

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD**  
**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN**  
**RÍO CLARO DE RENGO, REGIÓN DEL**  
**LIBERTADOR GENERAL BERNARDO**  
**O’HIGGINS”**

**INFORME FINAL**  
**TOMO I – RESUMEN EJECUTIVO**

**SANTIAGO, JUNIO 2013**





**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD**  
**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN**  
**RÍO CLARO DEL RENGO, REGIÓN DEL**  
**LIBERTADOR GENERAL BERNARDO**  
**O’HIGGINS”**

**INFORME FINAL**

**TOMO I – RESUMEN EJECUTIVO**

**SANTIAGO, JUNIO 2013**

Estudio Elaborado por:



**SMI LTDA.**

Dirección: Galvarino Gallardo 1576, PROVIDENCIA – SANTIAGO

Fono: +56 02 22359094

[www.smi-chile.cl](http://www.smi-chile.cl)

## **CONTENIDO TOMO I RESUMEN EJECUTIVO**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1-3</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>2-4</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo General .....</b>	<b>2-4</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>2-4</b>
<b>3</b>	<b>RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES .....</b>	<b>3-5</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDIOS GENERALES Y TRABAJOS DE APOYO .....</b>	<b>4-7</b>
<b>4.1</b>	<b>Trabajos de Topografía .....</b>	<b>4-7</b>
<b>4.2</b>	<b>Trabajos Prospecciones y Mecánica de Suelos .....</b>	<b>4-7</b>
<b>4.3</b>	<b>Estudio Geológico .....</b>	<b>4-9</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Geología Regional</b>	<b>4-9</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Geología Zonas de Inundación</b>	<b>4-10</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Geología Local Sitios Embalses</b>	<b>4-11</b>
<b>4.4</b>	<b>Estudio Hidrológico.....</b>	<b>4-13</b>
<b>4.5</b>	<b>Estudio Sedimentológico .....</b>	<b>4-14</b>
<b>5</b>	<b>DERECHOS DE AGUA Y ORGANIZACIONES DE USUARIOS .....</b>	<b>5-16</b>
<b>6</b>	<b>MODELACIÓN OPERACIONAL DEL EMBALSE .....</b>	<b>6-21</b>
<b>6.1</b>	<b>Escenarios Situación Actual Riego .....</b>	<b>6-22</b>
<b>6.2</b>	<b>Escenarios Situación Futura Riego.....</b>	<b>6-23</b>
<b>6.3</b>	<b>Escenarios Situación Futura Generación .....</b>	<b>6-24</b>
<b>6.4</b>	<b>Conclusiones Modelación.....</b>	<b>6-24</b>
<b>7</b>	<b>SITUACIÓN AGROPECUARIA ACTUAL DEL RIEGO .....</b>	<b>7-26</b>
<b>8</b>	<b>SITUACIÓN AGROPECUARIA CON PROYECTO O FUTURA .....</b>	<b>8-28</b>
<b>9</b>	<b>SELECCIÓN DEL SITIO DE PRESA .....</b>	<b>9-29</b>



<b>10</b>	<b>DISEÑO PRELIMINAR EMBALSE BOLLENAR ALTO Y OBRAS ANEXAS .....</b>	<b>10-31</b>
<b>10.1</b>	<b>Características Obras Proyectadas .....</b>	<b>10-37</b>
<b>11</b>	<b>DISEÑO PRELIMINAR OBRAS DE RIEGO .....</b>	<b>11-38</b>
<b>12</b>	<b>PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO DE LAS OBRAS .....</b>	<b>12-39</b>
<b>13</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>13-41</b>
<b>14</b>	<b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....</b>	<b>14-43</b>
<b>15</b>	<b>ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE PAGO .....</b>	<b>15-45</b>
<b>16</b>	<b>ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL .....</b>	<b>16-46</b>
<b>17</b>	<b>PARTICIPACIÓN CIUDADANA .....</b>	<b>17-48</b>
<b>17.1</b>	<b>Entrevistas Realizadas .....</b>	<b>17-48</b>
17.1.1	Conclusiones de las Entrevistas Realizadas	17-48
<b>17.2</b>	<b>1° Reunión PAC .....</b>	<b>17-49</b>
17.2.1	Conclusiones 1° Reunión PAC	17-49
<b>17.3</b>	<b>2° Reunión PAC .....</b>	<b>17-50</b>
17.3.1	Conclusiones 2° Reunión PAC	17-50
<b>18</b>	<b>COMENTARIOS Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>18-52</b>

## 1 INTRODUCCIÓN

El importante desarrollo agrícola que presenta la zona de estudio, comprendida como la superficie bajo riego de la Primera Sección del río Claro, se ha visto limitado por la carencia de obras de regulación que permitan efectuar un manejo óptimo de los recursos hídricos.

Por tanto, mediante un llamado a Licitación Pública, la Comisión Nacional de Riego (CNR) ha encomendado a SMI Ltda. el desarrollo de los estudios y trabajos para definir el mejoramiento del riego en la zona correspondiente a la Primera Sección del Río Claro, localidad de Rengo en la VI Región.

El proyecto de Mejoramiento de Riego en Río Claro de Rengo, consiste en un embalse aguas abajo del actual embalse Los Cristales, el cual tendrá la función de regular los recursos hídricos de la primera sección del río Claro de Rengo, ubicado en las cercanías del sector Bollenar y en forma adicional el mejoramiento de la red de canales de riego que permita la conducción y distribución del recurso proveniente desde el embalse.

Este proyecto se analiza para ver su factibilidad en dos propósitos principales: Mejorar y extender el riego en el valle de igual nombre y generar energía hidroeléctrica.

En la Figura 1-1 se muestra la ubicación del proyecto a nivel regional:

**Figura 1-1 Ubicación General del Área en Estudio**



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Proponer y evaluar alternativas de mejoramiento del sistema de riego de la cuenca del río Claro de Rengo, 1ª Sección.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- 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 del río Claro de Rengo, estudiando alternativas de obras de regulación, a través de la construcción de un embalse, analizar las posibilidades de hidrogenación en el embalse y mejorar la red de distribución.
- Elaborar 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 y sus redes de distribución como para las posibles obras de hidrogenación.
- Evaluar económicamente la alternativa seleccionada, para diferentes escenarios de capacidades del embalse y mejoramiento y/o construcción de la red de canales, y recomendar la más conveniente.

### 3 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

Para el desarrollo de este estudio se han revisado los siguientes antecedentes:

- Estudio "Mejoramiento del Riego del Río Claro de Rengo", Procivil Ingeniería Ltda. Perfil PROMM, 1997.
- Estudio "Embalse para el Riego del Río Claro de Rengo, 1ª Sección" – CONIC-BF Noviembre 2.000.
- Restitución aerofotogramétrica 1:5.000 realizada como parte del estudio del año 2.000.

En estos estudios se han analizado tres alternativas principales de ubicación del embalse, las cuales son Frangollo, Piedra Lisa y Bollenar.

Para cada una de estas alternativas se ha considerado que la capacidad máxima de almacenamiento disponible del embalse es de 30 Hm<sup>3</sup> y el tipo de muro será uno CFRD (Concrete Face Rockfill Dam) con taludes (H:V) 1,5:1 Aguas Arriba y 1,6:1 Aguas abajo.

En base a lo anterior, las características de los distintos muros de presa estudiados en dicho informe se detallan a continuación:

a. Alternativa Bollenar para 30 millones

Volumen Muro	: 2.880.000 m <sup>3</sup>
Altura	: 94 m
Longitud de Coronamiento	: 441 m
Relación Vemb / Vmuro	: 30/2,88 = 10,4

b. Alternativa Piedra Lisa para 30 millones

Volumen Muro	: 3.220.000 m <sup>3</sup>
Altura	: 83 m
Longitud de Coronamiento	: 531 m
Relación Vemb / Vmuro	: 30/3,22 = 9,3

c. Alternativa Frangollo para 30 millones

Volumen Muro	: 2.850.000 m <sup>3</sup>
Altura	: 75 m
Longitud de Coronamiento	: 490 m
Relación Vemb / Vmuro	: 30/2,85 = 10,5



En forma adicional a los antecedentes aquí revisados se procedió a realizar visitas a terreno con el fin de confirmar dichos sitios y revisar las características existentes en terreno para poder planificar los trabajos de terreno a realizarse durante esta consultoría.

En la visita a terreno realizada se ha podido apreciar la existencia de interferencias en la zona de la alternativa Piedra Lisa, donde con anterioridad existía una central hidroeléctrica la cual en la actualidad se encuentra fuera de servicio.

En dicha visita a terreno se ha logrado identificar un cuarto sitio que cumple con muy buenas características para ubicación del sitio de presa, sector que se ha denominado Bollenar Alto, por ubicarse aguas arriba del sitio antes mencionado Bollenar. Por esto se ha decidido incorporar esta nueva alternativa en el análisis.

Al momento de realizar la comparación entre Bollenar Alto y el resto de las alternativas y con el fin de mantener las mismas características de capacidad de  $30 \text{ Hm}^3$  y taludes anteriores, se considera un muro con una altura de 70m, obteniéndose una relación  $V_e/V_m = 15,5$ ; con una altura de muro de 70m y una relación agua muro muy buena (Mucho mejor a las otras alternativas antes analizadas).

En base a lo visto en terreno con respecto al sitio Bollenar Alto, el cual cumple con las características deseadas de apoyos en roca laterales y estrechamiento que disminuye los requerimientos de material y por ende los costos constructivos de la obra, es que se decide concentrar en esta alternativa los trabajos de terreno disponibles.

## **4 ESTUDIOS GENERALES Y TRABAJOS DE APOYO**

Para completar los antecedentes disponibles en las diferentes zonas de emplazamiento de los embalses, se ha procedido a realizar una campaña de trabajos de terreno y de ingeniería básica. Los cuales se mencionan a continuación:

### **4.1 Trabajos de Topografía**

Dentro de los trabajos topográficos realizados en este estudio, se encuentran los siguientes:

- Transformación de Topografía Sitios de Embalse Escala 1:10.000 desde Sistema de Referencia PSAD56 a SIRGAS-CHILE.
- Transformación de Levantamientos Topográficos escala 1:1.000 efectuado para los sitios de presa Piedra Lisa, Frangollo y Bollenar en el estudio “Embalse para el Riego del Río Claro de Rengo, 1A Sección”, DOH 2000. Se transformo a sistema SIRGAS-Chile en formato 1:1.000.
- Levantamiento escala 1:500 sitio de presa Bollenar Alto.
- Levantamiento de perfiles transversales cada 200m en la red de canales matrices de riego.

### **4.2 Trabajos Prospecciones y Mecánica de Suelos**

Con el fin de poder definir de la mejor manera posible las características de los sitios de emplazamiento de las obras de los embalses se realizo una campaña de trabajos de terreno vinculados con prospecciones, los cuales se muestran a continuación.

- 1 sondaje en sector Frangollo de 17m de profundidad (F1) en el lecho del río.
- 1 sondaje en sector Bollenar de 15m de profundidad (B1) en el lecho del río.
- 3 sondajes en sector Bollenar Alto, BA1 de 10m de profundidad, BA2 de 15m de profundidad y BA3 de 15m de profundidad (en cada estribo y distribución de los sondajes).

La ubicación de dichos sondajes se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 4-1 Sondajes Realizados en Embalses**

Tipo	Nombre	Sector	Norte (m)	Este (m)
Sondaje Mecánico	F1	Frangollo	6.182.256,0	342.449,0
Sondaje Mecánico	B1	Bollenar	6.180.488,0	345.997,0
Sondaje Mecánico	BA1	Bollenar Alto	6.180.337,0	346.421,0
Sondaje Mecánico	BA2	Bollenar Alto	6.180.364,0	346.463,0
Sondaje Mecánico	BA3	Bollenar Alto	6.180.503,3	346.536,3

En forma complementaria a los sondajes indicados, se realizó una campaña de pozos de exploración (pozos de reconocimiento), a continuación se presenta una tabla con los trabajos realizados:

**Tabla 4-2 Pozos de Reconocimiento en Embalses**

Tipo	Nombre	Sector	Norte (m)	Este (m)	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
Calicata	BAC1	Bollenar Alto	6.180.577,0	346.501,0	2,00	3,70
Calicata	BAC2	Bollenar Alto	6.180.499,0	346.549,0	3,0	-
Calicata	BAC3	Bollenar Alto	6.180.401,0	346.530,0	2,0	1,50

Se realizó una campaña de calicatas en la zona de yacimientos con la finalidad de determinar la cantidad de material disponible para la construcción del muro de la presa. Se excavaron 4 pozos de reconocimiento de profundidades variables en la zona de Bollenar Alto y uno en la zona de Bollenar.

A diferencia del resto de las calicatas, en las que se realizó una granulometría normal; a la calicata BAY2 ubicada en la zona de inundación de Bollenar Alto, se le efectuó una macro granulometría junto con dos calicatas efectuadas en el lecho del río (BAS1 – BAS2), con la finalidad de utilizar esta información para el estudio de sedimentación realizado en la zona de Bollenar Alto. A continuación se presenta la ubicación de las mismas:

**Tabla 4-3 Pozos de Reconocimiento en Yacimientos**

Pozo	Sector	Norte (m)	Este (m)	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
<b>BAY1</b>	Bollenar Alto	6.180.445,0	346.199,0	2,00	3,70
<b>BAY2</b>	Bollenar Alto	6.180.282,5	346.709,7	2,50	3,70
<b>BAY3</b>	Bollenar Alto	6.180.485,0	346.897,0	11,00	3,70
<b>BAY4</b>	Bollenar Alto	6.180.399,3	346.936,2	5,50	3,70
<b>BY2</b>	Bollenar	6.180.505,0	346.037,0	6,50	6,80

La clasificación del material ensayado corresponde en su mayoría a grava arenosa limpia, con bolones y bloques de tamaño máximo 48", el cual se recomienda como material de relleno de una presa tipo CFGD.

En forma adicional se realizó una campaña geofísica de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV). Se ejecutaron 12 SEV distribuidos en 3 sectores, 3 SEV



ubicados en el sector denominado Bollenar Alto, 3 SEV en Bollenar y 6 SEV en Frangollo.

Las coordenadas de dichos SEV, se listan a continuación:

**Tabla 4-4 Coordenadas Sondajes Eléctricos Verticales**

<b>N ° SEV</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
SEV-1	346.477,84	6.180.290,41
SEV-2	346.547,77	6.180.415,48
SEV-3	346.534,80	6.180.516,44
SEV-4	345.961,77	6.180.398,45
SEV-5	346.037,80	6.180.476,48
SEV-6	346.043,77	6.180.637,44
SEV-7	342.496,83	6.182.089,47
SEV-8	342.549,85	6.182.104,46
SEV-9	342.609,80	6.182.182,46
SEV-10	342.672,84	6.182.305,45
SEV-11	342.665,83	6.182.383,43
SEV-12	342.575,86	6.182.141,40

### **4.3 Estudio Geológico**

La geología del área se basa en el estudio de los antecedentes que se han encontrado del sector, así como de visitas al área de los proyectos y la revisión de los sondeos efectuados.

#### **4.3.1 Geología Regional**

La geología regional señala una monotonía de unidades y estas solamente se concentran en rocas del Cretácico superior a Terciario inferior y corresponden a rocas del tipo volcánicas andesíticas y sedimento continentales del tipo fundamentalmente brechas.

**Figura 4-1 Geología Regional del Sector**





No hay presencia de estructuras regionales del tipo fallas importantes las cuales son en el sector poniente de la Cordillera de los Andes en sentido norte sur estructural y en su base se aprecia roca fresca la cual en varios sectores va de un lado al otro del río, es decir de una ladera hacia la opuesta. El eje del río Claro, de acuerdo a lo observado no corresponde a una rasgo estructural dado que se ve roca fresca en muchos sectores de su base.

Los riesgos volcánicos corresponderían a eventuales erupciones de los volcanes cordilleranos que se encuentran a decenas de kilómetros hacia el oriente. Estos riesgos se manifestarían básicamente como caída de cenizas y eventuales arrastres por descensos de material del derretimiento de nieves. Sin embargo estos eventos deben considerarse como de una muy baja probabilidad de ocurrencia.

#### 4.3.2 Geología Zonas de Inundación

Las principales macro unidades geológicas que se presentan en el área son las que se describen a continuación:

- Depósitos aluviales (Qal)

Corresponden a los depósitos de la caja del río y de esteros mayores. Tienen espesores de hasta 5m según investigaciones. Corresponden a gravas arenosas limpias. Los elementos gravosos son frescos, duros, redondeados y de características litológicas polimícticas, lo cual significa que se presenta una muy variada litología. El nivel freático del depósito corresponde aproximadamente con el nivel del pelo de agua del río.

- Depósitos aluviales aterrizados (Qat)

Corresponden a los mismos depósitos anteriores, distribuidos dentro de la caja del río y adosados a depósitos de la caja misma o a las laderas.

Presentan una cubierta de limo arenoso que corresponde a suelo vegetal donde se desarrollan especies arbóreas.

- Depósitos aterrazados de roca y aluvial (Qtr)

Corresponden a unidades aterrazadas de roca basal del tipo andesitas y brechas con una escasa cubierta de material fluvial. Se encuentran en la caja del río y su aspecto tiende a asemejarlas a terrazas fluviales. Es importante destacar que no presentan espesores fluviales superiores a 0,5m lo que hace que no deban ser consideradas como fuentes de materiales de empréstitos.

- Depósitos de escombros de falda (Qef)

Tienen su expresión al pie de las laderas que rodean el valle. Corresponden a bloques y clastos angulosos de escaso espesor dentro de una matriz limosa. Su expresión en área es muy reducida.

- Depósitos de conos de deyección (Qc)

Corresponden a depósitos menores de bloques y clastos en matriz arena limos. Estos depósitos, que tienen escasa representatividad, se desarrollan al pie de quebradas y se encuentran sobre los sedimentos que hay en el valle.

- Unidad de roca basal (Kv)

Se presentan tanto en las terrazas de roca que se han mencionado así como en los sectores de laderas que rodean la caja del río. Las rocas corresponden principalmente a brechas con matriz tanto andesítica como tobácea. Estas rocas se presentan duras, frescas, con muy buena calidad geotécnica en general.

De acuerdo a las condiciones geológicas del sector de las áreas de llenado, no se observan alternativas de exposición de niveles de suelos que serían expuestos a saturación y con ellos generar la posibilidad de deslizamientos mayores. Solamente puede considerarse este tipo de riesgo en zonas de coluvios delgados lo que es normal y no reviste riesgo.

Referente a los aspectos de remociones en masa mayores se señala que no se han observado rasgos morfológicos que indiquen la alternativa de ocurrencia anterior de este tipo de eventos por lo cual se debe señalar que este tipo de riesgo se considera de muy baja a nula posibilidad de ocurrencia.

### 4.3.3 Geología Local Sitios Embalses



### **Sector Frangollo**

Desde su inicio y hasta los 3,6m de profundidad, se muestra un material del tipo coluvial y desde allí hasta los 17m que corresponde con la profundidad final del sondaje, se encuentra una roca basal del tipo de andesita porfídica la cual tiene con múltiples intercalaciones brechosas. En general esta roca se presenta muy fracturada, con bajo RQD y una resistencia estimada entre 5 a 15MPa.

La calidad del macizo rocoso se estima mala por los resultados de la recuperación RQD, así como la recuperación misma, con requerimientos de inyecciones para completar su sello de impermeabilización bajo el muro. El RQD del macizo es bajo a nulo por muchos tramos lo cual es un claro indicativo de los requerimientos de impermeabilización.

La geología del sector de presa señala la presencia de un relleno fluvial de poco espesor en donde afloran apófisis de roca basal. Lateralmente al cauce mismo, donde se encuentran los depósitos aluviales, existen terrazas del mismo material las cuales se desarrollan algunos metros sobre el nivel del cauce.

### **Sector Bollenar**

Presenta las condiciones descritas como generales. Se ha realizado el sondaje B1 en el eje mismo del muro cuyo registro indica la presencia de un horizonte de material fluvial de 1,8m de espesor seguido de roca de regular calidad geotécnica hasta la longitud final de 15m.

Se presenta en plano adjunto la geología superficie del sector de esta alternativa. El sector de presa, de acuerdo al perfil que se presenta, señala la presencia de escaso suelo aluvial en todo el fondo del valle y la presencia de material fluvial aterrazada hacia el lado izquierdo. Bajo estos suelos se encuentra la roca basal del tipo brecha andesítica.

### **Sector Bollenar Alto**

Presenta las condiciones descritas como generales. Se han realizado tres sondajes los que corresponden a los denominados BA- 1, BA- 2 y BA- 3. El primero de ellos tiene longitud de 10m y los restantes tienen longitudes de 15m. Se indica la descripción de estas prospecciones.

#### **Sondaje BA- 1**

Se reconoce un horizonte desde la superficie a los 0.6m de suelo vegetal. Desde los 0.6m a los 1.9m hay trozos de roca andesítica que podrían corresponder a roca. Bajo los 1.9m y hasta los 10m se encuentra una roca del tipo brechosa, dura, fresca con resistencia estimada entre 30 a 60 MPa. La roca presenta un RQD que la define como de calidad geotécnica media y muestra una recuperación alta, que en algunos tramos es del 100%.

### **Sondaje BA- 2**

Desde la superficie a los 3,8m se encuentra un horizonte de suelo fluvial para seguir hasta los 15m con roca basal del tipo brecha, dura, fresca, con resistencia estimada entre 40 a 60 MPa. La roca presenta un RQD que la define como de calidad geotécnica media y muestra una recuperación alta, que en algunos tramos es del 100%.

### **Sondaje BA-3**

Presenta 3m superiores de arena arcillosa atribuida a aluvial. Bajo esta profundidad y hasta los 15m se encuentra una brecha andesítica con zonaciones.

La geología expuesta por el eje de la presa en proyecto y definida principalmente por los 3 sondajes señalados, indica la presencia de suelo aluvial que alcanza a unos 4,0m de espesor seguido de roca volcánica de buena calidad geotécnica. Hacia el sector izquierdo se desarrolla una terraza fluvial elevada también de poco espesor.

## **4.4 Estudio Hidrológico**

Dentro del estudio hidrológico, se requiere definir los caudales de crecida afluentes al embalse, orientados al diseño de las obras principales y anexas de éste. Esto se ha realizado en primer lugar mediante un análisis de frecuencia de caudales máximos diarios y máximos instantáneos disponibles en la misma estación fluviométrica, y en segundo término, de forma indirecta mediante la aplicación del método del Hidrograma Unitario Sintético, para lo cual se ha usado la información de precipitaciones máximas anuales en 24 horas, asociadas a las tormentas que generan las crecidas pluviales en los cauces de la zona de estudio.

La cuenca de interés fue delimitada en base a la cartografía escala 1:50.000 del IGM, utilizando el programa computacional WMS 7.1. En la Tabla 4-5 se presentan la cuenca asociada a la estación fluviométrica Río Claro en Hacienda las Nieves, su área hasta la estación fluviométrica es de 245,3 km<sup>2</sup>, mientras que hasta el sector de acceso al valle del orden de 320 km<sup>2</sup>. Las elevaciones se desarrollan entre los 500 y 3.300 msnm.

De acuerdo con los análisis preliminares desarrollados se han elegido 3 sitios de embalse, los cuales se ubican muy cercanos a la estación fluviométrica donde se han generado las series de caudales medios mensuales. De los sitios identificados, dos de ellos se ubican aguas arriba de la estación y uno aguas abajo. Los embalses identificados y las áreas aportantes de cada una de sus cuencas son:

- Embalse Piedra Lisa Área: 244,8 km<sup>2</sup>
- Embalse Frangollo Área: 252,1 km<sup>2</sup>
- Embalse Bollenar Área: 225,3 km<sup>2</sup>

El área aportante a la estación Río Claro en Hacienda Las Nieves es de 245,3 km<sup>2</sup>, que difiere de las áreas a los embalses entre 0,2 % y 8,2 %. Por esa razón para definir los caudales medios mensuales en cada uno de los sitios de embalse, se estima razonable hacer una transposición por unidad de área a los caudales medios mensuales generados en la estación fluviométrica.

En base a estos antecedentes un resumen de los caudales medios registrados en la zona, se muestra a continuación.

**Tabla 4-5 Caudales Medios Estación Hacienda Las Nieves (m3/s)**

Promedio	3,76	4,87	8,86	9,25	8,37	8,65	8,96	11,73	12,53	9,54	6,20	4,20	8,17
Máximo	13,50	20,79	61,35	46,88	50,61	27,02	18,10	18,70	27,30	22,10	15,20	7,70	25,59
Mínimo	0,90	0,78	0,98	0,88	0,99	1,42	1,42	2,49	2,51	2,61	1,92	1,33	1,64

Los caudales de crecidas adoptados para este estudio, se han determinado mediante los métodos del Hidrograma Unitario Sintético y del análisis de frecuencia de caudales máximos instantáneos anuales. Se observa que el caudal entregado por el análisis de frecuencia es menor que el entregado por el HUS, tanto para 24 como para 48 horas. Esta diferencia disminuye a medida que el período de retorno es mayor.

**Tabla 4-6 Caudales máximos instantáneos**

T (años)	HUS P <sub>max</sub> 24 horas (m <sup>3</sup> /s)	HUS P <sub>max</sub> 48 horas (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
10	353,3	380,0	353,3
20	416,1	442,6	416,1
50	500,7	526,2	500,7
100	565,5	589,9	565,5
500	717,2	739,4	717,2
1.000	782,9	804,2	782,9

De acuerdo con estos resultados se ha adoptado los valores calculados con el método HUS para una duración de la tormenta de 24 horas, por ser esta duración compatible con los tiempos de respuesta de la cuenca, esperados ante eventos de precipitaciones extremas. Según ello los caudales de diseño serían los consignados en la primera columna de la 6-6.

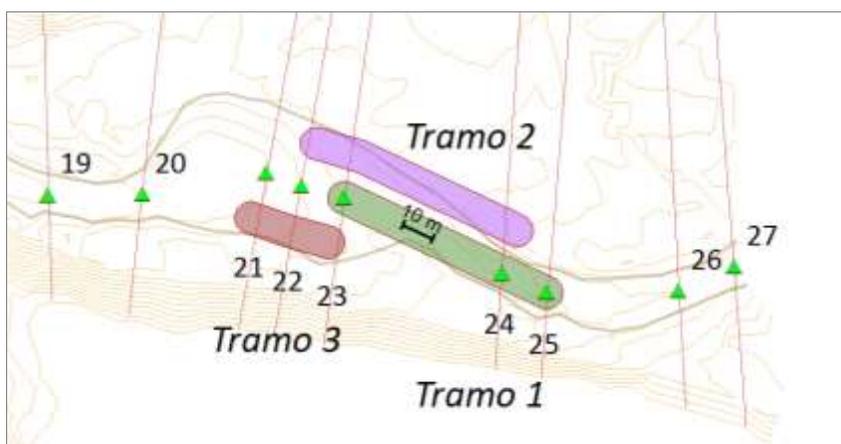
#### 4.5 Estudio Sedimentológico

Se calcularon los volúmenes acumulados en 50 años, considerando que dadas las condiciones granulométricas del lecho y el funcionamiento hidráulico del cauce, el escurrimiento no produce gasto sólido en suspensión, sólo arrastre de fondo.

Por consiguiente, los sólidos totales coinciden con el arrastre de fondo, los cuales para los 50 años de funcionamiento se definen en los siguientes valores para los tramos analizados en las cercanías del embalse.

Tabla 4-7 Volúmenes de sólidos totales

Periodo (años)	Tramo 1 (Mm <sup>3</sup> )	Tramo 2 (Mm <sup>3</sup> )	Tramo 3 (Mm <sup>3</sup> )
100	24.30	20.10	9.50
50	12.50	10.05	4.75



Las pendientes calculadas en los tramos 1, 2 y 3, corresponden a 3,2%, 4,6% y 4,8% respectivamente, mientras que la pendiente calculada en el lecho del Río Claro en aproximadamente 5Km aguas arriba de la zona de inundación corresponde a 5%. Comparando las pendientes de los tramos estudiados con la del lecho del río, resulta el tramo 3 el que más se acerca a la pendiente obtenida, por lo cual se utilizará este resultado como el más representativo.

Por lo anterior, para un periodo de 50 años, se estima que el volumen de sólidos totales; correspondientes al volumen por arrastre de fondo y al de sólidos en suspensión, es de **4,75Mm<sup>3</sup>**.

## 5 DERECHOS DE AGUA Y ORGANIZACIONES DE USUARIOS

En la información obtenida en el Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH) de la Dirección General de Aguas, no existen derechos de agua otorgados a la Junta de Vigilancia de Río Claro de Rengo; sin embargo de los estatutos de la misma, se tiene conocimiento que los derechos de aprovechamiento de agua de la Primera sección del Río Claro de Rengo se consideran divididos en 5.975 acciones de ejercicio permanente, las cuales no se encuentran regularizadas. Estas acciones se distribuyen entre los canales de riego y cada acción tiene una equivalencia máxima de 1,5 l/s<sup>1</sup>.

**Tabla 5-1 Resumen Accionistas de Primera Sección del Río Claro de Rengo**

TOMA N°	CANAL	Acciones Estatutos	Nº Accionistas Estatutos	Acciones 2012	Nº Accionistas 2012
1	Las Islas	26,00	1	26,0000	1
2	Molinana	81,00	2	201,0000	5
	Popeta	784,00	27	1.546,4600	20
	Bisquertt	150,00	7	4,0000	1
3	Talhuén	4,00	1	153,1000	1
4	Rincón	153,10	1	303,7900	7
5	Chanqueahue Cerrillos	555,10	256	527,3750	45
	Ramirano	645,90	70	930,0250	35
	Molino	288,00	49	464,4580	49
	Molino Chico	71,90	9	70,0000	4
	Cordova	30,00	8	30,0000	8
6	Mira	30,00	38	20,1250	4
7	Peñón	763,00	111	892,3674	79
	Pedregal	150,00	14	144,6100	10
	Población	1.082,70	237	793,8200	61
	Santa Margarita	215,25	90	397,6250	15
	Urbina	40,00	44	68,0000	5
	Saavedra	30,00	5	30,0000	1
	Lorenzoni	146,65	6	460,3100	12
	Agua Potable de Rengo	158,40	1	158,4000	1
8	Lo de Lobos	240,00	167	268,7800	31
	Pretil	150,00	18	353,3300	36
	Mendoza	160,00	12	243,9057	26
	San Judas	20,00	1	60,0000	3
	<b>Total</b>	<b>5.975</b>	<b>1.175</b>	<b>8.147</b>	<b>460</b>

En la actualidad existen 5 derechos de aguas superficiales principales otorgados en la zona en estudio, estos derechos de agua se describen a continuación:

<sup>1</sup> La equivalencia de 1 acción = 1,5 l/s es proporcionada por la JVRRCR, ha sido el uso histórico que se le ha dado a las acciones, por lo cual no existe un respaldo legal.

- **Derecho No Consuntivo, Eventual y Discontinuo**, que se encuentra en poder de la **JVRCR**. Este derecho tiene un punto de captación en la coordenada PSAD 56 Norte 6.176.150 Este 357.100 ubicándose aguas arriba de la zona de inundación de la alternativa de embalse Bollenar Alto, con punto de restitución Norte 6.182.545 Este 342.692, el cual se ubica inmediatamente abajo de la ubicación de la alternativa de presa Frangollo. La distribución de este derecho es la siguiente:

**Tabla 5-2 Distribución Derecho No Consuntivo, Eventual y Discontinuo – JVRCR**

Mes	(m3/s)
Ene	1,4
Feb	0
Mar	0,82
Abr	0
May	0
Jun	12,19
Jul	6,25
Ago	3,19
Sep	3,73
Oct	0
Nov	1,53
Dic	5,97

Este derecho, al mismo tiempo, define un caudal ecológico que se debe dejar pasar por el río, el cual posee la siguiente distribución:

**Tabla 5-3 Distribución Caudal Ecológico – JVRCR**

Mes	m3/s
Enero	0,5
Febrero	0,5
Marzo	0,4
Abril	0,26
Mayo	0,16
Junio	0,23
Julio	0,25
Agosto	0,23
Septiembre	0,04
Octubre	0,37
Noviembre	0,5
Diciembre	0,48

Este derecho de agua tiene como fecha de resolución el 12 de abril del año 2010.

- **Derecho No Consuntivo, Permanente y Continuo**, que se encuentra en poder de **CGE Transmisión S.A.** Los puntos de captación y restitución de este derecho están dados mediante referencia física y no con coordenadas, señalándose lo siguiente: “La captación se realizará en la ribera derecha del río y la restitución se efectuará al mismo río Claro a unos 300m aguas arriba de la descarga a este río Claro de la quebrada la Viuda, a una cota aproximada de

650msnm, considerándose el desnivel entre ambos puntos de 250m”, la forma de ubicar estos puntos en el plano fue mediante las cotas aproximadas aquí señaladas, donde estaría la cota de restitución de 650msnm y la cota de captación en la 900msnm.

El caudal a captar es de 3,6 m<sup>3</sup>/s (3.600 lts/seg).

Este derecho de agua tiene como fecha de resolución el 1 de enero del año 2006. Este derecho de agua afecta directamente el caudal afluente al embalse, ya que al ser permanente y continuo habrá que dejarlo pasar desde el embalse en toda fecha del año y no podrá ser almacenado.

- **Derecho No Consuntivo, Permanente y Continuo**, que se encuentra en poder de **ENERPLUS S.A.** Los puntos de captación y restitución de este derecho al igual que en el de CGE, se encuentran descritos en forma referencial y no mediante coordenadas, señalizándose lo siguiente: “La restitución se efectuará al mismo río Claro mas o menso 1 kilometro aguas arriba de la descarga a este río de la quebrada Las Tierras Fofas, a la cota aproximada de 900msnm, considerándose el desnivel entre captación y restitución de 600m”. Dada esta descripción, se procedió a ubicar estos puntos geográficamente en base a los datos de las cotas entregadas, ubicándose la restitución en el punto de captación de la CGE y el punto de captación en la cota 1.500msnm, ubicándose aguas la restitución aguas arriba del sitio del embalse Bollenar Alto y más arriba del derecho de la CGE, por este motivo no afectara al caudal afluente al embalse.

El caudal otorgado a este derecho es de 3,6 m<sup>3</sup>/s (3.600 lts/seg).

Este derecho de agua tiene como fecha de resolución el 1 de enero del año 2006.

- **Derecho No consuntivo, Eventual y Continuo**, en poder de **Violeta Catalina Moraga Pérez y Otros (VMP)**, el cual tiene como punto de captación las coordenadas PSAD 56 Norte 6.182.600 E342.700, ubicado aguas abajo de la restitución del derecho de agua NC de la JVRRCR y aguas arriba de la captación del canal Talhuén y puntos de restitución las coordenadas PSAD 56 Norte 6.190.500 E334.450, las cuales se ubican aguas debajo de la zona del embalse y aguas arriba de la captación del canal El Peñón.

La distribución de este derecho se ilustra en la siguiente tabla:

**Tabla 5-4 Distribución Derecho No Consuntivo, Eventual y Continuo - Violeta C. Moraga Pérez y otros**

Mes	(m3/s)
Ene	11,56
Feb	5,08
Mar	1,71
Abr	3,21
May	11,34
Jun	22,86
Jul	16,84
Ago	13,87
Sep	13,81
Oct	9,5
Nov	11,69
Dic	16,05

Este derecho, al mismo tiempo, define un caudal ecológico que se debe dejar pasar por el río, el cual posee la siguiente distribución:

**Tabla 5-5 Distribución caudal ecológico – Violeta C. Moraga Pérez y otros**

Mes	m3/s
Enero	1,62
Febrero	1,62
Marzo	1,49
Abril	0,98
Mayo	0,81
Junio	0,86
Julio	0,94
Agosto	0,86
Septiembre	0,81
Octubre	1,35
Noviembre	1,62
Diciembre	1,62

Este derecho de agua fue otorgado mediante resolución de fecha 16 de febrero del año 2011.

- Derecho **No consuntivo, Permanente y Discontinuo**, en poder de **Violeta Catalina Moraga Pérez y Otros (VMP)**, el cual tiene como punto de captación las mismas coordenadas del derecho NC, E y C.

La distribución de este derecho se ilustra en la tabla siguiente:

**Tabla 5-6 Distribución Derecho No Consuntivo, Permanente y Discontinuo - Violeta C. Moraga Pérez y otros**

Mes	(m3/s)
Ene	2,04
Feb	0,87
Mar	0
Abr	0
May	0
Jun	0,07
Jul	0,54
Ago	0,8
Sep	1
Oct	2,29
Nov	3,35
Dic	3,31

Al igual que el derecho NC, E y C, este derecho está condicionado a dejar pasar un caudal ecológico de igual distribución y cantidad que el anterior.

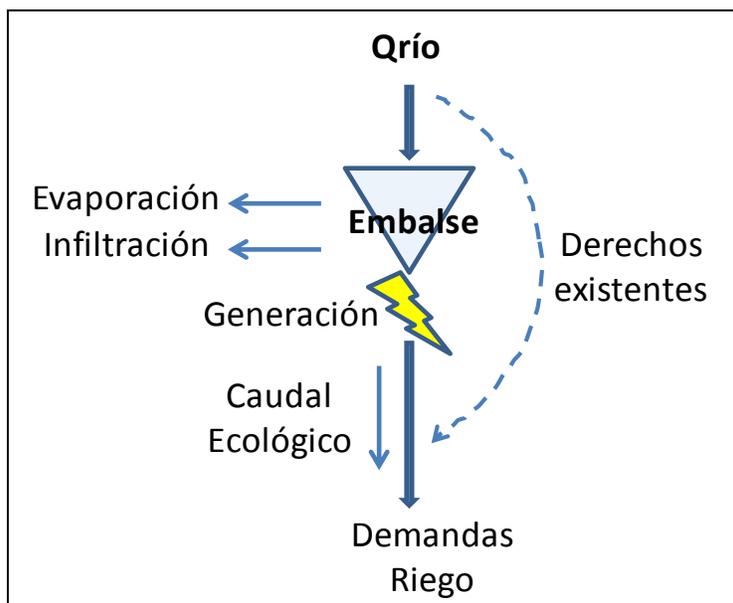
Este derecho fue asignado mediante resolución de fecha 16 de febrero del año 2011.

## 6 MODELACIÓN OPERACIONAL DEL EMBALSE

Para poder realizar un análisis de la capacidad del embalse, se desarrolló un modelo de operación que considera varias variables de entrada, de origen hidrológico, agronómico, además de parámetros específicos definidos para este proyecto (curvas de embalse, tasa de infiltración, derechos de agua, etc.).

El modelo realiza una simulación del embalse a escala mensual, durante un periodo multianual, donde reproduce un balance hídrico considerando el caudal afluente, la demanda requerida y las pérdidas por evaporación e infiltraciones (si estas no fueran despreciables). Considera además, las restricciones asociadas a los derechos de aguas disponibles. La figura siguiente muestra de manera esquemática las variables consideradas por el modelo, las cuales se indican a continuación:

Figura 6-1 Esquema Modelo del Embalse

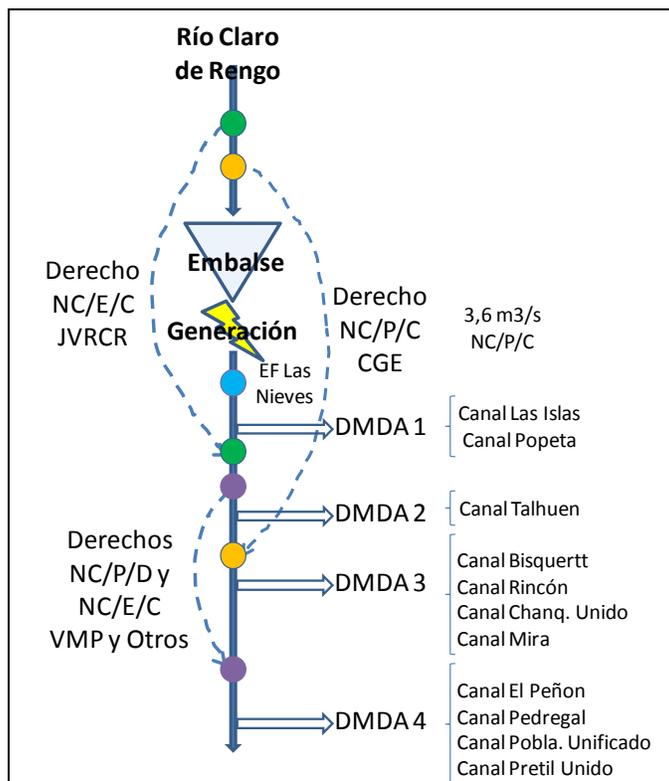


Al realizar el modelo operacional del embalse, se ha logrado obtener los siguientes resultados de hectáreas beneficiadas por el embalse, tanto para la situación actual como futura.

El embalse considerado en las modelaciones consiste en el sitio de Bollenar Alto, con un muro de presa de 70m de altura y una capacidad de almacenamiento de 28 Hm<sup>3</sup> de agua útil.

La situación del embalse con la red de canales y los derechos de agua de terceros se aprecia en la figura siguiente:

Figura 6-2 Esquema Operacional del Modelo del Embalse



## 6.1 Escenarios Situación Actual Riego

Para la simulación de los escenarios en la situación actual, se han considerado dos condiciones con respecto a los derechos de agua en poder de terceros. A continuación se listan los escenarios y resultados obtenidos.

### ➤ Situación Actual de Riego Levantada por Estudio Agroeconómico

En esta condición se considera que en la actualidad los regantes riegan utilizando los derechos de terceros y parte del caudal ecológico del río claro de Rengo, esto considerándose que en la actualidad los terceros no están haciendo uso de dichos derechos.

El estudio Agroeconómico ha levantado que en la actualidad hay cultivadas 6.065 Has, las cuales en base a lo informado por el modelo, tienen una seguridad de riego del 52%.

### ➤ Situación Actual de Riego con Seguridad del 85%

En esta condición se considera que en la actualidad los regantes riegan utilizando los derechos de terceros y parte del caudal ecológico del río

claro de Rengo, esto considerándose que en la actualidad los terceros no están haciendo uso de dichos derechos.

En este caso al realizar la modelación, se concluye que de las 6.065 Has mencionadas con anterioridad, tan solo 3.200 Has poseen una seguridad de riego del 85% en la actualidad.

➤ **Situación Actual de Riego con Seguridad del 85% y Considerando derechos de Terceros**

En esta condición se considera que los derechos de terceros se deberán dejar pasar por el río claro de Rengo, ya que estos comienzan a ser utilizados, no pudiendo utilizarse para riego.

En este caso al realizar la modelación, se concluye que aproximadamente tan solo 1.650 Has poseerían una seguridad de riego del 85%.

## **6.2 Escenarios Situación Futura Riego**

Para la simulación de los escenarios en la situación futura, se ha considerado la incorporación de un embalse el cual puede regular los recursos hídricos y los derechos de agua en poder de los regantes de la primera sección del río claro de Rengo.

Para la situación futura, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

➤ **Situación Futura de Riego Respectando Derechos de Terceros**

Al realizar este escenario, se considera que se deberán dejar pasar los derechos de terceros y el caudal ecológico, no pudiendo ser estos utilizados en riego, se considera aproximadamente un 67% de tecnificación en la entrega de agua a nivel predial y el revestimiento de los canales matrices de la red de riego.

Para este caso se tiene que alcanzan a regarse con una seguridad de riego del 85% 6.000 Has aproximadamente.

➤ **Situación Futura de Riego Utilizando Derechos de Terceros**

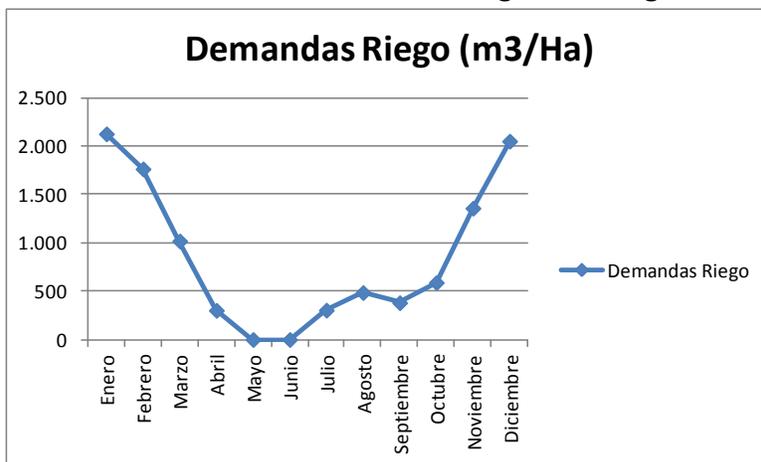
En este caso se considera que se utilizan los derechos de agua de terceros que hoy en día no son utilizados en riego, al mismo tiempo que se considera un 67% de tecnificación en la entrega de agua a nivel predial y el revestimiento de los canales matrices de la red de riego.

Para este caso se tiene que alcanzarían a regarse 7.000 Has aproximadamente con una seguridad de riego del 85%.

### 6.3 Escenarios Situación Futura Generación

Para la simulación de la situación con una generación hidroeléctrica de los caudales que se dejan pasar por el embalse para riego junto con el caudal ecológico, se tiene que solo en unos meses del año se entregan caudales a una altura apropiada para generar, lo cual puede observarse en la siguiente gráfica de entrega de caudales de riego:

**Tabla 8-1: Distribución entregas de Riego**



Esto involucra que el factor de planta de la central hidroeléctrica a instalarse en el embalse tenga un valor muy bajo, del orden de 0,2; siendo el óptimo para este tipo de proyectos el valor más cercano a 1, donde la relación entre potencia instalada y potencia generada sea lo más cercano posible.

En base a este análisis se puede concluir que el proyecto en la actualidad no posee un atractivo turístico en forma adicional al riego (considerando la distribución y entrega utilizada para riego).

Por lo que no resulta factible el proyecto como generación hidroeléctrica.

### 6.4 Conclusiones Modelación

Del modelo realizado se concluye que en la actualidad se riegan 6.000 Has aproximadamente con una seguridad de riego del 52%, las cuales equivalen a 3.200 Has con una seguridad de riego del 85% (en esta situación en la actualidad no se respetan derechos de terceros, en caso de respetarse, esta cantidad desciende a 1.650 Has con seguridad del 85%).

En la situación futura con embalse en un escenario en el cual se han de respetar los derechos de terceros, la seguridad del riego para las 6.000 Has aumenta a un 85%, es decir el embalse estaría garantizando el riego de las has regadas hoy en día con baja seguridad de riego.

Con respecto a la generación hidroeléctrica, debido al bajo factor de planta resultante (cerca a 0,2) el proyecto no es atractivo económicamente bajo las condiciones de funcionamiento del embalse para riego.

## 7 SITUACIÓN AGROPECUARIA ACTUAL DEL RIEGO

El área de estudio corresponde al río Claro de Rengo y sus afluentes, en el tramo comprendido entre su nacimiento en la Cordillera de los Andes y la zona de acceso al valle central (6,5 km aguas arriba de la Ruta 5, en puente La Chimba). Comprende en términos generales, el área delimitada por el pueblo de Rosario por el norte, la localidad de Pelequén por el sur y los faldeos cordilleranos y la Ruta 5 por el oriente y poniente, respectivamente.

Este sector se encuentra dentro de la comuna de Rengo, la que depende administrativamente de la provincia del Cachapoal, en la VI Región del país. Se ubica aproximadamente a 130 km al sur de Santiago, siendo su principal acceso la Ruta 5 Sur, para luego comunicarse con la Ruta H-65, que bordea la ribera sur del río Claro.

En base a las encuestas agroeconómicas realizadas en la zona del proyecto, las cuales han cubierto un 45,1% del total del área en estudio (se encuestó una superficie de 8.192 Has, con respecto a las 18.151 Has que representan el total del valle ubicado bajo la zona del embalse) se realizó una descripción del estado actual del área del proyecto.

De la información recopilada, se concluye que del total encuestado un 39,1% corresponde a superficie bajo riego permanente (aproximadamente 3.200Has). La superficie regada con agua subterránea asciende a 118,6 Ha y la con riego eventual a 29,5 Ha.

De acuerdo a lo informado por los agricultores, actualmente en condiciones de secano existen 1.987 Has, equivalentes al 24,2% de la superficie total. Los terrenos indirectamente productivos agrupan el 4% de la superficie con 333,4 Has.

Con respecto al riego tecnificado solo un 17% de los casos encuestados utiliza este tipo de tecnología actualmente.

En el grupo de cultivos y hortalizas las principales especies explotadas en situación actual figuran maíz grano, trigo, semilleros de maíz y hortalizas, alcachofa, ajo, cebolla, haba, pimentón, tomate consumo fresco e industrial, entre otros.

En frutales y vides destaca la participación de almendro, cerezo, ciruelo europeo y japonés, duraznero, manzano, peral y vid vinífera cepa fina, entre otros.

Las praderas y forrajeras, por su parte, son utilizadas en la alimentación de ganado bovino de carne y leche, pero también la alfalfa se destina a la elaboración de fardos para la venta.

En secano, la pradera natural ocupa la mayor superficie, la que se destina en su totalidad al talaje de ganado bovino, caprino y ovino. La vid vinífera, entretanto, ocupa sólo el 0,1% del área cultivada con 6 ha, se trata de la cepa País.

Con respecto a la estratificación predial, se indica un detalle en la siguiente tabla:



**Tabla 7-1 Estratificación Predial**

Estrato de Tamaño	Número de Predios		Superficies			
			Riego	Secano	Total	
	Nº	%	ha	ha	ha	%
0 a 0,5 ha	626	43,2	134,81	28,9631	163,77	0,9
0,51 a 1 ha	298	20,6	187,93	47,89	235,82	1,3
1,01 a 5 ha	248	17,2	424,16	120,11	544,27	3,0
5,01 a 15 ha	144	10,0	1081,75	274,07	1.355,82	7,5
15,01 a 50 ha	94	6,5	1685,68	744,49	2.430,17	13,4
50,01 a 100 ha	20	1,4	809,6	559,5	1.369,10	7,5
Mayor de 100 ha	16	1,1	1427,8	10624,5	12.052,30	66,4
<b>Total</b>	<b>1446</b>	<b>100,0</b>	<b>5.751,73</b>	<b>12.399,52</b>	<b>18.151,25</b>	<b>100,0</b>

Del análisis realizado en el estudio agroeconómico para la situación actual, se concluyo que en la actualidad en la zona en estudio, sin considerar los derechos de terceros (hidroeléctricas), el área máxima de riego en un año de 85% de excedencia es de 1.650 ha. Esta superficie para efectos de evaluar el proyecto, se consideró como situación base. En el Capítulo 2 Derechos de Agua y Organizaciones de Usuarios presentado en el Tomo III del presente Estudio, se describen en detalle los derechos de aprovechamiento de agua de tipo no consuntivos otorgados en el área de estudio.

## 8 SITUACIÓN AGROPECUARIA CON PROYECTO O FUTURA

La condición futura o con proyecto corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, la cual es una agricultura de tipo intensiva, principalmente en base a frutales, hortalizas y cultivos industriales.

El área en estudio, cuenta con recursos de suelo y clima, particularmente apropiados para el desarrollo de una agricultura intensiva basada en la explotación de frutales de hoja caduca, vides viníferas, hortalizas y cultivos industriales, entre otros.

En la determinación de la transición entre la situación actual y futura, en el caso específico de las nuevas plantaciones frutales y establecimiento de cultivos, se considerará un período de cuatro a seis años en predios de nivel tecnológico medio-alto y alto y de seis a ocho años en predios de nivel bajo y medio.

Las eficiencias de riego consideradas para los diferentes cultivos asignados en situación futura, corresponden a valores que se producen a nivel potrero. De esta forma las eficiencias de riego consideradas son 80% en goteo y cinta, 50% en californiano, 40% en surco y 30% en tendido. Para el total del área de estudio, la eficiencia ponderada alcanza el 67,2%.

En el caso específico de la situación futura sólo se consideraron los derechos efectivos de los regantes, sin los derechos de terceros (hidroeléctricas), situación que permite un área máxima de riego en un año de 85% de excedencia de 6.070 ha.

**Tabla 8-24 Número de Hectáreas Beneficiadas por Canal Matriz, Situación Futura**

<b>CANAL</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>HECTÁREAS</b>
Las Islas	26.0	26.41
Popeta	865.0	878.75
Talhuén	4.0	4.06
Bisquertt	150.0	152.38
Rincón	153.1	155.53
Chanqueahue Unido	1,590.9	1616.19
Mira	30.0	30.48
El Peñón	763.0	775.13
Pedregal	150.0	152.38
Población Unificado	1,673.0	1699.60
Pretil Unido	570.0	579.06
<b>Total</b>	<b>5,975.0</b>	<b>6,070.00</b>

## 9 SELECCIÓN DEL SITIO DE PRESA

En base a los antecedentes recopilados en el proyecto, tanto de terreno como de los estudios básicos realizados, se puede concluir lo siguiente con respecto a los sitios de los embalses:

Del análisis de la información disponible del Sitio Piedra Lisa, este fue descartado inmediatamente, por ubicarse en las cercanías de la red de canales y al mismo tiempo teniendo un ancho de las obras y volúmenes de la presa demasiado grandes en comparación con las otras alternativas de presa.

En forma complementaria el sitio de Piedra Lisa presenta dentro de su zona de inundación la antigua central hidroeléctrica, la cual aún posee derechos en la actualidad y aunque no está en funcionamiento hoy en día, esto no impide que en un futuro pueda volver a implementarse.

Por las condiciones en terreno de no existencia de roca en la cercanía de la fundación ni en los apoyos laterales de la presa, este sector es descartado, concentrándose en los otros tres sitios en análisis a ser Frangollo, Bollenar y Bollenar Alto.

Para el análisis de los tres sitios restantes, se muestra una tabla resumen comparativa con las principales características de cada uno de los sitios analizados:

**Tabla 9-1 Comparación entre Alternativas de Embalse**

<b>Característica</b>	<b>Frangollo</b>	<b>Bollenar</b>	<b>Bollenar Alto</b>
Geología y Geotecnia	Relleno fluvial de 3,6m de profundidad.	Espesor estrato fluvial de 1,8m de profundidad.	Suelo aluvial alcanza los 4m de profundidad.
Yacimientos	Se encuentran aproximadamente 830.000m <sup>3</sup> de material.	Existen aproximadamente 170.000m <sup>3</sup> de material disponible.	Yacimientos poseen un potencial estimado de 2.000.000m <sup>3</sup> .
Altura de Presa	62m	77m	68m
Vol Embalsado/Vol Relleno Muro	13,6	12,4	15,5
Vol Relleno Muro m <sup>3</sup>	2.187.681	2.462.755	1.900.312
Caminos Accesos	Camino de Acceso Fácil por ruta lateral	Camino de Acceso Fácil por ruta lateral	Camino de Acceso Fácil por ruta lateral

Comparando los valores correspondientes a un embalse de capacidad 30 millones de metros cúbicos, la alternativa correspondiente a Bollenar Alto es la que tiene mejor relación Volumen embalse / Volumen Muro, lo que significa que requiere un menor volumen de relleno para el muro.

La alternativa Bollenar Alto produce un ahorro de unos 270.000m<sup>3</sup> de relleno

respecto a la alternativa Frangollo, lo que equivale a más del 10% del volumen total de relleno para esta última.

Es por lo anterior que la mejor alternativa de sitio seleccionada corresponde a Bollenar Alto y es en este donde se realizarán los diseños preliminares de embalse y obras complementarias.

## 10 DISEÑO PRELIMINAR EMBALSE BOLLENAR ALTO Y OBRAS ANEXAS

El resultado de la evaluación de alternativas de emplazamiento dio como resultado que la mejor alternativa corresponde al sitio denominado Bollenar Alto.

El diseño a nivel de prefactibilidad presentado comprende las dimensiones, geometría y materiales de la presa tipo CFGD en base a los antecedentes recopilados en el presente estudio. El diseño de la presa considera la condición máxima de cota; es decir, aquella cuya capacidad útil corresponde a 28Hm<sup>3</sup>. Para el diseño de tamaños menores a éste, se reducirá la altura del muro, manteniéndose las condiciones de taludes y revanchas obtenidas para la presa mayor. Con ello se estima que las variaciones de estos valores serán despreciables, siendo los grandes montos de tamaño los correspondientes a altura de presa considerando el nivel de aguas y volúmenes de relleno.

Durante la presente Consultoría, se desarrolló un levantamiento topográfico del sitio Bollenar Alto y del área de inundación a escala 1:500 y 1:2.000 respectivamente. El área total de estos levantamientos fue de 270ha, lo que permitió abarcar zona de emplazamiento de la presa y sus obras anexas, adicionado a la zona de inundación más una franja envolvente de 200m de ancho aproximadamente.

En base al levantamiento del área de inundación y del sitio de presa, se determinaron las curvas características del embalse, las cuales permiten analizar diferentes escenarios de capacidad útil.

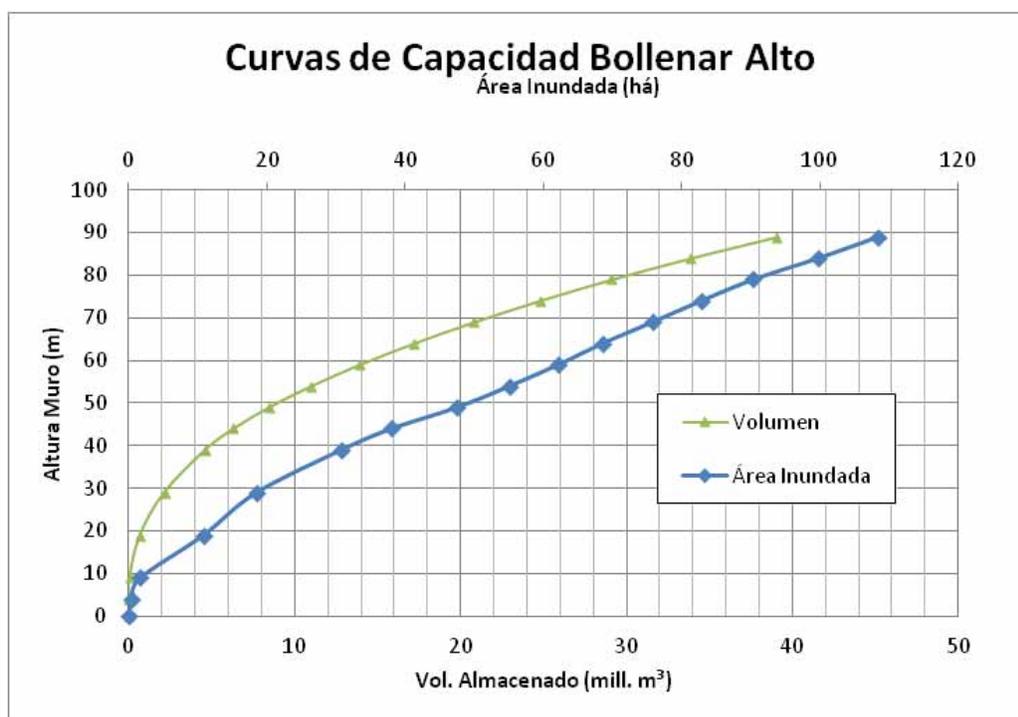
A través del software computacional Auto CAD Civil 3D 2012, se determinó el área inundada para distintas alturas de muro, con lo cual se calculó el volumen embalsado. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10-1 Curvas Características Embalse Bollenar Alto

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen Embalsado (m <sup>3</sup> )	Volumen Relleno Muro (m <sup>3</sup> )
795	4	3,747	7,494	1,823
800	9	16,593	58,345	9,248
810	19	107,938	681,001	63,741
820	29	184,465	2,143,016	182,354
830	39	307,265	4,601,666	381,806
835	44	379,429	6,318,401	517,599
840	49	474,388	8,452,944	681,250
845	54	550,263	11,014,571	875,316
850	59	620,698	13,941,974	1,102,406
855	64	685,256	17,206,859	1,362,961
860	69	757,182	20,812,954	1,659,754

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen Embalsado (m <sup>3</sup> )	Volumen Relleno Muro (m <sup>3</sup> )
865	74	827,730	24,775,234	1,997,819
870	79	903,054	29,102,194	2,199,589
875	84	996,994	33,852,314	2,462,353
880	89	1,084,041	39,054,901	2,725,116

Gráfico 10-1 Curva de Embalse Bollenar Alto



Del estudio de sedimentación se obtuvo como resultado una reducción de la capacidad del embalse por efecto de la acumulación de sedimentos a lo largo de la vida útil del embalse (50 años). Se estimó que el volumen de sólidos totales; correspondientes al volumen por arrastre de fondo y al de sólidos en suspensión, es de 4,75Mm<sup>3</sup>.

Del Modelo Operacional del Embalse realizado en la presente Consultoría se evaluaron varios escenarios en lo que se refiere a distintos tamaños del embalse, con el criterio de que la superficie regable cumpliera con un 85% de seguridad. Entre dichos escenarios, se encuentra la capacidad máxima del embalse, la cual está dada por la ubicación de un derecho de aprovechamiento de aguas perteneciente a la CGE S.A., el cual tiene su punto de toma aguas arriba del embalse, como se muestra en la Figura 10-1.

Los escenarios evaluados abarcan una superficie variable entre las 5000 y 6000 Ha aproximadamente, lo cual permite analizar la relación costo – beneficio de la

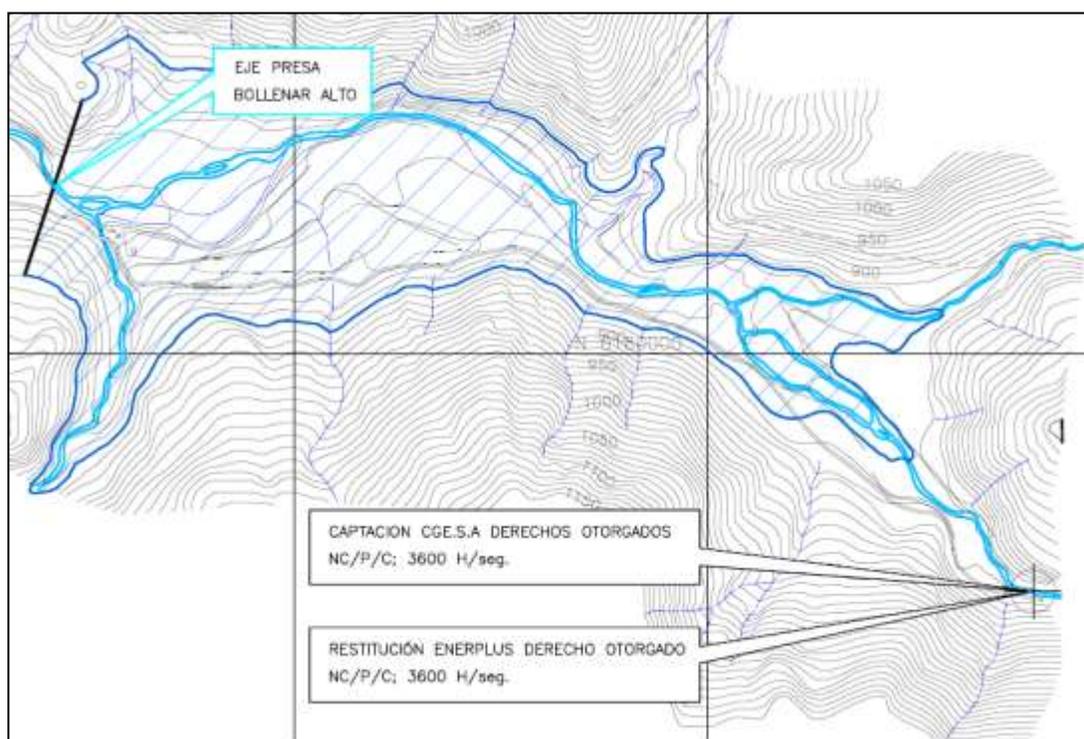
presa.

**Tabla 10-2 Superficie Regable (Ha) según Capacidad del Embalse**

<b>CAPACIDAD ÚTIL EMBALSE (Hm<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN TOTAL EMBALSE (Hm<sup>3</sup>) (*)</b>	<b>SUPERFICIE REGABLE (Ha)</b>
28	33	6070
25	30	5720
20	25	5037

(\*) Volumen Total: considera el volumen útil adicionando el volumen de arrastre de fondo y sólidos en suspensión.

**Figura 10-1 Ubicación Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Zona de Embalse Bollenar Alto**



En la evaluación de escenarios se consideran que las obras anexas son comunes para las 3 alternativas, en términos de emplazamiento dimensiones y costos. Dichas obras corresponden a:

- Evacuador de Crecidas
- Túnel de Desvío
- Obra de Entrega

De acuerdo a los antecedentes revisados en el desarrollo del presente estudio y la información obtenida de los estudios básicos respecto a las características

geológicas-geotécnicas del emplazamiento, el tipo de presa elegido para el embalse Bollenar Alto corresponde a una tipo Concrete Face Gravel Dam (CFGD).

La cota de coronamiento de la presa Bollenar Alto es 880msnm, la cual fue definida según cálculo del sistema de evacuación de crecidas, mediante la siguiente relación:

$$Cota_{\text{coronamiento}} = Cota_{\text{nivel normal de operación}} + carga_{\text{del vertedero}} + revancha$$

La cota del nivel normal de operación corresponde a la cota 874,1msnm, determinada mediante la curva de capacidad del embalse para una capacidad de 33Hm<sup>3</sup>. La carga del vertedero corresponde a la carga máxima que permite descargar la crecida milenaria, en este caso para un vertedero de 45m de longitud, la carga es de 4,06m. A continuación se presentan los resultados obtenidos para las 3 alternativas:

**Tabla 10-3 Cotas de Coronamiento Alternativas de Embalse**

ALTERNATIVA	CAPACIDAD ÚTIL EMBALSE (Hm <sup>3</sup> )	NIVEL OPERACIÓN NORMAL (msnm)	CARGA VERTEDERO (m)	R <sub>1</sub> (m)	R <sub>2</sub> (m)	R <sub>3</sub> (m)	COTA CORONAMIENTO ADOPTADA (msnm)
1	28	874.1	4.05	0.79	0.25	0.8	880.0
2	25	870.9	4.05	0.79	0.25	0.8	876.8
3	20	865.3	4.05	0.79	0.25	0.8	871.2

La base de la presa está ubicada en la cota 799msnm aproximadamente, con lo cual se definen la altura de muro:

**Tabla 10-4 Altura de Muro Alternativas de Embalse**

ALTERNATIVA	CAPACIDAD ÚTIL EMBALSE (Hm <sup>3</sup> )	COTA CORONAMIENTO ADOPTADA (msnm)	ALTURA MURO (m)
1	28	880.0	85.5
2	25	876.8	82.3
3	20	871.2	76.7

El ancho de coronamiento del muro ha sido definido en función de la altura de la presa. Tomando como antecedente los valores utilizados en presas a nivel mundial, se tiene que el ancho de coronamiento oscila entre un 8% a 12% de la altura del muro.

Tomando en cuenta que la presa Bollenar Alto de capacidad útil  $28\text{Hm}^3$  tiene una altura aproximada de 85m, el criterio fijaría el ancho del coronamiento entre 6.8 y 10.3m. En base a lo anterior, se considerará un ancho de coronamiento de 9m para las 3 alternativas:

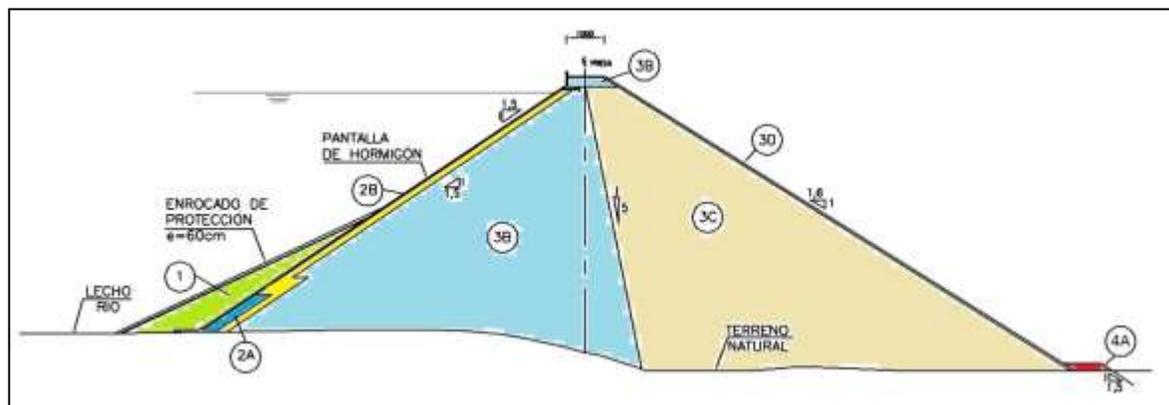
**Tabla 10-5 Relación Ancho de Coronamiento/Altura de Muro de Alternativas de Embalse**

ALTERNATIVA	CAPACIDAD ÚTIL EMBALSE ( $\text{Hm}^3$ )	ALTURA MURO (m)	ANCHO DE CORONAMIENTO (m)	RELACIÓN ANCHO/ALTURA (%)
1	28	85.5	9	10.5
2	25	82.3	9	10.9
3	20	76.7	9	11.7

Con respecto a los taludes a utilizarse en la presa, los cuales han sido ratificados mediante el estudio de estabilidad correspondiente, se tiene que se utilizará para el talud de aguas arriba los taludes H:V = 1,5:1 y para aguas abajo el talud H:V = 1,6:1.

La zonificación propuesta para este tipo de presa, corresponde a la típica dada para las presas del tipo CFGD:

**Figura 10-2 Esquema tipo Presa CFGD**



- **Relleno tipo 1:** Estos rellenos deben contener un porcentaje de finos importante, y tienen por finalidad sellar cualquier tipo de falla en la pantalla de hormigón y en el plinto. Debe contener el menor porcentaje de grava y el índice de plasticidad más bajo posible.
- **Relleno tipo 2A:** Material que se ubica en contacto a lo largo de la cara de concreto del plinto, especialmente en la parte inferior. Se utilizan materiales procesados, obtenidos en los depósitos aluviales cercanos. Las partículas deben ser duras, durables, libres de materia orgánica, arcilla o cualquier

otro material susceptible de descomposición o inadecuado por cualquier razón.

- **Relleno tipo 2B:** Material donde se apoya la cara de concreto y que debe permitir una adecuada compactación con el propósito de eliminar asentamientos. Se deberá utilizar una mezcla procesada de grava y arena de baja permeabilidad, procedente de los depósitos aluviales.
- **Relleno tipo 3B y 3C:** Material que constituye el paramento de aguas arriba, que en definitiva sostiene la cara de concreto. Se utilizan gravas naturales provenientes de depósitos aluviales cercanos.
- **Rellenos tipo 3D o 4A:** Material que conforma la cara de aguas abajo de la presa.

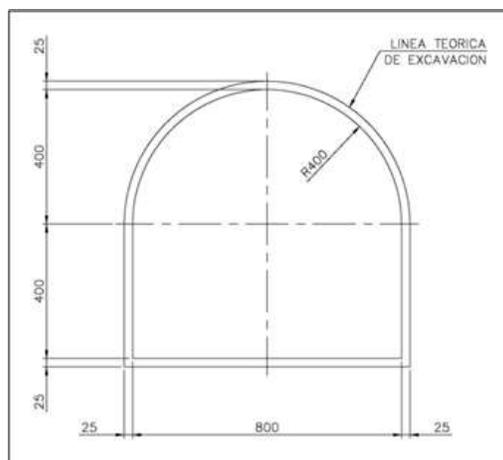
Las principales características del vertedero considerado son las siguientes:

<b>Tipo de Vertedero</b>	Frontal
<b>Longitud del vertedero</b>	45m
<b>Rápido de descarga</b>	175m de longitud, con una pendiente de 36%. La sección trapecial con taludes 1:4 (H:V) en ambos muros

Con respecto a las obras del túnel de desvío, se tiene que las cotas de radier de entrada y salida son 799,91msnm y 793,86msnm respectivamente, utilizando una pendiente de 2%. Se consideró una rugosidad de  $n=0,015$ , equivalente a todo el perímetro mojado en hormigón. Para una crecida de  $T=20$  con un caudal de 416,1m<sup>3</sup>/s y una sección de medio punto con diámetro de 8m, se obtuvo una velocidad de 13,8m/s, la cual permite el escurrimiento sin entrar en presión y cumple con el límite máximo de velocidad para el hormigón estimada en 20m/s.

La sección del túnel de desvío tiene las siguientes características:

**Figura 10-3 Sección Tipo Túnel de Desvío**



El proyecto de las obras de entrega considera, la captación desde el embalse a través de un pique o torre de aproximadamente 15m, para luego conducir las aguas por el tramo de túnel existente ( $D = 8m$ ) hasta la caverna de válvulas, en donde se inicia la conducción por tubería de acero de  $\varnothing=1600mm$ . Esta se desarrolla inicialmente por el interior del túnel (costado izquierdo) y acceder a la plataforma de la casa de válvulas, luego, en el sector del portal de salida se ha propuesto una tubería de entrega de  $\varnothing=1000mm$ , incluyendo las válvulas de corte y regulación.

### 10.1 Características Obras Proyectadas

A continuación se presenta una tabla resumen de las características técnicas de las alternativas de presa y obras anexas:

Tabla 10-6 Características Principales Obras de Embalse Bollenar Alto

OBRA	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES
<b>Muro Embalse Capacidad 33 Hm<sup>3</sup></b>	Presa tipo CFGD	Altura Nominal 84m Cota Coronamiento = 880.0msnm Ancho Coronamiento = 9m Talud Aguas Arriba 1.5:1 Talud Aguas Abajo 1.6:1 Pantalla de Hormigón e = 50cm
<b>Muro Embalse Capacidad 30 Hm<sup>3</sup></b>		Altura Nominal 80m Cota Coronamiento = 876.8msnm Ancho Coronamiento = 9m Talud Aguas Arriba 1.5:1 Talud Aguas Abajo 1.6:1 Pantalla de Hormigón e = 50cm
<b>Muro Embalse Capacidad 25 Hm<sup>3</sup></b>		Altura Nominal 75m Cota Coronamiento = 871.2msnm Ancho Coronamiento = 9m Talud Aguas Arriba 1.5:1 Talud Aguas Abajo 1.6:1 Pantalla de Hormigón e = 50cm
<b>Vertedero</b>	Tipo Frontal	Longitud = 45m
<b>Rápido de Descarga</b>	Sección Trapecial	Longitud = 175m $i = 36\%$ $h_{muros} = 3m$ Taludes 1:4 (H:V) en ambos muros
<b>Disipador de Energía</b>	Salto de Ski	Radio de Curvatura = 10m
<b>Túnel de Desvío</b>	Sección de Medio Punto	$I = 2\%$ $D_{sección} = 8m$ Longitud = 302.6m
<b>Entrega a Riego</b>	Tubería de Acero Válvula de Descarga	$D_{Tubería} = 1600mm$ $D_{válvula} = 1000mm$

## 11 DISEÑO PRELIMINAR OBRAS DE RIEGO

Para cumplir con las 6.000 Has señaladas en el modelo se hace necesario el mejoramiento de la red de canales matrices existentes en la zona, sin incluir nuevos trazados de canales, es decir, en la situación futura se seguirá utilizando el actual trazado de la red de canales, ya que estos cumplen la totalidad de la zona en estudio, lo que si deberá realizarse será mejoramientos en zonas puntuales, revestimiento de canales matrices y mejoramiento de bocatomas y obras de captación desde el río claro de Rengo.

Con respecto a las obras de los canales matrices, a continuación se presenta un resumen de los trabajos considerados y mejoramientos.

Tabla 11-1 Mejoramientos Red de Canales Actual

Canal	Q (m <sup>3</sup> /s)	B (m)	Sección	Material	i (m/m)	Hcanal (m)
Las Islas	0.039	0.4	Trapezial	Hormigón	0.006	0.30
Popeta	1.298	0.6	Trapezial	Hormigón	0.0090	0.70
Talhuén	0.006	0.1	Trapezial	Hormigón	0.0090	0.30
Bisquertt	0.225	0.6	Trapezial	Hormigón	0.0055	0.50
Rincón	0.230	0.6	Trapezial	Hormigón	0.0055	0.50
Tronco Chanqueahue Unido	2.386	2.8	Trapezial	Mampostería	0.0030	0.80
Mira	0.045	0.4	Trapezial	Hormigón	0.0060	0.40
El Peñón	1.145	2.2	Trapezial	Mampostería	0.0080	0.60
Pedregal	0.225	0.8	Trapezial	Mampostería	0.0055	0.40
Población Unificado	2.510	1.2	Trapezial	Hormigón	0.0040	0.90
Pretil Unido	0.855	2.2	Trapezial	Mampostería	0.0100	0.50

Cabe destacar que debido a que la mayoría de los canales de riego de la zona son de tamaño reducido, su mejoramiento es más caro, al igual que ser canales ya existentes, ya que su forma de trabajo en la mayoría será del tipo manual por la dificultad para ingresar maquinaria a desarrollar dichos trabajos.

Otra opción de manejar el tema de los caudales pequeños es mediante la creación de pequeños estanques que sirvan de obras de regulación, de forma que se entrega un cierto volumen de agua a los regantes y posteriormente ellos captan el agua desde dicho tranque y distribuyen el agua a través de sus canales pequeños.

Estas alternativas deberán analizarse mediante un estudio y análisis de la operación de la red de riego.

## 12 PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

Se efectuó una estimación del presupuesto de las obras detalladas, en conjunto con un análisis de precios unitarios elaborado con información de proyectos construidos por la DOH en los últimos años, de alcances similares a los del Proyecto Río Claro.

La totalización de cantidades de insumos se realizó mediante la cubicación de materiales a través de los planos de diseño a nivel de prefactibilidad elaborados por la presente Consultoría. El presupuesto de las obras se realizó en base al análisis de precios unitarios de los diversos insumos involucrados, dichos precios consideran suministro y colocación.

La estimación de precios unitarios se realizó en base a proyectos y estudios anteriores, similares a los alcances del proyecto Río Claro, con los reajustes necesarios en función de los indicadores monetarios a la fecha. Por lo anterior, en las siguientes etapas de ingeniería se deberán revisar y reajustar todos los valores presentados en la evaluación económica del proyecto

El presupuesto del proyecto está conformado por 17 grandes partidas que corresponden a cada una de las obras del Embalse y Mejoramiento de la Red de Canales:

- Instalación de Faenas
- Presa
- Obras de Desvío y Entrega
- Vertedero
- Mejoramiento del Canal Islas
- Mejoramiento del Canal Popeta
- Mejoramiento del Canal Talhuén
- Mejoramiento del Canal Bisquertt
- Mejoramiento del Canal El Rincón
- Mejoramiento del Canal Chanqueahue Unido
- Mejoramiento del Canal Mira
- Mejoramiento del Canal Pedregal
- Mejoramiento del Canal Población Unificado
- Mejoramiento del Canal Pretil Unido
- Modificación de Red Vial
- Expropiaciones
- Plan de manejo ambiental

Se obtuvo el costo directo de las grandes partidas, a cuyo valor se le agregó un 45% por concepto de Gastos Generales y Utilidades.

El presupuesto se realizó con moneda nacional, pesos chilenos (\$), con mes base a diciembre de 2011. Los indicadores monetarios utilizados para esta fecha son los siguientes:

En la Tabla 12-1 se presenta el presupuesto de las obras de la presa mejoramiento, los que corresponden a precios privados (MMUS\$) más un 35% de gastos generales y utilidades, sin IVA.

**Tabla 12-1: Presupuesto Obras de Mejoramiento Red de Riego Río Claro**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	EMBALSE 33Hm <sup>3</sup>	EMBALSE 30Hm <sup>3</sup>	EMBALSE 25Hm <sup>3</sup>
		PRECIO TOTAL (\$)	PRECIO TOTAL (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1	INSTALACIONES DE FAENA	795.000.000	795.000.000	795.000.000
2	PRESA	11.943.558.151	11.001.597.555	9.560.493.317
3	OBRAS DE DESVÍO Y ENTREGA	3.442.476.507	3.442.476.507	3.442.476.507
4	VERTEDERO	2.065.541.266	2.065.541.266	2.065.541.266
5	CANAL LAS ISLAS	222.066.716	222.066.716	222.066.716
6	CANAL POPETA	1.445.125.929	1.445.125.929	1.445.125.929
7	CANAL TALHUÉN	157.739.664	157.739.664	157.739.664
8	CANAL BISQUERTT	964.337.115	964.337.115	964.337.115
9	CANAL RINCÓN	793.799.549	793.799.549	793.799.549
10	CANAL CHANQUEAHUE UNIDO	324.716.798	324.716.798	324.716.798
11	CANAL MIRA	149.912.548	149.912.548	149.912.548
12	CANAL PEDREGAL	192.823.812	192.823.812	192.823.812
13	CANAL POBLACIÓN UNIFICADO	371.625.340	371.625.340	371.625.340
14	CANAL PRETIL UNIDO	14.619.893	14.619.893	14.619.893
15	MODIFICACIÓN RED VIAL	2.114.408.730	2.114.408.730	2.114.408.730
16	EXPROPIACIONES	1.372.087.752	1.372.087.752	1.372.087.752
17	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	347.997.859	347.997.859	347.997.859
<b>SUBTOTAL COSTO DIRECTO</b>		<b>26.717.837.628</b>	<b>25.775.877.032</b>	<b>24.334.772.794</b>
<b>GASTOS GENERALES Y UTILIDADES</b>		<b>11.405.587.444</b>	<b>10.981.705.176</b>	<b>10.333.208.269</b>
<b>COSTO TOTAL (\$)</b>		<b>38.123.425.072</b>	<b>36.757.582.208</b>	<b>34.667.981.063</b>
<b>COSTO TOTAL (USD)</b>		<b>73.455.540</b>	<b>70.823.858</b>	<b>66.797.651</b>

Nota: GG y U no aplica para ítem expropiaciones

### 13 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En base al Modelo Operacional del Embalse, se desarrollaron una serie de escenarios que permitieron evaluar la situación futura del embalse. En la evaluación económica se utilizó el escenario que priorizada los derechos de aprovechamiento de agua de terceros. Los escenarios desarrollados en el modelo operacional se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 13-1 Escenarios Desarrollados para la Situación Futura**

SITUACIÓN FUTURA CON EMBALSE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE REGADA	SEGURIDAD
<b>Prioridad a Terceros</b>	Como primera regla se abastecen los derechos de terceros (CGE y VMP) y el caudal ecológico, con lo cual se condiciona el volumen disponible para almacenar para riego en función de la conversión máxima de acciones establecidas por la JVRRCR (8,96m <sup>3</sup> /s permanentes).	6.070ha	85%
<b>Prioridad a Regantes:</b>	El agua disponible del río una vez descontado el caudal ecológico, tiene como uso primero el almacenamiento para riego, en función de los derechos de la JVRRCR, es decir los 8,96m <sup>3</sup> /s. Una vez abastecidos estos derechos, se procede a abastecer los derechos de terceros.	7.080ha	85%
<b>Reparto Proporcional de Derechos</b>	En este escenario se considera el reparto proporcional de los derechos de agua, almacenando los derechos de los regantes en el embalse.	6.200ha	85%

La evaluación económica se realizó considerando 3 capacidades de embalse, los escenarios evaluados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 13-2 Escenarios a Evaluar Económicamente**

ESCENARIO DE EVALUACIÓN	CAPACIDAD ÚTIL EMBALSE (Hm <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL EMBALSE (Hm <sup>3</sup> ) (*)	SUPERFICIE REGADA (Ha)
1	28	33	6070
2	25	30	5720
3	20	25	5037

A continuación se presentan los costos privados de las obras del embalse y red de canales de riego:

**Tabla 13-3 Costos Privados Proyecto**

OBRA	EMBALSE 33Hm <sup>3</sup>		EMBALSE 30 Hm <sup>3</sup>		EMBALSE 25 Hm <sup>3</sup>	
	PRECIO TOTAL (USD)	%	PRECIO TOTAL (USD)	%	PRECIO TOTAL (USD)	%
INSTALACIONES DE FAENA	2.221.098	3,0	2.221.098	3,2	2.221.098	3,3
PRESA Y OBRAS ANEXAS	48.756.811	66,4	46.125.130	65,1	42.098.923	63,0
MEJORAMIENTO RED DE CANALES	12.954.360	17,7	12.954.360	18,3	12.954.360	19,4
MODIFICACIÓN RED VIAL	5.907.308	8,0	5.907.308	8,3	5.907.308	8,8
EXPROPIACIONES	2.643.714	3,6	2.643.714	3,7	2.643.714	4,0
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	972.248	1,3	972.248	1,4	972.248	1,5
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>73.455.540</b>	<b>100,0</b>	<b>70.823.858</b>	<b>100</b>	<b>66.797.651</b>	<b>100,0</b>

Nota: valores incluyen 45 % de GG y U, excepto expropiaciones

A continuación se presentan los costos sociales de las obras del embalse y red de canales de riego:

**Tabla 13-4 Costos Sociales Proyecto**

OBRA	EMBALSE 33Hm <sup>3</sup>		EMBALSE 30 Hm <sup>3</sup>		EMBALSE 25 Hm <sup>3</sup>	
	PRECIO TOTAL (USD)	%	PRECIO TOTAL (USD)	%	PRECIO TOTAL (USD)	%
INSTALACIONES DE FAENA	1.566.985	2,7	1.566.985	2,8	1.566.985	3,0
PRESA Y OBRAS ANEXAS	38.502.041	66,3	36.436.374	65,1	33.232.058	62,9
MEJORAMIENTO RED DE CANALES	9.946.305	17,1	9.946.305	17,8	9.946.305	18,8
MODIFICACIÓN RED VIAL	4.731.528	8,1	4.731.528	8,4	4.731.528	9,0
EXPROPIACIONES	2.643.714	4,6	2.643.714	4,7	2.643.714	5,0
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	685.921	1,2	685.921	1,2	685.921	1,3
<b>COSTO TOTAL (USD)</b>	<b>58.076.495</b>	<b>100,0</b>	<b>56.010.829</b>	<b>100,0</b>	<b>52.806.512</b>	<b>100,0</b>

Nota: valores incluyen 45 % de GG y U, excepto expropiaciones

En base a estos antecedentes, la evaluación económica del proyecto queda como se indica a continuación:

**Tabla 13-5 Evaluación Económica del Proyecto**

ESCENARIO	VOLUMEN DE EMBALSE [Hm3]	HECTÁREAS REGADAS	EVALUACIÓN PRIVADA <sup>2</sup>			EVALUACIÓN SOCIAL <sup>3</sup>		
			VAN [MM\$]	TIR	IVAN	VAN [MM\$]	TIR	IVAN
1	33	6070	-20.975	6,3%	0,35	33.011	11,0%	2,29
2	30	5720	-20.465	6,2%	0,34	30.529	10,8%	2,24
3	25	5037	-19.949	5,8%	0,32	25.103	10,4%	2,10

<sup>2</sup> Tasa de Descuento Privada: 12%

<sup>3</sup> Tasa de Descuento Social: 6%

## 14 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se realizó un análisis de sensibilidad del proyecto ante la variación de los parámetros más importantes que afectan al proyecto, tales como: el costo de las obras, los beneficios del proyecto, la variación en la tasa de descuento, entre otros, cuyos resultados son los siguientes:

Tabla 14-1 Resultados Análisis de Sensibilidad

ESCENARIO	VOLUMEN DE EMBALSE [Hm3]	HECTÁREAS REGADAS	EVALUACIÓN PRIVADA			EVALUACIÓN SOCIAL		
			VAN [MM\$]	TIR	IVAN	VAN [MM\$]	TIR	IVAN
<b>Aumento del Costo de la presa y Obras Anexas en un 20%:</b>								
1	33	6070	-25.361	5,6%	0,31	29.071	10,1%	2,01
2	30	5720	-24.626	5,5%	0,30	26.808	10,0%	1,97
3	25	5037	-23.763	5,1%	0,28	21.681	9,6%	1,85
<b>Aumento del Costo de Mejoramiento de la red de canales en un 20%:</b>								
1	33	6070	-22.128	6,1%	0,34	31.975	10,7%	2,22
2	30	5720	-21.618	6,0%	0,33	29.493	10,6%	2,16
3	25	5037	-21.102	5,6%	0,31	24.067	10,1%	2,01
<b>Aumento del Costo de Modificación de la Red Vial:</b>								
1	33	6070	-21.466	6,2%	0,35	32.573	10,9%	2,25
2	30	5720	-20.956	6,1%	0,34	30.087	10,7%	2,20
3	25	5037	-20.440	5,7%	0,32	24.665	10,3%	2,05
<b>Aumento del Costo de Expropiaciones en un 20%:</b>								
1	33	6070	-21.220	6,3%	0,35	32.752	10,9%	2,27
2	30	5720	-20.710	6,1%	0,34	30.270	10,8%	2,22
3	25	5037	-20.194	5,8%	0,32	24.844	10,3%	2,07
<b>Disminución de Beneficios en un 10%:</b>								
1	33	6070	-23.371	5,3%	0,27	23.596	9,8%	1,94
2	30	5720	-22.724	5,2%	0,27	21.657	9,6%	1,90
3	25	5037	-21.938	4,8%	0,25	17.290	9,2%	1,77
<b>Aumento de la Tasa de Descuento en un 1%:</b>								
1	33	6070	-22.648	6,3%	0,28	23.578	11,0%	1,93
2	30	5720	-22.029	6,2%	0,28	21.653	10,8%	1,90
3	25	5037	-20.925	5,9%	0,26	17.330	10,4%	1,78
<b>Variación de Beneficios Agronómicos, caso optimista: disminución en 2 años periodo de siembra</b>								
1	33	6070	-18.187	7,3%	0,44	41.180	12,1%	2,59
2	30	5720	-17.839	7,2%	0,43	38.227	11,9%	2,53

ESCENARIO	VOLUMEN DE EMBALSE [Hm <sup>3</sup> ]	HECTÁREAS REGADAS	EVALUACIÓN PRIVADA			EVALUACIÓN SOCIAL		
			VAN [MM\$]	TIR	IVAN	VAN [MM\$]	TIR	IVAN
3	25	5037	-17.636	6,7%	0,40	31.882	11,5%	2,37
<b>Variación de Beneficios Agronómicos, caso pesimista: aumento en 2 años periodo de siembra:</b>								
1	33	6070	-22.986	5,5%	0,29	30.994	10,7%	2,22
2	30	5720	-22.361	5,4%	0,28	28.629	10,6%	2,17
3	25	5037	-21.619	5,0%	0,26	23.430	10,1%	2,02
<b>Aumento en 1 año periodo de construcción de las obras:</b>								
1	33	6070	-18.125	6,7%	0,41	35.190	11,6%	2,40
2	30	5720	-17.746	6,6%	0,40	32.540	11,4%	2,35
3	25	5037	-17.458	6,2%	0,38	26.975	11,0%	2,19

## **15 ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE PAGO**

El análisis de disponibilidad de pago indica que una parte de los predios de nivel medio a alto no tienen capacidad suficiente para el pago de las obras, siendo necesario el otorgamiento de subsidios por parte del estado.

Lo anterior, se debe básicamente a que el Proyecto contempla tecnificar aquellos cultivos de mayor rentabilidad en los estratos de nivel medio y alto, manteniendo sin cambios los estratos de nivel bajo (el nivel medio se tecnificará la mitad de la superficie de este tipo de cultivo y en el nivel medio-alto el 100% de su superficie).

Cabe señalar que para el presente estudio la capacidad de pago se determinó en función de los criterios y objetivos adoptados en el presente estudio, los cuales podrían ser reevaluados y/o modificados en etapas venideras del proyecto.

Se recomienda que en la siguiente etapa del Proyecto, se efectúe un Análisis Financiero para poder determinar con mayor precisión la capacidad de pago entre pequeños y grandes agricultores.

## 16 ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

De acuerdo a los resultados entregados en la Caracterización del Área de Influencia para el estudio de Prefactibilidad del sitio Bollenar Alto, se obtienen las siguientes conclusiones:

- En cuanto al Medio Físico; las características identificadas, permiten sostener que existe un adecuado funcionamiento y equilibrio de los elementos bióticos y abióticos (flora, fauna y espacio físico), al no existir perturbaciones ecosistémicas. Esto se demuestra principalmente, por las muestras de calidad de agua, que establecen que tanto para las temporadas de verano y otoño, la mayoría de los parámetros cumple con las condiciones definidas por la Nch 1333, para el uso en regadío y vida acuática. Este sería el principal indicador biológico del ecosistema actual.

- En cuanto al Medio Biótico, la presencia de algunas especies arbóreas en algunas categorías de vulnerabilidad, señalan que es un medio con fuerte presencia de bosque nativo. Ejemplo de ello, son las especies de *Persea lingue*; *Lingue*, considerada como Vulnerable, que ocupa dentro del área de inundación junto con el Bosque de Peumo, 1.51 Ha., lo que equivale a un 1.5 % respecto al área de inundación. Asimismo la especie de *Echinopsis chiloensis*; *Quisco* considerado como Casi Amenazada que junto a la especie de *Colliguay*, ocupa un área de 9.24 Ha., correspondiendo a un 9.14 % en relación al área inundada.

La presencia de especies de Fauna, tanto terrestre como acuática, indican asimismo, un estado de fragilidad latente, ante posibles obras y sus respectivos impactos, al encontrarse especies en estados vulnerables.

Es este ecosistema, el frente más vulnerable a las obras del proyecto, por la implicancia que tiene inundar un área boscosa y cambiar los patrones fluviales y caudales del sistema hídrico.

Es importante la presencia de comunidades de bosque en algunos sectores que serán inundados, los que en total suman 46.28 Ha. En este sentido, y de acuerdo a lo que contempla la Ley forestal N° 20.283, se debe considerar y aplicar un plan de manejo durante la etapa de construcción. Aún cuando una de ellas está catalogada Fuera de Peligro, es importante considerar para la etapa de construcción planes de rescate y relocalización para estas especies.

- En cuanto al Medio Socioeconómico y Cultural, las características del medio estudiado, indican una baja presencia de actividad antrópica, en el sector del Embalse. Esta se refiere solamente a 2 viviendas

con fines estacionarios para el tránsito de ganado. La mayor presencia se encuentra, hacia el sector de las obras de mejoramiento, de los canales en las localidades de la Chimba, Popeta y Las Nieves. Por este lado, el impacto directo de las obras hacia el medio humano, es poco relevante y es más un beneficio económico que una impronta negativa. Esta escasa presencia antrópica, sustenta el frágil equilibrio presente en la flora y fauna. Los principales resultados tienen que ver con Línea de Base Arqueológica, que define al área del proyecto como potencial sitio de manifestaciones arqueológicas.

- Por último, en el Medio Construido y Territorial, no hay presencia de Infraestructura crítica, como Tendido eléctrico, obras de riego u otra materialización de ingeniería importante. Por lo general, las obras diseñadas no implicarían intervenciones de magnitud en el área de influencia del proyecto. Desde la óptica de los instrumentos de zonificación ambiental, no se encuentra dentro de ninguna categoría perteneciente al Sistema Nacional de ÁREAS Silvestres Protegidas (SNASPE), como tampoco otras categorías de protección ambiental.
  
- En definitiva, los resultados de este informe concluyen que, del total de intervenciones propuestas, sólo la construcción del embalse debe ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), como Estudio de Impacto Ambiental, debido a que afectará vegetación nativa, fauna terrestre y acuática en algún grado de conservación. Como ya se ha indicado, las obras correspondientes a los canales no requieren ingresar al SEIA. Sin embargo, para cumplir con las políticas de Estado, el procedimiento recomendado, contempla que en los documentos de licitación de la construcción de las obras, se incorpore un acápite específico que detalle las acciones constitutivas de buenas prácticas ambientales en la etapa de construcción, lo que se dejará establecido en el Plan de Manejo Ambiental.

## **17 PARTICIPACIÓN CIUDADANA**

El desarrollo del proyecto Estudio de Pre-factibilidad Proyecto “Mejoramiento del Sistema de Riego en el Río Claro de Rengo, 1ª Sección”, Región del Libertador Bernardo O'Higgins consideró la ejecución del Programa de Participación Ciudadana (PAC) el que se implementó durante las distintas etapas del estudio. Se realizaron 4 instancias de comunicación con la comunidad: lanzamiento y cierre del proyecto, instancias de tipo formal para dar a conocer el estudio y para dar a conocer los resultados del mismo respectivamente; y otras 2 instancias correspondientes a reuniones ampliadas de Participación Ciudadana. En ambas reuniones ampliadas de PAC se realizaron encuestas enfocadas a autoridades y servicios públicos, así como a miembros de la comunidad.

### **17.1 Entrevistas Realizadas**

Este punto tiene por objetivo analizar los principales temas que se lograron dilucidar, por parte de la comunidad, en torno al Estudio, de acuerdo a las entrevistas aplicadas en el marco del proceso de participación ciudadana realizado.

En primera instancia se realizaron entrevistas a actores claves dentro de la región, comuna y sector que apoyan el desarrollo del estudio o que se verán beneficiados directamente con la instalación de un embalse en el sector. Los entrevistados fueron: Mauricio Donoso, Seremi de Agricultura, VI Región, Magaly Cid, Jefe de Área de Riego INDAP, Claudia Ovalle, Técnico en terreno Prodesal Municipalidad de Rengo y actores claves comunitarios como los siguientes miembros de la directiva de la Junta de Vigilancia Río Claro de Rengo, Joaquín Barros, Presidente; Edgardo Cura Vicepresidente; Carlos Ortiz, Director y José Muñoz, Gerente Administrativo Junta de Vigilancia.

#### **17.1.1 Conclusiones de las Entrevistas Realizadas**

De estas entrevistas se concluye en primer lugar una buena disposición e interés de los distintos entrevistados a profundizar en los temas relacionados con la instalación de un embalse en el sector estudiado.

Se constata, tanto en los representantes de los servicios públicos como de la comunidad beneficiada la importancia y necesidad de la instalación de un embalse el que permitiría entregar seguridad de riego y potenciar el desarrollo agropecuario del sector.

Se evidencia, de parte de la comunidad, la necesidad de fortalecer el proyecto, integrando a él un canal matriz y canales derivados que permitan potenciar la conducción y entrega del recurso hídrico. Como elemento asociado a esto, se identifica la

necesidad de revestir los canales para reducir la pérdida que actualmente se constata.

Tanto de la autoridad pública como de la comunidad se identifica la necesidad de fortalecer la organización, integrando más a sus asociados y regularizando sus derechos de agua.

## **17.2 1° Reunión PAC**

Buscando avanzar en el establecimiento de una mirada común, conocer sus inquietudes y opiniones sobre el estudio y de esa forma integrarlos al desarrollo del proyecto, el programa de PAC se orientó a organizar e implementar la 1° reunión de PAC enfocada hacia el SEREMI de Agricultura y los integrantes de la Junta de Vigilancia del Río Rengo. Esta reunión se desarrolló durante el mes de Agosto de 2012 y contó con una asistencia de parte importante de los actores focalizados para este primer encuentro. La CNR estuvo representada, por el Coordinador Zona Sur, por Contraparte Técnica del estudio y por parte de la Consultora estuvieron el Jefe de Estudio y 2 profesionales.

### **17.2.1 Conclusiones 1° Reunión PAC**

En conclusión, en la primera reunión de participación ciudadana se aclararon un alto nivel de dudas por parte de la comunidad, se identifica que el proyecto es importante para el entorno ciudadano, se percibe que existe interés por conocer su desarrollo y se observa que los temas inquietudes y opiniones de mayor relevancia expresados por la comunidad, fueron las siguientes:

La comunidad hace ver una serie de inquietudes, pues piensan que existen otros lugares posibles de emplazamiento. Lo anterior, lo justifican con la mención de la capacidad mayor que pudiera tener el embalse.

Existen dudas respecto de la capacidad del embalse, para satisfacer la demanda de riego en el total de hectáreas de cultivo.

Tanto las autoridades como los representantes de la Junta de Vigilancia hacen ver que existe una necesidad de vincularse de manera armoniosa para lograr un trabajo en conjunto. Se menciona por ejemplo por parte de la Junta de Vigilancia otras iniciativas en las cuales se ha logrado un beneficio satisfactorio tanto de ellos como usuarios como de los servicios o instituciones.

Se generó un buen nivel de conversación entre los participantes, los cuales a



pesar de tener visiones diversas sobre algunos puntos, se abrieron a una conversación seria y profunda buscando establecer una visión común.

Se abrieron espacios de apoyo y coordinación entre los mandantes, la consultora y la Junta de Vigilancia para avanzar en conjunto en el desarrollo y fortalecimiento del proyecto.

### **17.3 2° Reunión PAC**

Se organizó e implementó la 2°reunión de PAC, en la cual participaron el Intendente VI Región, SEREMI de Agricultura, los directores regionales de la DOH, DGA, INDAP, el jefe Área y la encargada de Riego de INDAP Rengo, el Alcalde y directores de Obras, Secplan, Dideco Prodesal de la Municipalidad de Rengo y los integrantes de la Junta de Vigilancia del Río Claro de Rengo. Esta reunión se desarrolló durante el mes de Marzo de 2013 y contó con una asistencia de parte importante de los actores focalizados para este segundo encuentro. La CNR estuvo representada, por el Coordinador Zona Sur, la Contraparte Técnica del estudio, la encargada de PAC y por parte de la Consultora estuvieron el Jefe de Estudio y 3 profesionales.

#### **17.3.1 Conclusiones 2° Reunión PAC**

En conclusión, en la segunda reunión de participación ciudadana se identifica nuevamente, con respecto a la primera PAC, que el proyecto es importante para el entorno ciudadano, se percibe que existe interés por conocer su desarrollo y se observa que los temas inquietudes y opiniones de mayor relevancia expresados por la comunidad, fueron las siguientes:

- La comunidad plantea la necesidad de apurar los plazos para la construcción del embalse. Lo anterior, lo justifican con la mención del cambio climático que afecta a la agricultura y de los compromisos financieros que ellos adquieren como agricultores y exportadores.
- Existen dudas respecto de la capacidad del embalse, para satisfacer la demanda de riego en el total de hectáreas de cultivo.
- Tanto las autoridades como los representantes de la Junta de Vigilancia hacen ver que existe una necesidad de vincularse de manera armoniosa para lograr un trabajo en conjunto. Se menciona por ejemplo por parte de la Junta de Vigilancia otras iniciativas en las cuales se ha logrado un beneficio satisfactorio tanto de ellos como usuarios como de los servicios o instituciones.

- Se generó un buen nivel de interacción entre los participantes y las autoridades presentes, buscando establecer una visión y trabajo común.
- Se abrieron espacios de apoyo y coordinación entre los mandantes, la consultora y la Junta de Vigilancia para avanzar en conjunto en el desarrollo y fortalecimiento del proyecto.

## 18 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Del estudio realizado se obtienen las principales conclusiones y comentarios:

- El sitio seleccionado como mejor alternativa para el emplazamiento del embalse es el sector Bollenar Alto, con una capacidad útil de  $28\text{Hm}^3$  y una capacidad total de  $33\text{Hm}^3$ .
- En base a la situación óptima generada por la elección de alternativa de emplazamiento y a través del Modelo Operacional del Embalse, en el cual se definieron una serie de escenarios que involucraron los beneficios del proyecto, prioridades según los derechos de agua existentes y hectáreas regadas. Se procedió a la elección de los escenarios de estudio (situación base y situación futura) la cual se realizó mediante un análisis entre la Consultora y la Comisión Nacional de Riego.
- Se observa que en la situación actual sin proyecto, en la actualidad se riegan 6.065 Has con seguridad del 52%, el equivalente de estas es de 3.200 Has con seguridad del 85%. Ambas alternativas consideran la operación actual en la cual se utilizan derechos no utilizados por terceros. En caso de no poder utilizarse los derechos de terceros, estas hectáreas descienden a 1.650 Has en la situación Actual.
- Con respecto a la situación futura con embalse, se mejora el riego de 6.070 Has a una situación con seguridad del 85% (restando derechos de terceros).
- La evaluación económica se realizó considerando 3 capacidades de embalse: el primero corresponde a un embalse de capacidad total de  $33\text{Hm}^3$  del cual se obtuvo una superficie regada de 6070Ha, el segundo escenario corresponde a un embalse de capacidad total  $30\text{Hm}^3$  del cual se obtuvo una superficie regada de 5720Ha y el tercer escenario corresponde a un embalse de capacidad total  $25\text{Hm}^3$  con una superficie regada de 5037Ha. En base a los resultados de la evaluación económica se observa lo siguiente:
  - La evaluación Privada presenta un VAN negativo, para los tres escenarios de embalse y para todos los casos analizados, dando el peor resultado para el caso de aumentar el costo de la presa y las obras anexas en un 20% y un embalse de  $33\text{Hm}^3$ , siendo el VAN de MM\$-20.975.
  - La evaluación Social presenta un VAN positivo, para los tres escenarios de embalse y para todos los casos analizados. En el escenario de un embalse de  $33\text{Hm}^3$ , el VAN es de MM\$33.011 y varía entre un rango de MM\$23.578 a MM\$41.180. En el caso del escenario de embalse de

capacidad 30Hm<sup>3</sup> se obtuvo un VAN de MM\$30.529 y los valores del análisis de sensibilidad varían en un rango entre MM\$21.653 a MM\$38.227. Por último, el escenario de embalse de capacidad 25Hm<sup>3</sup> presenta un VAN de MM\$25.103 con una variación entre MM\$17.330 y MM\$31.882.

- Los TIR privados oscilan entre 5,8% y 6,3%. En el caso del escenario de embalse de capacidad 33Hm<sup>3</sup> se obtuvo TIR de 6,3% y los valores del análisis de sensibilidad varían en un rango entre 5,3% y 7,3%. Para el escenario de embalse de capacidad 30Hm<sup>3</sup> se obtuvo un TIR de 6,2% con variaciones en un rango de 5,2% a 7,2%. Finalmente en el caso del escenario de embalse de capacidad 25Hm<sup>3</sup> el TIR es de 5,8% con variaciones en un rango de 4,8% a 6,7%.
  - Los TIR sociales oscilan entre 9,2% y 12,1%. En el escenario de embalse de capacidad 33Hm<sup>3</sup> el TIR es de 11,0% y varía entre un rango de valores de 9,8% a 12,1%. En el caso del escenario de un embalse de capacidad 30Hm<sup>3</sup> se obtuvo un TIR de 10,8% con una variación entre 9,6% y 11,9%. En el escenario de embalse de capacidad 25Hm<sup>3</sup> el TIR es de 10,4% y varía en un rango de 9,2% y 11,5%.
- El análisis de disponibilidad de pago indica que una parte de los predios de nivel medio a alto no tienen capacidad suficiente para el pago de las obras, siendo necesario el otorgamiento de subsidios por parte del estado.
  - Se recomienda que en la siguiente etapa del Proyecto, se efectúe un Análisis Financiero para poder determinar con mayor precisión la capacidad de pago entre pequeños y grandes agricultores.