



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

“CONSTRUCCIÓN EMBALSE EN ESTERO PUQUIÑE (LR-101-03)”

DICIEMBRE - 2012



Comisión Nacional de Riego
División de Estudios y Desarrollo



Acápite	Descripción	#
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
2.1.	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS	3
3.	DIAGNÓSTICO	3
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	6
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	7
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	9
3.5.1.	Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa	9
3.5.2.	Caracterización Geológica del Sitio	10
3.5.3.	Aspectos Geotécnicos	15
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	15
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	15
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	16
3.6.3.	Demandas de Agua	17
3.7.	BALANCE HÍDRICO	18
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO	19
4.1.	OBRAS CIVILES	19
4.1.1.	Embalse de Regulación	19
4.1.2.	Sistema de Distribución	24
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	26
5.	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS	27
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	27
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	28
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	29
5.4.	EXPROPIACIONES	30
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	30
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	33
6.1.	GENERALIDADES	33
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	33
6.3.	BENEFICIOS	34
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	34
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	43
6.4.	COSTOS	43
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	43
6.4.2.	Costos Obras Civiles	45
6.4.3.	Costo MCH	45
6.4.4.	Costos Ambientales	45
6.5.	RESULTADOS	45



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

46

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica



1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado “**Construcción Embalse en Estero Puquiñe**”; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del estero Puquiñe comuna de Lanco, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del estero Puquiñe actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría, no se encuentran regulados. Esta situación ha impedido que la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como “Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Estero Puquiñe.

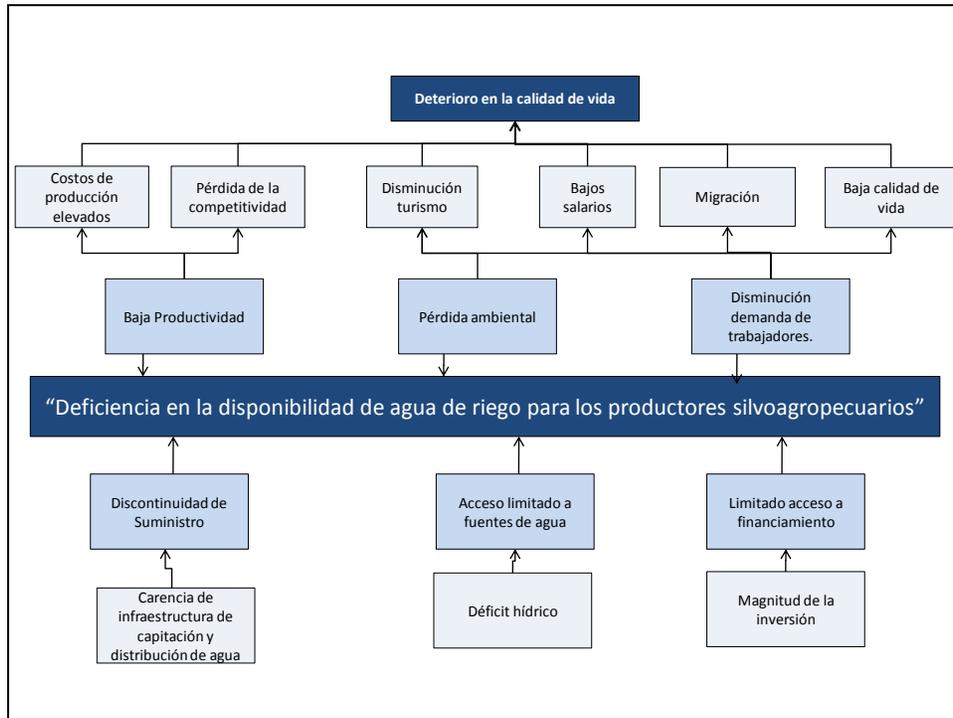
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del estero Puquiñe, existen 33.400 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían sobre 7.700 ha potenciales de frutales, 23.400 ha potenciales de praderas, y cerca de 2.300 ha potenciales de cultivos anuales. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de “Árbol de Problemas” que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

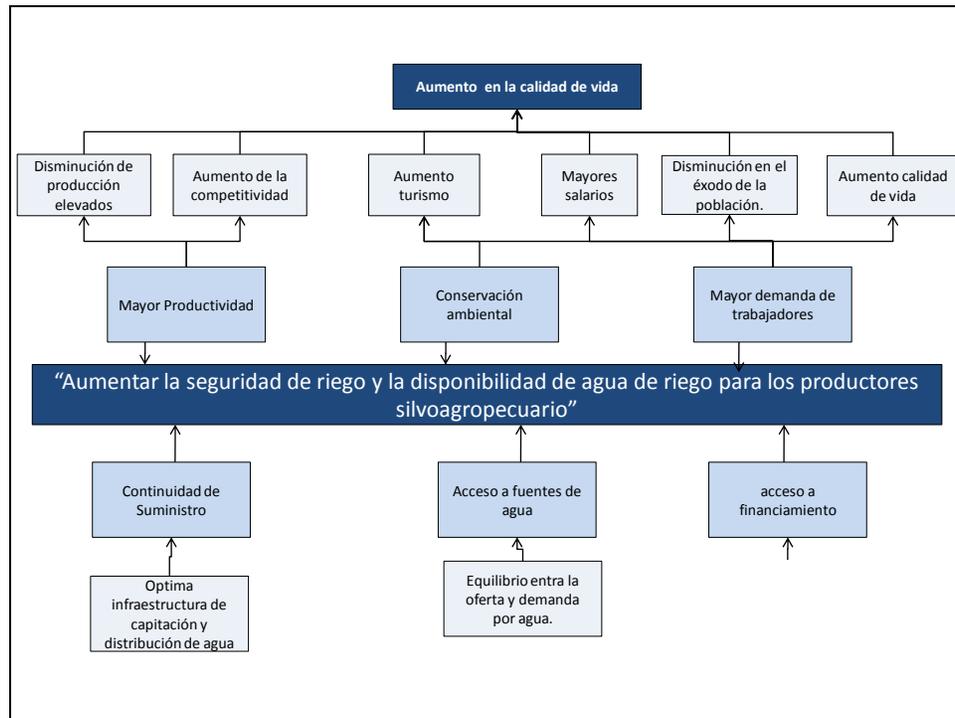


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el “Problema” en “Objetivo”, los “Efectos” en “Medios” y las “Causas” en “Fines”, obteniendo el “Árbol de Objetivos” que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Evaluación de la superficie regable utilizando sólo los recursos disponibles a nivel de derechos de agua, es decir, recursos disponibles en los meses de Junio a Septiembre, captando a lo más un 50% del caudal medio disponible en ese periodo.
- Alternativa 2: Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible. El análisis se complementa considerando 3 volúmenes de embalse.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica del río Valdivia, en la provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, Chile central (5.627.441 N, 707.985 E) la que se caracteriza por poseer una cadena de lagos en la parte alta dispuesta en serie. La superficie de la cuenca



perteneciente a la provincia corresponde a 8.715 km². En menor superficie se encuentran otras 2 cuencas con 764 km² (DGA, 2004a) y 627 km² (DGA, 2004b).

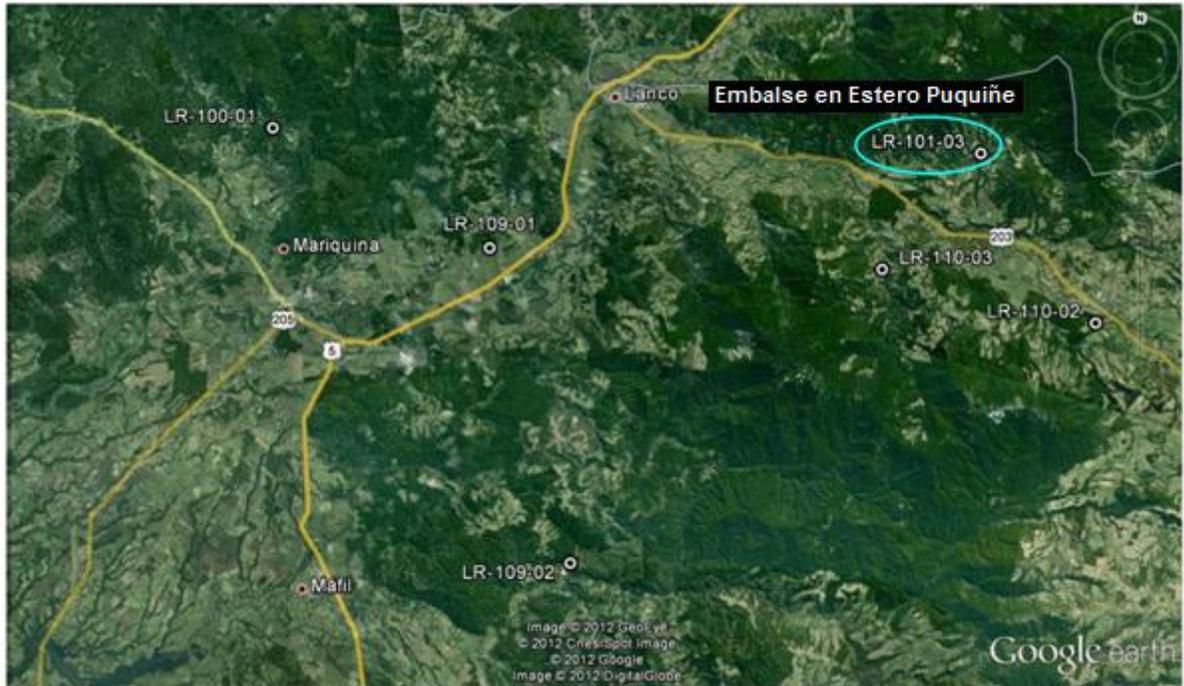
La provincia de Valdivia, se caracteriza por poseer un Clima Marino Cálido en la zona occidental, con un promedio de mínimas absolutas entre -2,5 y 7°C, presentándose un promedio de mínimas diarias del mes más frío, superior a 8°C y un promedio de máximas diarias, del mes más frío, entre 10° y 21°C; y un Clima Mediterráneo Frío, con una temperatura mínima absoluta media, del mes más frío, que oscila entre los -10 y 2,5°C, una mínima diaria promedio del mes más frío mayor a 4°C , una máxima diaria promedio del mes más frío superior a 10°C, y en las zonas altas de la Cordillera de Los Andes, las temperaturas más bajas del mes más frío oscilan entre 29°C y -10°C y una máxima diaria promedio del mes más frío superior a 5°C. Durante el periodo de verano las máximas medias pueden alcanzar los 17°C (INIA, 1989). Se encuentra presente el Agroclima Valdivia en el que su régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 2.532 mm. La Evapotranspiración de bandeja llega a 807 mm. anuales con un máximo en enero de 152 mm y un mínimo mensual en junio de 11 mm. Existen sólo dos meses no húmedos, enero y febrero, ausentándose la estación seca. También se destaca el Agroclima Lagos, rodeado de cuerpos lacustres como el Calafquén y Riñihue, produciendo un efecto que disminuye la exposición a heladas en sus inmediaciones (INIA, 1989).

La precipitación anual en la provincia es superior a los 1.500 mm en la mayor parte de sus comunas, registrando en la ciudad de Valdivia 2307 mm anuales y en zonas cordilleranas se superan los 4.000 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

La zona de riego se encuentra inmediatamente hacia aguas abajo de la obra, comprendiendo localidades como Lumaco, Puquiñe y Quilche. Corresponde a terrenos planos, actualmente la mayoría de ellos con empastadas, y algunos paños cultivados, existiendo también una gran cantidad de invernaderos. (Figura 3.1-1).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

VISTA GENERAL



VISTA LOCAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obra de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondo del embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima posible de riego para la obra en cuestión corresponde a 33.400 ha. En el Anexo A se presenta un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Lanco y está compuesta por un total de 15.107 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Ríos	453.549	50%	50%
Provincia de Valdivia	356.396	50%	50%
Comuna de Lanco	15.107	49%	51%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 69% de la población vive en la ciudad y el 31% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Lanco, considerando los indigentes y no indigentes, es de un 18,26 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO 3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	94.072	28.316	122.388
%	76,86	23,14	100,00

Fuente:Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009¹, información a nivel regional

CUADRO 3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Lanco	Región	País
Pobre Indigente	1.180	734	500	3,04	6,11	3,74
Pobre no Indigente	4.118	2.774	2.502	15,22	14,33	11,38
No Pobre	9.805	11.696	13.437	81,74	79,56	84,88
Total	15.103	15.204	16.439	100	100	100

Fuente:Encuesta CASEN 2003, 2006, y 2009

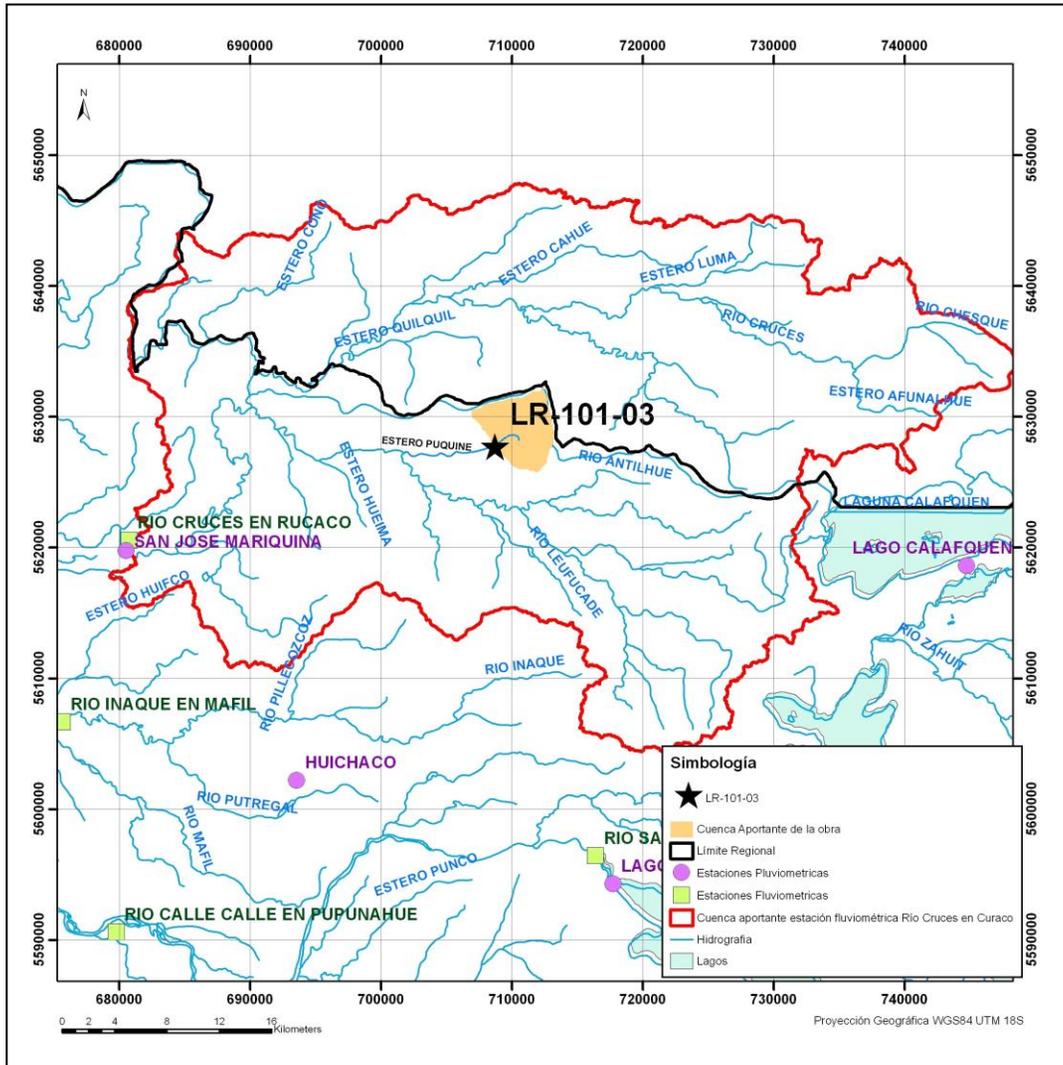
3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es nival con una precipitación media de 1.770 mm y un caudal medio de 1 m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica San José de la Mariquina. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía, dado el tamaño reducido de la cuenca, por lo que no aconseja usar las mediciones pluviométricas de la estación Río Cruces en Curaco para transposición de caudales. En la Figura 3.4-1 se muestra la ubicación de la cuenca bajo análisis y las estaciones de control cercanas. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B.

Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

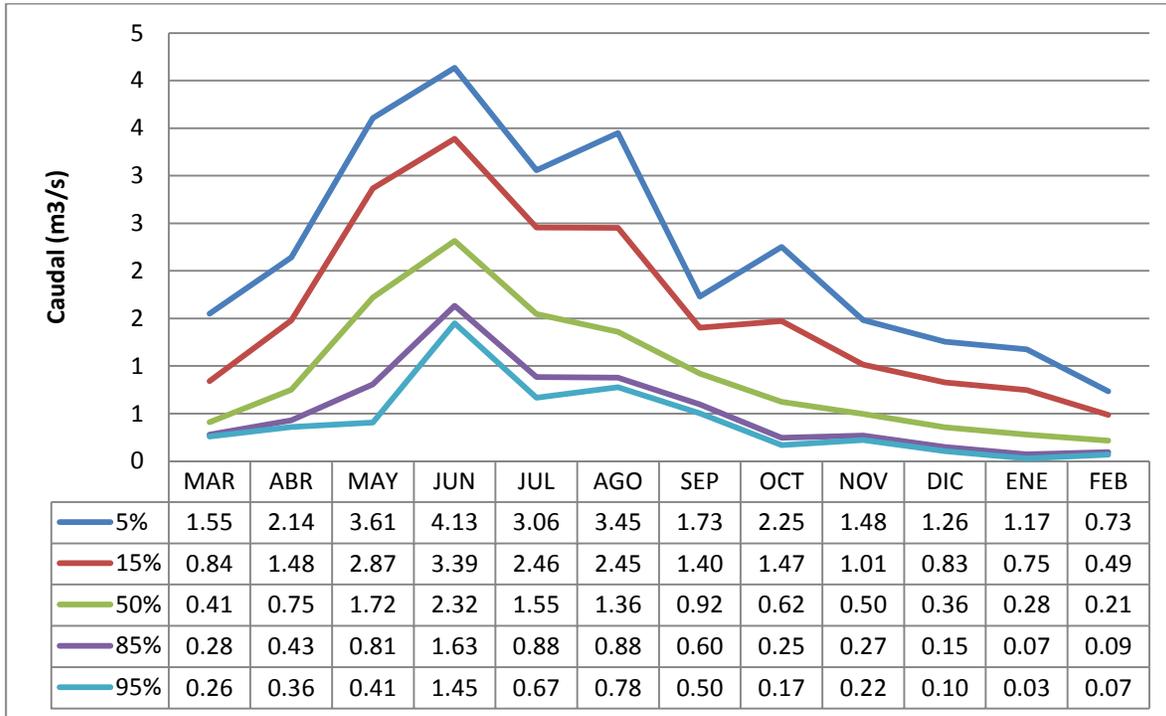
¹CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social.

FIGURA 3.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia usando

FIGURA 3.4-2
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTERO PUQUIÑE



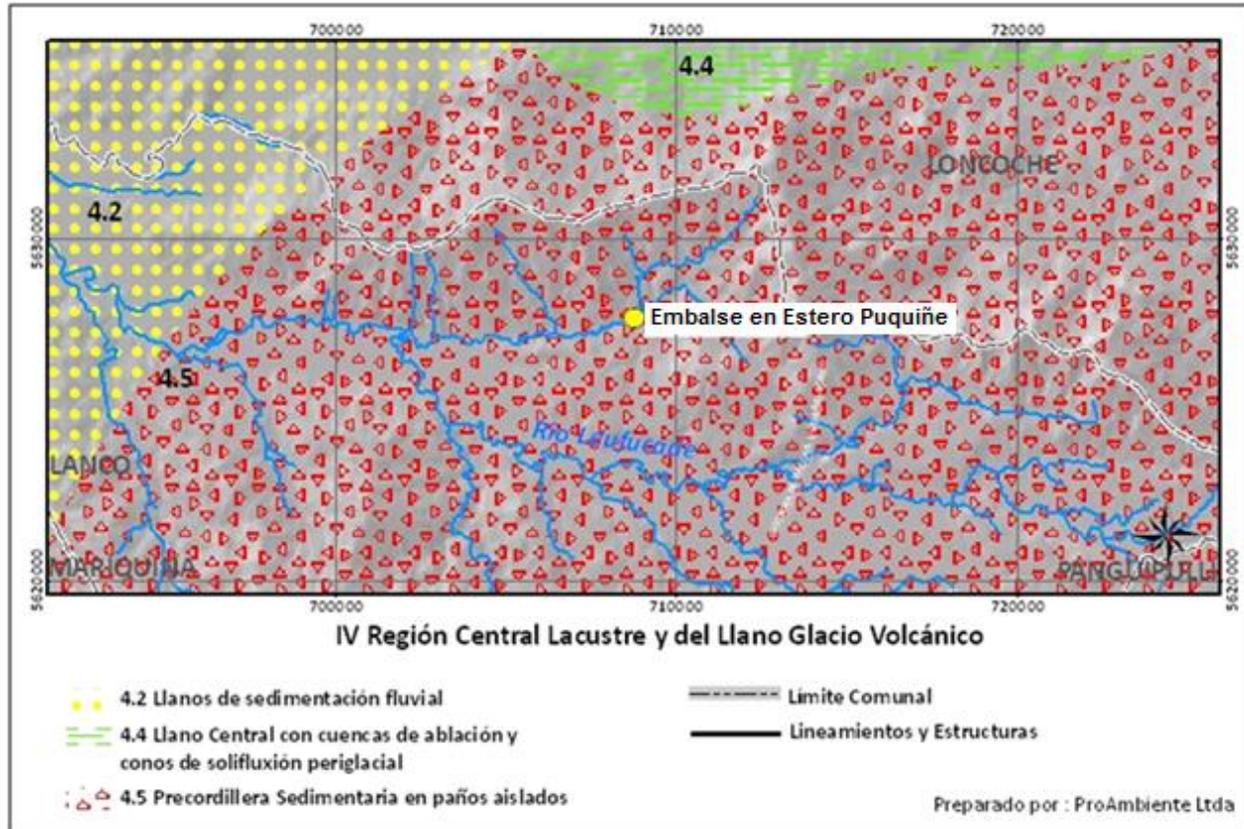
Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

El sitio pertenece a la unidad 4.5 de la Precordillera sedimentaria en paños aislados. Prevalecen formas de acumulación de origen fluvial, glacial y volcánico sobre un basamento de rocas metamórficas. Las formas del relieve predominante son lomajes de gran curvatura externa, con procesos erosivos lineales en su periferia causada por el escurrimiento de quebradas y arroyos. Terrazas y planicies de dimensiones variadas se asocian a los sistemas de drenaje principal. Patrón estructural regional dominante NS, N30E y N60W. Foliación penetrativa N30E. En la Figura 3.5.1-1 se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

FIGURA 3.5.1-1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL

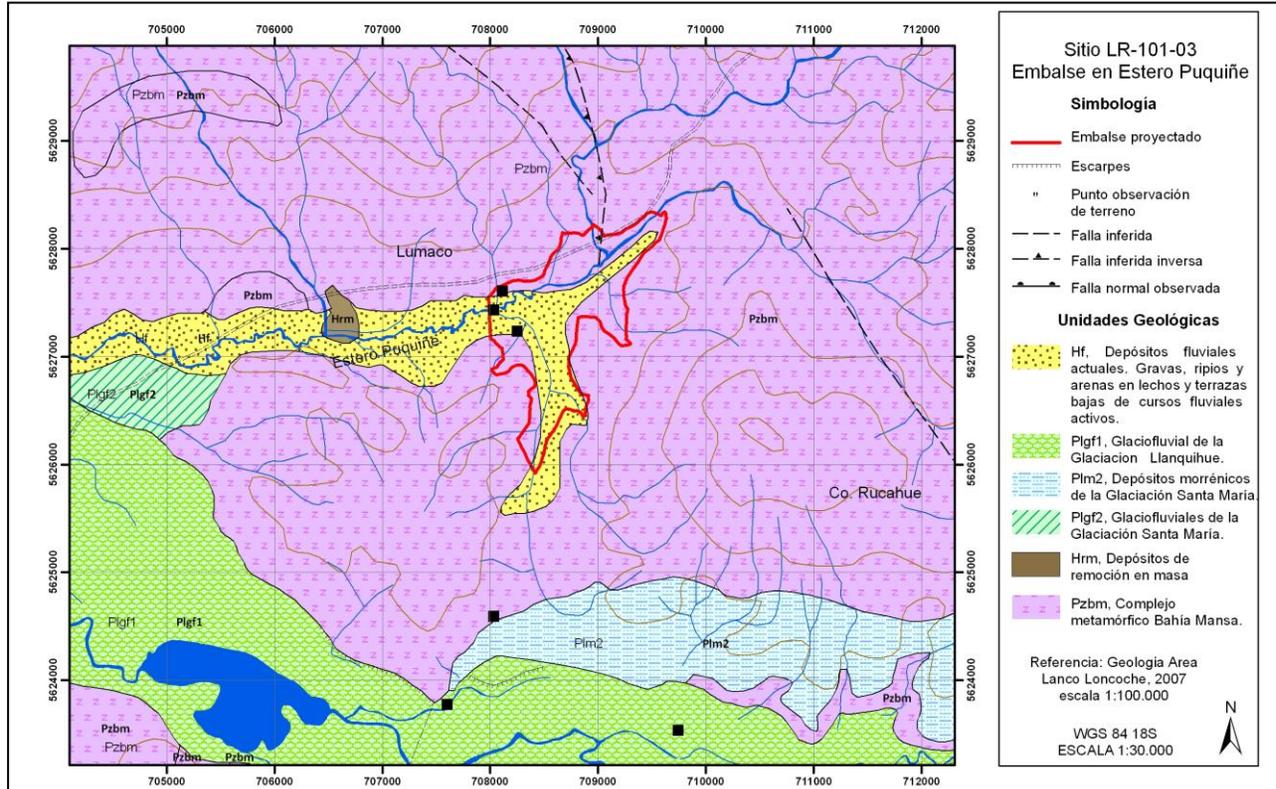


Fuente: Proambiente (2012)

3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Gravas y arenas fluviales recientes (Hf) de moderada a buena selección y redondeamiento. Definen nivel aterrazado asimétrico con respecto al curso actual del estero, siendo mayor su extensión hacia ladera sur. Su potencia varía entre 5 a 2 m. Sobreyacen a rocas pertenecientes al Complejo Metamórfico de Bahía Mansa (PzTrbm), consistentes en esquistos micáceos y esquistos con núcleos de cuarzo lechoso, reconocibles en cortes de camino. Ambos estribos se apoyarían en esta unidad metamórfica. En el estribo derecho (norte) la roca se presenta blanda deleznable con núcleos de roca sanos y cubierta de suelos residuales pardo rojizos. Estribo izquierdo (sur) esquistos cuarcíferos con foliación penetrativa N30E, roca dura. En la Figura 3.5.2-1 se presenta una figura con unidad geológica del sitio, y en la Figura 3.5.2-2 un álbum fotográfico.

FIGURA 3.5.2-1 GEOLOGÍA DEL SITIO



Fuente: Carta Geológica SERNAGEOMIN

FIGURA 3.5-2-2 ALBUM FOTOGRÁFICO

Rocas metamórficas esquistos micáceos con núcleos de cuarzo. En corte de camino aparece como roca blanda excavable mecánicamente con desarrollo de suelos residuales arcillosos pardo rojizos.

Rocas metamórfica cuarcífera con núcleos de cuarzo. Ladera derecha, aguas arriba muro



FIGURA 3.5-2-2 ALBUM FOTOGRÁFICO

Rx metamórficas en ambos lados del muro. Mejor calidad geotécnica en apoyo sur.N30E/10S(foliación penetrativa)



Ladera derecha: talud de camino muestra núcleos de rocas metamórficas menos descompuestas inmersos en sectores arcillosos deleznales



FIGURA 3.5-2-2 ALBUM FOTOGRÁFICO

<p>Detalle de suelos residuales arcillosos micáceos derivados de la descomposición de las rocas metamórficas basales. Blandos, deleznales</p>	
<p>Vista estero en puente con talud < 5m de altura y explanada occidental</p>	

Fuente: Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

En gran parte las rocas y sedimentos son excavables mecánicamente. Sistema de foliación N30E penetrativa, define roca de moderada dureza (GSI); Arenas y gravas recientes de buena permeabilidad.

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de “sin” y “con” Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 1LR, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 33.400 ha, dentro de una envolvente de 91,7 ha..

CUADRO 3.6.1-1 USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	0.9	48.9
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.8	42.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.2	9.1
SUBTOTAL RIEGO	1.8	100.0
SECANO		
Frutales y viveros	2.0	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	167.8	25.5
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	2.6	0.4
Cereales y barbecho	5.9	0.9
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	476.5	72.4
Forrajeras anuales	3.3	0.5
SUBTOTAL SECANO	658.2	100.0
Subtotal Riego	1.8	0.2
Subtotal Secano	658.2	87.6
Infraestructura y Terrenos Estériles	91.7	12.2
TOTAL	751.7	100.0

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura o Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse, y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápito 2.5, se analiza una situación en la que se considera la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 4 casos, se analiza una superficie máxima de 33.400 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinaron los siguientes resultados:

- Escenario 1: Considerando las restricciones de los derechos de aguas: en este caso se podrían regar 320 ha con un embalse de tamaño 3,0 hm³.
- Escenario 2: Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 3,0; 3,6 y 6,2 hm³, los que permiten el riego de 500, 580 y 660 ha, respectivamente.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO
ALTERNATIVAS CON Y SIN RESTRICCIÓN
DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Ítem	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO								
Frutales y viveros	160	50.0	250.0	50.0	290.0	50.0	330.0	50.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	121.6	38.0	190.0	38.0	220.4	38.0	250.8	38.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	38.4	12.0	60.0	12.0	69.6	12.0	79.2	12.0
SUBTOTAL RIEGO	320.0	100.0	500.0	100.0	580.0	100.0	660.0	100.0
SECANO								
Frutales y viveros	1.0	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3	0.0	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	86.7	25.5	40.8	25.5	20.4	25.5	0.0	25.5
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1.4	0.4	0.6	0.4	0.3	0.4	0.0	0.4
Cereales y barbecho	3.1	0.9	1.4	0.9	0.7	0.9	0.0	0.9
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	246.2	72.4	115.8	72.4	57.9	72.4	0.0	72.4
Forrajeras anuales	1.7	0.5	0.8	0.5	0.4	0.5	0.0	0.5
SUBTOTAL SECANO	340.0	100.0	160.0	100.0	80.0	100.0	0.0	100.0
Subtotal Riego	320.0	42.6	500.0	66.5	580.0	77.2	660.0	87.8
Subtotal Secano	340.0	45.2	160.0	21.3	80.0	10.6	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	91.7	12.2	91.7	12.2	91.7	12.2	91.7	12.2
TOTAL	751.7	100.0	751.7	100.0	751.7	100.0	751.7	100.0

Fuente: Ver Anexo C y D

Tal como se indicó anteriormente, a este nivel de perfil, no se presenta la desagregación de las superficies a nivel de estratos dado el nivel preliminar de la información.

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1 TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA(m³/ha/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	403,6	1.636,8	1.954,3	342,6	0,0	4.337,3
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	414,4	1.686,8	1.992,6	325,6	0,0	4.419,4

Fuente: Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{\text{afluente}} \cdot \Delta t = Q_{\text{entregado}} \cdot \Delta t + Q_{\text{salida}} \cdot \Delta t + Q_{\text{evaporado}} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

Q_{afluente}	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m ³ /s)
$Q_{\text{entregado}}$	Caudal entregado para riego (m ³ /s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m ³ /s)
$Q_{\text{evaporado}}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m ³ /s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m ³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m ³)

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,\text{posible}} = V_1 + Q_{\text{afluente}} \cdot \Delta t - Q_{\text{evaporado}} \cdot \Delta t - Q_{\text{entregado}} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,\text{posible}}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{\text{entregado}} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{\text{afluente}} \cdot \Delta t - Q_{\text{evaporado}} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{\text{salida}} = 0$$

(4)

$$V_2 = V_{\text{mínimo embalse}}$$

Cuando $V_{2,\text{posible}}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{\text{entregado}} = Q_{\text{demandado}}$$

$$Q_{\text{salida}} = \begin{cases} 0 & V_{2,\text{posible}} < V_{\text{máximo}} \\ \frac{V_{2,\text{posible}} - V_{\text{máximo}}}{\Delta t} & V_{2,\text{posible}} > V_{\text{máximo}} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,\text{posible}} & V_{2,\text{posible}} < V_{\text{máximo}} \\ V_{\text{máximo}} & V_{2,\text{posible}} > V_{\text{máximo}} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.
5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1. OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

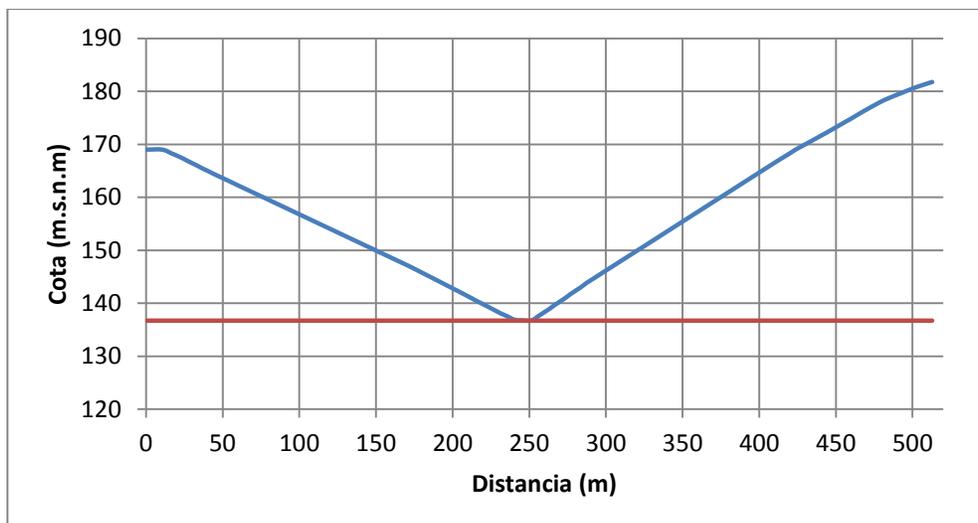
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.6.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 3,0; 3,6 y 4,2 hm³.

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

**FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA**



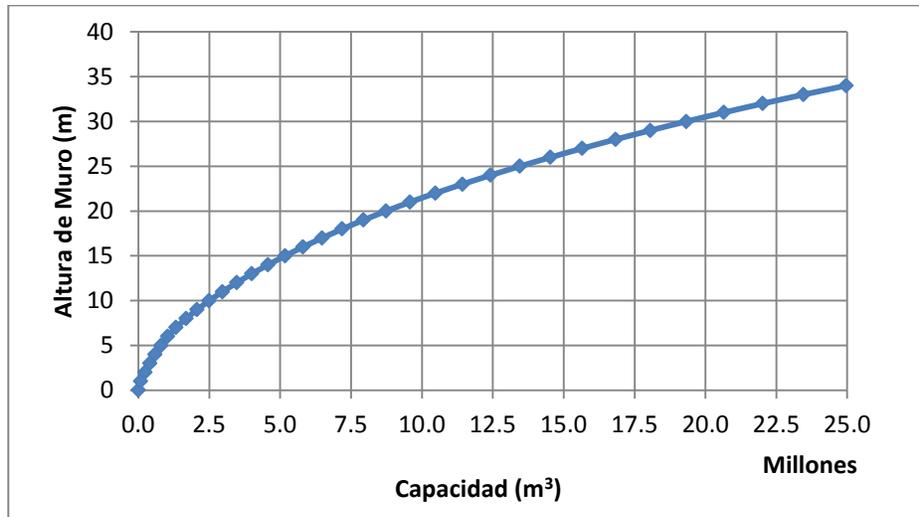
Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar TopographyMission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

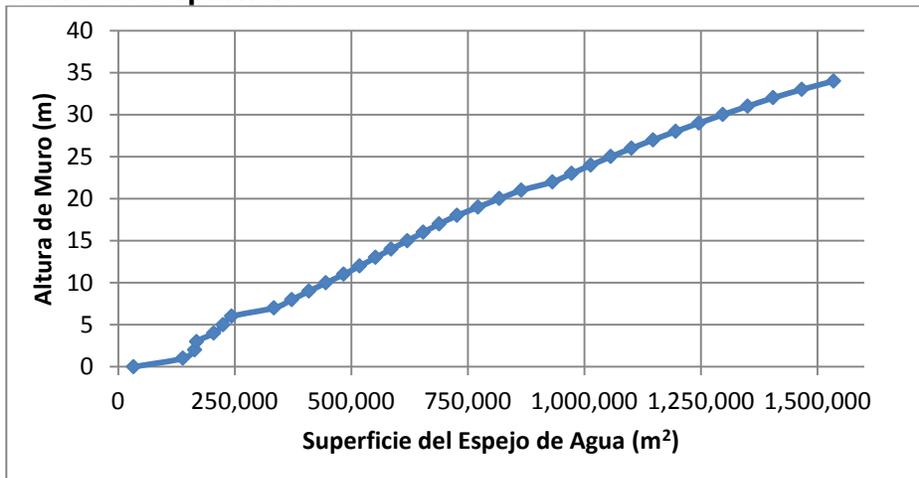
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen

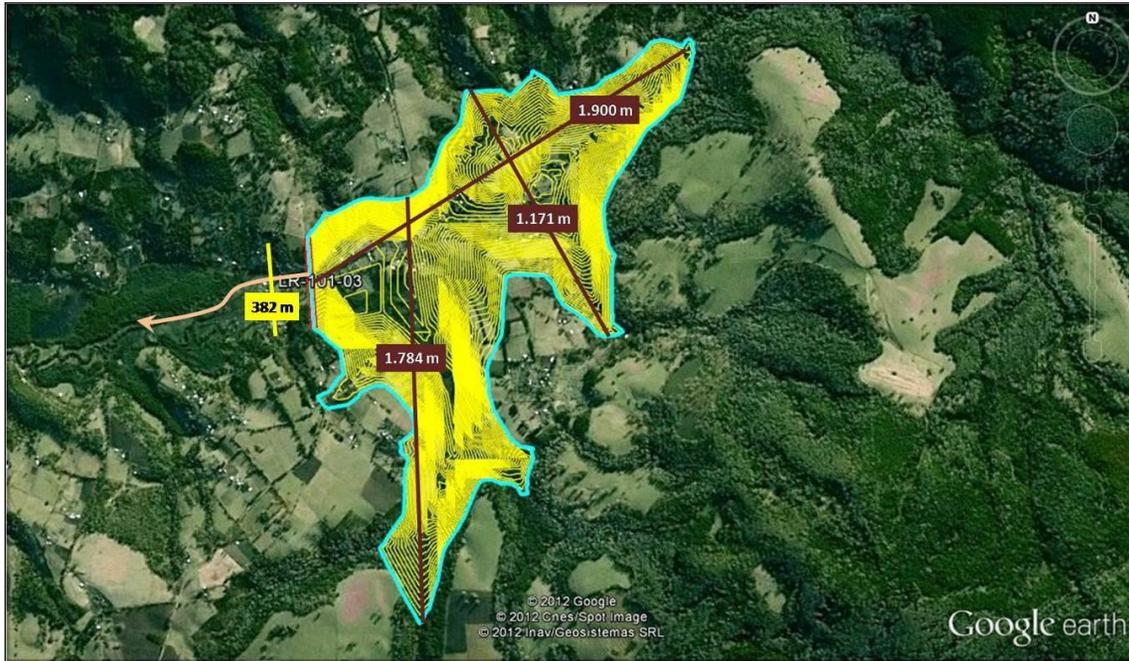


b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3 ÁREA DE INUNDACIÓN



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro “Diseño de Presas Pequeñas”:

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

- w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
- Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

CUADRO 4.1.1-1 RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

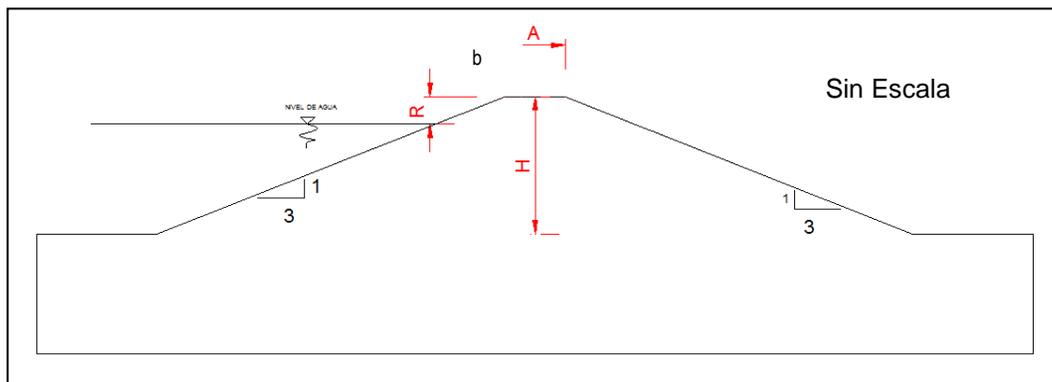
Volumen (hm ³)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					Aguas Arriba	Aguas Abajo
3,0	11,5	13,5	146,5	6,0	3,0	2,5
3,6	12,9	15,0	148,0	6,0	3,0	2,5
4,2	14,3	16,5	149,5	6,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-4. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

**FIGURA 4.1.1-4
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA**



Fuente: Elaboración propia

h

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2 RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm ³)	Factor de Seguridad
3,0	1,295
4,2	1,203

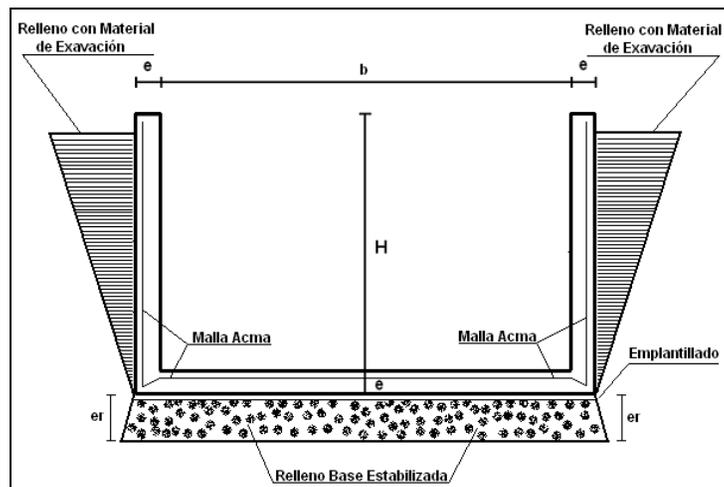
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las pérdidas por infiltración se ha proyectado, preliminarmente, un canal principal por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

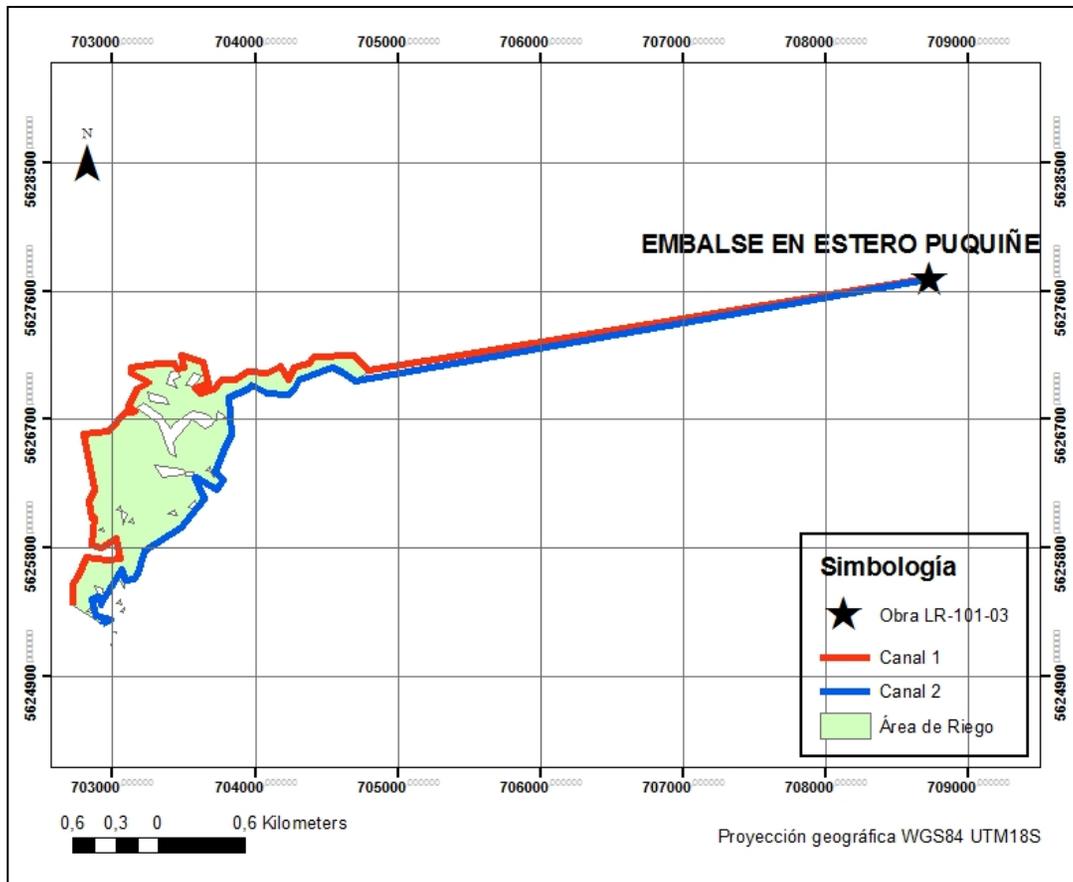
**CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES**

Alternativa	Volumen (hm ³)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
			Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
								Base	Muro
1	3,0	530	5,80	5,95	350	0,8	0,7	15	15
2	3,0	530	5,80	5,95	350	0,8	0,7	15	15
	3,6	620	6,08	6,30	450	0,9	0,7	15	15
	4,2	700	6,18	6,33	600	1,0	0,8	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

**FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES**



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 2,1 m³/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

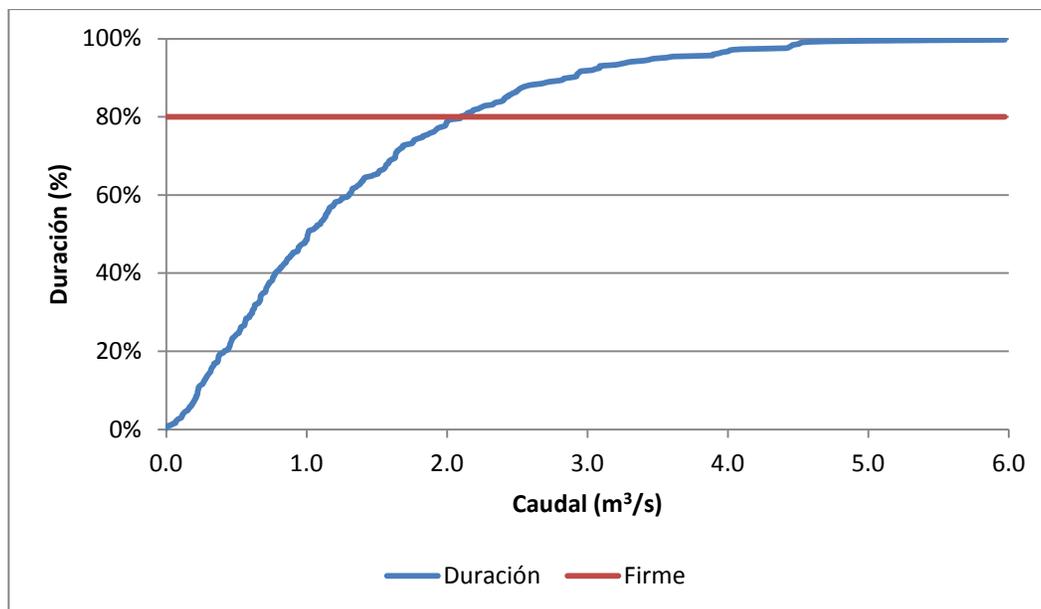
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m ³ /s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s ²

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1. Nótese que a mayor volumen de regulación menor es la energía generable. Nótese que la energía generable disminuye a mayores volúmenes de embalse dado que más agua es almacenada antes de liberarse.

**CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH**

Alternativa	Volumen (hm ³)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
1	3,0	11,4	185	124,6
2	3,0	11,5	185	276,5
	3,6	12,9	209	257,9
	4,2	14,3	231	239,1

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. EMBALSE DE REGULACIÓN

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1 PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 3,0 hm ³ / h= 13,5 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
			Privado	Social	Privado	Social
m ²	Roce descepe y escarpe	12.182	1.500	1.320	18.273.000	16.080.240
m ³	Excavaciones	4.023	5.000	4.800	20.115.000	19.310.400
m ³	Relleno de la presa	28.190	4.000	3.840	112.760.000	108.249.600
m ³	Enrocado de protección e=0,5 m	1.687	50.000	48.000	84.350.000	80.976.000
m ²	Filtro geotextil sobre enrocado	4.050	3.500	3.430	14.175.000	13.891.500
Total Muro					249.673.000	238.507.740
Volumen = 3,6 hm ³ / h=15,0 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
			Privado	Social	Privado	Social
m ²	Roce descepe y escarpe	12.788	1.500	1.320	19.182.027	16.880.184
m ³	Excavaciones	4.757	5.000	4.800	23.783.250	22.831.920
m ³	Relleno de la presa	39.827	4.000	3.840	159.306.600	152.934.336
m ³	Enrocado de protección e=0,5 m	2.132	50.000	48.000	106.590.650	102.327.024
m ²	Filtro geotextil sobre enrocado	5.116	3.500	3.430	17.907.229	17.549.085
Total Muro					326.769.756	312.522.548
Volumen = 4,2 hm ³ / h=16,5 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
			Privado	Social	Privado	Social
m ²	Roce descepe y escarpe	14.411	1.500	1.320	21.616.127	19.022.191
m ³	Excavaciones	5.862	5.000	4.800	29.310.462	28.138.044
m ³	Relleno de la presa	55.347	4.000	3.840	221.388.370	212.532.835
m ³	Enrocado de protección e=0,5 m	2.722	50.000	48.000	136.084.050	130.640.688
m ²	Filtro geotextil sobre enrocado	6.532	3.500	3.430	22.862.120	22.404.878
Total Muro					431.261.129	412.738.636

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US\$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1 PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Alternativa 1: Volumen = 3,0 hm ³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
			Privado	Social	Privado	Social
m ³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	684	12.594	11.335	8.614.296	7.752.866
m ³	Hormigón H-30	1.887	99.523	94.547	187.829.758	178.438.270
m ²	Malla Acma C-295	12.582	7.877	7.719	99.108.414	97.126.246
m ²	Moldajes 3 usos	5.903	8.834	7.951	52.144.157	46.929.742
m ²	Aplicación Antisol	3.728	255	230	950.640	855.576
m	Juntas de dilatación	2.237	5.994	5.395	13.407.379	12.066.641
Total Sistema Distribución					362.054.644	343.169.341
Alternativa 2: Volumen =3,0 hm ³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
			Privado	Social	Privado	Social
m ³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	1.638	12.594	11.335	20.628.972	18.566.075
m ³	Hormigón H-30	4.142	99.523	94.547	412.211.826	391.601.234
m ²	Malla Acma C-295	27.613	7.877	7.719	217.503.663	213.153.589
m ²	Moldajes 3 usos	12.142	8.834	7.951	107.259.483	96.533.535
m ²	Aplicación Antisol	9.400	255	230	2.397.000	2.157.300
m	Juntas de dilatación	5.170	5.994	5.395	30.988.980	27.890.082
Total Sistema Distribución					790.989.923	749.901.815
Alternativa 2: Volumen =3,6 hm ³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
			Privado	Social	Privado	Social
m ³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	1.930	12.594	11.335	24.306.420	21.875.778
m ³	Hormigón H-30	4.550	99.523	94.547	452.794.817	430.155.076
m ²	Malla Acma C-295	30.331	7.877	7.719	238.917.287	234.138.941
m ²	Moldajes 3 usos	12.793	8.834	7.951	113.010.417	101.709.376
m ²	Aplicación Antisol	11.142	255	230	2.841.210	2.557.089
m	Juntas de dilatación	5.695	5.994	5.395	34.134.631	30.721.168
Total Sistema Distribución					866.004.782	821.157.428
Alternativa 2: Volumen =4,2 hm ³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
			Privado	Social	Privado	Social
m ³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	2.157	12.594	11.335	27.165.258	24.448.732
m ³	Hormigón H-30	5.160	99.523	94.547	513.576.001	487.897.201
m ²	Malla Acma C-295	34.403	7.877	7.719	270.988.493	265.568.723
m ²	Moldajes 3 usos	14.595	8.834	7.951	128.932.230	116.039.007
m ²	Aplicación Antisol	12.510	255	230	3.190.050	2.871.045
m	Juntas de dilatación	6.505	5.994	5.395	38.992.169	35.092.952
Total Sistema Distribución					982.844.200	931.917.660

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US\$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US\$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Alternativa	Volumen (hm ³)	Potencia (kW)	Costo (\$)	Costo (UF)	Costo (US\$)
1	3,0	185	447.154.250	19.792	925.000
2	3,0	185	447.154.250	19.792	925.000
	3,6	209	505.163.450	22.360	1.045.000
	4,2	231	558.338.550	24.714	1.155.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21

1 US\$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo F. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)	Costo (\$)
Muro	3,0	52,7	238.121.893,0
Muro 1	3,0	52,7	238.121.893,0
Muro 2	3,6	58,0	262.069.636,0
Muro 3	4,2	63,0	284.661.846,0

Fuente: Elaboración propia

5.5. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1 RESUMEN DE COSTOS

Alternativa 1: Volumen = 3,0 hm ³		
Ítem	Mercado (\$)	Social (\$)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	249.673.000	238.507.740
Obra de Desvío	24.967.300	23.850.774
Obra de Toma	12.483.650	11.925.387
Vertedero	87.385.550	83.477.709
Sistema de Distribución	362.054.644	343.169.341
Caminos de Acceso	24.967.300	23.850.774
TOTAL COSTO DIRECTO	771.531.444	734.781.725
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	462.918.867	440.869.035
Minicentral Hidroeléctrica	447.154.250	447.154.250
TOTAL COSTO DIRECTO	447.154.250	447.154.250
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	156.503.988	156.503.988
EXPROPIACIONES	238.121.893	238.121.893
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (\$)	2.076.230.442	2.017.430.891
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	91.904	89.302
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US\$)	4.294.968	4.173.333
Alternativa 2: Volumen = 3,0 hm ³		
Ítem	Mercado (\$)	Social (\$)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	249.673.000	238.507.740
Obra de Desvío	24.967.300	23.850.774
Obra de Toma	12.483.650	11.925.387
Vertedero	87.385.550	83.477.709
Sistema de Distribución	790.989.923	749.901.815
Caminos de Acceso	24.967.300	23.850.774
TOTAL COSTO DIRECTO	1.190.466.723	1.131.514.199
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	714.280.034	678.908.520
Minicentral Hidroeléctrica	447.154.250	447.154.250
TOTAL COSTO DIRECTO	447.154.250	447.154.250
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	156.503.988	156.503.988
EXPROPIACIONES	238.121.893	238.121.893
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (\$)	2.746.526.888	2.652.202.850
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	121.575	117.400
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US\$)	5.681.568	5.486.446
Alternativa 2: Volumen = 3,6 hm ³		
Ítem	Mercado (\$)	Social (\$)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	326.769.756	312.522.548

CUADRO 5.5-1 RESUMEN DE COSTOS

Obra de Desvío	32.676.976	31.252.255
Obra de Toma	16.338.488	15.626.127
Vertedero	114.369.415	109.382.892
Sistema de Distribución	866.004.782	821.157.428
Caminos de Acceso	32.676.976	31.252.255
TOTAL COSTO DIRECTO	1.388.836.392	1.321.193.505
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	833.301.835	792.716.103
Minicentral Hidroeléctrica	505.163.450	505.163.450
TOTAL COSTO DIRECTO	505.163.450	505.163.450
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	176.807.208	176.807.208
EXPROPIACIONES	262.069.636	262.069.636
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (\$)	3.166.178.521	3.057.949.902
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	140.151	135.360
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US\$)	6.549.675	6.325.790
Alternativa 2: Volumen = 4,2 hm³		
Ítem	Mercado (\$)	Social (\$)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	431.261.129	412.738.636
Obra de Desvío	43.126.113	41.273.864
Obra de Toma	21.563.056	20.636.932
Vertedero	150.941.395	144.458.523
Sistema de Distribución	982.844.200	931.917.660
Caminos de Acceso	43.126.113	41.273.864
TOTAL COSTO DIRECTO	1.672.862.007	1.592.299.477
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	1.003.717.204	955.379.686
Minicentral Hidroeléctrica	558.338.550	558.338.550
TOTAL COSTO DIRECTO	558.338.550	558.338.550
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	195.418.493	195.418.493
EXPROPIACIONES	284.661.846	284.661.846
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (\$)	3.714.998.099	3.586.098.052
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	164.444	158.739
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US\$)	7.684.984	7.418.337

1 UF al 30/4/2012 22.592,21

1 US\$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1. GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que, se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que



hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.

- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 \$/UF, 483,41 \$/US \$

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO (\$/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
	8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879	
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO (\$/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 6.3.1-3.



CUADRO 6.3.1-3 INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante², se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4 y 6.3.1-5 a precios de mercado y sociales, respectivamente. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

² Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.





CUADRO 6.3.1-4 FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO

Año	Flujos Alternativas a Precios de Mercado (\$)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	79.710.131.786	79.710.131.786	0	79.710.131.786	0	79.710.131.786	0	79.710.131.786	0
1	93.561.056.811	703.722.602	-92.857.334.209	1.352.926.335	-92.208.130.476	1.641.461.327	-91.919.595.483	1.929.996.320	-91.631.060.491
2	93.561.056.811	835.797.769	-92.725.259.042	1.484.282.834	-92.076.773.977	1.772.498.419	-91.788.558.392	2.060.714.003	-91.500.342.807
3	93.561.056.811	1.054.337.877	-92.506.718.933	1.701.633.789	-91.859.423.022	1.989.320.860	-91.571.735.950	2.277.007.932	-91.284.048.879
4	93.561.056.811	1.075.777.196	-92.485.279.615	1.722.956.448	-91.838.100.363	2.010.591.671	-91.550.465.139	2.298.226.894	-91.262.829.916
5	93.561.056.811	1.062.007.343	-92.499.049.468	1.709.172.181	-91.851.884.629	1.996.800.998	-91.564.255.812	2.284.429.815	-91.276.626.995
6	-79.715.309.938	-794.135.344	78.921.174.594	-1.207.519.221	78.507.790.717	-1.391.245.389	78.324.064.550	-1.574.971.556	78.140.338.382
7	-9.899.157.687	-59.176.927	9.839.980.760	-105.997.251	9.793.160.436	-126.806.284	9.772.351.403	-147.615.317	9.751.542.370
8	-16.771.513.205	-89.236.161	16.682.277.044	-157.077.034	16.614.436.171	-187.228.533	16.584.284.672	-217.380.032	16.554.133.173
9	335.682.223	96.065.581	-239.616.642	133.095.265	-202.586.958	149.552.901	-186.129.321	166.010.538	-169.671.685
10	23.087.456.134	348.675.665	-22.738.780.468	535.297.541	-22.552.158.593	618.240.597	-22.469.215.537	701.183.653	-22.386.272.481
11	51.820.108.094	657.650.966	-51.162.457.128	1.025.284.205	-50.794.823.888	1.188.676.756	-50.631.431.337	1.352.069.307	-50.468.038.786
12	61.898.103.768	764.559.187	-61.133.544.580	1.200.243.275	-60.697.860.493	1.393.880.647	-60.504.223.121	1.587.518.019	-60.310.585.749
13	79.710.131.786	958.643.193	-78.751.488.592	1.510.500.553	-78.199.631.233	1.755.770.490	-77.954.361.295	2.001.040.428	-77.709.091.358
14	93.561.056.811	1.105.967.467	-92.455.089.343	1.753.263.379	-91.807.793.432	2.040.950.450	-91.520.106.360	2.328.637.522	-91.232.419.289
15	93.561.056.811	1.127.406.786	-92.433.650.025	1.774.586.038	-91.786.470.773	2.062.221.261	-91.498.835.549	2.349.856.484	-91.211.200.326
16	93.561.056.811	1.130.055.748	-92.431.001.062	1.777.220.587	-91.783.836.224	2.064.849.404	-91.496.207.407	2.352.478.221	-91.208.578.590
17	93.617.199.191	1.206.226.281	-92.410.972.910	1.853.351.912	-91.763.847.279	2.140.963.303	-91.476.235.887	2.428.574.695	-91.188.624.496
18	93.574.753.159	1.174.402.021	-92.400.351.138	1.821.469.855	-91.753.283.304	2.109.055.559	-91.465.697.600	2.396.641.263	-91.178.111.896
19	-79.756.985.925	-703.700.249	79.053.285.676	-1.117.177.172	78.639.808.753	-1.300.944.693	78.456.041.232	-1.484.712.214	78.272.273.711
20	-9.899.522.443	-53.063.763	9.846.458.681	-99.919.335	9.799.603.108	-120.744.035	9.778.778.409	-141.568.734	9.757.953.710
21	-16.776.338.439	-103.702.555	16.672.635.884	-171.543.428	16.604.795.012	-201.694.927	16.574.643.513	-231.846.426	16.544.492.013
22	322.350.631	69.911.310	-252.439.321	106.940.993	-215.409.638	123.398.630	-198.952.001	139.856.267	-182.494.364
23	23.077.814.974	321.916.735	-22.755.898.239	508.614.443	-22.569.200.531	591.591.202	-22.486.223.772	674.567.962	-22.403.247.012
24	51.820.108.094	631.387.705	-51.188.720.388	999.163.853	-50.820.944.241	1.162.619.918	-50.657.488.176	1.326.075.984	-50.494.032.110
25	61.898.103.768	730.101.991	-61.168.001.776	1.165.973.572	-60.732.130.195	1.359.694.275	-60.538.409.493	1.553.414.978	-60.344.688.790
26	79.710.131.786	957.952.326	-78.752.179.460	1.509.813.444	-78.200.318.341	1.755.085.052	-77.955.046.733	2.000.356.661	-77.709.775.125
27	93.561.056.811	1.130.055.748	-92.431.001.062	1.777.220.587	-91.783.836.224	2.064.849.404	-91.496.207.407	2.352.478.221	-91.208.578.590
28	93.617.199.191	1.206.226.281	-92.410.972.910	1.853.351.912	-91.763.847.279	2.140.963.303	-91.476.235.887	2.428.574.695	-91.188.624.496
29	93.574.753.159	1.174.402.021	-92.400.351.138	1.821.469.855	-91.753.283.304	2.109.055.559	-91.465.697.600	2.396.641.263	-91.178.111.896
30	93.575.523.204	1.181.649.987	-92.393.873.217	1.828.682.572	-91.746.840.632	2.116.252.610	-91.459.270.594	2.403.822.648	-91.171.700.556

Fuente: Elaboración propia





CUADRO 6.3.1-5 FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

Año	Flujos Alternativas a Precios Sociales (\$)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	101.575.209.274	101.575.209.274	0	101.575.209.274	0	101.575.209.274	0	101.575.209.274	0
1	119.586.717.579	677.697.960	-118.909.019.619	1.348.414.464	-118.238.303.115	1.646.510.688	-117.940.206.891	1.944.606.912	-117.642.110.667
2	119.586.717.579	1.049.852.110	-118.536.865.470	1.837.025.883	-117.749.691.697	2.186.880.893	-117.399.836.687	2.536.735.903	-117.049.981.677
3	119.586.717.579	1.321.099.960	-118.265.617.619	2.106.797.777	-117.479.919.802	2.455.996.807	-117.130.720.773	2.805.195.837	-116.781.521.743
4	119.586.717.579	1.339.762.231	-118.246.955.349	2.125.358.500	-117.461.359.080	2.474.512.397	-117.112.205.182	2.823.666.295	-116.763.051.285
5	119.586.717.579	1.326.768.031	-118.259.949.548	2.112.345.666	-117.474.371.914	2.461.491.281	-117.125.226.298	2.810.636.896	-116.776.080.683
6	-76.233.605.915	1.288.215.753	77.521.821.667	2.073.747.622	78.307.353.536	2.422.872.897	78.656.478.811	2.771.998.172	79.005.604.086
7	-9.016.581.924	-617.248.944	8.399.332.980	-1.011.874.097	8.004.707.827	-1.187.263.054	7.829.318.870	-1.362.652.011	7.653.929.913
8	-11.888.960.473	-18.993.509	11.869.966.965	-60.708.482	11.828.251.991	-79.248.471	11.809.712.003	-97.788.459	11.791.172.014
9	9.896.798.372	-18.271.317	-9.915.069.689	-59.848.611	-9.956.646.984	-78.327.409	-9.975.125.781	-96.806.206	-9.993.604.578
10	36.276.618.500	209.357.156	-36.067.261.344	297.341.347	-35.979.277.153	336.445.432	-35.940.173.068	375.549.517	-35.901.068.983
11	67.896.940.575	495.526.991	-67.401.413.583	752.405.130	-67.144.535.444	866.573.192	-67.030.367.383	980.741.254	-66.916.199.321
12	80.667.697.470	817.617.978	-79.850.079.492	1.270.994.741	-79.396.702.729	1.472.495.525	-79.195.201.945	1.673.996.308	-78.993.701.161
13	101.575.209.274	951.055.902	-100.624.153.372	1.486.738.222	-100.088.471.052	1.724.819.253	-99.850.390.021	1.962.900.284	-99.612.308.990
14	119.586.717.579	1.158.600.442	-118.428.117.137	1.826.981.120	-117.759.736.459	2.124.039.199	-117.462.678.380	2.421.097.279	-117.165.620.301
15	119.586.717.579	1.388.656.883	-118.198.060.696	2.174.268.034	-117.412.449.545	2.523.428.546	-117.063.289.034	2.872.589.057	-116.714.128.522
16	119.586.717.579	1.391.305.846	-118.195.411.733	2.176.902.583	-117.409.814.996	2.526.056.688	-117.060.660.891	2.875.210.794	-116.711.506.786
17	119.639.175.430	1.398.511.319	-118.240.664.111	2.184.068.849	-117.455.106.582	2.533.205.528	-117.105.969.902	2.882.342.208	-116.756.833.223
18	119.603.029.280	1.475.325.491	-118.127.703.789	2.260.825.224	-117.342.204.057	2.609.936.216	-116.993.093.064	2.959.047.208	-116.643.982.072
19	-76.269.274.637	1.445.657.261	77.714.931.898	2.231.121.745	78.500.396.382	2.580.217.071	78.849.491.708	2.929.312.397	79.198.587.035
20	-9.018.807.552	-651.813.129	8.366.994.423	-1.046.444.292	7.972.363.260	-1.221.835.920	7.796.971.631	-1.397.227.548	7.621.580.003
21	-11.895.897.759	-27.053.189	11.868.844.570	-68.736.417	11.827.161.341	-87.262.297	11.808.635.462	-105.788.176	11.790.109.582
22	9.882.712.299	-40.894.498	-9.923.606.797	-82.440.047	-9.965.152.346	-100.904.736	-9.983.617.035	-119.369.424	-10.002.081.723
23	36.266.766.657	161.766.232	-36.105.000.425	249.858.000	-36.016.908.657	289.009.896	-35.977.756.760	328.161.793	-35.938.604.863
24	67.896.940.575	449.695.129	-67.447.245.445	706.747.921	-67.190.192.653	820.993.607	-67.075.946.968	935.239.292	-66.961.701.283
25	80.667.697.470	776.766.438	-79.890.931.031	1.230.365.489	-79.437.331.980	1.431.965.068	-79.235.732.402	1.633.564.646	-79.034.132.824
26	101.575.209.274	944.403.316	-100.630.805.958	1.480.121.835	-100.095.087.439	1.718.218.955	-99.856.990.320	1.956.316.074	-99.618.893.200
27	119.586.717.579	1.182.688.723	-118.404.028.856	1.850.938.328	-117.735.779.251	2.147.938.153	-117.438.779.426	2.444.937.977	-117.141.779.602
28	119.639.175.430	1.398.511.319	-118.240.664.111	2.184.068.849	-117.455.106.582	2.533.205.528	-117.105.969.902	2.882.342.208	-116.756.833.223
29	119.603.029.280	1.475.325.491	-118.127.703.789	2.260.825.224	-117.342.204.057	2.609.936.216	-116.993.093.064	2.959.047.208	-116.643.982.072
30	119.603.506.708	1.445.657.261	-118.157.849.447	2.231.121.745	-117.372.384.963	2.580.217.071	-117.023.289.637	2.929.312.397	-116.674.194.310

Fuente: Elaboración propia



6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 \$/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS (\$/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este

motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantenimiento anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

**CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO(\$/ha)**

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA(\$/ha)**

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

**CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES (\$)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES**

Alternativa	Volumen (hm ³)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
		Privado	Social	Privado	Social
1	3,0	655.162.880	626.579.814	579.287.431	549.070.946
2	3,0	639.162.880	610.579.814	1.265.583.878	1.199.842.905
	3,6	836.530.576	800.057.724	1.385.607.652	1.313.851.885
	4,2	1.104.028.490	1.056.610.908	1.572.550.721	1.491.068.256

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Costo MCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

**CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES**

Alternativa	Volumen (hm ³)	Potencia (kW)	Costo (\$)
1	3,0	185	603.658.238
2	3,0	185	603.658.238
	3,6	209	681.970.658
	4,2	231	753.757.043

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto no es rentable a precios privados. Por otra parte a precios sociales es rentable, presentando un valor óptimo con el embalse de mayor tamaño, aunque la Tir es mayor para el embalse de 3,6 hm³. Por otra parte, para el caso con generación hidroeléctrica, el

proyecto es rentable tanto a precios privados como sociales. La evaluación se presenta en el Anexo F.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración							
Alternativa	Volumen (hm ³)	Mercado			Social		
		VAN (millones \$)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones \$)	IVAN	Tir (%)
1	3,0	-498,7	-0,40	10,1%	3.669,2	3,12	13,5%
2	3,0	-259,6	-0,14	11,4%	6.430,3	3,55	14,8%
	3,6	-198,9	-0,09	11,6%	7.608,4	3,60	15,0%
	4,2	-289,4	-0,11	11,5%	8.635,0	3,39	14,8%
Con Hidrogeneración							
Alternativa	Volumen (hm ³)	Mercado			Social		
		VAN (millones \$)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones \$)	IVAN	Tir (%)
1	3,0	-1.101,0	-0,60	8,5%	3.079,5	1,73	11,5%
2	3,0	-806,9	-0,32	10,2%	5.934,4	2,46	13,3%
	3,6	-836,9	-0,29	10,4%	7.014,5	2,51	13,5%
	4,2	-1.011,2	-0,29	10,3%	7.950,3	2,41	13,4%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 4,2hm³, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaría de la regulación de la cuenca es de 660 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua. En todo caso, el proyecto bajo la restricción de derechos de agua también es rentable.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH, que a nivel de perfil es tan interesante como el proyecto de riego, por lo que se requiere un análisis de mayor profundidad.