Yáñez Álvaro Miguel Guajardo	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.	S/I
Huenuhueque Cheuquepan Juan	Comunidad Indígena Corretue	S/I
Jofré Canobra Jenia	Comité Nac. pro de Fauna y Flora (Codeff)	jenyjofre@gmail.com
Leigh Etchegaray Roberto	Corporación de Des. Curacautín (Cordecu)	rleigh@123.cl
Martínez Valdebenito Carmen	Agrupación Cultural Huitralmapu	S/I
Navarrete Juan Carlos	Agrupación Cultural Tugün	S/I

Nombre	Organización	E-Mail
Palma Burgos Paulo	Obispado de Temuco (DAS)	paulopalmburgos@gmail.com
Palma Heber	Camara de Comercio	heberpalmaz@hotmail.com
Palma Rico Antonio	Sustenta Araucanía	sustentaraucania@gmail.com
Penning Nancy	Comité Ecológico Flor del Valle	S/I
Pérez Luis Armando	Cámara de Turismo de Curacautín	cab.bosquenativo@ctrnet.cl
Sepúlveda Penroz Marlene	Corporación El Trampolín	marlenesep@hotmail.com
Soto Alarcón Luis	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.	vivecuracautin@gmail.com
Tapia Juan Carlos	Junta de Vecinos N° 8 de Manzanar	juanta8@hotmail.com
Yáñez Sáez Jorge	Junta de Vecinos de Malalcahuello	jorge.yanez@gmail.com

- Adicionalmente a la distribución de las invitaciones, se realizaron gestiones con el fin de asegurar la asistencia de beneficiarios del potencial proyecto a la comuna de Curacautín el día 16 de Enero de 2013.
- Sumado a esto, se sostuvo una reunión de coordinación con el Asesor Comunicacional del SEREMI de Agricultura con el fin de coordinar acciones para la reunión de PAC en Curacautín.
- Se realizaron gestiones en terreno con el fin de obtener firmas para el convenio entre futuros regantes y CNR.

Cabe indicar que la nómina de personas convocadas a la reunión de PAC en la comuna de Curacautín, alcanza a 85 personas.

Tabla 13-6. Nómina de Personas Convocadas

N°	Nombre	Organización
1	Jorge Saquel Albarrán	Alcalde Curacautín
2	Manuel Sandoval	Concejal Curacautín
3	Verónica Motran	Concejal Curacautín
4	Sara Castillo	Concejal Curacautín
5	Saudiel Mora	Concejal Curacautín
6	Patricio Abarzúa	Concejal Curacautín
7	Miguel Toro	Concejal Curacautín
8	Millaray Brito Siade	Unión Comunal de Juntas de Vecinos
9	Abdis Flores Moncada	JJVV Rari Ruca
10	Juana Díaz Sandoval	JJVV Rari Ruca Adulto Mayor
11	María Cristina Urrutia	JJVV Rari Ruca Adulto Mayor

N°	Nombre	Organización
12	Samuel Guajardo Díaz	JJVV Rari Ruca Adulto Mayor
13	Ana María Navarrete	JJVV Rari Ruca Adulto Mayor
14	Viviana Cid Cajas	JJVV Rari Ruca
15	Alexa Urrutia Navarrete	JJVV Rari Ruca
16	Iris Roa Sanchez	JJVV Rari Ruca
17	Patricio Núñez	JJVV Rari Ruca
18	Idelena Alegría	JJVV Rari Ruca
19	Eleodoro Palma	JJVV Rari Ruca
20	Eleodoro Aburto	JJVV Rari Ruca
21	Juan Marcelo Beltrán Sandoval	JJ VV Rari Ruca
22	Eva Medina Cartes	JJVV Rari Ruca
23	Prosperina Zapara Zurita	APR Rari Ruca
24	Jorge Yañez Sáez	JJVV Malalcahuello
25	Gavino Ramírez	JJVV Malalcahuello
26	Pablo Royo	JJVV Malalcahuello y Camara de Turismo
27	Andrés Pagola	Comité de Adelanto Malalcahuello
28	Juan Carlos Tapia	JJVV Manzanar
29	Luis Parra Arias	JJVV Río Blanco Comité de APR
30	José Cayupan Catrin	JJVV Flor del Valle
31	Jorge San Martin	JJVV Flor del Valle
32	Leopoldo Neguier Mora	JJVV Flor del Valle
33	José Fdo. Riquelme Poblete	JJVV La Jaula
34	Nicolás Mogentale	Vecino de Terrazas. JJVV
35	Roberto Leigh Etchegaray	CORDECUR Curacautín
36	Jorge Vera Martínez	CORDECUR Curacautín
37	Marlene Sepúlveda Penroz	Corporación Trampolín
38	Yamilet Figueroa Parra	Corporación Trampolín
39	Carolina Rojas Betancourt	Corporación Trampolín
40	Ginette Cortes Castillo	Corporación El Trampolín
41	Pascal Domoulin	PRODHOS, Asesorías y Proyectos Ltda.
42	Nancy Pennings	Comité Ecológico Flor del Valle
43	Vilma Aguilera Saavedra	Comité Ecológico Flor del Valle
44	Juan Huenuhueque Cheuquepan	Lonco C.I Liempi Colipi
45	Samuel Cortes Labrin	Vecino Club Ciclismo Curacautín
46	Juan Traipi Huenucoy	Comunidad Indígena Rayen Lafquen
47	Manuel Chavarría	Comunidad Indígena Segundo Avendaño Curaqueo
48	Juan R. López López	Comunidad Indígena Quilape López
49	Alfredo Huilcaleo Zúñiga	Comunidad Indígena Folil Pehuenia
50	Juan Quidel Huilcal	Comunidad Indígena Ignacio Huaiquilao
51	Javier Cheuquepan López	Comunidad Indígena Huentecol Cheuquepan

N°	Nombre	Organización
52	Jacqueline Avendaño Valenzuela	Comunidad Indígena Jose Huaiquilao Echeverría
53	Jaime Ramírez López	Comunidad Indígena Coñibal Collan
54	Alicia Araneda Neculman	Comunidad Indígena Benancio Huenchupan
55	Olga Pereira Medina	Terrazas del Curacautín
56	Jenia Jofre Canobra	CODEFF
57	Miguel Guajardo	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.
58	Berta Bustos Sandoval	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.
59	Luis Antonio Soto Alarcón	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.
60	Ricardo Gutiérrez Segura	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.
61	Cristina Campos María	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.
62	Álvaro Herrera Yáñez	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.
63	Miguel Guajardo	Agrupación Ambientalista Vive Curacautín.
64	Andrea Saquel	Consejo Sociedad Civil COSOC
65	Carlos Montran	Camara de Turismo
66	José Miguel Cepeda Lagos	Camara de Turismo
67	Luis Armando Pérez	Camara de Turismo
68	Heber Palma	Camara de Comercio
69	Ignacio Vasquez M	Camara de Comercio
70	Ana María Astroza	Pequeño Agricultor
71	Washington Alvarado Toledo	Bosque Modelo Araucarias de Alto Malleco
72	Cristian Parra Oyarce	Bosque Modelo Araucarias de Alto Malleco
73	Diego González V.	Bosque Modelo Araucarias de Alto Malleco
74	Juan Cortes Gallardo	Presidente PRI Curacautín
75	Carlos Izquierdo	Vecino
76	Ramón Sandoval	Vecino
77	Paulo Palma Burgos	DAS Obispado de Temuco
78	Carmen Martínez Valdebenito	Agrupación Cultural Huitralmapu
79	Juan Carlos Navarrete	Agrupación Cultural Tugün
80	Antonio Palma Rico	Sustenta Araucanía
81	Raúl Valenzuela	Vecino Curacautín
82	Víctor Cabrera	Vecino Curacautín
83	José Benjamín Fernández	Vecino Curacautín
84	Mario Valladares	Vecino Curacautín
85	Carlota Zamora Aldayuz	Vive Curacautín JJVV Vecinos Curacautín sin Represas

13.2 TALLERES LEGALES

Se realizaron Talleres Legales con el fin brindar información y asesoría para constituir las Organizaciones de Usuarios de Agua que sean procedentes en el marco del proyecto. Lo anterior, con el objetivo de que los futuros regantes puedan ser titulares de Derechos de Aprovechamiento de Aguas entregados por la Comisión Nacional de Riego, de manera de beneficiarse con el proyecto.

Las personas naturales que firmaron el compromiso formal de futuros regantes, declararon lo siguiente:

- Están interesadas en que se desarrollen las etapas siguientes del proyecto del Embalse de Riego en la Cuenca del Río Cautín.
- En el marco del estudio de prefactibilidad del Proyecto “Mejoramiento del Riego en la Cuenca del Río Cautín en Curacautín, Región de la Araucanía”, han recibido la información necesaria para poder constituirse como Organización de Usuarios de Agua que corresponda.
- Una vez que se haya iniciado la construcción de las obras del embalse en el río Cautín, se comprometen a realizar las gestiones necesarias para constituirse como Organización de Usuarios de Agua que corresponda.
- Se entenderá cumplido el compromiso contenido en este acto, una vez que conste la los futuros regantes aprueben sus Estatutos, para el caso de las constituciones extrajudiciales; o bien cuando se haya iniciado el procedimiento judicial respectivo, para el caso de la constitución de comunidad por la vía judicial.

La Comisión Nacional de Riego asumió el compromiso de prestar apoyo técnico a los regantes individualizados precedentemente con el objeto de ayudarlos en los trámites previos a la constitución de la organización de regantes que se comprometen en constituir y darles apoyo legal en los procesos de regularización de derechos de agua.

En el Anexo E.3 se adjunta el “Acta de Acuerdos: Entre Futuros Regantes Embalse Río Cautín y Comisión Nacional de Riego (CNR)”.

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo al proyecto realizado de “Mejoramiento del Riego en la Cuenca del Río Cautín en Curacautín Región de la Araucanía”, es posible plantear las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Las áreas en estudio, cuentan con recursos de suelo y clima, particularmente apropiados para el desarrollo de una agricultura de mediana intensidad basada en la explotación de frutales de hoja caduca, vides viníferas, chacras, hortalizas, cereales y ganadería bovina.
- Se puede concluir que el área de estudio está conformado por un 61% de agricultores de la etnia mapuche y un 39% no mapuche. En relación a la superficie beneficiada, un 19,3% está en poder de mapuches y un 80,7% en el resto de agricultores.
- En cuanto al nivel técnico, se puede deducir que un 64,9% de los agricultores tienen en la actualidad un nivel bajo y un 35,1% nivel medio a alto. En relación a la superficie por nivel, el 71,3% está en manos de niveles medios y altos. No obstante, el 64,9% de los beneficiarios son de nivel técnico bajo, las posibilidades de desarrollo se pueden potenciar al mejorar la baja seguridad de riego y pasar de una condición de secano a riego, apoyados además por un fuerte programa de Transferencia Tecnológica y Asistencia Técnica.
- Se analizaron siete alternativas de sitios de embalse en la cuenca del río Cautín, aguas arriba del proyecto Canal Matriz Victoria cuya bocatoma se ubica en la cota 397 msnm. Además se buscó equilibrar la cantidad de alternativas por sector, seleccionando tres alternativas en un sector bajo: Embalse Rari Ruca, Embalse Cautín, y Embalse La Mula, cercano al punto de captación de derechos de agua y otras cuatro alternativas en puntos altos para operar como embalses de cabecera: Embalse Manzanar, Embalse Malalcahuello, Embalse Dillo y Embalse Blanco.
- La evaluación de las siete alternativas de embalse se realizó mediante la utilización de una matriz de evaluación que engloba aspectos de tipo técnico-económicos, ambientales y administrativo-legales. A partir de lo anterior, se definió que las alternativas de embalse La Mula y Malalcahuello seguirían adelante con los estudios de prefactibilidad.
- La situación con proyecto permitirá mejorar las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, permitiendo pasar de una superficie de secano de 42.274 ha, a una superficie de riego de 32.204 ha considerando la alternativa La Mula y de 22.326 ha considerando la alternativa Malalcahuello, ambos con una seguridad de riego 85%. Esta situación, apoyada por un programa de asistencia técnica y capacitación, permitirá a los beneficiarios aumentar la potencialidad productiva de sus predios, mejorando el nivel tecnológico y, por consiguiente, la rentabilidad de los rubros.
- El proyecto de la red de canales, conformado por el Canal Matriz Victoria de 52 km de longitud y los 12 derivados principales, contempla un caudal de riego en la bocatoma del canal matriz de 26 m³/s en el caso de La Mula y de 18 m³/s en el caso de Malalcahuello.

- Se consideraron muros de enrocado del tipo CFRD con el fin de optimizar los recursos de materiales y así obtener un menor costo. El muro de La Mula resultó de 1.344 m de largo y 62 m de altura, permitiendo almacenar un volumen total de 142 hm³. Por otro lado el muro de Malalcahuello resultó en 707 m de longitud y 132 m de altura, permitiendo un volumen de almacenamiento total de 138 hm³.
- Debido a las limitaciones propias de un estudio de prefactibilidad, por el que las prospecciones realizadas son igualmente limitadas, existen dificultades para asegurar la factibilidad en la obtención de los materiales que se harán necesarios para la construcción del muro proyectado en la alternativa Malalcahuello sin incrementar considerablemente los costos asociados. Además debe señalarse que, los yacimientos localizados que se ubican fuera de la zona inundada, requerirán, en posteriores fases de proyecto, estudios ambientales adicionales.
- Las inversiones necesarias para materializar el proyecto de embalse de La Mula en forma integral, ascienden a MM\$ 223.643. De la cifra antes señalada la inversión asociada a las obras de embalse equivalen a MM\$ 100.319 y a las obras de canales a MM\$ 109.734, es decir un 45% y 49% de la inversión total respectivamente. El valor restante corresponde a las expropiaciones y compensaciones ambientales. Las cifras anteriores no tienen considerado el IVA.
- Para la alternativa de embalse Malalcahuello las inversiones necesarias son de MM\$ 316.647. La inversión asociada a las obras de embalse equivalen a MM\$ 239.501 y a MM\$ 69.863 para las obras de canales, es decir un 76% y 22% de la inversión total respectivamente. La cifra restante corresponde a las expropiaciones y compensaciones ambientales. Las cifras anteriores no tienen considerado el IVA.
- Conforme a las recomendaciones de MIDESO (Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación económica se realizó para una tasa de descuento de 6%. De acuerdo con lo señalado, los indicadores económicos de las alternativas corresponden a un VAN de MM\$ 333.183 y una TIR de 12,4% para la alternativa de La Mula y una VAN de MM\$ 72.339 y una TIR de 7,4% para la alternativa de Malalcahuello. Por lo tanto ambas alternativas de embalse son conveniente desde el punto de vista social.
- Se evaluó además el embalse como uso multipropósito considerando turismo e hidrogeneración además de riego. Los indicadores económicos corresponden a una VAN de MM\$ 377.146 y una TIR de 12,6% para la alternativa de La Mula y una VAN de MM\$ 76.095 y una TIR de 7,3% en el caso de Malalcahuello. Esto representa un aumento en la rentabilidad del proyecto de riego de 13,2% y 5,2% para las alternativas de La Mula y Malalcahuello respectivamente.
- En la actualidad el requerimiento de mano de obra permanente en el área de estudio asciende a 57,6 personas, considerando que cada obrero trabaja 24 días al mes. Entretanto, para la situación con proyecto, este tipo de empleo asciende a 998.554,5 jornadas totales anuales, lo que equivale a 3.467,2 personas mensuales. De esta manera, se deduce que por efectos de la ejecución del presente proyecto, hacia el año 2030, los puestos de trabajo permanente se incrementarían en más de sesenta veces, evolución que corresponde a 3.409,6 unidades de nuevas plazas de colocación.

- Al comparar la población residente disponible para desempeñarse en el sector agrícola en el año 2030, equivalente a 7.354 personas, se concluye que ésta satisface plenamente los requerimientos de mano de obra permanente en la plena madurez del proyecto.
- La rentabilidad por hectárea regada incrementa del orden del 628,2% desde la situación futura en relación a la rentabilidad de la situación actual.
- En cuanto al ingreso per cápita asignable al sector agropecuario para la situación con proyecto se prevé un incremento en 742,9% respecto a la situación actual.
- La generación de exportaciones en la situación actual es nula debido a que solo se considera para efectos del proyecto el área actual de secano. Según lo anterior con la construcción de obras recién se comenzaría con la actividad exportable de la zona beneficiada.
- Desde el punto de vista de generación de impuestos producto de la construcción de obras, ésta se incrementa en un 988,4% al pasar de MM\$ 773,7 en situación actual a más de MM\$ 8.421,2 en la situación futura.
- Solo una parte de los Predios Promedio no tiene la capacidad suficiente para el pago de las obras. De esta manera en la Alternativa La Mula el otorgamiento de subsidios por parte del Estado es necesario, calculándose un subsidio ponderado anual de \$3.395.154 por predio y cuya suma de montos alcanza apenas al 1,2% del total de costos de obras de riego. Para la Alternativa Malalcahuello también es necesario el otorgamiento de subsidios por parte del Estado, calculándose un subsidio ponderado anual de \$248.440 por predio y cuya suma de montos alcanza al 7,2% del total de costos de obras de riego.
- De acuerdo a los resultados de los estudios de línea de base, el emplazamiento de cualquiera de las alternativas de embalse no presenta restricciones ambientales absolutas para la ejecución de éstas, sin embargo, se deben considerar medidas de diseño, mitigación, reparación y/o compensación para los efectos ambientales identificados en el Estudio de Análisis Ambiental.
- Se concluye además del Estudio de Análisis Ambiental (EAA) que el proyecto de acuerdo al actual desarrollo de la ingeniería y avance del Proyecto y, como resultado del análisis efectuado en el EAA, puede generar y presentar los efectos, características o circunstancias descritos en los artículos del D.S. N° 95/01 números: 6° (efectos adversos significativos sobre la flora, fauna y suelo agrícola); 8° (reasentamiento de comunidades humanas y alteración significativa en sus sistemas de vida y costumbres.); 10° (alteración significativa del valor del paisaje y de la actividad turística); situación que conforme a lo dispuesto por el artículo 11 de la Ley N° 19.300 justifica su ingreso al SEIA a través de un Estudio de Impacto Ambiental.
- De este modo en el marco del proyecto y en materia de Participación Ciudadana se realizaron: Un primer ciclo de reuniones de Participación Ciudadana en las comunas beneficiarias del proyecto, vale decir, Lautaro, Perquenco y Victoria; y también una reunión en la comuna en la que se emplazará el proyecto, Curacautín. Tras este primer ciclo de reuniones, se realizaron dos Mesas Técnicas de trabajo en la comuna de

Curacautín. Esta modalidad que fue requerida por el Municipio y la comunidad, se desarrolló a fin de identificar potenciales oportunidades de mejora para el proyecto y beneficios para la comunidad residente del área de emplazamiento de este.

- Se realizaron Talleres Legales con el fin brindar información y asesoría para constituir las Organizaciones de Usuarios de Agua que sean procedentes en el marco del proyecto. Lo anterior, con el objetivo de que los futuros regantes puedan ser titulares de Derechos de Aprovechamiento de Aguas entregados por la Comisión Nacional de Riego, de manera de beneficiarse con el proyecto.
- Las personas naturales que firmaron el compromiso formal de futuros regantes, declararon lo siguiente:
 - a) Están interesadas en que se desarrollen las etapas siguientes del proyecto del Embalse de Riego en la Cuenca del Río Cautín.
 - b) En el marco del estudio de prefactibilidad del Proyecto “Mejoramiento del Riego en la Cuenca del Río Cautín en Curacautín, Región de la Araucanía”, han recibido la información necesaria para poder constituirse como Organización de Usuarios de Agua que corresponda.
 - c) Una vez que se haya iniciado la construcción de las obras del embalse en el río Cautín, se comprometen a realizar las gestiones necesarias para constituirse como Organización de Usuarios de Agua que corresponda.
 - d) Se entenderá cumplido el compromiso formal, una vez que conste los futuros regantes aprueben sus Estatutos, para el caso de las constituciones extrajudiciales; o bien cuando se haya iniciado el procedimiento judicial respectivo, para el caso de la constitución de comunidad por la vía judicial.

Por último la Comisión Nacional de Riego asumió el compromiso de prestar apoyo técnico a los regantes individualizados precedentemente con el objeto de ayudarlos en los trámites previos a la constitución de la organización de regantes que se comprometen en constituir y darles apoyo legal en los procesos de regularización de derechos de agua.

LISTADO DE PROFESIONALES

LISTADO DE PROFESIONALES

A continuación se señala a los profesionales que participaron en el desarrollo, preparación y elaboración del presente ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MEJORAMIENTO DEL RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO CAUTÍN, EN CURACAUTÍN, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA.

ESPECIALIDAD	PROFESIONALES	FIRMAS
Administración y Revisión Técnica	ALVARO GOMEZ	
	DAVID GONZALEZ	
	JOSE MONARES	
	IGNACIO DESPOUY	
Modelo de Simulación, Hidrología, Hidráulica, Pre-diseño de Obras y Evaluación Económica	ESTEBAN BALLESTER	
	RODRIGO SUAREZ	
	SANDRA PEREZ	
	RODRIGO ITURRA	
	DANIELA RADDATZ	
	LEONEL BARRA	
	CRISTINA GONZALEZ	

ESPECIALIDAD	PROFESIONALES	FIRMAS
	HUMBERTO ZAVALA	
Hidro-generación	ALVARO GOMEZ	
	PAOLO ZUNIGA	
Geología y Geotecnia	PABLO TALLONI	
	MERCEDES SANCHEZ	
	PABLO GONZALEZ	
	JAVIER UBILLA	
	JOSE LAGOS	
	ALFREDO MORALES	
Participación Ciudadana	PATRICIA VARGAS	
	JESSICA REBOLLEDO	
	RICARDO IBARRA	
Estudio Ambiental	PAULA ORTIZ	

ESPECIALIDAD	PROFESIONALES	FIRMAS
	VERONICA PALAVICCINO	
	ALEJANDRA CHAPARRO	
Agroeconomía	PATRICIO MURUA	
	ELIANA AMESTI	
	PEDRO PABLO AMESTI	
Taller Legal	XIMENA CONTRERAS	
Topografía	MIGUEL ANGEL DIAZ	
	HECTOR DIAZ	
	VICTORIA VAZQUEZ	
	TERESA SAGREDO	
Taller de Dibujo	LUIS EYRAUD	
Control de Proyectos y Edición	ANDRES RUZ	
	MILTON ESPINACE	