

02806



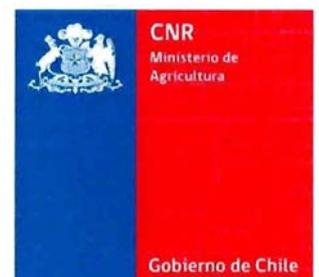
CNR-0385\_v5

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO ESTERO CODEGUA,  
VI REGIÓN**

**INFORME FINAL**

**TOMO V  
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA  
DE RIEGO**

**SANTIAGO, MARZO DE 2015**



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO ESTERO CODEGUA,  
VI REGIÓN**

**INFORME FINAL**

**TOMO V  
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA  
DE RIEGO**

**SANTIAGO, MARZO DE 2015**

Estudio Elaborado por:



**SMI Ingenieros, Ltda.**

Dirección: Galvarino Gallardo 1576, Providencia, Santiago

Fono: +56 2 2235 9094

Email: [smi@smi-chile.cl](mailto:smi@smi-chile.cl)

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

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO ESTERO CODEGUA**

**INFORME FINAL**

**CONTENIDO GENERAL**

- TOMO I RESUMEN EJECUTIVO**
  
- TOMO II REVISIÓN DE ANTECEDENTES Y DIAGNÓSTICO PRELIMINAR**
  
- TOMO III EVALUACIÓN SITUACIÓN ACTUAL DEL RIEGO**
  
- TOMO IV ESTUDIOS BÁSICOS Y TRABAJOS DE TERRENO**
  
- TOMO V EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO**
  
- TOMO VI ASPECTOS DE INGENIERÍA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA**
  
- TOMO VII ESTUDIO AGRONÓMICO**
  
- TOMO VIII ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL**
  
- TOMO IX INFORME FINAL PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA**
  
- TOMO X ÁLBUM DE PLANOS**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO ESTERO CODEGUA**

**INFORME FINAL**

**CONTENIDO**

**TOMO V – EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO**

1	INTRODUCCIÓN.....	1-1
2	TIPO DE PRESA EN CADA EMPLAZAMIENTO .....	2-1
2.1	Taludes Adoptados .....	2-1
2.2	Zonificación Presa CFGD.....	2-1
3	DEFINICIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS .....	3-1
3.1	Alternativa N°1 .....	3-1
3.2	Alternativa N°2 .....	3-4
3.3	Alternativa N°3 .....	3-7
3.4	Comparación de Alternativas de Emplazamiento .....	3-9
4	CAPACIDAD DE LOS EMBALSES.....	4-1
4.1	Datos de Entrada .....	4-2
4.2	Esquema de Operación del Embalse .....	4-26
4.3	Algoritmo de Simulación del Modelo .....	4-36
4.4	Escenarios Modelados .....	4-46
4.4.1	Escenarios Situación Futura Embalse Alternativa 1 .....	4-46
4.4.2	Escenarios Situación Futura Embalse Alternativa 2 .....	4-53
4.4.3	Escenarios Situación Futura Embalse Alternativa 3 .....	4-59
4.4.4	Análisis de Resultados Obtenidos .....	4-65
5	DISEÑO SIMPLIFICADO E INVERSIONES TOTALES DE CADA EMBALSE Y RED DE CANALES MATRICES Y DERIVADOS PRINCIPALES.....	5-1
5.1	Diseño Simplificado de Obras del Embalse .....	5-1
5.1.1	Coronamiento de la Presa .....	5-1
5.2	Obras Anexas y Complementarias .....	5-6
5.2.1	Evacuador de Crecidas .....	5-6
5.2.2	Túnel de Evacuación .....	5-8
5.2.3	Resumen de Características de Obras Proyectadas .....	5-9
5.2.4	Obra de Entrega a Riego .....	5-9
5.3	Diseño Simplificado de Red de Canales.....	5-13



5.3.1	Estado Actual de la Red de Riego	5-14
5.3.2	Situación Futura de la Red de Riego	5-14
5.3.3	Mejoramientos Red Futura de Riego	5-18

6	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO Y SELECCIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA.....	6-1
6.1	Alternativas de Mejoramiento de Red de Canales.....	6-1
6.2	Inversiones Totales por Alternativa de Emplazamiento de Embalse.....	6-7
6.3	Comparación Técnico – Económica de los Sitios de Embalse .....	6-11
6.3.1	Análisis Técnico	6-11
6.3.2	Análisis Económico	6-11

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente tomo se encuentra enfocado a la evaluación de alternativas de mejoramiento del sistema de riego del Estudio de Prefactibilidad “Mejoramiento del Sistema de Riego Estero Codegua”.

El objetivo principal de este tomo es identificar el mejor emplazamiento de embalse en base a los antecedentes desarrollados a lo largo de la presente Consultoría. Para ello se cuenta con los estudios topográficos, geológicos, geotécnicos e hidrológicos que permitieron desarrollar un diseño simplificado del muro del embalse en cuanto a geometría, materiales de relleno, obras de conducción y distribución. De forma paralela, se desarrollaron alternativas de mejoramiento de la red de canales necesarias para la conducción de caudal entregado por el embalse.

Se realizó una evaluación técnico – económica simplificada de los 3 sitios de embalse propuestos (Alternativa N°1, Alternativa N°2 y Alternativa N°3) y de las alternativas de mejoramiento de la red de canales, con lo cual se determinó que la mejor alternativa de emplazamiento es el sitio Alternativa N°1.

## 2 TIPO DE PRESA EN CADA EMPLAZAMIENTO

En base a las características de la zona del emplazamiento de todas las alternativas y la presencia de gravas de buena calidad en el lecho del estero Codegua, el tipo de presa que más se adecua corresponde a una presa CFGD (Concrete Face Gravel Dam), descartándose las presas rígidas como son las de hormigón rodillado (RCC) y las presas zonadas con núcleo de arcilla fundamentalmente por razones económicas.

Considerando que el resto de las obras anexas no presentan diferencias significativas en costos, según sea la solución de muro, se ve que económicamente y probada la disponibilidad de materiales para rellenos, una presa tipo CFGD se justifica claramente. Este análisis se profundiza en el Estudio de Yacimientos, según el emplazamiento elegido.

### 2.1 Taludes Adoptados

En base al tipo de presa seleccionado con pantalla de hormigón y rellenos provenientes de gravas de ríos, se adoptarán taludes de 1.5:1 (H:V) aguas arriba y de 1.6:1 (H:V) aguas abajo. Es importante destacar que la totalidad de las presas del tipo CFGD construidas en Chile poseen los taludes señalados, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2-1 Taludes Utilizados en Presas Construidas en Chile

Presa	Talud Aguas Arriba (H:V)	Talud Aguas Abajo (H:V)
Santa Juana	1.5:1	1.6:1
Puclaro	1.5:1	1.6:1
Corrales	1.5:1	1.6:1
Ancoa	1.5:1	1.6:1
El Bato	1.5:1	1.6:1

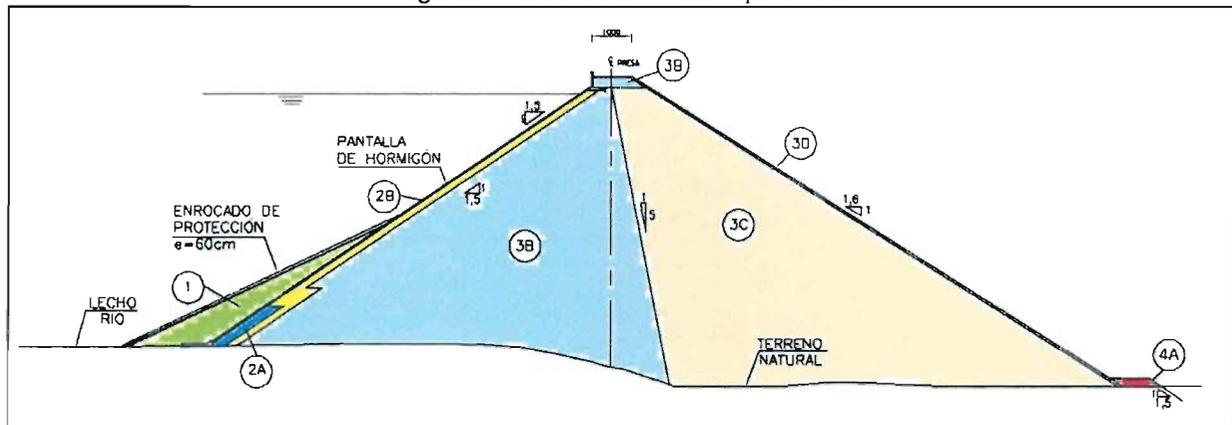
Fuente: Elaboración Propia

Los taludes serán verificados con un análisis de estabilidad de la presa en el desarrollo de las etapas de la presente Consultoría.

### 2.2 Zonificación Presa CFGD

La zonificación comúnmente adoptada en presas tipo CFGD se muestra en la Figura 2-1, cuyas características se definen a continuación:

Figura2-1 Rellenos en Presa Tipo CFGD



Fuente: Elaboración Propia

- **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.

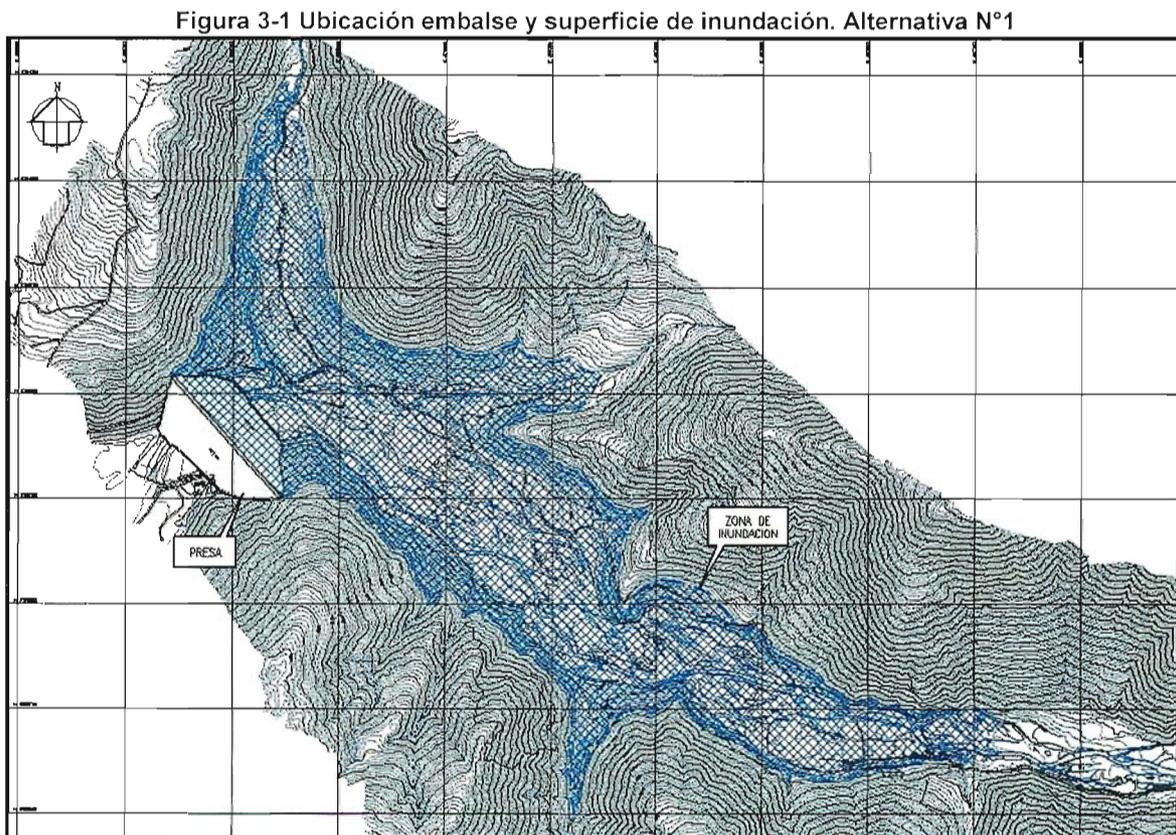
### 3 DEFINICIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS

Las curvas características del embalse permiten determinar la relación entre el volumen embalsado y el volumen de relleno para cada una de las alternativas de embalse. En la definición de las curvas del área inundada se utilizó el levantamiento a escala 1:2.000, con ello se ingresaron una serie de puntos del tipo (cota; volumen de almacenamiento) con lo cual mediante la interpolación de los datos se construyeron las curvas para cada alternativa.

Las cubicaciones entregadas a continuación se presentan de forma preliminar, ya que las mismas serán optimizadas en el desarrollo de los diseños simplificados de la presa y las obras anexas.

#### 3.1 Alternativa N°1

En la Figura 3-1 se presenta la ubicación del embalse Alternativa N°1 con la zona de inundación para un volumen de 9 millones de metros cúbicos. Los valores obtenidos para área de inundación, volumen embalsado y volumen de relleno del muro de muestran en la Tabla 3-1.



Fuente: Elaboración Propia

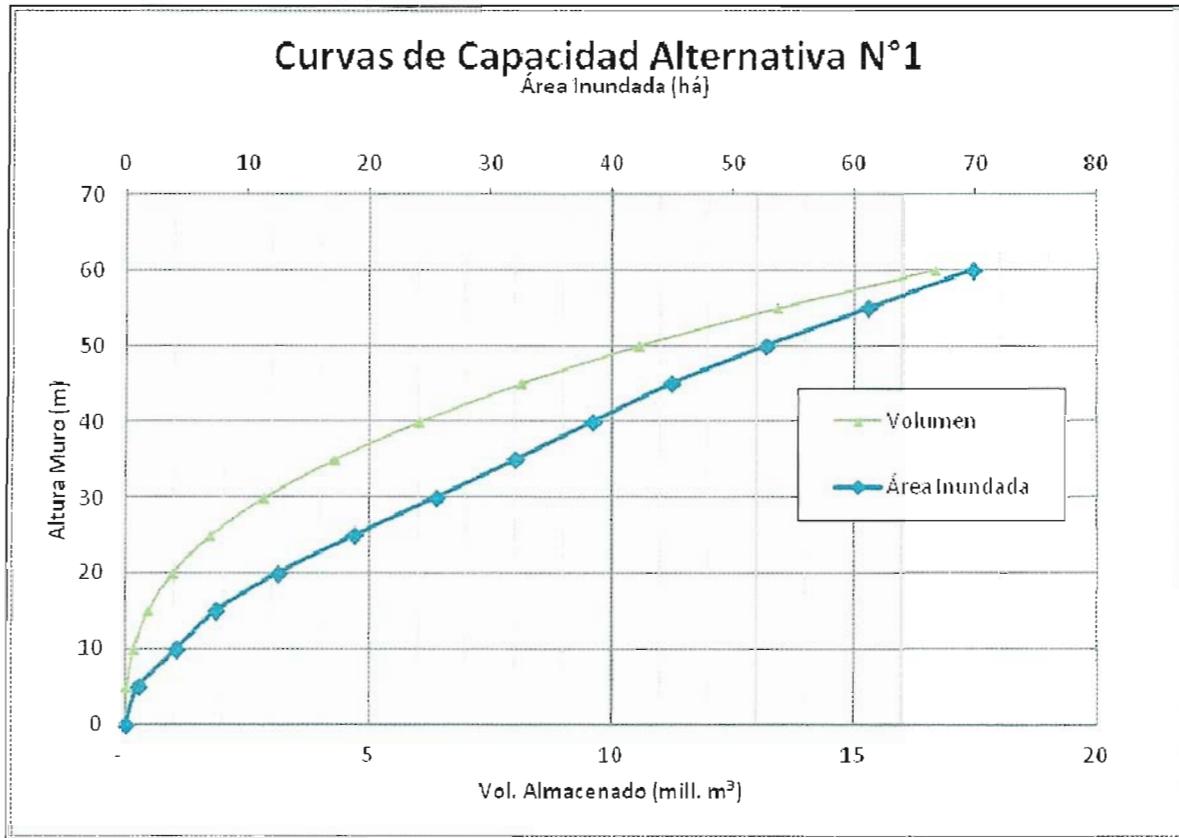
Tabla 3-1 Curva de Embalse, Área Inundada y Volumen de Relleno. Alternativa N°1

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Alternativa N°1			
		Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen embalsado (m <sup>3</sup> )	Volumen Relleno muro (m <sup>3</sup> )	Ve/Vm
780	0	0	0	0	
785	5	11,308	28,270	4,057	7.0
790	10	42,254	162,175	22,531	7.2
795	15	73,983	452,768	58,284	7.8
800	20	124,779	949,674	113,119	8.4
805	25	187,306	1,729,888	188,120	9.2
810	30	254,686	2,834,869	284,387	10.0
815	35	320,720	4,273,384	403,233	10.6
820	40	384,379	6,036,131	546,196	11.1
825	45	449,342	8,120,434	714,631	11.4
830	50	527,484	10,562,499	909,379	11.6
835	55	611,950	13,411,084	1,131,105	11.9
840	60	697,707	16,685,227	1,380,005	12.1
845	65	780,940	20,381,846	1,657,450	12.3
850	70	872,750	24,516,071	1,965,958	12.5
855	75	965,073	29,110,628	2,307,242	12.6
860	80	1,067,578	34,192,256	2,682,928	12.7
865	85	1,167,708	39,780,470	3,094,433	12.9
870	90	1,279,346	45,898,105	3,542,507	13.0
875	95	1,381,448	52,550,089	4,028,339	13.0

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que para la Alternativa N°1 la relación volumen embalsado vs volumen de relleno del muro para una capacidad de 9 millones de metros cúbicos es del orden de 11.5. En el Gráfico 3-1 muestra el volumen almacenado y el área inundada en función de la altura del embalse.

Gráfico 3-1 Curvas de Embalse Alternativa N°1

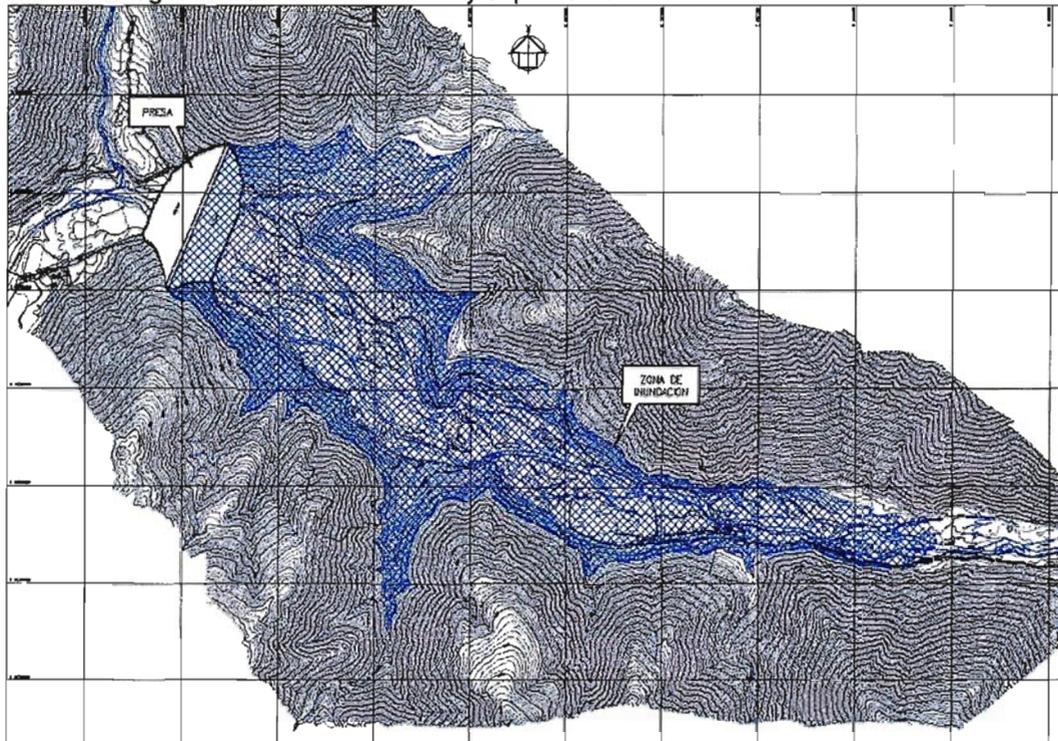


Fuente: Elaboración Propia

### 3.2 Alternativa N°2

En la Figura 3-2 se muestra la zona de inundación para un volumen de 9 millones de metros cúbicos para la Alternativa N°2. Los valores obtenidos para área de inundación, volumen embalsado y volumen de relleno del muro de muestran en la Tabla 3-2.

Figura 3-2 Ubicación embalse y superficie de inundación. Alternativa N°2



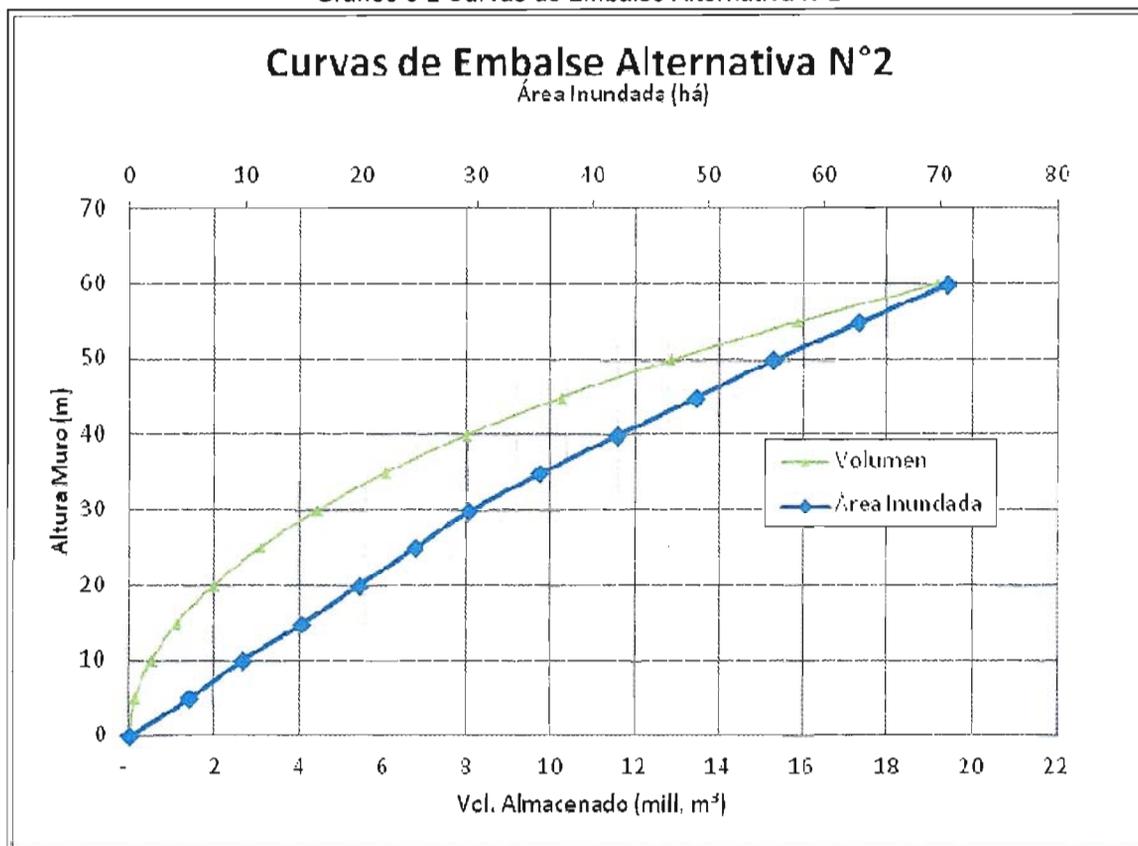
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-2 Curva de Embalse, Área Inundada y Volumen de Relleno. Alternativa N°2

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Alternativa N°2			
		Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen embalsado (m <sup>3</sup> )	Volumen Relleno muro (m <sup>3</sup> )	Ve/Vm
795	0	0	0	0	-
800	5	51,782	129,456	24,594	5.3
805	10	96,829	500,985	61,504	8.1
810	15	148,348	1,113,927	116,812	9.5
815	20	196,888	1,977,016	192,438	10.3
820	25	245,092	3,081,965	289,692	10.6
825	30	292,702	4,426,450	409,724	10.8
830	35	354,120	6,043,506	553,547	10.9
835	40	420,698	7,980,551	722,100	11.1
840	45	489,287	10,255,514	916,306	11.2
845	50	555,400	12,867,234	1,137,271	11.3
850	55	629,324	15,829,044	1,386,435	11.4
855	60	704,826	19,164,419	1,666,068	11.5
860	65	790,445	22,902,596	1,978,566	11.6
865	70	872,707	27,060,474	2,327,157	11.6
870	75	964,750	31,654,116	2,715,487	11.7
875	80	1,051,963	36,695,899	3,146,082	11.7

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3-2 Curvas de Embalse Alternativa N°2



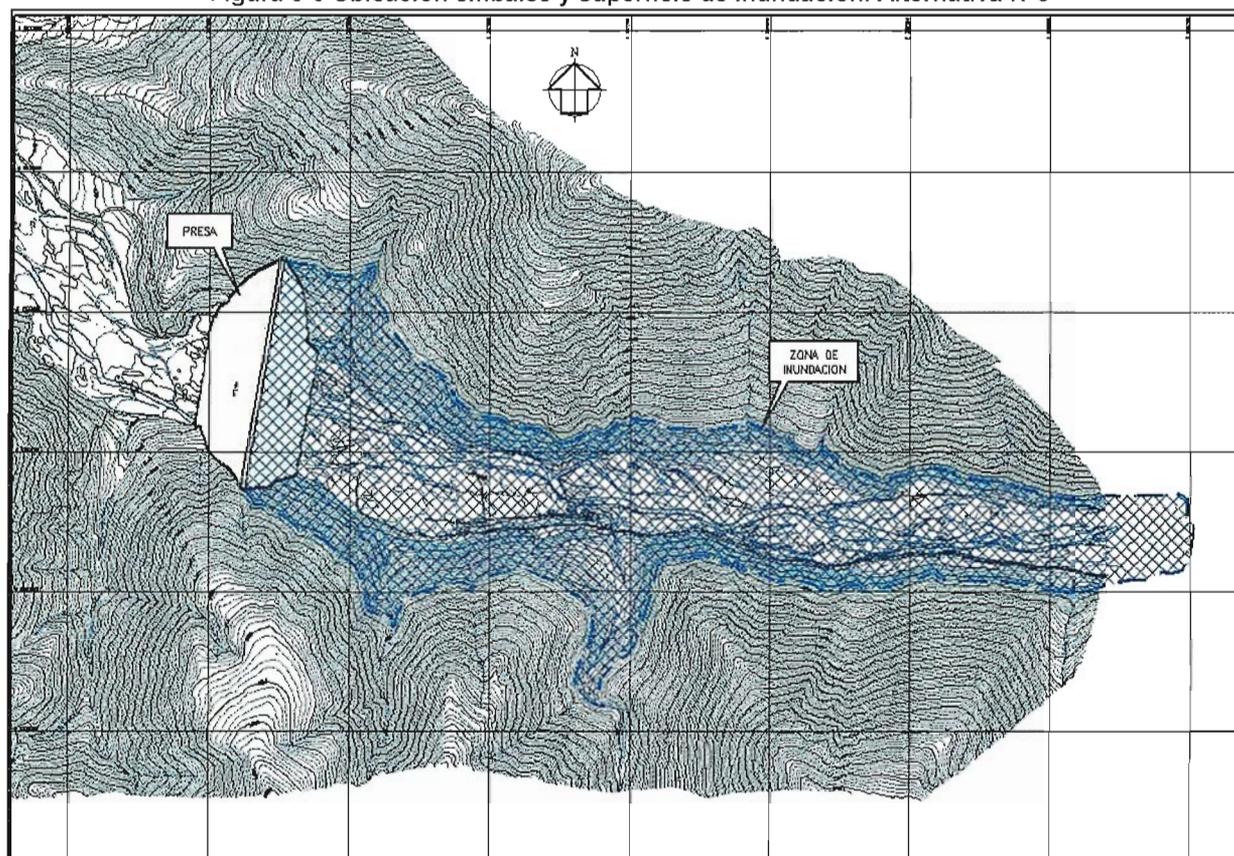
Fuente: Elaboración Propia

Se observa que para este caso la relación volumen embalsado vs volumen de relleno del muro para un volumen de almacenamiento de 9 millones de metros cúbicos es del orden de 11.1.

### 3.3 Alternativa N°3

En la Figura 3-2 se muestra la zona de inundación para un volumen de 9 millones de metros cúbicos. Los valores obtenidos para área de inundación, volumen embalsado y volumen de relleno del muro de muestran en la Tabla 3-3.

Figura 3-3 Ubicación embalse y superficie de inundación. Alternativa N°3



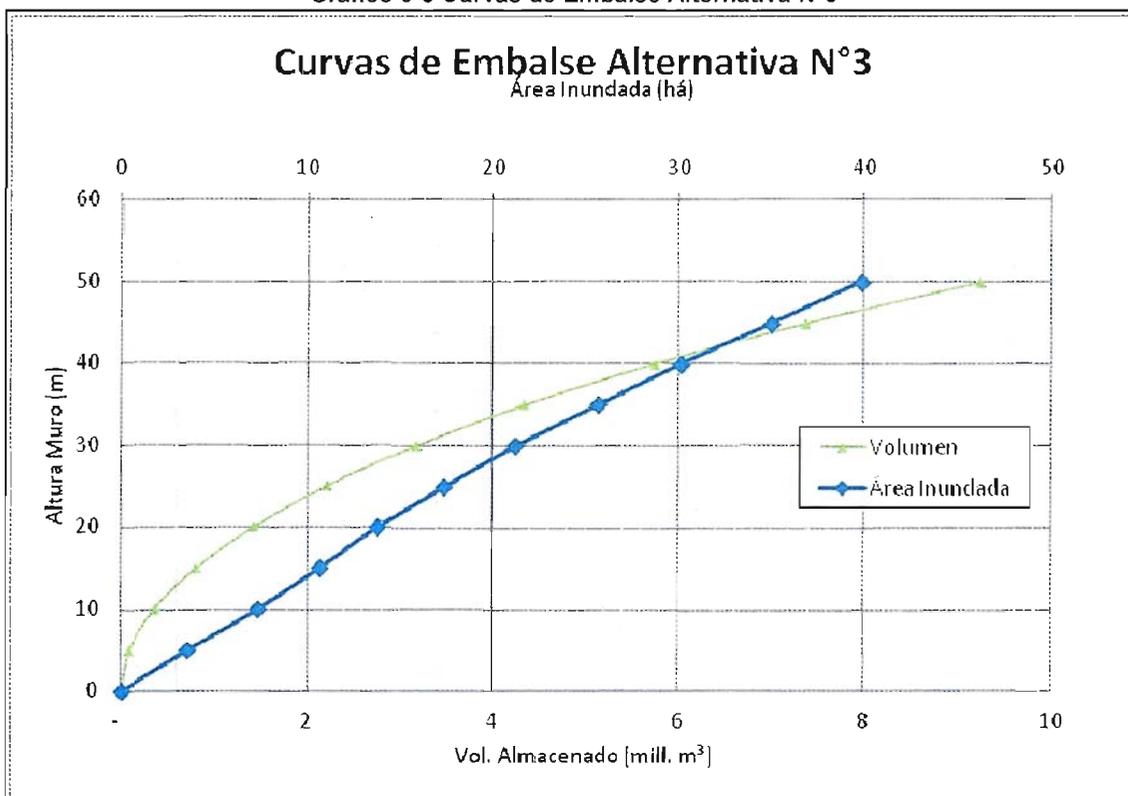
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-3 Curva de Embalse, Área Inundada y Volumen de Relleno. Alternativa N°3

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Alternativa N°3			
		Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen embalsado (m <sup>3</sup> )	Volumen Relleno muro (m <sup>3</sup> )	Ve/Vm
825	0	0	0	0.00	-
830	5	35,740	89,351	14,211.93	6.3
835	10	73,354	362,086	42,434.84	8.5
840	15	106,627	812,037	88,256.03	9.2
845	20	137,724	1,422,914	154,879.40	9.2
850	25	173,826	2,201,788	245,278.59	9.0
855	30	212,450	3,167,479	361,316.51	8.8
860	35	256,730	4,340,431	503,846.77	8.6
865	40	301,410	5,735,784	674,168.55	8.5
870	45	350,360	7,365,211	874,163.75	8.4
875	50	398,222	9,236,668	1,106,180.69	8.4

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3-3 Curvas de Embalse Alternativa N°3



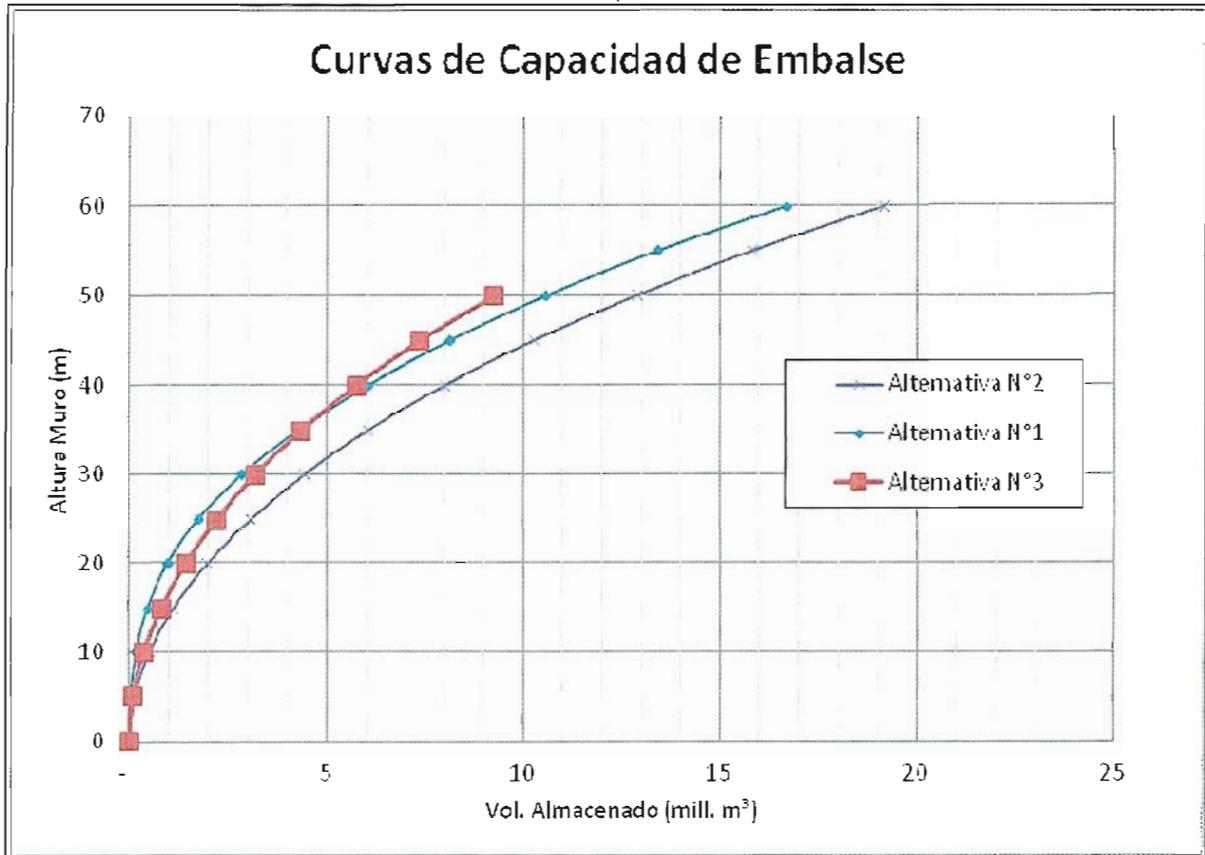
Fuente: Elaboración Propia

Se observa que para este caso la relación volumen embalsado vs volumen de relleno del muro para un volumen de almacenamiento de 9 millones de metros cúbicos es del orden de 8.4.

### 3.4 Comparación de Alternativas de Emplazamiento

En el Gráfico 3-4 se muestran las curvas de capacidad para cada una de las tres alternativas, en función de la altura del muro de la presa:

Gráfico 3-4 Curvas de Capacidad de Alternativas



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-4 Resumen de Curvas de Embalse. Vol. 9 mill m<sup>3</sup>

Alternativa	Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Vol. Relleno (m <sup>3</sup> )	Relación Vol. Emb./Vol. Rell.
1	826.8	47	704,898	11.5
2	837.2	42	809,127	11.1
3	874.4	49	1,076,839	8.4

Fuente: Elaboración Propia

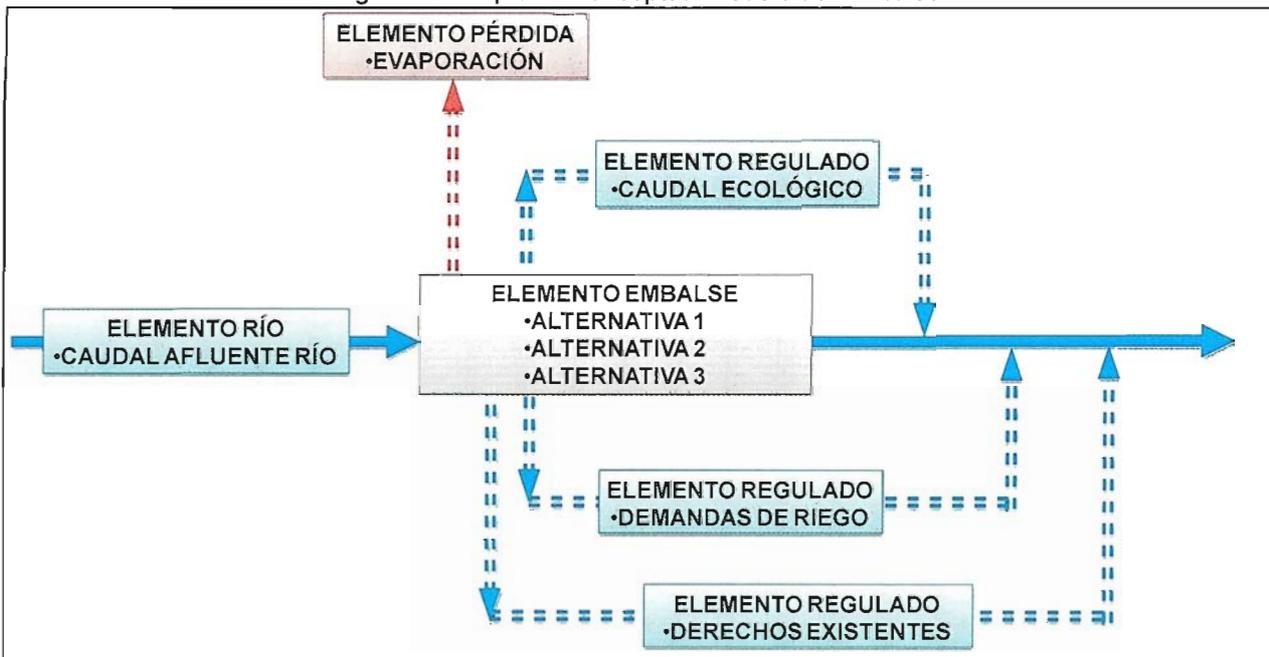
Comparando los valores correspondientes a un embalse de capacidad 9 millones de metros cúbicos, la alternativa N°1 es la que tiene mejor relación Volumen embalse/volumen muro, lo que significa que requiere un menor volumen de relleno para el muro. La alternativa N°1 produce un ahorro de unos 370.000m<sup>3</sup> de relleno respecto a la alternativa N°3, lo que equivale a más del 30% del volumen total de relleno para esta última.

#### 4 CAPACIDAD DE LOS EMBALSES

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, 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. 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 4-1 Esquema Conceptual Modelo del Embalse



Fuente: Elaboración Propia

##### ➤ Caudal Afluente del Río:

Corresponde a los caudales medios mensuales disponibles de la hidrología de la cuenca del Estero Codegua. La serie de caudales medios en la cuenca aportante al embalse han sido determinados en los Estudios Hidrológicos de la presente consultoría.

##### ➤ Derechos Existentes:

Corresponde a los derechos de agua existentes en la zona de emplazamiento del embalse y que deben respetarse, por encontrarse otorgados a la fecha de hoy. Una descripción de estos derechos se encuentra en el epígrafe correspondiente a los derechos de agua, destacándose los derechos consuntivos de la Comunidad Ovalle-Hörmann y la Asociación del Canal Cachapoal. Estos derechos deben dejarse pasar desde el embalse y no ser almacenados.

➤ **Embalse Alternativa 1, 2 y 3:**

Corresponde a la obra física que será construida en el río para almacenar los derechos de agua existentes en poder de los regantes. No se puede almacenar mayor cantidad de agua que la dada por los derechos de los regantes (esta cantidad de agua aún está en disputa para saber su equivalencia, en este modelo se han considerado diferentes escenarios).

➤ **Evaporación:**

Corresponden a pérdidas de agua en el embalse, debido a la evaporación por radiación en el área de inundación del embalse. Estos son descuentos que se realizan en el volumen útil almacenado.

➤ **Caudal Ecológico:**

Corresponde al caudal que deberá dejarse para mantener las condiciones medio ambientales del estero Codegua, en este caso se ha seleccionado como valor nominal, el mayor caudal ecológico asociado a cada uno de los cuatro derechos no consuntivos de Eric PrenzelLeupolt.

➤ **Demandas de Riego:**

Corresponden a las demandas que se realizan al embalse desde la zona de riego, estas demandas fueron determinadas mediante el estudio agroeconómico del proyecto, realizado en esta consultoría. Habiendo disponibilidad de agua de parte del embalse, estas demandas serán abastecidas.

#### 4.1 Datos de Entrada

El modelo requiere de un conjunto de datos de entrada que permite definir las características principales de la operación del mismo. A continuación se describe brevemente cada una de ellas.

✓ **Caudales Medios Mensuales.**

Los caudales afluentes al modelo se ingresan a través de un botón denominado "Hidrología" dentro de la pestaña "Inicio". La serie de caudales medios en la cuenca aportante al embalse han sido determinados en los Estudios Hidrológicos de la presente consultoría.

Cabe señalar que el modelo se ha complementado con los aportes laterales de la Quebrada El Bolsón para el caso del Embalse Alternativa 2, y para el Embalse Alternativa 3, además del aporte mencionado anteriormente, la Cuenca Intermedia entre la Alternativa 2-3.

Todos los caudales se recogen en la Tabla 4-1, la Tabla 4-2, la Tabla 4-3, la Tabla 4-4 y la Tabla 4-5:

Tabla 4-1 Caudales Medios Mensuales Estero Codegua, Sector Embalse Alternativa 1

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1960/61	3,96	4,29	6,60	7,66	7,27	4,04	6,84	11,15	7,94	4,18	2,91	5,02
1961/62	1,57	1,16	3,94	4,24	3,75	7,26	9,96	11,49	10,47	5,87	3,22	2,01
1962/63	1,12	1,08	2,58	3,60	3,26	3,18	6,24	7,93	6,50	3,72	2,73	1,84
1963/64	1,05	1,21	1,72	5,21	5,45	7,35	9,04	11,07	15,72	13,43	6,68	3,36
1964/65	1,84	1,21	1,56	1,93	1,90	4,23	4,84	5,68	5,50	4,82	2,68	1,87
1965/66	6,99	4,56	5,42	8,09	13,63	5,90	7,79	12,32	11,18	11,72	5,88	3,04
1966/67	3,58	2,00	3,91	7,15	4,18	6,56	7,90	10,52	9,32	9,59	6,24	3,31
1967/68	1,52	1,60	1,66	1,80	2,52	3,88	6,77	7,52	8,32	4,18	2,75	1,69
1968/69	1,16	0,90	0,73	0,65	0,73	1,05	1,05	1,84	1,86	1,93	1,42	0,99
1969/70	0,67	2,40	6,87	4,39	5,27	3,58	3,41	6,30	9,84	4,58	2,39	1,42
1970/71	0,84	0,76	1,35	2,98	3,07	3,56	4,95	7,58	6,43	3,18	1,92	1,16
1971/72	0,92	1,21	1,95	6,70	6,03	4,58	8,85	12,05	8,74	5,65	2,59	3,35
1972/73	0,87	8,30	15,66	4,62	12,11	9,69	7,96	9,55	14,19	13,52	8,45	4,28
1973/74	1,13	2,94	2,29	5,97	2,95	3,26	3,71	7,73	6,94	5,18	3,48	2,10
1974/75	1,15	6,15	5,09	4,04	3,81	3,73	6,30	8,24	8,03	7,01	3,69	2,18
1975/76	2,00	1,93	1,76	5,07	4,37	4,73	5,84	7,49	9,48	6,11	3,58	2,08
1976/77	1,05	0,94	7,87	3,68	2,29	2,32	6,10	8,15	6,07	5,27	3,70	3,53
1977/78	0,89	2,24	3,80	14,01	7,66	6,69	9,49	12,27	9,65	7,35	4,59	3,19
1978/79	2,87	1,43	2,18	17,94	6,26	6,65	9,11	13,51	15,07	8,53	5,59	3,60
1979/80	3,68	2,73	1,86	3,43	6,98	8,62	7,82	9,01	10,05	9,10	6,55	4,30
1980/81	9,98	12,63	9,15	12,67	7,87	5,50	6,92	9,48	7,78	8,58	6,33	3,71
1981/82	3,50	11,29	7,93	4,64	4,60	3,98	4,67	6,60	5,10	4,87	3,36	3,36
1982/83	2,42	4,19	19,21	19,28	9,59	14,04	10,92	13,86	20,20	16,38	11,28	6,17
1983/84	3,56	2,63	2,17	5,43	5,13	5,29	8,53	11,71	9,01	7,45	4,62	3,98
1984/85	2,07	2,71	2,62	10,83	7,28	9,32	13,07	13,82	17,15	10,84	7,34	4,80
1985/86	3,78	2,76	2,22	4,15	2,01	2,11	6,07	6,24	8,04	5,10	3,85	3,13
1986/87	4,11	6,93	16,22	7,90	7,51	8,30	5,20	7,59	9,60	6,50	6,51	3,92
1987/88	2,92	1,81	20,93	13,72	13,03	14,41	16,39	20,48	21,85	16,47	11,06	7,48
1988/89	2,89	3,13	4,82	5,59	8,00	3,39	5,39	7,19	7,41	5,02	4,31	3,59
1989/90	1,94	1,76	1,36	1,40	7,21	7,59	6,67	8,75	8,15	5,37	4,12	3,04
1990/91	2,74	1,68	1,09	1,33	1,80	5,22	4,00	4,27	4,81	3,24	2,63	2,21
1991/92	2,10	8,63	7,01	14,04	14,44	14,12	9,59	12,54	12,57	7,75	5,10	4,01
1992/93	3,40	12,72	12,01	4,77	3,18	5,39	7,75	10,73	11,38	7,65	4,27	3,65

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1993/94	3,26	3,53	5,44	6,31	5,99	6,62	7,53	9,41	10,04	7,57	5,08	3,44
1994/95	2,56	3,24	5,27	12,21	6,12	5,96	6,30	7,94	9,61	6,06	4,98	3,07
1995/96	3,72	3,31	6,69	5,44	6,22	9,45	7,33	7,96	9,30	5,33	4,44	3,33
1996/97	2,52	1,13	2,10	2,59	3,61	3,02	3,48	3,60	2,69	2,97	2,62	2,45
1997/98	2,15	3,94	22,13	8,68	16,21	20,03	11,13	10,64	14,18	12,39	8,98	6,01
1998/99	5,40	2,70	2,63	1,44	0,99	1,18	1,81	1,96	2,48	3,00	3,10	2,01
1999/00	1,36	1,02	1,27	1,67	2,34	8,30	7,70	8,18	7,78	5,73	3,96	2,64
2000/01	1,87	1,27	14,24	16,75	6,25	11,41	11,27	11,92	16,35	11,18	5,91	2,73
2001/02	2,27	4,10	5,15	12,89	15,92	10,87	7,79	7,87	15,02	9,83	5,47	3,88
2002/03	2,51	5,34	8,01	7,56	19,61	11,06	8,86	12,20	15,81	15,50	8,61	5,70
2003/04	3,87	2,61	7,75	5,31	2,89	3,84	5,35	7,06	7,37	5,75	4,15	3,37
2004/05	6,87	2,00	3,10	3,25	4,27	5,45	3,86	5,39	5,42	4,59	3,81	3,03
2005/06	2,02	4,21	17,26	7,35	11,78	7,23	5,74	8,98	12,27	9,82	6,18	2,99
2006/07	2,48	3,29	7,83	13,92	9,10	5,67	9,41	10,99	10,76	8,28	4,38	3,05
2007/08	1,89	1,00	1,00	2,49	2,06	3,18	4,44	4,73	4,98	3,75	3,97	2,24
2008/09	0,61	7,04	20,76	15,87	17,13	3,00	3,44	5,86	4,26	2,72	2,66	1,80
2009/10	3,18	0,85	5,30	6,15	6,56	12,36	5,22	4,74	7,81	7,39	4,96	3,35
2010/11	4,81	5,21	2,81	3,80	3,55	4,02	4,96	11,17	7,21	6,58	4,29	2,53

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-2 Caudales Medios Mensuales Estero Codegua, Sector Embalse Alternativa 2

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1960/61	3,57	3,86	5,94	6,90	6,55	3,64	6,16	10,04	7,15	3,76	2,62	4,52
1961/62	1,41	1,05	3,55	3,81	3,37	6,54	8,97	10,34	9,43	5,29	2,90	1,81
1962/63	1,01	0,97	2,33	3,24	2,93	2,86	5,62	7,14	5,85	3,35	2,45	1,65
1963/64	0,95	1,09	1,55	4,70	4,91	6,62	8,14	9,96	14,16	12,09	6,02	3,03
1964/65	1,65	1,09	1,41	1,73	1,71	3,81	4,35	5,12	4,95	4,34	2,41	1,68
1965/66	6,30	4,11	4,88	7,28	12,27	5,31	7,02	11,10	10,06	10,56	5,30	2,73
1966/67	3,22	1,80	3,52	6,44	3,77	5,91	7,11	9,47	8,39	8,64	5,62	2,98
1967/68	1,37	1,44	1,49	1,62	2,27	3,49	6,10	6,77	7,50	3,77	2,47	1,52
1968/69	1,04	0,81	0,65	0,59	0,66	0,95	0,95	1,66	1,67	1,74	1,28	0,89
1969/70	0,60	2,16	6,19	3,95	4,74	3,23	3,07	5,68	8,86	4,12	2,15	1,28
1970/71	0,75	0,69	1,21	2,69	2,76	3,20	4,46	6,83	5,79	2,87	1,73	1,04
1971/72	0,82	1,09	1,76	6,04	5,43	4,12	7,97	10,85	7,87	5,09	2,33	3,01
1972/73	0,79	7,48	14,11	4,16	10,90	8,72	7,17	8,60	12,78	12,18	7,61	3,85
1973/74	1,02	2,65	2,06	5,38	2,65	2,94	3,34	6,96	6,25	4,66	3,13	1,90
1974/75	1,03	5,54	4,58	3,63	3,43	3,35	5,67	7,42	7,23	6,31	3,32	1,97
1975/76	1,80	1,74	1,58	4,57	3,93	4,26	5,26	6,74	8,54	5,50	3,23	1,87
1976/77	0,95	0,85	7,08	3,31	2,06	2,09	5,50	7,34	5,47	4,74	3,33	3,17
1977/78	0,80	2,02	3,42	12,62	6,90	6,02	8,54	11,05	8,69	6,62	4,13	2,87
1978/79	2,58	1,29	1,96	16,15	5,64	5,99	8,20	12,16	13,57	7,68	5,04	3,24
1979/80	3,31	2,46	1,67	3,09	6,29	7,76	7,04	8,12	9,05	8,20	5,90	3,87
1980/81	8,99	11,37	8,24	11,41	7,09	4,96	6,23	8,54	7,00	7,72	5,70	3,34
1981/82	3,15	10,16	7,14	4,17	4,14	3,58	4,20	5,94	4,60	4,38	3,02	3,03
1982/83	2,18	3,77	17,30	17,36	8,64	12,64	9,83	12,48	18,19	14,75	10,16	5,56
1983/84	3,20	2,37	1,95	4,89	4,62	4,76	7,68	10,54	8,11	6,71	4,16	3,58
1984/85	1,86	2,44	2,36	9,75	6,56	8,39	11,76	12,44	15,44	9,76	6,61	4,32
1985/86	3,40	2,48	2,00	3,73	1,81	1,90	5,47	5,62	7,24	4,60	3,47	2,81
1986/87	3,70	6,24	14,61	7,12	6,76	7,48	4,68	6,84	8,65	5,85	5,87	3,53
1987/88	2,63	1,63	18,85	12,36	11,73	12,98	14,76	18,44	19,68	14,83	9,96	6,74
1988/89	2,60	2,82	4,34	5,03	7,20	3,05	4,85	6,48	6,67	4,52	3,88	3,23
1989/90	1,75	1,58	1,22	1,26	6,50	6,84	6,01	7,88	7,34	4,84	3,71	2,73
1990/91	2,47	1,51	0,98	1,19	1,62	4,70	3,60	3,85	4,33	2,92	2,37	1,99
1991/92	1,89	7,77	6,31	12,64	13,00	12,71	8,64	11,29	11,32	6,98	4,60	3,61
1992/93	3,06	11,46	10,82	4,29	2,87	4,86	6,98	9,66	10,24	6,89	3,85	3,29

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1993/94	2,94	3,18	4,90	5,68	5,39	5,96	6,78	8,47	9,04	6,81	4,58	3,09
1994/95	2,30	2,92	4,74	11,00	5,51	5,37	5,67	7,15	8,66	5,46	4,48	2,77
1995/96	3,35	2,98	6,02	4,90	5,60	8,51	6,60	7,17	8,37	4,80	3,99	3,00
1996/97	2,27	1,01	1,89	2,33	3,25	2,72	3,13	3,24	2,42	2,67	2,36	2,21
1997/98	1,93	3,55	19,93	7,82	14,60	18,03	10,02	9,58	12,76	11,16	8,09	5,42
1998/99	4,86	2,43	2,37	1,29	0,89	1,06	1,63	1,76	2,23	2,70	2,79	1,81
1999/00	1,22	0,92	1,15	1,51	2,11	7,48	6,94	7,36	7,01	5,16	3,56	2,38
2000/01	1,69	1,14	12,82	15,09	5,63	10,27	10,14	10,73	14,72	10,06	5,32	2,46
2001/02	2,05	3,69	4,64	11,60	14,33	9,78	7,02	7,09	13,53	8,85	4,92	3,49
2002/03	2,26	4,81	7,21	6,81	17,66	9,96	7,98	10,98	14,23	13,96	7,75	5,14
2003/04	3,49	2,35	6,98	4,78	2,60	3,45	4,82	6,36	6,64	5,18	3,73	3,03
2004/05	6,18	1,80	2,79	2,93	3,84	4,91	3,47	4,86	4,88	4,13	3,43	2,73
2005/06	1,82	3,79	15,54	6,62	10,61	6,51	5,17	8,08	11,04	8,84	5,56	2,69
2006/07	2,23	2,96	7,05	12,53	8,20	5,11	8,48	9,90	9,69	7,46	3,95	2,75
2007/08	1,70	0,90	0,90	2,24	1,85	2,86	3,99	4,25	4,49	3,37	3,57	2,01
2008/09	0,55	6,34	18,70	14,29	15,42	2,70	3,09	5,28	3,84	2,45	2,40	1,62
2009/10	2,87	0,77	4,78	5,54	5,90	11,13	4,70	4,27	7,04	6,65	4,47	3,02
2010/11	4,33	4,69	2,53	3,42	3,20	3,62	4,47	10,06	6,49	5,92	3,86	2,27

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-3 Caudales Medios Mensuales Estero Codegua, Sector Embalse Alternativa 3

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1960/61	3,40	3,69	5,67	6,58	6,25	3,48	5,88	9,59	6,82	3,59	2,50	4,31
1961/62	1,35	1,00	3,39	3,64	3,22	6,24	8,56	9,88	9,00	5,05	2,77	1,73
1962/63	0,96	0,93	2,22	3,09	2,80	2,73	5,37	6,82	5,58	3,20	2,34	1,58
1963/64	0,90	1,04	1,48	4,48	4,69	6,32	7,77	9,51	13,52	11,54	5,74	2,89
1964/65	1,58	1,04	1,34	1,66	1,64	3,64	4,16	4,88	4,72	4,15	2,31	1,60
1965/66	6,01	3,92	4,66	6,95	11,72	5,07	6,70	10,60	9,61	10,08	5,06	2,61
1966/67	3,08	1,72	3,36	6,14	3,60	5,64	6,79	9,04	8,01	8,25	5,37	2,85
1967/68	1,31	1,38	1,43	1,55	2,16	3,34	5,82	6,46	7,16	3,60	2,36	1,45
1968/69	0,99	0,78	0,62	0,56	0,63	0,90	0,90	1,59	1,60	1,66	1,22	0,85
1969/70	0,57	2,06	5,91	3,78	4,53	3,08	2,93	5,42	8,46	3,94	2,06	1,22
1970/71	0,72	0,66	1,16	2,57	2,64	3,06	4,26	6,52	5,53	2,74	1,65	0,99
1971/72	0,79	1,04	1,68	5,76	5,18	3,93	7,61	10,36	7,51	4,86	2,23	2,88
1972/73	0,75	7,14	13,47	3,97	10,41	8,33	6,85	8,21	12,20	11,63	7,27	3,68
1973/74	0,97	2,53	1,97	5,14	2,53	2,80	3,19	6,65	5,97	4,45	2,99	1,81
1974/75	0,99	5,29	4,37	3,47	3,27	3,20	5,41	7,08	6,90	6,02	3,17	1,88
1975/76	1,72	1,66	1,51	4,36	3,76	4,07	5,02	6,44	8,15	5,25	3,08	1,79
1976/77	0,90	0,81	6,76	3,16	1,97	1,99	5,25	7,00	5,22	4,53	3,18	3,03
1977/78	0,76	1,93	3,27	12,05	6,58	5,75	8,16	10,55	8,30	6,32	3,95	2,74
1978/79	2,46	1,23	1,87	15,42	5,38	5,72	7,83	11,61	12,96	7,34	4,81	3,09
1979/80	3,16	2,35	1,60	2,95	6,00	7,41	6,72	7,75	8,64	7,83	5,63	3,70
1980/81	8,58	10,86	7,86	10,89	6,77	4,73	5,95	8,15	6,69	7,37	5,44	3,19
1981/82	3,01	9,70	6,82	3,99	3,95	3,42	4,01	5,67	4,39	4,18	2,88	2,89
1982/83	2,08	3,60	16,52	16,57	8,25	12,07	9,39	11,92	17,37	14,08	9,70	5,30
1983/84	3,06	2,26	1,87	4,67	4,41	4,55	7,34	10,07	7,74	6,41	3,97	3,42
1984/85	1,78	2,33	2,25	9,31	6,26	8,01	11,23	11,88	14,74	9,32	6,31	4,13
1985/86	3,25	2,37	1,91	3,57	1,73	1,81	5,22	5,37	6,91	4,39	3,31	2,69
1986/87	3,54	5,95	13,95	6,80	6,45	7,14	4,47	6,53	8,26	5,59	5,60	3,37
1987/88	2,51	1,56	18,00	11,80	11,20	12,39	14,09	17,61	18,79	14,16	9,51	6,43
1988/89	2,48	2,69	4,14	4,81	6,88	2,91	4,63	6,18	6,37	4,32	3,71	3,09
1989/90	1,67	1,51	1,17	1,20	6,20	6,53	5,74	7,52	7,01	4,62	3,54	2,61
1990/91	2,36	1,45	0,94	1,14	1,55	4,49	3,44	3,67	4,13	2,79	2,26	1,90
1991/92	1,80	7,42	6,02	12,07	12,42	12,14	8,25	10,78	10,81	6,66	4,39	3,44
1992/93	2,92	10,94	10,33	4,10	2,74	4,64	6,66	9,23	9,78	6,58	3,67	3,14

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1993/94	2,80	3,04	4,67	5,42	5,15	5,69	6,47	8,09	8,63	6,51	4,37	2,95
1994/95	2,20	2,79	4,53	10,50	5,26	5,13	5,41	6,83	8,27	5,21	4,28	2,64
1995/96	3,20	2,85	5,75	4,67	5,35	8,13	6,30	6,85	7,99	4,58	3,81	2,87
1996/97	2,16	0,97	1,81	2,23	3,11	2,60	2,99	3,09	2,31	2,55	2,25	2,11
1997/98	1,85	3,39	19,03	7,46	13,94	17,22	9,57	9,14	12,19	10,65	7,72	5,17
1998/99	4,64	2,32	2,26	1,24	0,85	1,01	1,56	1,68	2,13	2,58	2,67	1,73
1999/00	1,17	0,88	1,10	1,44	2,01	7,14	6,62	7,03	6,69	4,93	3,40	2,27
2000/01	1,61	1,09	12,24	14,40	5,37	9,81	9,69	10,25	14,05	9,61	5,08	2,35
2001/02	1,95	3,52	4,43	11,08	13,68	9,34	6,70	6,77	12,91	8,45	4,70	3,34
2002/03	2,16	4,59	6,88	6,50	16,86	9,51	7,62	10,49	13,59	13,33	7,40	4,90
2003/04	3,33	2,25	6,67	4,57	2,48	3,30	4,60	6,07	6,34	4,95	3,57	2,90
2004/05	5,90	1,72	2,66	2,80	3,67	4,69	3,32	4,64	4,66	3,95	3,27	2,60
2005/06	1,74	3,62	14,84	6,32	10,13	6,21	4,93	7,72	10,54	8,44	5,31	2,57
2006/07	2,13	2,83	6,73	11,96	7,83	4,88	8,09	9,45	9,25	7,12	3,77	2,62
2007/08	1,62	0,86	0,86	2,14	1,77	2,73	3,81	4,06	4,29	3,22	3,41	1,92
2008/09	0,52	6,05	17,85	13,64	14,73	2,58	2,95	5,04	3,67	2,34	2,29	1,55
2009/10	2,74	0,73	4,56	5,29	5,64	10,63	4,49	4,07	6,72	6,35	4,27	2,88
2010/11	4,13	4,48	2,42	3,27	3,05	3,46	4,26	9,60	6,20	5,65	3,69	2,17

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-4 Caudales Medios Mensuales Estero Codegua, Sector Quebrada El Bolsón

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1960/61	0,394	0,427	0,657	0,762	0,724	0,402	0,681	1,110	0,790	0,416	0,290	0,500
1961/62	0,156	0,116	0,392	0,422	0,373	0,723	0,992	1,144	1,043	0,585	0,321	0,201
1962/63	0,111	0,108	0,257	0,358	0,324	0,316	0,622	0,790	0,647	0,370	0,271	0,183
1963/64	0,105	0,121	0,171	0,519	0,543	0,732	0,900	1,102	1,565	1,337	0,665	0,335
1964/65	0,183	0,120	0,156	0,192	0,189	0,421	0,481	0,566	0,547	0,480	0,267	0,186
1965/66	0,696	0,454	0,540	0,805	1,357	0,587	0,776	1,227	1,113	1,167	0,585	0,302
1966/67	0,356	0,199	0,389	0,711	0,417	0,653	0,786	1,047	0,928	0,955	0,622	0,330
1967/68	0,151	0,159	0,165	0,179	0,251	0,386	0,674	0,748	0,829	0,417	0,274	0,168
1968/69	0,115	0,090	0,072	0,065	0,073	0,105	0,105	0,184	0,185	0,192	0,142	0,098
1969/70	0,066	0,239	0,684	0,437	0,524	0,357	0,339	0,627	0,980	0,456	0,238	0,142
1970/71	0,083	0,076	0,134	0,297	0,305	0,354	0,493	0,755	0,640	0,317	0,191	0,115
1971/72	0,091	0,120	0,194	0,667	0,600	0,455	0,881	1,200	0,870	0,563	0,258	0,333
1972/73	0,087	0,827	1,559	0,460	1,205	0,964	0,793	0,950	1,413	1,346	0,841	0,426
1973/74	0,113	0,293	0,228	0,595	0,293	0,325	0,369	0,770	0,691	0,515	0,346	0,210
1974/75	0,114	0,612	0,507	0,402	0,379	0,371	0,627	0,820	0,799	0,697	0,367	0,218
1975/76	0,199	0,192	0,175	0,505	0,435	0,471	0,581	0,745	0,944	0,608	0,357	0,207
1976/77	0,105	0,094	0,783	0,366	0,228	0,231	0,608	0,811	0,605	0,524	0,369	0,351
1977/78	0,088	0,223	0,378	1,395	0,762	0,666	0,944	1,222	0,961	0,731	0,457	0,318
1978/79	0,285	0,142	0,217	1,786	0,623	0,662	0,907	1,345	1,500	0,849	0,557	0,358
1979/80	0,366	0,272	0,185	0,341	0,695	0,858	0,779	0,897	1,001	0,906	0,652	0,428
1980/81	0,994	1,257	0,911	1,262	0,784	0,548	0,689	0,944	0,774	0,854	0,630	0,369
1981/82	0,349	1,124	0,790	0,462	0,458	0,396	0,464	0,657	0,508	0,484	0,334	0,335
1982/83	0,241	0,417	1,913	1,919	0,955	1,397	1,087	1,380	2,011	1,630	1,123	0,614
1983/84	0,354	0,262	0,216	0,540	0,510	0,526	0,849	1,166	0,897	0,742	0,460	0,396
1984/85	0,206	0,270	0,261	1,078	0,725	0,928	1,301	1,376	1,707	1,079	0,731	0,478
1985/86	0,376	0,274	0,221	0,413	0,201	0,210	0,605	0,622	0,800	0,508	0,383	0,311
1986/87	0,409	0,690	1,615	0,787	0,747	0,827	0,518	0,756	0,956	0,647	0,648	0,390
1987/88	0,291	0,180	2,084	1,366	1,297	1,435	1,631	2,039	2,176	1,640	1,101	0,745
1988/89	0,288	0,312	0,480	0,556	0,796	0,337	0,536	0,716	0,738	0,500	0,429	0,357
1989/90	0,193	0,175	0,135	0,139	0,718	0,756	0,664	0,871	0,812	0,535	0,410	0,302
1990/91	0,273	0,167	0,108	0,132	0,179	0,520	0,398	0,425	0,479	0,323	0,262	0,220
1991/92	0,209	0,859	0,697	1,398	1,438	1,405	0,955	1,248	1,251	0,771	0,508	0,399
1992/93	0,338	1,267	1,196	0,475	0,317	0,537	0,771	1,068	1,132	0,762	0,425	0,363

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1993/94	0,325	0,351	0,541	0,628	0,596	0,659	0,749	0,937	0,999	0,753	0,506	0,342
1994/95	0,254	0,323	0,524	1,216	0,609	0,594	0,627	0,790	0,957	0,603	0,495	0,306
1995/96	0,370	0,330	0,666	0,541	0,619	0,941	0,730	0,793	0,925	0,531	0,442	0,332
1996/97	0,251	0,112	0,209	0,258	0,360	0,301	0,347	0,358	0,268	0,296	0,261	0,244
1997/98	0,214	0,392	2,203	0,864	1,614	1,994	1,108	1,059	1,411	1,233	0,894	0,599
1998/99	0,537	0,269	0,262	0,143	0,098	0,117	0,181	0,195	0,247	0,299	0,309	0,200
1999/00	0,135	0,102	0,127	0,167	0,233	0,827	0,767	0,814	0,775	0,571	0,394	0,263
2000/01	0,187	0,126	1,418	1,668	0,622	1,135	1,121	1,186	1,627	1,113	0,588	0,272
2001/02	0,226	0,408	0,512	1,283	1,584	1,082	0,776	0,784	1,495	0,978	0,544	0,386
2002/03	0,250	0,532	0,797	0,753	1,952	1,101	0,882	1,214	1,573	1,543	0,857	0,568
2003/04	0,386	0,260	0,772	0,529	0,288	0,382	0,532	0,703	0,734	0,573	0,413	0,335
2004/05	0,683	0,199	0,308	0,324	0,425	0,543	0,384	0,537	0,540	0,457	0,379	0,302
2005/06	0,201	0,420	1,718	0,731	1,173	0,720	0,571	0,894	1,221	0,978	0,615	0,298
2006/07	0,247	0,327	0,779	1,385	0,906	0,565	0,937	1,094	1,071	0,824	0,436	0,304
2007/08	0,188	0,100	0,100	0,248	0,205	0,316	0,442	0,470	0,496	0,373	0,395	0,223
2008/09	0,060	0,700	2,067	1,579	1,705	0,298	0,342	0,583	0,425	0,271	0,265	0,179
2009/10	0,317	0,085	0,528	0,613	0,653	1,231	0,520	0,472	0,778	0,736	0,494	0,334
2010/11	0,479	0,519	0,280	0,378	0,354	0,401	0,494	1,112	0,718	0,655	0,427	0,251

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-5 Caudales Medios Mensuales Estero Codegua, Sector Cuenca Intermedia 2-3

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1960/61	0,165	0,173	0,272	0,315	0,297	0,160	0,281	0,452	0,328	0,175	0,120	0,209
1961/62	0,064	0,047	0,158	0,175	0,155	0,296	0,410	0,464	0,430	0,239	0,131	0,084
1962/63	0,047	0,044	0,108	0,151	0,134	0,131	0,252	0,323	0,269	0,148	0,114	0,074
1963/64	0,047	0,054	0,067	0,215	0,219	0,302	0,373	0,454	0,639	0,551	0,276	0,138
1964/65	0,074	0,047	0,067	0,074	0,074	0,168	0,195	0,235	0,229	0,192	0,104	0,081
1965/66	0,286	0,188	0,222	0,333	0,551	0,239	0,316	0,498	0,454	0,477	0,235	0,124
1966/67	0,141	0,081	0,161	0,296	0,168	0,269	0,319	0,430	0,380	0,387	0,252	0,131
1967/68	0,057	0,061	0,064	0,071	0,108	0,155	0,276	0,309	0,336	0,168	0,114	0,071
1968/69	0,050	0,034	0,034	0,027	0,030	0,047	0,047	0,071	0,074	0,081	0,060	0,037
1969/70	0,030	0,101	0,279	0,175	0,212	0,148	0,138	0,255	0,403	0,182	0,094	0,060
1970/71	0,034	0,027	0,054	0,118	0,121	0,141	0,202	0,309	0,259	0,128	0,077	0,050
1971/72	0,034	0,046	0,076	0,277	0,249	0,190	0,360	0,490	0,360	0,230	0,103	0,134
1972/73	0,037	0,336	0,635	0,192	0,494	0,393	0,319	0,387	0,578	0,548	0,340	0,175
1973/74	0,049	0,118	0,094	0,239	0,124	0,136	0,148	0,312	0,280	0,212	0,140	0,085
1974/75	0,044	0,245	0,212	0,165	0,158	0,155	0,259	0,336	0,329	0,289	0,151	0,087
1975/76	0,081	0,081	0,071	0,208	0,175	0,192	0,235	0,303	0,387	0,252	0,148	0,084
1976/77	0,047	0,037	0,323	0,155	0,091	0,097	0,245	0,336	0,249	0,212	0,155	0,145
1977/78	0,040	0,091	0,151	0,568	0,316	0,272	0,383	0,501	0,390	0,296	0,185	0,134
1978/79	0,121	0,057	0,091	0,733	0,255	0,269	0,373	0,555	0,612	0,343	0,225	0,151
1979/80	0,155	0,111	0,074	0,138	0,289	0,353	0,323	0,366	0,410	0,366	0,266	0,175
1980/81	0,410	0,511	0,376	0,521	0,319	0,225	0,279	0,387	0,313	0,353	0,255	0,151
1981/82	0,145	0,464	0,323	0,185	0,192	0,161	0,192	0,272	0,205	0,202	0,141	0,138
1982/83	0,101	0,175	0,780	0,790	0,387	0,568	0,440	0,565	0,824	0,666	0,457	0,255
1983/84	0,141	0,108	0,084	0,219	0,205	0,212	0,343	0,474	0,370	0,299	0,192	0,161
1984/85	0,081	0,111	0,111	0,440	0,296	0,380	0,534	0,565	0,699	0,444	0,299	0,192
1985/86	0,151	0,111	0,091	0,165	0,084	0,091	0,249	0,252	0,326	0,205	0,158	0,124
1986/87	0,164	0,287	0,658	0,317	0,308	0,337	0,211	0,306	0,386	0,262	0,265	0,162
1987/88	0,120	0,069	0,849	0,555	0,532	0,589	0,665	0,834	0,889	0,674	0,451	0,305
1988/89	0,122	0,129	0,197	0,223	0,322	0,143	0,221	0,298	0,301	0,202	0,174	0,142
1989/90	0,077	0,071	0,050	0,060	0,296	0,306	0,269	0,356	0,333	0,215	0,168	0,124
1990/91	0,108	0,064	0,040	0,054	0,071	0,212	0,161	0,178	0,198	0,131	0,108	0,087
1991/92	0,087	0,350	0,289	0,575	0,585	0,571	0,387	0,511	0,508	0,316	0,205	0,168
1992/93	0,141	0,518	0,487	0,195	0,128	0,215	0,316	0,434	0,464	0,309	0,178	0,148

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1993/94	0,135	0,139	0,226	0,258	0,239	0,272	0,307	0,382	0,411	0,305	0,206	0,144
1994/95	0,101	0,131	0,212	0,497	0,249	0,239	0,259	0,319	0,387	0,245	0,202	0,128
1995/96	0,148	0,131	0,272	0,225	0,252	0,380	0,302	0,319	0,380	0,222	0,185	0,131
1996/97	0,108	0,044	0,084	0,104	0,145	0,121	0,145	0,151	0,111	0,124	0,111	0,097
1997/98	0,084	0,158	0,898	0,356	0,659	0,813	0,454	0,437	0,575	0,508	0,370	0,245
1998/99	0,222	0,114	0,108	0,054	0,037	0,050	0,074	0,081	0,104	0,121	0,124	0,077
1999/00	0,050	0,040	0,047	0,067	0,097	0,336	0,316	0,333	0,319	0,232	0,161	0,111
2000/01	0,077	0,050	0,585	0,686	0,259	0,461	0,454	0,481	0,669	0,454	0,242	0,111
2001/02	0,097	0,168	0,205	0,524	0,652	0,444	0,316	0,319	0,615	0,400	0,222	0,155
2002/03	0,101	0,218	0,329	0,309	0,800	0,447	0,356	0,494	0,642	0,629	0,350	0,235
2003/04	0,158	0,104	0,313	0,212	0,121	0,155	0,215	0,286	0,296	0,232	0,165	0,134
2004/05	0,282	0,081	0,128	0,128	0,171	0,219	0,155	0,215	0,222	0,185	0,158	0,128
2005/06	0,081	0,175	0,699	0,296	0,481	0,299	0,239	0,363	0,504	0,403	0,252	0,124
2006/07	0,104	0,131	0,319	0,571	0,366	0,229	0,387	0,447	0,440	0,336	0,178	0,128
2007/08	0,081	0,040	0,040	0,101	0,084	0,131	0,185	0,195	0,198	0,155	0,165	0,094
2008/09	0,026	0,286	0,847	0,647	0,694	0,117	0,143	0,235	0,170	0,110	0,108	0,072
2009/10	0,125	0,039	0,216	0,252	0,264	0,501	0,210	0,196	0,316	0,304	0,198	0,141
2010/11	0,199	0,211	0,115	0,153	0,148	0,164	0,205	0,456	0,291	0,272	0,171	0,104

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Derechos de Agua.**

Los derechos de agua que se han considerado en el modelo bajo la consigna de no poder ser almacenados, corresponden a los otorgados a la Comunidad Ovalle-Hörmann y a la Asociación del Canal Cachapoal, los cuales son derechos consuntivos otorgados por la D.G.A.

Para respetar los derechos de agua, se ha dado prioridad primero que nada a los derechos que son del tipo permanente y luego de los caudales sobrantes se entregara caudal a los derechos eventuales.

Dentro de los caudales permanentes se les dará prioridad a aquellos que han obtenido primero la fecha de resolución que otorga dichos derechos, en este caso el orden quedaría:

**Derechos Permanentes:**

- Derecho C/P/C otorgado a Comunidad Ovalle-Hörmann. con fecha 9 de marzo del año 1954.
- Derecho C/P/D otorgado a Asociación del Canal Cachapoal con fecha 15 de enero del año 2005.
- Derecho NC/P/C otorgado a Eric PrenzelLeupolt con fecha 18 de noviembre del año 2011.
- Derecho NC/P/D otorgado a Eric PrenzelLeupolt con fecha 18 de noviembre del año 2011.

**Derechos Eventuales:**

- Derecho NC/E/D otorgado a Eric PrenzelLeupolt con fecha 04 de diciembre del año 2012.
- Derecho NC/E/D otorgado a Eric PrenzelLeupolt con fecha 04 de diciembre del año 2012.

Tema importante por resolver tiene relación con la equivalencia del derecho de agua consuntivo permanente y continuo en poder de la JVECA el cual en la actualidad tiene unidades de acciones, faltando su transformación a unidades volumétricas por tiempo. Para solucionar este problema, se estableció una equivalencia de 1,1 l/s/1000 acciones, tomando como base el derecho otorgado a Alejandro Aníbal Valdivia Reyes, el cual, se tiene conocimiento, a través del listado de regantes actualizado de la Asociación de Canalistas La Leonera, que el caudal concedido por 21,32 l/s corresponde a 19.600 acciones de un total de 1.148.936 acciones de la ribera sur del Estero Codegua.

De esta forma, el modelo utilizará un caudal equivalente de 2,50 m<sup>3</sup>/s de derecho permanente y continuo, atribuible al total de las acciones o partes en las que quedó dividida la JVECA. Cabe recordar que en los estatutos de la JVECA se distribuyen los derechos de aprovechamiento en:

1) Asociación de Canalistas del Canal La Leonera (Ribera Sur). Tiene el 50% o 10 partes del caudal Estero Codegua, o lo que es lo mismo un total de 1.148.936 acciones. La agrupación ha determinado una equivalencia en un rango de 1,1 a 1,25 l/s/acción en base a los caudales que otorga la Dirección General de Aguas a aquellos regantes que actualmente se encuentran en proceso o han culminado la regularización y perfeccionamiento de sus derechos.

2) Asociación de Canalistas del Canal Codegua (Ribera Norte). Tiene el 50% o 10 partes del caudal Estero Codegua, o lo que es lo mismo, un total de 1500 acciones.

Esta información se ingresa por medio del botón ubicado en la pestaña de inicio de los derechos de agua en la situación futura.

✓ **Caudal Ecológico.**

Se requiere el ingreso al modelo del caudal ecológico que es requerido preservar en cada mes, el cual se debe dejar escurrir en la medida que éste se encuentre disponible. Para efectos de implementar la simulación se considerará como caudal ecológico el mayor valor de entre los cuatro solicitados a respetar en los derechos de agua otorgados a Eric PrenzellLeupolt. Bajo este criterio, el caudal ecológico a considerar es el siguiente:

Tabla 4-6 Caudal Ecológico Considerado

Mes	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Abr	0,34
May	0,34
Jun	0,34
Jul	0,34
Ago	0,34
Sep	0,34
Oct	0,34
Nov	0,34
Dic	0,34
Ene	0,34
Feb	0,34
Mar	0,34

Fuente: Elaboración Propia

Es importante destacar que, finalmente, los requerimientos que debe satisfacer el caudal ecológico deben ajustarse según las conclusiones arrojadas por el estudio de impacto ambiental, por lo tanto, los valores presentados en este informe deben ser validados o corregidos en etapas posteriores, con la información del estudio ambiental.

El caudal ecológico es ingresado en la pantalla de inicio por medio del botón "Caudales Ecológicos Situación Futura".

✓ **Evaporación Mensual.**

Deben ingresarse las tasas de evaporación mensual, las cuales son asumidas como pérdidas del recurso. Estas tasas de evaporación han sido obtenidas del estudio agronómico de la presente consultoría.

Los valores empleados en la simulación, se indican en la tabla siguiente:

Tabla 4-7 Tasas de Evaporación Mensual, Embalse Alternativa 1, 2, y 3

Mes	mm	m
Abr	78,8	0,0788
May	58,7	0,0587
Jun	46,5	0,0465
Jul	42,2	0,0422
Ago	45,7	0,0457
Sep	56,9	0,0569
Oct	76,2	0,0762
Nov	100,7	0,1007
Dic	122,3	0,1223
Ene	130,0	0,1300
Feb	123,6	0,1236
Mar	103,4	0,1034

Fuente: Elaboración Propia

Las tasas de evaporación son ingresadas para la situación futura en el botón correspondiente en la pantalla de inicio.

La Evaporación del embalse se calcula mensualmente a partir del dato registrado por la estación (E), multiplicándolo por la superficie de espejo de agua (S) en cada mes, de la forma:

$$EVAP(hm^3) = \frac{E(mm) \cdot S(há)}{100000}$$

Se debe considerar que usualmente la evaporación presente en un embalse o lago es inferior a la registrada en una medición de bandeja, representando aproximadamente un 70% de ésta. Sin embargo aplicando un criterio conservador, en este caso se desestimó esta consideración, asumiendo que la evaporación del embalse es equivalente a la registrada en la estaciones de medición.

✓ **Sectores Demandas y Coberturas de Riego.**

Se deben incorporar las hectáreas a regar con sus respectivas demandas de cultivos, dentro de las demandas se consideran distintos tipos de eficiencias, tanto de aplicación como de conducción y también las perdidas por infiltración que puedan ocurrir en el tramo de río ubicado entre el pie del embalse y las bocatomas.

Las demandas que se colocan en el modelo son las de cultivo bruto, sin considerar las pérdidas de conducción, ya que estos factores están dados dependiendo de la zona de canal en que se está trabajando y también depende de la longitud del canal conductor.

En el caso de las superficies asociadas a este proyecto de regadío, se cuenta con la siguiente información proveniente del estudio agronómico.

- Áreas de cultivo.
- Demanda de riego mensual por cultivo.

Con la información anterior y asumiendo una eficiencia, tanto en la conducción como las pérdidas por las filtraciones en el tramo del río hasta la bocatoma, se puede calcular la demanda de riego mensual.

Estas demandas incluyen las pérdidas por eficiencia en la aplicación de riego, es decir, son demandas reales a puerta de predio, y se consideran sólo aquellos posibles cultivos a asignar en situación futura o con proyecto.

Los valores de demandas de cultivos se recogen la tabla siguiente:

Tabla 4-8 Demandas a Nivel de Cultivo Estero Codegua, Situación Futura

Mes	Demanda (m <sup>3</sup> /ha)
Enero	2.518
Febrero	2.132
Marzo	1.311
Abril	480
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	600
Octubre	875
Noviembre	1.717
Diciembre	2.396

Fuente: Elaboración Propia

Las demandas de riego se ingresan para la situación futura por medio del botón correspondiente en la pantalla de inicio.

El Modelo corregirá las demandas introducidas automáticamente, incluyendo las pérdidas por conducción en el canal, y por infiltración en el tramo del río desde la bocatoma al pie de la presa. El proceso de corrección se realiza de la siguiente manera:

La demanda a puerta de predio debe ser corregida por el tipo de obras de conducción, aplicándose diferentes eficiencias dependiendo del revestimiento de los canales de riego. De forma complementaria, el modelo permite definir un criterio de modelación para la situación futura que contempla el mejoramiento de los canales con un revestimiento de hormigón en toda la longitud de los canales considerados.

Los valores han sido obtenidos sobre la base de la fórmula de Moritz, dada por la siguiente expresión:

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

En esta ecuación:

I = Pérdidas por infiltración (m<sup>3</sup>/s/km).

Q = Caudal conducido por el canal en m<sup>3</sup>/s.

V = Velocidad del agua en el canal en m/s.

C = Coeficiente de Moritz, el cual dependera del tipo de revestimiento:

TIPO DE SUELO	C
Suelo limo arcilloso impermeable	0.08 - 0.13
Suelo limo arcilloso común	0.13 - 0.23
Suelo limo arcilloso arenoso	0.23 - 0.30
Suelo limo arenoso	0.30 - 0.49
Suelo limo arenoso suelto	0.49 - 0.61
Suelo arenoso con grava	0.61 - 0.76
Suelo de grava poroso	0.76 - 0.92
Suelos de grava dominante	0.92 - 1.83
Canales revestidos con concreto	0,10

En base a lo anterior se realizó una separación en los 6 canales matrices que conforman la red de riego del estero Codegua y Afluentes.

Para el cálculo de las pérdidas por infiltración de las conducciones por hectárea, se ha utilizado el caudal obtenido de la demanda mensual por hectárea a puerta de predio determinada con anterioridad y se ha considerado una velocidad de escurrimiento del agua tomando como los datos de la campaña de aforos realizada sobre los canales matrices y derivados principales. Por otro lado, la velocidad considerada para la opción de mejora en los materiales de revestimiento de los canales es de 2,5 m/s.

Las pérdidas por infiltración en la red de canales, serán consideradas como las pérdidas por conducción en la red. De esta forma la Demanda en bocatoma queda de la siguiente manera:

$$Dmda \text{ Bocatoma} = Dmda \text{ puerta predio} + P \text{conducción}$$

Una vez determinadas las demandas a nivel de bocatoma se hace necesario incorporar las pérdidas que puedan haber ocurrido en el río entre el pie del embalse y la bocatoma, estas pérdidas serán en función de las distancias a las que se ubican las bocatomas con respecto al eje de la presa y las características del río en esta zona, las distancias entre las bocatomas de los canales matrices y el muro de la presa son las siguientes:

**Tabla 4-9 Distancia entre Bocatomas y Muro Presa Alternativa 1**

<b>Canal</b>	<b>Dist. a Embalse (m)</b>
Revestido Comunero	2.890
La Punta de Codegua	2.890
Candelaria	2.890
El Peumal	0
La Leonera	2.370
Carlino	2.370

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4-10 Distancia entre Bocatomas y Muro Presa Alternativa 2**

<b>Canal</b>	<b>Dist. a Embalse (m)</b>
Revestido Comunero	3.140
La Punta de Codegua	3.140
Candelaria	3.140
El Peumal	0
La Leonera	2.620
Carlino	2.620

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4-11 Distancia entre Bocatomas y Muro Presa Alternativa 3**

<b>Canal</b>	<b>Dist. a Embalse (m)</b>
Revestido Comunero	3.700
La Punta de Codegua	3.700
Candelaria	3.700
El Peumal	560
La Leonera	3.180
Carlino	3.180

Fuente: Elaboración Propia

En este sentido, se considerará el valor de las pérdidas en el río de aproximadamente un 1% por Km de río del total de la demanda realizada en bocatomas.

Los análisis de las eficiencias, pérdidas y demandas por canal de riego se realizarán a nivel mensual.

El valor de 1% considerado para la pérdida a nivel de río, se definió considerando los valores obtenidos para otros ríos de Chile de características similares, como el río Ñuble, con las consideraciones correspondientes de diferencias de caudal.

Además se consideró la información obtenida de la literatura, en la cual se recomienda para grandes distancias (mayores a 10km) que la pérdida se puede aproximar a cercana a un 1% por km.

Un resumen de los valores de demandas de riego a pie de presa, obtenidos por Canal de Riego para el estero Codegua queda indicado en las tablas siguientes.

Tabla 4-12 Resumen Demandas a Pie de Presa Situación Futura con Revestimiento Canales Situación Actual, Embalse Alternativa 1

Canal	Demandas a Pie de Presa (m <sup>3</sup> /ha)												Total (m <sup>3</sup> /ha)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Revestido Comunero	2.801	2.383	1.559	697	0	0	0	0	820	1.110	1.970	2.675	14.015
La Punta de Codegua	3.583	3.090	2.341	1.454	0	0	0	0	1.578	1.893	2.727	3.458	20.125
Candelaria	3.271	2.808	2.029	1.152	0	0	0	0	1.276	1.581	2.425	3.146	17.689
El Peumal	2.622	2.226	1.415	580	0	0	0	0	700	979	1.817	2.500	12.839
La Leonera	2.908	2.481	1.673	811	0	0	0	0	934	1.226	2.078	2.783	14.896
Carlino	2.663	2.260	1.427	574	0	0	0	0	697	981	1.840	2.538	12.980
<b>Total (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>17.848</b>	<b>15.248</b>	<b>10.445</b>	<b>5.270</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.006</b>	<b>7.770</b>	<b>12.858</b>	<b>17.100</b>	<b>92.544</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-13 Resumen Demandas a Pie de Presa Situación Futura con Revestimiento Canales Situación Futura, Embalse Alternativa 1

Canal	Demandas a Pie de Presa (m <sup>3</sup> /ha)												Total (m <sup>3</sup> /ha)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Revestido Comunero	2.668	2.263	1.426	569	0	0	0	0	692	977	1.841	2.542	12.979
La Punta de Codegua	2.791	2.375	1.549	688	0	0	0	0	811	1.101	1.961	2.666	13.941
Candelaria	2.768	2.354	1.526	665	0	0	0	0	789	1.078	1.938	2.643	13.761
El Peumal	2.540	2.152	1.333	502	0	0	0	0	622	897	1.739	2.418	12.205
La Leonera	2.673	2.269	1.438	584	0	0	0	0	707	992	1.850	2.549	13.062
Carlino	2.600	2.202	1.364	513	0	0	0	0	636	918	1.779	2.475	12.486
<b>Total (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>16.041</b>	<b>13.615</b>	<b>8.637</b>	<b>3.520</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.256</b>	<b>5.962</b>	<b>11.108</b>	<b>15.292</b>	<b>78.433</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-14 Resumen Demandas a Pie de Presa Situación Futura con Revestimiento Canales Situación Actual, Embalse Alternativa 2

Canal	Demandas a Pie de Presa (m <sup>3</sup> /ha)												Total (m <sup>3</sup> /ha)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Revestido Comunero	2.807	2.389	1.563	699	0	0	0	0	822	1.113	1.974	2.682	14.049
La Punta de Codegua	3.592	3.098	2.347	1.458	0	0	0	0	1.582	1.897	2.734	3.466	20.174
Candelaria	3.279	2.815	2.034	1.155	0	0	0	0	1.279	1.585	2.431	3.153	17.732
El Peumal	2.622	2.226	1.415	580	0	0	0	0	700	979	1.817	2.500	12.839
La Leonera	2.915	2.487	1.677	813	0	0	0	0	937	1.229	2.083	2.790	14.932
Carlino	2.670	2.265	1.431	575	0	0	0	0	699	983	1.845	2.544	13.012
<b>Total (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>17.886</b>	<b>15.280</b>	<b>10.467</b>	<b>5.281</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.019</b>	<b>7.787</b>	<b>12.884</b>	<b>17.136</b>	<b>92.738</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-15 Resumen Demandas a Pie de Presa Situación Futura con Revestimiento Canales Situación Futura, Embalse Alternativa 2

Canal	Demandas a Pie de Presa (m <sup>3</sup> /ha)												Total (m <sup>3</sup> /ha)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Revestido Comunero	2.674	2.269	1.430	570	0	0	0	0	694	980	1.846	2.549	13.010
La Punta de Codegua	2.798	2.380	1.553	689	0	0	0	0	813	1.103	1.965	2.672	13.975
Candelaria	2.775	2.360	1.530	667	0	0	0	0	791	1.080	1.943	2.649	13.794
El Peumal	2.540	2.152	1.333	502	0	0	0	0	622	897	1.739	2.418	12.205
La Leonera	2.680	2.275	1.441	586	0	0	0	0	709	994	1.855	2.555	13.094
Carlino	2.606	2.208	1.367	514	0	0	0	0	637	920	1.783	2.481	12.516
<b>Total (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>16.074</b>	<b>13.643</b>	<b>8.655</b>	<b>3.528</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.265</b>	<b>5.975</b>	<b>11.131</b>	<b>15.324</b>	<b>78.594</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4-16 Resumen Demandas a Pie de Presa Situación Futura con Revestimiento Canales Situación Actual, Embalse Alternativa 3**

Canal	Demandas a Pie de Presa (m <sup>3</sup> /ha)												Total (m3/ha)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Revestido Comunero	2.823	2.402	1.571	702	0	0	0	0	827	1.119	1.985	2.696	14.125
La Punta de Codegua	3.612	3.114	2.360	1.466	0	0	0	0	1.590	1.908	2.749	3.485	20.284
Candelaria	3.297	2.830	2.045	1.162	0	0	0	0	1.286	1.593	2.444	3.171	17.828
El Peumal	2.636	2.238	1.423	584	0	0	0	0	704	984	1.828	2.514	12.911
La Leonera	2.931	2.501	1.686	818	0	0	0	0	942	1.236	2.094	2.805	15.013
Carlino	2.684	2.277	1.439	579	0	0	0	0	702	989	1.855	2.558	13.083
<b>Total (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>17.983</b>	<b>15.363</b>	<b>10.524</b>	<b>5.310</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.052</b>	<b>7.829</b>	<b>12.955</b>	<b>17.229</b>	<b>93.245</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4-17 Resumen Demandas a Pie de Presa Situación Futura con Revestimiento Canales Situación Futura, Embalse Alternativa 3**

Canal	Demandas a Pie de Presa (m <sup>3</sup> /ha)												Total (m3/ha)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Revestido Comunero	2.689	2.281	1.437	573	0	0	0	0	697	985	1.856	2.562	13.081
La Punta de Codegua	2.813	2.393	1.561	693	0	0	0	0	818	1.109	1.976	2.687	14.050
Candelaria	2.790	2.372	1.538	671	0	0	0	0	795	1.086	1.953	2.663	13.869
El Peumal	2.555	2.164	1.341	505	0	0	0	0	625	903	1.748	2.432	12.273
La Leonera	2.695	2.287	1.449	589	0	0	0	0	713	999	1.865	2.569	13.165
Carlino	2.620	2.220	1.375	517	0	0	0	0	641	925	1.793	2.494	12.585
<b>Total (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>16.162</b>	<b>13.718</b>	<b>8.702</b>	<b>3.547</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.289</b>	<b>6.007</b>	<b>11.192</b>	<b>15.408</b>	<b>79.024</b>

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Volumen del Embalse.**

Corresponde a la capacidad máxima del embalse. Se incorpora como un parámetro, el que puede ser variado de manera de sensibilizar la superficie posible de regar y la seguridad de riego.

Adicionalmente debe incorporarse el volumen muerto del embalse, obtenido a partir del análisis sedimentológico. El volumen muerto es desestimado por el modelo como recurso útil para suplir la demanda de riego.

✓ **Derechos Regantes.**

Se ingresan en el modelo los derechos de regantes en la situación futura, se permite esta opción por el hecho de que en la actualidad no están regularizados los derechos en poder de la junta de vigilancia, de ahí que se permita esta opción.

✓ **Curvas de Embalse.**

Las curvas de embalse relacionan tanto el volumen embalsado como el área inundada con la cota de umbral de vertido. Ingresando una serie de puntos del tipo (Cota, Área Inundada, Volumen), el modelo interpola y construye ambas curvas de embalse.

A partir de la interacción de estas curvas, es posible determinar la superficie de espejo de agua, las pérdidas por evaporación y las cotas de nivel de agua, según el volumen embalsado en cada mes.

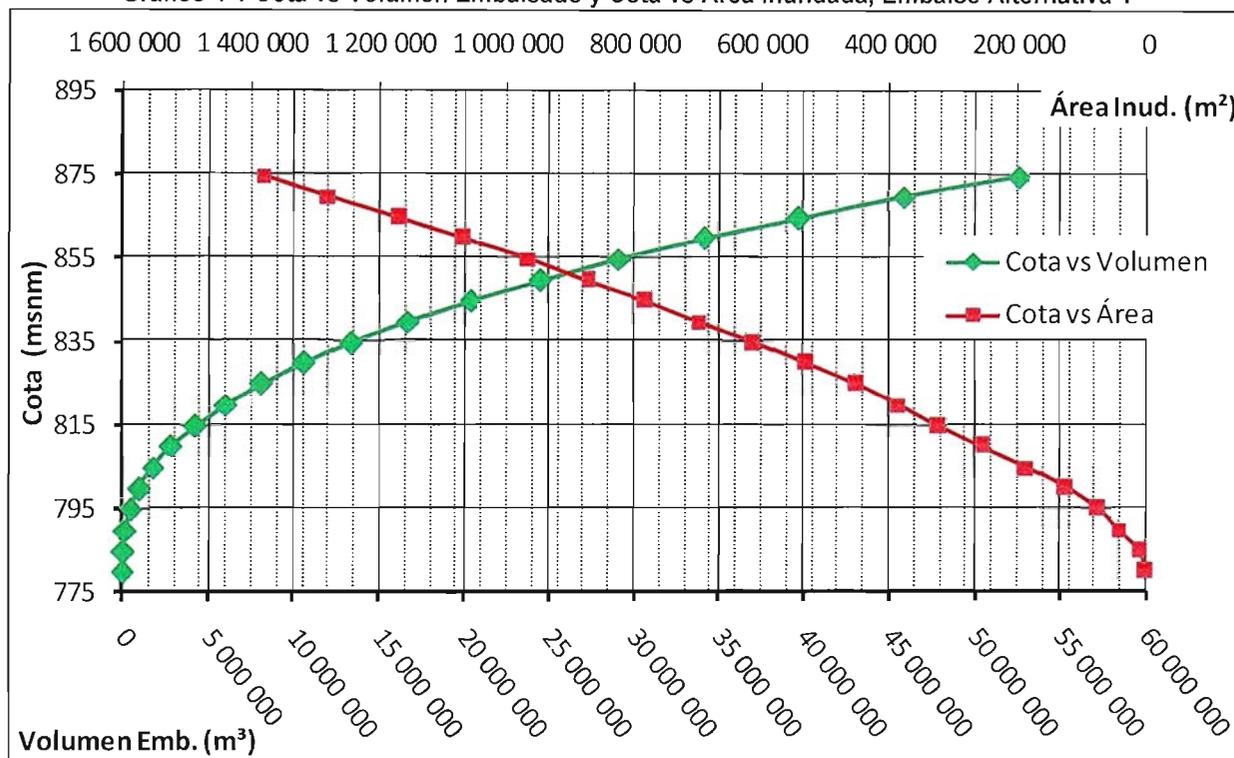
Tabla 4-18 Curvas Cota, Altura, Área Inundada y Volumen Embalsado, Embalse Alternativa 1

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen Embalsado (m <sup>3</sup> )
780	0	0	0
785	5	11.308	28.270
790	10	42.254	162.175
795	15	73.983	452.768
800	20	124.779	949.674
805	25	187.306	1.729.888
810	30	254.686	2.834.869
815	35	320.720	4.273.384
820	40	384.379	6.036.131
825	45	449.342	8.120.434
830	50	527.484	10.562.499
835	55	611.950	13.411.084
840	60	697.707	16.685.227
845	65	780.940	20.381.846
850	70	872.750	24.516.071
855	75	965.073	29.110.628
860	80	1.067.578	34.192.256
865	85	1.167.708	39.780.470

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen Embalsado (m <sup>3</sup> )
870	90	1.279.346	45.898.105
875	95	1.381.448	52.550.089

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-1 Cota vs Volumen Embalsado y Cota vs Área Inundada, Embalse Alternativa 1



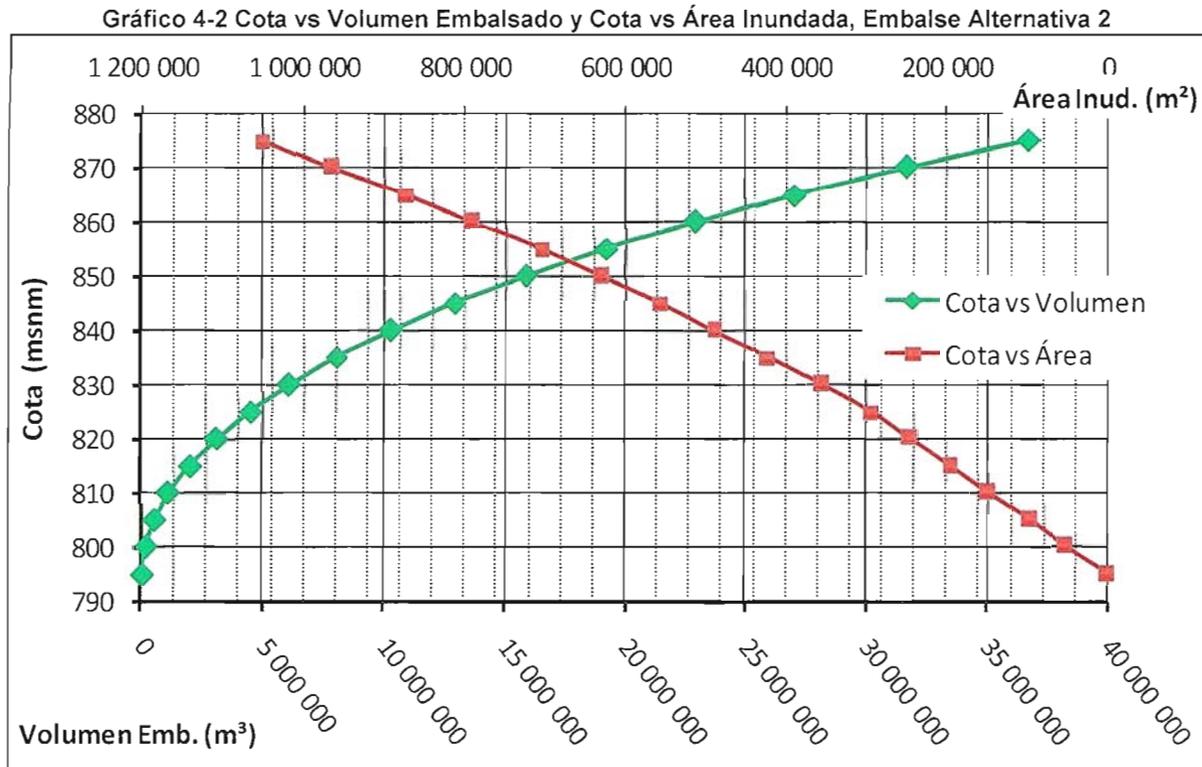
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-19 Curvas Cota, Altura, Área Inundada y Volumen Embalsado, Embalse Alternativa 2

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen Embalsado (m <sup>3</sup> )
795	0	0	0
800	5	51.782	129.456
805	10	96.829	500.985
810	15	148.348	1.113.927
815	20	196.888	1.977.016
820	25	245.092	3.081.965
825	30	292.702	4.426.450
830	35	354.120	6.043.506
835	40	420.698	7.980.551
840	45	489.287	10.255.514
845	50	555.400	12.867.234

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen Embalsado (m <sup>3</sup> )
850	55	629.324	15.829.044
855	60	704.826	19.164.419
860	65	790.445	22.902.596
865	70	872.707	27.060.474
870	75	964.750	31.654.116
875	80	1.051.963	36.695.899

Fuente: Elaboración Propia



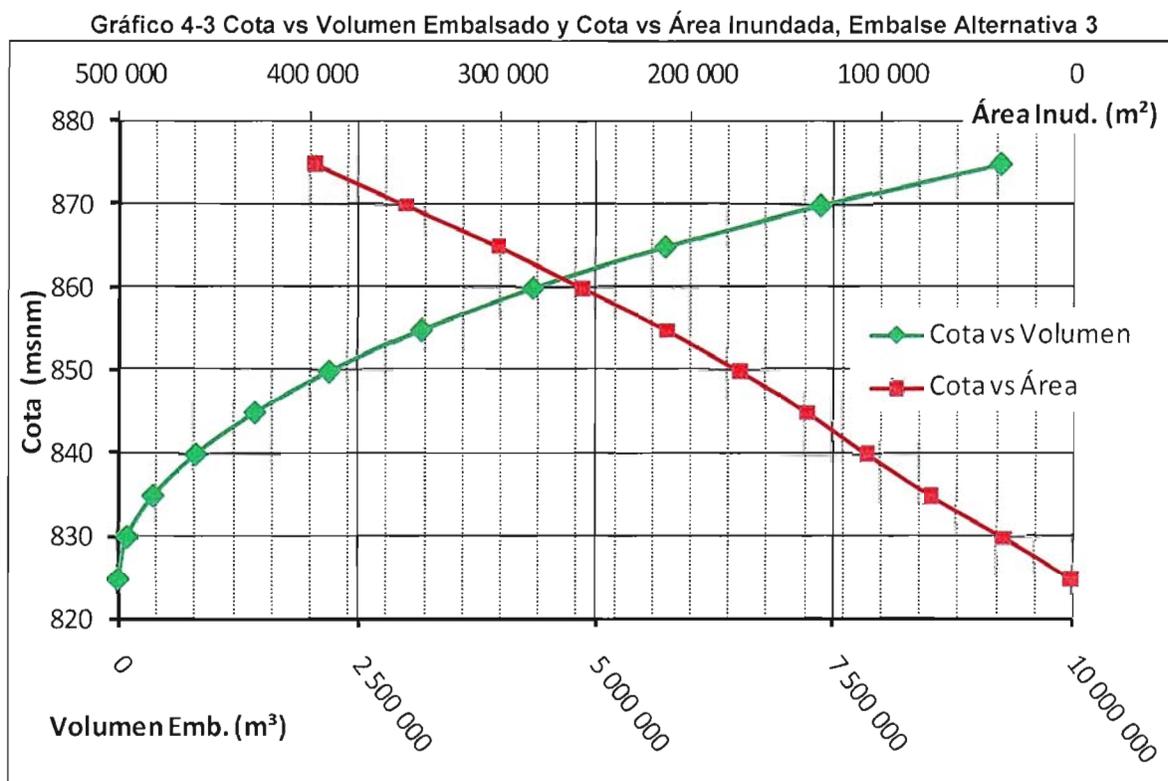
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-20 Curvas Cota, Altura, Área Inundada y Volumen Embalsado, Embalse Alternativa 3

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen Embalsado (m <sup>3</sup> )
825	0	0	0
830	5	35.740	89.351
835	10	73.354	362.086
840	15	106.627	812.037
845	20	137.724	1.422.914
850	25	173.826	2.201.788
855	30	212.450	3.167.479
860	35	256.730	4.340.431

Cota (msnm)	Altura Muro (m)	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Volumen Embalsado (m <sup>3</sup> )
865	40	301.410	5.735.784
870	45	350.360	7.365.211
875	50	398.222	9.236.668

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 Esquema de Operación del Embalse

El modelo operacional del embalse funciona en base a los derechos de agua existentes en la zona. Este modelo realiza una serie de cálculos y balances a escala mensual, a partir de los cuales actualiza mes a mes los volúmenes de ingreso, salida y regulación del embalse.

A continuación se realiza una breve descripción de los datos de entrada y las principales variables que el modelo define y actualiza durante cada simulación:

### a) Datos de Entrada:

En la pestaña de inicio del modelo, deben ser ingresados los siguientes datos:

- **Derechos de Agua Situación Futura:** se deben ingresar los valores de los derechos consuntivos y no consuntivos existentes en la zona a la fecha. Si estas distribuciones cambiaran por algún motivo, aquí pueden ser

modificadas (presionar en el botón correspondiente para ingresar a la pestaña "DDA Canales Fut").

- **Demandas de Riego Situación Futura:** corresponde a la demanda de los cultivos a nivel mensual en  $m^3/ha$  (a nivel de cultivo, sobre este se aplican las pérdidas de eficiencia en las conducciones y en el río) para la situación futura. Esta información es la base para la obtención de las hectáreas beneficiadas con riego (presionar en el botón correspondiente para ingresar a la pestaña "Derechos Fut").
- **Hidrología:** se deben ingresar los valores de la estadística de caudales entre el año 1960/61 al año 2010/2011, esta estadística es la base para poder obtener los caudales disponibles a lo largo del año. Este valor se ingresa en caudales medios mensuales en  $m^3/s$  (presionar en el botón correspondiente para ingresar a la pestaña "Hidrología").
- **Curvas de Embalse:** se deben ingresar los valores de las curvas obtenidas de la topografía al sitio del embalse, ingresándose los valores de volumen inundado y superficie de espejo de agua en función de las cotas del embalse. Esta pestaña nos permite definir los valores de las cotas y características del embalse al principio y final del mes (presionar en el botón correspondiente para ingresar a la pestaña "Curvas Embalse").
- **Caudales Ecológicos Situación Futura:** permite definir los caudales ecológicos que deben ser respetados en la zona de la presa, en este caso para la situación futura se ha seleccionado el mayor caudal ecológico entre los cuatro solicitados por Eric PrenzelLeupolt. Se seleccionó el mayor de éstos, porque los derechos están ubicados en el mismo punto de captación y restitución (presionar en el botón correspondiente para ingresar a la pestaña "Caudales Ecológicos Situación Futura").
- **Tasas de Evaporación:** se deben ingresar las tasas de evaporación en el espejo del embalse (presionar en el botón correspondiente para ingresar a la pestaña "Tasas de Evaporación").
- **Partes:** permite definir las partes asociadas a los canales y derivados matrices de la cuenca estero Codegua. Dicha distribución está definida en los estatutos de la Asociación de Canalistas del Canal Codegua y la Asociación de Canalistas del Canal La Leonera, respectivamente (ingresar los datos en la columna "Partes").
- **L (m):** en esta columna se ingresa la longitud de los canales matrices para determinar las pérdidas por infiltración en cada canal (ingresar los datos en la columna "L (m)").
- **Dist. a Emb:** corresponde a la distancia a la cual se ubican las bocatomas de los canales de riego con respecto al muro del embalse, este valor es utilizado en el cálculo de las demandas a pie de presa. Se ingresa en m (rellenar los datos en la columna "Dist. a Emb (m)").

- **Ubicación Embalse:** se debe elegir la localización de la obra física del embalse. El modelo contempla las tres alternativas propuestas para la presente consultoría. La selección se realiza eligiendo "Alt. 1", "Alt. 2" o "Alt. 3" de un listado predefinido.
- **Volumen Total Útil del Embalse:** corresponde a la capacidad máxima útil del embalse en  $\text{Hm}^3$ .
- **Volumen Inicial del Embalse:** es el volumen de agua que tendrá en un comienzo el embalse al momento de iniciar la simulación, es ingresado en  $\text{Hm}^3$ .
- **Volumen Inicial del Embalse:** es el volumen de agua que tendrá en un comienzo el embalse al momento de iniciar la simulación, es ingresado en  $\text{Hm}^3$ .
- **Volumen de Sedimentos:** es el volumen muerto que se acumula a lo largo de la vida útil del embalse por acumulación de sedimentos, restando capacidad total al embalse. El análisis sedimentológico del estudio determina el valor y se ingresa en  $\text{Hm}^3$ .
- **Hectáreas Regadas con Embalse:** es el número de hectáreas que se beneficiaran con el embalse, al ir cambiando este valor irán cambiando las demandas hacia el embalse y la seguridad de riego.
- **Prioridad Derechos de Agua:** como los derechos de los regantes no se encuentran definidos en la actualidad en unidades volumétricas y de tiempo, se ha dejado la opción de dar prioridad a abastecer los derechos de los regantes, de los terceros y el reparto proporcional, esto se hace seleccionando la opción 0, 1 o 2.
- **Revestimiento Canales:** el mejoramiento de la red de canales se encuentra dentro de los alcances del estudio, por ello, se contempla la opción de simular esta variable eligiendo el revestimiento de los canales en la situación actual o revestidos con hormigón. La instrucción se hace seleccionado la opción 0 o 1.

b) Variables de Salida:

Las variables de salida proporcionan información que puede ser de utilidad para diversos análisis que requieran ser realizados.

Desde la pestaña inicio se puede acceder a los siguientes resultados, luego de introducir los datos en la sección "Ingreso Datos de Entrada a Modelo":

- **Seguridad de Riego:** corresponde a la seguridad de riego para la situación futura, en función del número de hectáreas beneficiadas.

- **Ubicación Embalse:** corresponde a la localización elegida, de las tres propuestas, para la simulación de la operación del embalse.
- **Volumen Total Útil Embalse:** muestra la capacidad del embalse para la obtención de la seguridad de riego calculada en la simulación.
- **Ha:** corresponde al número de hectáreas beneficiadas por canal matriz, en función de las acciones que posea y de la seguridad de riego indicada para esa situación.
- **Planilla Modelación Situación Futura:** al presionar el botón se muestra la pestaña "Embalse", correspondiente a la modelación de la situación con la Obra de regulación en el estero Codegua.

Dentro de las columnas de esta pestaña, se destacan las siguientes:

- 1) **Qrío (m<sup>3</sup>/s):** es el caudal que trae el estero Codegua y que corresponde al caudal disponible en el río a través de los años.
- 2) **Qmin río:** corresponde al caudal mínimo que escurre por el río en su régimen natural en el período anual.
- 3) **VolAluenterío (m<sup>3</sup>/s):** corresponde al volumen mensual afluente en el estero de Codegua.
- 4) **Vol Afluente río (m<sup>3</sup>/año):** corresponde al volumen total anual afluente en el río.
- 5) **Q ecológico (m<sup>3</sup>/s):** corresponde al caudal ecológico mensual que es necesario dejar pasar desde el embalse y que ha sido solicitado por la Resolución que otorga los derechos de agua del tipo No Consuntivo y Consuntivo, ejercicio Permanente y Eventual y Continuo y Discontinuo del usuario Eric PrenzelLeupolt.
- 6) **Vol Q eco (m<sup>3</sup>):** es la equivalencia en volumen mensual del caudal ecológico que hay que dejar pasar para los derechos de Eric PrenzelLeupolt, planteado por la resolución que otorga dicho derecho
- 7) **Q JVECA C/P/C (m<sup>3</sup>/s):** Es el derecho de agua mensual permanente que está otorgado a la Junta de Vigilancia del Estero Codegua y Afluentes mediante resolución.
- 8) **Vol JVECA C/P/C (m<sup>3</sup>):** corresponde a la conversión en unidades de volumen mensual de los derechos de agua no consuntivos permanentes y continuos de la JVECA, asignados en la zona del proyecto y que deben ser respetados.
- 9) **QCOH C/P/C (m<sup>3</sup>/s):** es el derecho de agua mensual permanente que esta otorgado a la Comunidad Ovalle-Hormänn mediante resolución.

**10) VolCOH C/P/C ( $m^3$ ):** corresponde a la conversión en unidades de volúmenes mensuales de los derechos de agua no consuntivos, permanentes y continuos de la CGE, asignados en la zona del proyecto y que deben ser respetados.

**11) Q ACC C/P/C ( $m^3/s$ ):** es el derecho de agua mensual permanente que esta otorgado a la Asociación del Canal Cachapoal mediante resolución.

**VolIACC C/P/C ( $m^3$ ):** corresponde a la conversión en unidades de volúmenes mensuales de los derechos de agua no consuntivos, permanentes y continuos de la ACC, asignados en la zona del proyecto y que deben ser respetados.

**12) Q EPL NC/P/C ( $m^3/s$ ):** es el derecho de agua mensual permanente que esta otorgado a Eric PrenzelLeupolt mediante resolución.

**13) Vol EPL NC/P/C ( $m^3$ ):** corresponde a la conversión en unidades de volumen mensual de los derechos de agua no consuntivos permanentes y continuos de Eric PrenzelLeupolt.

**14) Q EPL NC/P/D ( $m^3/s$ ):** es el derecho de agua mensual permanente que esta otorgado a Eric PrenzelLeupolt mediante resolución.

**15) Vol EPL NC/P/D ( $m^3$ ):** corresponde a la conversión en unidades de volumen mensual de los derechos de agua no consuntivos permanentes y discontinuos de Eric PrenzelLeupolt.

**16) Volumen Total Derechos ( $m^3$ ):** es la suma de los volúmenes de agua otorgados a los derechos de aprovechamiento de agua de tipo permanente.

**17) Volumen Disponible Riego ( $m^3$ ):** volumen de agua disponible en el estero Codegua, una vez entregado el caudal ecológico y los derechos de agua de la COH y ACC, en el caso de la ubicación en los sectores Embalse Alternativa 1 y 2, y para el caso de la ubicación en el sector Embalse Alternativa 3, se añade la entrega de los derechos de agua no consuntivos de Eric PrenzelLeupolt.

**18) Volumen Existente Inicio Mes ( $m^3$ ):** este volumen de agua en el embalse para el primer mes de la modelación esta dado por el volumen inicial indicado en la pantalla inicio, posteriormente viene determinado por el volumen final del mes anterior al considerado.

**19) Volumen Derechos Posibles a Almacenar ( $m^3$ ):** esta columna entrega los derechos a almacenar por el embalse en función de la disponibilidad del recurso.

**20) Volumen Inicial Embalse Mes ( $m^3$ ):** representa el volumen disponible para la operación del embalse en ese mes, y está en función del Volumen Existente Inicio Mes y del Volumen de Derechos Posibles a Almacenar.

- 21) Derechos Almacenados ( $m^3$ ):** entrega el volumen almacenado como derechos de agua de la JVECA en el mes considerado, depende del Volumen Existente Inicio Mes, y del Volumen Inicial Embalse Mes.
- 22) Derechos sin Almacenar JVECA para Aportes Intermedios ( $m^3$ ):** corresponde al volumen de agua que son derechos de la JVECA pertenecientes al volumen posible a almacenar, pero que por capacidad del embalse no se ha podido almacenar, y quedan a disposición de ser aprovechados con los aportes intermedios aguas abajo del embalse.
- 23) Derechos sin Uso JVECA para Aportes Intermedios ( $m^3$ ):** es el volumen de derechos de la JVECA que están sin uso porque no se han cubierto con el afluente al embalse y pueden ser aprovechados con los aportes intermedios aguas abajo del embalse. En consideración, las Alternativas 1 y 2, al no considerar el derecho no consuntivo de Eric PrenzelLeupolt, la suma de los Derechos Almacenados, los Derechos sin Almacenar JVECA para Aportes Intermedios y los Derechos sin uso JVECA para Aportes Intermedios resultan el total de los derechos de la JVECA para ese mes. Por el contrario, en el caso de la Alternativa 3, los derechos permanentes aguas abajo (JVCEA, COH y ACC) se trasladaron a la ubicación de la Alternativa 3, restando el volumen de la Quebrada El Bolsón más la Cuenca Intermedia 2-3 proporcionalmente a los derechos mencionados, y teniendo en cuenta, el caudal con variación estacional del 85% de probabilidad de excedencia de la cuenca aportante. De forma tal de encontrar la proporción de derechos que reparta más equitativamente la equivalencia del recurso en función de los derechos en el sector de la Alternativa 3. Consecuentemente, el derecho sin uso, en este caso, se refiere al volumen diferencial de los derechos de la JVECA originales y los derechos de la JVECA en el sector de la Alternativa 3.
- 24) Cota inicial Embalse (msnm):** esta cota corresponde a la altura del nivel de agua en el embalse al inicio del mes y es función de las curvas del embalse y el volumen de agua almacenado en este.
- 25) Superficie Inicial Embalse Mes ( $m^2$ ):** en función de la cota definida con anterioridad al inicio del mes y utilizando las curvas del embalse se obtiene la superficie del espejo de agua que ocupa el embalse. Esta superficie es utilizada para determinar las pérdidas por evaporación que tendrá el embalse.
- 26) Tasa Evaporación (m):** esta tasa de evaporación corresponde a la información obtenida en forma mensual de evaporación, obtenida de los tanques de evaporación cercanos a la zona en estudio y corresponde a la altura de agua que es evaporada a lo largo del mes.
- 27) Volumen Evaporado ( $m^3$ ):** este volumen evaporado es obtenido como la multiplicación entre la tasa de evaporación y la superficie del embalse, y corresponde al volumen de agua evaporado desde el lago del embalse mes a mes.

- 28) Volumen Afluyente Sobrante Embalse Disponible JVECA (m<sup>3</sup>):** entrega el volumen afluyente sobrante tras descontar el volumen de derechos a terceros y los Derechos Almacenados, y que está a disposición para suplir derechos que están sin uso de la JVECA.
- 29) Volumen Quebrada El Bolsón (m<sup>3</sup>):** corresponde al volumen aportado por la cuenca asociada a la Quebrada El Bolsón. Considerado exclusivamente para los casos de la Alternativa 2 y 3.
- 30) Volumen Cuenca Intermedia 2-3 (m<sup>3</sup>):** corresponde al volumen aportado por la cuenta intermedia entre los sectores de la Alternativa 2 y 3. Considerado exclusivamente para el caso de la Alternativa 3.
- 31) Restitución Vol EPL (m<sup>3</sup>):** esta columna entrega los volúmenes que son restituidos del derecho permanente no consuntivo, perteneciente a Eric PrenzellLeopult.
- 32) Volumen Quebrada El Bolsón + Cuenca Intermedia 2-3 Disponible JVECA (m<sup>3</sup>):** entrega el volumen disponible desde los aportes laterales de la Quebrada el Bolsón para la Alternativa 2, y de la Quebrada El Bolsón y la Cuenca Intermedia 2-3, para la Alternativa 3. El volumen es calculado descontando al aporte total los derechos de la COH y la ACC, quedando en disposición para la Junta de Vigilancia.
- 33) Volumen Aportes Intermedios Disponible JVECA (m<sup>3</sup>):** es la suma del Volumen Afluyente Sobrante Embalse Disponible JVECA, más el Volumen Quebrada El Bolsón + Cuenca Intermedia 2-3 Disponible JVECA.
- 34) Derechos JVECA Disponible con Aportes Intermedios(m<sup>3</sup>):** entrega el volumen de derechos de la JVECA disponible para usar. Viene determinado por el valor mínimo entre: el Volumen Aportes Intermedios Disponible JVECA y la suma de los Derechos Sin Almacenar JVECA para Aportes Intermedios (m<sup>3</sup>) y los Derechos sin Uso JVECA para Aportes Intermedios (m<sup>3</sup>).
- 35) DMDA 1 (Para Riego) (m<sup>3</sup>):** corresponde a la demanda solicitada para cumplir con los requerimientos en el sector 1 de riego.
- 36) Volumen Suplido con Aportes Inter. DMDA 1 (m<sup>3</sup>):** es el volumen utilizado de los Derechos JVECA Disponibles con Aportes Intermedios para cubrir la demanda solicitada en el sector 1 de riego.
- 37) Volumen Solicitado Embalse DMDA 1 (m<sup>3</sup>):** corresponde al volumen solicitado al embalse para cubrir el volumen faltante de la demanda 1, en el caso de no entregar el total de la demanda mediante los aportes intermedios.

- 38) Volumen Entregado DMDA 1(m<sup>3</sup>):** corresponde a la cantidad de agua que se entrega desde el embalse una vez solicitado el volumen con anterioridad, está en función de la cantidad de agua que posea el embalse.
- 39) Caudal Entregado para DMDA 1 (m<sup>3</sup>/s):** es el caudal entregado mes a mes desde el embalse para cubrir las demandas en el sector 1 de riego.
- 40) Volumen Final Embalse Entregado DMDA 1 (m<sup>3</sup>):** esta columna entrega el volumen final existente en el embalse una vez entregada la demanda 1.
- 41) Derechos JVECA Disponible con Aportes Intermedios(m<sup>3</sup>):** entrega el volumen de derechos de la JVECA disponibles tras entregar la demanda 1.
- 42) DMDA 2(Para Riego) (m<sup>3</sup>):** corresponde a la demanda solicitada para cumplir con los requerimientos en el sector 2 de riego.
- 43) Volumen Suplido con Aportes Inter. DMDA 2 (m<sup>3</sup>):** es el volumen utilizado de los Derechos JVECA Disponibles con Aportes Intermedios para cubrir la demanda solicitada en el sector 2 de riego.
- 44) Volumen Solicitado Embalse DMDA 2(m<sup>3</sup>):** corresponde al volumen solicitado al embalse para cubrir el volumen faltante de la demanda 2, en el caso de no entregar el total de la demanda mediante los aportes intermedios.
- 45) Volumen Entregado para DMDA 2 (m<sup>3</sup>):** corresponde a la cantidad de agua que se entrega desde el embalse una vez solicitado el volumen con anterioridad, está en función de la cantidad de agua que posea el embalse.
- 46) Caudal Entregado para DMDA 2 (m<sup>3</sup>/s):** es el caudal entregado mes a mes desde el embalse para cubrir las demandas en el sector 2 de riego.
- 47) Volumen Final Embalse Entregado DMDA 2 (m<sup>3</sup>):** esta columna entrega el volumen final existente en el embalse una vez entregada la demanda 2 que se realiza al embalse.
- 48) Derechos JVECA Disponible con Aportes Intermedios(m<sup>3</sup>):** entrega el volumen de derechos de la JVECA disponibles tras entregar la demanda 2.
- 49) DMDA 3(Para Riego) (m<sup>3</sup>):** corresponde a la demanda solicitada para cumplir con los requerimientos en el sector 3 de riego.
- 50) Volumen Suplido con Aportes Inter. DMDA 3 (m<sup>3</sup>):** es el volumen utilizado de los Derechos JVECA Disponibles con Aportes Intermedios para cubrir la demanda solicitada en el sector 3 de riego.

- 51) Volumen Solicitado Embalse DMDA 3(m<sup>3</sup>):** corresponde al volumen solicitado al embalse para cubrir el volumen faltante de la demanda 3, en el caso de no entregar el total de la demanda mediante los aportes intermedios.
- 52) Volumen Entregado para DMDA 3 (m<sup>3</sup>):** corresponde a la cantidad de agua que se entrega desde el embalse una vez solicitado el volumen con anterioridad, está en función de la cantidad de agua que posea el embalse.
- 53) Caudal Entregado para DMDA 3 (m<sup>3</sup>/s):** es el caudal entregado mes a mes desde el embalse para cubrir las demandas en el sector 3 de riego.
- 54) Volumen Final Embalse Entregado DMDA 3 (m<sup>3</sup>):** esta columna entrega el volumen final existente en el embalse una vez entregada la demanda 3 que se realiza al embalse.
- 55) Volumen Final Embalse (m<sup>3</sup>):** es el volumen final del mes, después de descontar el Volumen Final Embalse Entregado DMDA 3 el Volumen Evaporado correspondiente al mes considerado.
- 56) Volumen Vertido Embalse Mes(m<sup>3</sup>):** corresponde a la cantidad total de agua que es vertida por el embalse, es decir, el afluente que no es capaz de almacenar el embalse porque sobrepasa su capacidad.
- 57) Q Vertido Embalse Mes(m<sup>3</sup>/s):** es el caudal vertido desde el embalse cuando el afluente supera la capacidad útil.
- 58) Volumen Entregado Embalse para Terceros (m<sup>3</sup>):** esta columna entrega el volumen de agua que el embalse deja de almacenar y que es destinado a los derechos permanentes consuntivos de la COH y la ACC.
- 59) Q Entregado Embalse para Terceros (m<sup>3</sup>/s):** es el caudal entregado desde el embalse para cubrir los derechos que no son de la JVECA.
- 60) Dmda Solicitada (m<sup>3</sup>):** corresponde a la demanda total solicitada a abastecer en dicho mes.
- 61) Dmda Entregada (m<sup>3</sup>):** esta columna indica el volumen que ha sido entregado a las demandas solicitadas en dicho mes.
- 62) %Dmda Cubierto:** corresponde a la cantidad de demanda de dicho mes que alcanza a ser cubierto por el embalse.
- 63) Cumple Riego 1 (Sí) 0(No) Criterio 1:** corresponde al cumplimiento de los criterios de riego de la CNR, correspondiente a que no debe haber ningún mes con un cumplimiento de demanda del 85%.

**64) Cumple Riego 2 1(si) 2(No)Criterio 1:** corresponde al siguiente criterio de la CNR en el cual no pueden haber dos meses consecutivos con un nivel de cumplimiento inferior al 90%.

**65) Cumple Riego Seguridad Anual:** corresponde al cumplimiento anual de los criterios de riego de la CNR, es el que entrega la seguridad de riego final del embalse.

- **Caudales Medios Mensuales por Canal Situación Futura:** al presionar el botón se presenta en pantalla la pestaña que corresponde a los caudales medios mensuales en cada canal matriz, calculados en base a las demandas de cultivo proyectadas a futuro.
- **Demandas de Riego a Pie de Presa Situación Futura:** a través del botón se puede consultar los volúmenes de agua requeridos a pie de presa para satisfacer la demanda de cultivos en cada canal de riego.
- **Demandas de Riego por Sectores Situación Futura:** otorga el resumen de volúmenes de agua por sectores, entendiendo como tal, la agrupación de canales que captan en el mismo punto y riegan zonas adyacentes unas de otras.
- **Cotas Operación Embalse Situación Futura:** se presenta la matriz del nivel del agua durante la simulación de la operación del embalse. El registro contempla la cota inicial del embalse en el mes y año considerado, la cota final del embalse en el mes y año considerado y el promedio entre los dos niveles mencionados.
- **Caudales Entregados Embalse para Riego Situación Futura:** otorga la matriz de caudales entregados desde el embalse para satisfacer las demandas de riego en cada mes y año de la simulación operacional.
- **Caudales Entregados Embalse para Terceros Situación Futura:** otorga la matriz de caudales entregados desde el embalse para satisfacer los derechos permanentes consuntivos de la COH y la ACC.
- **Caudales Vertidos Embalse Situación Futura:** otorga la matriz de caudales vertidos desde el embalse que no son almacenados.
- **Mostrar Gráfico Seguridad Riego:** al presionar el botón se muestra el gráfico de los porcentajes de demanda cubierta a lo largo de los meses considerados en la simulación.
- **Mostrar Gráfico Caudales Modelo:** al presionar el botón se muestra el gráfico con las series de caudales siguientes:
  - 1) Q Entrada:corresponden a los caudales medios mensuales de entrada a la cuenca aportante.

- 2) Q Ecológico: se definen como los caudales ecológicos mensuales que el modelo deja pasar.
  - 3) Q Entregado Embalse Riego: son los caudales mensuales asociados a las demandas por sector que el embalse entrega.
  - 4) Q Vertido Embalse: corresponden a los caudales mensuales vertidos por el embalse.
  - 5) Q Entregado Embalse Terceros: representan los caudales mensuales entregados desde el embalse a los derechos permanentes de terceros.
- **Mostrar Gráfico Volúmenes Modelo:** al presionar el botón se muestra el gráfico con los volúmenes embalsados por el embalse y los volúmenes entregados a lo largo de la serie mensual de simulación.
  - **Mostrar Gráfico Cotas Operación Embalse:** al presionar el botón se muestra el gráfico con el graficado de las cotas de operación promedio de la serie mensual simulada.

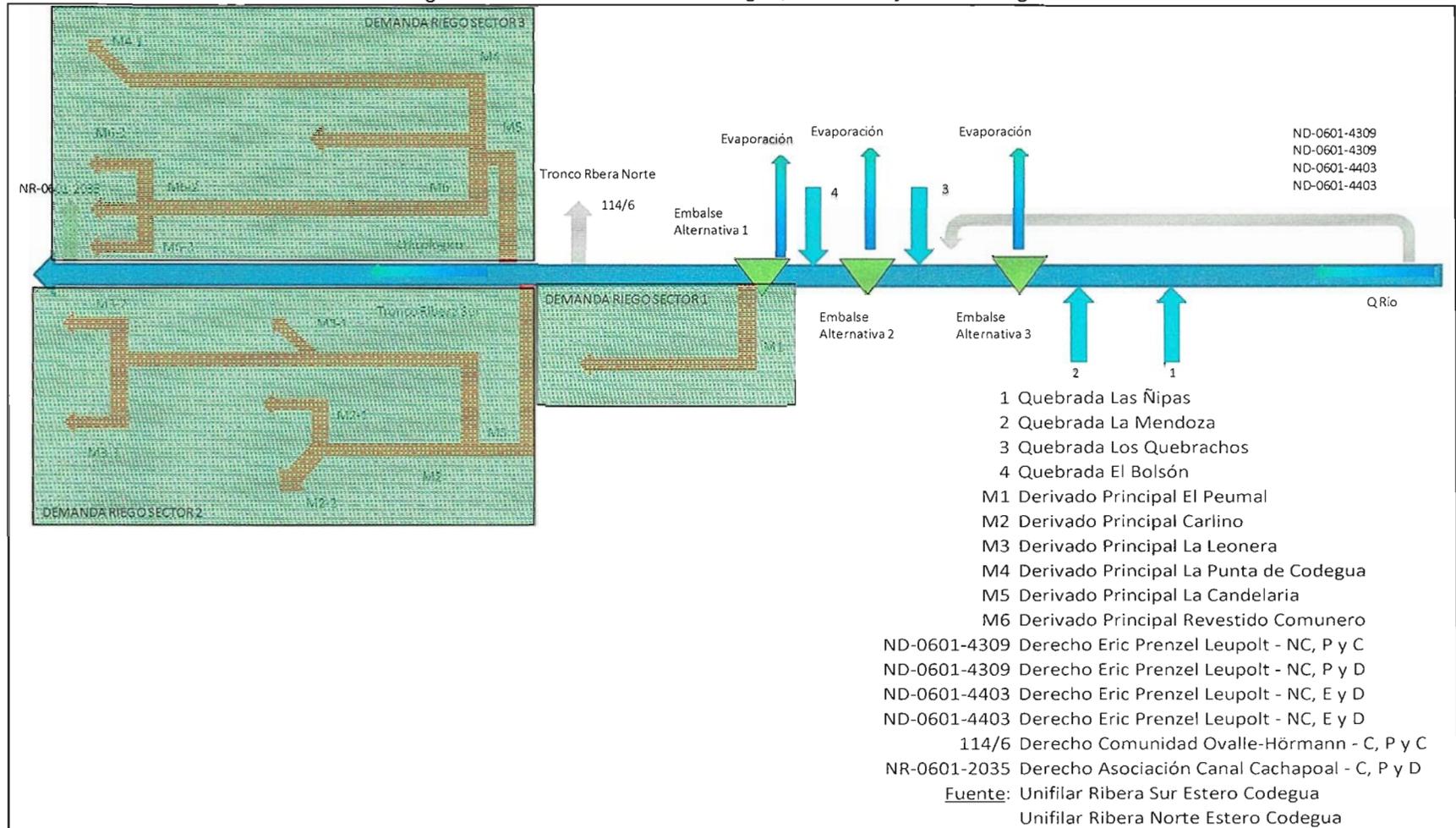
### 4.3 Algoritmo de Simulación del Modelo

A continuación se detalla a nivel operativo, el algoritmo empleado en el modelo, en base a los datos de entrada y las variables definidas anteriormente.

Este fue implementado en formato de planillas Excel, utilizando las fórmulas estándar del programa.

A continuación se entrega a nivel de esquema la ubicación de derechos, embalse y red de riego considerado en la modelación:

Figura 4-2Ubicación Derechos de agua, Embalses y Red de Riego



Fuente: Elaboración Propia

El Modelo del Embalse considera los derechos de agua en poder de la Junta de Vigilancia del Estero Codegua y Afluentes y en el embalse se almacenan esta cantidad de derechos, además tiene en cuenta la existencia de derechos de agua en poder de terceros, los cuales han sido asignados por la DGA.

Para la ubicación del embalse en la Alternativa 3, el modelo considera los puntos de captación y de restitución de los diferentes derechos de agua, de forma tal que la primera opción de cubrimiento de demandas en la red de riego se haga desde el volumen afluente sobrante, los volúmenes aportantes de la Quebrada El Bolsón y la Cuenca Intermedia 2-3, y los derechos que han sido restituidos hacia el río. En una segunda instancia, si es necesario, se realice la solicitud hacia el embalse, el cual en caso de tener el volumen de agua solicitado entregara agua.

Con anterioridad se comentaba el procedimiento realizado para trasladar los derechos permanentes consuntivos aguas abajo del embalse a la ubicación de la Alternativa 3. Esto debido a que en el caso de repartir los recursos hídricos con los derechos establecidos en sus puntos originales, en caso de recaer como establece el Código de Aguas en un reparto alícuota, se generará un desigual reparto entre los derechos permanentes consuntivos aguas abajo y el derecho no consuntivo de Eric PrenzelLeupolt, perjudicando a este último, puesto que sus derechos otorgados no tiene el excedente aportante entre las cuencas de la Alternativa 1 y 3. Por este motivo, la conversión de los derechos permanentes consuntivos para el modelo en la ubicación de la Alternativa 3, se realiza descontando a los derechos permanentes de la JVECA, la COH y la ACC, el caudal del 85% de probabilidad de excedencia de la cuenca intermedia 1-3 (Quebrada el Bolsón más Cuenca Intermedia 2-3).

Las demandas de riego se han dividido según sectores en 3 demandas, las cuales están separadas una de otra en base a las bocatomas comunes de los canales repartidores o principales de la red de riego, quedando la distribución de la siguiente manera:

Demanda 1:

Compuesta por la demanda de los siguientes canales matrices de riego:

- Canal El Peumal.

Demanda 2:

Compuesta por las demandas de los siguientes canales matrices:

- Canal La Leonera.
- Canal Carlino.

Demanda 3:

Compuesta por las demandas de los siguientes canales matrices:

- Canal Revestido Comunero.
- Canal La Punta de Codegua.
- Canal Candelaria.

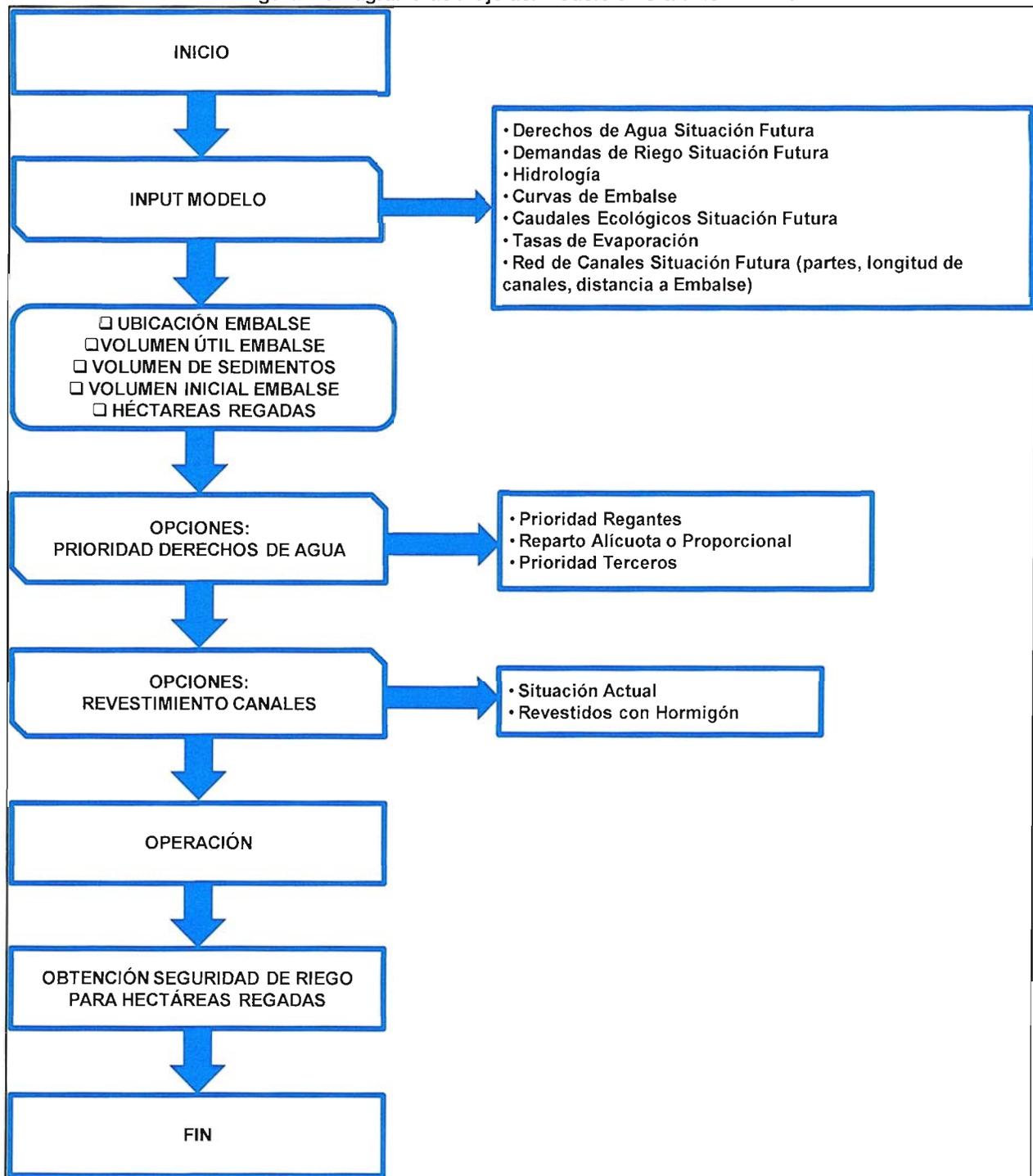
La distribución del número de hectáreas a beneficiar por sector de riego se realiza en forma directamente proporcional a la cantidad de partes que posee cada canal de riego, de forma tal que se considera que hay mayor cantidad de hectáreas para beneficiar en los sectores que existe una mayor cantidad de derechos de agua y viceversa. Una vez se tenga

completamente afinada la situación futura con el estudio agroeconómico, esta distribución podrá ser modificada en base a los mejores sectores de riego determinados por dicho estudio.

El Modelo interactúa con los criterios de modelación en la situación futura, al igual que con los derechos de agua y caudales ecológicos, pudiéndose generar n escenarios de modelación.

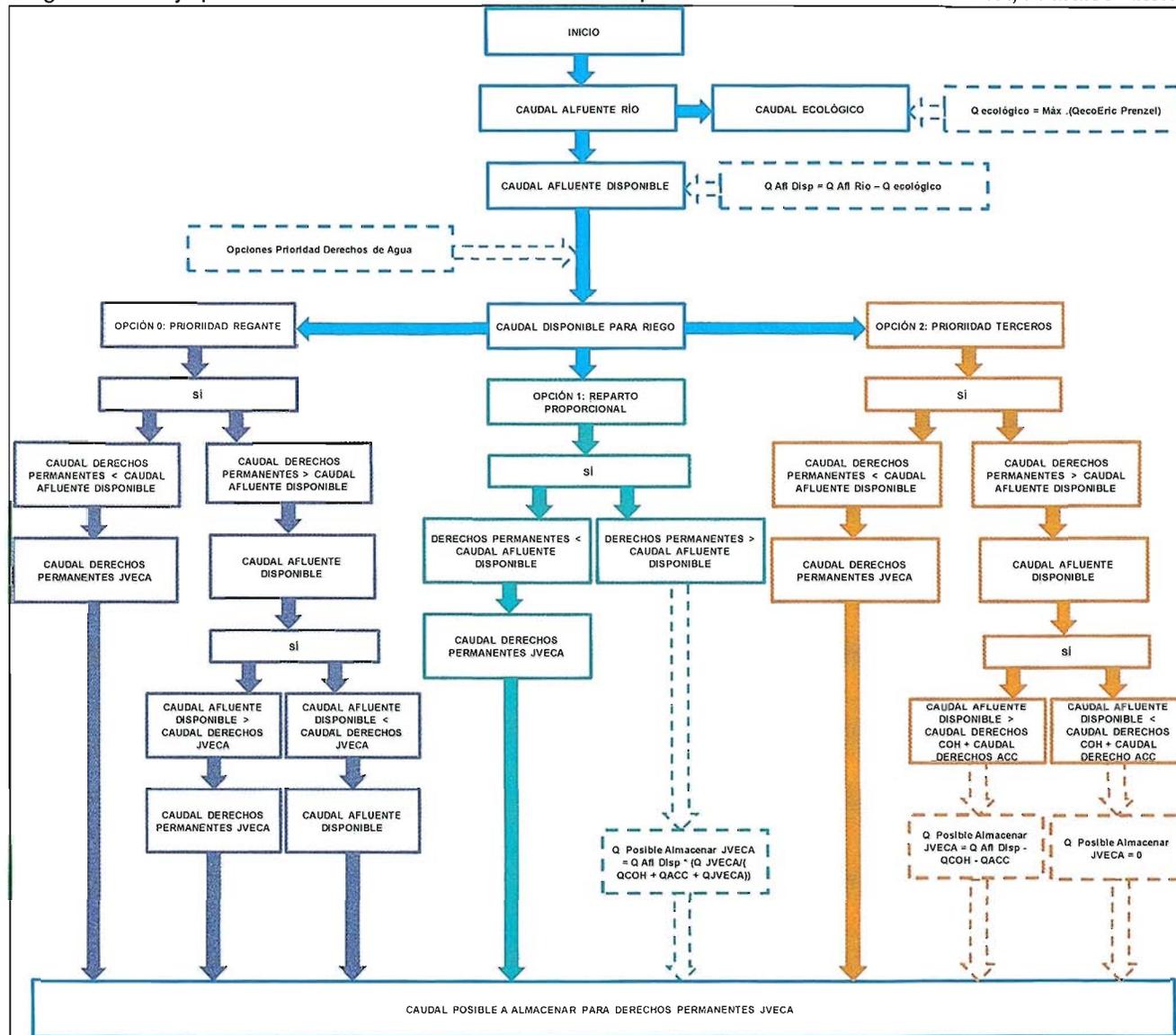
En los cuadros siguientes se muestra el algoritmo de operación del modelo para las diferentes etapas y los tres posibles emplazamientos:

Figura 4-3 Diagrama de Flujo del Modelo en Situación Futura



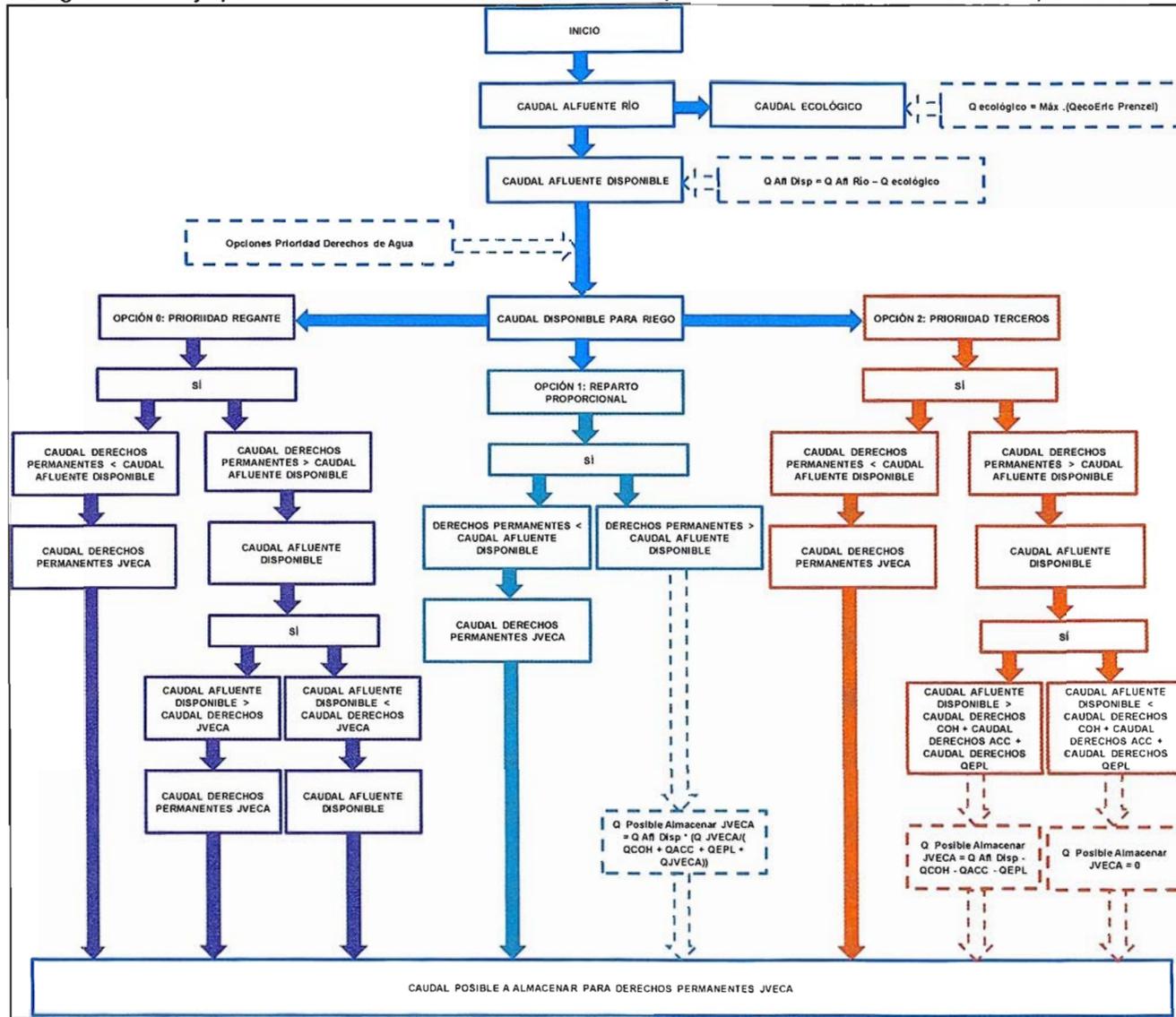
Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-4 Diagrama de Flujo para el Cálculo de Caudales Almacenados para Derechos Permanentes JVECA, Embalse Alternativas 1 y 2



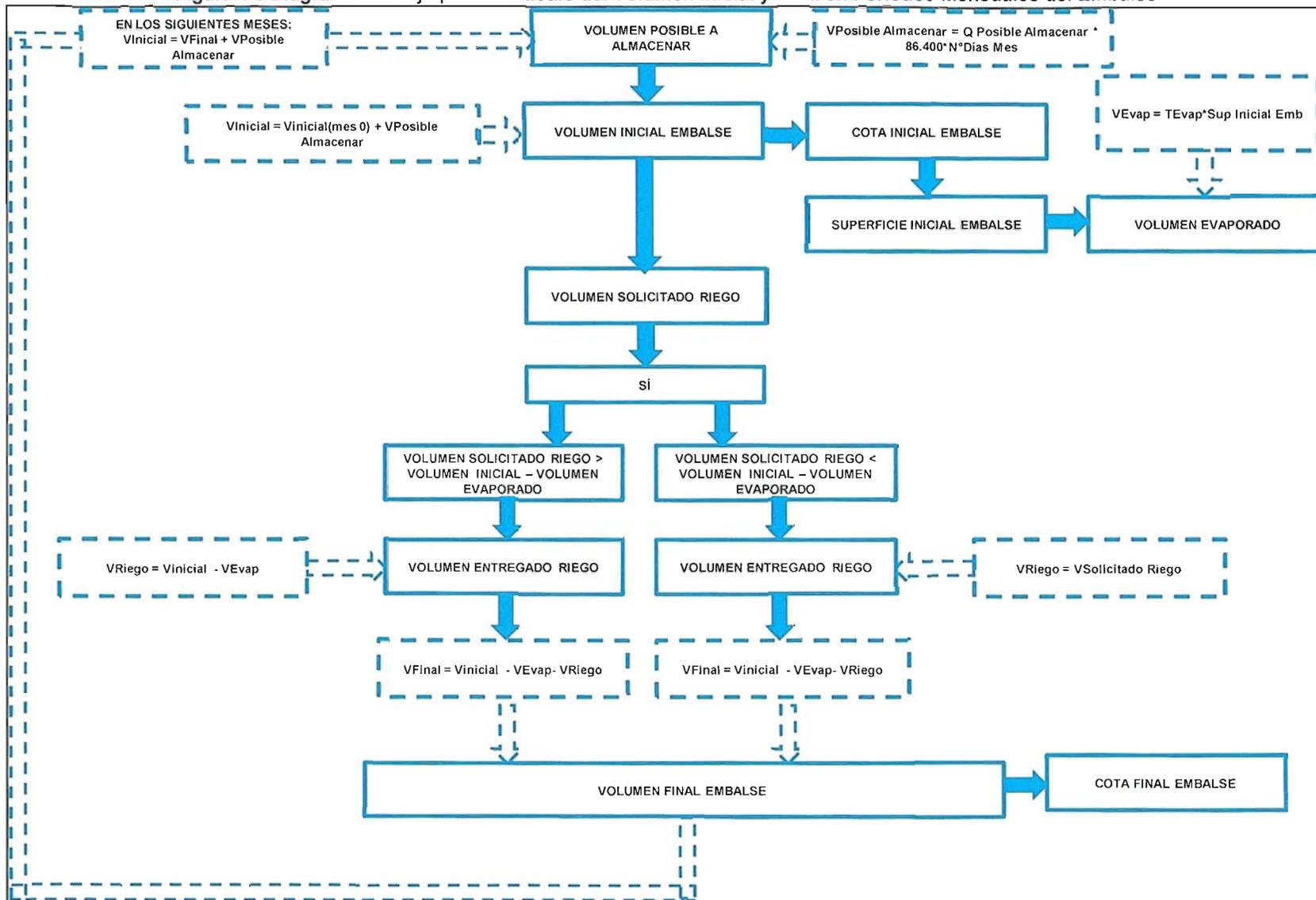
Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-5 Diagrama de Flujo para el Cálculo de Caudales Almacenados para Derechos Permanentes JVECA, Embalse Alternativa 3



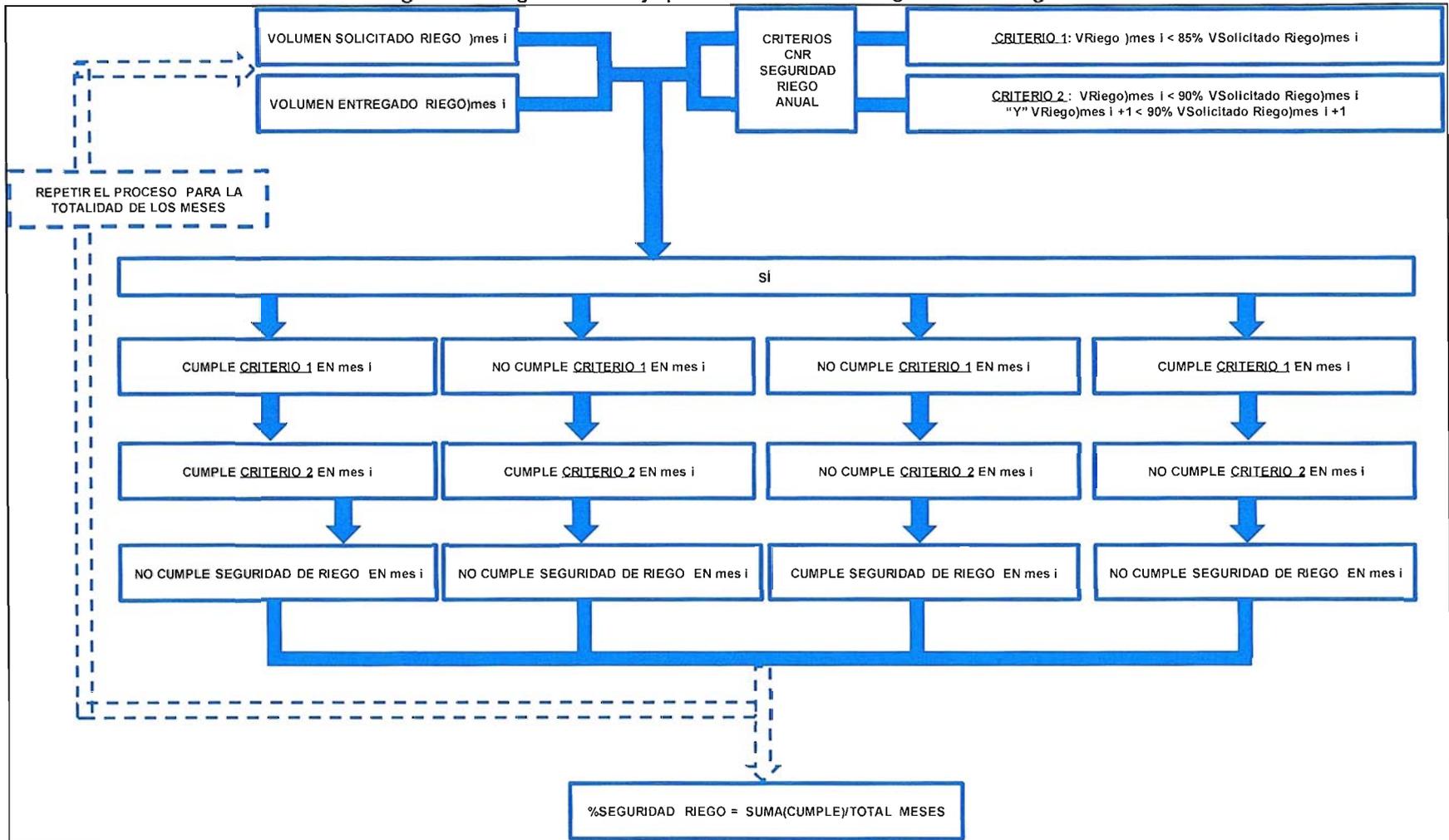
Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-6 Diagrama de Flujo para el Cálculo del Volumen Inicial y Final en Periodos Mensuales del Embalse



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-7 Diagrama de Flujo para el Cálculo de la Seguridad de Riego



Fuente: Elaboración Propia



El modelo permite introducir distintas opciones en la modelación: la elección de la prioridad en el orden de los derechos, pudiendo anteponer los derechos de los regantes con sus derechos consuntivos, luego los derechos de terceros y finalmente, el reparto proporcional del recurso en base a la cantidad de derechos otorgados; también tiene la posibilidad de incluir o no, el revestimiento actual de los canales derivados matrices o un revestimiento proyectado de hormigón como mejoramiento de la red de riego.

#### **4.4 Escenarios Modelados**

Debido a que en la actualidad no existe una definición clara de la equivalencia de las acciones en unidades volumétricas y de tiempo, en poder de la Junta de Vigilancia del Estero Codegua y Afluentes, los escenarios modelados consideran el valor de equivalencia propuesto por el consultor en base a los antecedentes recopilados. Con este supuesto, el modelo se verificará con las cifras del estudio agronómico en cuanto a las áreas potenciales de riego consideradas para la situación futura.

También se ha considerado el tema de los caudales ecológicos que hasta el momento no han sido definidos para el proyecto del embalse y esta definición se realizará una vez finalizado el Estudio de Impacto Ambiental, por este motivo para los distintos escenarios modelados, se han considerado los derechos de agua asignados para el derecho NC en poder de Eric PrenzelLeupolt.

Además, se han simulado también distintos escenarios de situación futura con las opciones de modelación descritas anteriormente y para cada ubicación propuesta de las alternativas de embalse. Los escenarios y sus resultados obtenidos, se listan a continuación:

##### **4.4.1 Escenarios Situación Futura Embalse Alternativa 1**

###### **4.4.1.1 Escenario Situación Futura 1 (FUT1)**

Este escenario es el que considera la situación futura con el proyecto del embalse en el emplazamiento propuesto en la Alternativa 1, y en cuanto a las opciones de modelación, la calidad de los revestimientos se mantiene en el estado actual, y se otorga la prioridad a los regantes en el aprovechamiento de los recursos.

El análisis del uso del suelo en situación actual efectuado en el estudio agronómico aporta una superficie total de 2.317,141 ha como cifra de riego potencial. Ahora bien, como cabría de esperar, la incorporación de una obra de regulación, como es el embalse con capacidad de 9 hm<sup>3</sup> supondrá una mejora en la capacidad de riego, llegando al valor de 96,08%, cifra que sobrepasa considerablemente el mínimo establecido por la CNR.

Otro ejercicio de aplicación directa del modelo, es conocer el número de hectáreas que son beneficiadas con una seguridad de riego del 85%. Para este escenario, el embalse dotaría un total de 2.606 ha regadas con dicha seguridad.

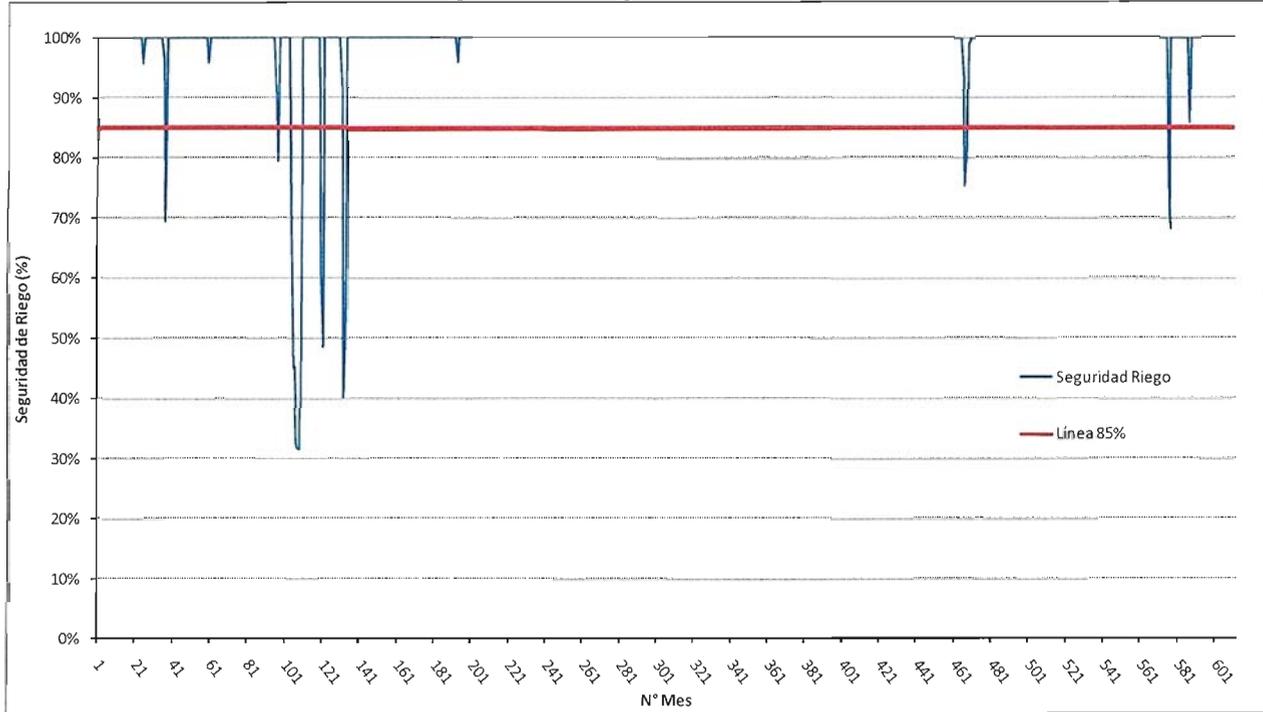
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-21 Resultados Principales Escenario FUT1, Embalse Alternativa 1

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.212
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-4 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT1, Embalse Alternativa 1



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.1.2 Escenario Situación Futura 2 (FUT2)

Este escenario es similar al propuesto en el Escenario Situación Futura 1, pero añadiendo el mejoramiento en los revestimiento de los canales matrices.

Para este escenario, la cantidad de hectáreas regadas con una capacidad de riego del 85% es de 3.608 ha.

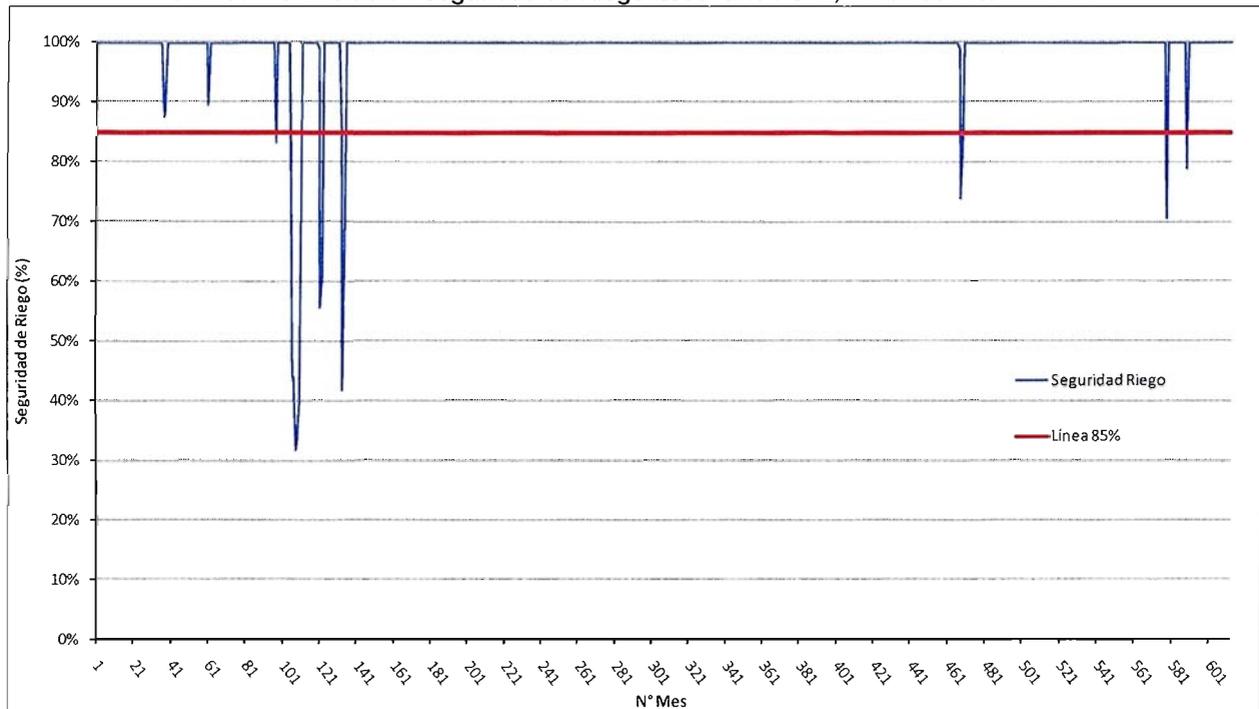
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

**Tabla 4-22 Resultados Principales Escenario FUT2, Embalse Alternativa 1**

Volumen Total Útil Embalse (Hm3)	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.608
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 4-5 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT2, Embalse Alternativa 1**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.1.3 Escenario Situación Futura 3 (FUT3)

Este escenario contempla la opción de la prioridad de derechos de agua como marca el Código de Aguas, repartiendo el recurso hídrico de forma alícuota. Además, para la modelación no se considerará el mejoramiento en los canales, dejando dicha opción para otro escenario.

Para este escenario, el embalse con capacidad útil de 9 hm<sup>3</sup>, es capaz de beneficiar con una seguridad del 85% a un total de 3.175 ha.

Como se mencionaba con anterioridad, el uso del suelo en proyección futura crecería desde la situación actual de riego de 2.317,141 ha (considerando pradera natural y barbecho) a la cifra de 2501,89 ha bien regadas, según las conclusiones del estudio agronómico. A tenor del área obtenida, se observa una significativa concordancia entre las cifras proyectadas por el estudio agronómico y el modelo, lo que valida el modelo propuesto por la presente consultoría, siempre y cuando consideremos las opciones contempladas en el Escenario Situación Futura 3, que por otro lado, son las opciones que mejor reflejan la realidad futura.

Cabe destacar que el número de hectáreas finales puede incrementarse incorporando las mejoras en las conducciones de los canales, lo que se traduce en una disminución de las demandas al embalse y por lo tanto, un aumento de la superficie total de riego.

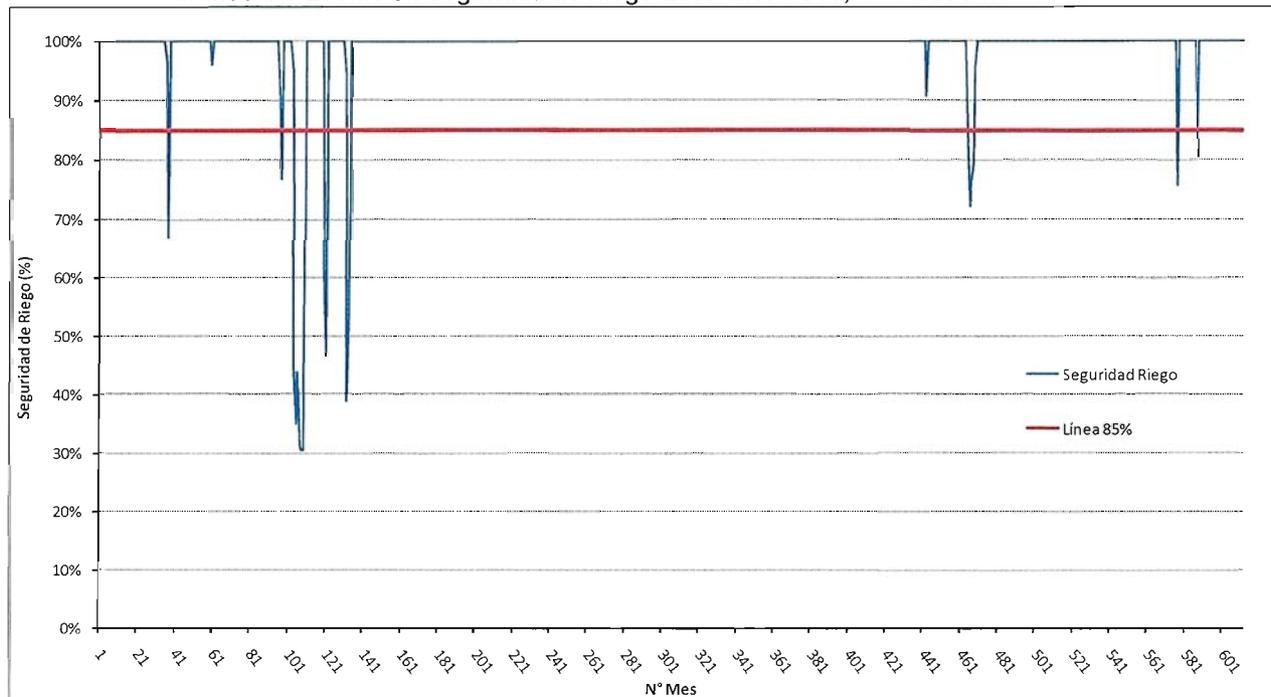
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

**Tabla 4-23 Resultados Principales Escenario FUT3, Embalse Alternativa 1**

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.175
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 4-6 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT3, Embalse Alternativa 1**



Fuente: Elaboración Propia

**4.4.1.4 Escenario Situación Futura 4 (FUT4)**

Este escenario es similar al propuesto en el Escenario Situación Futura 4, pero añadiendo la mejora en los revestimientos de la totalidad de las longitudes de los canales principales; entendiéndose esto, como una obra para reducir las pérdidas por infiltración y en suma reducir la cantidad de demanda al embalse y aumentar la superficie regada total.

Para este escenario, la cantidad de hectáreas con una capacidad de riego del 85% es de 3.557 ha.

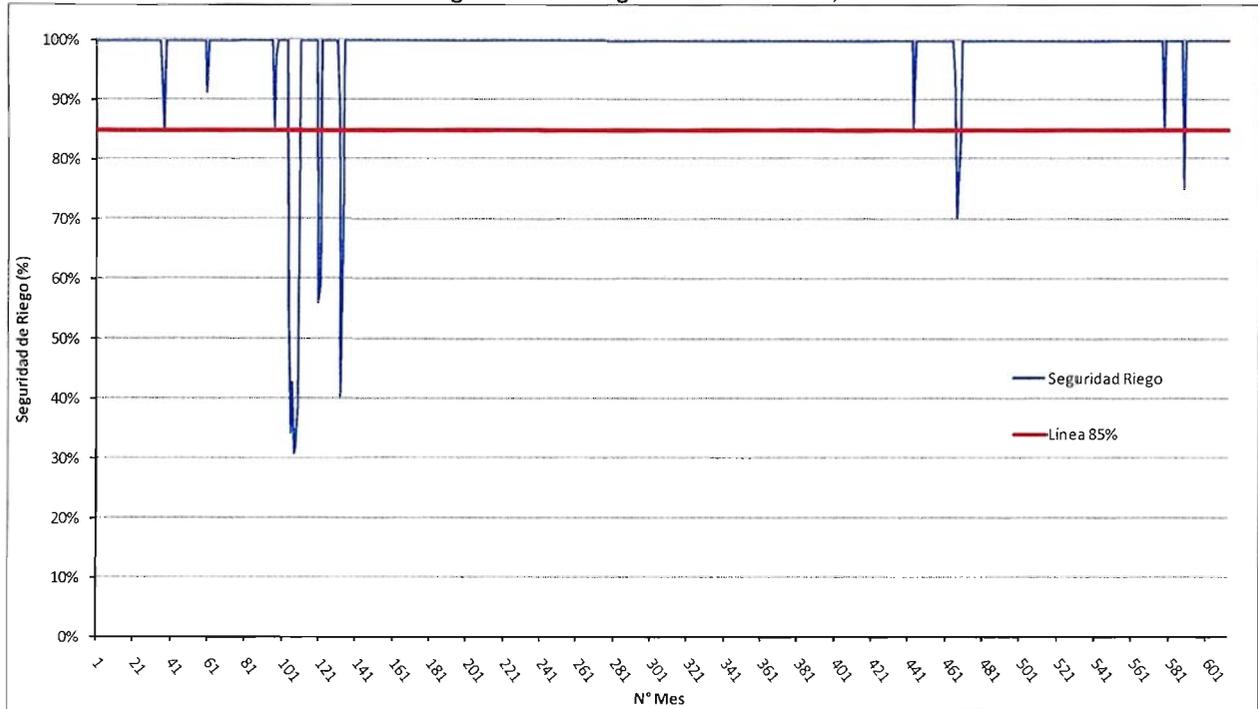
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego:

**Tabla 4-24 Resultados Principales Escenario FUT4, Embalse Alternativa 1**

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.557
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 4-7 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT4, Embalse Alternativa 1**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.1.5 Escenario Situación Futura 5 (FUT5)

Este escenario considera el proyecto de embalse con la prioridad de los recursos destinada en primer lugar a los derechos que no corresponden a la Junta de Vigilancia del Estero Codegua y Afluentes, como son: la Comunidad Ovalle Hörmann y la Asociación del Canal Cachapoal. Bajo estas circunstancias y en el caso de este escenario no se elige la opción del revestimiento de canales con hormigón en la totalidad de los mismos.

El resultado obtenido es un área de riego con seguridad del 85% de 3.157 ha.

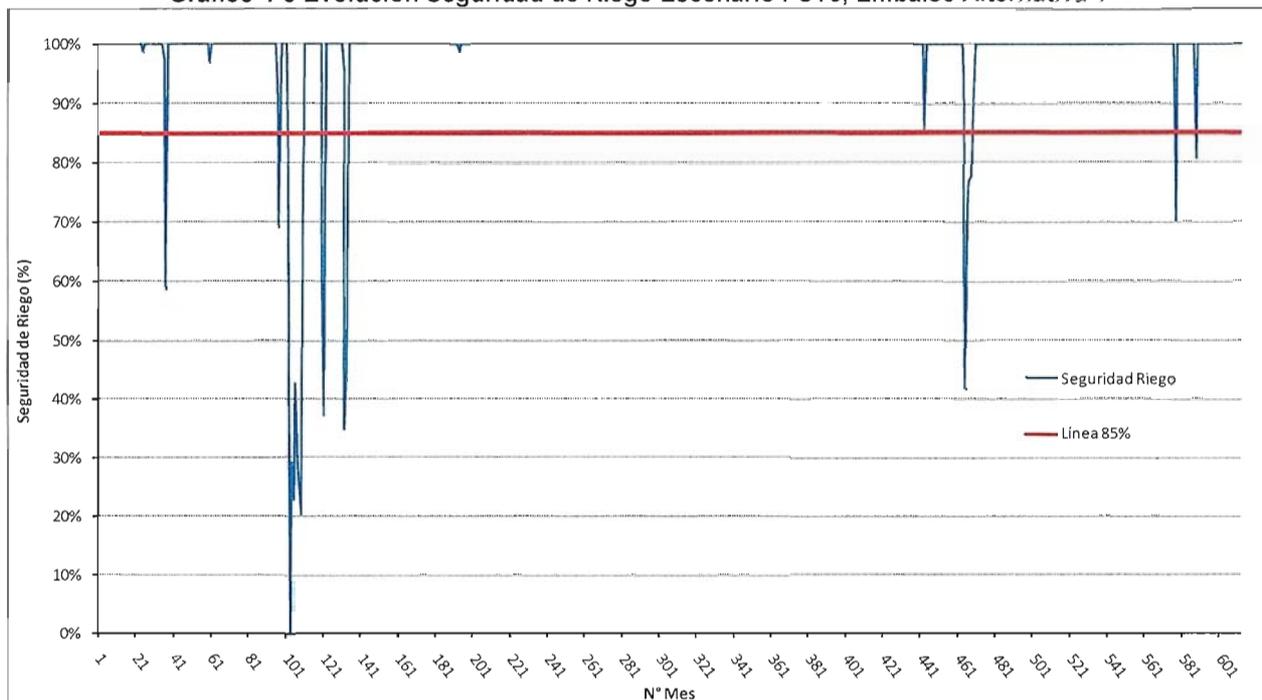
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el grafico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-25 Resultados Principales Escenario FUT5, Embalse Alternativa 1

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.157
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-8 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT5, Embalse Alternativa 1



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.1.6 Escenario Situación Futura 6 (FUT6)

Este escenario considera las mismas opciones que el Escenario Situación Futura 5, pero añadiendo el mejoramiento en los canales con revestimiento de hormigón en toda la longitud de las conducciones.

Para este escenario, el número de hectáreas beneficiadas por el embalse con una seguridad de riego del 85% es de 3.489 ha.

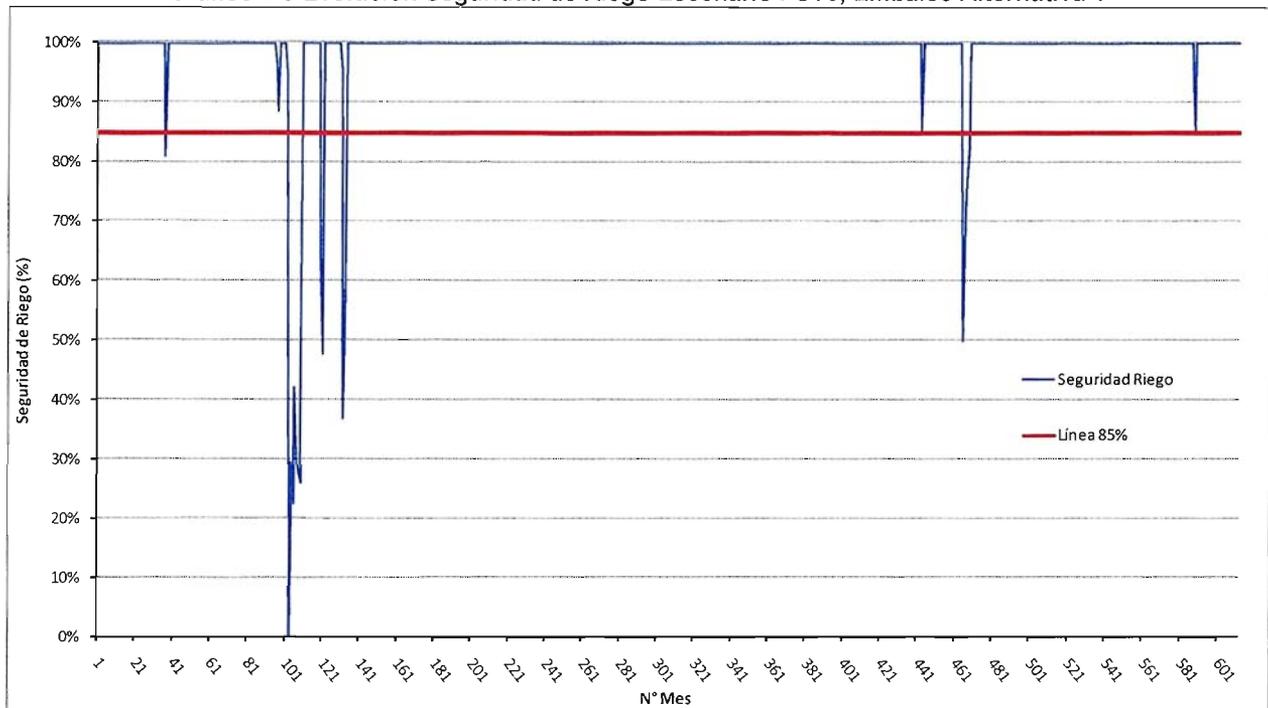
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-26 Resultados Principales Escenario FUT6, Embalse Alternativa 1

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.489
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-9 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT6, Embalse Alternativa 1



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2 Escenarios Situación Futura Embalse Alternativa 2

##### 4.4.2.1 Escenario Situación Futura 1 (FUT1)

Este escenario es el que considera la situación futura con el proyecto del embalse en el emplazamiento propuesto en la Alternativa 2, y en cuanto a las opciones de modelación, la calidad de los revestimientos se mantiene en el estado actual, y se otorga la prioridad a los regantes en el aprovechamiento de los recursos.

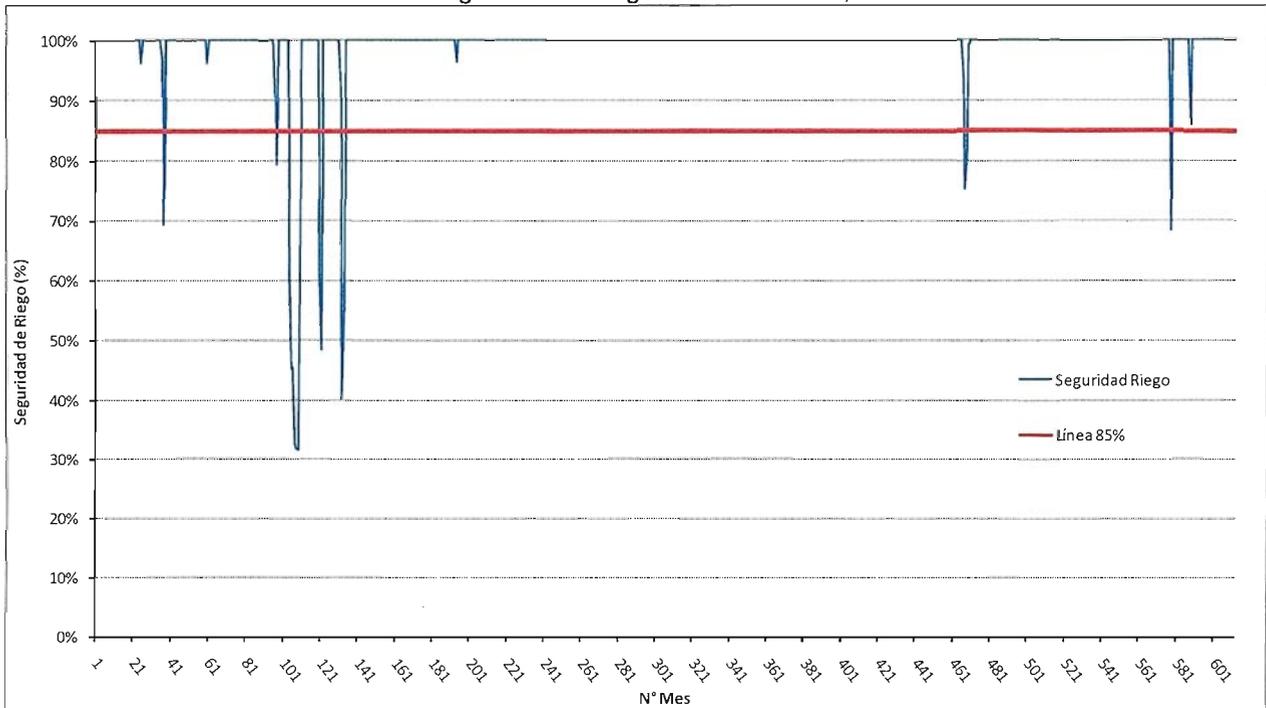
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-27 Resultados Principales Escenario FUT1, Embalse Alternativa 2

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.205
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-10 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT1, Embalse Alternativa 2



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2.2 Escenario Situación Futura 2 (FUT2)

Este escenario es similar al propuesto en el Escenario Situación Futura 1, pero añadiendo el mejoramiento en los revestimiento de los canales matrices.

Para este escenario, la cantidad de hectáreas regadas con una capacidad de riego del 85% es de 3.601 ha.

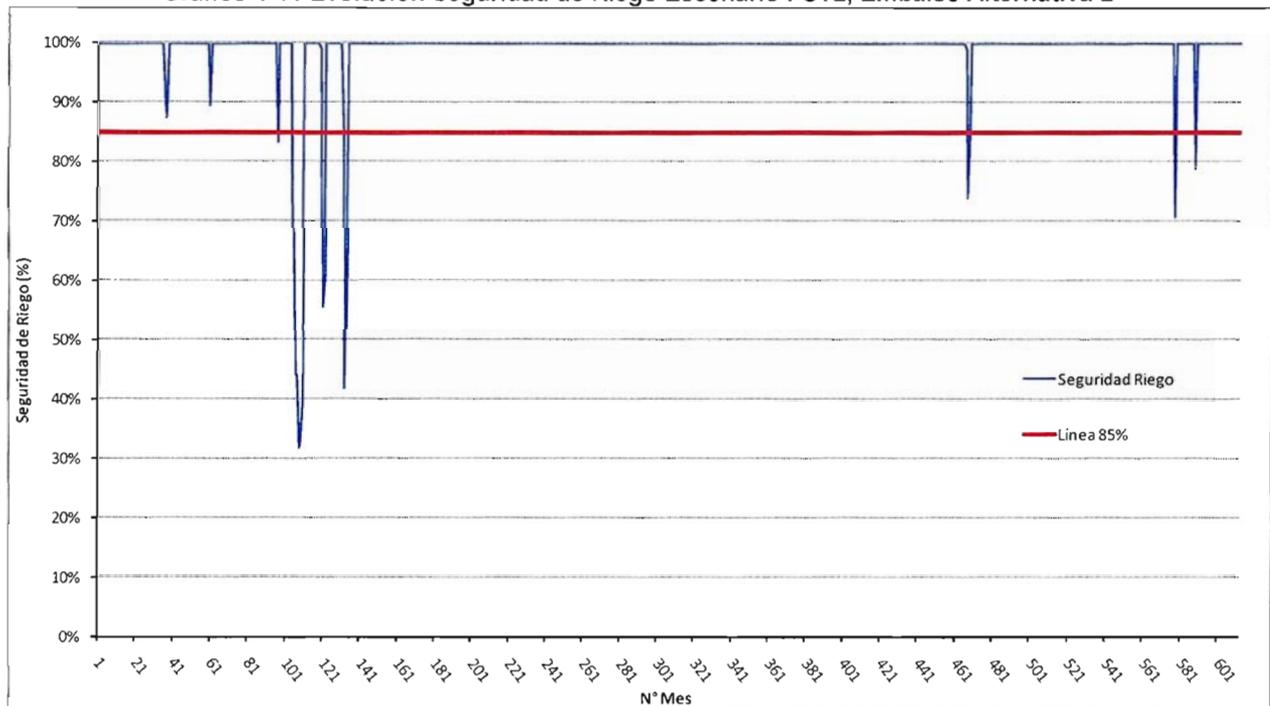
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el grafico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

**Tabla 4-28 Resultados Principales Escenario FUT2, Embalse Alternativa 2**

Volumen Total Útil Embalse (Hm3)	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.601
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 4-11 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT2, Embalse Alternativa 2**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2.3 Escenario Situación Futura 3 (FUT3)

Este escenario contempla la opción de la prioridad de derechos de agua como marca el Código de Aguas, repartiendo el recurso hídrico de forma alícuota. Además, para la modelación no se considerará el mejoramiento en los canales, dejando dicha opción para otro escenario.

Para este escenario, el embalse con capacidad útil de 9 hm<sup>3</sup>, es capaz de beneficiar con una seguridad del 85% a un total de 3.169 ha.

Como se mencionaba con anterioridad, el uso del suelo en proyección futura crecería desde la situación actual de riego de 2.317,141 ha (considerando pradera natural y barbecho) a la cifra de 2501,89 ha bien regadas, según las conclusiones del estudio agronómico. A tenor del área obtenida, se observa una significativa concordancia entre las cifras proyectadas por el estudio agronómico y el modelo, lo que valida el modelo propuesto por la presente consultoría, siempre y cuando consideremos las opciones contempladas en el Escenario Situación Futura 3, que por otro lado, son las opciones que mejor reflejan la realidad futura.

Cabe destacar que el número de hectáreas finales puede incrementarse incorporando las mejoras en las conducciones de los canales, lo que se traduce en una disminución de las demandas al embalse y por lo tanto, un aumento de la superficie total de riego.

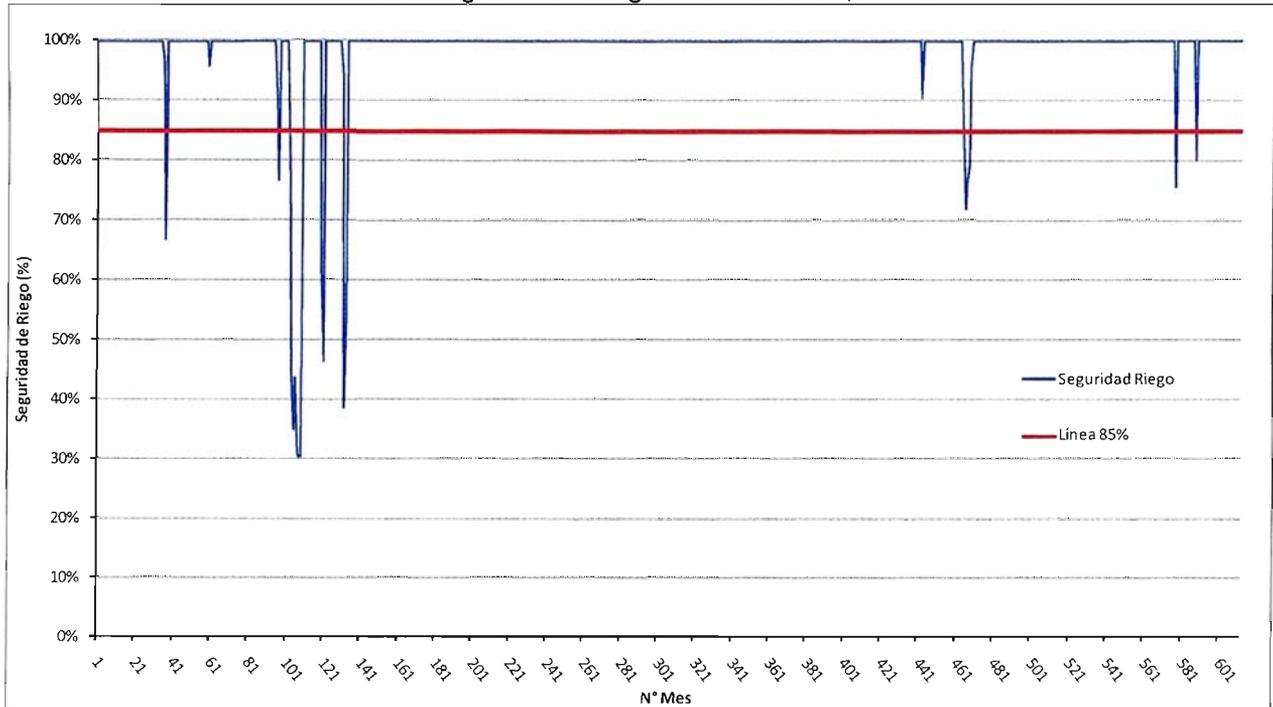
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-29 Resultados Principales Escenario FUT3, Embalse Alternativa 2

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.169
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-12 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT3, Embalse Alternativa 2



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2.4 Escenario Situación Futura 4 (FUT4)

Este escenario es similar al propuesto en el Escenario Situación Futura 4, pero añadiendo la mejora en los revestimientos de la totalidad de las longitudes de los canales principales; entendiéndose esto, como una obra para reducir las pérdidas por infiltración y en suma reducir la cantidad de demanda al embalse y aumentar la superficie regada total.

Para este escenario, la cantidad de hectáreas con una capacidad de riego del 85% es de 3.549 ha.

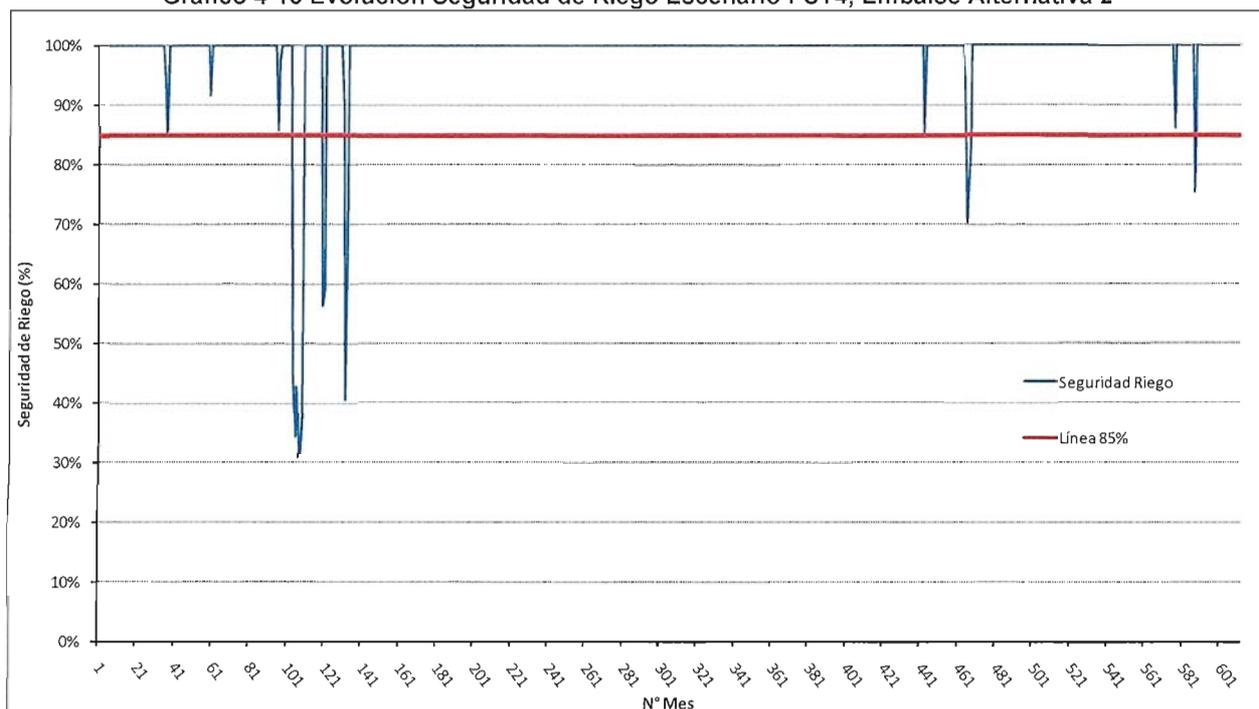
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el grafico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego:

Tabla 4-30 Resultados Principales Escenario FUT4, Embalse Alternativa 2

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.549
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-13 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT4, Embalse Alternativa 2



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2.5 Escenario Situación Futura 5 (FUT5)

Este escenario considera el proyecto de embalse con la prioridad de los recursos destinada en primer lugar a los derechos que no corresponden a la Junta de Vigilancia del Estero Codegua y Afluentes, como son: la Comunidad Ovalle Hörmann y la Asociación del Canal Cachapoal. Bajo estas circunstancias y en el caso de este escenario no se elige la opción del revestimiento de canales con hormigón en la totalidad de los mismos.

El resultado obtenido es un área de riego con seguridad del 85% de 3.001 ha.

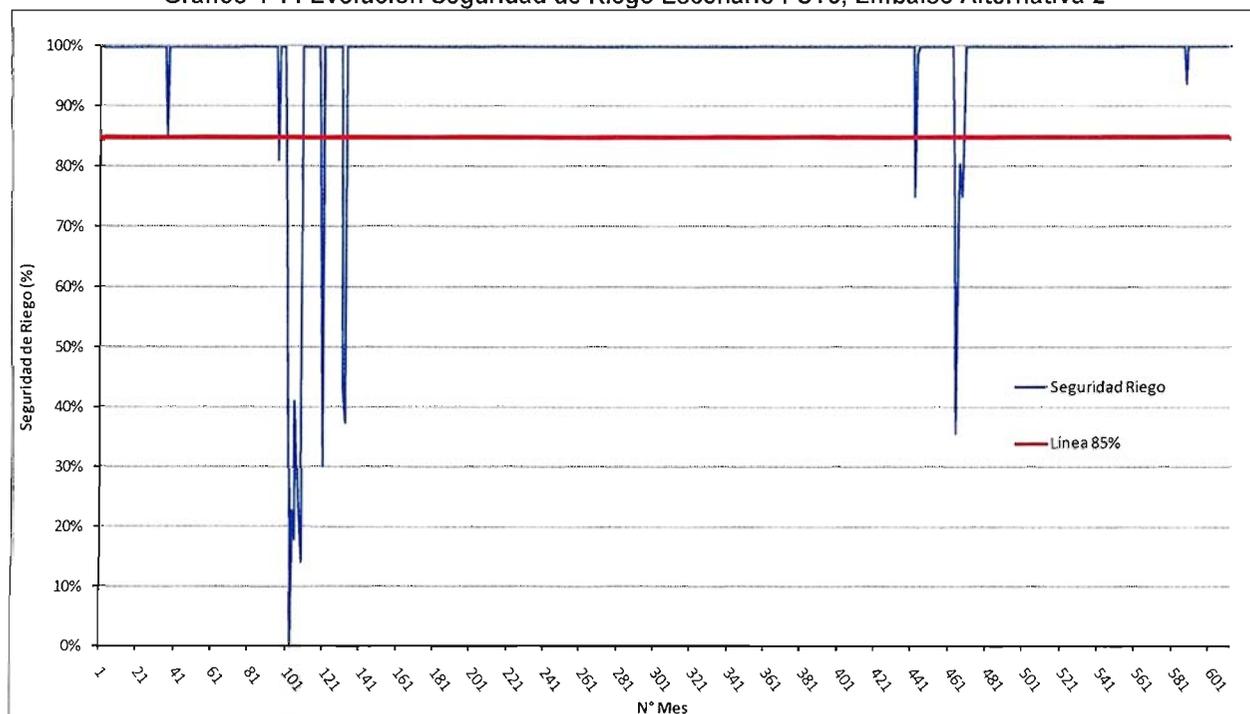
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-31 Resultados Principales Escenario FUT5, Embalse Alternativa 2

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.001
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-14 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT5, Embalse Alternativa 2



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2.6 Escenario Situación Futura 6 (FUT6)

Este escenario considera las mismas opciones que el Escenario Situación Futura 5, pero añadiendo el mejoramiento en los canales con revestimiento de hormigón en toda la longitud de las conducciones.

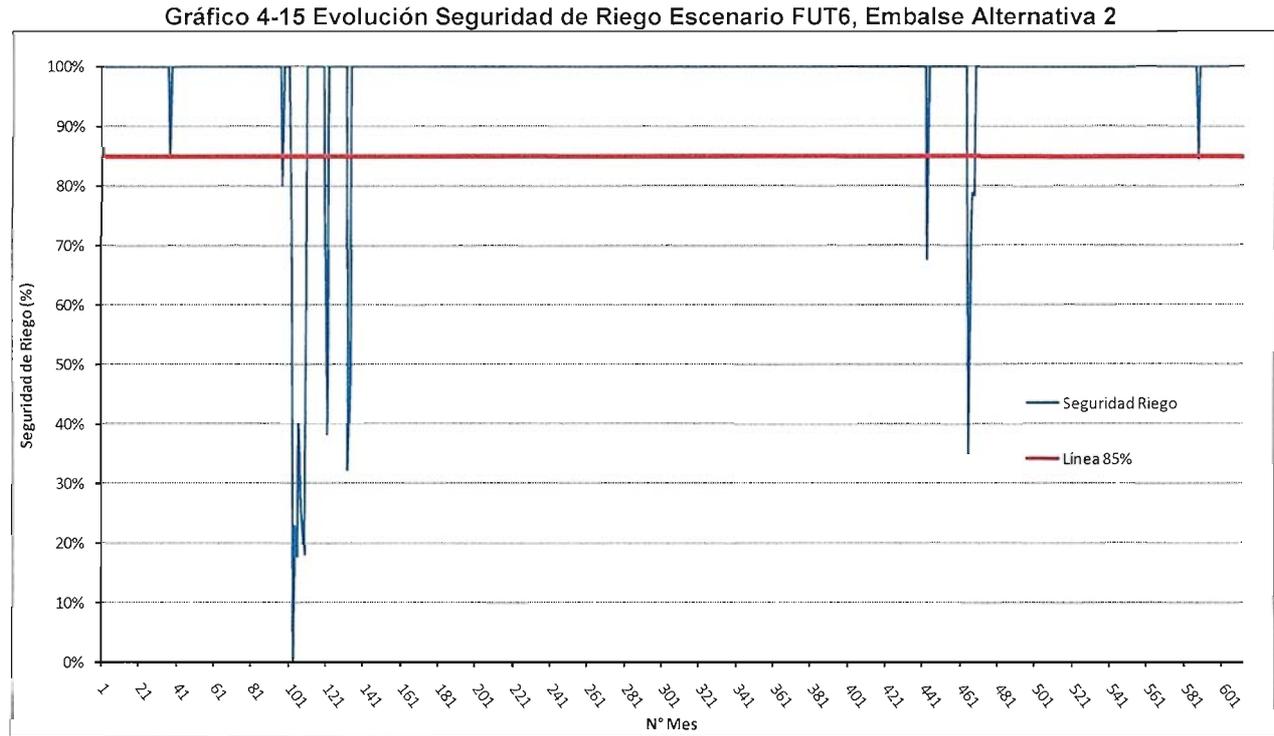
Para este escenario, el número de hectáreas beneficiadas por el embalse con una seguridad de riego del 85% es de 3.381 ha.

A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-32 Resultados Principales Escenario FUT6, Embalse Alternativa 2

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.381
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.4.3 Escenarios Situación Futura Embalse Alternativa 3

##### 4.4.3.1 Escenario Situación Futura 1 (FUT1)

Este escenario es el que considera la situación futura con el proyecto del embalse en el emplazamiento propuesto en la Alternativa 3, y en cuanto a las opciones de modelación, la calidad de los revestimientos se mantiene en el estado actual, y se otorga la prioridad a los regantes en el aprovechamiento de los recursos.

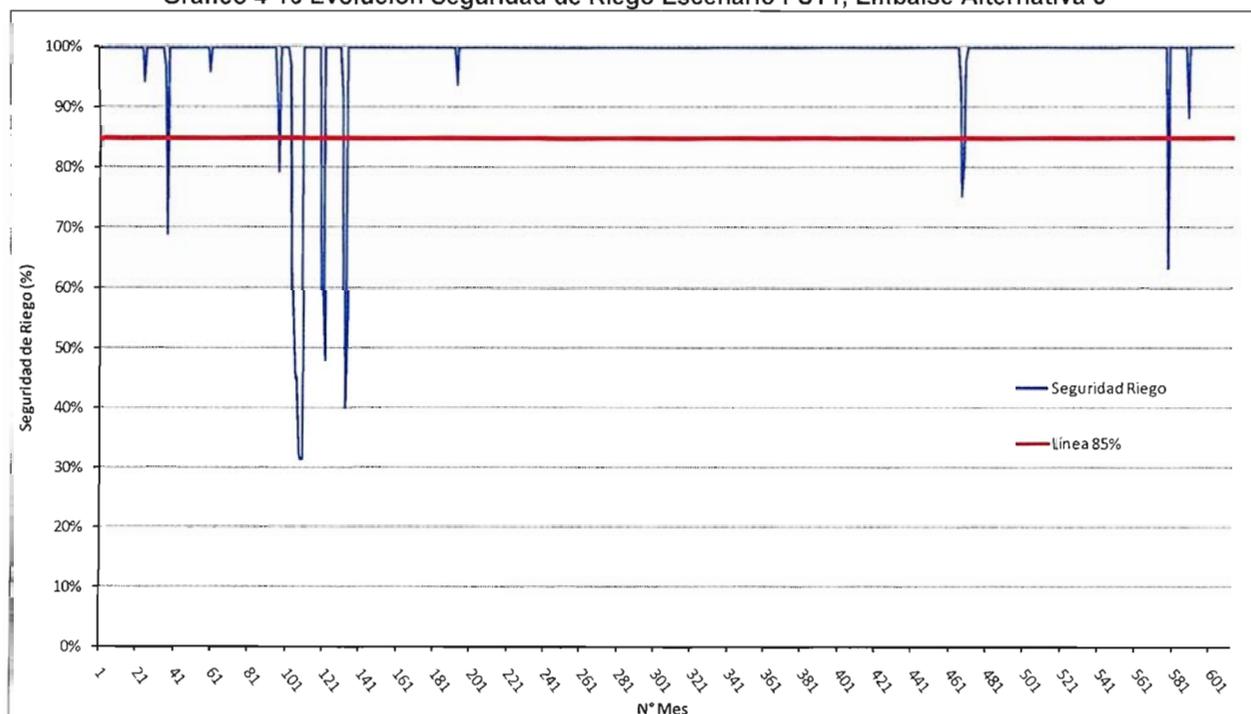
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

**Tabla 4-33 Resultados Principales Escenario FUT1, Embalse Alternativa 3**

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.191
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-16 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT1, Embalse Alternativa 3



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.3.2 Escenario Situación Futura 2 (FUT2)

Este escenario es similar al propuesto en el Escenario Situación Futura 1, pero añadiendo el mejoramiento en los revestimiento de los canales matrices.

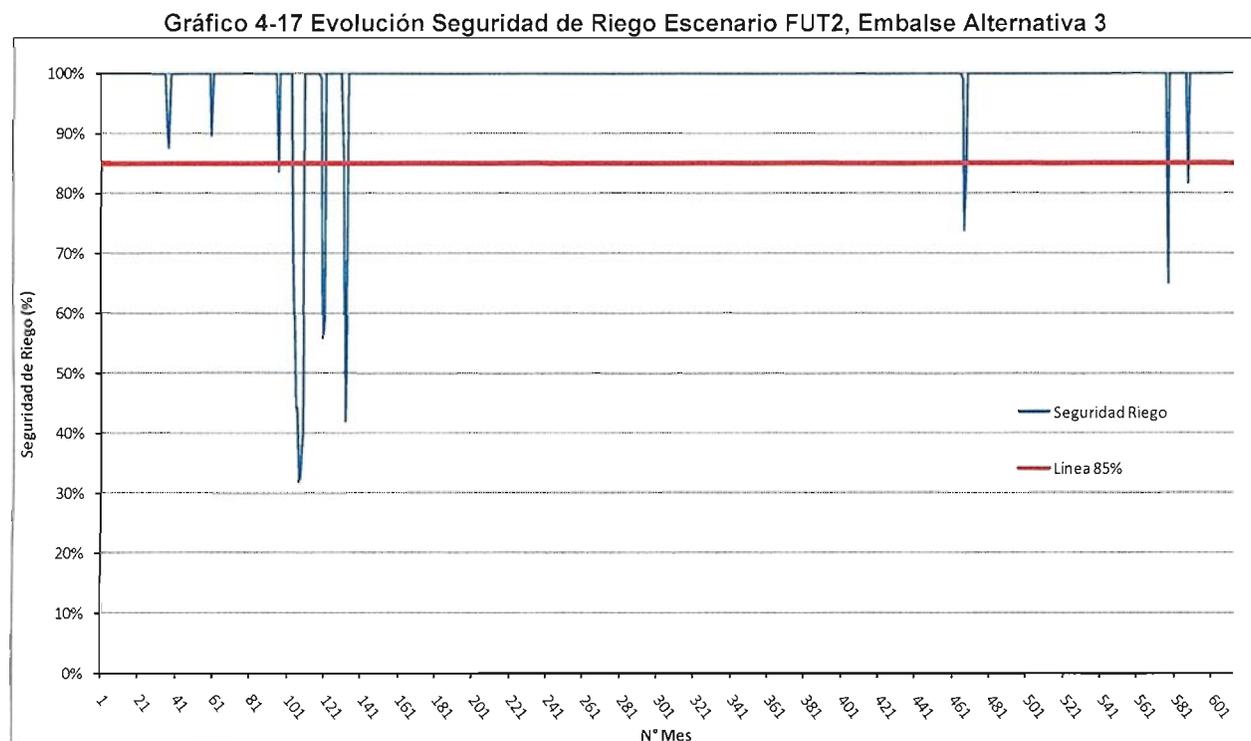
Para este escenario, la cantidad de hectáreas regadas con una capacidad de riego del 85% es de 3.584 ha.

A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el grafico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-34 Resultados Principales Escenario FUT2, Embalse Alternativa 3

Volumen Total Útil Embalse (Hm3)	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.584
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.4.3.3 Escenario Situación Futura 3 (FUT3)

Este escenario contempla la opción de la prioridad de derechos de agua como marca el Código de Aguas, repartiendo el recurso hídrico de forma alícuota. Además, para la modelación no se considerará el mejoramiento en los canales, dejando dicha opción para otro escenario.

Para este escenario, el embalse con capacidad útil de 9 hm<sup>3</sup>, es capaz de beneficiar con una seguridad del 85% a un total de 2.649 ha.

Como se mencionaba con anterioridad, el uso del suelo en proyección futura crecería desde la situación actual de riego de 2.317,141 ha (considerando pradera natural y barbecho) a la cifra de 2501,89 ha bien regadas, según las conclusiones del estudio agronómico. A tenor del área obtenida, se observa una significativa concordancia entre las cifras proyectadas por el estudio agronómico y el modelo, lo que valida el modelo propuesto por la presente consultoría, siempre y cuando consideremos las opciones contempladas en el Escenario Situación Futura 3, que por otro lado, son las opciones que mejor reflejan la realidad futura.

Cabe destacar que el número de hectáreas finales puede incrementarse incorporando las mejoras en las conducciones de los canales, lo que se traduce en una disminución de las demandas al embalse y por lo tanto, un aumento de la superficie total de riego.

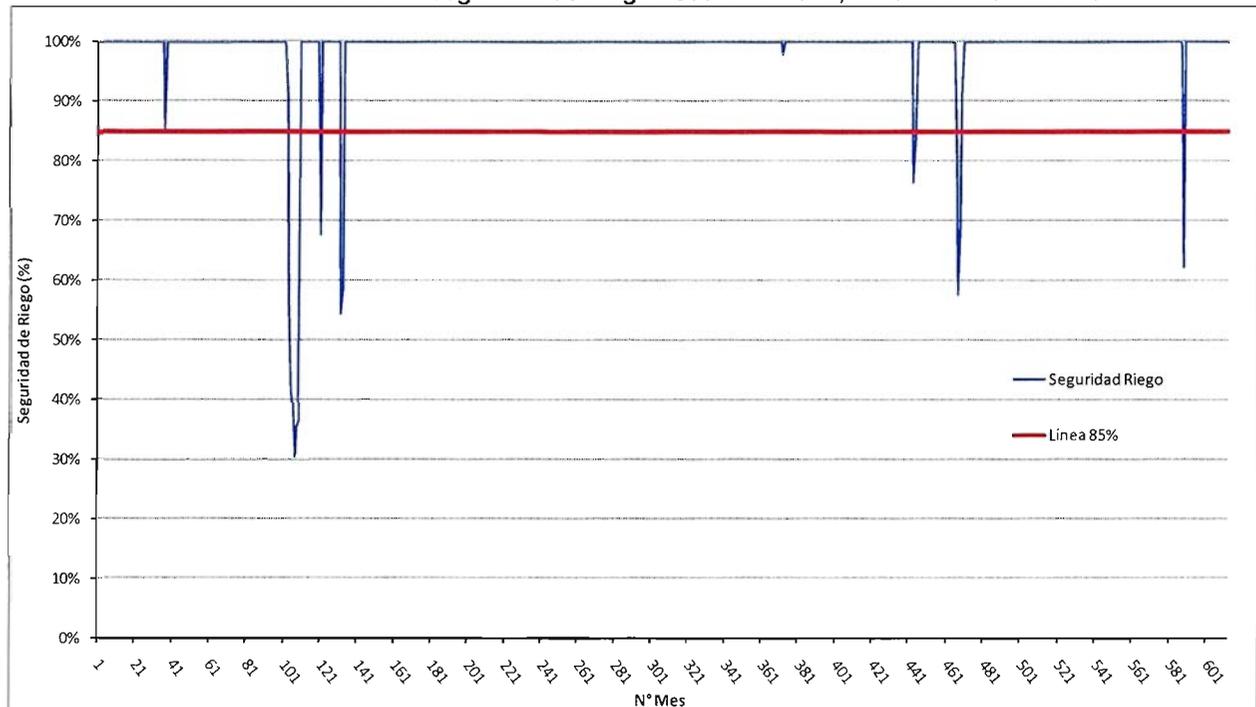
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

**Tabla 4-35 Resultados Principales Escenario FUT3, Embalse Alternativa 3**

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	2.649
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 4-18 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT3, Embalse Alternativa 3**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.3.4 Escenario Situación Futura 4 (FUT4)

Este escenario es similar al propuesto en el Escenario Situación Futura 4, pero añadiendo la mejora en los revestimientos de la totalidad de las longitudes de los canales principales; entendiéndose esto, como una obra para reducir las pérdidas por infiltración y en suma reducir la cantidad de demanda al embalse y aumentar la superficie regada total.

Para este escenario, la cantidad de hectáreas con una capacidad de riego del 85% es de 3.003 ha.

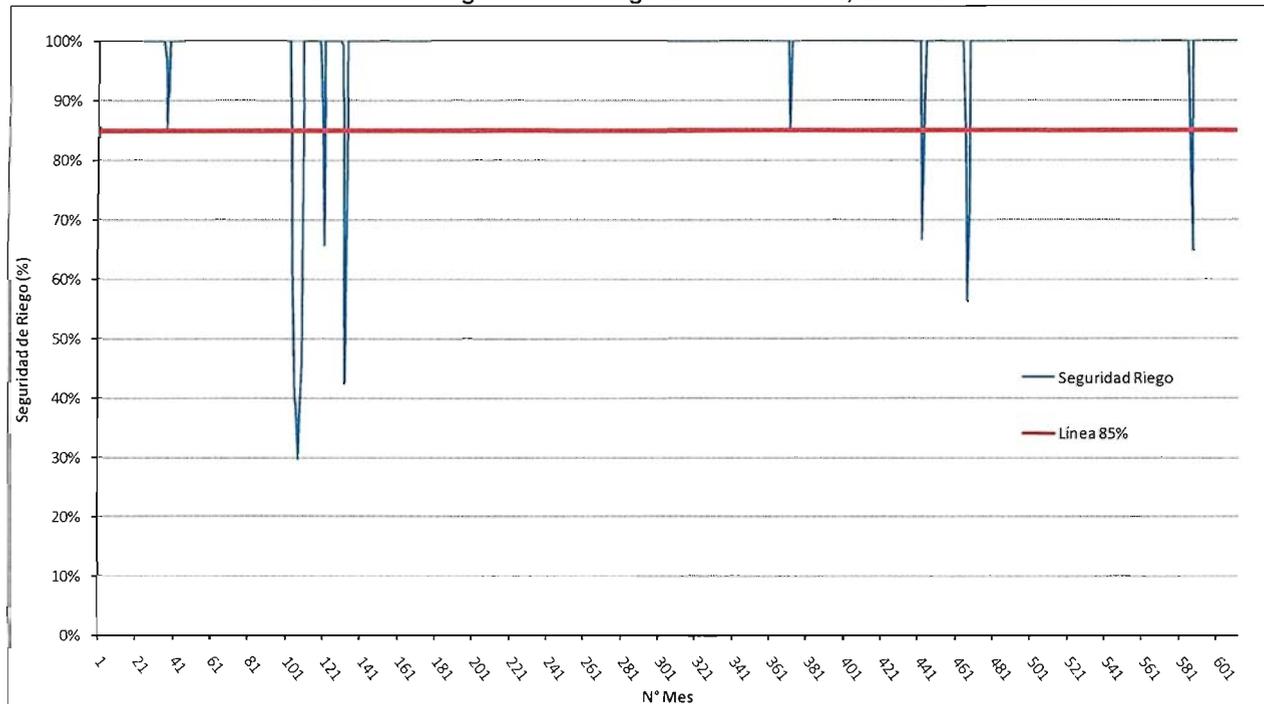
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el gráfico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego:

Tabla 4-36 Resultados Principales Escenario FUT4, Embalse Alternativa 3

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	3.003
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-19 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT4, Embalse Alternativa 3



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.3.5 Escenario Situación Futura 5 (FUT5)

Este escenario considera el proyecto de embalse con la prioridad de los recursos destinada en primer lugar a los derechos que no corresponden a la Junta de Vigilancia del Estero Codegua y Afluentes, como son: la Comunidad Ovalle Hörmann y la Asociación del Canal Cachapoal. Bajo estas circunstancias y en el caso de este escenario no se elige la opción del revestimiento de canales con hormigón en la totalidad de los mismos.

El resultado obtenido es un área de riego con seguridad del 85% de 1.786 ha.

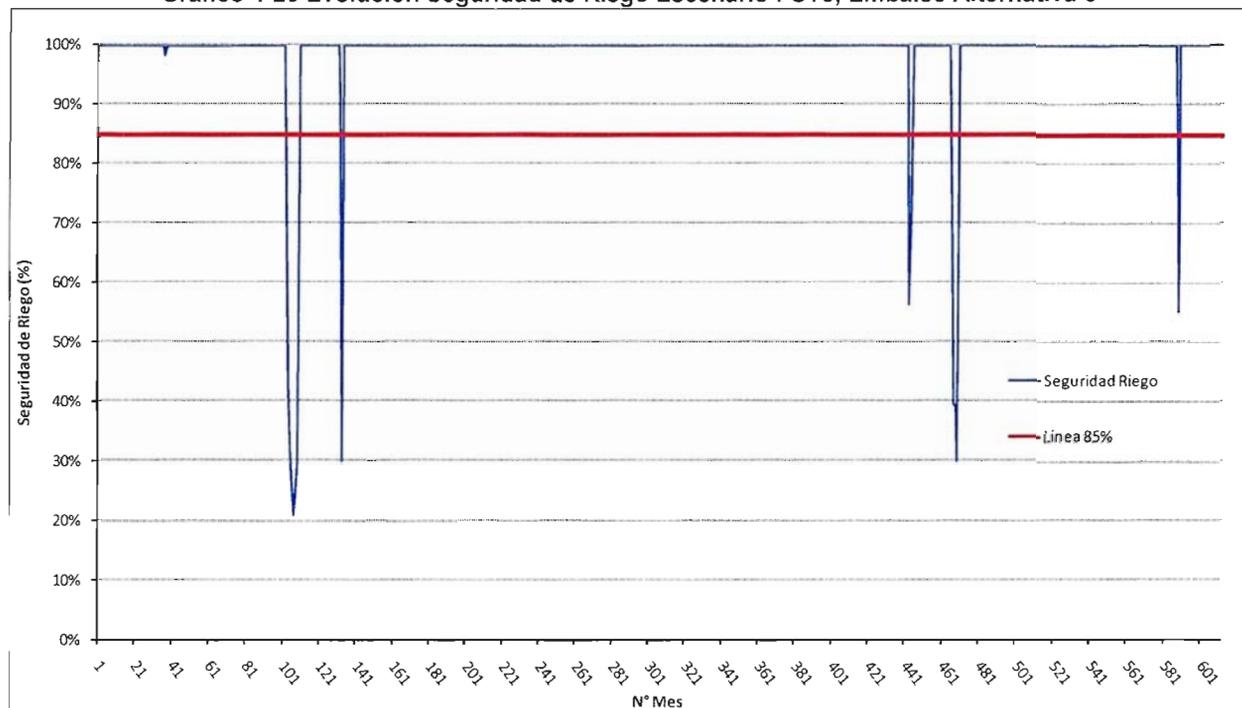
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el grafico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

**Tabla 4-37 Resultados Principales Escenario FUT5**

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	1.786
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 4-20 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT5, Embalse Alternativa 3**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.3.6 Escenario Situación Futura 6 (FUT6)

Este escenario considera las mismas opciones que el Escenario Situación Futura 5, pero añadiendo el mejoramiento en los canales con revestimiento de hormigón en toda la longitud de las conducciones.

Para este escenario, el número de hectáreas beneficiadas por el embalse con una seguridad de riego del 85% es de 1.988 ha.

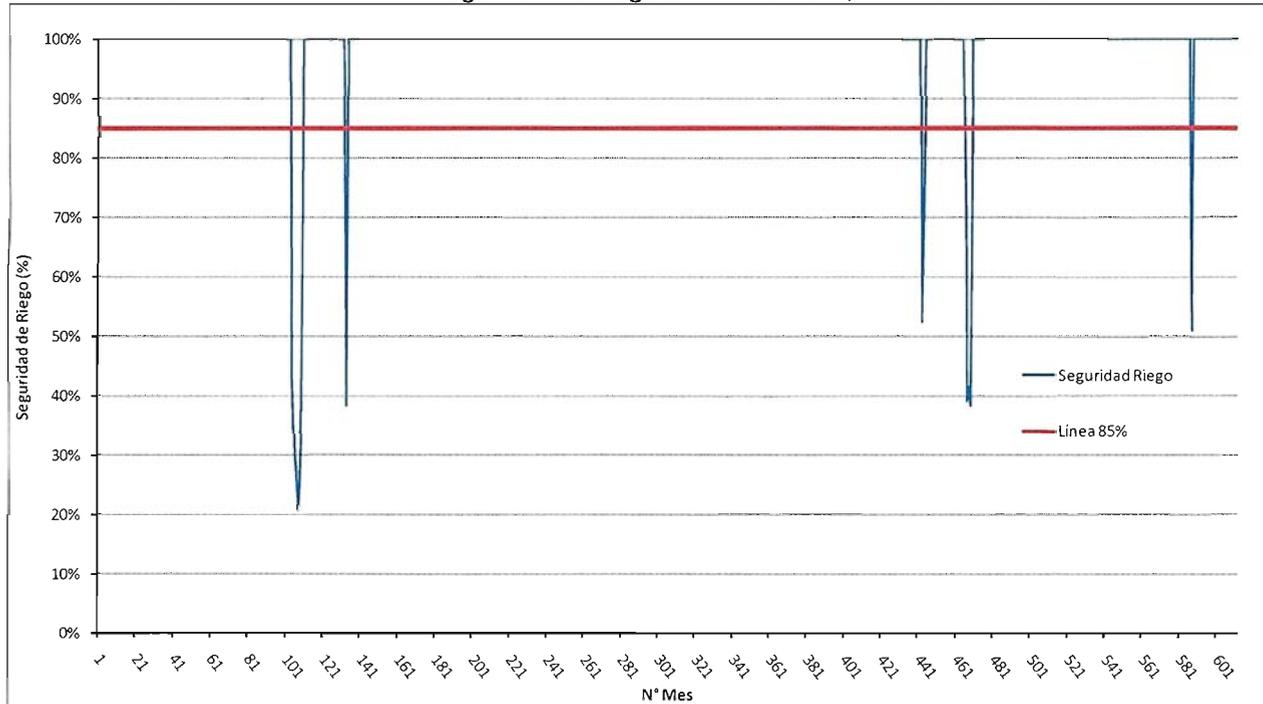
A continuación se muestra una tabla de los resultados principales del escenario simulado y el grafico ilustrativo de la evolución de la seguridad de riego.

Tabla 4-38 Resultados Principales Escenario FUT6, Embalse Alternativa 3

Volumen Total Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	9
Hectáreas Regadas con Embalse (ha)	1.988
Seguridad Riego (%)	86,27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4-21 Evolución Seguridad de Riego Escenario FUT6, Embalse Alternativa 3



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.4 Análisis de Resultados Obtenidos

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos para la situación futura de las modelaciones del embalse, con las principales características de cada uno de ellos:

Tabla 4-39 Resultados Modelación Escenarios Situación Futura Embalse Codegua

Consultoría	Esc.	Ubicación Embalse	Volumen Útil Embalse (Hm <sup>3</sup> )	Prioridad	Estado Canales	Método Seguridad	Ha (85% Seg.)	Delta Ha Alt.1 vs Alt.2-3
PERFIL 2012	FUT0	Alt. 1	9	Prop.	Actual	>90%	2.600	-
SMI 2014	FUT1	Alt. 1	9	Regantes	Actual	CNR	3.212	-
SMI 2014	FUT1	Alt. 2	9	Regantes	Actual	CNR	3.205	7
SMI 2014	FUT1	Alt. 3	9	Regantes	Actual	CNR	3.191	21
SMI 2014	FUT2	Alt. 1	9	Regantes	Futura	CNR	3.608	-
SMI 2014	FUT2	Alt. 2	9	Regantes	Futura	CNR	3.601	7
SMI 2014	FUT2	Alt. 3	9	Regantes	Futura	CNR	3.584	24
SMI 2014	FUT3	Alt. 1	9	Alícuota	Actual	CNR	3.175	-
SMI 2014	FUT3	Alt. 2	9	Alícuota	Actual	CNR	3.169	6
SMI 2014	FUT3	Alt. 3	9	Alícuota	Actual	CNR	2.649	526
SMI 2014	FUT4	Alt. 1	9	Alícuota	Futura	CNR	3.557	-
SMI 2014	FUT4	Alt. 2	9	Alícuota	Futura	CNR	3.549	8
SMI 2014	FUT4	Alt. 3	9	Alícuota	Futura	CNR	3.003	554
SMI 2014	FUT5	Alt. 1	9	Terceros	Actual	CNR	3.157	-
SMI 2014	FUT5	Alt. 2	9	Terceros	Actual	CNR	3.001	156
SMI 2014	FUT5	Alt. 3	9	Terceros	Actual	CNR	1.786	1.371
SMI 2014	FUT6	Alt. 1	9	Terceros	Futura	CNR	3.489	-
SMI 2014	FUT6	Alt. 2	9	Terceros	Futura	CNR	3.381	108
SMI 2014	FUT6	Alt. 3	9	Terceros	Futura	CNR	1.988	1.501

Fuente: Elaboración Propia

Antes de empezar a analizar los resultados obtenidos, es destacable mencionar el motivo de la amplia diferencia en entre el estudio de perfil y la presente consultoría, en cuanto a hectáreas regadas se refiere.

En los antecedentes consultados, la información referida a la modelación del embalse para 9 Hm<sup>3</sup> es escasa para concluir sobre la aceptación del modelo. Si bien, en el citado informe se nombran los parámetros básicos para la simulación, como son: hidrología, derechos (suponemos regantes no especifican derechos de terceros), caudal ecológico mínimo del 10% del caudal medio anual, cultivos futuros considerados en la zona (maíz, nogal, cerezo y uva) y un criterio de seguridad simplificado en cumplimiento del más del 90% de la demanda, sin ampliar el modelo a los restantes parámetros igualmente incidentes en la seguridad de riego, esto es: derechos de terceros, tasas de riego futura, pérdidas en los canales matrices y en el transporte por el cauce del río, tasas de evaporación del embalse y caudales ecológicos aprobados en derechos otorgados en la zona.

En este sentido, la presente consultora llevo a cabo una simulación con similares parámetros a los expuestos en el estudio de perfil (hidrología, derechos regantes, criterio de seguridad, tasas de riego para cultivos específicos), obteniendo un orden de 2600 ha regadas con un embalse de 9 hm<sup>3</sup>, lo que permite afirmar que el marco diferenciador entre el modelo del estudio de perfil y el presente estudio es la hidrología involucrada en ambos estudios.

A tenor de los resultados obtenidos en el modelo de simulación operacional simplificado para el Embalse Codegua, se puede concluir los siguientes puntos básicos:

- ❖ Todas las simulaciones realizadas: FUT1, FUT2, FUT3, FUT4, FUT5 y FUT6 para cada ubicación de embalse, arrojan que la alternativa con menor número de hectáreas beneficiadas es la Alternativa 3, para una capacidad útil de 9 Hm<sup>3</sup>.
- ❖ Los emplazamientos de los embalses que cumplen con la seguridad de riego del 85% y provocan un número de hectáreas mayor que el considerado en el Estudio Agronómico como área potencial futuro, 2501,89 ha, en todos los escenarios modelados: son las localizaciones de las Alternativa 1 y 2 (véase Tabla 4-39). Por el contrario, en los escenarios FUT5 y FUT6, la Alternativa 3 alcanzaría a regar con el 85% de seguridad un área de riego de 1.768 ha y 1.988, respectivamente, cifras inferiores al área bien regada actualmente, 2.317,141 ha (contando praderas naturales y barbecho).
- ❖ La proyección futura más real en criterios de modelación como son la FUT4 o FUT5 resulta ser más favorable para la ubicación de la Alternativa 1, llegando a beneficiarse un total de 3.557 ha, ligeramente inferior a la Alternativa 2, 3.549 ha, lo que indica la escasa incidencia de la cuenca aportante de la Quebrada El Bolsón frente a la cuenca completa de la Alternativa 2. El escalón inferior viene marcado por los resultados de la Alternativa 3, llegando a ofrecer un orden de 3.003 ha para el escenario FUT5, con reparto del recurso según dictamina el Código de Aguas.
- ❖ La situación con mayor número de hectáreas beneficiadas en todos los escenarios es la contemplada en la Alternativa 1, superando a las demás ubicaciones con un diferencial máximo de 156 ha entre la Alternativa 1 y 2 para el escenario FUT4, y de 1501 ha entre la Alternativa 1 y 3 para el escenario FUT5 (véase Tabla 4-39).

Cabe destacar que sin la introducción de la mejora en los canales matrices se cubre la totalidad del área de riego potencial prevista en el Estudio Agronómico, el cual, preveía una superficie de 2501,89 ha frente a las 3.175 ha para la Alternativa 1. Esto generará una situación óptima que permitirá regar el 100% de las hectáreas cultivables de la zona de proyecto.

Ahora bien, la ocurrencia de este hecho no cuestiona la viabilidad de las obras de mejoramiento de los canales, en tanto que los datos obtenidos de áreas de riego se encuentran condicionados por supuestos no aprobados en resolución oficial por parte de las autoridades competentes, como son: la equivalencia volumétrica de las acciones y los caudales ecológicos de los derechos permanentes de la JVECA. No obstante, el análisis de las inversiones en las obras de mejoramiento de la red de canales aportará la conclusión final de la factibilidad de las obras de mejoramiento en los canales.

En forma complementaria, se tiene el siguiente cuadro resumen del estado actual de la red de riego con los canales matrices y el tipo de revestimiento que poseen, además de una

aproximación del número de hectáreas que beneficiaría a cada uno, esta cantidad de hectáreas ha sido determinada en base al número de acciones que posee cada canal.

Tabla 4-40 Situación Actual Recubrimientos Red de Riego

Canal	Revestimiento (m)			Longitud Total (m)
	Tierra	Mampostería	Hormigón	
Revestido Comunero	1.774		197	1.971
La Punta de Codegua	5.118			5.118
Candelaria	4.530			4.530
El Peumal	591			591
La Leonera	2.460			2.460
Carlino	571			571

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-41 Situación Futura Recubrimientos Red de Riego

Canal	Revestimiento (m)			Longitud Total (m)
	Tierra	Mampostería	Hormigón	
Revestido Comunero			1.971	1.971
La Punta de Codegua			5.118	5.118
Candelaria			4.530	4.530
El Peumal			591	591
La Leonera			2.460	2.460
Carlino			571	571

Fuente: Elaboración Propia

En las tabla adjunta se indican las cantidades de hectáreas beneficiadas en la situación futura (escenario FUT4, el que se espera representa de la mejor forma la situación con embalse) y el caso de ubicación del embalse en la Alternativa 1.

Tabla 4-42 Número de Hectáreas Beneficiadas por Canal Matriz, Situación Futura

Canal	Partes	Ha
Revestido Comunero	5,0	889
La Punta de Codegua	2,0	356
Candelaria	3,0	534
El Peumal	0,4	65
La Leonera	3,8	670
Carlino	5,9	1.043
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>3.557</b>

Fuente: Elaboración Propia

## 5 DISEÑO SIMPLIFICADO E INVERSIONES TOTALES DE CADA EMBALSE Y RED DE CANALES MATRICES Y DERIVADOS PRINCIPALES

### 5.1 Diseño Simplificado de Obras del Embalse

Se elaboraron diseños simplificados de cada una de las obras de embalse para los 3 sitios estudiados considerando características geomorfológicas de los sitios, basándose en los estudios de topografía, hidrología y geología realizados.

Cabe destacar que los diseños presentados se utilizarán para comparar técnica y económicamente las alternativas de embalse y las obras definitivas serán detalladas elegida la mejora alternativa de emplazamiento para el embalse.

#### 5.1.1 Coronamiento de la Presa

La cota de coronamiento de cada una de las alternativas de embalse fue definida a través de un análisis del sistema de evacuación de crecidas, mediante la siguiente relación:

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

##### 5.1.1.1 Cálculo de Revanchas

En el cálculo de la revancha se realiza para el nivel normal de operación del embalse considerando tres aspectos:

- Sobre elevación del espejo del agua debido al viento
- Efecto del oleaje
- Asentamiento post construcción del muro

###### 5.1.1.1.1 Sobre Elevación del Espejo de Agua Debido al Viento

Se determinó a través de la fórmula de Saville, que se expresa a continuación:

$$S = \frac{V^2 \cdot F \cdot \cos \alpha}{K \cdot D}$$

Donde: S: Peralte nivel medio, (m)

V: velocidad del viento sobre el agua, (km/h)

F: Fetch, (km)

D: Profundidad media del embalse inmediatamente aguas arriba de la presa, (m)

$\alpha$ : Ángulo del viento con respecto al Fetch

K: constante = 62000

El Fetch efectivo corresponde a la distancia que recorre el viento en el interior de la cubeta. Su magnitud corresponde al trazado de una línea a partir del punto medio de la presa hasta el punto de la ribera opuesta que da la mayor longitud en el espejo del agua

Debido a que no se cuenta con información específica sobre la velocidad media del viento en la zona del embalse, se utilizará el valor  $V= 50\text{mph}$  ( $80\text{km/h}$ ) sugerido por la publicación "SoilConservationService" del US Department of Agriculture, el cual se aplica a la mayor longitud desde la presa hasta la ribera opuesta más lejana.

Para el cálculo y diseño tipificado se consideran los valores de la situación más desfavorable de las alternativas de emplazamiento:

- $F= 1.45 \text{ Km}$
- $V= 80 \text{ Km/hr}$  ( $50 \text{ mph}$ )
- $D = 28\text{m}$  aproximadamente
- La dirección del viento, en la situación más desfavorable, es perpendicular al eje de la presa, entonces  $\alpha = 0^\circ$

Con ello se obtuvo el siguiente resultado:  $S \sim 0.005 \text{ m}$

#### 5.1.1.1.2 Cálculo de Altura de la Ola

Se calculó el efecto por oleaje mediante la fórmula de Jonswap (Joint North Sea WaveProject), considerando el caso de la situación de aguas profundas:

$$H = 0,0016 \cdot V \cdot \sqrt{\frac{F}{g}}$$

Donde:  $H$ : altura significativa de la ola, (m)

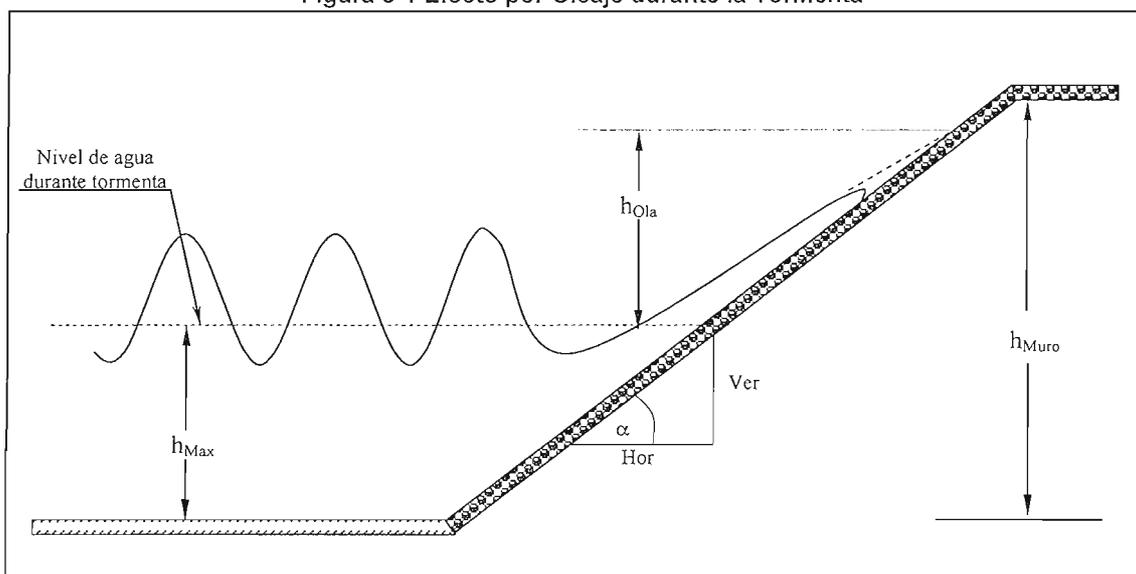
$V$ : velocidad del viento a 10 m de la superficie, (m/s). Se estimó en  $22.5 \text{ m/s}$

$F$ : Fetch, (m)

Con lo cual se obtuvo como resultado una altura  $H = 0.43 \text{ m}$ .

Como se observa en la Figura 5-1, el 75% de la altura  $H$  se encuentra sobre el nivel medio del agua, por lo cual la ola alcanzará una altura de  $h_{75} = 0.32\text{m}$

Figura 5-1 Efecto por Oleaje durante la Tormenta



Fuente: Elaboración Propia

Lo anterior es efectivo si se cumple la siguiente relación:

$$\frac{H_e}{L} > 0.5$$

Donde:  $H_e$ : Profundidad media (m), equivalente al parámetro D

L: Longitud de la onda (m)

La longitud de onda y el periodo se calcularon mediante las siguientes expresiones:

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$$

$$T = \frac{0.3 \cdot V^{0.4} \cdot F^{0.3}}{g^{0.7}}$$

Donde: L: Longitud de la onda, (m)

T: Periodo de la onda, (s)

Reemplazando se obtuvo:

$$L = 5.41\text{m}$$

$$T = 1.86\text{m}$$

Verificando la relación se obtuvo:

$$\frac{H_e}{L} > 0.5 \rightarrow 5.09 > 0.5 \rightarrow \text{Cumple}$$

Por lo cual se acepta que la altura de la ola es de  $h_{ola} = 0.43\text{m}$ .

#### 5.1.1.1.3 Run – up de la Ola

Para el cálculo del Run-Up se considera que la onda romperá sobre una superficie impermeable y lisa si se cumple la siguiente relación:

$$tg(\theta) \leq \left(\frac{g}{T}\right) \cdot \left(\frac{H}{2g}\right)^{0.5}$$

Donde:  $\theta$ : Ángulo del talud de aguas arriba del muro de presa

T: Período de la onda, (s)

H: Altura de la ola, (m)

Reemplazando T = 1.86s; H = 0.43m y  $\theta = 33,6^\circ$  de obtuvo:

$$tg(\theta) \leq \left(\frac{g}{T}\right) \cdot \left(\frac{H}{2g}\right)^{0.5} \rightarrow 0.67 \leq 0.64 \rightarrow \text{No Cumple}$$

La condición no se cumple, por lo que la ola se reflejará sin romper. El efecto run-up será menor y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$r = H \cdot \sqrt{\frac{90}{\theta}}$$

Con lo cual se obtiene el siguiente valor:

$$r_1 = 0.71\text{m}$$

Se calculó un nuevo valor para “r” para un ángulo  $\theta = 90^\circ$ , lo cual considera que parte de la ola de reflejará sobre el muro del parapeto vertical, con lo cual se obtuvo:

$$r_1 = 0.43\text{m}$$

Según el tipo de obra, se utiliza como criterio un valor promedio del run-up, en este caso por tratarse del diseño de una obra de embalse se utilizará como criterio conservador el valor más alto obtenido:

$$r = 0.71\text{m}$$

#### 5.1.1.1.4 Asentamiento Post Construcción del Muro

En el cálculo del asentamiento post construcción se utilizó el criterio de J. Sherard y B. Cooke descrito en la publicación "The Concrete Face Rockfill Dam", con lo cual se tiene que el asentamiento en los primeros 5 años no sería mayor a los 13.3mm, posteriormente el asentamiento seguirá a razón de 4.6mm por año hasta los 10 años, valor que se reduce a 2.0mm por años hasta los 30 años, continuando después de los 30 años de construcción un asentamiento de 0.8mm por año.

Considerando una vida útil de 50 años, el asentamiento post construcción se calculó de la siguiente forma:

$$R_2 = 133 + 4.6 \cdot 5 + 2.0 \cdot 20 + 0.8 \cdot 20 = 0.21m$$

Se adoptó un valor para el asentamiento post construcción de  $R_3 = 0.25m$ .

#### 5.1.1.1.5 Revancha Total

La revancha total considera efectos del viento y asentamientos post construcción; sin embargo no se realizó un análisis de revancha por asentamiento post sismo. Lo anterior debido a que el proyecto no considera como alcance un análisis dinámico de la presa y no se cuenta con antecedentes de estudios sísmicos en la zona de estudio, necesarios para el cálculo de la revancha post sismo.

Como criterio nivel de Prefactibilidad se consideró una revancha post sismo de  $R_3=0.8m$ , la cual deberá ser verificada en etapas posteriores de ingeniería.

Finalmente la revancha total adoptada se define a continuación:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 0.71 + 0.25 + 0.8 = 1.76m$$

#### 5.1.1.2 Definición de Cota de Coronamiento

La cota de coronamiento se calculó mediante la suma de los valores de la cota de las aguas de la crecida de diseño y las revanchas respectivas. A continuación se presentan los resultados obtenidos para las 3 alternativas:

Tabla 5-1 Cotas de Coronamiento Alternativas de Embalse

Alternativa N°	Capacidad Embalse (Hm <sup>3</sup> )	Nivel Operación Normal (msnm)	Carga del Vertedero (m)	R <sub>1</sub> (m)	R <sub>2</sub> (m)	R <sub>3</sub> (m)	Cota Coronamiento adoptada (msnm)
1	9	826.8	3.58	0.71	0.25	0.8	832.1
2	9	837.2	3.58	0.71	0.25	0.8	842.6
3	9	874.4	3.58	0.71	0.25	0.8	879.7

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 5-2 muestra la altura de muro para cada una de las alternativas:

Tabla 5-2 Altura de Muro Alternativas de Embalse

Alternativa N°	Capacidad Embalse (Hm <sup>3</sup> )	Nivel Operación Normal (msnm)	Nivel Base Presa (msnm)	Cota Coronamiento adoptada (msnm)	Altura Muro (m)
1	9	826.8	780.0	832.1	52.1
2	9	837.2	795	842.6	47.6
3	9	874.4	825	879.7	54.7

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 Obras Anexas y Complementarias

### 5.2.1 Evacuador de Crecidas

El vertedero esta dimensionado para la crecida milenaria, con un caudal de diseño de 286m<sup>3</sup>/s. Para todas las alternativas se definió un vertedero lateral que entrega hacia el Estero Codegua, a través de un rápido de descarga. La longitud del canal colector del vertedero es de 20m.

La carga de diseño del vertedero se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 0,5529 \cdot C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Donde:

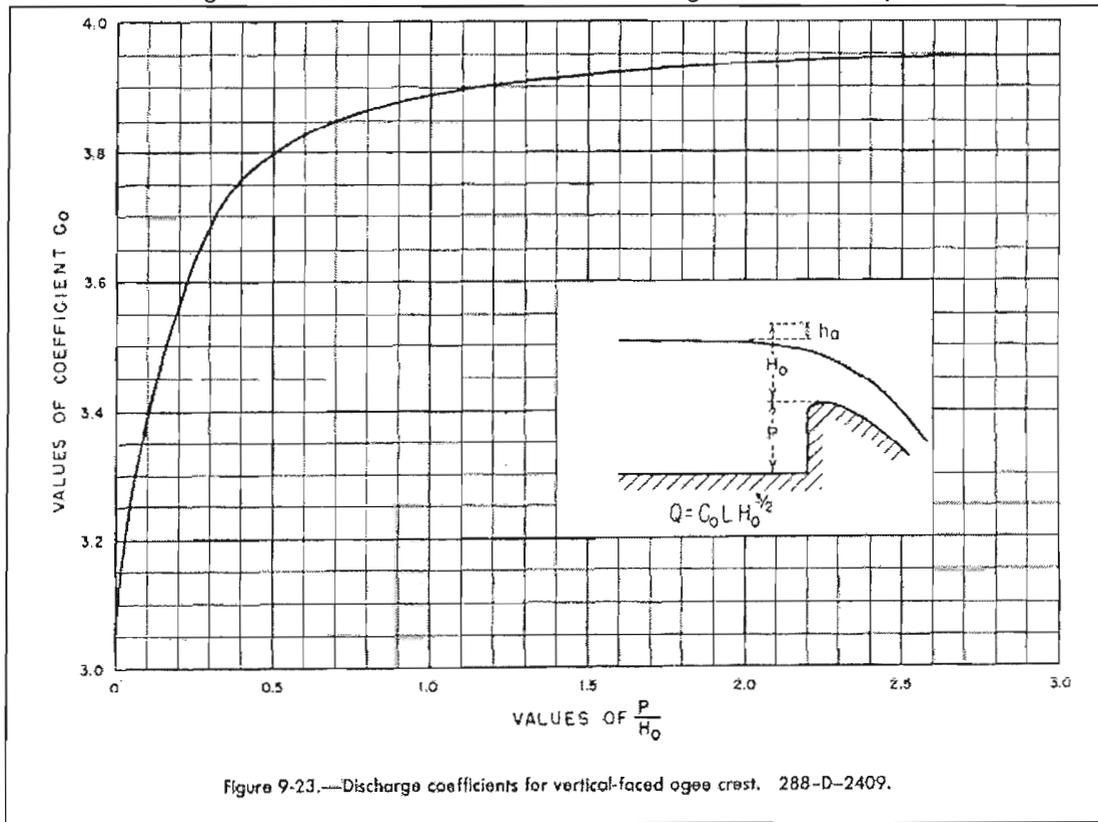
C: coeficiente de descarga variable

L: largo del vertedero

H: carga

El coeficiente de descarga se determinó en función de la relación p/Ho de la Figura 9-23 del texto "Small Dams Design" U.S. Bureau of Reclamation (1996):

Figura 5-2 Valores de Coeficiente de Descarga en función de p/Ho



Fuente: Elaboración Propia

En base a lo anterior, se consideró un vertedero de 20m de largo para lo cual se calculó diferentes alturas de carga. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5-3 Caudal de Descarga para Diferentes Alturas de Carga

Ho (m)	P/Ho	Co	Q (m <sup>3</sup> /s)
2	1.00	3.89	121.67
2.5	0.80	3.86	168.72
3	0.67	3.84	220.64
3.5	0.57	3.82	276.59
4	0.50	3.8	336.16
4.5	0.44	3.75	395.85

Fuente: Elaboración Propia

Verificando para la crecida T=1000, se tiene que para un caudal Q = 286m<sup>3</sup>/s la carga máxima será de 3.58m. En la siguiente tabla se muestran los niveles resultantes para cada una de las alternativas:

Tabla 5-4 Cotas de Operación y Crecida Milenaria para Alternativas de Embalse

Alternativa	Nivel Operación Normal (msnm)	Carga del Vertedero (m)	Cota para T=1000	Cota Coronamiento adoptada (msnm)	Revancha Vertedero (m)
1	826.8	3.58	830.38	832.1	1.72
2	837.2	3.58	840.78	842.6	1.82
3	874.4	3.58	877.98	879.7	1.72

Fuente: Elaboración Propia

En base a la Tabla anterior se concluye que el vertedero tiene capacidad suficiente para evacuar la crecida milenaria en las 3 alternativas de embalse con una revancha entre valores de 1.72m a 1.82m.

### 5.2.2 Túnel de Evacuación

Se diseñó el túnel de evacuación para desviar la crecida de periodo de retorno de 20 años, la cual corresponde a un caudal de 145m<sup>3</sup>/s. Se considera una sección de 5m de diámetro.

Como criterio de diseño de la sección del túnel, se determinó una sección mínima que utiliza sólo el 75% de su área, lo cual permite que el caudal sea transportado a través del túnel sin entrar en presión. Para lo cual se utilizó la ecuación de Manning:

$$Q = A \cdot R_h^{2/3} \cdot \frac{\sqrt{J}}{n}$$

Donde:

A: área de la sección hidráulica, m<sup>2</sup>

Rh: radio hidráulico de la sección,

J: pendiente del tramo

n: coeficiente de rugosidad, considerado

Se utilizó una pendiente de 2% y una rugosidad n=0,015, equivalente a todo el perímetro mojado en hormigón. Para una crecida de T=20 con un caudal de 145m<sup>3</sup>/s y una sección de medio punto con diámetro de 5m, se obtuvo una velocidad de 10,63m/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.

### 5.2.3 Resumen de Características de Obras Proyectadas

A continuación se presenta una tabla resumen de las características técnicas de las alternativas de presa, considerando un embalse de capacidad total  $9\text{Hm}^3$ .

Tabla 5-5 Características Principales de Alternativas para Efectos Comparativos

OBRA		ALTERNATIVA N°		
		1	2	3
Presa Tipo CFGD Talud Aguas Arriba 1.5:1 (H:V) Talud Aguas Abajo 1.6:1 (H:V)	Altura Nominal del Muro (m)	46.00	46.60	51.70
	Cota de Coronamiento (msnm)	832.1	842.6	879.7
	Longitud de Coronamiento (m)	348	358	400
	Volumen de Relleno ( $\text{m}^3$ )	1,040,645	1,078,819	1,417,871
Evacuador de Crecidas		Tipo Frontal Longitud =20m		
Túnel de Desvío		Sección de Medio Punto $D_{\text{sección}} = 5\text{m}$		

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.4 Obra de Entrega a Riego

La obra de entrega a riego para las tres alternativas de emplazamiento comprende un conjunto de obras que además de controlar el caudal demandado por los regantes, permitirá la descarga y vaciamiento del embalse durante un periodo no muy prolongado. Para ello, se contempla utilizar parte de las obras construidas para la etapa de desviación.

#### 5.2.4.1 Dimensionamiento Hidráulico

##### 5.2.4.1.1 Definición del Caudal de Entrega

El dimensionamiento hidráulico se realizó considerando que el embalse deberá entregar los caudales para suplir las demandas de riego y el caudal ecológico considerado en el Modelo Operacional Simplificado del Embalse, para este caso se ha tomado el escenario FUT 4 de la Alternativa N°1, el cual corresponde al escenario con prioridad proporcional en el que más hectáreas se riegan (3557Ha).

En la siguiente tabla se muestran los valores de los caudales de entrega a riego, caudales ecológicos y el caudal total de diseño de la obra de entrega:

Tabla 5-6 Caudales de Entrega a Riego

Mes	Caudal Entregado Riego (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Ecológico (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Total (m <sup>3</sup> /s)
ABR	0.72	0.34	1.06
MAY	0.00	0.34	0.34
JUN	0.00	0.34	0.34
JUL	0.00	0.34	0.34
AGO	0.00	0.34	0.34
SEP	0.03	0.34	0.37
OCT	0.04	0.34	0.38
NOV	0.11	0.34	0.45
DIC	1.01	0.34	1.35
ENE	2.04	0.34	2.38
FEB	3.08	0.34	3.42
MAR	1.82	0.34	2.16

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla anterior, el mayor caudal de entrega corresponde al mes de febrero con un valor de 3.42m<sup>3</sup>/s, por lo cual las obras se diseñaran para un caudal de 3.5m<sup>3</sup>/s.

#### 5.2.4.1.2 Definición de Cota de Descarga

La cota que se le dará al sistema de entrega para riego compatibiliza dos aspectos, por un lado se debe asegurar que el sistema esté en condiciones de asegurar el caudal de la descarga bajo las condiciones de operación mínima, esto es con el nivel más bajo del embalse, y por otro, que esa cota permita asegurar una capacidad de almacenamiento equivalente a la sedimentación que se producirá por el lapso de tiempo que se haya predeterminado.

El volumen de sedimentos que se espera pueda almacenar el embalse corresponde a 0.2Hm<sup>3</sup>, por este motivo se ha considerado la ubicación de la torre de toma por sobre este nivel, esto coincide con la cota 790.7msnm de la Alternativa N°1, la cual será fijada como cota mínima del umbral de captación.

Sin embargo, desde el punto de vista del sistema de entrega de riego, se supondrá que el sistema funciona con un nivel mínimo de 3m sobre el umbral de la torre de toma, es decir, con una cota mínima de 793.7msnm para trabajar.

El nivel de aguas máximo que se ha estimado para el embalse corresponde al volumen de 9Hm<sup>3</sup>, el cual se logra para una cota aproximada de diseño de 826.76msnm, por lo que este será considerado como el nivel máximo de aguas.

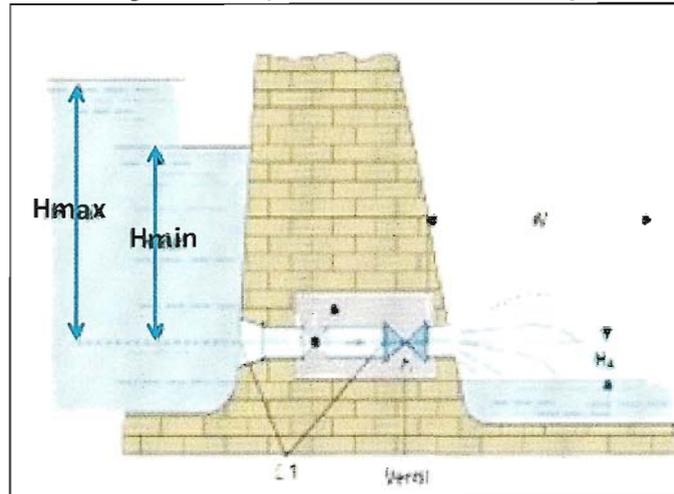
#### 5.2.4.1.3 Definición Diámetros Obra de Entrega a Riego

Para el cálculo del diámetro de la obra de entrega se ha de utilizar el teorema de conservación de la energía (Bernoulli) entre el nivel de aguas del embalse y la cota de entrega a riego, considerando unas pérdidas de carga estimadas a lo largo del sistema.

En su equivalencia tendremos la formulación presentada por Torricelli, a la cual le agregamos las pérdidas de carga a la carga total.

El siguiente esquema muestra la disposición de la obra de entrega para el cálculo estimado:

Figura 5-3 Disposición de Obra de Entrega



Fuente: Elaboración Propia

De esta forma se tiene que el diámetro necesario para descargar el caudal deseado desde el embalse, en función de la carga de este, está dado por la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * \sqrt{2 * g * (H - \Delta_c)}}$$

Donde:

D= Diámetro de la válvula de Descarga en m.

Q= Caudal a descargar en m<sup>3</sup>/s.

H= Carga en el nivel del embalse en m (Dado por la diferencia de cotas entre el nivel del embalse y el eje de la descarga).

$\Delta_c$  = Pérdidas de Carga a lo largo del sistema en m.

Se han estimado pérdidas de carga de un valor de 5m, valor tradicional que proporciona seguridad para este tipo de obras, este valor disminuirá en función del caudal de velocidades del agua en tuberías.

Se estableció el diámetro de la tubería en función de los niveles del embalse para un caudal de 3.5m<sup>3</sup>/s, donde el valor de cota corresponde a los niveles de embalse, considerando que la cota del eje de la tubería de entrega a riego se encuentra en un nivel de 786msnm. La siguiente tabla entrega los resultados obtenidos:

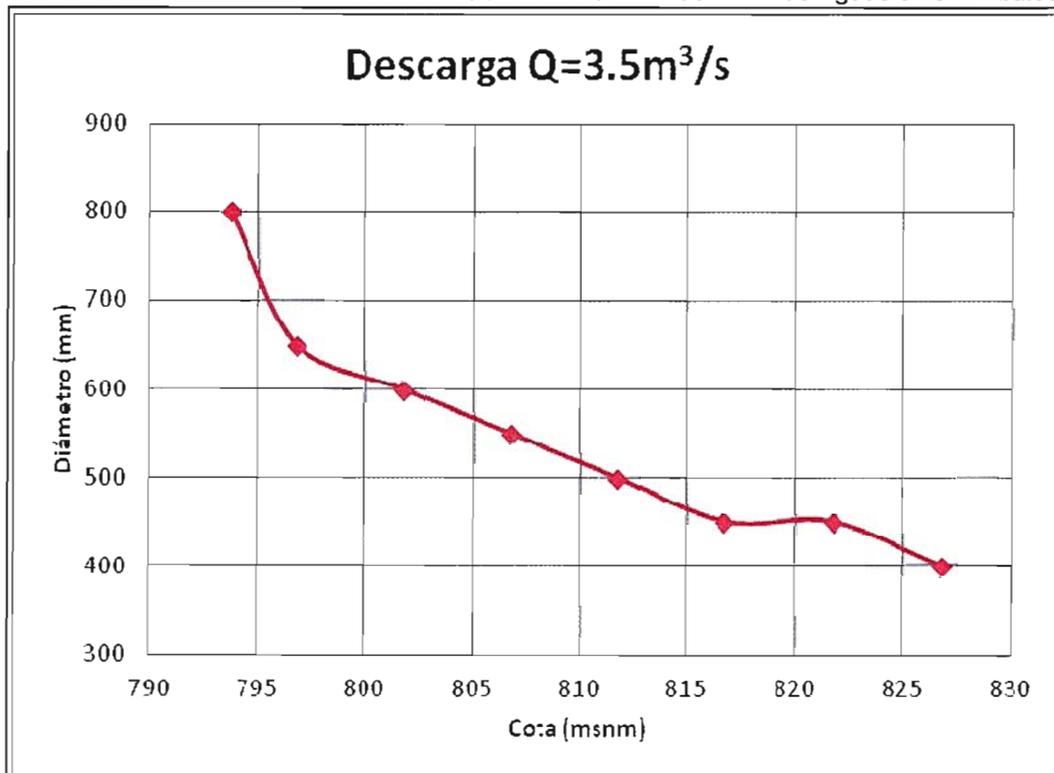
Tabla 5-7 Diámetro de Válvula vs Cota del Eje de la Tubería

Cota (msnm)	D (mm)
793.7	800
796.7	650
801.7	600
806.7	550
811.7	500
816.7	450
821.7	450
826.7	400

Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente gráfico se entrega la variación de los diámetros necesarios de tubería en función del nivel de aguas del embalse:

Gráfico 5-1 Variación de Diámetros de Tubería en Función del Nivel de Aguas en el Embalse



Fuente: Elaboración Propia

Los diámetros de la tubería varían en función de la cota del nivel del embalse, por lo que se aprecia la necesidad de instalación de una válvula que permita la regulación del diámetro de entrega y por lo tanto del caudal.

Se hace necesario la instalación de una válvula tipo HowellBunger, que permita entregar el caudal solicitado de 3.5m<sup>3</sup>/s, aun en la condición de nivel mínimo de aguas en el embalse, por lo que el diámetro de la válvula deberá ser de 800mm.

Para definir el diámetro de la tubería de conexión a la válvula de descarga se utiliza la siguiente relación:

$$\frac{D_{Tubería}}{D_{HB}} = \frac{1}{0,6}$$

En base a la relación anterior, se obtiene que el diámetro necesario para la tubería de la obra de entrega es de 1300mm.

### 5.3 Diseño Simplificado de Red de Canales

A continuación se desarrollará el diseño simplificado de los requerimientos de mejoramiento necesarios para la red de canales matrices del Estero Codegua y Afluentes, con el objetivo de lograr los beneficios obtenidos de la modelación operacional del proyecto futuro con embalse.

En la modelación realizada se han contemplado dos tipos de usos de la red matriz de canales de riego, un manejo con la red en el estado actual y otro manejo con los canales matrices revestidos con hormigón o mampostería

La ubicación de lo red canales matrices en la zona en estudio puede apreciarse en la siguiente imagen:

Figura 5-4 Red de Canales Matrices Estero Codegua y Afluentes



Fuente: Elaboración Propia

En la situación actual de funcionamiento de la red de riego y según lo comentado por los celadores y la Junta de Vigilancia del Estero Codegua y Afluentes (JVECA), se tiene que los canales matrices tienen una capacidad máxima de porteo equivalente a sus acciones por 1,1 l/s por cada 1.000 acciones.

Las principales limitaciones que posee en la actualidad la red de riego tienen relación con las singularidades existentes, las cuales corresponden en su mayoría a estrechamientos de la sección, exceso de filtraciones, desmoronamiento de sus costados, cruces entubados del canal, entre otros; los cuales producen el peraltamiento del nivel de aguas hacia aguas arriba producto de la reducción de capacidad de porteo de los mismos.

### 5.3.1 Estado Actual de la Red de Riego

Como se mencionó con anterioridad la red de riego se encuentra con diversos problemas en distintos puntos de su trazado, especialmente por obras de arte mal diseñadas, problemas de filtración, desmoronamiento de canales y estrechamiento de secciones.

En base a la campaña de aforos de la etapa anterior, se obtuvieron para cada canal matriz los valores de los caudales medios, y se comparó con el caudal obtenido mediante la multiplicación de la cantidad de acciones por el caudal histórico equivalente para cada uno de los canales.

Tabla 5-8 Caudales Promedio en Canales Matrices y Derivados Principales en la Situación Actual y Capacidad Máxima de la Red de Riego

Ribera	Canal	Qprom (m <sup>3</sup> /s)	Acciones	Qmáx* (m <sup>3</sup> /s)
Sur	El Peumal	0,080	41.800	0,050
	Tronco Ribera Sur	1,800	1.148.936	1,250
	La Leonera	0,560	433.100	0,550
	Carlino	0,560	674.036	0,650
Norte	Tronco Ribera Norte	2,140	1.500	1,250
	La Punta de Codegua	0,220	300	0,250
	Candelaria	0,480	450	0,375
	Revestido Comunero	1,030	750	0,625

(\*) Caudal calculado tomando como base que la distribución a los canales se realiza con un caudal histórico de 2,5 m<sup>3</sup>/s en temporada de riego.

Fuente: Elaboración Propia

Como puede apreciarse, los caudales aforados promedios se ajustan a la capacidad máxima de porteo obtenido por la equivalencia de las acciones en cada canal, lo cual, indica una capacidad global de la red de riego suficiente para el número de hectáreas regadas actualmente (2.317,141 ha), manteniendo el tipo de recubrimiento que tienen hoy en día.

### 5.3.2 Situación Futura de la Red de Riego

Para la situación futura de la red de riego se han contemplado dos escenarios: el primero sin revestimiento, manteniendo las condiciones actuales de la red de riego (esto debido a las capacidades de los canales determinadas en el punto anterior) y un segundo escenario en

el cual a la red de riego se le realiza un revestimiento en hormigón a aquellos tramos de canal que están en tierra.

De este análisis se establecen las siguientes características de la red de riego, desde el punto de vista de los recubrimientos que poseen.

Tabla 5-9 Escenario 1: Situación Actual Recubrimientos Red de Riego

Canal	Revestimiento (m)			Longitud Total (m)
	Tierra	Mampostería	Hormigón	
Tronco Ribera Norte	414	0	0	414
Revestido Comunero	510	0	3.552	4.062
La Punta de Codegua	8.780	0	0	8.780
Candelaria	1.721	0	0	1.721
Tronco Ribera Sur	194	0	0	194
El Peumal	1.190	0	0	1.190
La Leonera	1.963	0	0	1.963
Carlino	2.751	0	0	2.751

Nota: Longitudes extraídas del plano Planta Restitución Embalse Codegua  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-10 Escenario 2: Situación Futura Recubrimientos Red de Riego

Canal	Revestimiento (m)			Longitud Total (m)
	Tierra	Mampostería	Hormigón	
Tronco Ribera Norte	0	0	414	414
Revestido Comunero	0	0	4.062	4.062
La Punta de Codegua	0	0	8.780	8.780
Candelaria	0	0	1.721	1.721
Tronco Ribera Sur	0	0	194	194
El Peumal	0	0	1.190	1.190
La Leonera	0	0	1.963	1.963
Carlino	0	0	2.751	2.751

Nota: Longitudes extraídas del plano Planta Restitución Embalse Codegua  
Fuente: Elaboración Propia

Desde el punto de vista del análisis hidráulico de las dos situaciones aquí planteadas, la gran diferencia entre uno y otro escenario tiene relación con las pérdidas por infiltración que se evitarán con el segundo escenario. Con respecto a las secciones de los canales se considera una sección uniforme, en base a las capacidades necesarias de cada canal.

Con respecto al análisis de las demandas en la situación futura, del estudio agroeconómico realizado, se establece que la mayor demanda corresponde al mes de enero, con un valor de 2.518 (m<sup>3</sup>/ha). Según lo modelado el número de hectáreas posibles de regar con una seguridad de riego del 85% es de 3.557 ha, considerando el escenario 2, esto es, la ubicación del embalse en la Alternativa 1, la prioridad de los recursos en reparto proporcional, y el revestimiento de los canales con hormigón.

Tabla 5-11 Distribución de Caudales por Canal Matriz, Situación Futura Escenario 2: Red de Riego Revestida

Canal	Acciones/Partes	ha	DmdaMáx (m <sup>3</sup> /ha)	DmdaMáx (m <sup>3</sup> )	Qmáx (l/s)	Qmáx (m <sup>3</sup> /s)
<b>Tronco Ribera Norte</b>	<b>10</b>	<b>1.779</b>	<b>2.518</b>	<b>4.478.263</b>	<b>1.672</b>	<b>1,672</b>
Revestido Comunero	5,0	889	2.518	2.239.132	836	0,836
La Punta de Codegua	2,0	356	2.518	895.653	334	0,334
Candelaria	3,0	534	2.518	1.343.479	502	0,502
<b>El Peumal</b>	<b>0,4</b>	<b>65</b>	<b>2.518</b>	<b>162.926</b>	<b>61</b>	<b>0,061</b>
<b>Tronco Ribera Sur</b>	<b>10</b>	<b>1.714</b>	<b>2.518</b>	<b>4.315.337</b>	<b>1.611</b>	<b>1,611</b>
La Leonera	3,8	670	2.518	1.688.115	630	0,630
Carlino	5,9	1.043	2.518	2.627.222	981	0,981
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>3.557</b>	<b>20.144</b>	<b>8.956.526</b>	<b>3.344</b>	<b>3,344</b>

**Nota:** Los canales matrices Tronco Ribera Norte y Tronco Ribera Sur son canales origen de los canales recogidos en la tabla, a excepción del canal el Peumal, y por lo tanto el número de acciones y hectáreas corresponde a la suma parcial de los canales derivados

Fuente: Elaboración Propia

Realizando el mismo ejercicio anterior pero ahora para el escenario 1 antes mencionado, el cual, corresponde a mantener los canales de riego con sus características actuales. Para este escenario, las demandas de riego se mantienen igual, la diferencia esta con respecto al tipo de revestimiento, lo que influye en que sea menor el número de hectáreas beneficiadas con un 85% de seguridad de riego, alcanzándose a 3.175ha.

Tabla 5-12 Distribución de Caudales por Canal Matriz, Situación Futura Escenario 1: Estado Red de Riego Actual

Canal	Acciones/Partes	ha	DmdaMáx (m <sup>3</sup> /ha)	DmdaMáx (m <sup>3</sup> )	Qmáx (l/s)	Qmáx (m <sup>3</sup> /s)
<b>Tronco Ribera Norte</b>	<b>10</b>	<b>1.588</b>	<b>2.518</b>	<b>3.997.325</b>	<b>1.492</b>	<b>1,492</b>
Revestido Comunero	5,0	794	2.518	1.998.663	746	0,746
La Punta de Codegua	2,0	318	2.518	799.465	298	0,298
Candelaria	3,0	476	2.518	1.199.198	448	0,448
<b>El Peumal</b>	<b>0,4</b>	<b>58</b>	<b>2.518</b>	<b>145.429</b>	<b>54</b>	<b>0,054</b>
<b>Tronco Ribera Sur</b>	<b>10</b>	<b>1.530</b>	<b>2.518</b>	<b>3.851.896</b>	<b>1.438</b>	<b>1,438</b>
La Leonera	3,8	598	2.518	1.506.821	563	0,563
Carlino	5,9	931	2.518	2.345.075	876	0,876
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>3.175</b>	<b>20.144</b>	<b>7.994.650</b>	<b>2.985</b>	<b>2,985</b>

**Nota:** Los canales matrices Tronco Ribera Norte y Tronco Ribera Sur son canales origen de los canales recogidos en la tabla, a excepción del canal el Peumal, y por lo tanto el número de acciones y hectáreas corresponde a la suma parcial de los canales derivados

Fuente: Elaboración Propia

Como puede apreciarse la demanda mensual máxima de riego requerida por los cultivos disminuyo con respecto a la situación actual, esto se debe a que entre la situación futura y actual, existe un aumento en las pérdidas por infiltración en los canales, provocando la disminución del área de riego con seguridad del 85%, y en consecuencia, demandando menos cantidad de volumen en cada canal de riego.

El resumen de una comparación entre los caudales porteados por la red de riego en la situación futura considerando una distribución en base a las acciones que posee cada canal de riego y los caudales promedios determinados por los aforos realizados, puede apreciarse en las siguientes tablas:

Tabla 5-13 Comparación Capacidades de Canales Para el Riego de 3.557ha con 85% de Seguridad, Escenario 1 Situación Futura.

Canal	Modelo	JVECA	Aforos	Capacidad Suficiente
	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>prom</sub> (m <sup>3</sup> /s)	
<b>Tronco Ribera Norte</b>	<b>1,492</b>	<b>1,250</b>	<b>2,140</b>	<b>SI</b>
Revestido Comunero	0,746	0,625	1,030	SI
La Punta de Codegua	0,298	0,250	0,220	NO
Candelaria	0,448	0,375	0,480	SI
<b>El Peumal</b>	<b>0,054</b>	<b>0,050</b>	<b>0,080</b>	<b>SI</b>
<b>Tronco Ribera Sur</b>	<b>1,438</b>	<b>1,200</b>	<b>1,800</b>	<b>SI</b>
La Leonera	0,563	0,550	0,560	SI
Carlino	0,876	0,650	0,560	NO
<b>Total</b>	<b>2,985</b>	<b>2,500</b>	<b>4,020</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-14 Comparación Capacidades de Canales Para el Riego de 3.175ha con 85% de Seguridad, Escenario 2 Situación Futura.

Canal	Modelo	JVECA	Aforos	Capacidad Suficiente
	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>prom</sub> (m <sup>3</sup> /s)	
<b>Tronco Ribera Norte</b>	<b>1,672</b>	<b>1,250</b>	<b>2,140</b>	<b>SI</b>
Revestido Comunero	0,836	0,625	1,030	SI
La Punta de Codegua	0,334	0,250	0,220	NO
Candelaria	0,502	0,375	0,480	NO
<b>El Peumal</b>	<b>0,061</b>	<b>0,050</b>	<b>0,080</b>	<b>SI</b>
<b>Tronco Ribera Sur</b>	<b>1,611</b>	<b>1,200</b>	<b>1,800</b>	<b>SI</b>
La Leonera	0,630	0,550	0,560	NO
Carlino	0,981	0,650	0,560	NO
<b>Total</b>	<b>3,344</b>	<b>2,500</b>	<b>4,020</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en los cuadros comparativos anteriores, es necesario realizar ampliaciones en varios de los canales matrices de la red de riego para poder distribuir las cantidades de aguas necesarias para abastecer con un 85% de seguridad a las hectáreas indicadas por el modelo (3.557 ha).

Por ende, los canales matrices con capacidad insuficiente en base a los resultados del modelo necesitarán alcanzar la sección necesaria para conseguir el porteo resultante de la modelación. No obstante, vale decir que la realización de mejoramientos en la red de riego tiene relación no solo con el revestimiento, sino con el mejoramiento y rectificación de la geometría en todos los canales descritos.

### **5.3.3 Mejoramientos Red Futura de Riego**

A continuación se describen los principales mejoramientos a realizarse en la red matriz de riego de la Junta de Vigilancia del Estero Codegua y Afluente, en base a lo levantado en los catastros realizados y los resultados obtenidos del modelo de operación del embalse.

#### **5.3.3.1 Consideraciones Básicas para el Diseño**

Las consideraciones básicas de diseño obedecen a los resultados obtenidos de la modelación del embalse y del sistema de riego que dictaminaron los caudales por canal en función de las superficies que sirven los distintos sectores de riego y la longitud de la red de canales revestidos. Dichas características se presentan en las siguientes páginas.

Dentro de las consideraciones básicas como se mencionó con anterioridad, se mantendrá el trazado actual de la red de riego y sus dimensiones aproximadas, realizándose un mejoramiento de las geometrías de los canales y sus revestimientos, además del revestimiento de las secciones que se encuentren en tierra y la refacción de los revestimientos de hormigón, en el caso del canal Revestido Comunero, por encontrarse en mal estado.

El diseño de las obras se realizara a nivel de anteproyecto y a nivel de la red de canales matrices, las cuales han sido consideradas en el catastro y modelación del sistema, las redes secundarias y terciarias no son consideradas en este estudio.

#### **5.3.3.2 Descripción de la Red de Riego a Diseñar**

La red actual de canales matrices de riego considerados en este estudio y sus características principales de sección, longitudes, revestimientos y pendientes medias se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla 5-15 Estado Actual Red de Canales Matrices

Canal	L (m)	Cota Inicial (msnm)	Cota Final (msnm)	Área (m <sup>2</sup> )	Pend. Media (m/m)	Coef. Manning (n)	Revestimiento
<b>Tronco Ribera Norte</b>	414	707,5	697,5	1,30	0,0242	0,050	Tierra con vegetación en ambos lados
Revestido Comunero	4.062	697,5	600,0	1,00	0,0240	0,015+0, 050	Hormigón en tramo de 3,5 km y tierra
La Punta de Codegua	8.780	697,5	646,3	0,69	0,0058	0,050	Tierra con vegetación en ambos lados
Candelaria	1.721	697,5	657,5	0,87	0,0232	0,050	Tierra con vegetación en ambos lados
<b>El Peumal</b>	194	785,0	755,0	0,22	0,1545	0,050	Tierra con vegetación en ambos lados
<b>Tronco Ribera Sur</b>	1.190	727,5	727,0	1,63	0,0004	0,050	Tierra con vegetación en ambos lados
La Leonera	1.963	727,0	680,0	0,84	0,0239	0,050	Tierra con vegetación en ambos lados
Carlino	2.751	727,0	712,5	1,17	0,0053	0,050	Tierra con vegetación en ambos lados

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de pendiente del canal han sido obtenidos en base al plano con título Planta Restitución Embalse Codégua de la presente consultoría. El régimen establecido para el escurrimiento en los canales de riego es del tipo uniforme, por lo que se puede utilizar la ecuación de Manning y se suponen las alturas de agua medidas como normales.

A continuación se listaran los criterios de diseño para la red de riego futura, basándose en las características actuales de la red de riego y tratando de modificar lo menos posible las dimensiones de dicha red.

- ✓ Se busca minimizar las modificaciones en la geometría de la red de riego existente, por tal motivo se verificara que las secciones existentes para las condiciones de pendientes sean capaces de conducir la totalidad de agua que deberán llevar a futuro, al mismo tiempo se van a verificar los criterios de velocidad mínima, para evitar problemas de sedimentación y el criterio de velocidad máxima permitida para este tipo de canales de riego, de forma tal de evitar erosión.

- ✓ En base al trazado realizado en planta se procederá a realizar una rectificación de este, de forma tal de evitar las pérdidas producto de singularidades y curvas bruscas en el trazado. Está demostrado que el mayor número de curvas afecta el coeficiente de Manning, aumentando el valor de este, por este motivo se buscará que el trazado sea similar al actual pero mejorando algunos tramos de este.
- ✓ El coeficiente de Manning considerado para el revestimiento de hormigón tendrá el valor de 0,016, valor un poco más alto al indicado en la literatura (0,015) esto considerando que el hormigón no queda liso tras su colocación en obra.
- ✓ Los canales de riego se han de considerar trapeciales, esto debido a que esta sección es la óptima para el transporte de caudales, sin embargo aquellos canales que están hoy en día revestidos con mampostería, se dejarán de la misma forma que se encuentran en la actualidad.
- ✓ Los caudales de riego que se consideran en la situación futura son los obtenidos para la situación de 3.557 ha beneficiadas con un 85% de seguridad de riego.

### **5.3.3.3 Criterios de Diseño Canales Matrices**

En función de los resultados del modelo y para tener una eficiencia global del sistema incluyendo la seguridad de un 85%, se consideró revestir solo la red matriz. Este criterio privilegia los canales grandes susceptibles a tener mayores pérdidas por infiltración.

#### **5.3.3.3.1 Alternativas de Revestimiento**

Para efectos de elección se hace un análisis técnico económico de algunos tipos de revestimientos aplicables al diseño de canales. Para su consideración se han utilizado criterios de orden constructivo y económico. Debe señalarse que todos los caudales de la red matriz se proyectan con revestimiento, ya que de esta forma se minimizan las pérdidas de cotas (y de esta forma se puede aumentar la superficie de riego), y las pérdidas por infiltración de estos canales.

Los tipos de revestimientos considerados en primera instancia, son:

- a) Hormigón armado: revestimiento de hormigón H20, de 10 cm de espesor en canal trapecial y 15 cm promedio para sección rectangular, fabricado en terreno con malla ACMA C-92 con una cuantía de 1,44 kg/m<sup>2</sup>, con sello de elastómero para evitar fisuras.
- b) Hormigón simple: revestimiento de hormigón H20 de 10 cm de espesor fabricado en terreno, con sello de elastómero para evitar fisuras.
- c) Hormigón proyectado (Shotcrete), con y sin refuerzo: Mortero de 400 kg de cm/m<sup>3</sup>, espesor mínimo 40mm, refuerzo de fibras.

- d) Hormigón prefabricado: Se consideran dos alternativas de prefabricados:
- d.1) Revestimiento mediante losetas de hormigón de cemento prefabricadas de dimensiones "b x h" m de "e" cm de espesor con refuerzo de malla ACMA. (caso 1, 100% losetas y caso 2 losetas en taludes con radier hormigón)
  - d.2) Uso de módulos prefabricados.
- e) Hormigón en radier y taludes con membrana asfáltica: considera revestimiento de hormigón H20 de 10 cm de espesor en radier y concreto asfáltico de 5cm en taludes.
- f) Radier y taludes de membrana asfáltica: Espesor 5cm de concreto asfáltico en radier y taludes.
- g) Mampostería: considera revestimiento de mampostería de piedra de espesor 20 cm, con piedras planas por el lado mojado del muro, pegadas con mortero.
- h) Radier de hormigón simple con paredes de mampostería: considera radier en hormigón H20 de 10 cm de espesor fabricado en terreno, y paredes con mampostería de piedra de espesor 20 cm, con piedras planas por el lado mojado del muro unidas con mortero de cemento.

Si bien todos estos tipos de revestimientos son factibles de aplicar, consideraciones específicas técnicas y económicas en algunos, recomiendan descartar su aplicación.

Tal es el caso de los revestimientos armados, (a) que por tratarse de canales menores de reducido tamaño sus solicitudes no justifican refuerzos en los revestimientos. Tampoco se han detectado zonas con contrapresiones o subpresiones que justifiquen este tipo de revestimiento. Se considera además que esta aplicación requiere de más mano de obra calificada.

En cuanto a los revestimientos de hormigón proyectado o shotcrete (c), se requiere de equipos especiales con mano de obra calificada que, para la magnitud de revestimiento a realizar en diversos emplazamientos dentro del valle, no resulta económico.

Por lo demás este revestimiento es de aplicación preferente en sectores de corte en roca; en otros sectores, requiere de una base estable que generalmente se logra utilizando mallas de alambre aumentando su costo. Por ser un mortero con mayor dosificación de cemento es muy sensible a la fisuración aumentando considerablemente la infiltración.

Los revestimientos prefabricados de hormigón (d), tienen la ventaja de no usar molde y ser de fácil reemplazo, presentan la desventaja de tener poca adaptabilidad a las condiciones de terreno.

En el caso de revestir con losetas y lograr darle una cierta seguridad estructural y contra robos, debe incurrirse en un mayor costo en el tratamiento adecuado de los rellenos posteriores del revestimiento y recurrir al diseño de un bordillo y radier con refuerzo.

Su fabricación, por economía sin malla de refuerzo, requiera una infraestructura cara y próxima a la faenas de manera tal de disminuir el alto porcentaje de pérdidas por manipulación y transportes. Otro factor de mayor costo es la mayor cantidad de tratamiento y mantención de juntas por metro lineal de canal.

La otra opción de prefabricados, es el prefabricado en fábrica, hoy día realizados con una mejor calidad, ventaja importante en los casos restringidos por pérdida de carga, y que con la tecnología establecida en el mercado, permite su fabricación con una cobertura en mayores dimensiones de sección y largo, y además con los refuerzos adecuados para su aplicación y transporte. La ventaja de estos prefabricados, sobre las losetas, presentan menor tratamiento y mantención de juntas por metro lineal de canal (menor infiltración).

La conveniencia de usar prefabricados como alternativa a revestimientos en sitio de características similares, dependerá del análisis económico de costos, que en el caso de este proyecto se presenta atractivo para los fabricantes por las longitudes de cada sección involucrada.

Por último los revestimientos asfálticos (e y f), requieren de taludes bastante más tendidos (mín. 1,5/1 [h/v]) y enlaces de taludes a radier mediante curvas de radios que sobredimensionan la base de las secciones resultando éstas de mayor costo.

Este tipo de revestimiento exige de mano de obra especializada y una planta de producción de asfalto. Lo mismo rige para su posterior mantención.

Este tipo de revestimiento no es recomendable instalarlo sobre terreno fracturado ni arenoso ni en zonas que tengan temperaturas bajo 0°C en invierno y sobre 35°C en verano.

Otro aspecto que incide en el costo de este tipo de revestimiento tiene que ver con el control de la vegetación en los suelos donde se aplica.

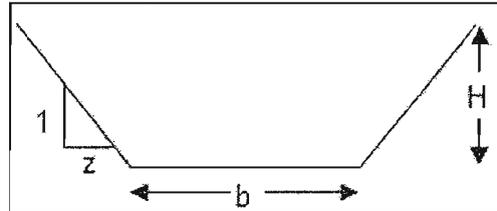
El revestimiento con mampostería de piedra se descarta debido a la dificultad de encontrar material adecuado y en las cantidades necesarias, además como se explica más adelante las consideraciones de rugosidades toma real importancia.

En consecuencia se considera conveniente adoptar los revestimientos de hormigón simple.

### 5.3.3.4 Geometría de la Sección del Canal

El tipo de sección escogida en todos los tramos de la red matriz es del tipo trapecial con revestimiento de hormigón simple, tal como se muestra en la figura siguiente. En todos los casos se adoptó un talud de  $Z=1$ , basándose en lo observado en terreno (considerando que los canales de riego hoy en día la mayoría son prácticamente rectangulares).

Figura 5-5 Esquema Típico de Sección Trapecial



Fuente: Elaboración Propia

#### 5.3.3.4.1 Característica del Trazado del Canal

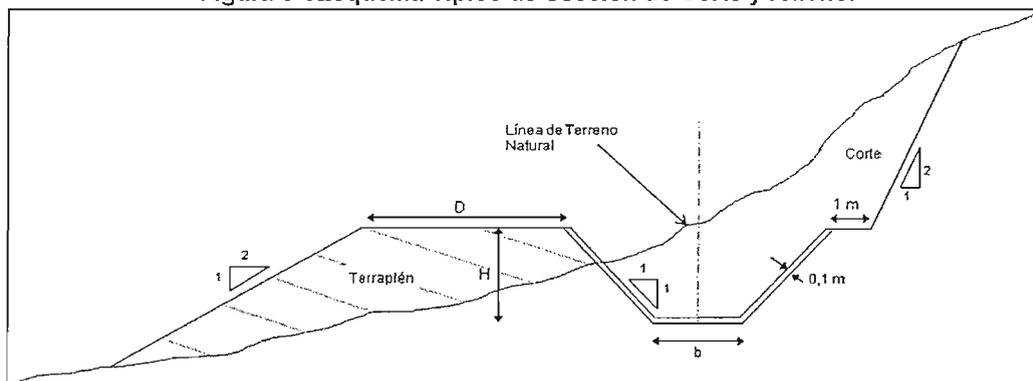
En el trazado de canales actual, se considera la implementación de un camino de acceso paralelo al eje del canal, siempre y cuando no exista dicho camino de acompañamiento, cuyo ancho debe ser aproximadamente equivalente al ancho total de la sección del canal en planta.

En algunos tramos de canal será necesario cortar sección de ladera para mejorar la sección del canal y se utilizará el mismo terreno cortado para realizar un terraplén de relleno al costado.

La imagen siguiente esquematiza la geometría típica de las secciones de corte y relleno de los canales.

La inclinación de los taludes de corte estará basada en las conclusiones del estudio geotécnico.

Figura 5-6 Esquema Típico de Sección de Corte y relleno.



Fuente: Elaboración Propia

#### 5.3.3.4.2 Cálculo Altura de Agua y Dimensiones Canal

Como se mencionó con anterioridad, se considerará para el cálculo de las secciones de canal, que se tendrá escurrimiento uniforme y por lo tanto utilizaremos la fórmula de Manning:

La altura H se determinó para la condición normal de escurrimiento (más desfavorable), calculada mediante la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{\sqrt{J}}{n} \cdot S \cdot R^{2/3}$$

Donde:

- Q : Caudal de diseño de la sección, m<sup>3</sup>/s
- n : Coeficiente de rugosidad de Manning
- S : Sección de flujo, m<sup>2</sup>
- R : Radio hidráulico, m
- J : Pérdida de carga por unidad de longitud. Para el cálculo de la altura normal equivale a la pendiente del canal (i).

Para el cálculo de la revancha del canal se va a considerar que esta equivale a un 15% de la altura normal obtenida en el canal de riego. Con un valor mínimo de 20 cm y un valor máximo de 50 cm.

Igualmente, se cumplirá que para la geometría de los canales, la base inferior de la sección tendrá una distancia mínima de 30 cm y una altura adoptada para el canal siempre mayor a 30 cm.

El rango de velocidades a cumplir deberá ser mayor a 0,25m/s y al mismo tiempo menor a 3,5m/s, considerado para revestimientos en hormigón.

En base a lo anterior el proceso de cálculo de las dimensiones del canal es el siguiente:

- a) Se estima un valor del ancho "B" del canal de riego, manteniendo taludes del canal en pendientes H:V = 1:1, ingresando además el valor del caudal que deberá transportar dicho canal y la pendiente que este deberá tener (considerando la pendiente determinada en el levantamiento topográfico) y coeficiente de rugosidad dependiendo del tipo de material del canal matriz.
- b) Se determina el valor de la altura normal, mediante la fórmula de Manning y se aplican los valores de revancha al canal el cual es de un 15% sobre la altura normal.
- c) Se verifican los valores de velocidad de forma que se cumplan dependiendo del tipo de revestimiento los criterios de velocidad mínima y velocidad máxima.

Los caudales de diseño que se consideraran para la red de riego, corresponderan a los máximos de la JVECA cuando los caudales máximo resultado de la modelación no hayan superado al caudal promedio aforado, y por el contrario, aplicaremos los caudales máximos del modelo a los canales que no tenga la capacidad suficiente comparado con el el flujo aforado promedio (véase la Tabla 5-13)

Por lo anterior la red se diseñara en base a la siguiente distribución de caudales máximos:

**Tabla 5-16 Caudales de Diseño Red de Riego**

<b>Canal</b>	<b>Q máx (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>Tronco Ribera Norte</b>	<b>1,461</b>	<b>1,550</b>
Revestido Comunero	0,625	0,650
La Punta de Codegua	0,334	0,350
Candelaria	0,502	0,550
<b>El Peumal</b>	<b>0,050</b>	<b>0,100</b>
<b>Tronco Ribera Sur</b>	<b>1,200</b>	<b>1,450</b>
La Leonera	0,550	0,550
Carlino	0,876	0,900

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos para la red de canales matrices de riego, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5-17 Propuesta de Mejoramiento de Red de Canales

Canal	Sección	Material	Q (m <sup>3</sup> /s)	b (m)	n	i (m/m)	hn (m)	V (m/s)	Fr (adim)	H Adop (m)
<b>Tronco Ribera Norte</b>	Trapezial	Hormigón	1,550	0,60	0.016	0,0200	0,432	3,48	2,01	0,70
Revestido Comunero	Trapezial	Hormigón	0,650	0,50	0.016	0,0250	0,276	3,03	2,15	0,50
La Punta de Codegua	Trapezial	Hormigón	0,350	0,50	0.016	0,0060	0,292	1,51	1,05	0,50
Candelaria	Trapezial	Hormigón	0,550	0,50	0.016	0,0200	0,268	2,67	1,91	0,50
<b>El Peumal</b>	Trapezial	Hormigón	0,100	0,30	0.016	0,0200	0,136	1,69	1,67	0,40
<b>Tronco Ribera Sur</b>	Trapezial	Hormigón	1,450	0,70	0.016	0,0030	0,644	1,68	0,81	0,90
La Leonera	Trapezial	Hormigón	0,550	0,50	0.016	0,0200	0,268	2,67	1,91	0,50
Carlino	Trapezial	Hormigón	0,900	0,60	0.016	0,0050	0,468	1,80	1,01	0,70

Fuente: Elaboración Propia

### **5.3.3.5 Mejoramiento Obras de Arte y Singularidades Catastradas**

Del Catastro realizado en terreno de las obras de arte y singularidades en los canales matrices, se han obtenidos las obras que pueden interferir en el correcto funcionamiento y escurrimiento en los canales de riego.

En base a la información catastrada por canal matriz, se verificarán los tamaños de cada obra en función de los caudales que deberán portear, en función de esto se verificará su capacidad o mejorará esta.

En forma adicional también se van a considerar aquellas obras que están en mal estado, las cuales se deberán diseñar y construir de nuevo.

Para la verificación de las obras se va a utilizar la fórmula de Manning, considerando la pendiente de canal indicada con anterioridad y las formas de cada sección catastrada en terreno, considerándose los siguientes coeficientes de Manning:

- Canales en Tierra:  $n = 0,030$ .
- Revestimientos de Hormigón:  $n = 0,016$ .
- Revestimientos mixtos (Tierra-Hormigón):  $n = 0,023$ .
- Revestimientos de Mampostería:  $n = 0,025$ .
- Tuberías de PVC:  $n = 0,015$ .
- Tuberías de Hormigón:  $n = 0,016$ .
- Tuberías de Acero corrugado:  $n = 0,027$ .
- Tuberías de Acero galvanizado:  $n = 0,017$ .

Al realizar la verificación de dichas obras, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5-18 Singularidades y OOA Canal Tronco Ribera Norte

Canal	Tronco Ribera Norte			
Q (m <sup>3</sup> /s)		1,55		
Pendiente (m/m)		0,01813		
Pend. Adopt (m/m)		0,02000		
DM (km)	Obra	Características	Estado	Verifica
0,000	Bocatoma	Obra temporal construida de piedras cada año	Obra en mal estado	No
0,066	Alcantarilla	Tubería de acero corrugado ø1000 l=3 m y a=3 m	Obra en regular estado	Sí
0,393	Marco Partidor	Marco partidor con caída de hormigón l=15 m y a=3 m	Obra en regular estado	Sí

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-19 Singularidades y OOA Canal La Punta de Codegua

Canal	La Punta de Codegua			
Q (m <sup>3</sup> /s)		0,35		
Pendiente (m/m)		0,00584		
Pend. Adopt (m/m)		0,00600		
DM (km)	Obra	Características	Estado	Verifica
0,000	Marco Partidor	Marco partidor inicio canales La Punta de Codegua y Revestido Comunero	Obra en regular estado	Sí
0,030	Marco Partidor	Marco partidor inicio canal Candelaria l=6 m y a=2 m	Obra en regular estado	Sí
0,210	Puente	Puente de machones de hormigón con base de tablonces l=5m y a=2 m	Obra en buen estado	Sí
0,365	Alcantarilla	Tubería de acero corrugado ø800 l=5 m y a=1 m	Obra en buen estado	Sí
1,998	Puente	Puente de tablonces y cubierto de tierra l=3 m	Obra en regular estado	No
2,630	Puente	Puente rollizo de madera, tablonces y tierra l=3 m y a=4 m	Obra en mal estado	No
3,246	Compuerta Adm.	Compuerta metálica para entrega a un derivado a=1,5 m	Obra en regular estado	No
4,669	Alcantarilla	Tubería de hormigón ø800 l=5 m y a=2 m	Obra en buen estado	Sí
5,667	Compuerta Adm.	Compuerta metálica con machones de hormigón a=0,6 m y h=1 m	Obra en regular estado	No
7,614	Compuerta Adm.	Entrega lateral de hormigón de a=0,6 m y h=0,5 m	Obra en regular estado	No
7,823	Puente	Tubería de hormigón ø1000 l=4,6 m y a=2 m	Obra en regular estado	Sí
7,841	Compuerta Adm.	Compuerta con machones de hormigón h=0,8 m	Obra en buen estado	Sí
8,082	Puente	Puente de madera con cubierta tierra l=3 m y a=3 m	Obra en mal estado	No
8,971	Compuerta Adm.	Compuerta metálica a=0,5 m y h=1,2 m con machones de hormigón	Obra en buen estado	Sí

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-20 Singularidades y OAAA Canal Candelaria

DM (km)	Obra	Características	Estado	Verifica
0,000	Marco Partidor	Marco partidor inicio canal, albañilería l=6 m y a=2 m	Obra en regular estado	Sí
0,075	Marco Partidor	Albañilería entrega a tranque y a derivado l=6 m y a=1,5 m	Obra en regular estado	Sí
0,130	Tranque	Canal descarga a tranque	Obra en mal estado	No
0,292	Sifón	Sifón y pasarela h=5 m y a=1,5 m	Obra en buen estado	Sí
0,311	Sifón	Fin obra descarga a canal l=20 m	Obra en buen estado	Sí
0,529	Alcantarilla	Tubería de hormigón ø800 l=6 m y a=4 m	Obra en buen estado	Sí
0,544	Marco Partidor	Marco partidor entrega al lado izquierdo l=4 m y a=1 m	Obra en mal estado	No
0,763	Alcantarilla	Tubería de acero ø600 l=8 m a=3 m	Obra en mal estado	Sí
1,557	Marco Partidor	Marco partidor l=4 m y a=1 m	Obra en mal estado	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-21 Singularidades y OAAA Canal Revestido Comunero

DM (km)	Obra	Características	Estado	Verifica
0,000	Marco Partidor	Marco partidor de hormigón inicio canal Revestido Comunero l=20 m	Obra en regular estado	Sí
0,125	Revestimiento	Inicio revestimiento de pastelones	Obra en mal estado	No
0,350	Puente	Puente con perfiles de acero con base de madera l=3 m y a=3 m	Obra en buen estado	Sí
0,729	Puente	Puente de rollizos de madera l=3 m y a=3 m	Obra en regular estado	No
0,729	Revestimiento	Continuación revestimiento	Obra en mal estado	No
1,924	Puente	Puente de losa de hormigón l=7 m y a=3 m	Obra en buen estado	Sí
2,996	Puente	Puente de machones de hormigón y plataforma de acero	Obra en mal estado	No
3,220	Puente	Puente de perfiles de acero y rejas l=3 m y a=2 m	Obra en buen estado	Sí
3,305	Marco Partidor	Marco partidor de albañilería l=5 m y a=1 m	Obra en regular estado	No
3,677	Revestimiento	Fin del revestimiento en el canal	Obra en regular estado	No
3,858	Canoa	Cruce del canal Cachapoal en canoa de hormigón l=3 m y a=1 m	Obra en buen estado	Sí
4,057	Tranque	Descarga a tranque sin estructura con movimientos de tierra	Obra en regular estado	No
4,376	Compuerta Adm.	Compuerta metálica sin volante con muro de piedra	Obra en buen estado	Sí
4,376	Puente y Tubería	Descarga desde tranque con tubería de hormigón ø600 l=6 m	Obra en regular estado	Sí
4,405	Puente	Puente de madera de 3x3 mxm	Obra en mal estado	No
4,410	Marco Partidor	Marco partidor que pone fin a canal l=5 m y a=2 m	Obra en buen estado	Sí

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-22 Singularidades y OAAA Canal El Peumal

Canal		El Peumal		
Q (m <sup>3</sup> /s)		0,1		
Pendiente (m/m)		0,02310		
Pend. Adopt (m/m)		0,02000		
DM (km)	Obra	Características	Estado	Verifica
0,000	Bocatoma	Inicio a canal, compuesta por piedras a un costado del río	Obra en regular estado	No
0,163	Tubería	Tubería de PVC ø300 12 m. Inicio revestimiento ladrillo	Obra en buen estado	Sí
0,243	Revestimiento	0,50x0,50 mxm l=35 a 40 m	Obra en regular estado	No
0,429	Revestimiento	Fin revestimiento	Obra en regular estado	No
0,469	Tranque	Tranque privado, canal descarga completamente	Obra en buen estado	Sí
1,498	Otro	Fin canal, compuerta piedra reparte dos derivados	Obra en regular estado	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-23 Singularidades y OAAA Canal Tronco Ribera Sur

Canal		Tronco Ribera Sur		
Q (m <sup>3</sup> /s)		1,45		
Pendiente (m/m)		0,00257		
Pend. Adopt (m/m)		0,00300		
DM (km)	Obra	Características	Estado	Verifica
0,000	Bocatoma	Bocatoma inicio canal, compuesta por piedra sacadas del río	Obra en mal estado	No
No datos	Puente	Puente de madera a=3 m y l=5 m	Obra en mal estado	No
No datos	Marco Partidor	Marco partidor de hormigón l=6 m y a=3 m	Obra en buen estado	Sí

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-24 Singularidades y OAAA Canal La Leonera

Canal	La Leonera			
Q (m <sup>3</sup> /s)	0,55			
Pendiente (m/m)	0,02395			
Pend. Adopt (m/m)	0,02000			
DM (km)	Obra	Características	Estado	Verifica
0,000	Marco Partidor	Marco partidor de hormigón l=4 m y a=2 m. Entrega a subderivado	Obra en buen estado	Si
0,470	Alcantarilla	Tubería hormigón ø800 5 m a=2 m	Obra en regular estado	Si
0,740	Alcantarilla	Tubería hormigón ø800 6 m a=2,5 m. Muro mampostería	Obra en buen estado	Si
1,036	Puente	Puente de hormigón l=6 m y a=3 m	Obra en buen estado	Si
1,072	Puente	Pasarela peatonal con tubería de hormigón ø800 l=6 m	Obra en buen estado	Si
1,506	Puente	Puente de hormigón l=6 m y a=6 m	Obra en buen estado	Si
1,753	Caída+Revest.	Caída con revestimiento l=25 m y a=2 m. Descarga bajo compuerta	Obra en buen estado	Si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-25 Singularidades y OAAA Canal Carlino

Canal	Carlino			
Q (m <sup>3</sup> /s)	0.9			
Pendiente (m/m)	0.00527			
Pend. Adopt (m/m)	0.00500			
DM (km)	Obra	Características	Estado	Verifica
0.000	Marco Partidor	Marco partidor de hormigón l=6 m y a=4 m	Obra en buen estado	Si
0.435	Puente	Puente de hormigón l=6 m y a=8 m. Cruce camino público	Obra en buen estado	Si
0.435	Cruce Quebrada	Obra artificial de piedra en canal descarga en la quebrada Las Ñipas	Obra en mal estado	No
2.243	Puente	Puente de vigas de acero en cruce de camino l=3 m y a=3 m	Obra en regular estado	Si
2.528	Marco Partidor	Marco partidor de hormigón l=5 m y a=2 m para bombas de predio privado	Obra en buen estado	Si
2.528	Compuerta Devol.	Obra entrega canales derivados l=2 m y a=2 m	Obra en mal estado	Si

Fuente: Elaboración Propia

Como puede apreciarse en el análisis realizado para las obras de arte y singularidades que se encuentran en los diversos canales matrices, existen algunas que no poseen la capacidad necesaria para el requerimiento de caudal y otras debido al deterioro causado por la falta de mantención a lo largo de la vida útil de la obra.

Para definir los tamaños de las obras a implementar se realizará un diseño parametrizado, es decir en base a datos base de diseño, se trazara una curva de diseño para la obra, por ejemplo en el caso de las bocatomas a utilizarse, se realizara una gráfica en función del material y del caudal de este y de esta forma se obtendrán diversos tamaños de obras.

Las obras que se tiene estimado mejorar son las siguientes:

- Bocatomas de Río.
- Tuberías de hormigón.
- Marcos partidores de hormigón
- Compuertas de entrega y/o devolución

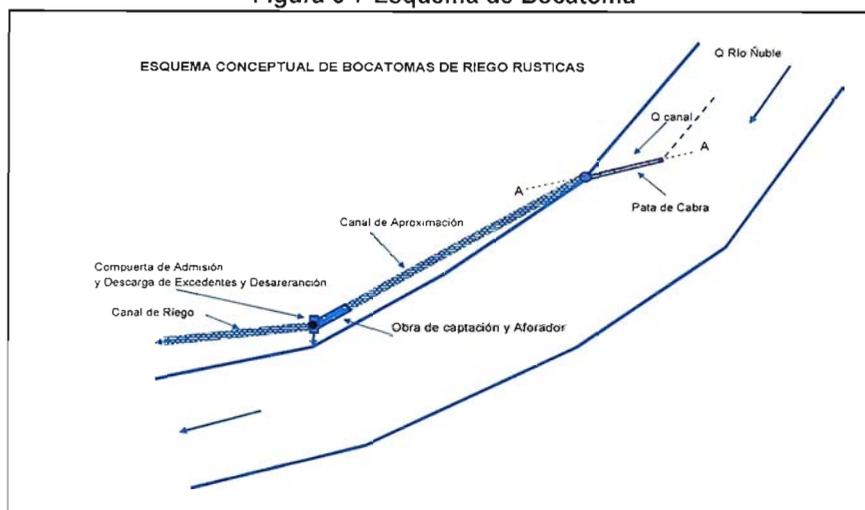
A continuación se muestra el proceso de análisis:

#### 5.3.3.5.1 Diseño Bocatomas de Río

De acuerdo con el esquema de la Figura 5-7 y Figura 5-8, y respetando las denominaciones acordadas en este estudio, se definen las siguientes componentes de las obras de captación:

- Obra de Toma
- Canal de Aducción
- Bocatoma

Figura 5-7 Esquema de Bocatoma



Fuente: Elaboración Propia

- Obra de toma:

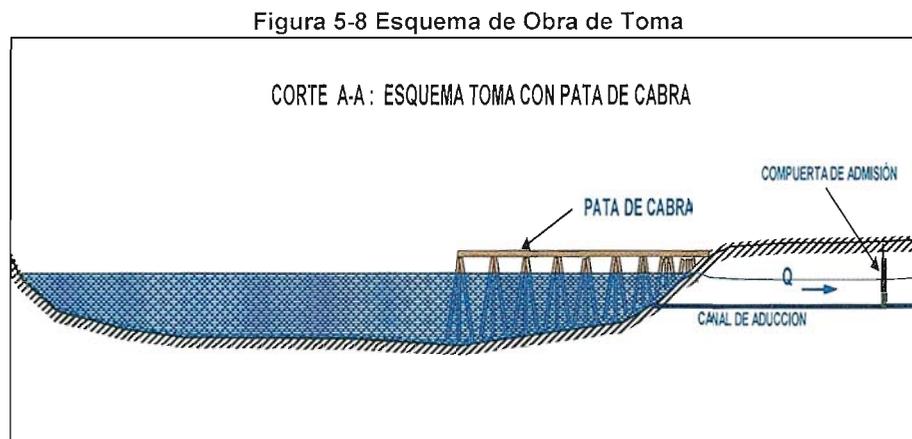
Obra de desvío de las aguas del río hacia la bocatoma. En este caso se contempla una barrera rústica, cuya posición y dimensiones se adaptan a las condiciones de flujo en el cauce y que debe ser reparada o reconstruida después de crecidas de cierta magnitud. El tipo de barrera considerado es el "Pata de Cabra".

Este sistema de captación es muy usado en el país para canales de riego, ya que por las características de velocidad y arrastre de sedimentos que presentan los ríos chilenos, no es recomendable construir obras definitivas, que ocupen en forma permanente una parte o el total del cauce para captar las aguas.

El objetivo de esta barrera será tener una mejor desviación de las aguas del río hacia la obra de toma.

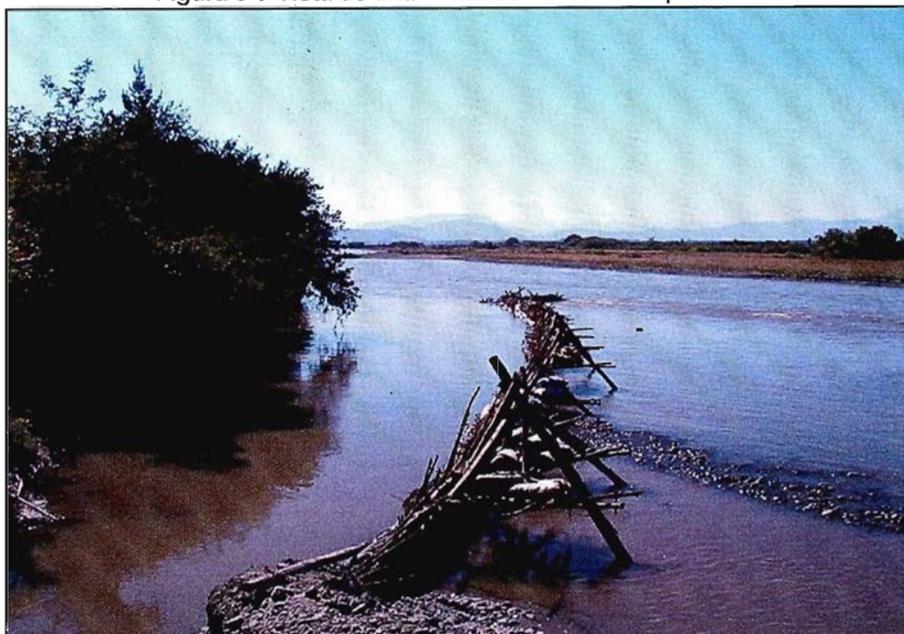
La experiencia ha demostrado que un sistema rústico, como el descrito, es más recomendable, ya que permite acomodarse a los continuos cambios que experimentan los cauces, especialmente en épocas de crecidas y evita incurrir en grandes costos de operación y mantención de obras de toma definitivas, que pueden verse afectadas por embanques y por la erosión que incluso puede llevar a la destrucción de las obras.

En la Figura 5-7 y Figura 5-8 se presentan esquemas conceptuales de este tipo de obras de toma en canales de riego. En la Figura 5-8, se puede apreciar una barrera "Pata de Cabra" en operación.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-9 Vista de una “Pata de Cabra” en Operación



Fuente: Elaboración Propia

- Canal de aproximación o de aducción

Este canal es el que conduce las aguas de riego desde la toma en el río hasta la bocatoma que entrega directamente al canal de riego. Sus dimensiones (sección) están determinadas por el caudal captado y las condiciones geométricas de terreno (pendiente longitudinal).

Para los casos en estudio, las bocatomas se emplazan alejadas de la estructura de toma, producto de los desbordes del río Claro de Rengo, lo que determina longitudes de canales de aducción. En su totalidad son en tierra, sin revestimiento.

En el esquema presentado en la Figura 5-10, se puede apreciar la ubicación del canal de aducción en relación a la obra de toma y bocatoma.

- Bocatoma

La bocatoma es la estructura de hormigón que recibe las aguas del canal de aducción y distribuye al canal matriz y los excedentes, los entrega hacia el canal de descarga. La entrega de las aguas al canal matriz, es controlada mediante una sección de aforo. En la Figura 5-10, se muestra un esquema de la estructura de bocatoma donde se puede apreciar las componentes de ésta.

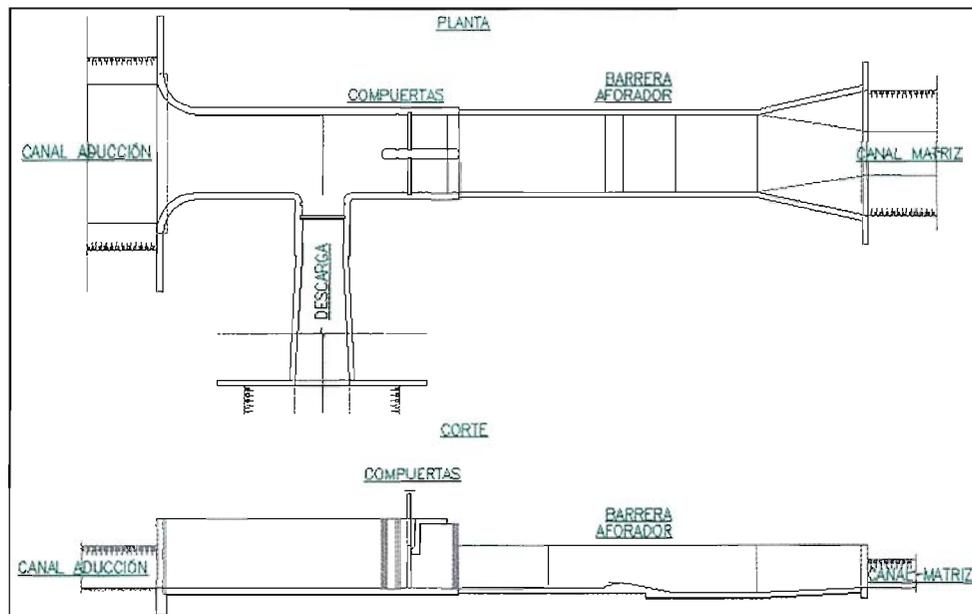
Estas bocatomas estarán compuestas por una(s) compuerta(s) de admisión, cuyo número va a depender del caudal que deba captar la bocatoma, además contará con una compuerta desripadora (descarga), dejando la altura de las hojas de las compuertas hasta algo más arriba que la cota del eje hidráulico del río en crecidas, de modo de evitar el ingreso de las aguas al canal matriz cuando la compuerta este cerrada.

El radier de esta obra será de hormigón armado, su longitud será determinada de manera tal, que contenga el resalto que se produzca aguas abajo de las compuertas.

La compuerta desripiadora servirá además como descarga, por lo que se definió una cota de radier más baja que la de la compuerta de admisión de la bocatoma.

Aguas abajo de la compuerta de admisión, se proyecta un aforador de barrera triangular provisto con una regla limnimétrica, con el objeto de medir y controlar el caudal entrante al canal matriz, mediante la operación de dicha compuerta.

Figura 5-10 Esquema Bocatoma



Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño de estas estructuras, se han considerado los siguientes criterios:

- La altura de aguas abajo de la obra de captación y aforo es igual a la altura normal del primer tramo del canal de riego.
- Para el aforo se usarán barreras triangulares, de acuerdo al diseño propuesto en el texto de Hidráulica de Francisco Javier Domínguez. Se trata de barreras de pendiente 20 %, es decir con una inclinación 5/1 (H/V) tanto aguas arriba como aguas abajo.

Para el diseño a nivel de anteproyecto se va a considerar la obra de captación con su respectivo aforador, el diseño de estas obras se realizará parametrizando el rango de caudales por obra, es decir, entre 0 y 0,05 m<sup>3</sup>/s, entre 0,05 y 1 m<sup>3</sup>/s y fielmente entre 1 y 2,5 m<sup>3</sup>/s.

### Rango entre 0 y $0,05\text{m}^3/\text{s}$ .

La sección tipo escogida para este tipo de bocatoma y canal de entrega es la siguiente:

- Base : 1 m.
- Altura : 0,5 m.
- Pendiente : 0,0026.

Las características del escurrimiento se pueden mostrar a continuación:

#### Esc. Normal

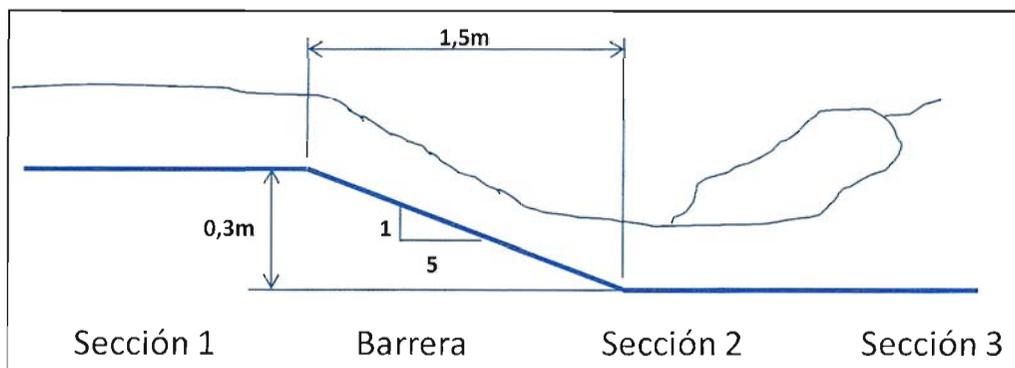
$h_n = 0,083 \text{ m.}$

#### Esc. Crítico

$h_c = 0,06 \text{ m.}$

Se define como "a3", la sección aguas abajo de la bajada del aforador. Esto permite determinar la altura de las paredes del canal hacia aguas abajo, evitando problemas de pérdidas de agua o erosión en el canal de riego producto del resalto.

Figura 5-11 Esquema Secciones Aguas Abajo Aforador



Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo se "a3" se impone la siguiente condición:

$$a_3 + h_1 \geq 1.1h_3 \quad h_1 = \text{altura encanal}$$

Se admite que el resalto se desarrolla en lecho de pendiente mixta y, "h2" se calcula como sigue:

$$h_2 = 0.65hc \quad \longrightarrow \quad h_2 = 0.65 \cdot 0.06 = 0.039m.$$

Entonces, si  $h_2 = 0.039m$ . y empleando la ecuación de resalto en sección rectangular, se tiene:

$$\frac{h_3}{h_2} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{1 + 8F_2^2} - 1 \right)$$

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gh_2}} = \frac{1,2}{\sqrt{9.8 \cdot 0.039}} = 1.94$$

$$h_3 = \frac{0.039}{2} \left( \sqrt{1 + 8 \cdot 1.94^2} - 1 \right)$$

$$h_3 = 0.09m.$$

En consecuencia:

$$a_3 + h_1 \geq 1.1 \cdot 0.09$$

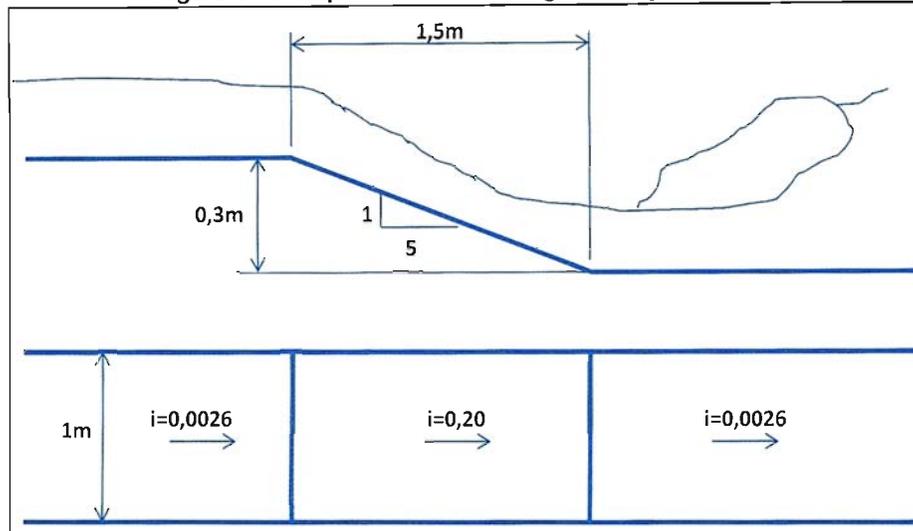
$$a_3 \geq 0.099 - 0.08 = 0,02m$$

Por seguridad, se adopta  $a_3 = 0.025m$ .

Se deduce que no es necesario realizar una cubeta para soportar el resalto.

Considerando lo bajo de los caudales y lo que se busca en el punto de aforación es independizar el escurrimiento de aguas abajo con respecto a aguas arriba y considerando que por factibilidad constructiva, la altura mínima que deberá tener la caída de agua es de 30cm = 0,30m, las dimensiones del aforador aguas abajo de la compuerta, quedan de la siguiente manera:

Figura 5-12 Esquema Secciones Aguas Abajo Aforador



Fuente: Elaboración Propia

**Rango entre 0,05 y 1m<sup>3</sup>/s.**

La sección tipo escogida para este tipo de bocatoma y canal de entrega es la siguiente:

- Base : 3,5 m.
- Altura : 0,5 m.
- Pendiente : 0,0011.

Las características del escurrimiento se pueden mostrar a continuación:

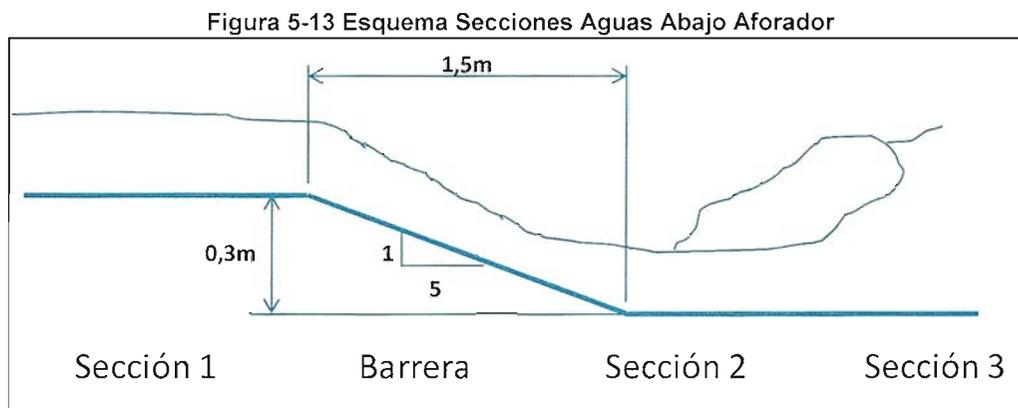
**Esc. Normal**

**Esc. Crítico**

$h_n = 0,33 \text{ m.}$

$h_c = 0,20 \text{ m.}$

Se define como "a3", la sección aguas abajo de la bajada del aforador. Esto permite determinar la altura de las paredes del canal hacia aguas abajo, evitando problemas de pérdidas de agua o erosión en el canal de riego producto del resalto.



Para el cálculo se "a3" se impone la siguiente condición:

$$a_3 + h_1 \geq 1.1 h_3 \quad h_1 = \text{altura en canal}$$

Se admite que el resalto se desarrolla en lecho de pendiente mixta y, "h2" se calcula como sigue:

$$h_2 = 0.65 h_c \quad \longrightarrow \quad h_2 = 0.65 \cdot 0.20 = 0.13 \text{ m.}$$

Entonces, si  $h_2 = 0.13 \text{ m.}$  y empleando la ecuación de resalto en sección rectangular, se tiene:

$$\frac{h_3}{h_2} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{1 + 8F_2^2} - 1 \right)$$

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gh_2}} = \frac{1,2}{\sqrt{9,8 \cdot 0,13}} = 1,94$$

$$h_3 = \frac{0,13}{2} \left( \sqrt{1 + 8 \cdot 1,94^2} - 1 \right)$$

$$h_3 = 0,3 \text{ m.}$$

En consecuencia:

$$a_3 + h_1 \geq 1,1 \cdot 0,3$$

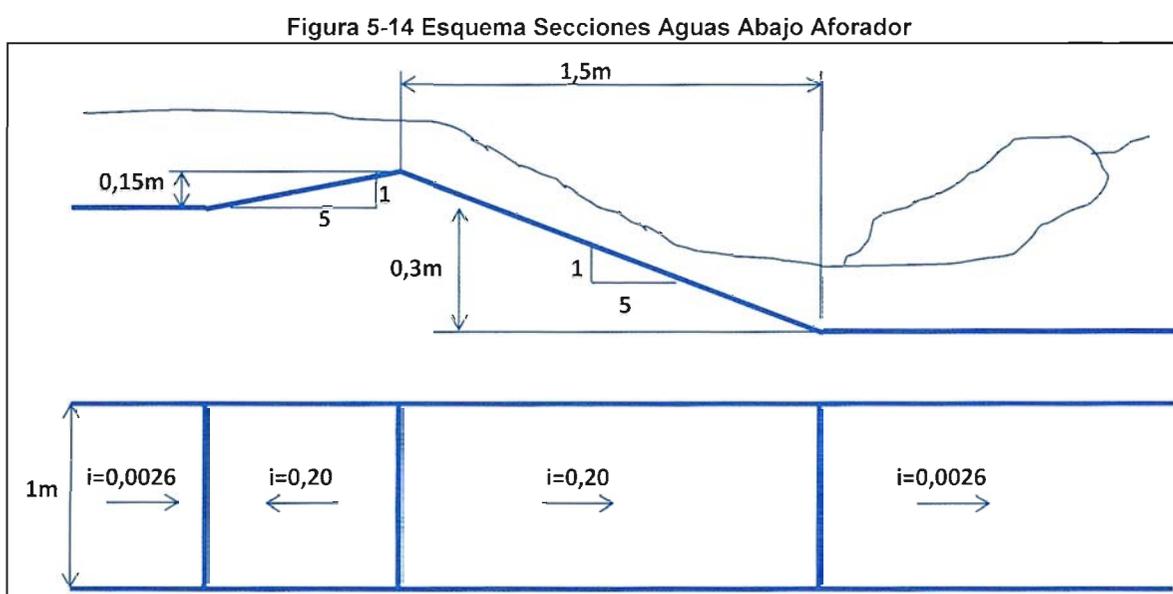
$$a_3 \geq 0,33 - 0,33 = 0 \text{ m}$$

De aquí se deduce que no es necesario realizar una cubeta para encerrar el resalto.

Considerando lo bajo de los caudales y lo que se busca en el punto de aforación es independizar el escurrimiento de aguas abajo con respecto a aguas arriba y considerando que por factibilidad constructiva, la altura mínima que deberá tener la caída de agua es de 30cm = 0,30m.

En forma complementaria para la formación de la altura crítica se va a considerar una grada de subida de 0,15m para conseguir la altura crítica sobre el umbral de la barrera triangular.

Las dimensiones del aforador aguas abajo de la compuerta, quedan de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración Propia

### Rango entre 1 y 2,5m<sup>3</sup>/s.

La sección tipo escogida para este tipo de bocatoma y canal de entrega es la siguiente:

- Base : 4,2 m.
- Altura : 0,8 m.
- Pendiente : 0,0011.

Las características del escurrimiento se pueden mostrar a continuación:

**Esc. Normal**

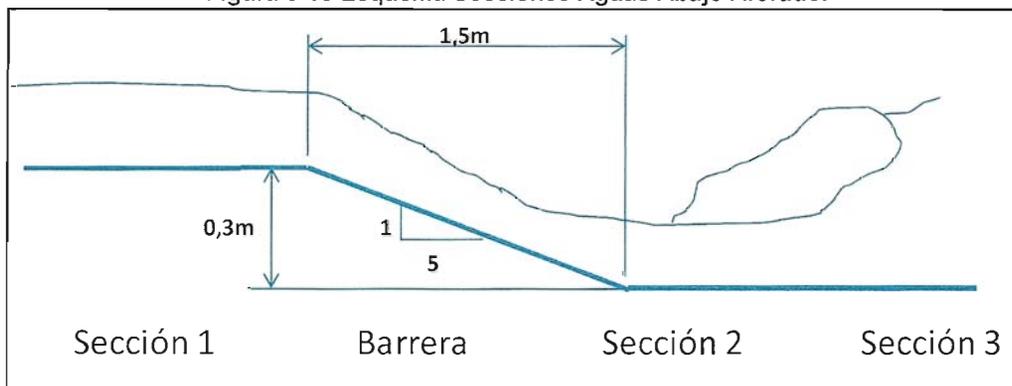
**Esc. Crítico**

$h_n = 0,52 \text{ m.}$

$h_c = 0,33 \text{ m.}$

Se define como "a3", la sección aguas abajo de la bajada del aforador. Esto permite determinar la altura de las paredes del canal hacia aguas abajo, evitando problemas de pérdidas de agua o erosión en el canal de riego producto del resalto.

Figura 5-15 Esquema Secciones Aguas Abajo Aforador



Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo se "a3" se impone la siguiente condición:

$$a_3 + h_1 \geq 1.1 h_3 \quad h_1 = \text{altura encanal}$$

Se admite que el resalto se desarrolla en lecho de pendiente mixta y, "h2" se calcula como sigue:

$$h_2 = 0.65 h_c \quad \longrightarrow \quad h_2 = 0.65 \cdot 0.33 = 0.22 \text{ m.}$$

Entonces, si  $h_2 = 0.22 \text{ m.}$  y empleando la ecuación de resalto en sección rectangular, se tiene:

$$\frac{h_3}{h_2} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{1 + 8F_2^2} - 1 \right)$$

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gh_2}} = \frac{2,71}{\sqrt{9.8 \cdot 0.22}} = 1.85$$

$$h_3 = \frac{0.22}{2} \left( \sqrt{1 + 8 \cdot 1.85^2} - 1 \right)$$

$$h_3 = 0.48m.$$

En consecuencia:

$$a_3 + h_1 \geq 1.1 \cdot 0.48$$

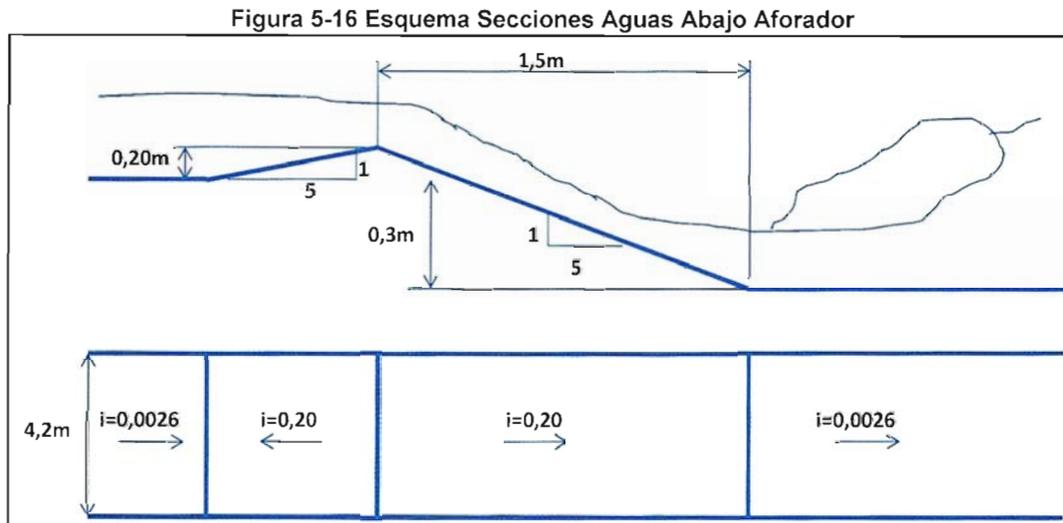
$$a_3 \geq 0.53 - 0.52 = 0.01m$$

De aquí se deduce que no es necesario realizar una cubeta para encerrar el resalto.

Considerando lo bajo de los caudales y lo que se busca en el punto de aforación es independizar el escurrimiento de aguas abajo con respecto a aguas arriba y considerando que por factibilidad constructiva, la altura mínima que deberá tener la caída de agua es de 30cm = 0,30m.

En forma complementaria para la formación de la altura crítica se va a considerar una grada de subida de 0,20m para conseguir la altura crítica sobre el umbral de la barrera triangular.

Las dimensiones del aforador aguas abajo de la compuerta, quedan de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a las dimensiones de las obras de captación (Bocatomas), se ha estimado que estas deben tener una dimensión equivalente a la del canal matriz.

En este caso, dependiendo del rango de canales, estas obras quedan de la siguiente forma:

Tabla 5-26 Dimensionamiento Obras de Captación

Rango Caudal (m <sup>3</sup> /s)	N° Compuertas	Ancho (m)	Alto (m)
0-0,05	1	1	0,5
0,05-1	3	1,2	0,5
1-2,5	3	1,5	0,7

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.3.5.2 Diseño Alcantarillas

Se ha desarrollado el a nivel de anteproyecto el diseño de las alcantarillas que tenían problemas de capacidad y que no daban a vasto en los canales matrices y que al no tener la capacidad suficiente producían el peraltamiento de los niveles de agua en los canales de riego.

Para el diseño de estas tuberías especiales, se ha considerado el flujo del agua del tipo uniforme, con la pendiente que tiene el canal de riego correspondiente.

Al utilizar la fórmula de Manning siguiente:

Donde:

Q : Caudal de diseño de la sección, m<sup>3</sup>/s

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

S : Sección de flujo, m<sup>2</sup>

R : Radio hidráulico, m

J : Pérdida de carga por unidad de longitud. Para el cálculo de la altura normal equivale a la pendiente del canal (i).

Y considerando una sección del tipo circular (tubería), se han obtenido los valores de diámetros de alcantarilla, en función de los caudales y pendientes de porteo.

En la tabla siguiente se aprecia un resumen de los valores obtenidos de diámetros de alcantarilla para los diversos caudales a portear:

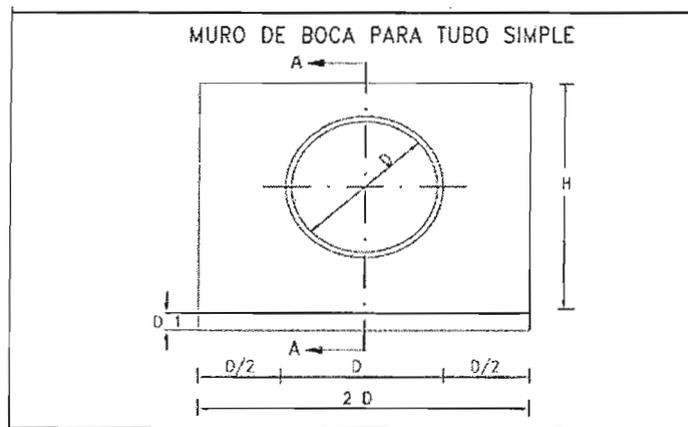
Tabla 5-27 Diámetros de Alcantarillas Canales Matrices

Canal	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	i (m/m)	ø (mm)	L (m)	Cantidad (ud)
Revestido Comunero	0,65	0,0240	800	3	3
La Punta de Codegua	0,35	0,0058	800	3	3
Candelaria	0,55	0,0230	800	3	1
<b>Tronco Ribera Sur</b>	1,45	0,0026	1.200	3	1
Carlino	0,90	0,0053	900	5	1

Fuente: Elaboración Propia

Las secciones tipo de las soluciones de alcantarilla se pueden apreciar en la siguiente figura:

Figura 5-17 Esquema solución tubo simple



Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.3.5.3 Resumen Mejoramiento en Obras Singulares

En base a lo anteriormente expuesto, se procedió a realizar el diseño a nivel de anteproyecto de las soluciones de mejoramiento de las obras catastradas en los canales matrices, en base a la situación futura de funcionamiento.

El resumen de las obras con problemas y sus mejoramientos correspondientes por canal, se muestran en los cuadros siguientes:

Tabla 5-28 Mejoramiento Canal Tronco Ribera Norte

<b>Canal</b>		<b>Tronco Ribera Norte</b>
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>		1,55
<b>Pendiente (m/m)</b>		0,01813
<b>Pend. Adopt (m/m)</b>		0,02000
<b>DM (km)</b>	<b>Obra</b>	<b>Mejoramiento</b>
0,000	Bocatoma	Nueva bocatoma, con 3 compuertas de ancho 1,5 m cada una y altura 0,7 m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-29 Mejoramiento Canal La Punta de Codegua

<b>Canal</b>		<b>La Punta de Codegua</b>
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>		0,35
<b>Pendiente (m/m)</b>		0,00584
<b>Pend. Adopt (m/m)</b>		0,00600
<b>DM (km)</b>	<b>Obra</b>	<b>Mejoramiento</b>
1,998	Puente	Cambio a alcantarilla de hormigón de ø800 y longitud 3 m
2,630	Puente	Cambio a alcantarilla de hormigón de ø800 y longitud 3 m
3,246	Compuerta Adm.	Cambio compuerta metálica de ancho 1,5 m
5,667	Compuerta Adm.	Cambio compuerta metálica de ancho 0,6 m y altura 1 m
7,614	Compuerta Adm.	Cambio compuerta metálica de ancho 0,6 m y altura 1 m
8,082	Puente	Cambio a alcantarilla de hormigón de ø800 y longitud 3 m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-30 Mejoramiento Canal Candelaria

Canal	Candelaria	
Q (m <sup>3</sup> /s)	0,55	
Pendiente (m/m)	0,02295	
Pend. Adopt (m/m)	0,02000	
DM (km)	Obra	Mejoramiento
0,130	Tranque	Revestimiento en hormigón y cambio de sección
0,544	Marco Partidor	Cambio marco partidor de hormigón de longitud 4 m y anchura 4 m
0,763	Alcantarilla	Cambio a alcantarilla de hormigón ø800 y longitud 3 m
1,557	Marco Partidor	Cambio marco partidor de longitud 4 m y anchura 1 m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-31 Mejoramiento Canal Revestido Comunero

Canal	Revestido Comunero	
Q (m <sup>3</sup> /s)	0,65	
Pendiente (m/m)	0,02400	
Pend. Adopt (m/m)	0,02500	
DM (km)	Obra	Mejoramiento
0,125	Revestimiento	Revestimiento en hormigón y cambio de sección
0,729	Puente	Cambio a alcantarilla de hormigón ø800 y longitud 3 m
0,729	Revestimiento	Revestimiento en hormigón y cambio de sección
2,996	Puente	Cambio a alcantarilla de hormigón ø800 y longitud 3 m
3,305	Marco Partidor	Cambio marco partidor de longitud 5 m y anchura 1 m
3,677	Revestimiento	Revestimiento en hormigón y cambio de sección
4,057	Tranque	Revestimiento en hormigón y cambio de sección
4,405	Puente	Cambio a alcantarilla de hormigón ø800 y longitud 3 m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-32 Mejoramiento Canal El Peumal

<b>Canal</b>	<b>El Peumal</b>	
Q (m <sup>3</sup> /s)	0,1	
Pendiente (m/m)	0,02310	
Pend. Adopt (m/m)	0,02000	
<b>DM (km)</b>	<b>Obra</b>	<b>Mejoramiento</b>
0,000	Bocatoma	Nueva bocatoma, con 3 compuertas de ancho 1,2 m cada una y altura 0,5 m
0,243	Revestimiento	Revestimiento en hormigón y cambio de sección
0,429	Revestimiento	Revestimiento en hormigón y cambio de sección
1,498	Otro	Cambio compuerta metálica de ancho 0,5 m y altura 0,5 m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-33 Mejoramiento Canal Tronco Ribera Sur

<b>Canal</b>	<b>Tronco Ribera Sur</b>	
Q (m <sup>3</sup> /s)	1,45	
Pendiente (m/m)	0,00257	
Pend. Adopt (m/m)	0,00300	
<b>DM (km)</b>	<b>Obra</b>	<b>Mejoramiento</b>
0,000	Bocatoma	Nueva bocatoma, con 3 compuertas de ancho 1,5 m cada una y altura 0,7 m
No datos	Puente	Cambio a alcantarilla de hormigón de ø1200 y longitud 3 m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-34 Mejoramiento Canal Carlino

<b>Canal</b>	<b>Carlino</b>	
Q (m <sup>3</sup> /s)	0.9	
Pendiente (m/m)	0.00527	
Pend. Adopt (m/m)	0.00500	
<b>DM (km)</b>	<b>Obra</b>	<b>Mejoramiento</b>
0.435	Cruce Quebrada	Cambio a alcantarilla de hormigón de ø900 y longitud 5 m

Fuente: Elaboración Propia

## 6 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO Y SELECCIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA

### 6.1 Alternativas de Mejoramiento de Red de Canales

En base al análisis de precios unitarios realizado y las cubicaciones obtenidas del dimensionamiento del mejoramiento necesario a realizar en los canales matrices de la red de riego, se ha procedido a evaluar cada una de las alternativas definidas.

Los presupuestos aquí establecidos, consideran el diseño de las obras a nivel de anteproyecto, dichos valores deberán ser actualizados en etapas posteriores de este estudio, al mismo tiempo se señala que dichos valores serán actualizados en el presente estudio en base a la información que vaya siendo proporcionada desde los trabajos de terreno, sobre todo con la referente a los levantamientos de cada uno de los canales matrices que componen la red.

En la presente evaluación se han considerado los trazados realizados de la red y efectuados en la etapa de catastro de las obras y se ha trabajado con las curvas de nivel obtenidas de las restituciones aerofotogramétricas realizadas, de ahí la importancia de una futura reevaluación.

Para la definición de los precios unitarios de las obras se ha procedido a revisar los presupuestos de las últimas obras y proyectos realizados cercanos a la zona, y en especial, la base de precios utilizada para la elaboración del proyecto Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento del Sistema de Riego en Río Claro de Rengo, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

Con respecto a las alternativas que serán analizadas de mejoramiento de la red de riego son dos: la alternativa 1, la cual, hace referencia a dejar la red de canales en la situación actual, tan solo realizando un mejoramiento de las secciones actuales existentes en la red y un mejoramiento de las pendientes. Y la alternativa 2, la cual, plantea una solución de mejora del revestimiento mediante hormigón simple y el modificado geométrico de las secciones en todos los canales. Esta última modificación permite aumentar en aproximadamente 400 ha, la superficie beneficiada por el proyecto.

Para el análisis de los valores se ha de trabajar con los precios unitarios en pesos chilenos, y posteriormente los resultados finales de las partidas se expresarán en dólares. Para lo cual, la tasa de cambio tomada como referencia es resultado del promedio de la serie de datos de Enero de 2014 (fuente de información, Banco Central de Chile, [www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl)):

$$1 \text{ USD} = \text{CLP } 547,22$$

En las tablas siguientes se muestra un resumen de los principales valores obtenidos de la evaluación de las alternativas de canales.

**Tabla 6-1 Presupuesto para Efectos Comparativos. Alternativa 1**

Escenario 1: Situación Actual Recubrimientos Red de Riego

ALTERNATIVA 1							
Canal	Ítem 1. Corte			Ítem 1. Relleno			Total Canal (\$)
	Cant. (m <sup>3</sup> )	P.U (\$)	Total (\$)	Cant. (m <sup>3</sup> )	P.U (\$)	Total (\$)	
Tronco Ribera Norte	18	4.850	88.755	61	2.636	160.796	249.551
Revestido Comunero	145	4.850	704.220	484	2.636	1.275.824	1.980.044
La Punta de Codegua	314	4.850	1.521.930	1.046	2.636	2.757.256	4.279.186
Candelaria	62	4.850	298.275	205	2.636	540.380	838.655
El Peumal	5	4.850	26.190	18	2.636	47.448	73.638
Tronco Ribera Sur	61	4.850	295.365	203	2.636	535.108	830.473
La Leonera	70	4.850	340.470	234	2.636	616.824	957.294
Carlino	122	4.850	592.185	407	2.636	1.072.852	1.665.037
<b>Total Costo Directo (\$)</b>							<b>10.873.878</b>
<b>Total Costo Directo (US\$)</b>							<b>19.871</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6-2 Presupuesto para Efectos Comparativos. Alternativa 2**

ALTERNATIVA 2										
Canal	Ítem 1. Corte			Ítem 1. Relleno			Ítem 3. Hormigón			Total Canal (\$)
	Cant. (m <sup>3</sup> )	P.U (\$)	Total (\$)	Cant. (m <sup>3</sup> )	P.U (\$)	Total (\$)	Cant. (m <sup>3</sup> )	P.U (\$)	Total (\$)	
Tronco Ribera Norte	18	4.850	88.755	61	2.636	160.796	177	67.660	11.975.820	12.225.371
Revestido Comunero	145	4.850	704.220	484	2.636	1.275.824	1.334	67.660	90.258.440	92.238.484
La Punta de Codegua	314	4.850	1.521.930	1.046	2.636	2.757.256	2.882	67.660	194.996.120	199.275.306
Candelaria	62	4.850	298.275	205	2.636	540.380	565	67.660	38.227.900	39.066.555
El Peumal	33	4.850	158.595	109	2.636	287.324	304	67.660	20.568.640	21.014.559
Tronco Ribera Sur	10	4.850	48.015	33	2.636	86.988	103	67.660	6.968.980	7.103.983
La Leonera	70	4.850	340.470	234	2.636	616.824	644	67.660	43.573.040	44.530.334
Carlino	122	4.850	592.185	407	2.636	1.072.852	1.178	67.660	79.703.480	81.368.517
<b>Total Costo Directo (\$)</b>										<b>496.823.109</b>
<b>Total Costo Directo (US\$)</b>										<b>907.904</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como puede apreciarse en los cuadros anteriormente mencionados, se obtiene un aumento importante en los valores las obras a realizarse considerando un revestimiento en hormigón H20 de la red de canales de riego.

El movimiento de materiales considerado tiene ese valor debido a que se ha estimado por el tamaño de los canales de riego que se van a mejorar, los cuales tienen un tamaño reducido y dicho trabajo en su mayoría deberá realizarse en forma manual y no con maquinaria, en este caso se ha considerado que un 20% de los trabajos de excavación se realizará con maquinaria y el resto 80% deberá desarrollarse en forma manual.

Con respecto a los rellenos, en aquellos canales en que es necesario desarrollar el relleno de las laderas de este, tenemos que primero se ha considerado desarrollar un relleno con material del mismo canal y posteriormente completar con un relleno del tipo estructural para luego colocar la capa de hormigón o en su defecto dejarlo funcionando en tierra, para este caso, se ha considerado que un 80% del relleno se realizará con material excavado del propio canal y un 20% será de relleno estructural.

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 entregue 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. En este caso una vez terminados la totalidad de los trabajos de terreno (topográfico y geotécnico), se procederá a afinar la solución de los tipos de canales de riego a utilizarse, estandarizándose los tamaños de estos, según el caudal a portear por estos, uniformando las pendientes del sistema.

Otro análisis realizado tiene relación con las bocatomas del sistema, ya que se ha considerado el mejoramiento de tres bocatomas las cuales, según el catastro realizado en las etapas anteriores del estudio, se encuentran en mal estado y necesitan de un mejoramiento y reconstrucción.

Los valores estimados de construcción de estos tipos de bocatomas, se muestran a continuación:

**Tabla 6-3 Precio Unitario Bocatoma para Efectos Comparativos. Canal Tronco Ribera Norte y Tronco Ribera Sur**

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P.U (\$)	Total (\$)
<b>1</b>	<b>Generales</b>				<b>172.959</b>
1.1	Roce	m <sup>2</sup>	113	197	22.261
1.2	Descepe	m <sup>2</sup>	57	2.342	133.494
1.3	Escarpe	m <sup>2</sup>	11	1.564	17.204
<b>2</b>	<b>Movimiento de Tierras</b>				<b>238.178</b>
2.1	Excavaciones a mano terreno común	m <sup>3</sup>	35	4.524	158.340
2.2	Terraplén con material de excavación	m <sup>3</sup>	22	3.629	79.838
<b>3</b>	<b>Obras de Hormigón</b>				<b>6.913.905</b>
3.1	Hormigón emplantillado e=0.05 m	m <sup>2</sup>	61	5.289	322.629
3.2	Hormigón H20 con moldaje	m <sup>3</sup>	32	108.396	3.468.672
3.3	Armadura acero A63-42H	kg	2.268	1.363	3.091.284
3.4	Sello elástico SYKAFLEX	m	6	5.220	31.320
<b>4</b>	<b>Obras Varias</b>				<b>1.033.951</b>
4.1	Compuertas metálica de acondicionamiento mecánico	kg	127	5.263	668.401
4.2	Regla limnimétrica	ud	1	16.630	16.630
4.3	Suministro e instalación enrocado w=300 kg	m <sup>3</sup>	11	31.720	348.920
<b>Total Costo Directo (\$)</b>					<b>8.358.993</b>
<b>Total Costo Directo (US\$)</b>					<b>15.275</b>

Fuente: Elaboración Propia

De esta forma los valores de presupuestos de bocatoma para cada uno de estos canales quedan de la siguiente manera:

Costo Directo Bocatoma Canal Tronco Ribera Sur = US\$ 15.275.-

Costo Directo Bocatoma Canal Tronco Ribera Norte = US\$ 15.275.-

De la misma manera se ha procedido a determinar los valores en costo directo de la bocatoma del canal El Peumal, el cual se ilustra en las tablas siguientes:

Tabla 6-4 Precio Unitario Bocatoma para Efectos Comparativos. Canal El Peumal

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P.U (\$)	Total (\$)
<b>1</b>	<b>Generales</b>				<b>8.600</b>
1.1	Roce	m <sup>2</sup>	4	197	788
1.2	Descepe	m <sup>2</sup>	2	2.342	4.684
1.3	Escarpe	m <sup>2</sup>	2	1.564	3.128
<b>2</b>	<b>Movimiento de Tierras</b>				<b>12.677</b>
2.1	Excavaciones a mano terreno común	m <sup>3</sup>	2	4.524	9.048
2.2	Terraplén con material de excavación	m <sup>3</sup>	1	3.629	3.629
<b>3</b>	<b>Obras de Hormigón</b>				<b>233.002</b>
3.1	Hormigón emplantillado e=0.05 m	m <sup>2</sup>	2	5.289	10.578
3.2	Hormigón H20 con moldaje	m <sup>3</sup>	1	108.396	108.396
3.3	Armadura acero A63-42H	kg	76	1.363	103.588
3.4	Sello elástico SYKAFLEX	m	2	5.220	10.440
<b>4</b>	<b>Obras Varias</b>				<b>101.122</b>
4.1	Compuertas metálica de acondicionamiento mecánico	kg	4	5.263	21.052
4.2	Regla limnimétrica	ud	1	16.630	16.630
4.3	Suministro e instalación enrocado w=300 kg	m <sup>3</sup>	2	31.720	63.440
<b>Total Costo Directo (\$)</b>					<b>355.401</b>
<b>Total Costo Directo (US\$)</b>					<b>649</b>

Fuente: Elaboración Propia

Los últimos mejoramientos que se evaluaron son necesarios de realizar en los canales de la red matriz, tienen referencia con los cambios de obras de alcantarillas, cuyas capacidades no admitían el caudal estimado a repartirse, el resumen de estas obras y sus presupuestos son los siguientes:

Tabla 6-5 Presupuesto para Efectos Comparativos. Alcantarillas

Canal	Alcantarilla de Hormigón					
	Ø (mm)	L Unitaria (m)	Cant. (ud)	L Total (m)	P.U (\$)	Total (\$)
Revestido Comunero	800	3	3	9	345.742	3.111.678
La Punta de Codegua	800	3	3	9	345.742	3.111.678
Candelaria	800	3	1	3	345.742	1.037.226
Tronco Ribera Sur	1.200	3	1	3	518.614	1.555.842
Carlino	900	5	1	5	388.960	1.944.799
<b>Total Costo Directo (\$)</b>						<b>10.761.223</b>
<b>Total Costo Directo (US\$)</b>						<b>19.665</b>

Fuente: Elaboración Propia

En base a los presupuestos anteriormente realizados para cada una de las partidas consideradas, se tiene el siguiente presupuesto preliminar del mejoramiento de las obras de riego:

**Tabla 6-6 Presupuesto para Efectos Comparativos. Totales Mejoramiento Canales Matrices y Derivados Principales**

<b>Ítem</b>	<b>Costo Directo (\$)</b>
Mejoramiento Red de Canales Alternativa 1	10.550.689
Mejoramiento Red de Canales Alternativa 2	496.823.109
Bocatomas	17.073.387
Alcantarillas	10.761.223
<b>Total Costo Directo Alternativa 1 (\$)</b>	<b>38.385.299</b>
<b>Total Costo Directo Alternativa 1 (US\$)</b>	<b>70.146</b>
<b>Total Costo Directo Alternativa 2 (\$)</b>	<b>524.657.719</b>
<b>Total Costo Directo Alternativa 2 (US\$)</b>	<b>958.769</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como puede apreciarse, en base a los supuestos realizados, la alternativa más económica es realizar un mejoramiento en la red actual de canales matrices, sin realizar el revestimiento, con un costo de US\$ 70.146.

La segunda alternativa que incluye un revestimiento de los canales matrices es de un valor más elevado, US\$ 958.769.

Al analizar las alternativas de riego que involucran cada una de estas alternativas, se tiene que se aumenta de 3.175 ha con la alternativa 1 a 3.557 Has con la alternativa 2, es decir se logra un aumento de aproximadamente un 10% en las hectáreas beneficiadas por el proyecto.

Desde el punto de vista operacional es más conveniente trabajar con una red de canales matrices completamente revestida.

En base a lo anterior, la representación de cual alternativa es más conveniente desde el punto de vista económico, deberá ser evaluado mediante un análisis económico considerando los beneficios económicos de las hectáreas beneficiadas con riego de cada una de estas alternativas.

Considerando la Alternativa N°2, el costo aproximado de las obras de riego por m de canal es de 46 US\$/m, o lo que es equivalente a 46.000 US\$/km.

Los presupuestos aquí entregados corresponden a valores a nivel de anteproyecto con costos directos, no se ha considerado instalación de faenas ni el valor del IVA o Gastos Generales.

Una vez se tengan los trabajos totales de topografía para la red de riego, se realizará un afinamiento completo de los valores aquí entregados, sobretodo en el ítem correspondiente a pendientes y geometrías del canal.

## 6.2 Inversiones Totales por Alternativa de Emplazamiento de Embalse

A continuación se presenta una estimación de costos por alternativa, los cuales sólo considera las grandes partidas de la presa y sus obras anexas. La totalización de inversión de cada alternativa considera moneda de enero 2014, con un valor de 1USD = 547.22. Se consideran costos directos, sin gastos generales, utilidades e impuestos (sin IVA). Es importante destacar que los valores entregados se utilizan sólo con fines comparativos entre las alternativas de emplazamiento y no corresponde a un presupuesto definitivo, por lo que no consideran valores de instalación de faenas, IVA y gastos generales.

Las siguientes tablas muestran en detalle las inversiones por obra para los 3 emplazamientos considerados:

Tabla 6-7 Estimación de Costos Alternativa N°1 para Efectos de Comparación. Grandes Partidas Presa y Obras Anexas

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	P.U. (\$)	ALTERNATIVA N°1	
				CANTIDAD	PRECIO TOTAL (USD)
<b>1</b>	<b>EVACUADOR DE CRECIDAS</b>				
1.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	2,218	17,730	71,863
1.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	70,920	881,413
	<b>TOTAL EVACUADOR DE CRECIDAS</b>				<b>953,277</b>
<b>2</b>	<b>TÚNEL DE DESVÍO</b>				
2.1	Portal de Entrada Túnel de Desvío				
2.1.1	Excavación CN	m <sup>3</sup>	1,806	214	706
2.1.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	856	10,639
2.2	Portal de Salida Túnel de Desvío				
2.2.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	1,806	688	2,269
2.2.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	2,750	34,183
2.3	Túnel				
2.3.1	Excavación Subterránea	m <sup>3</sup>	82,000	8,200	1,228,756
	<b>TOTAL TÚNEL DE DESVÍO</b>				<b>1,276,553</b>
<b>3</b>	<b>PRESA</b>				
3.1	Rellenos				
3.1.1	Zona 1	m <sup>3</sup>	3,300	35,504	214,106
3.1.2	Zona 2A	m <sup>3</sup>	7,842	3,187	45,673
3.1.3	Zona 2B	m <sup>3</sup>	6,272	30,265	346,894
3.1.4	Zona 3B	m <sup>3</sup>	2,361	489,705	2,112,491
3.1.5	Zona 3C	m <sup>3</sup>	2,361	464,734	2,004,770
3.1.6	Zona 3D	m <sup>3</sup>	4,025	9,943	73,129
3.1.7	Zona 4	m <sup>3</sup>	44,074	7,308	588,594
3.2	Hormigones				
3.2.1	Pantalla (H-20)	m <sup>3</sup>	90,000	11,222	1,845,574
	<b>TOTAL PRESA</b>				<b>7,231,231</b>
<b>4</b>	<b>PLINTO</b>				
4.1	Hormigón (H-20)	m <sup>3</sup>	90,000	1,550	254,925
4.2	Excavación				
4.2.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	1,470	456	1,225
4.2.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	1,824	22,669
	<b>TOTAL PLINTO</b>				<b>278,819</b>
	<b>TOTAL OBRAS</b>				<b>9,739,880</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6-8 Estimación de Costos Alternativa N°2 para Efectos de Comparación. Grandes Partidas Presa y Obras Anexas

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	P.U. (\$)	ALTERNATIVA N°2	
				CANTIDAD	PRECIO TOTAL (USD)
<b>1</b>	<b>EVACUADOR DE CRECIDAS</b>				
1.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	2,218	23,726	96,168
1.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	94,906	1,179,513
	<b>TOTAL EVACUADOR DE CRECIDAS</b>				<b>1,275,681</b>
<b>2</b>	<b>TÚNEL DE DESVÍO</b>				
2.1	Portal de Entrada Túnel de Desvío				
2.1.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	1,806	1,653	5,457
2.1.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	6,614	82,196
2.2	Portal de Salida Túnel de Desvío				
2.2.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	1,806	287	947
2.2.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	1,147	14,258
2.3	Túnel				
2.3.1	Excavación Subterránea	m <sup>3</sup>	82,000	7,290	1,092,394
	<b>TOTAL TÚNEL DE DESVÍO</b>				<b>1,195,251</b>
<b>3</b>	<b>PRESA</b>				
3.1	Rellenos				
3.1.1	Zona 1	m <sup>3</sup>	3,300	42,527	256,458
3.1.2	Zona 2A	m <sup>3</sup>	7,842	3,282	47,030
3.1.3	Zona 2B	m <sup>3</sup>	6,272	31,164	357,201
3.1.4	Zona 3B	m <sup>3</sup>	2,361	504,255	2,175,258
3.1.5	Zona 3C	m <sup>3</sup>	2,361	478,542	2,064,337
3.1.6	Zona 3D	m <sup>3</sup>	4,025	10,238	75,302
3.1.7	Zona 4	m <sup>3</sup>	44,074	8,811	709,648
3.2	Hormigones				
3.2.1	Pantalla (H-20)	m <sup>3</sup>	90,000	12,108	1,991,375
	<b>TOTAL PRESA</b>				<b>7,676,608</b>
<b>4</b>	<b>PLINTO</b>				
4.1	Hormigón (H-20)	m <sup>3</sup>	90,000	1,557	256,076
4.2	Excavación				
4.2.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	1,470	1,487	3,995
4.2.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	5,948	73,923
	<b>TOTAL PLINTO</b>				<b>333,994</b>
	<b>TOTAL OBRAS</b>				<b>10,481,534</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6-9 Estimación de Costos Alternativa N°3 para Efectos de Comparación. Grandes Partidas Presa y Obras Anexas

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	P.U. (\$)	ALTERNATIVA N°3	
				CANTIDAD	PRECIO TOTAL (USD)
<b>1</b>	<b>EVACUADOR DE CRECIDAS</b>				
1.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	2,218	35,742	144,872
1.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	142,970	1,776,865
	<b>TOTAL EVACUADOR DE CRECIDAS</b>				<b>1,921,737</b>
<b>2</b>	<b>TÚNEL DE DESVÍO</b>				
2.1	Portal de Entrada Túnel de Desvío				
2.1.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	1,806	223	735
2.1.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	890	11,066
2.2	Portal de Salida Túnel de Desvío				
2.2.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	1,806	224	739
2.2.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	896	11,136
2.3	Túnel				
2.3.1	Excavación Subterránea	m <sup>3</sup>	82,000	7,047	1,055,981
	<b>TOTAL TÚNEL DE DESVÍO</b>				<b>1,079,657</b>
<b>3</b>	<b>PRESA</b>				
3.1	Rellenos				
3.1.1	Zona 1	m <sup>3</sup>	3,300	53,823	324,579
3.1.2	Zona 2A	m <sup>3</sup>	7,842	4,325	61,985
3.1.3	Zona 2B	m <sup>3</sup>	6,272	41,074	470,784
3.1.4	Zona 3B	m <sup>3</sup>	2,361	664,598	2,866,947
3.1.5	Zona 3C	m <sup>3</sup>	2,361	630,709	2,720,756
3.1.6	Zona 3D	m <sup>3</sup>	4,025	13,493	99,246
3.1.7	Zona 4	m <sup>3</sup>	44,074	9,848	793,169
3.2	Hormigones				
3.2.1	Pantalla (H-20)	m <sup>3</sup>	90,000	14,774	2,429,763
	<b>TOTAL PRESA</b>				<b>9,767,229</b>
<b>4</b>	<b>PLINTO</b>				
4.1	Hormigón (H-20)	m <sup>3</sup>	90,000	1,817	298,838
4.2	Excavación				
4.2.1	Excavación TCN	m <sup>3</sup>	1,470	2,926	7,861
4.2.2	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	6,801	11,705	145,470
	<b>TOTAL PLINTO</b>				<b>452,169</b>
	<b>TOTAL OBRAS</b>				<b>13,220,791</b>

Fuente: Elaboración Propia

### **6.3 Comparación Técnico – Económica de los Sitios de Embalse**

A continuación se presenta un análisis que abarcan las principales consideraciones a tomar en cuenta para la definición de la mejor alternativa de emplazamiento de embalse en el Estero Codegua, sobre la base de la información existente hasta el desarrollo de la presente Consultoría.

Se han definido tres alternativas para el emplazamiento de un embalse en el Estero Codegua, entre las cuales se debe seleccionar una para continuar con los estudios y evaluaciones. Para la definición de las características principales de cada uno de los emplazamientos se ejecutaron Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) y se desarrolló un estudio geológico – geotécnico del área de estudio.

#### **6.3.1 Análisis Técnico**

Como se menciona anteriormente, existe una clara homogeneidad en las condición geológico geotécnico en los 3 sitios de embalse propuesto, lo cual se debe a la cercanía entre cada una de las alternativas.

En general, para los 3 sitios se reconoce la existencia de roca de buena calidad geológica en las laderas o apoyos. En el caso de la Alternativa N°1 existe una mayor presencia de sedimentos aguas arriba de la ladera derecha, debido a la confluencia de la quebrada “El Bolsón”. Las alternativas N°2 y N°3 presentan mayor desarrollo de sedimentos coluviales en su ladera derecha, lo cual representa una desventaja frente a la alternativa N°1.

En base a los resultados obtenidos del Modelo Operacional Simplificado del Embalse se puede concluir que la alternativa con mayor número de hectáreas beneficiadas en todos los escenarios con un embalse de capacidad 9Hm<sup>3</sup> es la N°1, lo cual se debe principalmente al aporte que tiene la quebrada “El Bolsón”, permitiendo un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles.

La proyección futura más real en criterios de modelación, es más favorable para la Alternativa 1 beneficiando un total de 3.557 ha, ligeramente inferior la Alternativa 2 que alcanza 3.549 ha, El resultados de la Alternativa 3 es del orden de 3.003.

#### **6.3.2 Análisis Económico**

La comparación de costos entre los sitios de embalse considera las grandes partidas de las obras que conforman a cada uno de ellos., por lo cual no se incluyen en la evaluación aspectos que son idénticos para las 3 soluciones, como las obras de entrega y el mejoramiento de la red de canales.

La estimación de costos totales para efectos del análisis económico se realizó tomando como base los valores estimados de las grandes partidas del embalse entregados en la Tabla 6-7, Tabla 6-8 y Tabla 6-9, a los cuales se le agregaron los costos de la obra de entrega a riego, expropiaciones y mitigación de impactos ambientales como un porcentaje del costo de la presa. Dichos porcentajes se desarrollaron con antecedentes del Consultor, basado en estudios de cuencas cercanas a la del Estero Codegua.

De forma adicional se incluye el costo obtenido del análisis de mejoramiento de la red de canales, el cual aplica en igual medida para cada una de las alternativas de embalse; considerando el costo de la alternativa N°2, la cual incluye un revestimiento en hormigón de los canales matrices y derivados principales.

La siguiente tabla muestra la comparación económica de las alternativas de embalse:

Tabla 6-10 Estimación de Costos por Alternativa para Efectos Comparativos

Alt. N°	Vol. Muro (Hm <sup>3</sup> )	Precio Cuerpo Presa (MUS\$)	Obras Civiles(MUS\$)			Expropiaciones (MUS\$) (11%) (*)	Plan de Manejo Ambiental (MUS\$) (4%) (*)	Canales (MUS\$) (**)	Precio Total (MUS\$)
			Evacuador de Crecidas	Túnel de Desvío	Obra de Entrega a Riego (6%) (*)				
1	1.04	7,510	953	1,277	451	826	300	959	12,276
2	1.08	8,011	1,276	1,195	481	881	320	959	13,123
3	1.41	10,219	1,922	1,080	613	1124	409	959	16,326

(\*) Porcentaje estimado entre el costo de la partida correspondiente y el costo del cuerpo de presa.

(\*\*) Presupuesto obtenido para efectos comparativos considerando la Alternativa de Mejoramiento de Canales N°2

Fuente: Elaboración Propia

La comparación de alternativas indica que desde el punto de vista económico, la Alternativa N°1 resulta del orden de un 35% más económica que la Alternativa N°3 y un 7% más económica que la Alternativa N°2. La diferencia de costos se ve reflejado en un aumento del volumen total de la presa en el caso de la Alternativa N°3, y un aumento en las cubriciones de las obras anexas en general para el caso de la Alternativa N°2.

De acuerdo a los antecedentes técnicos y económicos expuestos anteriormente, se concluye que la alternativa de emplazamiento más beneficiosa para el Embalse corresponde a la Alternativa N°1.