



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL



“MEJORAMIENTO DEL RIEGO EN RÍO ACHIBUENO,

REGIÓN DEL MAULE”

MARZO – 2011



INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	ANTECEDENTES DISPONIBLES.....	5
2.1	ESTUDIOS ANTERIORES.....	5
3.	DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DEL VALLE.....	7
3.1	SUELOS.....	7
3.2	CLIMA Y AGROCLIMA	8
3.3	SECTORIZACIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DE LA PROPIEDAD	10
3.4	USO ACTUAL DEL SUELO	13
4.	SITUACIÓN FUTURA DEL VALLE CON PROYECTO	15
4.1	ESTRUCTURA DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO (AGREGAR NUEVA SITUACIÓN FUTURA) 15	
4.2	DEMANDA DE AGUA SITUACIÓN FUTURA:	16
5.	ESTUDIOS BÁSICOS.....	18
5.1	CLIMA Y METEOROLOGÍA.....	18
5.1.1	DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA GENERAL:	18
5.2	GEOMORFOLOGÍA.....	19
5.3	HIDROGRAFÍA	20
5.4	ORGANIZACIÓN DE USUARIOS.....	21
5.4.1	SITUACIÓN LEGAL JUNTA DE VIGILANCIA RÍO ACHIBUENO	21
5.4.2	SITUACIÓN DE CANALES CON DERECHOS COMPARTIDOS	22
5.4.3	SITUACIÓN LEGAL CANALES DE LA JUNTA DE VIGILANCIA	22
5.4.4	ANÁLISIS LEGAL ORGANIZACIONES DE USUARIOS SEGUNDA SECCIÓN DEL RÍO ACHIBUENO	24
5.4.5	DERECHOS DE APROVECHAMIENTO Y SU DISTRIBUCIÓN	25
5.5	HIDROLOGÍA.....	28
5.6	GENERALIDADES.....	28
5.7	CÁLCULO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES	29
6.	ANÁLISIS Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	31
7.	PROYECTO DE PRESA Y OBRAS ANEXAS.....	32
7.1	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS:	32
7.2	COSTOS DE LAS OBRAS.....	34
7.3	OPERACIÓN DE LAS OBRAS Y MANTENCIÓN	36



7.4	MITIGACIÓN AMBIENTAL.....	36
8.	BENEFICIOS AGROECONÓMICOS DEL PROYECTO.....	37
8.1	METODOLOGÍA DE TRABAJO	37
9.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	38
9.1	CRITERIOS DE EVALUACIÓN UTILIZADOS.....	38
9.2	OTROS CRITERIOS CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	38
9.3	SENSIBILIZACIÓN	39
9.4	BENEFICIOS ADICIONALES DEL PROYECTO.....	39
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40

1. INTRODUCCIÓN

La región del Maule, en la cual se encuentra ubicada la hoya hidrográfica del Río Achibueno, se extiende entre el 34°41' y el 36°33' de latitud Sur. Limita al Norte con la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, al Sur con la región del Bío-Bío, al Oeste con el Océano Pacífico y al Este con el límite internacional de la república de Argentina. La superficie regional es de 30.469,1 km², que representa el 4.0% de la superficie Nacional, excluyendo el territorio Chileno Antártico. Su población alcanza a un total de 904.104 habitantes, lo que corresponde al 6% del país.

El denominado “Sistema Melado” es un conjunto de obras de conducción formado por la red de canales particulares que captan sus aguas desde los ríos Ancoa y Achibueno y el Canal Melado Fiscal que refuerza a los canales anteriores mediante el traspaso de aguas desde el valle del Río Melado hacia el valle Central a través del Canal y Túnel Melado que trasvasa hacia el Río Ancoa.

La zona de influencia del “Sistema Melado” abarca desde el Río Putagán por el Norte hasta el Río Longavi por el Sur y desde la vertiente occidental del Cordón del Melado por el Oriente hasta el Río Loncomilla por el Poniente. El área señalada contaba, hasta antes de la construcción del Canal Melado, sólo con los recursos de los Ríos Ancoa y Achibueno y de algunos esteros menores muy escasos de caudal. Estos cauces naturales, al no disponer de hoya nival, tienen abundancia de recursos hídricos en Invierno y Primavera, pero bajan bruscamente su caudal a fines de Primavera y comienzos de Verano. Esto fue subsanado en gran medida con el trasvase desde el Río Melado, afluente del Maule, que por disponer de una hoya alta nival, cuenta con recursos abundantes y seguros durante toda la temporada de riego.

El “Sistema Melado”, que combina los recursos de aguas del Río Melado con los de los Ríos Ancoa y Achibueno, permite regar actualmente en forma permanente unas 25.000 hectáreas del total de aproximadamente 80.000 hectáreas arables en su área de influencia. Esta situación experimentará una notable mejoría con la incorporación del Embalse Ancoa actualmente en plena fase de construcción y con una futura regulación del Río Achibueno, motivo del presente “Estudio de Perfil”.

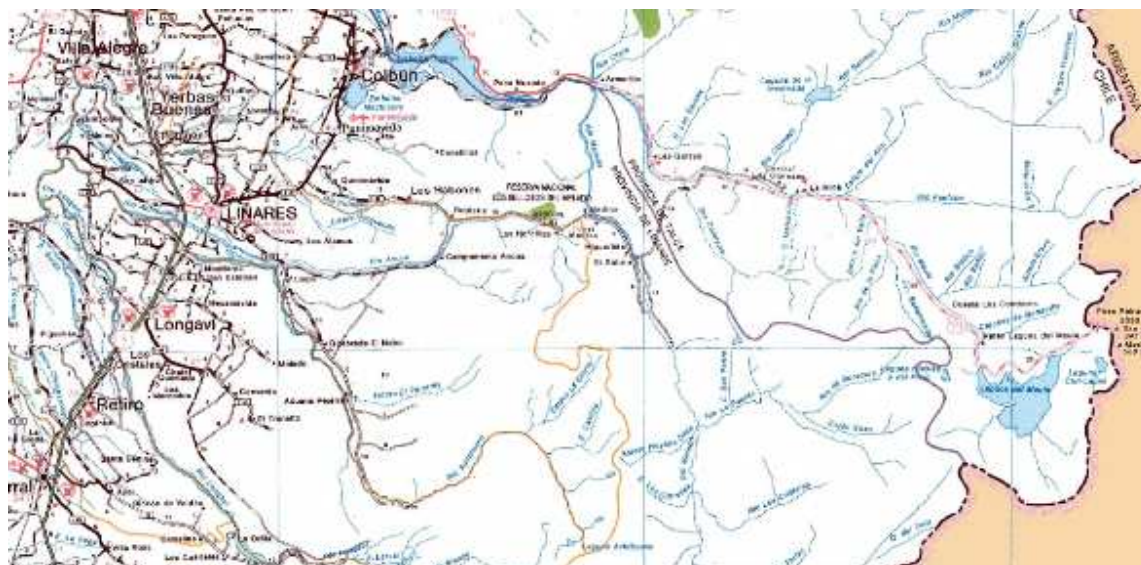


Fig. 1-1 Mapa de ubicación con la red hidrográfica fundamental y principales localidades y caminos. (1)

2. ANTECEDENTES DISPONIBLES

2.1 ESTUDIOS ANTERIORES

Uno de los primeros Estudios Integrales de Riego realizados por la CNR fue el “Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Maule”, a nivel de prefactibilidad, realizado por CEDEC (Consortio Cade – Idepe – Hidroconsult) en 1978. Este Estudio tenía entre sus principales objetivos definir si era conveniente para el sector agrícola, de acuerdo a lo solicitado por el Banco Mundial que financiaría el Complejo Hidroeléctrico Colbún – Machicura, una regulación del Río Maule en el emplazamiento preseleccionado para las centrales hidroeléctricas. La conclusión fue que dicha regulación era beneficiosa para mejorar la seguridad de riego de la cuenca, sin que el sector agrícola tuviera que financiar las obras hidráulicas involucradas.

El esquema fundamental de mejoramiento de la seguridad de riego de los principales ríos de la Cuenca (Putagán, Ancoa, Achibueno, Liguay, Longaví y Perquillauquén) se basaba en el Canal Linares con una capacidad en bocatoma de 90 m³/s que captando en el Canal de Descarga de Machicura, se desarrollaba de Norte a Sur entregando sus aguas a los ríos antes mencionados, permitiendo incorporar 95.863 hectáreas de nuevo riego y mejorar la seguridad de 85.168 hectáreas. Este proyecto no se pudo materializar principalmente debido al cambio legal en los derechos de aprovechamiento de aguas vigente a partir del Código de Aguas de 1981.

El Estudio CNR – Cedec analizó varias alternativas de regulación complementarias en los ríos atravesados por el Canal Linares. Para el caso del Río Achibueno se estudió las presas Montecillos, Colliguay, La Recova y El Peñón. Como resultado de este análisis comparativo se concluyó que el Embalse La Recova, con una capacidad de regulación de 199 Hm³ y una altura de muro de 70 m es el que presentaba las mejores características técnicas, con una relación agua/muro de 64. Se beneficiaría unas 37.000 hectáreas del sector comprendido entre los Ríos Achibueno y Longaví. Sin embargo, se plantea limitantes en relación a sus fundaciones y a la superficie agrícola inundada, factores que debieran estudiarse con mayor profundidad.

Entre los estudios más recientes en el sector de interés se pueden mencionar los siguientes:

- Estudio de Prefactibilidad Unificación de Bocatomas río Achibueno. Dirección de Obras Hidráulicas. Región del Maule. 2001, efectuado por la firma Consultora PRISMA INGENIERÍA LIMITADA INGENIEROS CONSULTORES.
- Estudios tanto de Factibilidad como de Diseño del Sistema Embalse Ancoa, realizado por SMI Ltda., durante 2002 - 2005. En estos documentos se encuentra el estudio agronómico realizado en la zona del proyecto Ancoa, donde consideró la información del estudio de Prisma para el sector de Achibueno.
- “Plan Maestro de Manejo de Cauces Cuencas de los Ríos Longaví y Achibueno, VII Región”, también realizado por la firma PRISMA INGENIERÍA LIMITADA INGENIEROS CONSULTORES para la DOH en el 2004.
- “Estudio de Negocio de Riego Proyecto Embalse Ancoa VII Región del Maule”, realizado para la DOH por AC Ingenieros Consultores Ltda., en los años 2004 – 2005. “Estudio de Factibilidad Construcción Embalse Ancoa VII Región”, realizado para la DOH por SMI Ltda. en el año 2004.
- Programa de Transferencia Para el Desarrollo del Riego en Ancoa. Realizado por la CNR el año 2010.



-
- “Estudio de Factibilidad Mejoramiento Unificación Bocatomas Río Achibueno, Región del Maule”, realizado para la DOH por SMI Ingenieros, en los años 2009 – 2010.

3. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DEL VALLE

3.1 SUELOS

Los tipos de suelos y su distribución en los distintas áreas de la zona de estudio, se entregan en las siguientes tablas resumen, las cuales se extraen del Estudio de Factibilidad Unificación de Bocatomas Río Achibueno – DOH, 2009- 2010.

El área de estudio y revisión comprende la envolvente determinada para este proyecto y está representada en las Ortofotos Ciren – Corfo: Linares, Mesamávida, El Tránsito, Los Cristales, Río Liguay y Palmilla, todas a escala 1:20.000. Cabe señalar que el material de Ciren es concordante con el presentado en el estudio “Construcción Embalse Ancoa. Estudio de Diseño” de SMI Ltda., año 2005.

Serie	Variación	C.de Uso	C. de Riego	Erosión	C. de Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie
ACHIBUENO	ACH-2	IIIs	2t	0	5	A	2	364,4
COLBUN	CBN-1	IIIs	2s	0	4	C	3	698,5
COLBUN	CBN-2	IIIs	3t	0	5	D	4	53,9
CHIGUAY	CHI-1	IIIw	2s	0	3	C	3	1.056,5
CHIGUAY	CHI-2	IIIs	1t	0	4	B	2	129,5
LINARES	LNS-1	IVs	4s	0	6	D	4	2.334,8
LINARES	LNS-2	VIIs	6	0	6	E	6	181,8
LA OBRA	LOB-1	IIIs	2s	0	4	C	3	2.268,6
LA OBRA	LOB-2	IIIs	2t	0	4	C	3	1.838,9
MAULECURA	MLC-1	IIIs	2s	0	5	B	2	2.695,2
MAULECURA	MLC-3	IIIs	3s	0	5	C	3	2.158,5
MIRAFLORES	MRF-1	IVw	4w	0	2	E	3	636,0
MIRAFLORES	MRF-2	IIIw	3w	0	3	D	3	63,5
MIRAFLORES	MRF-3	VIw	6	0	1	E	5	159,7
PALLMILLA	PAL-1	VIw	3w	0	2	E	5	400,0
PALLMILLA	PAL-2	IIIw	2w	0	3	D	5	96,8
PALLMILLA	PAL-3	IVw	4w	0	2	E	5	104,9
PANIMÁVIDA	PND-3	VIIe	6	2	5	E	7	59,7
PARRAL	PRL-3	IIIw	2w	0	3	C	3	237,2
PUTAGAN	PUT-1	IIIs	2s	0	5	C	3	213,9
MISCELÁNEO ESTERO	ME	VIII	6	0	2	E	8	55,4
MISCELÁNEO PANTANO	MP	VIII	6	0	1	E	8	37,5
MISCELÁNEO RÍO	MR	VIII	6	0	6	E	8	388,3
Total								16.233,5

Tabla 3-1 Características Agrológicas del Área Actualmente Regada.

Cabe señalar que la superficie catastrada en la Tabla 3-1 sólo corresponde a la superficie actualmente regada, la cual deberá ser expandida a la superficie potencial que se pretende abarcar con el proyecto.

En conversaciones con la Junta de Vigilancia del Río Achibueno, estos señalan que la superficie potencial de ser regada con el proyecto de embalse de regulación, podría llegar sin problemas a 45.000 ha, lo anterior se basa, en que debido a la falta de recursos hídricos sólo puede regar 1/3 de la superficie potencial del valle. Además cabe señalar que las cuencas de los ríos Ancoa y Achibueno, poseen una superficie apta para el desarrollo agrícola de 80.000 ha, por lo que aún existen 50.000 ha sin solución al problema de la seguridad de riego, ya que el embalse Ancoa sólo podrá atender 30.000 ha.

Por lo anterior, se estima que la Superficie apropiada que podría atender un proyecto de regulación en la cuenca del río Achibueno, sería de 30.000 ha aproximadamente. Lo anterior se sustenta en la capacidad factible de lograr con un embalse en la zona que no superaría los 200 hm³.

Capacidad de Uso	Superficie	
	ha	%
IIs	3.403,0	21,0
IIIs	7.018,4	43,1
IIIw	1.454,0	9,0
IVs	2.334,8	14,4
IVw	740,9	4,6
VIIs	181,8	1,1
VIw	559,7	3,4
VIIe	59,7	0,4
VIII	481,2	3,0
Total	16.233,5	100,0

Tabla 3-2 Clase de Capacidad de Uso

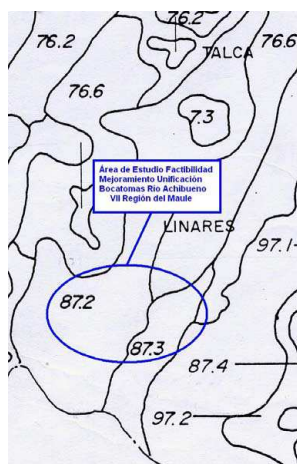
De la Tabla 3-2 se desprende que en el área de estudio el 21% de los suelos posee Capacidad de Uso II, la que no presenta ninguna restricción al desarrollo de distintas especies. Entretanto, los suelos correspondientes a la clasificación III y IV suman el 66,5%, y los no cultivables del orden del 3,4%. De esta manera, el área agrícola alcanza a 15.692 hectáreas. Con relación a la superficie expandida de 30.000 ha, se adopta una similar distribución de tipos de suelos.

3.2 CLIMA Y AGROCLIMA

El área específica de los quince sectores que incluye el presente proyecto, están comprendidos en tres zonas agroclimáticas que abarcan principalmente la parte occidental de la depresión Intermedia.

Los distritos, ubicados en la parte occidental, corresponden al 76.6 y 87.3 definidos por el Atlas Agroclimático y comprende en la VII Región las localidades de Miraflores, Longaví, La Cuarta y Mesamavida, entre otros.

Finalmente, el distrito ubicado en el límite poniente del área de estudio corresponde al 87.2 que incluye, entre otras, a las localidades de Liguay Abajo, Llollinco, Palmilla y La Aguada, entre otros. Para una mayor comprensión del área indicada, se presenta en la Figura 6.3.2.5-1 el plano con los distritos agroclimáticos definidos por Fernando Santibañez, 1993



A continuación se presenta la caracterización de todos los distritos agroclimáticos detectados en el área de estudio:

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	28,9	27,8	24,9	20,9	17,0	14,1	13,0	13,8	16,3	20,3	24,5	27,7	20,8
T. Min	°C	11,6	11,1	9,7	7,9	6,0	4,7	4,2	4,7	5,7	7,5	9,5	11,0	7,8
T. Med	°C	19,3	18,8	16,8	13,8	11,0	9,0	8,2	8,7	10,5	13,3	16,2	18,5	13,8
Suma T.	D.G.	285	263	206	121	66	38	25	34	68	109	194	260	1.658
Hrs. Frío	Horas	0	0	2	26	116	279	341	290	139	38	4	0	1.234
R. Solar	Ly/día	616	586	505	395	284	204	174	204	285	395	506	586	395
H. Relat.	%	61	63	67	73	79	83	86	83	78	72	67	62	73
Precipit.	mm	9,9	11,4	16,6	40,2	140,6	167,5	139,6	116,6	49,8	29,9	17,9	13	753
Evap. Pot.	mm	188,0	177,0	147,0	108,0	65,0	35,0	24,0	35,0	65,0	106,0	147,0	177,0	1272,0
Def. Hidr.	mm	-178,7	-166,2	-130,8	-65,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-15,1	-76,3	-129,5	-164,6	-927,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	132,7	115,7	81,8	0,0	0,0	0,0	0,0	406,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,05	0,06	0,11	0,38	2,17	4,80	5,83	3,34	0,77	0,28	0,12	0,07	0,59
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,3	3,4	2,4	1,0	0,1	0,0	0,0	10,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,0	0,5	3,6	8,0	10,4	8,3	4,8	0,9	0,0	0,0	36,3

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

Tabla 3-3 Características Climáticas del Distrito 76.6

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	30,1	28,9	25,8	21,4	17,1	14,0	12,8	13,5	16,5	20,8	25,3	28,8	21,3
T. Min	°C	12,1	11,6	10,1	8,0	6,0	4,5	4,0	4,5	5,6	7,7	9,8	11,5	8,0
T. Med	°C	20,2	19,3	17,1	14,1	11,1	8,8	8,0	8,6	10,6	13,6	16,8	19,2	13,9
Suma T.	D.G.	312	287	219	129	67	37	24	34	60	117	216	284	1.788
Hrs. Frío	Horas	0	0	1	23	117	295	363	308	141	32	2	0	1.283
R. Solar	Ly/día	624	594	512	400	288	206	176	206	288	400	512	594	400
H. Relat.	%	60	62	67	74	81	86	88	86	80	73	67	62	74
Precipit.	mm	12,9	14	21,3	47,1	152,9	179,9	151,9	126	58	35	22	16	837
Evap. Pot.	mm	192,0	180,7	149,7	107,5	65,2	34,3	23,0	34,3	65,3	107,5	149,8	180,7	1290,0
Def. Hidr.	mm	-179,9	-167,4	-129,0	-60,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,3	-72,8	-128,3	-165,4	-911,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	87,7	145,6	129,0	91,7	0,0	0,0	0,0	0,0	454,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,07	0,08	0,14	0,44	2,34	5,24	6,61	3,67	0,89	0,33	0,15	0,09	0,65
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	2,8	4,2	2,9	1,1	0,1	0,0	0,0	12,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,0	0,4	3,7	8,6	11,3	8,9	4,6	0,7	0,0	0,0	38,3

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

Tabla 3-4 Características Climáticas del Distrito 87.2

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	29,3	28,1	24,9	20,5	16,2	13,0	11,8	12,5	15,5	19,9	24,5	28,0	20,4
T. Min	°C	11,0	10,5	9,1	7,1	5,2	3,8	3,3	3,8	4,8	6,8	8,8	10,4	7,1
T. Med	°C	19,2	18,4	16,2	13,2	10,2	8,0	7,2	7,8	9,7	12,7	15,9	18,3	13,1
Suma T.	D.G.	284	260	195	110	56	25	19	23	50	100	184	257	1.562
Hrs. Frio	Horas	0	0	7	45	190	368	428	381	237	60	9	0	1.725
R. Solar	Ly/día	624	594	511	398	285	202	172	202	285	398	511	594	398
H. Relat.	%	51	63	68	74	81	85	87	85	80	73	67	63	74
Precipit.	mm	17,4	18,5	28,5	60,6	189,8	222,8	187,8	155,8	73,9	45	29	22	1051
Evap. Pot.	mm	187,0	176,0	146,0	105,0	64,0	34,0	23,0	34,0	64,0	105,0	146,0	176,0	1260,0
Def. Hidr.	mm	-169,6	-157,5	-117,5	-44,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-60,0	-117,0	-154,0	-820,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	125,8	188,7	164,7	121,8	10,0	0,0	0,0	0,0	611,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,09	0,11	0,20	0,58	2,97	6,56	8,17	4,59	1,16	0,43	0,20	0,12	0,83
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,2	1,6	4,3	5,9	4,5	2,2	0,3	0,0	0,0	19,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,1	1,3	6,2	11,7	14,5	12,1	7,4	1,9	0,1	0,0	55,4

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

Tabla 3-5 Características Climáticas del Distrito 87.2

3.3 SECTORIZACIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DE LA PROPIEDAD

La sectorización efectuada para el presente estudio incluye quince sectores de riego, los que fueron determinados en función del riego independiente de cada canal o unificación de canales existentes. De esta forma los quince sectores incluyen un total de veinte canales.

Los sectores determinados, de acuerdo a las secciones del río, corresponden a los siguientes:

I Sección:

- Unificado Canales La Cuarta y Mesamávida
- Canal Castro Achibueno
- Canal San Luis
- Canal Tapia Vásquez
- Canal Quiñe
- Canal Cía. Chilena de Fósforos
- Canal Ulises Alarcón o del Alto
- Unificado Canales Bodega, Pando y Vásquez Sur
- Unificado Canales La Aguada y San Gabriel

II Sección:

- Canal Tapia
- Canal Cuellar o Huimeo
- Canal Fuentelaba
- Canal Álvarez
- Canal Bomba Eléctrica
- Unificado Loyola y Pica

En términos generales el área de estos quince sectores se encuentra comprendida entre el Río Achibueno por el norte, Río Liguay por el sur, Estero Lollinco por el sur poniente y por la precordillera al oriente.

Una vez establecida la sectorización del área de interés, se procedió a confeccionar un listado con los beneficiarios del proyecto, utilizando para estos efectos los siguientes antecedentes:

- Catastro de Usuarios de Aguas del Sistema Melado-Achibueno-Putagan, VII Región. Estudio elaborado por la empresa REG para la Dirección General de Aguas en el año 1985.
- Rol Extracto Agrícola del Servicio de Impuestos Internos (Ciren Corfo) para la comuna de Longaví. Incluye registros en Excel con información de Rol S.I.I., identificación de propietario y propiedad y la superficie por calidad de suelos de cada predio.
- Cartografía digitalizada en Autocad de las Ortofotos de propiedades de Ciren Corfo a escala 1:20.000. En esta actividad, una vez actualizada la información, se procedió a determinar las superficies totales de cada propiedad.

En base a las fuentes mencionadas precedentemente, se confeccionó el listado predial por sector o canal de riego. Posteriormente, se efectuó la estratificación de la propiedad agrícola por tamaño según la superficie total de cada una de las propiedades. Esta estratificación se realizó con el objeto de analizar y representar de la mejor forma la encuesta muestral y el posterior diagnóstico de las situaciones actual, optimizada y futura o con proyecto y obtener a partir de ella los Estudios de Casos representativos de cada sector en estudio.

La estratificación adoptada corresponde a la siguiente:

- Estrato de Tamaño 1: Representa a predios entre 0,01 y 1,0 ha, que se dedican esencialmente al cultivo de chacras, hortalizas y manejo de pequeñas huertas frutales. Estas propiedades poseen un escaso nivel tecnológico en sus labores. Muchas de estas propiedades son de carácter habitacional
- Estrato de Tamaño 2: Representa a predios entre 1,01 y 5,01 ha, dedicadas en parte al cultivo de chacras y empastadas. Estas propiedades poseen escaso nivel tecnológico.
- Estrato de Tamaño 3: Representa a predios entre 5,01 y 15,0 ha. Estos predios se dedican básicamente al cultivo de cereales, chacras y empastadas. También en estos predios existen algunos dedicados a la crianza y engorda de ganado y manejo de frutales, viñas y berries.
- Estrato de Tamaño 4: Representa a predios entre 15,01 ha y 25,0 ha. Estas explotaciones poseen un mayor nivel tecnológico que las anteriores, existiendo una mayor intensificación en el manejo de cereales, hortalizas, semilleros y especies frutales.
- Estrato de Tamaño 5: Representa a predios entre 25,01 y 50,0 ha. Estos predios se dedican a la ganadería, frutales, remolacha y forestación, principalmente.

- Estrato de Tamaño 6: Representa a predios mayores de 50,0 ha. Estos predios tienen una mayor intensificación en la fruticultura, especialmente manzanos. Estos predios presentan un alto potencial agrícola y el manejo se efectúa con niveles tecnológicos medios a altos.

Sector	Estrato Tamaño	Superficie		Nº Predios	
		ha	%	Nº	%
1	1: 0 a 1 ha	18,00	0,5	47	24,3
	2: 1,01 a 5 ha	63,60	1,8	22	11,4
	3: 5,01 a 15 ha	433,78	12,2	40	20,7
	4: 15,01 a 25 ha	560,57	15,7	27	14,0
	5: 25,01 a 50 ha	1.477,43	41,4	46	23,8
	6: más 50 ha	1.010,23	28,4	11	5,8
Total Sector 1		3.563,62	100,0	193	100,0
2	2: 1,01 a 5 ha	2,00	0,8	1	14,3
	3: 5,01 a 15 ha	11,40	4,8	2	28,6
	4: 15,01 a 25 ha	17,00	7,2	1	14,3
	5: 25,01 a 50 ha	30,43	12,9	1	14,3
	6: más 50 ha	174,67	75,2	2	28,5
Total Sector 2		235,50	100,9	7	100,0
3	1: 0 a 1 ha	26,46	1,0	49	29,1
	2: 1,01 a 5 ha	99,70	4,0	40	23,8
	3: 5,01 a 15 ha	378,33	15,0	36	21,4
	4: 15,01 a 25 ha	415,82	16,5	22	13,1
	5: 25,01 a 50 ha	443,08	17,6	12	7,1
	6: más 50 ha	1.156,94	45,9	9	5,5
Total Sector 3		2.520,33	100,0	168	100,0
4	1: 0 a 1 ha	13,73	0,7	27	22,8
	2: 1,01 a 5 ha	53,87	2,5	22	18,6
	3: 5,01 a 15 ha	178,71	8,4	18	15,3
	4: 15,01 a 25 ha	516,21	24,2	26	22,0
	5: 25,01 a 50 ha	424,46	19,9	13	11,0
	6: más 50 ha	950,40	44,3	12	10,3
Total Sector 4		2.137,37	100,0	118	100,0
5	2: 1,01 a 5 ha	2,00	0,2	1	9,1
	3: 5,01 a 15 ha	14,80	1,2	1	9,1
	6: más 50 ha	1.232,34	98,6	9	81,8
Total Sector 5		1.249,14	100,0	11	100,0
6	1: 0 a 1 ha	0,25	0,1	1	8,3
	2: 1,01 a 5 ha	7,30	3,7	2	16,7
	3: 5,01 a 15 ha	38,70	19,8	4	33,3
	4: 15,01 a 25 ha	38,53	19,7	2	16,7
	5: 25,01 a 50 ha	110,43	56,7	3	25,0
Total Sector 6		195,21	100,0	12	100,0
7	1: 0 a 1 ha	1,95	0,4	6	22,2
	2: 1,01 a 5 ha	11,60	2,5	6	22,2
	3: 5,01 a 15 ha	51,14	10,8	5	18,5
	4: 15,01 a 25 ha	34,00	7,2	2	7,5
	5: 25,01 a 50 ha	165,48	35,0	5	18,5
	6: más 50 ha	208,00	44,1	3	11,1
Total Sector 7		472,17	100,0	27	100,0
8	1: 0 a 1 ha	15,56	0,9	31	25,6
	2: 1,01 a 5 ha	84,50	4,7	34	28,2
	3: 5,01 a 15 ha	283,93	15,8	27	22,3
	4: 15,01 a 25 ha	174,16	9,7	9	7,4
	5: 25,01 a 50 ha	339,19	18,9	11	9,1
	6: más 50 ha	901,90	50,0	9	7,4
Total Sector 8		1.799,24	100,0	121	100,0

Tabla 3-6 Sectorización Área de Estudio

Sector	Estrato Tamaño	Superficie		Nº Predios	
		ha	%	Nº	%
9	1: 0 a 1 ha	27,37	1,5	65	31,3
	2: 1,01 a 5 ha	158,04	8,4	58	27,9
	3: 5,01 a 15 ha	473,95	25,2	50	24,0
	4: 15,01 a 25 ha	379,79	20,1	20	9,6
	5: 25,01 a 50 ha	273,81	14,6	8	3,8
	6: más 50 ha	568,00	30,2	7	3,4
Total Sector 9		1.880,96	100,0	208	100,0
10	2: 1,01 a 5 ha	8,64	1,4	4	15,4
	3: 5,01 a 15 ha	88,90	14,1	10	38,5
	4: 15,01 a 25 ha	62,99	10,0	3	11,5
	5: 25,01 a 50 ha	202,31	32,1	5	19,2
	6: más 50 ha	267,00	42,4	4	15,4
Total Sector 10		629,84	100,0	26	100,0
11	1: 0 a 1 ha	0,60	0,1	15	29,9
	2: 1,01 a 5 ha	41,41	9,8	14	28,9
	3: 5,01 a 15 ha	56,77	13,5	7	14,4
	4: 15,01 a 25 ha	162,64	38,5	8	16,5
	5: 25,01 a 50 ha	160,51	38,1	5	10,3
Total Sector 11		421,92	100,0	49	100,0
12	1: 0 a 1 ha	1,00	1,7	1	33,3
	2: 1,01 a 5 ha	3,19	5,5	1	33,3
	6: más 50 ha	54,00	92,8	1	33,3
Total Sector 12		58,19	100,0	3	100,0
13	1: 0 a 1 ha	1,32	1,9	2	28,6
	2: 1,01 a 5 ha	14,08	20,3	4	57,0
	6: más 50 ha	54,00	77,8	1	14,4
Total Sector 13		69,40	100,0	7	100,0
14	3: 5,01 a 15 ha	14,20	100,0	1	100,0
Total Sector 14		14,20	100,0	1	100,0
15	2: 1,01 a 5 ha	14,81	3,9	6	31,6
	3: 5,01 a 15 ha	55,58	14,7	6	31,6
	4: 15,01 a 25 ha	23,00	6,1	1	5,3
	5: 25,01 a 50 ha	160,90	42,6	4	21,1
	6: más 50 ha	123,00	32,7	2	10,4
Total Sector 15		377,28	100,0	19	100,0
Total	1: 0 a 1 ha	106,25	0,7	244	25,0
	2: 1,01 a 5 ha	564,74	3,6	215	22,2
	3: 5,01 a 15 ha	2.080,19	13,3	207	21,4
	4: 15,01 a 25 ha	2.384,70	15,3	121	12,5
	5: 25,01 a 50 ha	3.788,03	24,2	113	11,7
	6: más 50 ha	6.700,48	42,9	70	7,2
Total Área Estudio		15.624,38	100,0	970	100,0

Tabla 3-7 Sectorización Área de Estudio (Continuación)

Es importante señalar que la sectorización adoptada, también es válida para la situación con proyecto, asumiendo una superficie de 30.000 ha.

3.4 USO ACTUAL DEL SUELO

El uso actual del suelo se presenta en la Tabla 3-8. Dicha estructura es la base para la posterior expansión tanto a la correspondiente en el uso del suelo como a la de los valores económicos a cada sector y al total del área en estudio.

El suelo sin uso factible de regar, se encuentra generalmente en condiciones de secano improductivo, no lo utilizan. Pueden tener pasto, pero no animales. Esta pradera natural tiene pasto pero sólo hasta noviembre – diciembre, después se seca. La existencia de estos suelos sin riego y sin producción, es producto de que la oferta de agua de riego del actual sistema no lo permite.

En cuanto a los suelos indirectamente productivos, en general, se encuentran ocupados por casas, bodegas, caminos y cercos, entre otros. Cabe precisar que el uso del suelo se ha obtenido inicialmente de los resultados de la encuesta simple en terreno.

Para elaborar la Situación Actual Optimizada del proyecto, se ha considerado la Situación Futura del Proyecto Unificación Bocatomas Río Achibueno DOH 2009, la cual además de establecer mejoras en los sistemas de captación y entrega, contempla la regulación que entregaría el Embalse Ancoa al valle. Ver Numeral 6.10.1 “Criterios de Desarrollo” del citado Estudio.

Superficie de Cultivo en Situación Actual (ha)		
Cultivo	ha	%
Cereales y Chacras		
Arroz	945,35	6,84%
Trigo	341,38	2,47%
Maíz de Grano	524,68	3,80%
Papa	277,69	2,01%
	2.089,10	15,12%
Cultivos Industriales		
Remolacha	580,26	4,20%
Achicoria	450,84	3,26%
Tabaco	388,70	2,81%
Tomate	664,28	4,81%
	2.084,08	15,08%
Semilleros y Hortalizas		
Semillero Maíz	148,31	1,07%
Semillero Maravilla	180,82	1,31%
Semillero Poroto	150,35	1,09%
Lechuga	112,63	0,82%
Maíz Dulce Choclo	122,93	0,89%
Espárrago	288,46	2,09%
Sandía	188,47	1,36%
Tomate	164,51	1,19%
	1.356,48	9,82%
Frutales y Vides		
Avellano	1.335,59	9,67%
Arándano	857,05	6,20%
Frambuesa	819,59	5,93%
Frutilla	419,21	3,03%
Ciruelo	191,12	1,38%
Cerezo	141,46	1,02%
Kiwi	395,64	2,86%
Manzano	1.303,66	9,44%
Nogal	541,60	3,92%
Otros Frutales	112,85	0,82%
Vid vinífera	1.191,51	8,62%
	7.309,28	52,90%
Praderas y Forrajes		
Maíz Silo	97,92	0,71%
Alfalfa	318,69	2,31%
Trébol	13,40	0,10%
Pradera Mixta	358,21	2,59%
	788,22	5,70%
Forestal y Berbecho		
Forestal	74,08	0,54%
Berbecho	115,44	0,84%
	189,52	1,37%
Total Riego	13.816,68	100,0%

Tabla 3-8 Situación Actual Optimizada (Fuente: Estudio de Prefactibilidad Unificación Bocatomas Río Achibueno)

4. SITUACIÓN FUTURA DEL VALLE CON PROYECTO

La Situación con Proyecto corresponde a una estimación realista de los posibles cambios que sufrirá el área estudiada, luego de que se mejore la seguridad de riego predial, o se incorpore nueva superficie al riego, al poner en funcionamiento una obra de Regulación.

Cabe mencionar, que un proyecto de este tipo debe complementarse con un apoyo, tanto en la parte técnica como financiera, dirigido a los agricultores, con el objeto de llegar a expresar al máximo la potencialidad productiva del área y así justificar una inversión de esta envergadura.

Bajo estas consideraciones, la Situación con Proyecto se planificará sobre la base de aquellos rubros que presentan una mejor rentabilidad dentro del negocio agropecuario, teniendo en consideración las expectativas de los productores y la mayor vocación productiva que exponen algunos Sectores de Riego. Es así como en la Situación con Proyecto se deben balancear ambas fuerzas (innovación v/s tradición) y así proponer un plan de desarrollo técnicamente factible.

Con el objeto de que el proyecto de desarrollo resulte acorde con las expectativas de los agricultores y así asegurar las posibilidades de éxito de su adopción, se considera cuales son las directrices de desarrollo que cada productor tiene, según se capturó en estudios realizados.

Infraestructura y Apoyo Institucional y Empresarial

Hasta la década de los ochenta, la VII región centraba su economía casi exclusivamente en la explotación de los recursos naturales. Sin embargo a partir del año 1990 se produjo un fuerte vuelco hacia los procesos agroindustriales destinados a proporcionar valor agregado a las materias primas de origen agrícola. Esto generó un viraje en la orientación de los años anteriores, donde predominaba la actividad de embalaje de frutas de exportación, sin mayor transformación de ellas.

Actualmente la agricultura y la industria manufacturera son las principales actividades económicas de la región. En la agricultura los rubros de mayor relevancia son la fruticultura y vitivinicultura, la horticultura y la explotación forestal. Este sector muestra un gran dinamismo el que está muy asociado al sector exportador siendo uno de los más importantes dentro de la estructura económica de las exportaciones regionales.

4.1 Estructura de la Situación con Proyecto (Agregar Nueva Situación Futura)

Bajo la consideración de los argumentos anteriormente expuestos, se propone un programa de explotación para el valle, el cual se irá completando paulatinamente, tanto a nivel predial como en la expansión de la superficie.

En la Tabla 4-1 se presenta la estructura de cultivos en Situación con Proyecto, considerando para ello que el sistema se encuentra en régimen. Según se aprecia en ella, se favorecieron los rubros frutícolas y de cultivo intensivo, ajustando las superficies de acuerdo a la disponibilidad espacial y capacidad empresarial que presenta cada Sector de Riego.

Superficie de Cultivo en Situación con Proyecto(ha)

Cultivo		
Cereales y Chacras	ha	%
Arroz	2.350	7,69%
Trigo	3.228	10,56%
Maíz de Grano	1.266	4,14%
Papa	1.281	4,19%
Poroto Seco	1.525	4,99%
Subtotal	9.650	31,57%
Cultivos Industriales		
Remolacha	1.578	5,16%
Tomate	344	1,12%
Subtotal	1.922	6,29%
Semilleros y Hortalizas		
Semillero Maíz	275	0,90%
Arveja Verde	304	0,99%
Brocoli	324	1,06%
Cebolla	100	0,33%
Choclo	459	1,50%
Habas	263	0,86%
Espárrago	1.132	3,70%
Poroto Verde	243	0,80%
Sandía	444	1,45%
Tomate Fresco	258	0,84%
Subtotal	3.802,21	12,44%
Frutales y Vides		
Arándano	582	1,90%
Frambuesa	1.794	5,87%
Frutilla	671	2,20%
Kiwi	1.250	4,09%
Manzano	3.377	11,05%
Peral	525	1,72%
Cerezo	819	2,68%
Olivo	955	3,12%
Vid vinífera	708	2,32%
Subtotal	10.680,77	34,94%
Praderas y Forrajes		
Maíz Silo	1.533	5,02%
Alfalfa	2.401	7,86%
Trébol	580	1,90%
Subtotal	4.514,63	14,77%
Total Riego	30.569	100,0%

Tabla 4-1 Situación Futura con Proyecto

4.2 Demanda de Agua Situación Futura:

La demanda de agua para la Situación Futura, se estima a partir de tasas de riego unitarias por hectárea, cuya distribución es mensual y por cada rubro de cultivo definido.

Las tasas de riego unitarias, fueron obtenidas del Estudio de Factibilidad Mejoramiento Unificación Bocatomas Río Achibueno, Región del Maule”, realizado para la DOH por SMI Ingenieros, en los años 2009 – 2010.



Cultivo	DEMANDA DE AGUA ZONA DE PROYECTO m3/MES								
Cereales y Chacras	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Arroz	-	3.933.666	6.864.840	9.067.193	10.248.474	9.568.691	7.598.516	1.981.508	49.262.889
Trigo	558.935	8.704.042	14.488.177	17.131.177	11.140.383	-	-	-	52.022.714
Maiz de Grano	-	580.790	3.418.280	6.555.998	7.099.096	4.547.742	1.767.708	-	23.969.615
Papa	-	365.158	1.443.183	5.279.118	6.452.411	5.232.953	2.965.520	-	21.738.344
Poroto Seco	263.963	4.110.580	6.842.201	8.090.386	5.261.168	-	-	-	24.568.298
Subtotal									
Cultivos Industriales									
Remolacha	-	3.773.739	11.173.207	11.981.851	12.964.669	9.474.341	5.206.120	-	54.573.926
Tomate	-	893.011	1.979.441	2.496.528	2.289.346	1.720.683	-	-	9.379.009
Subtotal									
Semilleros y Hortalizas									
Semillero Maiz	-	124.577	694.420	1.323.750	1.432.617	1.081.679	362.784	-	5.019.827
Arveja Verde	-	243.039	938.442	1.004.942	1.097.945	764.730	413.021	8.905	4.471.024
Brocoli	-	258.815	999.355	1.070.172	1.169.211	814.367	439.830	9.483	4.761.233
Cebolla	-	80.221	309.757	331.707	362.405	252.419	136.328	2.939	1.475.776
Choclo	-	201.194	1.103.162	2.104.239	2.279.634	1.933.516	-	-	7.621.744
Habas	-	210.682	813.501	871.147	951.768	662.916	358.033	7.720	3.875.767
Espárrago	-	1.185.844	3.084.692	3.725.449	3.627.199	-	-	-	11.623.184
Poroto Verde	-	194.593	751.377	804.621	879.085	612.291	330.691	7.130	3.579.787
Sandía	305.409	893.684	1.468.351	1.595.476	1.095.167	-	-	-	5.358.086
Tomate Fresco	-	350.664	780.575	985.291	903.741	678.954	-	-	3.699.224
Subtotal									
Frutales y Vides									
Arándano	-	284.763	974.082	1.682.995	1.825.733	1.243.118	559.031	-	6.569.723
Frambuesa	-	877.699	3.004.356	5.189.834	5.630.861	3.833.723	1.724.903	-	20.261.377
Frutilla	-	151.409	846.957	1.549.929	1.690.770	1.474.297	1.053.144	-	6.766.506
Kiwi	-	263.950	1.862.122	3.597.302	3.905.764	3.642.539	2.848.121	1.454.164	17.573.963
Manzano	-	1.197.489	4.636.091	8.057.975	10.885.714	10.153.012	6.978.109	2.654.718	44.563.109
Peral	-	177.148	788.088	1.412.969	1.650.862	1.401.927	921.970	215.995	6.568.959
Cerezo	-	299.344	1.094.592	1.871.312	2.526.539	2.355.501	1.346.338	-	9.493.626
Olivo	-	706.108	1.819.236	2.891.053	3.135.734	2.925.084	1.763.407	450.595	13.691.216
Vid vinífera	-	346.967	1.186.776	2.049.464	2.223.734	1.865.879	1.283.891	-	8.956.712
Subtotal									
Praderas y Forrajes									
Maiz Silo	-	353.605	2.747.681	4.550.028	4.936.845	4.602.557	-	-	17.190.716
Alfalfa	438.496	2.893.072	4.993.178	6.382.842	6.945.972	6.469.704	5.029.230	2.446.237	35.598.731
Trébol	207.411	1.352.584	2.333.652	2.982.546	3.245.545	3.023.247	2.350.465	1.144.721	16.640.171
Subtotal									
Total Riego	1.774.213	35.008.437	83.439.773	116.637.295	117.858.391	80.335.872	45.437.159	10.384.115	490.875.256

5. ESTUDIOS BÁSICOS

Para el desarrollo del presente Capítulo se tomó como base el último estudio realizado por SMI Ingenieros para la DOH en 2009 - 2010:

5.1 CLIMA Y METEOROLOGÍA

5.1.1 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA GENERAL:

El clima imperante en el área del proyecto es del tipo climático denominado “Templado Cálido con estación seca prolongada de 4 a 5 meses” (DMC).

En esta Región, las precipitaciones son casi exclusivamente de origen frontal y más abundante en invierno. El total de las precipitaciones entre mayo y agosto alcanza al 70% a 75% del total anual.

Entre octubre y marzo ocurre la estación seca, que se prolonga por 4 hasta 6 meses, en que el promedio mensual de precipitaciones alcanza como máximo a 40 mm. En el invierno se presentan intensas nevazones en la cordillera que se constituyen en importantes reservas hídricas para la temporada estival y definen el desarrollo de los sistemas fluviales de la zona.

Los montos anuales de precipitación en la región se desglosan de la siguiente manera:

Precipitación Anual por Ciudad

Localidad	Precipitación (m.m)
Constitución	800
Cabo Carranza	833
Cauquenes	700
Curico	720
Talca	730
Linares	963
Panimávida	2500

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 2009.

Las temperaturas medias anuales varían entre unos 13° y 15° C, observándose algunos sectores como Talca, con temperaturas mayores a las de Santiago, en especial en verano. Los valores menores de temperatura media corresponden a la franja costera y la cordillera y los valores mayores se presentan en la depresión intermedia.

La cercanía del océano y la continentalidad también determinan diferentes niveles de amplitud térmica. La diferencia térmica entre el mes más cálido y el más frío es de 5° a 7° C en la costa (Constitución y Punta Carranza), en cambio alcanza los 13° en Curicó y Cauquenes y 14° en Talca y 13,8° en Linares. También la oscilación térmica diaria es desigual: la diferencia media entre las máximas y las mínimas es inferior a 11° C en Constitución y supera los 14° C en Curicó y Talca.

Para caracterizar esta zona, se presentan los datos meteorológicos de temperatura y precipitación medias mensuales para la ciudad de Linares:

Promedios medios mensuales (°C)

Estación: Linares (35° 51' S / 71° 36' W; 157 m.s.n.m)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
20.8	19.6	16.6	13.2	10.8	8.3	7.6	8.7	10.8	13.6	16.3	19.7	13,8

Temperaturas Mínimas (°C)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
11.9	11.4	8.7	6.4	6.5	4.9	3.6	4.0	5.3	7.5	9.0	11.6

Temperaturas Máximas (°C)

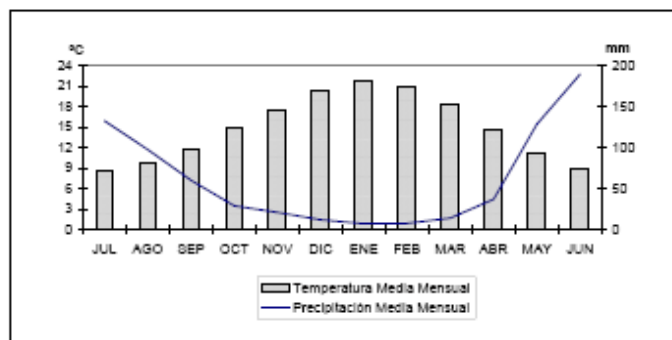
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
29.8	28.5	25.1	20.7	15.6	12.3	12.2	14.0	17.2	20.3	23.5	23.8

Precipitación Media (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
13.1	10.1	20.3	61.9	170.5	208	180.1	128.8	77.3	44.0	29.6	20.2

Fuente: DGA, 2008.

Climograma Estación Meteorológica de Linares



Fuente: DGA, 2008.

5.2 GEOMORFOLOGÍA

En términos generales, en la VII Región del Maule se reconocen tres unidades morfológicas:

Borde Preandino, junto a la Cordillera de los Andes por el Este; Valle Central, longitudinal y las Serranías Intermedias (Cordillera de la Costa) por el Oeste.

El área en la cual se emplaza el Río Achibueno, río Ancoa y canales de riego asociados se encuentra conformada por la unidad geomorfológica correspondiente al valle central o también denominado Depresión Intermedia.

La Depresión Intermedia corresponde a una fosa tectónica limitada por sistemas de faldas de rumbo norte – sur, la que ha sido paulatinamente rellenada producto de la erosión originada por la acción de los glaciares, ríos y el viento. Presenta una suave pendiente hacia el oeste, como un plano levemente inclinado disectada por los valles poco profundos y de origen fluvial, a través de los cuales se ha depositado la abundante sedimentación que ha rellenado esta fosa.

El Valle Central alcanza buen desarrollo, con paulatino incremento en superficie de norte a sur. A la latitud de Lontué, posee un ancho medio de 18 a 20 Km., mientras que a la latitud de la Ciudad de Linares éste llega a un ancho de 50 Km. El valle se presenta como un extenso llano de 200 a 300 m.s.n.m., de altura promedio, integrado por una amplia gama de depósitos fluviales, cineríticos, aluviales y fluvioaluviales de edad Cuaternaria.

Dos tipos de accidentes interrumpen la monotonía morfológica del Valle Central: ríos y cerros islas. Entre los primeros están los cauces de los ríos Mataquito, Claro, Lircay, Maule, Achibueno y Loncomilla, los que en su recorrido han labrado claras incisiones que se expresan en la presencia de niveles en forma de terrazas y en barrancos adyacentes a los actuales cauces. Los cerros islas por su parte, destacan en el paisaje del valle, bajo la forma de pequeños relieves en forma de colinas que se elevan entre 50 y 150 m con respecto del nivel del llano circundante.

En el área del proyecto de unificación de las bocatomas, existen también cerros isla como el cerro Quiñe en la Bocatoma unificada número 2, y Las Lomas de Polcura y el cerro Mesamávida en el comienzo de la Bocatoma unificada 1.

El llano del Valle Central se presenta como un gran plano inclinado desde el borde preandino hasta su límite con las serranías intermedias; sus pendientes medias son del orden de 0,10-0,20%. Tiene el aspecto de un extenso cono aluvial, integrado, principalmente por gruesos espesores de materiales sedimentarios provenientes del maciso andino y movilizados especialmente por la acción fluvial.

5.3 HIDROGRAFÍA

A continuación se entregan antecedentes generales de los ríos Achibueno y Ancoa, así como una caracterización del régimen de caudales de ambos ríos:

El río Achibueno es el afluente más importante de la ribera derecha del río Loncomilla. En una parte de su recorrido, forma el límite entre las comunas de Linares y Longaví.

Su curso superior se desarrolla al occidente del cordón Melado y nace en la laguna homónima al pie oriental del nevado Longaví. En este primer tramo recibe, especialmente por su flanco derecho, varios torrentes que descienden de esa cordillera.

Desde la laguna del Achibueno el río cae en una cascada al sector conocido como el "Bajo de las Lastimas". La ausencia de caminos vehiculares más arriba de la confluencia con el estero "Las Animas", hace que este valle sea un paisaje único, donde un sendero bordea el río de agua cristalina entre bosques y montañas.

Más hacia el occidente, el río recibe los aportes del Río Ancoa, en un punto cercano a la Ruta Panamericana (Ruta CH-5 Sur), ubicado a pocos kilómetros al suroeste de la ciudad de Linares.

El régimen hidrológico de esta subcuenca tiene como característica principal el ser de tipo mixto. La producción específica es similar a la del río Ancoa difiriendo en que la componente pluvial es de menor magnitud variando desde 55 l/s/km² en mayo hasta alcanzar unos 75 l/s/km² en Agosto. Posteriormente, después de una disminución en Septiembre y Octubre se vuelve a elevar en Noviembre con un máximo de relativo de 70 l/s/km². Desde allí se produce una recesión típica de deshielo de valores muy semejantes a los del río Ancoa aunque levemente inferiores. La producción específica anual es de 48 l/s/km².

El río Achibueno tiene una longitud de 105 Km. comprendidos desde su nacimiento hasta la confluencia con el río Loncomilla, una pendiente media del 1,59% y una temperatura media en la subcuenca de 13,3° C. Abarca una extensión, aproximada, de 1190,7 Km².

El uso de las aguas superficiales en el río Achibueno, desde la naciente del río hasta la estación de calidad de agua en la Ruta 5-Sur, son principalmente para uso extractivos en riego y en menor medida para conservación de la Biodiversidad (Cade-Idepe, Cuenca del Río Maule, 2004)

Como información de terreno se puede agregar que en distintas áreas, correspondiente a la bocatoma unificada N° 1 en los canales Tapia-Vásquez y Quiñe, se observaron, zonas de crecidas del río Achibueno, donde el cauce del río afecta a las obras del canal con arrastre de sedimentos gruesos del río, ramas y troncos que encuentra a su paso, pérdida de vegetación ribereña y terrenos cultivables.

La Estación Fluviométrica Achibueno en la Recova se ubica en el río Achibueno, aguas arriba de la junta con el río Ancoa, a 260 m.s.n.m.

Esta estación muestra un régimen pluvial, con sus mayores caudales en los meses de invierno. En años húmedos los mayores caudales ocurren entre Mayo y Julio, producto de lluvias invernales, mientras que los menores lo hacen entre Enero y Abril. En años secos los caudales se muestran más uniformes a lo largo del año, con leves aumentos entre Junio y Noviembre. Los menores ocurren entre Febrero y Mayo.

5.4 ORGANIZACIÓN DE USUARIOS

5.4.1 SITUACIÓN LEGAL JUNTA DE VIGILANCIA RÍO ACHIBUENO

Está compuesto por 20 bocatomas. Consta del año 1942 la fecha de la escritura pública que crea la asociación de canalistas del río Achibueno, pero el Decreto que la constituyó legalmente es de fecha 1964. Los derechos de aprovechamiento de aguas sobre Río Achibueno son todos de tipo consuntivo, de ejercicio permanente y continuo, encontrándose actualmente todos los derechos de aprovechamiento de los usuarios legalmente inscritos. Las aguas del río Achibueno están divididas en 15.709 acciones,

divididas todas éstas entre sus usuarios o regantes, que se reparten las aguas en conformidad a sus derechos a través de las 20 bocatomas existentes que conforman el sistema. Una acción equivale a un 1,5 l/s, sin embargo, durante los meses de escasez del recurso hídrico (Enero y Febrero primordialmente), la proporción baja ostensiblemente incluso hasta 1 acc. = 0,5 l/s.

5.4.2 SITUACIÓN DE CANALES CON DERECHOS COMPARTIDOS

Se da en el caso de este proyecto que existe una gran cantidad de usuarios que poseen acciones de más de una fuente, y utilizan el mismo canal para llevar el agua proveniente de estas dos fuentes distintas. De esta forma, se producen situaciones en que no es posible separar efectos. La Tabla 6-1 siguiente muestra aquellos canales que poseen acciones del canal Melado y del río Achibueno, por lo que el diseño deberá contemplar ingresar estos derechos del canal Melado a la bocatoma unificada.

		Melado	Achibueno
No	Nombre	Regadores	Acciones
1	BODEGA O EX FISCAL	61,35	14,00
3	CUELLAR	4,50	659,39
4	HUAPI	4,75	614,70
5	EI ALMENDRO	34,95	193,50
	TOTAL	105,55	1481,59

Tabla 5-1 Canales del Río Achibueno y Canal Melado

Fuente: Estudio construcción Embalse Ancoa – SMI Ingenieros

5.4.3 SITUACIÓN LEGAL CANALES DE LA JUNTA DE VIGILANCIA

La mayoría de los canales que forman parte de la Junta de Vigilancia del Río Achibueno Primera Sección, poseen comunidades de agua legalmente constituidas. La Tabla 6-2 muestra las comunidades de esta Junta que están constituidas e inscritas en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Linares. De la nómina de los 29 canales que figuran en la nomina de fojas 101, N° 134 del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Linares del año 1997, existen 27 canales que forman parte de una Comunidad de Aguas. Se debe agregar al listado de comunidades la Comunidad de Aguas Canal Quiñe. La siguiente tabla muestra las organizaciones legalmente organizadas en Comunidades de Aguas y que sacan sus aguas directamente desde el río Achibueno.

N°	Comunidad de Aguas Canal	Fojas	N°	Año (*)	Acciones Según Escritura Comunidad de Aguas	Caudal l/s	Tipo de Derecho
1	ALMENDRO ABAJO O GRANDE (2)	283 vía	390	1994	1970	2955	C.P.C. (1)
2	BENITEZ LLEPO	197	314	1994	140	210	C.P.C.
3	UNIFICADO BODEGA O EX-FISCAL - VÁSQUEZ SUR Y RECREO (PANDO) (3)	297	394	1994	1489	2203,5	C.P.C.
4	CASTRO (SUC. VALDES FUENZALIDA)	222	342	1994	130	195	C.P.C.
5	UNIFICADO MONTERO Y COMPAÑIA CHILENA DE FOSFOROS	181	294	1994	300	450	C.P.C.
6	UNIFICADO COMUNERO ROJAS Y YÁÑEZ ROJAS (4)	216	336	1994	380	570	C.P.C.
7	ULISES ALARCON o DEL ALTO	205	324	1994	330	495	C.P.C.
8	HUAPI	276	388	1994	800	900	C.P.C.
9	QUÍNE	20 vía	341	1994	320	480	C.P.C.
10	ELGUETA	231	352	1994	40	60	C.P.C.
11	HIDALGO	220 vía	341	1994	30	45	C.P.C.
12	JARABAN - LLANCAÑO	219	339	1994	400	600	C.P.C.
13	LA AGUADA	22	14	1995	848,9	1273,35	C.P.C.
14	CUARTA O CHIVATO	364 vía	429	1999	2250,91	3378,365	C.P.C.
15	LA PEÑA	275	385	1994	30	45	C.P.C.
16	GALLEGOS	218	338	1994	30	45	C.P.C.
17	MESAMAVIDA (5)	315	409	1994	1400	2100	C.P.C.
18	UNIFICADO MOLINO OLATE Y URRUTIA	280	388	1994	60	90	C.P.C.
19	GABRIEL	290 vía	392	1994	890	1335	C.P.C.
20	SAN LUIS (6)	318 vía	410	1994	1298	1944	C.P.C.
21	SEPULVEDA CAMPOS	229 vía	351	1994	50	75	C.P.C.
22	TAPIA - VÁSQUEZ (7)	1 vía	2	1995	880	1320	C.P.C.
TOTAL					13844,81	20767,215	

Tabla 5-2 Comunidades de Aguas cuya fuente de agua es el río Achibueno y que se encuentran Organizadas en Inscritas en el Conservador de Bienes Raíces de Linares.

(1) C.P.C. = Consuntivo, permanente y continuo.

(2) La Comunidad de Aguas Almendro Bajo incluye al Canal Almendro Alto o Chico y se le asignan 1.190 y 780 acciones respectivamente.

(3) La Comunidad de Aguas Canal Unificado Bodega o ex fiscal, Vásquez Sur y Recreo se dividen el total de acciones en 1.121, 36 y 312 acciones, respectivamente.

(4) La Comunidad de Aguas Canal Unificado Comunero Rojas y Yáñez Rojas se dividen el total de acciones en 200 y 180 acciones, respectivamente.

(5) Las acciones de esta comunidad del río se dividen 1496,54 Acciones dentro del Canal.

(6) Las acciones de esta comunidad en el río se dividen en el interior del canal en 1.513,00 Acciones.

(7) Las acciones de esta comunidad en el río se dividen en el interior del canal en 1.221,75 Acciones.

Al comparar el total de acciones que suman las Comunidades de Aguas organizadas legalmente (13.844,81 acc.) y las acciones registradas por la Junta de Vigilancia (13.309), se aprecia una notoria diferencia. Esta diferencia debería incrementarse una vez que sean reconocidas legalmente las Comunidades de Aguas de los canales Juan Ignacio Rojas (40 acciones) y Vásquez Norte (60 acciones).

En resumen existen 23 canales dentro de los cuales hay 22 comunidades de agua legalmente organizadas, y 2 canales que potencialmente podrían formar sus respectivas Comunidades de Aguas. No existen en este sistema canales con un/a usuario/a. La Tabla 6-3 muestra en detalle la situación legal de cada uno de los canales pertenecientes a la Junta del río Achibueno, Primera Sección.

N°	Canal	Comunidad de Aguas
1	ALMENDRO ABAJO O GRANDE (2)	Organizada Legalmente
2	BENITEZ LLEPO	Organizada Legalmente
3	UNIFICADO BODEGA O EX-FISCAL - VASQUEZ SUR Y RECREO (PANDO) (3)	Organizada Legalmente
4	CASTRO (SUC. VALDES FUENZALIDA)	Organizada Legalmente
5	UNIFICADO MONTERO Y COMPAÑIA CHILENA DE FOSFOROS	Organizada Legalmente
6	UNIFICADO COMUNERO ROJAS Y YAÑEZ ROJAS (4)	Organizada Legalmente
7	ULISES ALARCON o DEL ALTO	Organizada Legalmente
8	HUAPI	Organizada Legalmente
9	QUINE	Organizada Legalmente
10	ELGUETA	Organizada Legalmente
11	HIDALGO	Organizada Legalmente
12	JARABAN - LLANCANAO	Organizada Legalmente
13	JUAN IGNACIO ROJAS	Comunidad de Aguas no Organizada Legalmente
14	LA AGUADA	Organizada Legalmente
15	CUARTA O CHIVATO	Organizada Legalmente
16	LA PEÑA	Organizada Legalmente
17	GALLEGOS	Organizada Legalmente
18	MESAMAVIDA (5)	Organizada Legalmente
19	UNIFICADO MOLINO OLATE Y URRUTIA	Organizada Legalmente
20	SAN GABRIEL	Organizada Legalmente
21	SAN LUIS (6)	Organizada Legalmente
22	SEPULVEDA CAMPOS	Organizada Legalmente
23	TAPIA - VASQUEZ (7)	Organizada Legalmente
24	VASQUEZ NORTE	Comunidad de Aguas no Organizada Legalmente

Tabla 5-3 Situación legal de los canales del río Achibueno

5.4.4 ANÁLISIS LEGAL ORGANIZACIONES DE USUARIOS SEGUNDA SECCIÓN DEL RÍO ACHIBUENO

El río Achibueno en su segunda sección comienza aguas abajo del puente de ferrocarriles hasta la desembocadura del río Achibueno en el río Loncomilla. En esta sección posee 5 Comunidades de Aguas legalmente organizadas, son las que se indican en la siguiente tabla:

N°	Comunidad de Aguas Canal	Fojas	N°	Año (*)	Acciones Según Escritura Comunidad de Aguas	Caudal l/s	Tipo de Derecho
1	CANAL CUELLAR	12 vta	10	1995	659,39	998,9	C.P.C.
2	CANAL LOYOLA	310	406	1994	505,72	759	C.P.C.
3	CANAL PICA	232	353	1994	120	180	C.P.C.
4	CANAL TAPIA	222	342	1994	810	1215	C.P.C.
5	CANAL UNION PALMILLA O PALMILLANO	294	393	1994	191,50	287,25	C.P.C.

Tabla 5-4 Comunidades de Aguas cuya fuente de agua es el río Achibueno y que se encuentran Organizadas e inscritas en el Conservador de Bienes Raíces de Linares, en la segunda sección del río.

C.P.C.: Derechos de uso consuntivos, permanentes y continuos.

* Datos corresponden a la escritura pública de la notaria Gonzalo Hurtado Morales de Santiago

Las comunidades señaladas podrían eventualmente y así lo han manifestado, formar una Junta de Vigilancia del río Achibueno en la segunda sección del río, aprovechando además, que el 100 % de las comunidades de agua están organizadas legalmente.

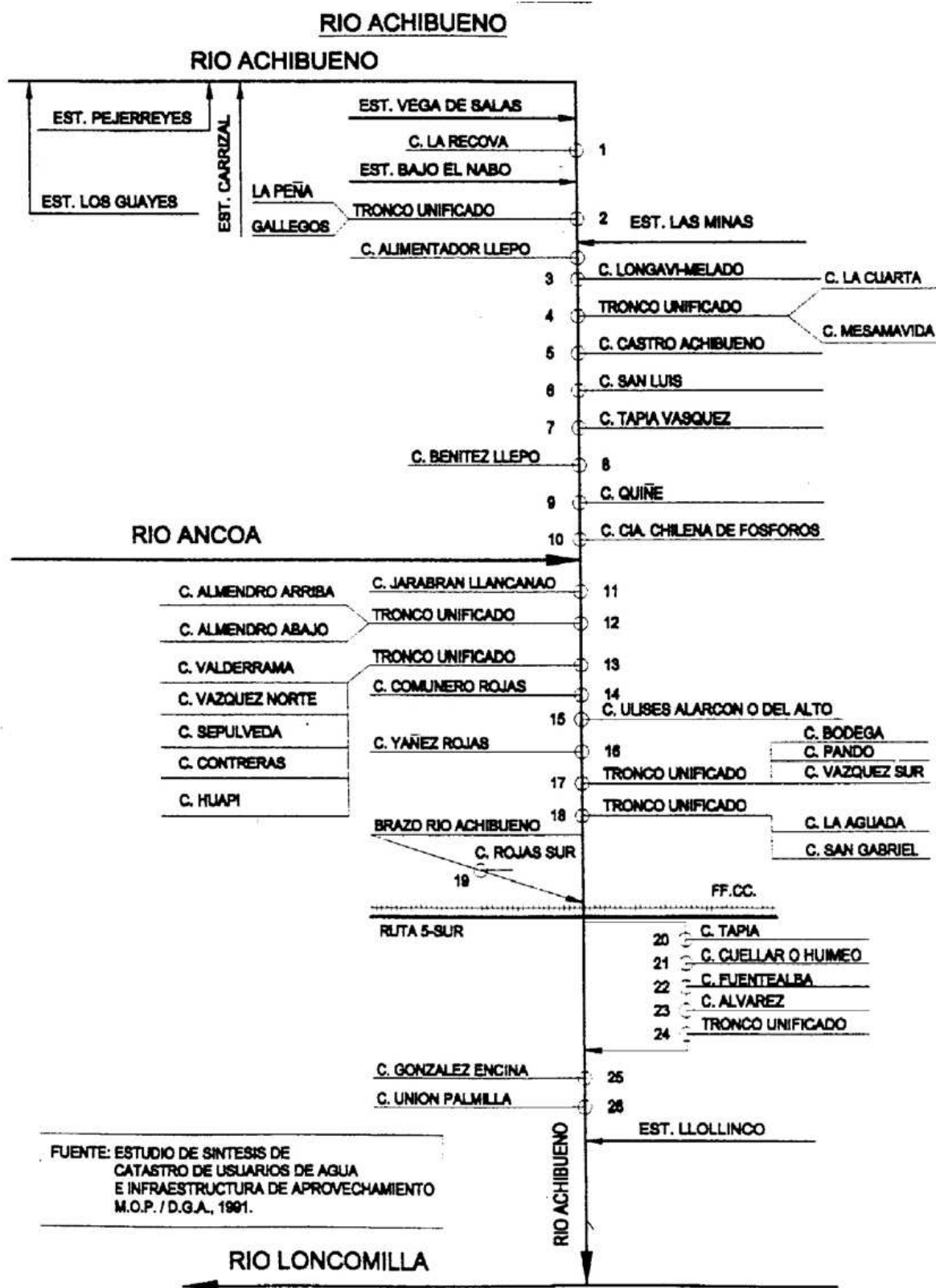
5.4.5 DERECHOS DE APROVECHAMIENTO Y SU DISTRIBUCIÓN

Los derechos de cada canal están en acciones y se presentan en la Tabla para los canales del Río Achibueno y sus caudales se calculan para una dotación en el río de 1,5 l/s/acc y 15 l/s / regador en el canal Melado.

Nº	Canal	Ribera	Acc Rib.Norte	Acc Rib.Sur	Regadores Melado	Caudal Rib.Norte l/s	Caudal Rib.Sur l/s	Caudal Melado l/s
1	Gallegos - La Peña Gallegos La Peña	Derecha	30 30			45,00 45,00		
2	Molino Olate-Urrutia Molino Olate Urrutia	Izquierda		30 30			45,00 45,00	
3	La Cuarta - Mesamávida La Cuarta o Chivato Mesamávida	Izquierda		1600 1381			2400,00 2071,50	
4	Castro Achibueno	Izquierda		130			195,00	
5	San Luis	Izquierda		1423,14			2134,71	
6	Tapia Vásquez	Izquierda		975,06			1462,59	
7	Benitez Llepo	Derecha	145,1			217,65		
8	Quiñe	Izquierda		208,12			312,18	
9	Cia Fósforos	Izquierda		300			450,00	
10	Jarabran Llancaño	Derecha	400			600,00		
11	Tronco Unificado Almendra Arriba Almendra Bajo	Derecha	1933,5		34,95	2900,25		524,25
12	Tronco Unificado Valderrama o Juan Ignacio Rojas Vásquez Norte Yáñez Rojas Sepúlveda Contreras o Elgueta Huapi	Derecha	332,18 60 40 50 40 614,7			498,27 90,00 60,00 75,00 60,00 922,05		71,25
13	Comunero Rojas	Derecha	30			45,00		
14	Ulises Alarcón	Izquierda		330			495,00	
15	Tronco Unificado Millahue Bodega Recreo Vásquez Sur San Luis San Ramón	Izquierda	150 14 312 36 680,2 265,1		61,35		225,00 21,00 468,00 54,00 1020,30 397,65	920,25
16	Unificado La Aguada San Gabriel	Izquierda		848,9 890			1273,35 1335,00	
17	Cuellar o Huimeo	Izquierda		659,39	4,50		989,09	67,5
18	Tapia	Izquierda		815			1222,50	
19	Álvarez Fuentealba	Izquierda		300			450,00	
20	Loyola	Izquierda		625,72			938,58	
TOTAL			5162,78	10546,33		5.658,22	18.005,45	1.583,25

Tabla 5-5 Acciones Canales Río Achibueno

Se adjunta el diagrama unifilar del río Achibueno, donde se identifican los canales que lo componen:



5.5 HIDROLOGÍA

5.6 GENERALIDADES

Las cuencas del Área de Estudio se desarrollan al Sur Oriente de la Ciudad de Linares. Para efectos de cálculo se han definido 4 cuencas, definidas por los Puntos A, B, C y D, que se indican en amarillo en la siguiente figura, y que comprenden áreas entre 959 y 1415 km². Los puntos A, B, C y D se escogen de modo de tener una representación de los caudales en los puntos de emplazamiento de obras, sean éstas embalses de regulación, bocatomas u obras de protección.

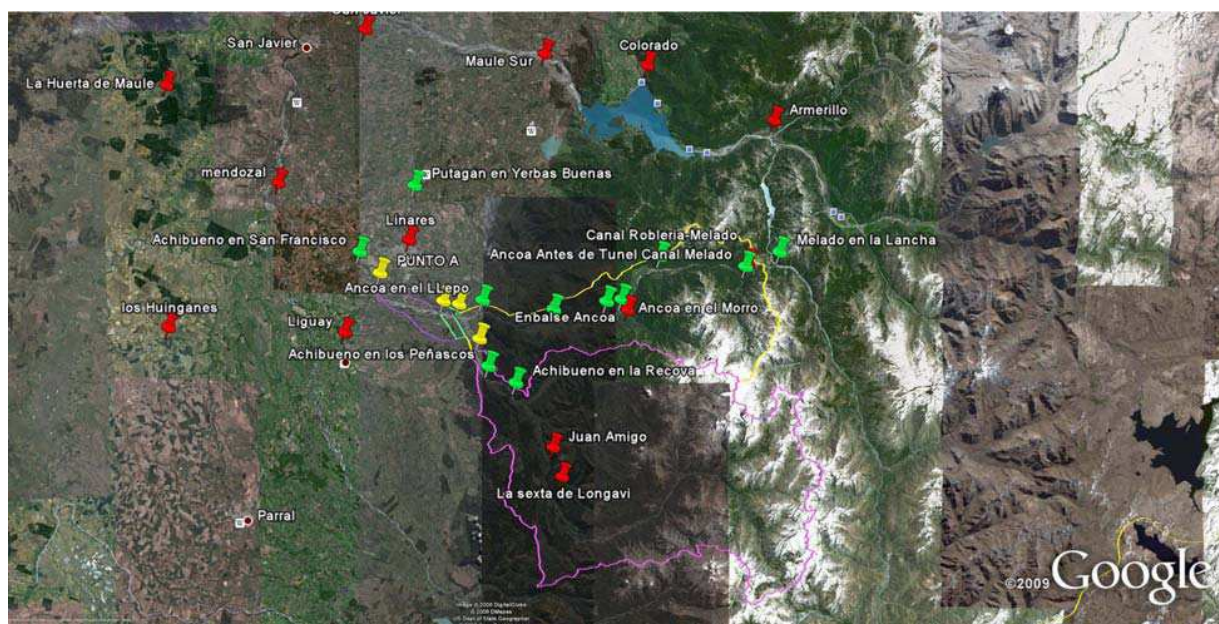


Fig. 5-1 Esquema de Cuencas de Estudio Estaciones Pluviométricas y Fluviométricas del Área.

Cuenca	A total Km ²	A Nival Km ²	A Pluvial Km ²
Punto A	1415	374	1041
Punto B	1387	374	1013
Punto C	1381	374	1007
Punto D	959	294	665
Achibueno en Los Peñascos	953	294	659
Achibueno en La Recova	899	294	605
Achibueno en San Francisco	1417	374	1043
Ancoa en El Morro	283	80	203
Ancoa en El Llepo	376	80	296
Ancoa antes de Túnel Melado	161	42	119

Tabla 5-6 Resumen de Áreas de Cuencas

5.7 CÁLCULO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES

Para el cálculo de caudales medios mensuales, se recopila información de distintas estaciones, que se indican en la siguiente tabla matriz resumen:

NOMBRE ESTACIÓN	AÑOS CON INFORMACIÓN
Río Melado en La Lancha DGA	22
Canal Melado en Los Hierros	5
Río Achibueno en Los Peñascos	36
Río Achibueno en La Recova	22
Río Achibueno en San Francisco	5
Río Ancoa en Las Minas	10
Río Ancoa en Las Vegas	6
Río Ancoa en El Morro	57
Río Ancoa en El Llepo	13
Río Ancoa antes túnel canal Melado	21
Río Putagán en Yervas Buenas	61

Tabla 5-7 Resumen de Información Estaciones Pluviométricas

De las estaciones indicadas anteriormente, se utilizaron las siguientes para el análisis:

- Río Achibueno en los Peñascos
- Río Achibueno en la Recova
- Río Ancoa en Los Morros
- Río Ancoa en el Llepo
- Río Ancoa antes del túnel Canal Melado

La información de las demás estaciones no fue considerada por ser información muy antigua o escasa. Para el caso de la estación Putagán en Yervas Buenas, la razón de su exclusión es su lejanía con las estaciones de interés.

Mediante correlaciones, se rellenaron los datos desde el año 1956 al 2008 (53 años) de las estaciones más representativas de la zona, entre ellas Achibueno en Los Peñascos y Ancoa en el Llepo.

Finalmente, se efectuó un análisis de frecuencia a nivel mensual, de modo de elaborar las curvas de variación estacional. Para el análisis de frecuencia se consideraron las funciones de frecuencia Normal, Log-Nomal, Pearson III, Log Pearson III y Gumbel y se consideró los análisis gráficos y Test Chi².

Para el caso del Punto D, se transpone los caudales del Achibueno en Los Peñascos, en tanto que para los puntos A, B, y C, se considera transposición de la serie formada por la suma de Achibueno en Los Peñascos y Ancoa en El Morro.

Achibueno En Los Peñascos

P _{Exc} [%]	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
20	34,1	82,5	138,2	132,5	105,3	90,4	75,0	72,3	65,4	41,9	32,9	26,6
50	12,4	34,6	59,9	64,8	53,0	52,4	49,9	47,0	41,2	28,8	19,0	12,7
75	5,5	16,4	28,4	34,5	29,5	29,2	32,3	31,5	26,4	18,4	10,5	6,3
85	3,6	10,8	18,5	24,1	21,2	18,7	23,8	24,5	19,7	13,1	6,6	4,1
90	2,7	5,2	8,6	12,7	11,9	12,2	18,4	20,2	15,5	9,6	4,3	3,1

Achibueno En Los Peñascos + Ancoa En El Llepo

P _{Exc} [%]	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
20	55,0	127,5	219,8	199,4	148,8	122,4	101,8	92,1	75,3	53,8	43,2	33,1
50	23,2	61,1	114,2	99,8	75,7	68,0	63,2	60,8	56,9	34,5	25,5	16,1
75	12,0	31,5	48,8	53,0	42,7	40,0	38,9	41,7	42,1	22,8	14,6	9,0
85	8,5	21,5	19,9	36,6	31,1	29,4	28,7	33,0	34,1	17,8	9,7	6,6
90	4,9	10,8	2,7	18,7	17,9	16,9	16,1	27,7	28,8	11,3	6,7	5,3

Tabla 5-8 Curvas de Variación Estacional (m3/s)

Finalmente, se presentan las curvas de variación estacional para las distintas cuencas del Estudio (m3/s):

Curva de Variación Estacional Cuenca A.

P _{Exc} [%]	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
20%	58,6	135,8	234,0	212,3	158,4	130,4	108,4	98,1	80,2	57,3	46,0	35,2
50%	24,7	65,0	121,6	106,3	80,6	72,3	67,3	64,8	60,5	36,8	27,1	17,1
75%	12,8	33,6	51,9	56,4	45,5	42,5	41,4	44,4	44,8	24,3	15,6	9,6
85%	9,1	22,9	21,2	39,0	33,1	31,3	30,6	35,2	36,4	19,0	10,3	7,0
90%	5,2	11,5	2,8	19,9	19,0	18,0	17,2	29,5	30,6	12,1	7,1	5,7

Curva de Variación Estacional Cuenca B.

P _{Exc} [%]	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
20%	57,4	133,1	229,4	208,1	155,2	127,8	106,3	96,2	78,6	56,2	45,1	34,5
50%	24,2	63,8	119,2	104,2	79,0	70,9	65,9	63,5	59,3	36,0	26,6	16,8
75%	12,5	32,9	50,9	55,3	44,6	41,7	40,6	43,5	43,9	23,8	15,3	9,4
85%	8,9	22,5	20,8	38,2	32,4	30,6	30,0	34,5	35,6	18,6	10,1	6,9
90%	5,1	11,3	2,8	19,5	18,6	17,6	16,8	28,9	30,0	11,8	7,0	5,6

Curva de Variación Estacional Cuenca C.

P _{Exc} [%]	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
20%	57,2	132,5	228,4	207,2	154,6	127,2	105,8	95,8	78,2	55,9	44,9	34,4
50%	24,1	63,5	118,7	103,7	78,7	70,6	65,6	63,2	59,1	35,9	26,5	16,7
75%	12,5	32,8	50,7	55,1	44,4	41,5	40,4	43,3	43,7	23,7	15,2	9,3
85%	8,9	22,4	20,7	38,0	32,3	30,5	29,9	34,3	35,5	18,5	10,1	6,8
90%	5,1	11,3	2,8	19,4	18,6	17,5	16,7	28,8	29,9	11,8	6,9	5,5

Curva de Variación Estacional Cuenca D.

P _{Exc} [%]	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
20%	34,3	83,0	139,1	133,3	105,9	91,0	75,5	72,8	65,9	42,2	33,1	26,8
50%	12,5	34,8	60,3	65,2	53,3	52,8	50,2	47,3	41,5	28,8	19,1	12,8
75%	5,6	16,5	28,6	34,7	29,7	29,4	32,5	31,7	26,5	18,5	10,6	6,3
85%	3,6	10,9	18,6	24,2	21,4	18,8	24,0	24,6	19,8	13,2	6,7	4,1
90%	2,7	5,2	8,6	12,8	12,0	12,3	18,5	20,3	15,6	9,7	4,3	3,1

Para efectos del estudio de Perfil, se adopta para el cálculo de Oferta Hídrica la Estación D.

6. ANALISIS Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO

Acorde a lo visto en los capítulos anteriores y tomando en consideración la aptitud agrícola del valle del río Achibueno, éste posee buenas condiciones agroclimáticas, edafológicas e industriales para lograr un sostenido desarrollo de la agricultura y potenciar el desarrollo económico e industrial del valle. Producto de la incorporación de especies de mayor rentabilidad y superficie disponible para ello.

Como en la mayoría de los proyectos de riego, existe una limitante y corresponde a la regulación de los recursos hídricos del valle. Si se contrastan las demandas hídricas en situación con proyecto versus los caudales del río Achibueno se obtiene la siguiente tabla:

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Demanda de Agua (m3/mes)	1.774.213	35.008.437	83.439.773	116.637.295	117.858.391	80.335.872	45.437.159
Oferta de Agua (85%)	31.881.600	47.952.000	52.617.600	40.435.200	25.142.400	11.145.600	8.035.200
Oferta de Agua (75%)	76.204.800	84.240.000	82.166.400	68.688.000	47.952.000	27.475.200	16.329.600

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Demanda de Agua (m3/mes)	10.384.115					490.875.256
Oferta de Agua (85%)	6.998.400	13.478.400	22.291.200	33.177.600	31.104.000	324.259.200
Oferta de Agua (75%)	14.515.200	42.768.000	74.131.200	89.942.400	76.982.400	701.395.200

Tabla 6-1 Comparación de Oferta y Demandas Hídricas del río Achibueno - Situación con Proyecto

Claramente los recursos disponibles en el río en la época de mayor demanda de riego (fila de 85% de seguridad), no logran satisfacer los requerimientos de los agricultores, ni siquiera como volumen total anual, por lo que necesariamente se requiere utilizar recursos eventuales del río para satisfacer todas las demandas.

Por lo anterior, se hace necesaria una obra de regulación, que permita aprovechar los recursos que no se utilizan en la época de invierno, y que podrían ser perfectamente embalsables para su utilización en verano.

Esta obra de regulación para el valle del río Achibueno, tiene factibilidad desde el punto de vista legal (se dispone de derechos de aprovechamiento), hídrico (existen recursos en el valle disponibles para su utilización) y estructural (existen sectores para emplazar una presa de regulación). Por lo que a continuación se presentan algunos apuntes de apoyo para la materialización de este proyecto

7. PROYECTO DE PRESA Y OBRAS ANEXAS

7.1 Análisis de alternativas:

La zona alta de la cuenca del río Achibueno, se pueden identificar a lo menos 8 sitios de posibles sitios de embalse según el Estudio Integral de Riego de la Cuenca del río Maule, CEDEC 1977, entre los que se pueden nombrar:

- a) El Peñasco
- b) Vega de Salas
- c) La Recova
- d) Pejerreyes
- e) Montecillo
- f) Los Copihues
- g) Las Animas
- h) Bartolillo

De todas las alternativas mencionadas, sólo 3 poseen en la actualidad viabilidad técnica para emplazar una obra de regulación (El Peñasco, Vega de Salas y La Recova), debido a la otorgación de derechos de agua no consuntivos a favor de las Centrales Hidroeléctricas El Castillo y Centinela, según consta en Resolución N° 149, del 28 de febrero de 1990, de la Dirección General de Aguas (DGA), donde se otorgan con probabilidad de excedencia del 5% y un caudal ecológico de 3 m³/s para cada central. El caudal máximo captable, de acuerdo a ellos, es de 30 m³/s, para El Castillo, y de 60 m³/s, para Centinela. Lo anterior, imposibilitó emplazar obras de acumulación por no haber posibilidad de captar recursos.

Las características de los derechos otorgados se presentan en la tabla 7-1.

Centrales	Caudal otorgado m ³ /s	Caudal ecológico m ³ /s	Distancia horizontal entre captación y restitución m	Desniveles entre captación y restitución m
El Castillo	30	3,0	7.798	230
Centinela	60	3,0	16.754	420

Fuente: Resolución N° 149/90 de la DGA.

Centrales	Coordenadas UTM PSAD-56 Huso 19		Cota m s. n. m.	Ribera
	Este	Norte		
Captación				
El Castillo	309.150	6.001.250	1.000	Izquierda
Centinela	301.600	6.003.200	770	Derecha
Restitución				
El Castillo	301.600	6.003.200	770	Izquierda
Centinela	284.900	6.004.550	350	Derecha

Fuente: Resolución N° 149/90 de la DGA.

Tabla 7-1 Derechos No Consuntivos Otorgados en la cuenca

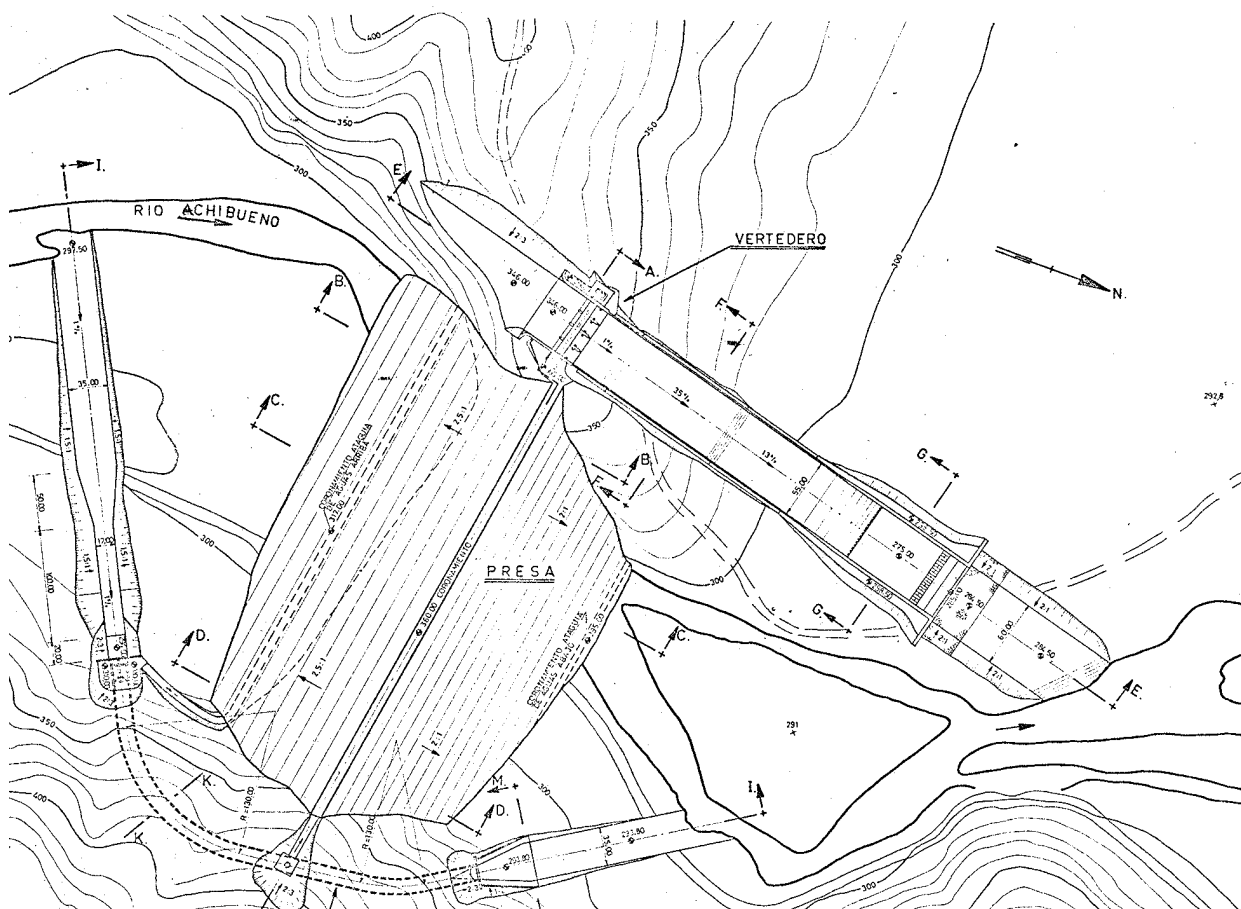
Debido a esta restricción, de los sitios aún factibles para posicionar una obra de regulación, se recomienda analizar el Sitio La Recova, cuyas características se procede a detallar.

Muro		
Volumen de Relleno	3.000.000	m3
Volumen Total Embalsado	204.000.000	m3
Volumen Útil Embalsado	167.000.000	m3
Relación Agua / Muro	68	
Tipo de Muro	Tierra con Núcleo Central o CFRD	
Ancho de Coronamiento	10	m
Cota de Coronamiento	360	m.s.n.m.
Impermeabilización Subsuelo	Pared Moldeada	
Evacuador de Crecidas		
Nivel de aguas operación Normal	356.70	m.s.n.m.
Características	Umbral tipo Creager de 55 m de ancho.	
Entrega para Riego		
Obra de entrega	Válvula tipo Howell-Bunger de 2,10 m de diámetro.	
Caudal de entrega	35	m3/s

Cabe señalar, que para efectos del presente perfil, se utiliza el sitio La Recova, para la estimación de los costos civiles y alternativa de proyecto, **pero se espera poder validar esta alternativa o encontrar otra mejor durante el desarrollo del Estudio de Prefactibilidad.**

P L A N T A G E N E R A L

0 20 40 60 80 100m.



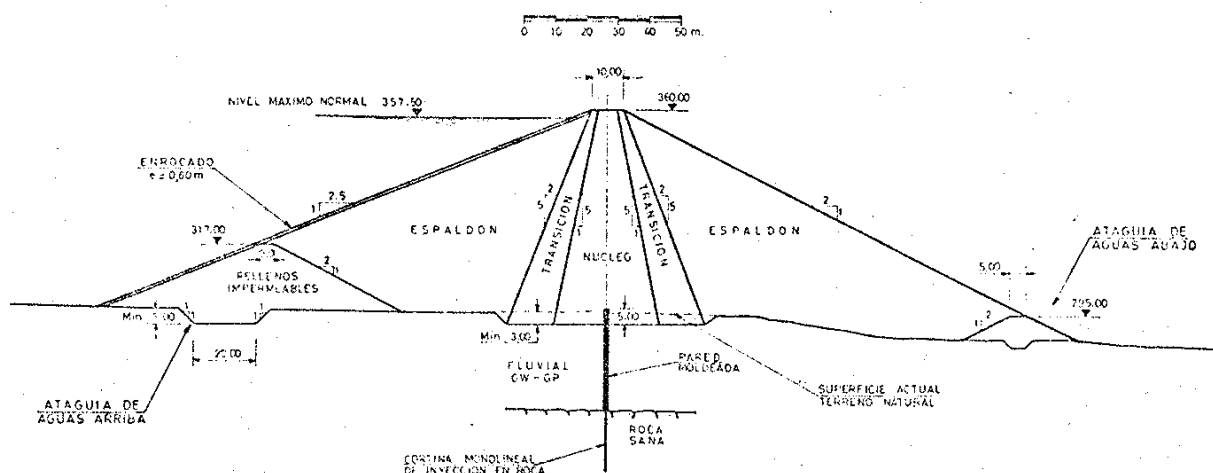


Fig. 7-1 Esquema de Embalse Recova

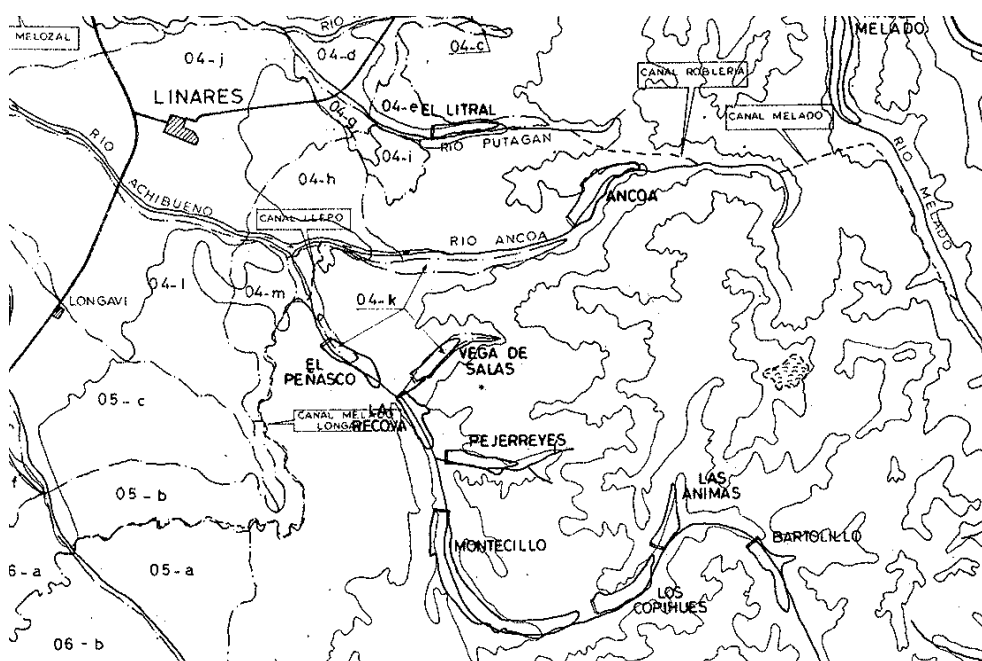


Fig. 7-2 Ubicación Sitios de Presa Río Achibueno

7.2 Costos de las Obras

La estimación de los costos de las obras componentes de los diferentes proyectos analizados se ha realizado de manera que represente de la manera más fiel posible las condiciones del área de implantación y las características específicas de diseño y operación.

Cabe señalar que los costos del presente Perfil corresponden a Precios Sociales.



EMBALSE PROYECTO ACHIBUENO					
PRESUPUESTO PRELIMINAR					
PARTIDA	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	COSTO TOTAL	
				(\$)	(US\$)
Túnel de Desvío					
-Excavación en roca atajo abierto	m3	\$ 8.000	15.000	120.000.000	240.000
-Excavación en roca subterránea	m3	\$ 45.000	50.000	2.250.000.000	4.500.000
-Excavación en suelo atajo abierto	m3	\$ 1.500	3.500	5.250.000	10.500
-Revestimiento de hormigón H-30 túnel (e=20 cm)	m3	\$ 250.000	3.450	862.500.000	1.725.000
-Acero para revestimiento túnel	kg	\$ 2.500	500.000	1.250.000.000	2.500.000
Sub total				4.487.750.000	8.975.500
Presa					
-Relleno compactado	m3	\$ 6.500	2.100.000	13.650.000.000	27.300.000
-Núcleo impermeable	m3	\$ 8.500	450.000	3.825.000.000	7.650.000
-Filtro	m3	\$ 10.000	300.000	3.000.000.000	6.000.000
-Enrocado de Protección	m3	\$ 25.000	150.000	3.750.000.000	7.500.000
-Pared moldeada (e=1m)	m2	\$ 850.000	1.500	1.275.000.000	2.550.000
Inyecciones	m3	\$ 650.000	1.500	975.000.000	1.950.000
Sub total				26.475.000.000	52.950.000
Vertedero					
-Excavación	m3	\$ 8.993	250.000	2.248.359.915	4.496.720
-Relleno	m3	\$ 5.000	4.500	22.500.000	45.000
-Hormigón (H-25)	m3	\$ 156.105	14.000	2.185.471.281	4.370.943
- Acero	kg	\$ 920	1.000.000	920.000.000	1.614.035
Sub total				5.376.331.196	10.526.697
Equipos Mecánicos					
Sistemas de Válvulas	gl	\$ 3.000.000.000	1	3.000.000.000	6.000.000
Sub total				3.000.000.000	6.000.000
Instrumentación					
Equipos de Medición	gl	\$ 500.000.000	1	500.000.000	1.000.000
Sub total				500.000.000	1.000.000
Otros					
Expropiaciones	m2	\$ 884	4.500.000	3.979.699.093	7.959.398
Sub total				3.979.699.093	7.959.398
COSTO TOTAL				43.818.780.290	87.637.561
CONTIGENCIA (30%)				13.145.634.087	26.291.268
IMPREVISTOS (5%)				2.190.939.014	4.381.878
PRESUPUESTO				59.155.353.391	118.310.707

Nota: Presupuesto incluye en P.U. 45% de GG y utilidades

Dólar = \$500

Tabla 7-2 Presupuesto de las Obras de Embalse a Precios Sociales

Para la determinación de los costos de las obras se utilizaron presupuestos de proyectos de similares características técnicas y complejidad de desarrollo (Embalse Ancoa, Embalse Chacrilla, Embalse Puntilla del Viento).

Debido a la dificultad de efectuar un Análisis de Precios Unitarios de la Obra, ya que no se dispone de bases de datos apropiadas para ello, y por tratarse de un Perfil, se utilizó un factor de conversión de 0,8 para llevar los Precios Privados a Precios Sociales. Este factor fue aplicado en la evaluación de otros proyectos como: "Evaluación Proyecto Aconcagua" - CNR-MOP - Mayo 2011; "Perfil Mejoramiento del Riego en la cuenca del Río Cautín" - CNR - Abril 2011.

7.3 Operación de las Obras y Mantenición

Para definir el costo de operación y Mantenición de las obras, se utilizó como referencia del estudio de Diseño Embalse Ancoa y Puntilla del Viento, ambos proyectos desarrollados por la DOH, los cuales tienen características similares como obra y sistema de operación.

Estos costos incluyen entre otros:

- i) Contrato de Mantenición: Válvulas, Sistemas de Aforo, Equipos Electromecánicos, Revisión de Equipamiento del Embalse (Piezómetros, Aceleradores, Sensores de Deformación por Tensiones).
- ii) Gastos de Administración del Embalse: Personal Profesional, Técnicos de Apoyo, Personal de Seguridad, logística y movilización.
- iii) Gastos Básicos de Consumo energético y agua en lo que a Instalaciones refiere.
- iv) Mantenición de Sistemas Eléctricos del Embalse: Control Centralizado, Sistemas de Seguridad, Equipos de Generación.
- v) Contrato de Revisión de Deformación del Embalse, mediciones topográficas de puntos de control.
- vi) Ejecución de Sondajes para revisión de filtraciones durante la vida útil del proyecto.

Ambos proyectos trabajan con costos de operación cercanos al 2,5% del Costo de la Obra.

Ítem	Costo en \$	Costo en US\$
Costo de Operación Anual	\$ 1.478.883.835._	US\$ 2.957.768

Cabe señalar que los costos del presente Perfil corresponden a Precios Sociales.

7.4 Mitigación Ambiental

Los costos de Mitigación Ambiental Anuales a lo largo de la vida útil del proyecto se asumen como un 5% del costo de la obra.

Estos costos incluyen entre otros:

- i) Reforestación (Plantación y Programa de Cuidado)
- ii) Rescate de Restos Arqueológicos
- iii) Medidas de Compensación a Afectados de la zona de inundación de la Obra
- iv) Compensaciones ambientales: Rescate de Fauna, Flora, entre otros.

Ítem	Costo en \$	Costo en US\$
Mitigación Ambiental	\$ 2.957.767.670._	US\$ 5.915.535._

Cabe señalar que los costos del presente Perfil corresponden a Precios Sociales.

8. BENEFICIOS AGROECONÓMICOS DEL PROYECTO

8.1 Metodología de Trabajo

La información base de los beneficios agro-económicos definidos para el presente Estudio de Perfil, se obtuvo del Estudio de Unificación de Bocatomas del Río Achibueno, desarrollado por SMI DOH 2010, en lo que Fichas Técnicas de Rubros Productivos refiere.

Para la estimación de los Márgenes Agropecuarios, se usaron tasa diferenciadas de integración al proyecto, dependiendo de la capacidad empresarial de los distintos estratos definidos en el numeral 3.3 del presente informe.

En las Tabla 10-1 se presentan los resultados de los Márgenes Agro-económicos para las tres alternativas de proyecto

Año	Beneficio Neto Agronómico	
	Actual Optimizada	Proyecto
0		
1	(2.636.756.751)	(13.580.313.622)
2	2.848.689.444	7.163.247.450
3	4.588.226.734	13.832.584.858
4	6.830.794.541	22.162.784.653
5	9.973.229.096	34.667.327.157
6	11.524.047.829	38.306.160.351
7	14.301.357.223	47.165.908.044
8	16.805.828.394	49.231.261.148
9	16.805.828.394	49.231.261.148
10	16.805.828.394	49.231.261.148
11	16.817.850.998	30.117.009.746
12	16.817.850.998	40.378.303.333
13	16.817.850.998	43.501.202.968
14	16.817.850.998	46.124.661.286
15	16.817.850.998	49.434.756.089
16	16.817.850.998	47.762.376.637
17	16.817.850.998	49.434.756.089
18	16.817.850.998	49.434.756.089
19	2.759.183.613	25.343.008.436
20	7.261.025.420	33.981.141.213
21	2.886.721.200	(6.481.313.242)
22	5.368.266.824	10.949.774.296
23	7.606.023.189	19.530.398.278
24	9.132.658.277	27.398.576.319
25	12.267.002.406	39.303.338.504
26	15.794.941.256	43.730.443.987
27	16.817.850.998	49.434.756.089
28	16.817.850.998	49.434.756.089
29	16.817.850.998	49.434.756.089
30	16.817.850.998	49.434.756.089
VAN s	151.491.885.225	434.770.058.228

Tabla 8-8-1 Beneficios Agropecuarios del Proyecto

Las planillas de cálculos de los beneficios agropecuarios, se anexan al respaldo digital del informe.

9. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

9.1 Criterios de Evaluación Utilizados

- Método del Presupuesto
- Tasa de Descuento 6%
- Indicadores Económicos (VAN, TIR e IVAN) a Precios Sociales
- Factor de conversión: Precios Sociales = Precios Privados * 0,8

9.2 Otros Criterios considerados en la Evaluación Económica

- Progresión en el logro de los márgenes netos finales
- Cronograma de incorporación real de las tierras al riego predial
- Necesidad de transferencia tecnológica y capacitación
- Costos y plazos de la puesta en riego predial
- Costos de las obras de riego, el mantenimiento y el manejo ambiental, definidas estas últimas por el proyecto.

Finalmente en la Tabla 9-1 se presentan las planillas de Evaluación Económica obtenidas

Evaluación Económica - Cálculo de indicadores VAN, TIR e IVAN

Año	Beneficio Neto Agronómico		Beneficio Neto Incremental	Inversión, Mantenimiento y Operación Obras	Beneficio Neto del Proyecto
	Actual Optimizada	Proyecto			
0				60.972.831.028	(60.972.831.028)
1	(2.636.756.751)	(13.580.313.622)	(10.943.556.871)	4.572.962.327	(15.516.519.198)
2	2.848.689.444	7.163.247.450	4.314.558.007	4.572.962.327	(258.404.321)
3	4.588.226.734	13.832.584.858	9.244.358.124	4.572.962.327	4.671.395.797
4	6.830.794.541	22.162.784.653	15.331.990.112	4.572.962.327	10.759.027.785
5	9.973.229.096	34.667.327.157	24.694.098.061	4.572.962.327	20.121.135.734
6	11.524.047.829	38.306.160.351	26.782.112.522	4.572.962.327	22.209.150.195
7	14.301.357.223	47.165.908.044	32.864.550.821	4.572.962.327	28.291.588.494
8	16.805.828.394	49.231.261.148	32.425.432.754	4.572.962.327	27.852.470.427
9	16.805.828.394	49.231.261.148	32.425.432.754	4.572.962.327	27.852.470.427
10	16.805.828.394	49.231.261.148	32.425.432.754	4.572.962.327	27.852.470.427
11	16.817.850.998	30.117.009.746	13.299.158.748	4.572.962.327	8.726.196.421
12	16.817.850.998	40.378.303.333	23.560.452.336	4.572.962.327	18.987.490.008
13	16.817.850.998	43.501.202.968	26.683.351.970	4.572.962.327	22.110.389.643
14	16.817.850.998	46.124.661.286	29.306.810.288	4.572.962.327	24.733.847.961
15	16.817.850.998	49.434.756.089	32.616.905.092	4.572.962.327	28.043.942.765
16	16.817.850.998	47.762.376.637	30.944.525.639	4.572.962.327	26.371.563.312
17	16.817.850.998	49.434.756.089	32.616.905.092	4.572.962.327	28.043.942.765
18	16.817.850.998	49.434.756.089	32.616.905.092	4.572.962.327	28.043.942.765
19	2.759.183.613	25.343.008.436	22.583.824.823	4.572.962.327	18.010.862.496
20	7.261.025.420	33.981.141.213	26.720.115.793	4.572.962.327	22.147.153.466
21	2.886.721.200	(6.481.313.242)	(9.368.034.442)	4.572.962.327	(13.940.996.769)
22	5.368.266.824	10.949.774.296	5.581.507.472	4.572.962.327	1.008.545.144
23	7.606.023.189	19.530.398.278	11.924.375.089	4.572.962.327	7.351.412.762
24	9.132.658.277	27.398.576.319	18.265.918.042	4.572.962.327	13.692.955.715
25	12.267.002.406	39.303.338.504	27.036.336.099	4.572.962.327	22.463.373.771
26	15.794.941.256	43.730.443.987	27.935.502.732	4.572.962.327	23.362.540.405
27	16.817.850.998	49.434.756.089	32.616.905.092	4.572.962.327	28.043.942.765
28	16.817.850.998	49.434.756.089	32.616.905.092	4.572.962.327	28.043.942.765
29	16.817.850.998	49.434.756.089	32.616.905.092	4.572.962.327	28.043.942.765
30	16.817.850.998	49.434.756.089	32.616.905.092	4.572.962.327	28.043.942.765
VAN s	151.491.885.225	434.770.058.228	283.278.173.003	116.904.608.795	159.359.287.681
					17,76%
					2,61
					IVAN s

Tabla 9-1 Evaluación Económica Proyecto Achibueno

9.3 Sensibilización

Para efectos de sensibilizar el proyecto, asumiendo incrementos de precios de obra y merma en los beneficios agroeconómicos, se efectuó una sensibilización de los indicadores económicos, cuyos resultados y escenarios se presentan en la Tabla 9-2

Escenarios de Evaluación - Sensibilización			
Aumento costos civiles 10%	118.639.581.848	VAN s	
Disminución Ingresos 10%	14,77%	TIR s	
	1,77	IVAN s	
Aumento costos civiles 20%	77.919.876.015	VAN s	
Disminución Ingresos 20%	11,83%	TIR s	
	1,06	IVAN s	
Aumento costos civiles 30%	37.200.170.183	VAN s	
Disminución Ingresos 30%	8,86%	TIR s	
	0,47	IVAN s	

Tabla 9-2 Sensibilización Evaluación Económica

9.4 Beneficios Adicionales del Proyecto

a) Aumento del Valor Incremental de la Tierra:

Poseer agua con seguridad de riego del 85% de probabilidad, producirá un importante incremento en los valores de los terrenos.

Para determinar este beneficio, se propone utilizar las tasaciones actuales en poder del SII y elaborar una metodología para cuantificar el incremento de valor al incorporar a estos terrenos riego seguro.

Se espera que durante el Estudio de Prefactibilidad, se pueda desarrollar una metodología apropiada para estimar el beneficio asociado a este concepto.

b) Hidro-generación:

Otra externalidad positiva, es el potencial de generación que podría desarrollar esta obra.

Se asume inicialmente que la obra de regulación, por tener finalidad de riego, sólo podría generar en la temporada comprendida entre septiembre y abril. Pero debido a la importante cantidad de caudales afluentes durante el invierno, se podría eventualmente obtener generación en periodo de acumulación.

Se espera que durante el Estudio de Prefactibilidad, se pueda desarrollar una metodología apropiada para estimar el beneficio asociado a este concepto.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En virtud de los antecedentes expuestos se rescatan las siguientes observaciones y comentarios:

- El valle del río Achibueno posee buenas condiciones agroclimáticas, edafológicas e industriales para lograr un sostenido desarrollo de la agricultura y potenciar el desarrollo económico e industrial del valle. Producto de la incorporación de especias de mayor rentabilidad y superficie disponible para ello.
- Claramente existe un déficit hídrico del valle durante los meses de mayor demanda para riego, acorde a lo que se muestra en el siguiente cuadro:

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Demanda de Agua (m3/mes)	1.774.213	35.008.437	83.439.773	116.637.295	117.858.391	80.335.872	45.437.159
Oferta de Agua (85%)	31.881.600	47.952.000	52.617.600	40.435.200	25.142.400	11.145.600	8.035.200
Oferta de Agua (75%)	76.204.800	84.240.000	82.166.400	68.688.000	47.952.000	27.475.200	16.329.600

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Demanda de Agua (m3/mes)	10.384.115					490.875.256
Oferta de Agua (85%)	6.998.400	13.478.400	22.291.200	33.177.600	31.104.000	324.259.200
Oferta de Agua (75%)	14.515.200	42.768.000	74.131.200	89.942.400	76.982.400	701.395.200

Por lo anterior, es que se requiere de un embalse de regulación para utilizar los recursos excedentarios de invierno en la época de riego.

- Un escenario de solución al problema, sería la materialización del embalse La Recova cuyas características técnicas son:

Muro		
Volumen de Relleno	3.000.000	m3
Volumen Total Embalsado	204.000.000	m3
Volumen Útil Embalsado	167.000.000	m3
Relación Agua / Muro	68	
Tipo de Muro	Tierra con Núcleo Central o CFRD	
Ancho de Coronamiento	10	m
Cota de Coronamiento	360	m.s.n.m.
Impermeabilización Subsuelo	Pared Moldeada	
Evacuador de Crecidas		
Nivel de aguas operación Normal	356.70	m.s.n.m.
Características	Umbral tipo Creager de 55 m de ancho.	
Entrega para Riego		
Obra de entrega	Válvula tipo Howell-Bunger de 2,10 m de diámetro.	
Caudal de entrega	35	m3/s

y sus indicadores económicos serían:

VAN (M\$)	TIR (%)	IVAN
159.359.287._	17,76	2,61

d) Los sensibilizadores de rentabilidad serían:

Escenarios de Evaluación - Sensibilización			
Aumento costos civiles 10%	118.639.581.848	VAN s	
Disminución Ingresos 10%	14,77%	TIR s	
	1,77	IVAN s	
Aumento costos civiles 20%	77.919.876.015	VAN s	
Disminución Ingresos 20%	11,83%	TIR s	
	1,06	IVAN s	
Aumento costos civiles 30%	37.200.170.183	VAN s	
Disminución Ingresos 30%	8,86%	TIR s	
	0,47	IVAN s	

e) Finalmente y la luz de los resultados del presente perfil, se recomienda favorablemente la prosecución de estas iniciativas, para ser estudiada a Nivel de Prefactibilidad.