



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD “PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL RÍO CARMEN, REGIÓN DE ATACAMA”

RESUMEN EJECUTIVO

DICIEMBRE 2011

ARRAU INGENIERÍA E.I.R.L.
Consultores en Ingeniería Hidráulica y de Riego
María Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago

Fono 341 48 00

Fax 274 5023 e-mail: oficina@arrauingenieria.cl



INFORME FINAL
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO

VOLUMEN 1: ESTUDIO DE INGENIERÍA

VOLUMEN 2: ESTUDIOS AGROECONÓMICOS

VOLUMEN 3: ESTUDIO ANÁLISIS AMBIENTAL

VOLUMEN 4: PARTICIPACIÓN CIUDADANA

VOLUMEN 5: ÁLBUM DE PLANOS

INFORME FINAL
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE

Acápite	Descripción	#
1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	ANTECEDENTES GENERALES	1
1.2.	ÁREA DE ESTUDIO	1
1.2.1.	Localización Geográfica	1
1.2.2.	Área de Influencia	2
1.3.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.3.1.	Objetivo General	2
1.3.2.	Objetivos Específicos	2
2.	RECONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS PARA LA PRESA ESTUDIOS BÁSICOS	3
3.	ESTUDIOS BÁSICOS	4
4.	ESTUDIOS AGROECONÓMICOS	5
4.1.	OBJETIVOS Y ALCANCES GENERALES	5
4.2.	LISTADO DE AGRICULTORES Y ESTRATIFICACIÓN PREDIAL	5
4.3.	SITUACIÓN ACTUAL	6
4.4.	SITUACIÓN ACTUAL OPTIMIZADA	6
4.5.	SITUACIÓN FUTURA CON PROYECTO	7
4.6.	DEMANDAS DE AGUA	8
4.7.	BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO	8
4.7.1.	Beneficios Económicos Directos	8
4.7.2.	Generación de Empleo Agrícola	11
5.	MODELO DE SIMULACIÓN SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE RIEGO RIO EL CARMEN	11
5.1.	GENERALIDADES	11
5.2.	SUPUESTOS Y CONSIDERACIONES DEL MODELO	11
5.3.	OPERACIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO	14
6.	ESCENARIOS DE PROYECTO	15

INFORME FINAL
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE

Acápites	Descripción	#
7.	DISEÑOS PRELIMINARES Y PRESUPUESTOS	16
7.1.	ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA	16
7.2.	DISEÑOS PARA OTROS TAMAÑOS DE PRESA	19
8.	MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA (MCH)	21
9.	CONTROL DE CRECIDAS	23
10.	INTERFERENCIAS Y EXPROPIACIONES	23
11.	ESTUDIO ANÁLISIS AMBIENTAL (EAA)	24
12.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	26
13.	PARTICIPACIÓN CIUDADANA	29
13.1.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
13.2.	DIAGNÓSTICO DEL TERRITORIO	30
13.3.	DIAGNÓSTICO DE DESIGUALDADES DE GÉNERO	31
13.4.	GESTIÓN PARTICIPATIVA	31
13.5.	LINEAMIENTOS GENERALES DEL PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO ORGANIZACIONAL	32
13.6.	CONSIDERACIONES MINIMAS PARA OTRAS FASES DEL PROYECTO	32
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33

RESUMEN EJECUTIVO

1. INTRODUCCIÓN

Este Resumen Ejecutivo corresponde al **Informe Final** de la Consultoría denominada “**Proyecto de Mejoramiento del Sistema de Riego en Río El Carmen, Región de Atacama**”, encomendado por la Comisión Nacional de Riego, al Consultor Arrau Ingeniería E.I.R.L., contrato aprobado mediante la Resolución CNR 3.480 de 21 de Octubre de 2010.

1.1. ANTECEDENTES GENERALES

El valle de San Félix es un lugar privilegiado para el desarrollo de la agricultura, presenta condiciones climáticas favorables para cultivos de altos rendimientos principalmente por la alta luminosidad y las diferencias de temperatura entre el día y la noche, además de las características de suelos, sin embargo la seguridad de riego es baja, generándose problemas por escasez de recursos en años secos.

La estructura actual de uso de la tierra en el área del proyecto está condicionada por la estacionalidad de la oferta de agua que se caracteriza por una relativa abundancia en los meses primaverales y una gran disminución en los meses estivales, provocando una situación precaria donde predominan los cultivos anuales únicos capaces de aprovechar la abundancia estacional de agua en primavera.

Desde hace muchos años existe en el valle el anhelo de contar con un embalse para mejorar la disponibilidad de agua para regadío, los estudios anteriores reflejan la necesidad de construir un embalse de cabecera sobre el río El Carmen capaz de almacenar los recursos provenientes de la alta cordillera. La implementación del proyecto permitiría aumentar la seguridad de riego, incorporar nueva superficie de cultivos de alto rendimiento y regular el cauce de modo de ajustar la curva de oferta con la demanda de agua de los cultivos.

Por estos efectos la Junta de Vigilancia del Río Huasco y sus afluentes, han hecho todos los esfuerzos para incluir a la zona del valle de San Félix dentro de las prioridades para desarrollar un programa de inversiones para el desarrollo integral de riego donde se incluye la necesidad de construir un embalse de cabecera.

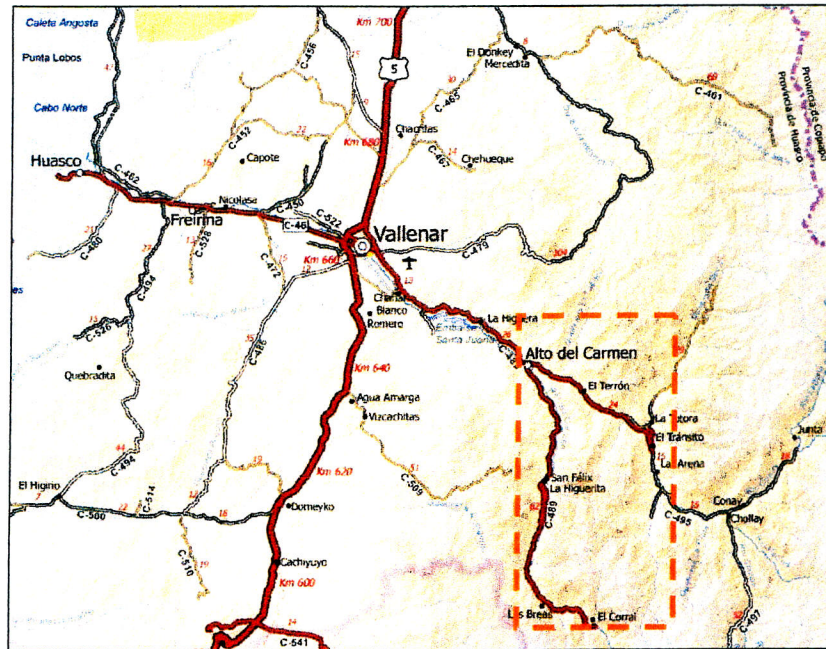
1.2. ÁREA DE ESTUDIO

1.2.1. Localización Geográfica

La cuenca hidrográfica del río Huasco se extiende aproximadamente entre los paralelos 28°30' y los 29°40' de latitud sur, con una extensión de 9.850 km². El río Huasco se forma a 90 km de su desembocadura en el mar, por la confluencia de los ríos El Tránsito que viene del NE y El Carmen del SE (CNR, 2010). La hoya del río El Carmen, en donde se emplaza el área de estudio, tiene una superficie de 2.860 km². En su límite norte se encuentra la sierra del Medio o Tatul, que disminuye paulatinamente de altura desde la frontera hasta la Junta del Carmen (CNR, 2010).

Dos ríos principales y de escurrimiento permanente contribuyen a la formación del río El Carmen. Desde la cordillera baja el río Potrerillo, que confluye con el río Matancilla, para formar el río El Carmen propiamente tal. A esto se suman pequeños aportes de quebradas permanentes e intermitentes, siendo la principal la quebrada de La Plata. El río El Carmen tiene 145 km, desde el nacimiento del tributario más largo hasta la Junta con el río El Tránsito. La Figura 1.2.1-1 muestra la ubicación general del área de estudio (CNR, 2010).

FIGURA 1.2.1-1
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: <http://www.mapas.mop.cl/>

Desde el punto de vista político-administrativo el área de estudio se ubica en la Comuna de Alto del Carmen, Provincia de Huasco, Región de Atacama.

1.2.2. Área de Influencia

El área de influencia directa del proyecto en estudio es el valle de San Félix o del río El Carmen hasta la confluencia con el río El Tránsito, en donde se encuentran los predios potencialmente beneficiados por las obras del embalse en conformidad con los derechos de aguas constituidos.

Como área de influencia indirecta se pueden mencionar la cuenca del río Huasco aguas abajo del río El Carmen y los mercados de destino de los cultivos producidos en el valle de San Félix.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. Objetivo General

El objetivo general del estudio es analizar y evaluar técnica, económica, legal y ambientalmente a nivel de prefactibilidad las alternativas de construcción de un embalse de cabecera con aprovechamiento hidroeléctrico para aumentar la seguridad de riego del valle de San Félix en el río El Carmen, estudiando alternativas de obras necesarias para su optimización y multiuso de las aguas para riego.

1.3.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del estudio son:

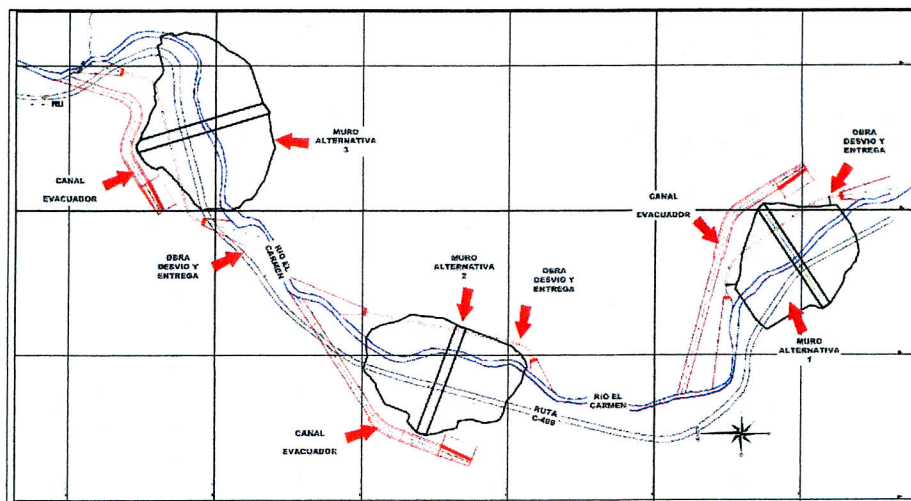
- Desarrollar trabajos de reconocimiento en el terreno, de tipo agronómico, civil y ambiental, que aseguren en los distintos ámbitos, una fiel representación de las condiciones reales existentes.
- Analizar la prefactibilidad técnica, económica, legal y ambiental del mejoramiento y modernización del sistema de riego de Río El Carmen, estudiando alternativas de obras de regulación, a través de la construcción de un Embalse de cabecera y analizar las posibilidades de hidrogenación en el embalse.
- Elaborar el Prediseño de las obras del embalse, incluyendo las necesarias para la eventual implementación de microcentrales al pie de la presa.
- Precisar los impactos ambientales, las medidas de mitigación y sus costos, tanto para el embalse como para las posibles obras de hidrogenación.
- Evaluar económicamente la alternativa seleccionada, para diferentes escenarios de capacidades del embalse y recomendar la más conveniente.

2. RECONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS PARA LA PRESA ESTUDIOS BÁSICOS

Se procedió a la identificación preliminar de tres sitios de embalse, las que se muestran en la Figura 2-1, y que se denominaron de la siguiente forma:

- Alternativa 1: La de más aguas arriba
- Alternativa 2: La intermedia
- Alternativa 3: La de más aguas abajo

**FIGURA 2-1
UBICACIÓN ALTERNATIVAS DE EMBALSE**



Fuente: Elaboración propia

La selección de estas tres alternativas, permitió delimitar todos los trabajos de terreno necesarios para elaborar los diseños simplificados de la presa en los emplazamientos identificados. Estos trabajos de terreno, consistieron básicamente en la realización de un vuelo con toma de fotografías y posterior restitución aerofotogramétrica, además de topografía de detalle de terreno, más una visita de especialistas, ambientales, geólogos y geotécnicos, cuyos informes permitieron completar los antecedentes para la selección del sitio.

Entre los antecedentes obtenidos, se destacan la definición de las curvas características para cada sitio, un informe arqueológico, y la recopilación de los antecedentes ambientales relacionados. Para la comparación de las alternativas, que se efectuó para una capacidad acordada de 10 hm³, se consideró también un análisis de las alternativas de instalación y aprovechamiento de generación hidroeléctrica al pie del embalse.

De este modo, se realizaron los diseños simplificados de la presa en cada alternativa de emplazamiento y se determinó su costo de construcción, apoyándose en planos de escala 1:2.000 y considerando la capacidad total que resultó del análisis señalado en el numeral anterior. Por tratarse de un análisis comparativo, no se incluyeron aquellos costos que son equivalentes para las tres alternativas.

Para cada uno de los parámetros analizados, se ordenó cada embalse en una escala de mejor a peor, pudiendo en algunos casos estar los 3 sitios en la misma categoría. Estas prioridades se resumen en el Cuadro 2-1, que claramente entrega en términos globales la primera prioridad a la Alternativa 1. Donde se le asignan valores del 1 al 3 considerando 1 como la mejor alternativa y 3 como la peor alternativa.

CUADRO 2-1
COMPARACIÓN CUALITATIVA DE DIFERENTES ASPECTOS

PARÁMETRO	ALT. 1	ALT.2	ALT. 3
Relación Agua/Muro	1	2	3
Características Geológicas y Geotécnicas Angostura	1	2	2
Características productivas zona a inundar	1	1	1
Ubicación con respecto a la zona de riego	1	1	1
Ubicación con respecto a los recursos de agua	1	1	1
Cantidad y características de las interferencias	1	1	1
Impactos ambientales asociados	1	2	2
Tipo de presa	1	1	1
Ubicación de los empréstitos	1	2	3
Accesibilidad	1	2	3
Tamaño del proyecto	1	1	1
Costos de expropiaciones	1	2	3
Facilidades para el diseño de las obras de arte	1	1	1
Facilidades constructivas	1	2	3
Altura del muro	1	2	3
Generación hidroeléctrica	3	2	1
Situación legal	1	1	1
Calidad del Agua	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

En consideración a que, analizados diversos factores técnicos, ambientales y legales, resulta claramente mejor la Alternativa 1, y a que en términos económicos también resulta la más ventajosa, a pesar de generar menos energía, se recomienda seleccionar esta Alternativa para la etapa de prospecciones, diseño y posterior evaluación. Para el caso de encontrar sorpresas negativas durante la etapa de prospecciones, se recomendaría realizar prospecciones adicionales en la Alternativa 2 y, en caso que en esta resulte algo similar, finalmente en la Alternativa 3, aunque esta última presenta un costo bastante superior a las dos primeras, aun sin analizar el problema de curva y contra curva del vertedero.

3. ESTUDIOS BÁSICOS

Para el desarrollo del diseño seleccionado se realizaron los siguientes estudios básicos:

- **Restitución Aerofotogramétrica:** Permite obtener la base cartográfica para el proyecto.
- **Topográfico:** Permite tener detalles del terreno en el que se emplazan las obras
- **Hidrológico:** Permite determinar caudales afluentes al embalse y caudales de crecida.
- **Sedimentológico:** Permite determinar el volumen muerto del embalse
- **Geológico:** Se utiliza para caracterizar geológicamente la zona
- **Geofísico:** Complementa la caracterización dada por el estudio geotécnico
- **Geotécnico:** Permite determinar las condiciones de diseño básicas para el proyecto
- **Derechos de Agua:** Permite caracterizar la situación y condición de los derechos de agua en la zona.

4. ESTUDIOS AGROECONÓMICOS

4.1. OBJETIVOS Y ALCANCES GENERALES

El estudio agroeconómico pretende evaluar los beneficios económicos del proyecto de Construcción del embalse El Carmen, comparando 3 escenarios distintos: Situación Actual, Situación Actual Optimizada y Situación Futura.

Al analizar las características climáticas, geográficas y productivas se han establecido dos sectores de riego, los que serán utilizados en todo el estudio. El sector 1 comprende desde la zona de ubicación del muro del embalse hasta el sector denominado La Cuesta, al finalizar el área regada por el canal Cajón. El sector 2 va desde el fin del Sector 1 hasta la confluencia del río El Carmen con el río El Transito, al terminar el área de riego del canal Las Juntas.

4.2. LISTADO DE AGRICULTORES Y ESTRATIFICACIÓN PREDIAL

Los potenciales beneficiados por el proyecto de embalse corresponden a los miembros de la junta de vigilancia del río Huasco en su primer tramo, correspondiente al río El Carmen y que por ende poseen derechos de aprovechamientos de agua en el mismo. Estos agricultores se dividen en 839 predios a lo largo del valle, 236 en el sector 1 y 603 en el sector 2.

Para la determinación de estratos de tamaño predial se ha recurrido a antecedentes entregados por la Junta de Vigilancia del Río Huasco y sus Afluentes, el Servicio de Impuestos Internos y la revisión en terreno. A continuación se presentan los estratos definidos:

- **Estrato de tamaño 1:** Predios de tamaño menor o igual a 1,0 ha. Corresponden generalmente a los originados por sub-divisiones de sucesión hereditaria, ubicados en la parte alta de la cuenca y en las cercanías de los poblados. Se caracterizan por ser predios de subsistencia porque su destino preferencial es habitacional, con una pequeña explotación agrícola, en base a huerto casero para autoconsumo.
- **Estrato de tamaño 2:** Predios de tamaño mayor de 1,0 ha y menor o igual a 5,0 ha. Corresponden a pequeños agricultores de agricultura familiar campesina, en general de bajo nivel tecnológico, en que predomina la disponibilidad de mano de obra por sobre el capital de trabajo. Generalmente, son predios con praderas mejoradas y empastadas, además de vides pisqueras con venta al mercado interno mediante Cooperativa Pisquera y a nivel local en forma del licor conocido como "pajarete".

- Estrato de tamaño 3: Predios de tamaño mayor a 5,0 ha y menor o igual a 10,0 ha. Estos predios incluyen mayoritariamente a las parcelas agrícolas con fines más comerciales que, para las condiciones del valle del río El Carmen, podrían considerarse predios medianos si contaran con mayor seguridad de riego. Sus ventas se dirigen al mercado local y en menor medida a la exportación de uva de mesa.
- Estrato de tamaño 4: Predios de tamaño mayor a 10,0 ha. Estos predios integran a los agricultores que, para las condiciones del área del río El Carmen, podrían considerarse grandes para la zona, a pesar de estar limitados por seguridad de riego. Generalmente corresponden a explotaciones comerciales de vid de mesa para mercados internacionales.

En el Cuadro 4.2-1 resume el número de predios por estrato.

**CUADRO 4.2-1
PREDIOS POR ESTRATO ÁREA DE ESTUDIO**

Estrato	Predios		Superficie Física (ha)				
	Nº	%	Regada	Sin Riego	Total	Promedio	
E1	413	49,2	114,3	87,8	202,1	12,3	0,5
E2	359	42,8	457,6	341,7	799,3	48,8	2,2
E3	49	5,8	174,9	164,4	339,3	20,7	6,9
E4	18	2,1	174,4	124,0	298,4	18,2	16,6
Total	839	100,0	921,2	717,9	1.639,1	100,0	-

Fuente: Elaboración propia a partir de propiedades SII en mapas CIREN-CORFO

4.3. SITUACIÓN ACTUAL

Para una completa caracterización de la situación actual agrícola (o SA) es necesario establecer una serie de atributos físicos, productivos, legales y económicos, asociados a los distintos tipos de agricultores existentes en el área de estudio. Para lograr este objetivo se ha implementado una encuesta simple de tipo cuantitativa que indaga en cada uno de estos ámbitos. La encuesta abarcó 201 predios, que equivalen a 620,8 ha.

Luego del análisis de los resultados de la encuesta simple se realizaron siete estudios de caso, que tienen por finalidad ahondar en los aspectos técnicos de los distintos rubros productivos del área de estudio, identificando en forma precisa todas las labores, insumos y productos que se obtienen en la agricultura y ganadería, y los costos asociados, para finalmente confeccionar las fichas técnico-económicas de cultivo, elementos claves para la evaluación posterior de los beneficios del proyecto.

El uso del suelo de la Situación Actual se obtiene de la expansión de los resultados de la encuesta simple, en este caso considerando la superficie real y la con 85% de seguridad de riego. También se destaca la superficie con más de un cultivo al año. En total se contemplan 921,2 ha (932,2 ha incluyendo rotación), las cuales poseen una seguridad de riego del 36,6%. La superficie con 85% de seguridad de riego corresponde a 111,6 ha (112,9 ha incluyendo rotación).

4.4. SITUACIÓN ACTUAL OPTIMIZADA

Se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual para confeccionar la presente Situación Actual Optimizada (o SAO), que corresponde a un escenario futuro sin contemplar la construcción del embalse, pero que incorpora un conjunto de acciones tendientes a mejorar los procesos productivos de la zona, con recursos que no superan el 5% de las inversiones efectuadas en la Situación Futura con Proyecto. Este proceso es planteado y desarrollado en el marco de un programa de asistencia técnica y

transferencia tecnológica, orientado principalmente a producir cambios de conducta por parte de los agricultores, con una mayor repercusión en los de nivel tecnológico y empresarial bajo y medio.

El uso del suelo, en estructura productiva, es el mismo identificado en la Situación Actual, manteniendo también la dinámica de doble cultivo existente. No obstante, la superficie con seguridad de riego 85% aumentó de 112,9 ha a 132,4 ha. En tanto que las 932,2 ha tendrían una seguridad de riego de 45,4%.

4.5. SITUACIÓN FUTURA CON PROYECTO

La Situación Futura o Con Proyecto (SF), corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la ejecución y construcción de obras civiles para aumentar la eficiencia de uso del agua y dar satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

Los principales cambios reflejados en la superficie regada de la Situación Futura son el aumento de rubros frutales y vides, especialmente uva de mesa, en desmedro de rubros anuales. Esto se debe al mayor grado de especialización y dedicación exclusiva alcanzado en los rubros de frutales y vides en la Situación Futura. Debido al cambio de estructura productiva, el aumento de superficie y las mejoras en el manejo y nivel tecnológico de los cultivos, los volúmenes de producción también aumentan.

En el Cuadro 4.5-1 se muestra el uso futuro del suelo con 85% de seguridad de riego. Es importante destacar que esta superficie es producto de la simulación de la situación de riego con un embalse que regula 7,5 hm³ de volumen utilizable, con el cual se puede regar toda la superficie actualmente existente.

**CUADRO 4.5-1
USO DEL SUELO AGRÍCOLA SITUACIÓN ACTUAL Y SITUACIÓN FUTURA**

CULTIVO	SA		SF	
	ha	%	ha	%
Alfalfa	67,6	7,2	62,2	6,7
Cereales	24,1	2,6	0,0	0,0
Chacra	50,4	5,4	24,0	2,6
Huerto Casero	127,6	13,7	37,2	4,0
Nogal	23,3	2,5	53,1	5,7
Otros Cultivos	18,9	2,0	10,6	1,1
Otros Frutales	37,9	4,1	54,0	5,8
Palto	98,9	10,6	60,7	6,5
Poroto Verde	23,2	2,5	28,8	3,1
Pradera Mejorada	18,9	2,0	1,3	0,1
Uva de Mesa	233,8	25,1	394,7	42,3
Uva Pisquera	207,6	22,3	205,5	22,0
Superficie de riego (A)	932,2	100,0	932,2	100,0
Superficie con rotación (B)	11,0	1,2	11,0	1,2
Superficie física de riego (A-B)	921,2	98,8	921,2	98,8
Riego Agua Superficial 85% Seguridad de Riego	111,6	6,8	921,2	56,2
Riego Agua Superficial Sin Seguridad de Riego	809,6	49,4	0,0	0,0
Riego Agua Subterránea	0,0	0,0	0,0	0,0
Indirectamente Productiva	75,3	4,6	75,3	4,6
Sin uso	642,6	39,2	642,6	39,2
Total Predial	1.639,1	100,0	1.639,1	100,0

Fuente: Elaboración propia

4.6. DEMANDAS DE AGUA

Se realizó para la Situación Actual, Actual Optimizada y Futura con Proyecto una descripción de las demandas de agua para uso agrícola en base a la caracterización productiva predial. En el Cuadro 4.6-1 se presenta un resumen de la demanda definido para un total para 932,2 ha según la estructura productiva de cada escenario en el área de estudio.

**CUADRO 4.6-1
DEMANDA BRUTA (m³/mes)**

Mes	SA	SAO	SF
Abr	717.101	577.836	414.968
May	283.339	237.082	128.821
Jun	148.416	136.043	59.253
Jul	273.884	242.835	183.51
Ago	283.056	251.606	181.803
Sep	746.36	654.037	416.152
Oct	1.387.164	1.214.050	816.185
Nov	2.182.808	1.900.126	1.338.954
Dic	2.870.966	2.497.814	1.856.082
Ene	2.862.789	2.464.803	1.913.648
Feb	2.291.262	1.954.865	1.573.486
Mar	1.371.146	1.159.082	881.144
TOTAL	15.418.289	13.290.180	9.764.004

Fuente: Elaboración propia

Como conclusión se desprende que la demanda bruta actual es de 15,4 hm³ aproximadamente para la superficie de riego. En Situación Actual Optimizada la cifra llega a 13,3 hm³. Finalmente, las demandas futuras llegan a 9,8 hm³ aproximadamente para 932,2 ha. Es importante destacar que el valor obtenido no considera pérdidas en el sistema de conducción extrapredial. Estas pérdidas si se contemplan en el modelo de operación del embalse.

4.7. BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO

4.7.1. Beneficios Económicos Directos

El beneficio neto que la construcción del embalse El Carmen puede traer a la actividad agrícola se obtiene de la sustracción entre los beneficios de la Situación Futura y la Situación Actual Optimizada en forma de los flujos económicos obtenidos. Éstos contemplan tanto los márgenes agrícolas directos de los cultivos como los gastos indirectos generales, inversión en riego, conservación de suelos, asistencia técnica y habilitación de terrenos cuando corresponda.

Cabe destacar que los rendimientos de los cultivos se ven restringidos por la satisfacción de la demanda de los cultivos año a año del horizonte de estudio. Por ello, se ha utilizado la estadística de los últimos 30 años en el río El Carmen para calcular la satisfacción de la demanda anual para las 932,2 ha de riego.

Los flujos se presentan para el área de estudio, con un embalse de 7,5 hm³ de volumen útil, en el Cuadro 54.7.1-1 a precios de mercado y en el Cuadro 4.7.1-2 a precios sociales.

CUADRO 4.7.1-1
FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO
PRECIOS DE MERCADO (VALORES EN \$)

Año	SAO					SF							Flujo
	Margen Bruto	Costos Indirectos y GG	Asistencia Técnica	Puesta En Riego	Margen Neto	Margen Bruto	Costos Indirectos y GG	Asistencia Técnica	Puesta en Riego	Conservación Suelos	Habilitación de Suelos	Margen Neto	
0	1.316.628.366	80.168.013	0	0	1.236.460.353	1.316.628.366	80.168.013	0	0	0	0	1.236.460.353	0
1	1.381.596.119	80.168.013	104.509.568	48.411.757	1.148.506.780	1.052.757.540	92.260.077	113.497.685	192.879.238	37.701.681	0	616.418.860	-532.087.921
2	264.653.668	80.168.013	104.509.568	66.755.400	13.220.686	1.206.821.389	92.260.077	98.272.517	262.948.531	43.209.758	0	710.130.507	696.909.821
3	958.693.291	80.168.013	104.509.568	109.304.922	664.710.787	1.632.922.117	92.260.077	98.272.517	429.457.443	67.568.676	0	945.363.404	280.652.617
4	1.446.060.545	80.168.013	104.509.568	136.820.387	1.124.562.576	1.978.992.599	92.260.077	98.272.517	534.561.383	75.830.792	0	1.178.067.830	53.505.254
5	1.878.608.805	80.168.013	94.695.500	91.718.216	1.612.027.075	2.564.914.395	92.260.077	97.857.109	350.346.466	27.540.386	0	1.996.910.356	384.883.282
6	984.134.672	80.168.013	94.695.500	91.718.216	717.552.942	2.158.467.266	92.260.077	97.857.109	350.346.466	27.540.386	0	1.590.463.228	872.910.286
7	188.192.458	80.168.013	0	91.718.216	16.306.228	1.183.708.774	92.260.077	52.422.118	350.346.466	27.540.386	0	661.139.727	644.833.499
8	845.422.074	80.168.013	0	91.718.216	673.535.845	2.252.418.622	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	1.782.271.693	1.108.735.848
9	902.701.790	80.168.013	0	91.718.216	730.815.560	2.533.137.582	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.062.990.653	1.332.175.093
10	416.181.727	80.168.013	0	91.718.216	244.295.497	2.990.035.002	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.519.888.072	2.275.592.575
11	-40.256.960	80.168.013	0	91.718.216	-212.143.190	3.276.737.109	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.806.590.180	3.018.733.370
12	244.290.612	80.168.013	0	91.718.216	72.404.382	3.468.285.027	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.998.138.098	2.925.733.716
13	464.922.079	80.168.013	0	91.718.216	293.035.849	3.281.493.054	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.811.346.125	2.518.310.276
14	213.302.725	80.168.013	0	91.718.216	41.416.495	3.607.572.350	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	3.137.425.421	3.096.008.926
15	-311.473.903	80.168.013	0	48.411.757	-440.053.673	2.905.446.547	92.260.077	0	192.879.238	37.701.681	0	2.582.605.551	3.022.659.225
16	-388.806.856	80.168.013	0	66.755.400	-535.730.270	3.214.486.039	92.260.077	0	262.948.531	43.209.758	0	2.816.067.673	3.351.797.942
17	-733.515.782	80.168.013	0	109.304.922	-922.988.718	3.259.026.965	92.260.077	0	429.457.443	67.568.676	0	2.669.740.769	3.592.729.487
18	-421.446.969	80.168.013	0	136.820.387	-638.435.369	3.459.605.083	92.260.077	0	534.561.383	75.830.792	0	2.756.952.831	3.395.388.200
19	58.727.167	80.168.013	0	91.718.216	-113.159.063	3.547.469.692	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	3.077.322.763	3.190.481.825
20	495.426.089	80.168.013	0	91.718.216	323.539.860	3.080.713.601	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.610.566.672	2.287.026.812
21	1.569.331.119	80.168.013	0	91.718.216	1.397.444.889	3.381.138.640	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.910.991.711	1.513.546.822
22	1.551.260.391	80.168.013	0	91.718.216	1.379.374.161	2.936.923.814	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.466.776.885	1.087.402.724
23	1.579.229.356	80.168.013	0	91.718.216	1.407.343.126	2.709.062.088	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.238.915.159	831.572.032
24	1.751.668.253	80.168.013	0	91.718.216	1.579.782.024	2.463.342.719	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	1.993.195.790	413.413.767
25	-124.603.780	80.168.013	0	91.718.216	-296.490.010	2.253.410.549	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	1.783.263.620	2.079.753.630
26	299.998.901	80.168.013	0	91.718.216	128.112.671	2.751.242.474	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	2.281.095.545	2.152.982.874
27	-1.179.802.419	80.168.013	0	91.718.216	-1.351.688.649	2.273.720.300	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	1.803.573.371	3.155.262.019
28	-932.908.951	80.168.013	0	91.718.216	-1.104.795.181	1.210.964.687	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	740.817.757	1.845.612.938
29	-306.571.361	80.168.013	0	91.718.216	-478.457.590	2.059.951.437	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	1.589.804.508	2.068.262.099
30	-497.008.411	80.168.013	0	91.718.216	-668.894.641	2.312.509.409	92.260.077	0	350.346.466	27.540.386	0	1.842.362.480	2.511.257.121

Nota: Moneda Agosto 2011

UF
Dólar

\$ 20.948,64
\$ 457

Fuente. Elaboración propia

CUADRO 4.7.1-2
FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO
PRECIOS SOCIALES (VALORES EN \$)

Año	SAO					SF							Flujo
	Margen Bruto	Costos Indirectos y GG	Asistencia Técnica	Puesta En Riego	Margen Neto	Margen Bruto	Costos Indirectos y GG	Asistencia Técnica	Puesta en Riego	Conservación Suelos	Habilitación de Suelos	Margen Neto	
0	1.453.651.571	76.322.251	0	0	1.377.329.320	1.453.651.571	76.322.251	0	0	0	0	1.377.329.320	0
1	1.521.266.713	76.322.251	104.509.568	48.411.757	1.292.023.137	1.175.520.951	88.414.314	113.497.685	192.879.238	37.701.681	0	743.028.033	-548.995.105
2	406.286.756	76.322.251	104.509.568	66.755.400	158.699.537	1.340.566.552	88.414.314	98.272.517	262.948.531	43.209.758	0	847.721.432	689.021.895
3	1.102.419.937	76.322.251	104.509.568	109.304.922	812.283.195	1.786.801.941	88.414.314	98.272.517	429.457.443	67.568.676	0	1.103.088.991	290.805.795
4	1.592.281.199	76.322.251	104.509.568	136.820.387	1.274.628.993	2.148.772.981	88.414.314	98.272.517	534.561.383	75.830.792	0	1.351.693.974	77.064.981
5	2.027.354.451	76.322.251	94.695.500	91.718.216	1.764.618.484	2.736.907.277	88.414.314	97.857.109	350.346.466	27.540.386	0	2.172.749.001	408.130.517
6	1.128.682.671	76.322.251	94.695.500	91.718.216	865.946.703	2.337.792.481	88.414.314	97.857.109	350.346.466	27.540.386	0	1.773.634.205	907.687.502
7	307.698.254	76.322.251	0	91.718.216	139.657.786	1.344.844.327	88.414.314	52.422.118	350.346.466	27.540.386	0	826.121.042	686.463.256
8	947.061.879	76.322.251	0	91.718.216	779.021.412	2.409.109.899	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	1.942.808.732	1.163.787.320
9	1.007.145.388	76.322.251	0	91.718.216	839.104.921	2.705.403.116	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.239.101.949	1.399.997.028
10	532.348.544	76.322.251	0	91.718.216	364.308.077	3.184.378.493	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.718.077.326	2.353.769.249
11	86.159.314	76.322.251	0	91.718.216	-81.881.153	3.486.807.075	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	3.020.505.908	3.102.387.062
12	379.659.990	76.322.251	0	91.718.216	211.619.523	3.688.282.237	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	3.221.981.071	3.010.361.547
13	604.557.569	76.322.251	0	91.718.216	436.517.102	3.507.675.325	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	3.041.374.158	2.604.857.056
14	353.383.914	76.322.251	0	91.718.216	185.343.447	3.835.573.874	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	3.369.272.708	3.183.929.261
15	-175.211.414	76.322.251	0	48.411.757	-299.945.422	3.125.621.935	88.414.314	0	192.879.238	37.701.681	0	2.806.626.702	3.106.572.124
16	-258.446.879	76.322.251	0	66.755.400	-401.524.531	3.428.887.210	88.414.314	0	262.948.531	43.209.758	0	3.034.314.607	3.435.839.137
17	-600.761.886	76.322.251	0	109.304.922	-786.389.059	3.476.195.819	88.414.314	0	429.457.443	67.568.676	0	2.890.755.386	3.677.144.445
18	-283.433.038	76.322.251	0	136.820.387	-496.575.676	3.683.021.702	88.414.314	0	534.561.383	75.830.792	0	2.984.215.212	3.480.790.888
19	201.681.829	76.322.251	0	91.718.216	33.641.361	3.775.282.661	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	3.308.981.495	3.275.340.133
20	636.083.711	76.322.251	0	91.718.216	468.043.244	3.304.249.020	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.837.947.854	2.369.904.610
21	1.706.091.479	76.322.251	0	91.718.216	1.538.051.011	3.601.426.135	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	3.135.124.969	1.597.073.957
22	1.689.665.454	76.322.251	0	91.718.216	1.521.624.986	3.153.565.064	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.687.263.897	1.165.638.911
23	1.720.697.556	76.322.251	0	91.718.216	1.552.657.089	2.917.899.910	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.451.598.744	898.941.655
24	1.894.359.863	76.322.251	0	91.718.216	1.726.319.396	2.660.949.567	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.194.648.401	468.329.005
25	21.083.690	76.322.251	0	91.718.216	-146.956.777	2.442.375.176	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	1.976.074.010	2.123.030.786
26	447.995.834	76.322.251	0	91.718.216	279.955.367	2.942.210.402	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.475.909.236	2.195.953.869
27	-1.043.028.011	76.322.251	0	91.718.216	-1.211.068.478	2.466.646.799	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.000.345.633	3.211.414.110
28	-812.301.830	76.322.251	0	91.718.216	-980.342.297	1.376.812.460	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	910.511.293	1.890.853.591
29	-203.571.784	76.322.251	0	91.718.216	-371.612.251	2.208.296.414	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	1.741.995.248	2.113.607.499
30	-404.875.702	76.322.251	0	91.718.216	-572.916.169	2.470.014.314	88.414.314	0	350.346.466	27.540.386	0	2.003.713.148	2.576.629.317

Nota: Moneda Agosto 2011 UF \$ 20.948,64
Dólar \$ 457

Fuente. Elaboración propia

4.7.2. Generación de Empleo Agrícola

La utilización de mano de obra agrícola se desprende de las fichas técnico-económicas de cada cultivo, tanto para la Situación Actual como para la Futura con Proyecto. En el Cuadro 5.7.2-1 es posible observar el balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Actual y la Situación Futura (a partir de las fichas técnico-económicas de cultivos), en el cual destaca el crecimiento de 22,1% y 87,5% del empleo permanente masculino y femenino mensual, respectivamente. A esto se suma el aumento de las jornadas temporales anuales masculinas de 30,3% y 105,5% en el caso de las mujeres.

**CUADRO 4.7.2-1
GENERACIÓN DE EMPLEO AGRÍCOLA TOTAL ÁREA**

Tipo Jornada	SA	SF	Variación		
			Nº	% Total	% Anual
Jornadas Anuales Totales					
Masculinas	40.708	50.972	10.264	25,2%	1,89%
Femeninas	17.556	35.524	17.967	102,3%	6,05%
Jornadas Anuales Permanentes					
Masculinas	27.096	33.237	6.141	22,7%	1,72%
Femeninas	4.421	8.536	4.114	93,1%	5,63%
Empleos Mensuales Permanentes					
Masculinos	95	116	21	22,1%	1,68%
Femeninas	16	30	14	87,5%	5,38%
Jornadas Anuales Temporales					
Masculinas	13.612	17.735	4.124	30,3%	2,23%
Femeninas	13.135	26.988	13.853	105,5%	6,18%

Fuente: Elaboración propia

5. MODELO DE SIMULACIÓN SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE RIEGO RÍO EL CARMEN

5.1. GENERALIDADES

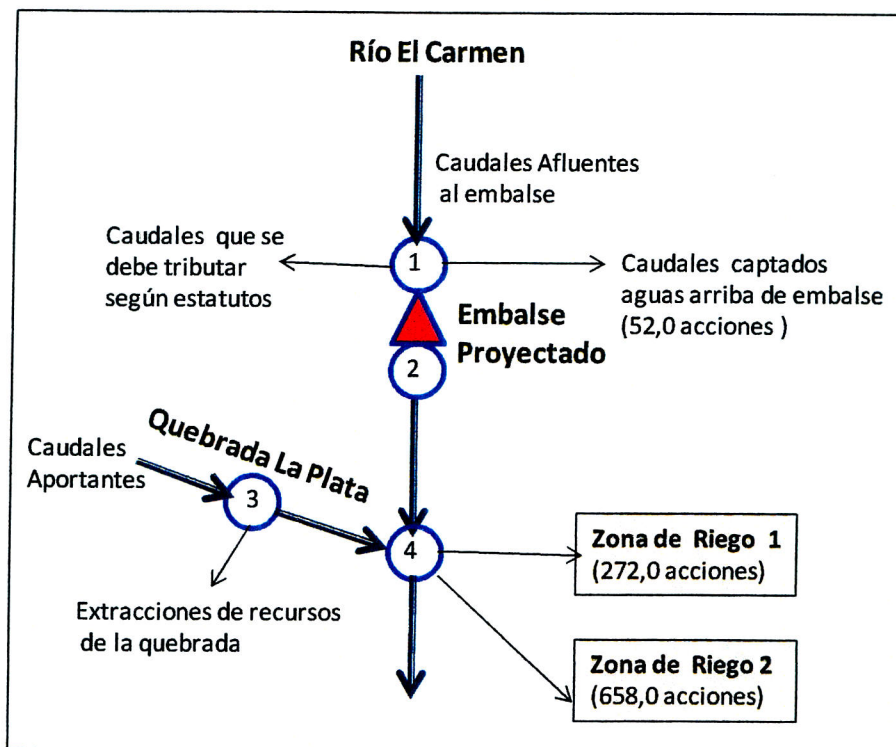
Se desarrolló un modelo de simulación hidrológica y operacional mensual del recurso superficial, con el objetivo de determinar el volumen útil de un embalse sobre el río El Carmen, que permita regar la superficie actualmente bajo riego, de 932 ha, con seguridad de 85%. Adicionalmente, se aplicó el modelo para elaborar las curvas de volumen requerido para el riego seguro de otras superficies, mayores y menores, a fin de determinar el tamaño óptimo de la presa, sobre la base de sus costos y beneficios.

5.2. SUPUESTOS Y CONSIDERACIONES DEL MODELO

En la Figura 5.2-1 se ilustra el esquema general del modelo de simulación desarrollado, el que se desarrolló de acuerdo con los Estatutos de la Junta de Vigilancia, que indican que el volumen embalsado en Santa Juana al 31 de marzo de cada año define la condición de tributación del río El Carmen hacia el río Huasco. En la Figura 5.2-2, se muestra la evolución de los volúmenes embalsados en Santa Juana para estos fines, desde que entró en operación.

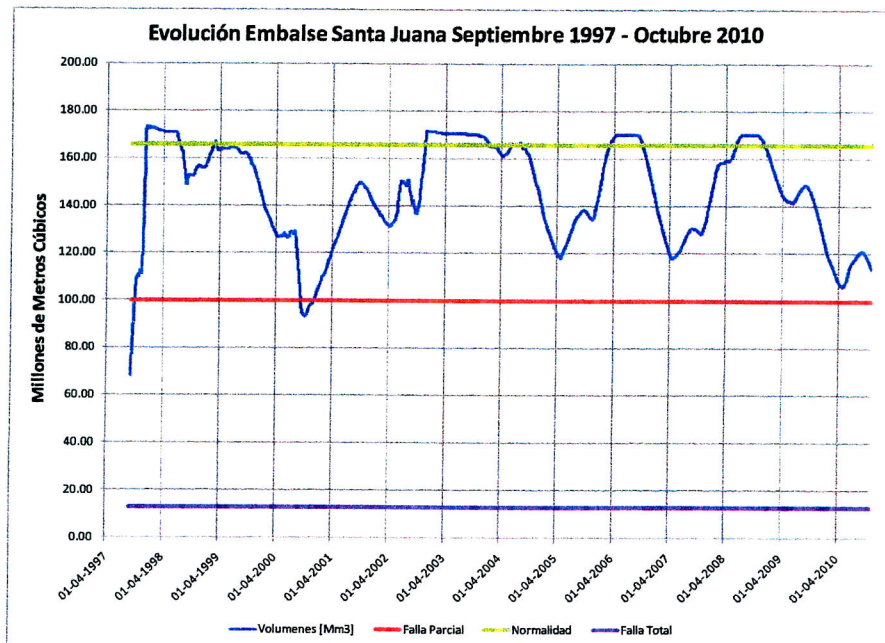
Se desarrollaron dos alternativas de tributación al embalse Santa Juana para el riego de la Tercera Sección, basadas la Alternativa 1 en un análisis de frecuencia a la estadística histórica de 60 años disponible, suponiendo que el embalse Santa Juana existía y que su tributación era conforme al tipo de año hidrológico producido, y la Alternativa 2 basada en el comportamiento del período de 15 años en que el embalse ha operado.

**FIGURA 5.2-1
ESQUEMA DEL MODELO DE SIMULACIÓN**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 5.2-2
VOLÚMENES HISTÓRICOS DEL EMBALSE SANTA**



Fuente: Elaboración propia

El promedio de tributación de la Alternativa 1 alcanzó al 17,4% y el de la Alternativa 2 al 20,2%, es decir, las diferencias no son mayormente significativas. En consecuencia, y a falta de mayor información, se adopta la Alternativa 2 para el estudio de los recursos, por ser más conservadora y por representar una tendencia más actualizada de la hidrología.

Se consideraron pérdidas de agua por conducción en los canales de tierra, mediante el modelo planteado por el U.S. Bureau of Reclamation el cual, basado en estudios efectuados en diferentes canales, propuso la siguiente fórmula empírica, conocida como fórmula de Moritz:

$$I = 0,0115 \cdot C \cdot \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

Siendo:

- I = Infiltración en (m³/s) por km de canal
- v = Velocidad media en (m/s)
- Q = Caudal en (m³/s)
- C = Constante que depende del tipo de terreno

Se estimó que el caudal promedio de los canales en tierra es de 157 L/s, la aplicación de la fórmula indicó que en la actualidad la pérdida promedio en los canales alcanza un 15,3%. Para el caso de los canales revestidos, se asume una pérdida promedio de un 5%. Con estos valores de pérdidas, se calculó los valores de pérdidas promedio ponderadas por los caudales de los canales, en cada sector, resultando finalmente los valores siguientes:

- Pérdida promedio sector 1: **14,3%**
- Pérdida promedio sector 2: **10,0%**

Para los canales que captan en la quebrada de la Plata, se asumió una pérdida similar al sector 1, esto es, de un 14,3%. Las curvas de embalse, se ilustran en la Figura 5.2-3, en tanto que la evaporación media alcanza a los 2.000 mm al año.

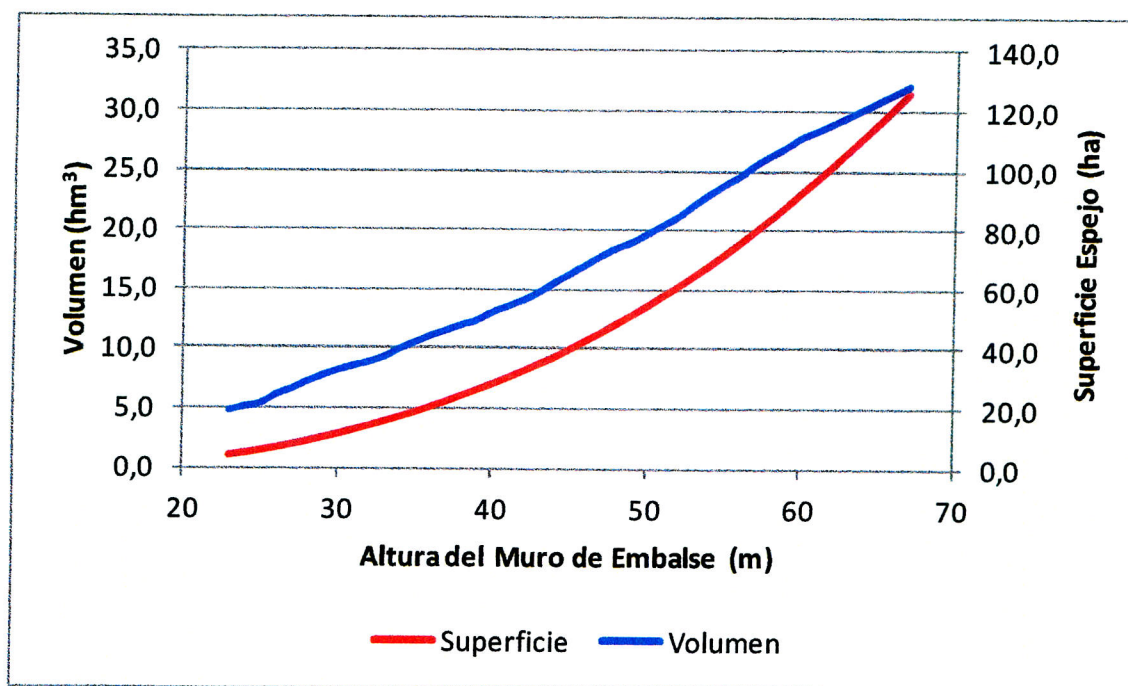
Para los efectos del modelo, se consideró una pérdida de agua en el río El Carmen asociada a cada zona de riego: El sector alto, asignado a la zona 1, es más angosto, rocoso y de suelo de poca profundidad. De acuerdo con los resultados de los aforos, la pérdida es de 0,08 %/km. Dado que la distancia promedio de las bocatomas al embalse es de 28,55 km, la pérdida media resultó ser de 1,142 %.

Por su parte, en la parte baja del río, que se asigna a la zona N°2, es más ancha y de suelos más profundos. La pérdida de agua en el río, de acuerdo con los aforos realizados es mayor y equivale a 0,54 %/km. Dado que la distancia promedio de las bocatomas al embalse es de 35,33 km, la pérdida media resultó ser de 10,68 %.

Finalmente, debido a las características geomorfológicas y de permeabilidad del valle, se consideró un reuso de las aguas, determinándose los coeficientes de reuso que se indican a continuación:

- Zona 1, en situación actual 42,0% y en situación con embalse 14,0%
- Zona 2, en situación actual 12,7% y en situación con proyecto 4,0%

FIGURA 5.2-3
CURVAS CARACTERÍSTICAS EMBALSE



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la regla de operación, se consideró una de carácter interanual, con una demanda máxima anual y sin límite inferior de entrega. También, se consideró la eventual instalación de una microcentral hidroeléctrica, para lo cual se consideró una eficiencia total de 87%.

5.3. OPERACIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO

De acuerdo con los resultados del modelo, la superficie total actualmente regada, 932 ha, tiene una seguridad de riego de un 36,6 %, lo que significa que, en promedio de largo plazo, uno de cada tres años se puede satisfacer la demanda de agua de riego. Con seguridad 85%, solamente se podría regar 113 ha.

Para la situación actual optimizada (SAO), con seguridad 85% sube de 113 ha a 132 ha y la seguridad del total de la superficie sube de 36,6% a 45,4%.

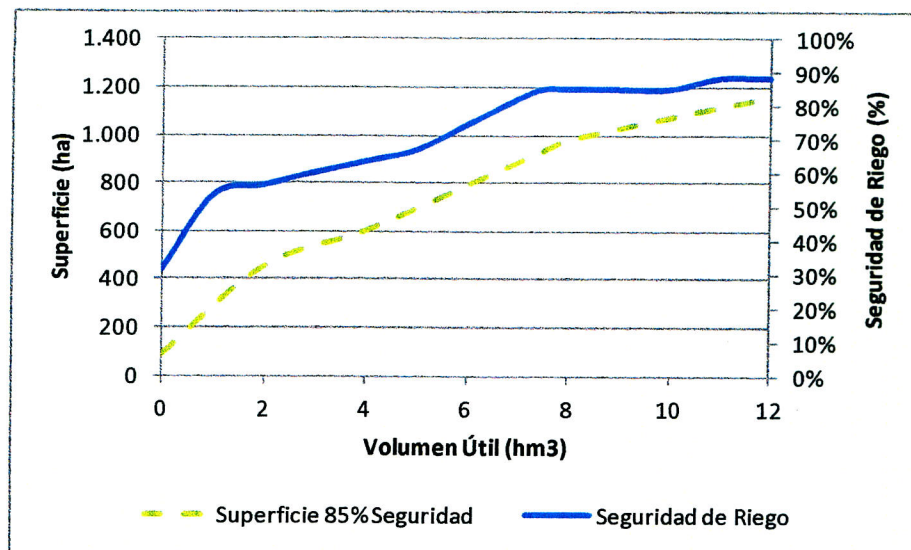
Por su parte, en la situación con proyecto se requeriría de un embalse de 7,5 hm³ para satisfacer con 85% el total de la superficie, siendo posible aumentar esta última con un embalse de capacidad mayor, según se aprecia en los gráficos de resultados del modelo, que se entregan en la Figura 5.3-1.

Según se puede apreciar en la Figura 5.3-1, se produce un quiebre o atenuación en la tendencia creciente de la seguridad de riego, a partir de un volumen útil de 7,5 hm³. Esto indica que no convendría intentar regar la superficie actual con seguridad superior a 85%, pero sí es posible intentar el riego de una mayor superficie a la actual, con la seguridad de 85%. De hecho, con un embalse de 12 hm³, se superan las 1.100 ha regadas con 85% de seguridad.

En relación con la posibilidad de aprovechamiento hidroeléctrico en el embalse mediante una minicentral, para el embalse de 7,5 hm³ de volumen útil, resulta una potencia instalada de 170 kW,

considerando un caudal de diseño de 600 L/s y altura de 34 m. Con esto se obtiene 0,94 GWh de generación promedio anual y un factor de planta de 0,65, lo cual en principio se estima podría ser de interés como para evaluarlo económicamente.

FIGURA 5.3-1
RESULTADOS MODELO DE SIMULACIÓN



Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis de sensibilidad a los resultados del modelo, obteniéndose que el volumen útil requerido del embalse para obtener una seguridad de riego de 85% varía entre 5,4 hm³ y 11 hm³, al variar las Tasas de Riego entre $\pm 20\%$, es decir, el volumen útil del embalse podría variar del simple al doble dependiendo de la variación de las demandas de agua consideradas, lo que revela que es bastante sensible a este factor. También, se analizó el caso en que hubiese condiciones diferentes de tributación, es decir, si en vez de tributar conforme a las reglas de operación del embalse Santa Juana, se tributara en forma independiente a él, según definición original de las acciones. En este caso, como alternativa a los 7,5 hm³, se requeriría de un embalse de capacidad 31 hm³. Por su parte, en el caso que los regantes del río El Carmen no tuviesen que tributar, la capacidad requerida de embalse bajaría a 5,9 hm³.

Finalmente, se recomienda que en estudios futuros se analice en detalle la operación conjunta del embalse en el río El Carmen con el embalse Santa Juana, en el contexto de la cuenca del río Huasco completa. De esta forma, será posible aplicar reglas de operación como sistema, lo que permitirá optimizar el uso de recursos hídricos para todos los usuarios.

ESCENARIOS DE PROYECTO

Los escenarios de proyecto tienen relación directa con la evaluación de las obras, es decir, cuales son las alternativas de obras que se someterán a evaluación, considerando tres posibles usos para el embalse: riego, hidrogenación y control de crecidas.

Previo a la evaluación, se analizaron tres alternativas de tipo de muro para la presa:

- Gravas compactadas, CFGD, con vertedero lateral tradicional excavado en la roca.
- Gravas compactadas, CFGD, con vertedero de copa
- Hormigón rodillado, RCC

Los tres tipos de presa anteriores presentan diferencias conceptuales importantes, por cuanto se trata de una presa de más de 30 m de altura, y por exigencias de la DGA su vertedero debe ser verificado para una crecida de 10.000 años de período de retorno, lo que podría originar tamaños, o alturas de presa, diferentes para los diferentes tipos de muro.

Las condiciones anteriores, permitieron seleccionar una presa del tipo hormigón rodillado, claramente más económica que el resto. Luego, se definieron 5 escenarios de tamaño del proyecto para pre diseñar y definir una curva de costos en función de la capacidad. Estos se indican en el Cuadro 6-1.

**CUADRO 6-1
ALTERNATIVAS DE TAMAÑOS DE PRESA DISEÑADOS**

Volumen Riego (hm³)	Volumen Muerto (hm³)	Volumen Útil (hm³)	Superficie Riego 85% segura (ha)
3,9	1,1	5,0	615,3
6,9	1,1	8,0	880,4
8,0	1,1	9,1	982,3
10,6	1,1	11,7	1.107,2
13,7	1,1	14,8	1.219,7

Fuente: Elaboración propia

7. DISEÑOS PRELIMINARES Y PRESUPUESTOS

7.1. ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA

Habiéndose descartado una presa del tipo de tierra, por no existir finos en cantidad en la zona, y siendo una presa de enrocados mucho más cara que una de gravas, las alternativas que se analizaron finalmente las siguientes:

- Presa del tipo RCC
- Presa del tipo CFGD con vertedero lateral
- Presa del tipo CFGD con vertedero de copa

En Figura 7.1-1, se ilustra un perfil transversal tipo de la presa de gravas compactadas y en la Figura 7.1-2, uno de la presa de hormigón rodillado. Los diseños corresponden a un tamaño de presa de 10,6 hm³, o cota de coronamiento 2.070 m.s.n.m., utilizado para fines comparativos de los tres tipos de presa.

La presa de gravas compactadas se construye sobre la misma grava existente y se impermeabiliza con una pared de hormigón por aguas arriba, desde la cual un plinto la une a una pared moldeada vertical, que se desarrolla hasta una profundidad en que el fluvial está bien consolidado, y a partir de allí se continua con inyecciones de impermeabilización hasta una profundidad equivalente a la altura normal de la presa. Los taludes de la presa son H:V=1,8:1. Su vertedero se diseñó del tipo tradicional, excavado en la roca de la ladera derecha, y del tipo vertedero de copa. La capacidad es de 356,9 m³/s para un período de retorno de 1.000 años, y se verificó para un período de retorno de 10.000 años.

Por su parte, la presa de hormigón rodillado se construye sobre un relleno de hormigón pobre de 18 m de espesor, que reemplaza al fluvial más superficial, de modo de apoyarse en un fluvial consolidado, con alto módulo de Young, de manera de evitar asentamientos que pongan en riesgo la estructura de la presa. El túnel de desvío se diseña para un caudal de 23,1 m³/s, período de retorno 20 años, y las obras de entrega son para un caudal máximo de 3,0 m³/s.

En el Cuadro 7.1-1, se resumen los presupuestos para los fines comparativos. El Cuadro anterior es categórico para seleccionar finalmente un tipo de presas de hormigón rodillado. El diseño debe optimizarse con prospecciones de mayor detalle en la etapa de factibilidad.

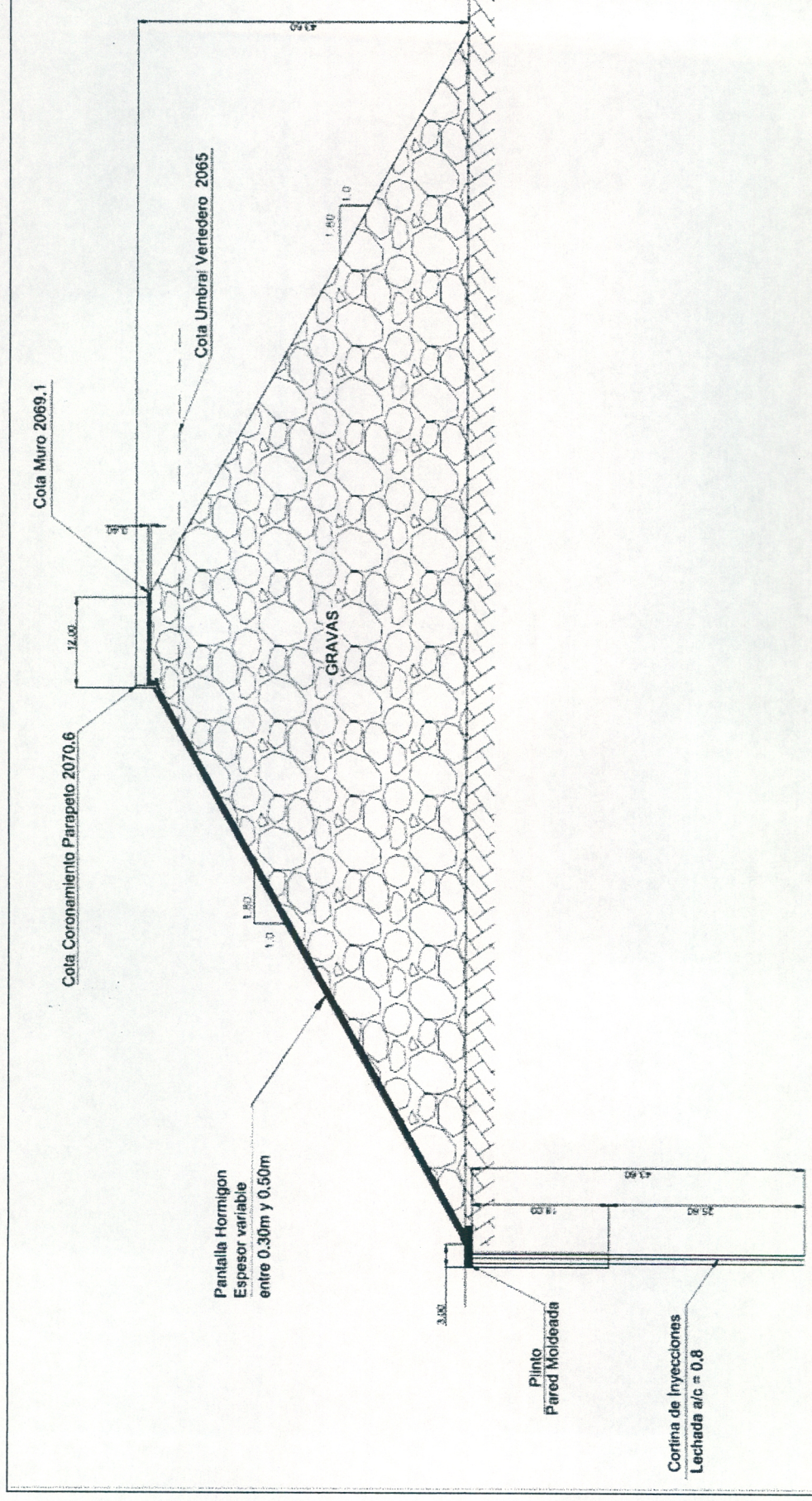
CUADRO 7.1-1
RESUMEN DE PRESUPUESTOS ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA	Costo Total
CFGD - V.LATERAL	30.522.877.938
CFGD - V.MORNING	23.910.629.892
RCC Hormigón Rodillado	17.541.042.668

Nota: Moneda Agosto 2011 UF \$ 20.948,64
 Dólar \$ 457

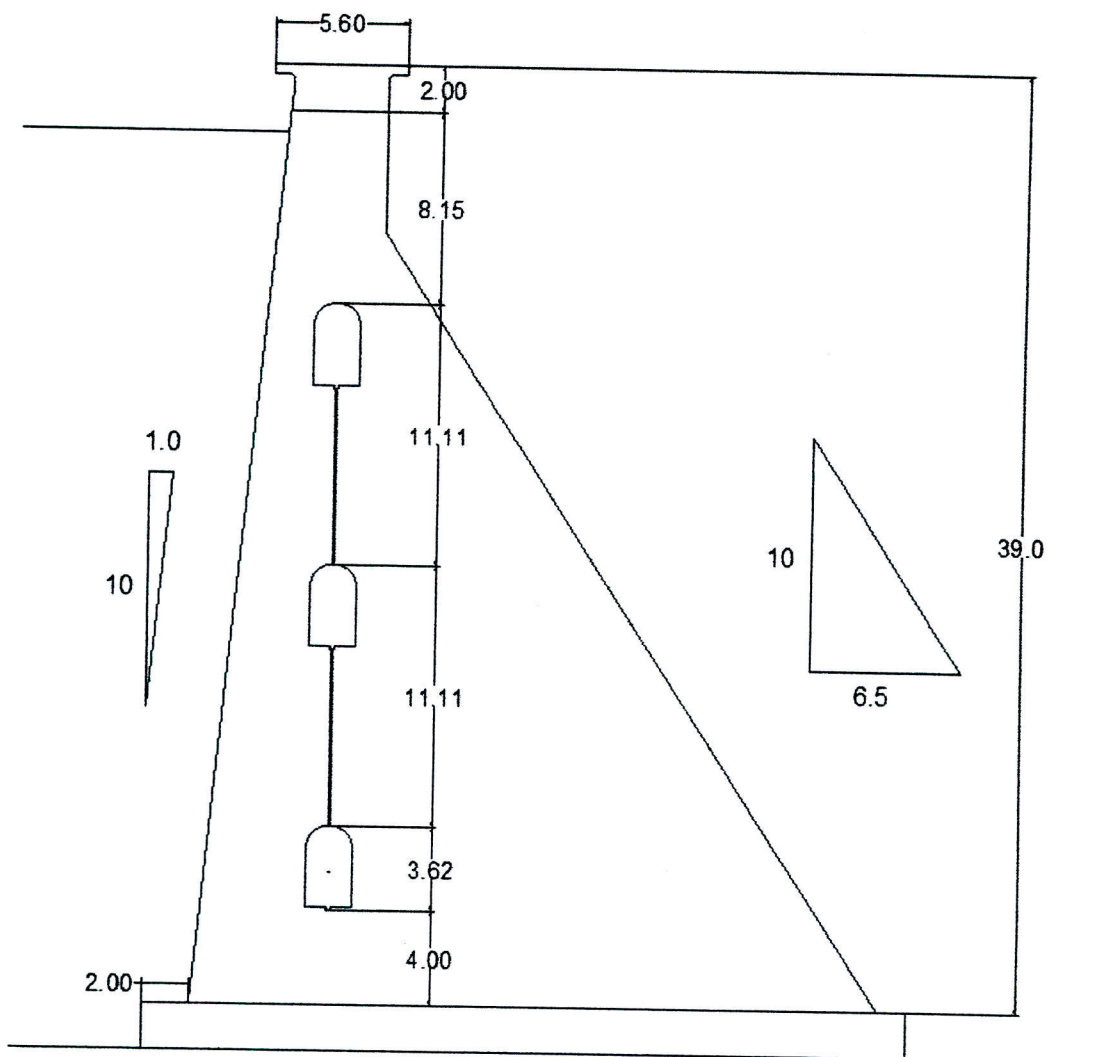
Fuente. Elaboración propia

FIGURA 7.1-1
GEOMETRÍA DE LA PRESA DE GRAVAS COMPACTADAS: CFGD



Fuente. Elaboración propia

FIGURA 7.1-2
GEOMETRÍA DE LA PRESA DE HORMIGÓN RODILLADO: RCC



Fuente: Elaboración propia

7.2. DISEÑOS PARA OTROS TAMAÑOS DE PRESA

Sobre la base del diseño básico expuesto precedentemente, se diseñaron los 5 tamaños de presa expuestos en el numeral 7 anterior, los que se resumen a continuación:

- Volumen 13,7 hm³: Considera un volumen útil de embalse de 13,7 hm³ para riego, que fue obtenido del modelo de simulación del embalse para una superficie de riego seguro de 1.220 ha y se alcanza con una altura de umbral de 43,3 m y cota de coronamiento 2.074,0 m.s.n.m.
- Volumen 10,6 hm³: Considera un volumen útil de embalse de 10,6 hm³ para riego, que fue obtenido del modelo de simulación del embalse para una superficie de riego seguro de 1.107 ha y se alcanza con una altura de umbral de 39,4 m y cota de coronamiento 2.070,0 m.s.n.m.

- Volumen 8,0 hm³: Considera un volumen útil de embalse de 8,0 hm³ para riego, que fue obtenido del modelo de simulación del embalse para una superficie de riego seguro de 982 ha y se alcanza con una altura de umbral de 35,6 m y cota de coronamiento 2.066,5 m.s.n.m.
- Volumen 6,9 hm³: Considera un volumen útil de embalse de 6,9 hm³ para riego, que fue obtenido del modelo de simulación del embalse para una superficie de riego seguro de 880 ha y se alcanza con una altura de umbral de 33,7 m y cota de coronamiento 2.064,5 m.s.n.m.
- Volumen 3,9 hm³: Considera un volumen útil de embalse de 3,9 hm³ para riego, que fue obtenido del modelo de simulación del embalse para una superficie de riego seguro de 615 ha y se alcanza con una altura de umbral de 27,5 m y cota de coronamiento 2.058,0 m.s.n.m.

Los costos de cada diseño se presentan en el Cuadro 7.2-1.

**CUADRO 7.2-1
RESUMEN DE PRESUPUESTOS**

COTA (m.s.n.m.)	VOLUMEN ÚTIL (hm³)	PRECIOS PRIVADOS (\$)	PRECIOS SOCIALES (\$)
2.058,0	3,9	13.103.324.854	12.026.638.366
2.064,5	6,9	15.569.591.262	14.335.582.878
2.066,5	8,0	16.399.595.323	15.112.348.590
2.070,0	10,6	17.988.351.325	16.599.725.721
2.074,0	13,7	19.959.807.362	18.445.033.078

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 7.2-1, la capacidad de 8,0 hm³ es la necesaria para regar con 85% de seguridad una superficie algo mayor a la actual, 982 ha, y la capacidad de 6,9 hm³ es la capacidad requerida para regar la misma superficie si los canales estuviesen revestidos. O sea, el revestimiento de los canales significa pasar de 880,4 ha a 982,3 ha con seguridad 85%, con un embalse de 6,9 hm³ de volumen para riego.

Por su parte, de acuerdo con las bases del estudio, la generación hidroeléctrica queda supeditada al uso de las aguas para riego, es decir al mejor tamaño de proyecto para riego. De todas formas, para este uso también se elabora más adelante una curva que permita evaluar los beneficios y costos asociados a la hidrogenación para diferentes tamaños de embalse.

Por otra parte, se visualizó y verificó la conveniencia de no instalar la central hidroeléctrica a pié de embalse, sino que unos 1,1 km más abajo, de modo de aprovechar un fuerte aumento de la pendiente del río para lograr mayor altura de generación.

Con respecto al control de crecidas, se definió el efecto regulador del embalse para las crecidas de invierno, planteándose que las de deshielo son pronosticables y manejables en tiempo real, y se analizó la conveniencia de aumentar la capacidad del embalse con el sólo propósito de regular crecidas.

En mérito de lo expuesto, los escenarios básicos de análisis son los siguientes:

- Escenario 1: Embalse destinado solamente para riego, considerando el efecto regulador de crecidas de invierno. Se evalúa y determina el tamaño óptimo.

- Escenario 2: Embalse destinado para riego y generación hidroeléctrica, considerando el efecto regulador de crecidas en invierno.
- Escenario 3: Para los escenarios anteriores, se evalúa la conveniencia de destinar 1 m de altura adicional solamente para el control de crecidas, o 2 m, o 3 m.

8. MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA (MCH)

Se realizó el prediseño de una central hidroeléctrica para tres tamaños de presa, a fin de elaborar una curva de costos y beneficios en función del tamaño. La Figura 8-1, muestra el lugar finalmente seleccionado para la construcción. Este lugar se encuentra 1,1 km alejado del pie de la presa, para aprovechar una mayor altura de generación como producto de la pendiente del río.

FIGURA 8-1
UBICACIÓN DE MCH 1,1 KM AG. ABAJO DEL PIE DE LA PRESA (ALTERNATIVA 2)



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

La ubicación anterior, permite también que la longitud de la línea de transmisión hasta la localidad de El Corral, sea de 8,9 km. En Cuadro 8-1, se entregan las características de los diseños para los tres tamaños de presa, según su ubicación, a pie de embalse o a 1,1 km aguas abajo de la presa. El tipo de turbina y las características principales del diseño de la central, se entregan en Cuadro 8-2. El análisis de costos, se representa en la Figura 8-2, que ilustra el costo medio anual equivalente de producción y el precio promedio de venta de la energía.

CUADRO 8-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO MCH

Parámetro de Diseño	Opción					
	MCH al pie de la presa			MCH 1,1 km Ag. Abajo de pie de presa		
	1-V3.0	1-V7.5	1-V9.5	2-V3.0	2-V7.5	2-V9.5
Cota Pelo de Agua Embalse (m.s.n.m.)	2.052	2.062	2.065	2.052	2.062	2.065
Cota Pelo de Agua Descarga (m.s.n.m.)	2.028	2.028	2.028	2.002	2.002	2.002
Altura Bruta (m)	23,8	33,7	37,0	49,9	59,8	63,1
Longitud Tubería Presión tramo descarga presa (m)	210	210	210	210	210	210
Material Tubería Presión tramo descarga presa	Acero			Acero		
Diámetro Tubería Presión tramo descarga presa (m)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Velocidad Máxima en tramo descarga presa (m)	3,04	4,14	4,47	3,04	4,14	4,47
Pérdidas de Carga Máximas en tramo descarga presa (m)	5,42	10,04	11,71	5,42	10,04	11,71
Longitud Tubería Presión tramo pie de presa hasta km 1,3 (m)	0	0	0	1100	1100	1100
Material Tubería Presión tramo pie de presa hasta km 1,3	-			P.R.F.V.		
Diámetro Tubería Presión tramo pie de presa hasta km 1,3 (m)	0	0	0	0,55	0,65	0,65
Velocidad Máxima en tramo pie de presa hasta km 1,3 (m)	0	0	0	2,80	2,73	2,96
Pérdidas Carga Máx. en tramo pie de presa hasta km 1,3 (m)	0	0	0	15,21	11,73	13,72
Caudal de Mínimo Disponible (m³/s)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Caudal de Promedio Disponible (m³/s)	0,32	0,44	0,48	0,32	0,44	0,48
Caudal de Máximo Disponible (m³/s)	1,01	1,37	1,48	1,01	1,37	1,48

Fuente: Elaboración propia

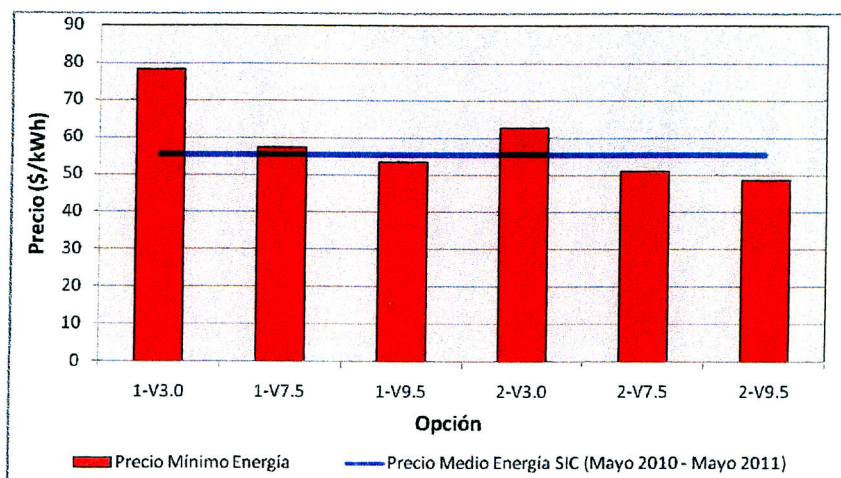
CUADRO 8-2
RESUMEN CARACTERÍSTICAS MCH

Parámetro de Diseño	Opción					
	MCH al pie de la presa			MCH ubicada 1,1 km Ag. Abajo del pie de la presa		
	1-V3.0	1-V7.5	1-V9.5	2-V3.0	2-V7.5	2-V9.5
Caudal de Diseño (m³/s) = (Qprom dispon + Qmax dispon) / 2)	0,66	0,91	0,98	0,66	0,91	0,98
Altura de Diseño (m) = (Hn correspondiente al Qd)	21,46	29,33	31,86	32,35	43,69	44,24
Tipo de Turbina	Flujo Cruzado			Flujo Cruzado		
Eficiencia Máxima de la Turbina	85%			85%		
Eficiencia Generador	92%			92%		
Eficiencia Transmisión	95%			95%		
Eficiencia Global Máxima	74%			74%		
Potencia Instalada (kW)	104	194	228	157	289	316
Energía Generada Anualmente (MWh/año)	402	698	804	747	1.183	1.292
Factor de Planta	44,1%	41,1%	40,3%	54,4%	46,7%	46,6%

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior, se concluye que es más conveniente construir la central a 1,1 km del pie de la presa, y que la central es más rentable a medida que aumenta el tamaño del embalse. El tamaño de 3 hm³ no resulta rentable. En todo caso, aunque las cifras son positivas para los tamaños mayores, la conveniencia de construir una central o no, debe analizarse con mayor profundidad y decidirse a nivel de factibilidad definitiva.

FIGURA 8-2
PRECIO VENTA ENERGÍA Y COSTO MEDIO ANUAL



Fuente: Elaboración propia

9. CONTROL DE CRECIDAS

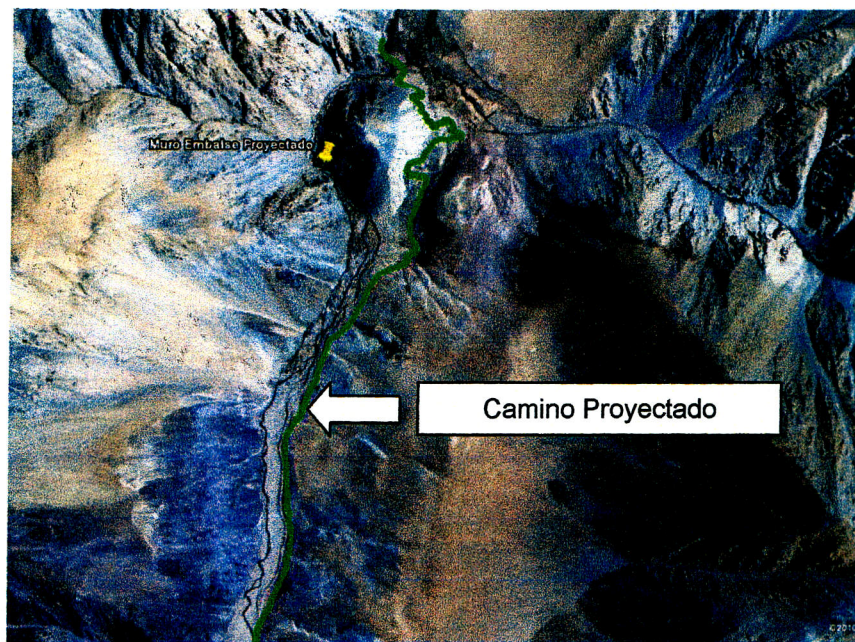
Se determinó el efecto regulador del embalse para controlar las crecidas de invierno, planteándose que las crecidas de deshielo son pronosticables y por lo tanto es posible manejarlas en tiempo real. A continuación, se analizó la conveniencia de considerar un volumen adicional al requerido por el embalse para riego, concluyéndose que el costo de las obras para ello era mayor a los beneficios esperados, por lo que no era conveniente considerar un mayor volumen de embalse.

En todo caso, el beneficio medio esperado, por daños evitados por el efecto regulador del embalse de riego, alcanza la cifra de 15,5 millones de pesos al año.

10. INTERFERENCIAS Y EXPROPIACIONES

La única interferencia que presenta el proyecto, corresponde a la variante que es necesario construir como by pass al embalse, del actual camino a Pascua Lama, ruta C-489. La variante tiene una longitud aproximada de 6,0 km y comienza a tomar cota desde aguas debajo de la confluencia con la quebrada La Plata. Se interna por ésta y cruza por un portezuelo hacia el valle alto del río El Carmen. El ancho del camino es de 9,0 m y presenta una pendiente inferior al 10%. La Figura 10-1 ilustra el trazado, en tanto que el Cuadro 10-1 entrega el costo final de las obras, tanto a precios privados como sociales. Las expropiaciones para la franja, por su parte, alcanzan un valor en el entorno de los 80 millones de pesos.

FIGURA 10-1
CAMINO PROYECTADO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO 10-1
DETALLE DE COSTOS CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS

Construcción de caminos	unidad	cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Excavación abierta en roca con explosivo	m³	39.992	46.379	1.854.799.589
Excavaciones abiertas en roca	m²	93.315	14.706	1.372.293.346
Relleno Terraplén	m³	105.502	5.287	557.790.872
Cruce de Quebradas	un	18	5.000.000	90.000.000
Puente cruce Río Carmen	un	1	35.000.000	35.000.000
Total Costo Directo				3.909.883.806
Gastos Generales y Utilidades: 50%				1.954.941.903
Total Costo				5.864.825.709

Nota: Moneda Agosto 2011 UF \$ 21.948,64
Dólar \$ 457

Fuente: Elaboración propia

11. ESTUDIO ANÁLISIS AMBIENTAL (EAA)

El EAA del presente estudio abarca los aspectos más relevantes referentes a la evaluación de los impactos ambientales potenciales de acuerdo al tipo de obra y a la alternativa de ubicación escogida, exponiendo también la legislación ambiental aplicable y la pertinencia de ingreso al Sistema de Evaluación de

Impacto Ambiental (SEIA). Del mismo modo se propusieron medidas ambientales (mitigación, reparación y/o compensación) tentativas y sus costos asociados estimados.

El proyecto debe someterse al SEIA mediante la elaboración de un EIA, dado que cumple con los requisitos estipulados con la Normativa Ambiental vigente en Chile.

De forma adicional, se ha realizado un análisis preliminar de impactos potenciales, en el cual se concluye que, dado el tipo de obra, los componentes más afectados serían aquellos pertenecientes al medio biótico, principalmente flora y fauna acuática, por la presencia de especies en peligro de extinción, seguido del componente hidrológico (alteración de regímenes naturales de caudales y sedimentos) tanto en las etapas de operación como construcción. A esto se suma el hecho de que el proyecto se ubica en un sitio clasificado como "prioritario" dentro de la Estrategia Regional de Biodiversidad. La evaluación y valoración de impactos potenciales fue llevada a cabo mediante la integración de distintos criterios, entre los cuales se incluye aquellos referidos a las actividades propiamente tal y otros referidos a la sensibilidad ambiental. El resultado de este análisis estuvo fuertemente condicionado a la información disponible respecto de los componentes ambientales, siendo esta, en la mayoría de los casos de carácter muy general y obtenida a partir de recopilación bibliográfica (principalmente para los componentes del medio biótico).

Se realizó también una estimación preliminar de costos ambientales asociados a la ejecución de un conjunto de medidas de mitigación, reparación y/o compensación que han sido propuestas de forma tentativa. A los costos mencionados debe sumarse el valor de la realización del EIA. Los costos totales se muestran en el Cuadro 11-1.

CUADRO 11-1
COSTOS AMBIENTALES TOTALES (PESOS CHILENOS)

Ítem	Alternativas de Volumen Útil (hm³)				
	3,9	6,9	8	10,6	13,7
Implementación de Medidas de Mitigación, Reparación y /o Compensación, planes de monitoreo y otras medidas tentativas	621.439.076	738.874.288	778.401.954	854.065.102	947.945.056
Realización EIA, Tramitación y obtención de RCA	170.000.000	170.000.000	170.000.000	170.000.000	170.000.000
Total (pesos chilenos)	791.439.076	908.874.288	948.401.954	1.024.065.102	1.117.945.056

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se ha recomendado la realización de algunos estudios ambientales específicos de flora y fauna tanto terrestre como acuática, y estudios sobre caudal ecológico con el fin de afinar el conocimiento referente a estos temas y aumentar así el nivel de claridad y seguridad al momento de evaluar el impacto ambiental correspondiente, con todo lo que esto involucra en términos de la toma de decisiones futuras, planificación y manejo. Estos estudios, se propone, debieran realizarse para el Estudio de Factibilidad del mismo proyecto. Estos estudios servirán para afinar el conocimiento referente a estos temas y aumentar así el nivel de claridad y seguridad al momento de evaluar el impacto ambiental correspondiente, con todo lo que esto involucra en términos de la toma de decisiones futuras, planificación y manejo. Estos estudios, se propone, debieran realizarse para el Estudio de Factibilidad del mismo proyecto.

12. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la evaluación económica, tanto a precios privados como sociales, se han considerado los siguientes escenarios de análisis:

- Evaluación Sólo Uso Riego
- Evaluación Riego y Generación Hidroelectricidad
- Evaluación, Riego, Generación Hidroelectricidad y Control de Crecidas

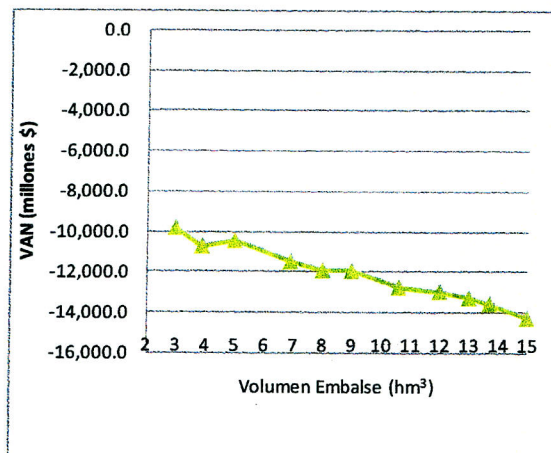
Para la determinación de la mejor alternativa de embalse, se consideraron diferentes volúmenes útil de embalse, variando entre 2,0 hm³ y 15,0 hm³. En la Figura 12-1 se presenta la variación del VAN, IVA, y Tir precios privados. En la Figura 12-2 se presentan los mismos indicadores a precios sociales para el embalse sin minicentral hidroeléctrica. Al analizar los resultados se observa que a precios privados ninguna de las alternativas de embalse resulta rentable. No obstante, a precios sociales, desde 5,0 hm³ el proyecto comienza a ser rentable, siendo la alternativa mejor evaluada la correspondiente a 13,7 hm³, con un VAN de \$ 7.194,5 millones y una TIR igual 8,08%.

El análisis de sensibilidad, se centra sólo en el análisis de las variables costo y beneficio agronómico para el embalse recomendado, es decir el embalse de 13,7 hm³. Las restantes variables presentes son de muy baja magnitud, por lo que no tienen grandes efectos en la rentabilidad del proyecto. A precios privados el proyecto es rentable si los costos disminuyen en un 65,3%. Por otra parte, a precios sociales, el proyecto deja de ser rentable si los costos de las obras del embalse aumentan un 40,3 %. En siguiente lugar, si los beneficios agronómicos aumentan en un 144,2 % a precios privados el proyecto se hace rentable. Por último, si los beneficios se reducen un 25,7%, el proyecto deja de ser rentable a precios sociales.

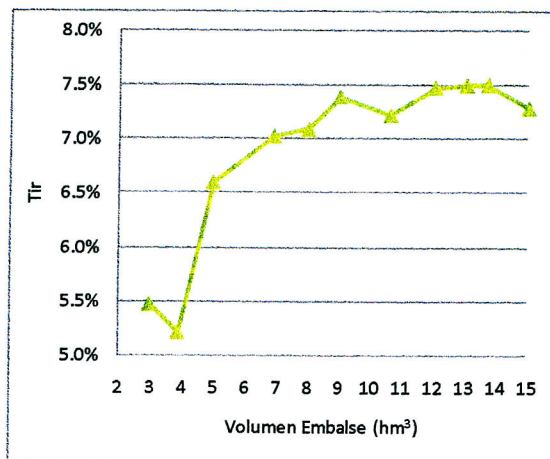
En forma alternativa se procede a evaluar el proyecto con los métodos alternativos del Valor Incremental de la Tierra y de las Transacciones. En el primer caso, se identifica el efecto de aumento de la superficie cultivada debido al proyecto. Al comparar la superficie regada entre la Situación Actual Optimizada y la superficie de riego segura para diferentes volúmenes de embalse. De esta manera se puede determinar la diferencial de superficie asociada al proyecto. Utilizando la base de datos de ODEPA, se determinó que en promedio el precio de la hectárea en la región se sitúa cerca de \$ 4,5 (variando entre \$3,4 y \$ 5,9 millones). Por otra parte, para determinar el costo de las transacciones de agua, se recurre a la información de los procesos tarifarios de las empresas de agua potable, en lo que se denomina la determinación del Valor del Agua Cruda o VAC. Para el caso de la región, se utiliza la información de la empresa Aguas Chañar S.A, que muestra que el VAC asciende a 76 UF/L/s. Al analizar los resultados obtenidos se observa que el método de las transacciones no permite definir un óptimo económico. De hecho, todas las alternativas son no rentables. Lo anterior se debe probablemente a que el proceso de cálculo sólo da valor a la compra del agua y no a su verdadero uso, lo que en definitiva subestima su efecto económico. Por otra parte, el método del valor incremental de la tierra permite llegar al mismo óptimo económico dado por el método del presupuesto, básicamente ya que le da valor económico a la misma cantidad de tierra, a la cual se le da valor económico de una manera distinta.

FIGURA 12-1
INDICADORES A PRECIOS PRIVADOS

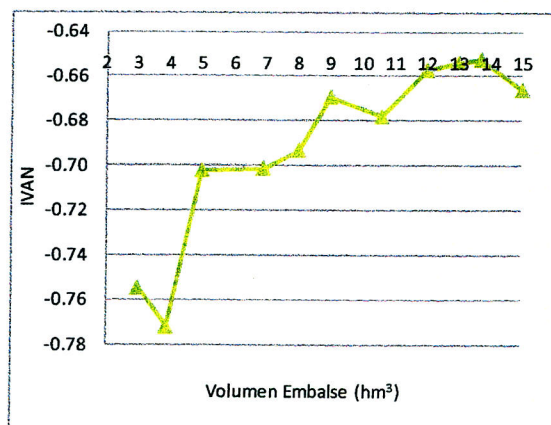
Valor Actual Neto



Tasa Interna de Retorno



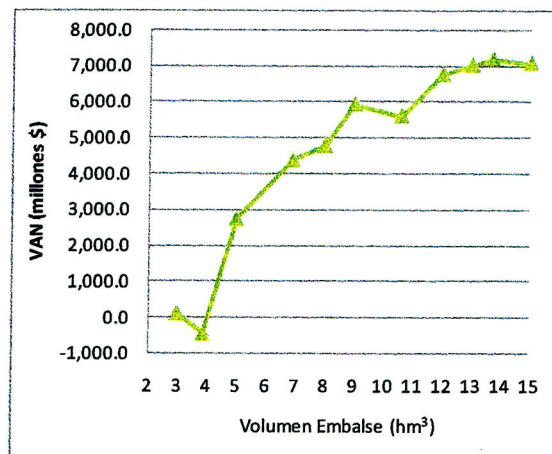
IVAN



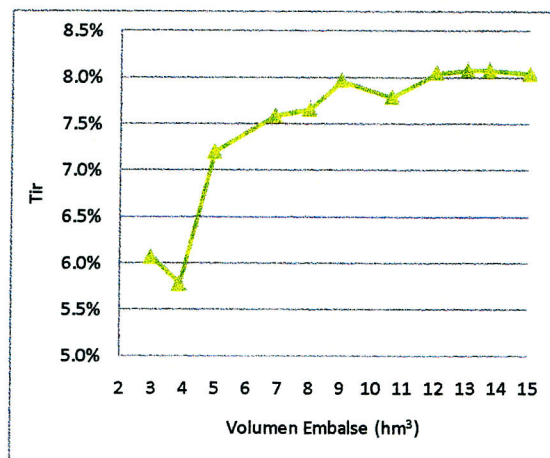
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 12-2
INDICADORES A PRECIOS SOCIALES

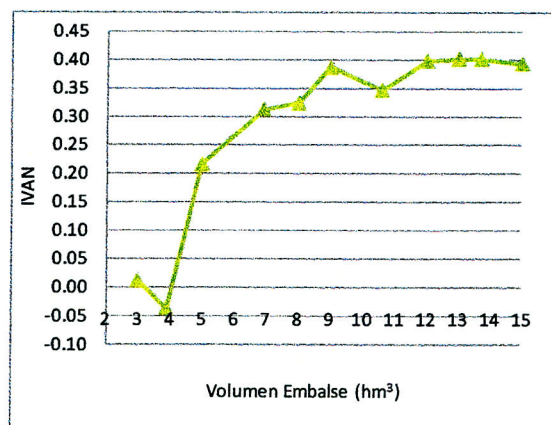
Valor Actual Neto



Tasa Interna de Retorno



IVAN



Fuente: Elaboración propia

Para efectos de esta consultoría, a nivel de prefactibilidad, se recomienda:

- Continuar con los estudios de factibilidad.
- Considerar la alternativa de 13,0 hm³ como la capacidad más probable.
- Estudiar con profundidad la conveniencia de agregar una central hidroeléctrica.

13. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La presente sección expone los resultados finales de las diversas actividades de Participación Ciudadana (PAC) y el diagnóstico de participación ciudadana que nace del análisis de los datos recolectados con los diversos instrumentos cualitativos generados para tal fin y desarrollados durante todo el Estudio de Mejoramiento del Sistema de Riego Río El Carmen, Región de Atacama.

El objetivo general del componente de participación ciudadana es integrar a los actores sociales relevantes con presencia en el territorio de intervención en el desarrollo del Proyecto, a través de distintos espacios de participación (entrevistas, talleres de trabajo, encuentros y otras actividades), que permitan, por una parte, informar a la comunidad y por otra, recoger sus inquietudes, intereses y opiniones, incorporándolas en el Proyecto, cuando sea pertinente.

El Plan de Participación Ciudadana contó con cuatro tipos de actividades: (1) Revisión de antecedentes; (2) Talleres/Reuniones de participación ciudadana; (3) Entrevistas semiestructuradas a actores clave; (4) Focus group o grupos de discusión. Todas ellas entregaron información fundamental para el desarrollo del Diagnóstico Territorial, el Diagnóstico de Desigualdades de Género y el análisis de gestión participativa.

13.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio, perteneciente a la comuna de Alto del Carmen, se encuentra en la cuenca del río El Carmen, zona rural dedicada principalmente a la agricultura, donde se presenta principalmente una agricultura de subsistencia, familiar campesina, con algunas superficies mayores de cultivo que muestran una agricultura a mayor escala, y pequeña ganadería en la parte alta del valle.

Según el Censo 2002, la comuna de Alto del Carmen tenía 4.840 habitantes, con una población totalmente rural, abarcando el 22,2% de la población rural de la región. Se estima, en base a la proyección de población, un leve descenso en el total de población comunal, llegando para el 2010 a unos 4.825 habitantes. La encuesta CASEN (2009) indica que un 22% de la población comunal dice pertenecer a alguna étnia.

En el tema educacional, el promedio años de estudio de la Comuna de Alto del Carmen es de 8,1 años, siendo menor al promedio regional (10,3 años), correlacionándose con la tasa de analfabetismo comunal, que es de 9,1%, siendo mayor a la regional (2,4%).

En salud, el 95,4% de la población comunal pertenecen a FONASA o no tienen previsión de salud. En el área de Estudio se ubican dos postas rurales (en Las Breas y San Félix), que cuentan con un paramédico permanente y la visita del equipo médico una (Las Breas) y dos veces (San Félix) a la semana. El Corral posee una estación médico rural que no cuenta con paramédico, y que recibe la visita del equipo médico una vez al mes. En Alto del Carmen existe un Centro de Salud Familiar, el que entrega las primeras atenciones en caso de gravedad y luego los pacientes se derivan al Hospital de Vallenar, en el caso de ser necesario.

En relación a la vivienda, la comuna posee un 47,9% de viviendas clasificadas como buenas y 27,2% como deficitarias, cifras inversas al nivel país, donde el 76,8% son clasificadas como buenas y el 8,8% como deficitarias (CASEN, 2006). El 82,9% de la comuna posee abastecimiento de agua potable por la red pública/APR, la eliminación de excretas a través del sistema de alcantarillado sólo llega al 16,1% de los hogares y los restantes declaran tener fosa séptica (46,9%) u otro tipo de conexión, como letrinas sanitarias, pozos negros o sistema de cajón (36,9%). El 98,7% de los hogares se encuentran conectados a la red pública de energía eléctrica.

13.2. DIAGNÓSTICO DEL TERRITORIO

En el área de existen 13 juntas de vecinos, 16 clubes deportivos, 7 clubes de adulto mayor, 6 centros de madres, 9 talleres y grupos productivos y 5 comités habitacionales y de desarrollo. Además se presentan al menos 18 empresas y asociaciones productivas de diverso tamaño. Otro actor relevante del área es la empresa minera Barrick Gold Corporation, que desarrolla el Proyecto Minero Pascua Lama.

En la cuenca del Huasco existen dos tipos de organizaciones de usuarios de agua: una Junta de Vigilancia y las Comunidades de Agua, existiendo 76 constituidas en el Conservador de Bienes Raíces, de las cuales 40 se encuentran registradas en el Catastro Público de Aguas. Además, existen 10 comunidades de Hecho. Junto con esto en la comuna existen 35 comités de agua potable rural.

Como análisis general, las organizaciones que tienen roles productivos o generan bienestar local directo son las que presentan mayor legitimidad y participación, aun cuando los niveles de compromiso son percibidos como bajos. Los niveles de legitimidad más bajos se observan con relación a la Junta de Vigilancia producto de la existencia de diversos conflictos internos nacidos hace media década, en relación al conflicto minero Pascua Lama. Cabe agregar que los conflictos se presentan también con otras instituciones, donde se repite el motivo, la relación entre la empresa minera y la institución en particular.

Al analizar los diversos actores se deja ver que todo el tejido social existente en la zona de estudio ha estado fuertemente influenciado por el proyecto Pascua Lama. Existe un acuerdo general en que la situación de las relaciones entre organizaciones tienen un antes y un después, donde el punto de inflexión es el conflicto minero. Aun cuando existen relaciones de apoyo unidireccional o bidireccional entre organizaciones, emergen diversos niveles de desconfianzas entre actores, que se reflejan en los bajos niveles de integración entre las organizaciones, que pueden tener larga data, pero que pudieron haberse incrementado por el conflicto minero.

Los problemas asociados al conflicto minería-agricultura se generan, desde el punto de vista de los regantes, producto de la poca transparencia con que se llevó el tema por parte de la empresa minera, la falta de cumplimiento de los compromisos adquiridos por ella y la falta de fiscalización de dichos compromisos, además de los temores en torno a la contaminación y disminución de los recursos hídricos en la zona. Para los ganaderos de la parte alta, el cierre del paso a los sectores de pastoreo históricos han sido otros factores de conflicto.

Las problemáticas del Valle de San Félix en relación a la agricultura se pueden resumir, entre otros, en la presencia de una agricultura envejecida, bajo incentivo de la juventud a tomarla como oficio, desmotivación para permanecer en zonas rurales, los bajos rendimientos de los cultivos, la poca diferenciación de los productos, las difusas líneas de mercado. Entre las soluciones planteadas emerge la necesidad de mayor organización, el apoyo municipal para el consumo de productos internos, diversificar la producción, apoyo para el uso de horas de maquinarias y capacitación en, por ejemplo, manejo de fertilizantes, manejo de ganado, salud animal, entre otros.

Los problemas de riego relevantes son la baja eficiencia en el uso del agua, el uso de una cantidad de recursos hídricos mayor que el agua correspondiente a las acciones que cada usuario posee (uso y

principalmente en términos de comprender la presentación y evaluar cada actividad, lo que refleja una continua y mayor comprensión de la información entregada.

En el Cuadro 13.4-1 se presenta el número de asistentes por actividad, indicando el número de reuniones realizada en total para cada sección, y el tipo de invitados. Cabe destacar que en la última actividad de Participación Ciudadana se realizó sólo una reunión, por solicitud de los mismos regantes, ya que querían tener la oportunidad de asistir a una instancia donde estuviesen todos los regantes del valle, y así poder conocer visiones y opiniones de otros sectores.

**CUADRO 13.4-1
DETALLE DE ASISTENCIA A ACTIVIDADES PAC**

	ASISTENTES	N° REUNIONES	TIPO DE INVITADOS
PAC 1	70	5	4 reuniones con regantes; 1 reuniones con autoridades
PAC 2	38	4	3 reuniones con regantes; 1 reuniones con autoridades
PAC 3	29	4	3 reuniones con regantes; 1 reuniones con autoridades
PAC 4	55	1	1 reunión con regantes y autoridades

Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo de interacción con los asistentes en las reuniones emergieron una serie de temas, los que se pueden dividir en cuatro grupos: (1) Los relacionados con detalles técnicos de la construcción y funcionamiento del embalse; (2) Los asociados a los costos de construcción del embalse y el nivel de aprobación para su construcción; (3) Los conflictos relacionados con los derechos, cantidad y calidad de agua, y; (4) El análisis del potencial hidroeléctrico del embalse (principalmente en la primera reunión). De los aspectos mencionados anteriormente, no todos se relacionaron con el proyecto, pero sin lugar a dudas son temas que generarán conflicto futuro, por lo cual es necesario tenerlos en cuenta y abordarlos, de ser pertinente.

13.5. LINEAMIENTOS GENERALES DEL PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO ORGANIZACIONAL

El programa de fortalecimiento organizacional tiene por finalidad apoyar el fortalecimiento de las organizaciones, con el fin de mejorar su capacidad de gestión y administrativa. Las áreas a abordarse son: (1) La gestión política de las organizaciones; (2) La gestión administrativa, legal y financiera de las organizaciones; (3) La gestión y formación de capacidades en los integrantes de las organizaciones; (4) La comunicación y transmisión de conocimientos. En cada una de las áreas a abordar se generan componentes que son transversales a éstas: (a) Capacitación, (b) Fortalecimiento, (c) Resultados y (d) Evaluación y Seguimiento, cada uno de las cuales posee objetivos y metas específicas que permiten abordar, según el área, todas las aristas de la organización y al mismo tiempo hacer frente a los conflictos existentes entre los regantes y sus organizaciones.

13.6. CONSIDERACIONES MINIMAS PARA OTRAS FASES DEL PROYECTO

El conocimiento obtenido en el proceso de participación ciudadana y visitas a terreno permiten direccionar más adecuadamente los instrumentos y técnicas de participación, lo que sin duda es un aporte importante para el desarrollo de este estudio.

Las actividades de Participación Ciudadana y las diversas conversaciones y reuniones con actores del territorio dejaron latentes varios temas que deben considerarse en las siguientes etapas del ciclo de vida de los proyectos estatales, tomando en cuenta que el presente corresponde a un estudio de prefactibilidad.

En primer lugar, existe una importante confusión de conceptos que limitan el entendimiento de los asistentes a las reuniones, por ejemplo, cómo funciona el mercado del agua, el rol de las organizaciones de regantes, las funciones de instituciones públicas, a quien se debe recurrir en caso de existir problemas en torno al agua, a quién le compete fiscalizar.

Se presenta una importante cantidad de mitos generados por el desconocimiento, que hacen desvirtuar la información al pasar de boca en boca dentro de la comunidad, por ejemplo, la posible contaminación de las aguas producto de los aforadores en los canales, o la entrega de datos de las encuestas agronómicas al Sistema de Impuestos Internos, para un mayor cobro de contribuciones. En general, este tipo de aspectos suelen persistir aun cuando se expliquen en variadas ocasiones.

En general la percepción de los regantes es que el embalse será beneficioso para todos, pero existe un gran temor sobre su futuro, ya que presumen que la cantidad de agua disminuirá o se contaminará producto de la actividad minera en la cabecera de la cuenca. Se ha indicado en diversos apartados del presente capítulo la importancia de considerar este aspecto, que surgió reiteradamente en cada una de las reuniones realizadas en las localidades del Valle de San Félix.

Debe considerarse para las futuras fases del proyecto

- El manejo del conflicto con el proyecto Minero Pascua Lama, que genera altos grados de desconfianza entre los regantes hacia el beneficio efectivo de un embalse en la cabecera de cuencas, teniendo implicancia también en la legitimidad de las instituciones, como la Junta de Vigilancia.
- La baja legitimidad existente hacia la Junta de Vigilancia, si se piensa a esta institución como administradora del posible embalse, podría dar pie a analizar alternativas de una nueva organización de regantes, como podría ser una Asociación de Canalistas del río El Carmen, que sea capaz de administrar dicha obra. Cualquiera de las dos opciones requiere una alta inversión en fortalecimiento institucional, y en el segundo caso, además alta inversión en regularización y formación de una nueva organización.
- La necesidad de generar una transmisión de conocimientos de manera transparente, generando las instancias y tiempos necesarios para el desarrollo de actividades, teniendo en cuenta que son las oportunidades que tiene la comunidad para conocer este tipo de proyectos.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado del proyecto, se tienen las siguientes conclusiones:

1. Se realizó un acabado estudio de prefactibilidad del embalse El Carmen, concebido para asegurar el riego de la Segunda Sección del Río Huasco, que en la actualidad posee 934,7 ha bajo riego, las que poseen una seguridad de abastecimiento muy baja, 36,6%.
2. Se recorrió el valle y se definieron varias alternativas de sitios posibles para emplazar la presa, seleccionándose finalmente una angostura existente en el río El Carmen aproximadamente 1,2 km aguas arriba de su confluencia con la quebrada de La Plata.