

CNR-0402\_V2

# **“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”**

## **CANAL BELLAVISTA**

### **INFORME GENERAL**

**Santiago, diciembre de 2015**





# **“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”**

## **CANAL BELLAVISTA**

### **INFORME GENERAL**

**Santiago, diciembre de 2015**



**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO  
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

**“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y  
BUZETA”**

N° 4184-1000-GA-INF-007\_0

**INFORME GENERAL CANAL BELLAVISTA**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	C. Sandoval/ S. Perez /P. Muñoz / S. Rivano /P. Murua / R. Suarez	P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	27.02.15	27.02.15	27.02.15	
0	Nombre Firma	C. Sandoval/ S. Perez /P. Muñoz / S. Rivano /P. Murua / R. Suarez	P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	18.12.15	18.12.15	18.12.15	

# “MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

## INFORME GENERAL CANAL BELLAVISTA

### ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISIÓN DE ANTECEDENTES EXISTENTES</b>	<b>12</b>
2.1	ANTECEDENTES	12
2.2	ÁREA DE ESTUDIO	14
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES BÁSICOS GENERADOS PARA EL ESTUDIO</b>	<b>15</b>
3.1	CATÁSTRO Y ESTADO DE INFRAESTRUCTURA	15
3.2	TOPOGRAFÍA	17
3.3	CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA	18
3.3.1	Filtraciones quebrada Arrayán	18
3.3.2	Presencia de agujeros generados por roedores	19
3.3.3	Deslizamientos de talud hacia el canal	20
3.3.4	Filtraciones en quebrada	21
3.3.5	Filtraciones km 22,5	22
3.4	DETERMINACION DE PÉRDIDAS POR FILTRACION	24
3.4.1	Secciones de aforo	25
3.4.2	Resumen de resultados y gráfico de pérdidas	26
3.4.3	Análisis de resultados y conclusiones	30
3.5	INSPECCIÓN DE TÚNELES	35
3.5.1	Túnel Las Rojas	35
3.5.2	Túnel Porvenir	36
3.5.3	Túnel Los Burros	38
3.5.4	Túnel Quilacán 1	39
3.5.5	Túnel Quilacán 2	39
3.5.6	Túnel Quilacán 3	39
3.5.7	Túnel Quilacán 4	40
3.5.8	Túnel Quilacán 5	41
3.5.9	Túnel El Membrillo	41
3.5.10	Túnel La Cachina	42
3.6	PROBLEMAS IDENTIFICADOS POR LOS REGANTES – PARTICIPACION CIUDADANA	43
<b>4</b>	<b>ESTUDIOS BÁSICOS</b>	<b>45</b>
4.1	HIDROLOGÍA	45
4.1.1	Registro de Caudales	46
4.1.2	Registro de Precipitaciones	49
4.1.3	Caudales medidos en bocatoma	51
4.1.4	Caudales de Crecida	53
4.2	ANÁLISIS HIDRAULICO	56
4.2.1	Modelación en operación normal	58
4.2.2	Modelación de la capacidad máxima del canal y Crecidas	59

<b>4.3</b>	<b>GEOTECNIA.....</b>	<b>61</b>
4.3.1	<i>Prospecciones .....</i>	61
4.3.2	<i>Calicatas .....</i>	63
4.3.3	<i>Programa de Ensayos .....</i>	64
4.3.4	<i>Ensayos In situ .....</i>	66
4.3.5	<i>Parametrización y monografía geotécnica.....</i>	67
4.3.6	<i>Conclusiones .....</i>	70
<b>4.4</b>	<b>GEOLOGÍA.....</b>	<b>71</b>
<b>5</b>	<b>DIAGNÓSTICO INFRAESTRUCTURA DE RIEGO .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1</b>	<b>ORGANIZACIÓN DE USUARIOS .....</b>	<b>73</b>
<b>5.2</b>	<b>OPERACIÓN NORMAL.....</b>	<b>74</b>
5.2.1	<i>Operación Normal .....</i>	74
5.2.2	<i>Operación en Época de Sequía .....</i>	74
5.2.3	<i>Operación en Eventos Extremos .....</i>	74
<b>5.3</b>	<b>PROBLEMAS IDENTIFICADOS.....</b>	<b>74</b>
5.3.1	<i>Problemas en la Operación del Riego .....</i>	75
5.3.2	<i>Problemas en la Seguridad Física .....</i>	76
5.3.3	<i>Otros Problemas .....</i>	77
<b>5.4</b>	<b>PROPOSICIÓN ALTERNATIVAS DE OBRAS .....</b>	<b>79</b>
<b>5.5</b>	<b>SITUACIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>81</b>
<b>6</b>	<b>DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DEL CANAL MATRIZ.....</b>	<b>83</b>
<b>6.1</b>	<b>MANTENCIÓN DE OBRAS .....</b>	<b>83</b>
6.1.1	<i>Compuertas .....</i>	84
6.1.2	<i>Obras faltantes .....</i>	85
6.1.3	<i>Diseño obras de mejoramiento.....</i>	85
<b>6.2</b>	<b>CAPACIDAD HIDRÁULICA.....</b>	<b>86</b>
6.2.1	<i>Manejo de vegetación acuática.....</i>	86
<b>6.3</b>	<b>REDUCCION DE PÉRDIDAS .....</b>	<b>87</b>
<b>6.4</b>	<b>SEGURIDAD FISICA.....</b>	<b>93</b>
<b>6.5</b>	<b>CRUCE DE QUEBRADAS .....</b>	<b>93</b>
<b>6.6</b>	<b>DISEÑO DE UN SISTEMA DE AFORO REMOTO DE CAUDALES .....</b>	<b>95</b>
<b>6.7</b>	<b>ESTUDIO DE EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRES .....</b>	<b>98</b>
<b>6.8</b>	<b>ANÁLISIS INTERFERENCIAS.....</b>	<b>98</b>
<b>7</b>	<b>POTENCIAL HIDROELÉCTRICO .....</b>	<b>99</b>
<b>8</b>	<b>SITUACIÓN AGROECONÓMICA .....</b>	<b>99</b>
<b>9</b>	<b>PRESUPUESTO MEJORAMIENTOS.....</b>	<b>102</b>
9.1.1	<i>Precios Unitarios.....</i>	102
9.1.2	<i>Presupuesto .....</i>	103
<b>10</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>106</b>
<b>10.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>106</b>
10.1.1	<i>Antecedentes.....</i>	106
10.1.2	<i>Proyecto en estudio.....</i>	106

<b>10.2</b>	<b>ESCENARIOS DE ESTUDIO</b>	<b>106</b>
10.2.1	Situación actual (SA)	106
10.2.2	Situación Sin Proyecto (SSP)	106
10.2.3	Situación con Proyecto (SCP)	107
<b>10.3</b>	<b>PROCEDIMIENTO EVALUACION ECONOMICA</b>	<b>107</b>
10.3.1	Descripción de Métodos de evaluación	107
10.3.2	Criterios Específicos	108
10.3.3	Limitaciones de los métodos	110
<b>10.4</b>	<b>APLICACIÓN MÉTODO PRODUCTIVIDAD MARGINAL</b>	<b>112</b>
10.4.1	Beneficios Agronómicos	113
10.4.2	Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX)	123
10.4.3	Costos ambientales	125
10.4.4	Rentabilidad del Proyecto Riego	125
10.4.5	Tamaño Óptimo del proyecto	127
10.4.6	Momento óptimo de inversión	127
<b>10.5</b>	<b>INDICADORES ADICIONALES</b>	<b>127</b>
10.5.1	Rentabilidad por Hectárea Regada	127
10.5.2	Ingreso Per Cápita Asignable al Sector Agropecuario	128
10.5.3	Generación de Exportaciones	128
10.5.4	Generación de Impuestos	129
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>130</b>

## ANEXOS

ANEXO 1	REVISIÓN DE ANTECEDENTES
ANEXO 2	CATASTRO
ANEXO 3	TOPOGRAFÍA
ANEXO 4	ORGANIZACIONES DE USUARIOS
ANEXO 5	PROSPECCIONES Y ENSAYOS
ANEXO 6	CAMPAÑA DE AFOROS
ANEXO 7	ESTUDIO GEOTÉCNICO
ANEXO 8	ESTUDIO GEOLOGÍA
ANEXO 9	HIDROLOGÍA
ANEXO 10	ANÁLISIS HIDRÁULICO
ANEXO 11	POTENCIAL HIDROELÉCTRICO
ANEXO 12	ESTUDIO AMBIENTAL
ANEXO 13	PARTICIPACIÓN CIUDADANA
ANEXO 14	DISEÑOS DE OBRAS y PRESUPUESTOS
ANEXO 15	ESTUDIOS AGRONÓMICOS
ANEXO 16	EVALUACIÓN ECONÓMICA

## PLANOS

1	Disposición General					Rev.	Nombre
4184	1000	GA	PLA	001	B	Canal Bellavista. Planta Disposición General	
2	Agronómicos						
4184	1000	GA	PLA	002	C	Mapa Agrológico Capacidad de Uso 4 de 4	
4184	1000	GA	PLA	003	C	Mapa Agrológico Capacidad de Uso 3 de 4	

4184	1000	GA	PLA	004	C	Mapa Agrológico Capacidad de Uso 2 de 4
4184	1000	GA	PLA	005	C	Mapa Agrológico Capacidad de Uso 1 de 4
4184	1000	GA	PLA	006	C	Mapa Aptitud Frutal 4 de 4
4184	1000	GA	PLA	007	C	Mapa Aptitud Frutal 3 de 4
4184	1000	GA	PLA	008	C	Mapa Aptitud Frutal 2 de 4
4184	1000	GA	PLA	009	C	Mapa Aptitud Frutal 1 de 4
4184	1000	GA	PLA	010	C	Mapa Base 4 de 4
4184	1000	GA	PLA	011	C	Mapa Base 3 de 4
4184	1000	GA	PLA	012	C	Mapa Base 2 de 4
4184	1000	GA	PLA	013	C	Mapa Base 1 de 4
4184	1000	GA	PLA	014	C	Mapa Categoría de Riego 1 de 4
4184	1000	GA	PLA	015	C	Mapa Categoría de Riego 2 de 4
4184	1000	GA	PLA	016	C	Mapa Categoría de Riego 3 de 4
4184	1000	GA	PLA	017	C	Mapa Categoría de Riego 4 de 4
4184	1000	GA	PLA	018	C	Mapa Clase Drenaje 1 de 4
4184	1000	GA	PLA	019	C	Mapa Clase Drenaje 2 de 4
4184	1000	GA	PLA	020	C	Mapa Clase Drenaje 3 de 4
4184	1000	GA	PLA	021	C	Mapa Clase Drenaje 4 de 4
3 Propiedades						
4184	1000	GA	PLA	022	C	Mapa Propiedades 1 de 4
4184	1000	GA	PLA	023	C	Mapa Propiedades 2 de 4
4184	1000	GA	PLA	024	C	Mapa Propiedades 3 de 4
4184	1000	GA	PLA	025	C	Mapa Propiedades 4 de 4
4 Ambientales						
4184	1000	CA	LAM	001	C	Localización del Proyecto
4184	1000	CA	LAM	002	C	Antecedentes Ambientales
4184	1000	CA	LAM	003	C	Descripción del Proyecto
4184	1000	CA	LAM	004	C	Formación de Vegetación
4184	1000	CA	LAM	005	C	Hitos, Rutas y Zonificación de Turismo
5 Geológicos						
4184	1000	GO	PLA	001	C	Mapa Geológico Trazado Canal Planta
6 Diseños de Obras						
4184	1000	GE	PLA	001	B	Losetas Prefabricadas Sobre Canal Revestido. Planta y Secciones
4184	1000	GE	PLA	002	B	Revestimiento de Mampostería. Planta y Secciones
4184	1000	GE	PLA	003	B	Fortificación de Portales, Planta y Secciones
4184	1000	IH	PLA	001	B	Mantenimiento y/o Reemplazo de Compuertas. Planta y Secciones
4184	1000	IH	PLA	002	B	Sellos de Fundación y Mejoramiento en Mampostería. Planta y Secciones
4184	1000	IH	PLA	003	B	Diseño Aforadores Automatizado. Planta y Secciones
4184	1000	IH	PLA	004	B	Diseño Aforadores. Planta y Secciones
4184	1000	IH	PLA	005	B	Diseño Sifón Quebrada Arrayan. Planta y Secciones
7 Topografía						
4184	1000	TL	PLA	001	B	Planta Topográfica 1 de 24
4184	1000	TL	PLA	002	B	Planta Topográfica 2 de 24
4184	1000	TL	PLA	003	B	Planta Topográfica 3 de 24
4184	1000	TL	PLA	004	B	Planta Topográfica 4 de 24
4184	1000	TL	PLA	005	B	Planta Topográfica 5 de 24
4184	1000	TL	PLA	006	B	Planta Topográfica 6 de 24

4184	1000	TL	PLA	007	B	Planta Topográfica 7 de 24
4184	1000	TL	PLA	008	B	Planta Topográfica 8 de 24
4184	1000	TL	PLA	009	B	Planta Topográfica 9 de 24
4184	1000	TL	PLA	010	B	Planta Topográfica 10 de 24
4184	1000	TL	PLA	011	B	Planta Topográfica 11 de 24
4184	1000	TL	PLA	012	B	Planta Topográfica 12 de 24
4184	1000	TL	PLA	013	B	Planta Topográfica 13 de 24
4184	1000	TL	PLA	014	B	Planta Topográfica 14 de 24
4184	1000	TL	PLA	015	B	Planta Topográfica 15 de 24
4184	1000	TL	PLA	016	B	Planta Topográfica 16 de 24
4184	1000	TL	PLA	017	B	Planta Topográfica 17 de 24
4184	1000	TL	PLA	018	B	Planta Topográfica 18 de 24
4184	1000	TL	PLA	019	B	Planta Topográfica 19 de 24
4184	1000	TL	PLA	020	B	Planta Topográfica 20 de 24
4184	1000	TL	PLA	021	B	Planta Topográfica 21 de 24
4184	1000	TL	PLA	022	B	Planta Topográfica 22 de 24
4184	1000	TL	PLA	023	B	Planta Topográfica 23 de 24
4184	1000	TL	PLA	024	B	Planta Topográfica 24 de 24
4184	1100	TL	PLA	001	B	Planta General Perfiles
4184	1100	TL	PLA	002	B	Perfiles Longitudinales 1 de 5
4184	1100	TL	PLA	003	B	Perfiles Longitudinales 2 de 5
4184	1100	TL	PLA	004	B	Perfiles Longitudinales 3 de 5
4184	1100	TL	PLA	005	B	Perfiles Longitudinales 4 de 5
4184	1100	TL	PLA	006	B	Perfiles Longitudinales 5 de 5
4184	1100	TL	PLA	007	B	Perfiles Transversales 1 de 14
4184	1100	TL	PLA	008	B	Perfiles Transversales 2 de 14
4184	1100	TL	PLA	009	B	Perfiles Transversales 3 de 14
4184	1100	TL	PLA	010	B	Perfiles Transversales 4 de 14
4184	1100	TL	PLA	011	B	Perfiles Transversales 5 de 14
4184	1100	TL	PLA	012	B	Perfiles Transversales 6 de 14
4184	1100	TL	PLA	013	B	Perfiles Transversales 7 de 14
4184	1100	TL	PLA	014	B	Perfiles Transversales 8 de 14
4184	1100	TL	PLA	015	B	Perfiles Transversales 9 de 14
4184	1100	TL	PLA	016	B	Perfiles Transversales 10 de 14
4184	1100	TL	PLA	017	B	Perfiles Transversales 11 de 14
4184	1100	TL	PLA	018	B	Perfiles Transversales 12 de 14
4184	1100	TL	PLA	019	B	Perfiles Transversales 13 de 14
4184	1100	TL	PLA	020	B	Perfiles Transversales 14 de 14

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1. Clasificación de las obras existentes en el canal Bellavista según estado de conservación y operatividad .....	15
Tabla 3-2 Estado de Revestimientos en canal Bellavista .....	16
Tabla 3-3. Secciones de Aforo en canal Bellavista .....	25
Tabla 3-4. Secciones de aforos y caudales medidos .....	26
Tabla 3-5. Resumen de resultados aforos en el canal Bellavista .....	27
Tabla 3-6.- Tramos del túnel Las Roja indicando largos, orientación, alto y ancho de la sección. ....	36
Tabla 3-7.- Orientaciones, longitudes de los tramos del túnel y dimensiones aproximadas de las secciones. ....	37
Tabla 3-8: Orientación del eje central del túnel Los Burros. ....	38
Tabla 3-9.- Variaciones del alto y ancho de la sección del túnel Quilacán 2 .....	39
Tabla 3-10.- Tramos y dimensiones de la sección en el túnel Quilacán 3. ....	40
Tabla 3-11: Variaciones en la orientación del túnel Quilacán 4 y las dimensiones de las respectivas secciones. .	41
Tabla 3-12: Participación en actividades de PAC, según género .....	43
Tabla 4-1: Estaciones fluviométricas cercanas al canal Bellavista .....	46
Tabla 4-2: Estaciones con Registro de Precipitación .....	49
Tabla 4-3: Estimación de caudales afluentes al canal Bellavista .....	54
Tabla 4-4 Caudales afluentes canal Bellavista .....	60
Tabla 4-5: Resumen de Información de Calicatas. ....	63
Tabla 4-6: Resultados granulométricos. ....	65
Tabla 4-7: Resultados ensayos de densidad in situ .....	66
Tabla 4-8: Monografía geológica – geotécnica canal Bellavista. ....	68
Tabla 4-9: Rangos ángulos de fricción distintos materiales. (Ref. 5) .....	69
Tabla 4-10: Rangos de permeabilidades para distintos materiales. (Ref. 5) .....	69
Tabla 4-11: Parámetros geotécnicos. ....	70
Tabla 5-1: Detalle Compuertas en Estado Deficiente, Canal Bellavista .....	75
Tabla 5-2 Diagnóstico sistema de aforos en canal Bellavista .....	76
Tabla 5-3: Problemas en la Seguridad Física por Kilometraje de Canal Bellavista .....	76
Tabla 5-4 Alternativas de Obras – Operación de Riego .....	79
Tabla 5-5 Alternativas de Obras – Seguridad Física del Canal .....	80
Tabla 5-6: Relación del Proyecto y elementos ambientales .....	81
Tabla 6-1. Clasificación de las obras existentes en el canal Bellavista según estado de conservación y operatividad .....	83
Tabla 6-2 Rendimientos por tramos canal Bellavista .....	90
Tabla 6-3: Resumen de Problemas y Soluciones propuestas .....	93
Tabla 6-4 Diagnóstico sistema de aforos en canal Bellavista .....	95
Tabla 6-5 Criterio de selección – Ubicación de aforadores .....	95

Tabla 9-1: Costos de mejoramiento del canal Bellavista .....	103
Tabla 10-1: Superficies Prediales Según Uso en Situación Actual (ha).....	106
Tabla 10-2: Gradualidad Porcentual Ingresos en Chirimoya Nivel Bajo y Medio-Bajo.....	113
Tabla 10-3: Gradualidad Porcentual Costos en Chirimoya Nivel Bajo y Medio-Bajo .....	114
Tabla 10-4: Gradualidad Porcentual Ingresos en Frutilla Nivel Bajo y Medio-Bajo.....	114
Tabla 10-5: Gradualidad Porcentual Costos en Frutilla Nivel Bajo y Medio-Bajo .....	114
Tabla 10-6: Gradualidad Porcentual Ingresos en Limonero Nivel Bajo y Medio-Bajo.....	114
Tabla 10-7: Gradualidad Porcentual Costos en Limonero Nivel Bajo y Medio-Bajo .....	114
Tabla 10-8: Gradualidad Porcentual Ingresos en Naranja Nivel Bajo y Medio-Bajo .....	115
Tabla 10-9: Gradualidad Porcentual Costos en Naranja Nivel Bajo y Medio-Bajo.....	115
Tabla 10-10: Gradualidad Porcentual Ingresos en Palto Nivel Bajo y Medio-Bajo.....	115
Tabla 10-11: Gradualidad Porcentual Costos en Palto Nivel Bajo y Medio-Bajo.....	115
Tabla 10-12: Gradualidad Porcentual Ingresos en Papayo Nivel Bajo y Medio-Bajo.....	116
Tabla 10-13: Gradualidad Porcentual Costos en Papayo Nivel Bajo y Medio-Bajo .....	116
Tabla 10-14: Gradualidad Porcentual Ingresos en Alcachofa Nivel Bajo y Medio-Bajo .....	116
Tabla 10-15: Gradualidad Porcentual Costos en Alcachofa Nivel Bajo y Medio-Bajo.....	116
Tabla 10-16: Gradualidad Porcentual Ingresos en Chirimoya Nivel Alto y Medio-Alto.....	116
Tabla 10-17: Gradualidad Porcentual Costos en Chirimoya Nivel Alto y Medio-Alto .....	117
Tabla 10-18: Gradualidad Porcentual Ingresos en Frutilla Nivel Alto y Medio-Alto.....	117
Tabla 10-19: Gradualidad Porcentual Costos en Frutilla Nivel Alto y Medio-Alto.....	117
Tabla 10-20: Gradualidad Porcentual Ingresos en Limonero Nivel Alto y Medio-Alto.....	117
Tabla 10-21: Gradualidad Porcentual Costos en Limonero Nivel Alto y Medio-Alto .....	117
Tabla 10-22: Gradualidad Porcentual Ingresos en Naranja Nivel Alto y Medio-Alto .....	118
Tabla 10-23: Gradualidad Porcentual Costos en Naranja Nivel Alto y Medio-Alto.....	118
Tabla 10-24: Gradualidad Porcentual Ingresos en Palto Nivel Alto y Medio-Alto.....	118
Tabla 10-25: Gradualidad Porcentual Costos en Palto Nivel Alto y Medio-Alto .....	118
Tabla 10-26: Gradualidad Porcentual Ingresos en Papayo Nivel Alto y Medio-Alto .....	119
Tabla 10-27: Gradualidad Porcentual Costos en Papayo Nivel Alto y Medio-Alto .....	119
Tabla 10-28: Gradualidad Porcentual Ingresos en Alcachofa Nivel Alto y Medio-Alto.....	119
Tabla 10-29: Gradualidad Porcentual Costos en Alcachofa Nivel Alto y Medio-Alto.....	119
Tabla 10-30: Factores de Ajuste .....	120
Tabla 10-31: Resumen de Flujos Situación Actual a Sin Proyecto .....	121
Tabla 10-32: Resumen de Flujos Situación Flujos Situación Futura.....	122
Tabla 10-33: Costos de operación y mantención canal Bellavista .....	124
Tabla 10-34: Rentabilidad por Hectárea Regada.....	128
Tabla 10-35: Ingreso per cápita .....	128
Tabla 10-36: Generación exportaciones (\$US) .....	128

Tabla 10-37: Generación Impuestos .....	129
Tabla 11-1: Tipo de Mejoramiento Considerado por Tramo de Canal (km) .....	131

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1 Compuertas Canal Bellavista .....	11
Figura 3-1 Monolito PR ubicado en acceso comuna Vicuña ruta CH-41 .....	17
Figura 3-2. Filtración quebrada Arrayán, ARCADIS 2014.....	18
Figura 3-3. Filtración quebrada Arrayán, ARCADIS 2014.....	19
Figura 3-4. Vista en detalle de agujero generado por roedores, ARCADIS 2014 .....	19
Figura 3-5. Falla de talud por debilitamiento, ARCADIS 2014 .....	20
Figura 3-6. Deslizamientos de talud hacia el canal, ARCADIS 2014 .....	20
Figura 3-7. Km 9,5. Filtraciones talud a valle, ARCADIS 2014 .....	21
Figura 3-8. Km 9,5. Filtraciones talud a valle, ARCADIS 2014 .....	21
Figura 3-9. Km22,5. Filtración talud a valle, ARCADIS 2014 .....	22
Figura 3-10. Km 22,5. Filtración talud a valle, ARCADIS 2014 .....	23
Figura 3-11: Gráfico de caudales medidos y pérdidas unitarias de caudal en el canal Bellavista .....	28
Figura 3-12: Pérdidas unitarias de caudal por kilómetro en el canal Bellavista .....	29
Figura 3-13: Gráfico de pérdida acumulada en función del kilometraje .....	30
Figura 3-14: Sector km 0,0 – km 8,1 .....	31
Figura 3-15: Sector km 8,1 – km 11,6 .....	31
Figura 3-16: Sector km 32,8 – km 35,2.....	32
Figura 3-17: Sector km 52,2 – km 54,2.....	32
Figura 3-18: Gráfico comparativo Campaña de aforos 2014 y Campaña de aforos 2012 .....	34
Figura 3-19.- Imagen Google Earth del sector de los túneles mostrando su localización (Los túneles en trazo azul y canal en trazo blanco).....	35
Figura 3-20: Participación Ciudadana Bellavista.....	44
Figura 4-1: Ubicación general área de estudio .....	45
Figura 4-2: Ubicación de estaciones con registro de caudales .....	47
Figura 4-3: Caudales medios mensuales río Elqui en Almendral y río Elqui en Algarrobal .....	48
Figura 4-4: Ubicación de estaciones con registro de precipitaciones .....	50
Figura 4-5: Ubicación zona homogénea y estaciones pluviométricas seleccionadas .....	51
Figura 4-6: Caudales medios mensuales bocatoma Canal Bellavista .....	52
Figura 4-7: Curvas de variación estacional río Elqui en Almendral y caudal de derecho captado en bocatoma ....	53
Figura 4-8 Cuencas de las quebradas aportantes al canal Bellavista.....	55
Figura 4-9: Secciones transversales en el canal Bellavista con obras de arte, HEC RAS.....	57
Figura 4-10: Unifilar canal Bellavista.....	58
Figura 4-11 Identificación de puntos de desborde en operación normal.....	59

Figura 4-12 Caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia de T=2 años. Canal Bellavista .....	61
Figura 4-13: Ubicación de Prospecciones canal Bellavista.....	62
Figura 4-14: Granulometría canal Bellavista .....	66
Figura 4-15: Sectorización geológica geotécnica canal Bellavista.....	67
Figura 4-16: Sectorización del canal Bellavista (en trazo blanco) y túneles (en trazo azul).....	71
Figura 5-1: Ubicación Problemas Geotécnicos .....	77
Figura 5-2: Ubicación Extracciones en el Canal .....	78
Figura 6-1 Esquema de los sellos de fondo.....	85
Figura 6-2 Pérdida de caudal acumulada en Bellavista .....	87
Figura 6-3 Metodología de evaluación de obras de mejoras .....	89
Figura 6-4 Caudal optimizado según longitud revestida .....	91
Figura 6-5 Pérdida unitaria de caudal según longitud revestida .....	91
Figura 6-6 Pérdida acumulada con revestimiento de 12 km .....	92
Figura 6-7 Pérdida de caudal acumulada y caudal optimizado, con revestimiento de 12 km .....	92
Figura 6-8 Sifón tipo.....	94
Figura 6-9: Trazado en Planta Canal Bellavista .....	96
Figura 6-10 Zonas características de un aforador de garganta larga .....	97
Figura 10-1: Curva del VAN a Precios Sociales.....	126
Figura 10-2: Curva del VAN a Precios Privados .....	126

## LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1: Sección de aforo km 56,7 .....	33
Fotografía 6-1 Compuerta CP11 con sistema de funcionamiento en mal estado .....	84
Fotografía 6-2 Compuerta CP15 con embancamiento y vegetación.....	84
Fotografía 6-3 Compuerta CP21 con embancamiento y vegetación.....	84
Fotografía 6-4: Vegetación acuática en el canal Bellavista.....	86
Fotografía 6-5 Aforador de sección de control rectangular .....	97

## 1 INTRODUCCIÓN

La presente consultoría corresponde a la elaboración del Estudio de Prefactibilidad para el Proyecto “Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta”, encargado a ARCADIS Chile por la Comisión Nacional de Riego (en adelante CNR) del Ministerio de Agricultura. Este estudio tiene por objetivo realizar una propuesta de mejoramiento y optimización para los sistemas de riego de los canales. Dicha propuesta se debe realizar a nivel de prefactibilidad, considerando obras con criterio de optimización de las inversiones y que se justifiquen económicamente.

En forma preliminar, es necesario realizar un diagnóstico respecto del estado actual de la infraestructura de cada canal y de su estado de conservación general, proponiendo las obras que permitan reducir pérdidas de agua (ya sea por filtración o mal estado de obras) y generar las mejoras en la seguridad física del canal y sus obras anexas (colapso en cruces de quebradas, mejoras en la estabilidad de túneles, cortes de ladera, etc) así como de la operación del sistema, de modo que las aguas se distribuyan de acuerdo a derecho, asegurando la entrega del recurso a los usuarios en la cantidad y oportunidad que les corresponde.

Se debe además incorporar el concepto de multiuso de las aguas para riego con potencial de hidrogenación eléctrica, aprovechando las aguas de riego y los desniveles que la topografía de cada canal presenta. Se deberá analizar y evaluar económicamente la posibilidad de generación, con los recursos de cada canal y supeditado a la operación del riego. El conjunto de obras propuestas debe evaluarse económicamente, considerando que las inversiones realizadas en el mejoramiento de cada canal, permitirá generar beneficios agrícolas producto de la mayor seguridad que cada usuario percibirá al tener una sistema de riego que permita la entrega de las aguas en la cantidad y oportunidad de acuerdo a derecho y disponibilidad hidrológica del recurso.

Este informe corresponde al informe final **Canal Bellavista**.

**Figura 1-1 Compuertas Canal Bellavista**



## 2 REVISIÓN DE ANTECEDENTES EXISTENTES

### 2.1 ANTECEDENTES

Los antecedentes revisados para este estudio han sido los siguientes:

- “Catastro de Regantes Hoya del Río Elqui”. Departamento de Estudios de la DGA. Año 1981.
- “Levantamiento de Información Sobre Derechos No Inscritos Susceptibles de Regularizar. Cuenca de los Ríos Huasco, Elqui, Limarí y Choapa”. AC Ingenieros Consultores Ltda. Año 2006.
- “Actualización Catastro de Usuarios de Agua, Entre el Sector Ubicado Aguas Abajo del Embalse Puclaro y la Desembocadura del Río Elqui”. Centro de Información de Recursos Naturales de la DGA. Año 2012.
- Información Estadística Hidrológica en Línea, [www.dga.cl](http://www.dga.cl).
- Registro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, [www.dga.cl](http://www.dga.cl).
- Dirección General de Aguas (DGA)
- Actualización Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos Zona I Norte, Regiones I a V Sur
- VI y VII Censo Nacional Agropecuario. INE (1997 y 2007)
- “Diagnóstico de Pérdidas de Conducción y Operación en Canales de los ríos Elqui y Cachapoal”. EWE Chile. Año 1998.
- “Mejoramiento Integral de los Canales Bellavista y Herradura – IV Región de Coquimbo, Comunas de La Serena y Coquimbo”. Luis Arrau Del Canto. Año 2000.
- Mejoramiento Integral de Canales de la Cuenca del Río Elquí, IV Región
- Consultoría OME-04 Mejoramiento Sistema Paloma. INGENDESA
- Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse Canelillo. DOH 2009
- “Estudio Integral de Riego del Valle del Elqui”. INA Ingenieros Consultores. Año 1989. CNR.
- Optimización del Sistema de Riego Embalse Corrales Río Choapa. CNR
- Estudio Integral de Riego Valle del Río Elqui. CNR
- Estudios de Suelos de los Valles del Elqui, Limari y Choapa. CIREN, año 2005.
- Estudio Integral de Riego Proyecto Choapa. CNR
- Diagnóstico de los Embalses el Bato y Corrales, IV Región. CNR
- Estudio de los Recursos Hídricos en el Secano de la IV Región, para una Propuesta de Desarrollo Agrícola Luis Arrau del C. para la Comisión Nacional de Riego
- Propuesta de Modificación a Metodologías de Evaluación de Proyectos de Riego
- Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección Ayala, Cabrera y Asociados Ltda
- Diagnóstico y Caracterización de los Problemas de Drenaje en Chile. CNR
- Programa Desarrollo Territorial de Áreas Productivas Bajo Riego para Pequeños Agricultores de las Comunas de Illapel y Salamanca, Provincia de Choapa. SEREMI
- Manual de Obras Menores de Riego, año 1996. Comisión Nacional de Riego – CIREN – CORFO. Esta publicación es una actualización y complementación del Manual de Estándares Técnicos y Económicos de Obras Menores de Riego, que formó parte del

estudio de la CORFO, "Análisis y Evaluación de Necesidades de Crédito de Inversión y Producción en las Areas Habilitadas con Obras Menores de Regadío".

- Atlas Agroclimático y Atlas Bioclimático de Chile de la Universidad de Chile
- FAO N° 24 y N° 56
- Compendio de Información Ambiental, Socioeconómica y Silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo del año 2001 Universidad Chile
- Cuadrángulo Quebrada Marquesa, Provincia de Coquimbo. Carta Geológica de Chile N° 15 escala 1: 50.000. Chile, 1965.
- Cuadrángulo Lambert. Provincia de Coquimbo. Carta Geológica de Chile N° 23 escala 1:50.000. Chile, 1970.
- Informe inédito N° 12209. Biblioteca SERNAGEOMIN. Hauser, A. Diciembre 1998.
- Área Condoriaco-Rivadavia, Región de Coquimbo. Mapas Geológicos N° 12 escala 1:100.000. Chile, 1999.
- Área La Serena-La Higuera, Región de Coquimbo. Mapas Geológicos N° 18 escala 1:100.000. Chile, 2000.
- Geología del Área Andacollo-Puerto Aldea, región de Coquimbo. Carta geológica de Chile, Serie Geología Básica N° 96 escala 1:100.000. Chile, 2006
- Evapotranspiración potencial y necesidades netas de agua de riego en Chile, 1986.
- Hugo Faiguenbaum, Producción de Cultivos en Chile, 1988.
- Vicente Giaconi, Cultivo de Hortalizas, 1998.
- Estándares Técnicos Programa Fortalecimiento de las Capacidades de Formulación y Evaluación de Proyectos para la Pequeña Agricultura.. 1993.
- Prodecop-Fida-INIA-INDAP
- Manual de Producción de Hortalizas.. 1998.
- Revista Agroeconómico, Fundación Chile (Diversos Números).
- Manual Fitosanitario Online, año 2013, AFIPA A.G.
- "Análisis de la Disponibilidad del Recurso Hídrico Superficial en Cauces Controlados de las Cuencas de los Ríos Elqui, Limarí y Choapa". Alfaro, C. & Honores C., Universidad de La Serena. Año 2001.
- "Organizaciones de Usuarios de Agua de la Cuenca del Rio Elqui". Morales, H. & Espinoza, R., Universidad de La Serena. Año 2005.

El contenido de cada uno de estos queda especificado en Anexo 1: Revision de Antecedentes.

## 2.2 ÁREA DE ESTUDIO

El canal Bellavista es uno de los más importantes del río Elqui. Tiene su captación en la ribera izquierda de la Tercera Sección del río Elqui, unos 15 kilómetros aguas abajo del embalse Puclaro.

El área de estudio asociada al canal Bellavista comprende todo su trazado y su área de riego correspondiente. Según se indica en estudio de Arrau (DOH, 2000), el canal se inicia en el sector de Quilacán, unos 10 a 15 km al este de la ciudad de La Serena, y finaliza en el sector de Cerrillos-Nueva Vida, unos 25 km al sur de La Serena (por la ruta a la ciudad de Ovalle). En su recorrido atraviesa los sectores El Arrayán, Talca, Ceres, La Serena y Pan de Azúcar.

En su desarrollo, el canal Bellavista atraviesa las comunas de La Serena y Coquimbo, en la provincia de Elqui, en la IV Región de Coquimbo.

El canal, de 59 km de longitud, desarrolla su recorrido de oriente a poniente los primeros 38 km, para luego seguir en dirección norte a sur. En la obra de captación en el río Elqui, el canal tiene una elevación de 288 msnm, y al final de su trazado alcanza los 145 msnm. Conforme a estos datos, la pendiente media del canal es de 0,24%.

Con respecto a las cuencas hidrográficas involucradas en el área de estudio, el canal Bellavista nace en la cuenca del río Elqui y en el km 40 pasa al sector norte de las cuencas costeras entre Elqui y Limarí.

Este canal se ubica en la tercera sección del río Elqui y abastece una superficie del orden de las 5.700 ha. Su bocatoma se encuentra en la ribera sur del río Elqui, en el sector de Los Rojas, aguas abajo del embalse Puclaro. El área de riego se extiende desde el sector de Quilacán, 10 a 12 km al este de la ciudad de La Serena, hasta el sector de Cerrillos-Nueva Vida, a 25 km al sur de La Serena por la ruta 43 que une esta ciudad con la ciudad de Ovalle..

En Planos Generales se muestra el trazado del canal Bellavista y el área de estudio.

### 3 ANTECEDENTES BÁSICOS GENERADOS PARA EL ESTUDIO

#### 3.1 CATÁSTRO Y ESTADO DE INFRAESTRUCTURA

Se ha recorrido el canal de tal forma de identificar y ubicar georeferencialmente toda la infraestructura, a continuación se presenta un resumen:

##### Resumen Catastro Canal Bellavista

Obra	Núm. de Obras
Aforador	1
Alcantarilla	2
Bocatoma	1
Canoa	7
Compuerta	27
Marco partidor	17
Puente	30
Túnel	7
Vertedero	2
<b>Total</b>	<b>94</b>

En donde el 3 % se encuentra en estado deficiente, 10% en estado regular y 16 % en buen estado. La definición de estado de cada una de la infraestructura se especifica en Fichas de catastro elaboradas para cada obra donde se incorpora su ubicación y monografía correspondiente que se detallan en Anexo 2: Catastro. El criterio para definir estado de obras se detalla a continuación:

En función de la información recopilada en terreno, se ha clasificado el estado de las obras en Bueno, Regular y Deficiente, definiéndose dicha clasificación en base a los criterios presentados en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1. Clasificación de las obras existentes en el canal Bellavista según estado de conservación y operatividad**

Sección del canal y revestimientos	
Deficiente	Sección Irregular, vegetación abundante, revestimiento presenta grietas de gran tamaño o trozos faltantes, compromiso de estabilidad del revestimiento y de función impermeabilizante
Regular	Sección medianamente regular, con o sin presencia de vegetación, revestimiento con grietas de menor tamaño, sin compromiso de estabilidad del revestimiento y función impermeabilizante
Bueno	Sección regular, sin vegetación, revestimiento sin grietas, con buen nivel de limpieza y mantención.
Obras de cruce: puentes, canoas, sifones	
Deficiente	Obra inestable estructuralmente: hormigón en mal estado, madera descompuesta

Regular	Obra opera correctamente, sin embargo podría presentar problemas de estabilidad en el corto plazo
Bueno	Obra estable estructuralmente
<b>Obras de descarga o distribución: vertedero, marco partidor</b>	
Deficiente	Obra en mal estado u obstruida, no opera correctamente
Regular	Obra en mal estado u obstruida, podría operar con errores
Bueno	Obra opera correctamente
<b>Obras de entrega: compuertas</b>	
Deficiente	Mal estado induce a infiltraciones por mal sellado, oxidación de la hoja, o capacidad (mampostería lateral insuficiente)
Regular	Compuerta con baja mantención (sin grasa) e interferencias como ramas, sedimentos o vegetación
Bueno	Operando sin generar infiltraciones, mantención de la compuerta con grasa

Nota: el estado de los aforadores se evaluó en la memoria técnica 4184-1000-IH-MEC-005 Sistema Control de Caudales

**Tabla 3-2 Estado de Revestimientos en canal Bellavista**

Revestimiento		Estado (Km)		
Material	Ubicación o tipo	Bueno	Regular	Deficiente
Hormigón	Sección Completa	3,18	0,17	0,04
	Ribera Izquierda		0,03	
	Ribera Derecha		2,07	
Mampostería	Sección Completa		0,48	
	Ribera Izquierda		1,4	0,09
	Ribera Derecha	0,03		
Enrocado	Ribera Derecha		0,23	
Geomembrana	Sección Completa		0,7	
Sin Revestimiento	-	0,01	13,78	33,51

Con respecto a los tramos sin revestir, cabe señalar que la mayoría presenta un estado deficiente, ya que han perdido la geometría y requieren de un profundo proceso de limpieza. Actualmente no existen sellos de fondo en el canal por lo que muchas de sus secciones no pueden ser re-perfiladas.

No se identificaron obras de cruce con necesidad de mejoramiento. Y no se identificaron obras de descarga con necesidad de mejoramiento.

Se identificaron 3 (CP11, CP15 y CP21) compuertas de entrega o descarga en estado deficiente. Las principales deficiencias encontradas fueron:

- Sistema de funcionamiento de la compuerta en mal estado.
- Embancamiento de sedimentos en la entrada de la compuerta.
- Obstrucciones de vegetación en la entrada de la compuerta.

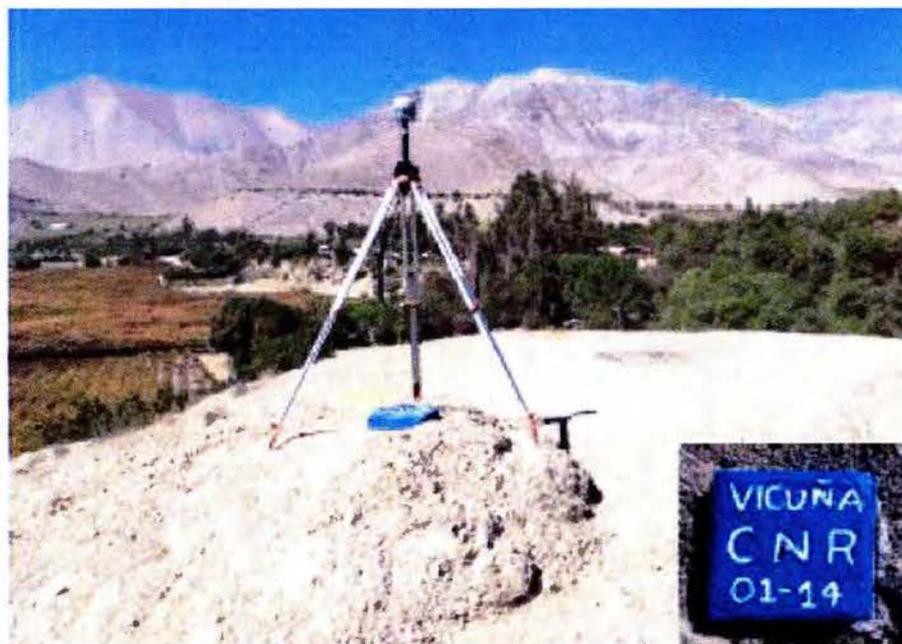
En las Figuras del Anexo 2 se presenta la ubicación de todas las obras anteriormente descritas, como también los revestimientos existentes.

### 3.2 TOPOGRAFÍA

Los trabajos topográficos realizados y que se detallan en Anexo 3 de este Informe comprenden la realización de los siguientes trabajos:

- Red de vinculación GPS primaria y Red GPS secundaria realizada para el control de los futuros trabajos de topografía.
- Nivelación geométrica corriente para el total de vértices monumentados en terreno, para ello se consideraron cincuenta y dos (52) Hitos o vértices PRs. Todos los trabajos realizados se encuentran normados por las Especificaciones Técnicas Topográficas ETT-DOH Año 2011.
- Levantamiento Aerofotogramétrico realizado para el Proyecto "Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta, Región de Coquimbo". Para ello, se realizaron nuevos vuelos Color a escala 1:8.000 y 1:20.000 para obtener una restitución escala 1:2.000 y 1:5.000 respectivamente.
- Planos de Planta y Perfiles transversales a lo largo del Canal Bellavista, de una franja de 20 m de ancho del canal y las Obras de Arte que se encuentren en el Canal. Para ello se entregan planos en escala 1:500.
- Además se realizó un balizado a lo largo de todo el Canal, de manera de que cualquier visitante pueda ubicar las obras existentes y proyectadas.
- Todos los productos topográficos se entregan en formato dwg, pdf en el caso de los planos y .xls para las planillas de cálculo de nivelaciones, coordenadas y procesamiento de datos. El Sistema de Referencia utilizado es Datum SIRGAS, UTM 19 ETT\_DOH 2011.

**Figura 3-1 Monolito PR ubicado en acceso comuna Vicuña ruta CH-41**



### 3.3 CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA

Se presenta a continuación un diagnóstico geotécnico del canal Bellavista describiendo los principales hallazgos del recorrido del canal, según los aspectos geotécnicos asociados a caída de rocas, filtraciones, contaminaciones locales, fallas en taludes, etc. Dichos sectores corresponden a:

- Filtración quebrada Arrayán
- Presencia de agujeros generados por roedores.
- Deslizamientos de talud hacia el canal.
- Filtración en quebrada km 9,5.
- Filtración km 22,5

#### 3.3.1 Filtraciones quebrada Arrayán

En este sector, correspondiente al inicio del trazado del canal, se observa que el suelo aguas abajo del canal se encuentra totalmente saturado, lo cual genera un riesgo de inestabilidad del pretil del canal. En la Figura 3-2 y Figura 3-3 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

**Figura 3-2. Filtración quebrada Arrayán, ARCADIS 2014**



\* Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3-3. Filtración quebrada Arrayán, ARCADIS 2014**



\* Fuente: Elaboración Propia

### **3.3.2 Presencia de agujeros generados por roedores**

También se verificó la existencia de sectores con presencia de agujeros generados por roedores en los taludes. En algunos sectores del canal este problema es recurrente y de acuerdo a lo conversado con el celador de este tramo este problema se acentúa en virtud de las sequías de los últimos años, propiciando el incremento de los riesgos de falla en los taludes asociados. En la Figura 3-4 y Figura 3-5 se presenta un ejemplo de los agujeros generados por roedores y las fallas de talud asociados.

**Figura 3-4. Vista en detalle de agujero generado por roedores, ARCADIS 2014**



\* Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3-5. Falla de talud por debilitamiento, ARCADIS 2014**



### **3.3.3 Deslizamientos de talud hacia el canal**

En este tramo (entre el km 15 y km 20), en que el canal va en pendiente suave, se constató la presencia local de algunos deslizamiento de talud hacia el canal, los cuales podrían ocasionar estancamientos parciales o totales de este. Preliminarmente, se asume que deslizamientos se producen a raíz de debilitamiento del talud generado por precipitaciones intensas. En la Figura 3-6 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

**Figura 3-6. Deslizamientos de talud hacia el canal, ARCADIS 2014**



\* Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.4 Filtraciones en quebrada

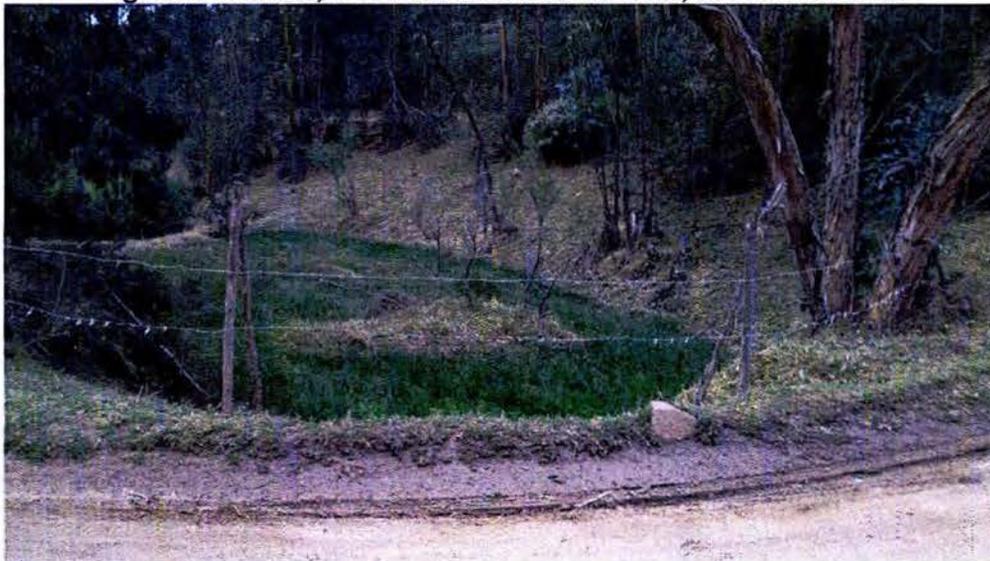
En este sector, se observa una importante filtración aguas abajo del canal. En este tramo el canal va en ladera con pendiente media, a una altura aproximada de 5 m sobre el nivel del camino. Se pudo constatar que la filtración se prolonga aguas abajo del camino. En la Figura 3-7 y Figura 3-8 se presenta la filtración antes mencionada.

**Figura 3-7. Km 9,5. Filtraciones talud a valle, ARCADIS 2014.**



\* Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3-8. Km 9,5. Filtraciones talud a valle, ARCADIS 2014.**

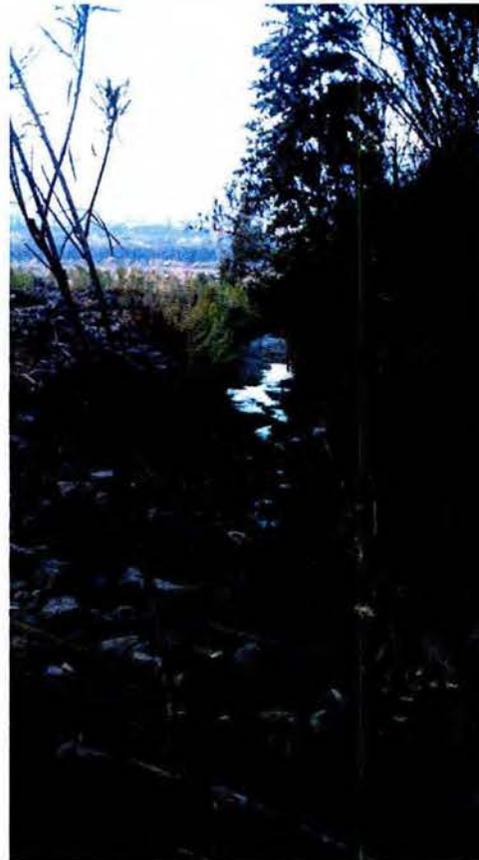


\* Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.5 Filtraciones km 22,5.

En esta área se apreció la presencia de una filtración en el talud a valle en el sector correspondiente al Km 22,5. En la Figura 3-9 y Figura 3-10 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

**Figura 3-9. Km22,5. Filtración talud a valle, ARCADIS 2014.**



\* Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-10. Km 22,5. Filtración talud a valle, ARCADIS 2014.



\* Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 DETERMINACION DE PÉRDIDAS POR FILTRACION

En consideración a los criterios estipulados en las Bases del estudio, se establecieron secciones de aforos cada 2 km, tramos que han sido ajustados según los siguientes aspectos:

- Se escogieron secciones de características uniformes, principalmente aquellas donde se ubican las estructuras de aforo existentes, puentes y compuertas de descarga, donde la sección del canal es regular, revestida en hormigón y con menor presencia de vegetación.
- El tramo del canal a aforar se consideró recto en una longitud de 3 veces el ancho de escurrimiento, aguas arriba y aguas abajo del punto de aforo, y con pendiente de fondo constante.
- Los aspectos de facilidad de acceso debido a la cantidad de equipos que se deben transportar para acondicionar la sección de aforo.
- Debido a que la administración del canal imposibilitó el cierre de las compuertas de riego durante las campañas de aforo, se consideró que a partir del km 35 los tramos medidos sean entre compuertas y los resultados de estos caudales se extrapolan a tramos contiguos.

Con estos aspectos se definieron 22 tramos para la ejecución de series de aforos en el canal Bellavista, que se indican en la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3. Secciones de Aforo en canal Bellavista**

Secciones de aforo (km*)		Longitud tramo aforado (km)
Inicial	Cierre	
0,1	1,8	1,7
1,8	3,9	2,1
3,9	6,3	2,4
6,3	8,1	1,8
8,1	12,4	4,3
12,4	14,5	2,1
14,5	15,5	1,0
15,5	17,5	2,0
17,5	19,8	2,3
19,8	22,6	2,8
22,6	25,0	2,4
25,0	27,1	2,1
27,1	30,5	3,4
30,5	31,7	1,2
31,7	32,9	1,2
32,9	35,1	2,2
35,1	36,8	1,7
41,7	45,2	3,5
47,0	48,5	1,5
49,2	50,8	1,6
52,2	54,2	2,0
55,9	56,7	0,8
<b>Promedio</b>		<b>2,1</b>

\*Km referencial medido desde la compuerta de inicio

Celdas en gris corresponden a tramos de aforos medidos entre compuertas, producto que estaban operativas

### 3.4.1 Secciones de aforo

En la Tabla 3-4 se entrega el listado de secciones de aforo medidas en el canal Bellavista durante la campaña de Junio y Julio. Dentro de los datos obtenidos se debió seleccionar aquellos que no presentaran perturbaciones y descartar los valores que no seguían una tendencia clara. Cabe agregar que durante la segunda campaña de aforos se volvieron a medir las secciones de los kilómetros 49,2 y 50,9, debido a que se había registrado un incremento de caudal.

**Tabla 3-4. Secciones de aforos y caudales medidos**

Tramo (km)		Longitud (km)	Caudal medido (m <sup>3</sup> /s)	
Inicio	Término		Inicio	Término
0,1	1,8	1,7	1,145	1,116
1,8	3,9	2,1	1,116	0,987
3,9	6,3	2,4	0,937	0,932
6,3	8,1	1,8	0,932	0,866
8,1	12,4	4,3	0,866	<del>1,022</del>
12,4	14,5	2,1	0,945	0,952
14,5	15,5	1,0	0,952	0,961
15,5	17,5	2,0	0,961	0,865
17,5	19,8	2,3	0,877	0,851
19,8	22,6	2,8	0,851	0,800
22,6	25,0	2,4	0,800	0,749
25,0	27,1	2,1	0,828	0,871
27,1	30,5	3,4	0,871	0,835
30,5	31,7	1,2	0,835	0,843
31,7	32,9	1,2	0,817	0,757
32,9	35,1	2,2	0,757	0,629
35,1	36,8	1,7	0,629	0,563
41,7	45,2	3,5	0,472	0,410
47,0	48,5	1,5	0,347	0,339
49,2	50,8	1,6	<del>0,246</del>	<del>0,367</del>
49,2	50,0	0,8	0,801	0,792
50,0	50,8	0,8	0,792	0,732
52,2	54,2	2,0	0,195	0,161
55,9	56,7	0,8	<del>0,400</del>	<del>0,402</del>

Nota: valor tachado en rojo fue descartado del estudio de aforos

Las fichas de cada sección de aforo seleccionada contienen la información de ubicación, fecha, horario, descripción del área, fotos y el resultado de caudales, las cuales se adjuntan en el Anexo 6.3 de este documento.

Los planos de ubicación con los puntos de aforo se indican en el Anexo 6.4.

### 3.4.2 Resumen de resultados y gráfico de pérdidas

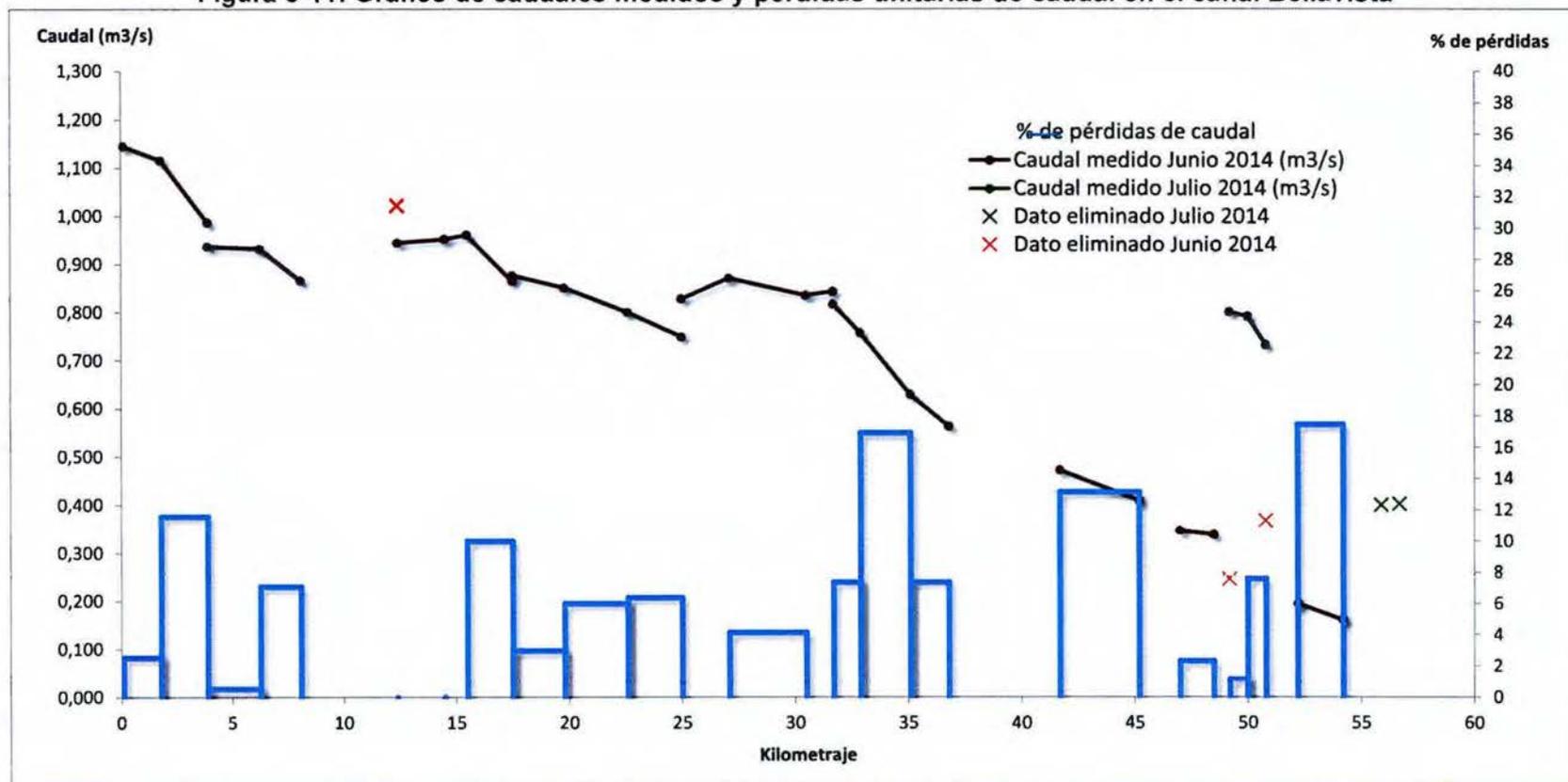
Los resultados de la campaña de aforo en el canal Bellavista se resumen en la Tabla 3-5 y se ilustran en la Figura 3-11, Figura 3-12 y Figura 3-13, donde es posible identificar la tendencia de los caudales, de sus respectivas pérdidas y un total de pérdida acumulada de 73,8%.

**Tabla 3-5. Resumen de resultados aforos en el canal Bellavista**

Tramo (km)		Longitud (km)	Caudal medido (m <sup>3</sup> /s)		Pérdida de caudal		
Inicio	Término		Inicio	Término	(m <sup>3</sup> /s)	%	%/km
0,1	1,8	1,7	1,145	1,116	0,029	2,5	1,5
1,8	3,9	2,1	1,116	0,987	0,129	11,6	5,5
3,9	6,3	2,4	0,937	0,932	0,005	0,5	0,2
6,3	8,1	1,8	0,932	0,866	0,066	7,1	3,9
12,4	14,5	2,1	0,945	0,952	-0,007	0,0	0,0
14,5	15,5	1,0	0,952	0,961	-0,009	0,0	0,0
15,5	17,5	2,0	0,961	0,865	0,096	10,0	5,0
17,5	19,8	2,3	0,877	0,851	0,026	3,0	1,3
19,8	22,6	2,8	0,851	0,800	0,051	6,0	2,1
22,6	25,0	2,4	0,800	0,749	0,051	6,4	2,7
25,0	27,1	2,1	0,828	0,871	-0,043	0,0	0,0
27,1	30,5	3,4	0,871	0,835	0,036	4,1	1,2
30,5	31,7	1,2	0,835	0,843	-0,008	0,0	0,0
31,7	32,9	1,2	0,817	0,757	0,060	7,3	6,1
32,9	35,1	2,2	0,757	0,629	0,128	16,9	7,7
35,1	36,8	1,7	0,629	0,563	0,066	10,5	6,2
41,7	45,2	3,5	0,472	0,410	0,062	13,1	3,8
47,0	48,5	1,5	0,347	0,339	0,008	2,3	1,5
49,2	50,0	0,8	0,801	0,792	0,009	1,1	1,4
50,0	50,8	0,8	0,792	0,732	0,060	7,6	9,5
52,2	54,2	2,0	0,195	0,161	0,034	17,4	8,7
<b>Pérdida total canal</b>						<b>73,80%</b>	

Nota: las pérdidas de caudal negativas (m<sup>3</sup>/s) se encuentran dentro del margen de error de la medición por lo tanto se consideró la pérdida % como cero

Figura 3-11: Gráfico de caudales medidos y pérdidas unitarias de caudal en el canal Bellavista



**Figura 3-12: Pérdidas unitarias de caudal por kilómetro en el canal Bellavista**

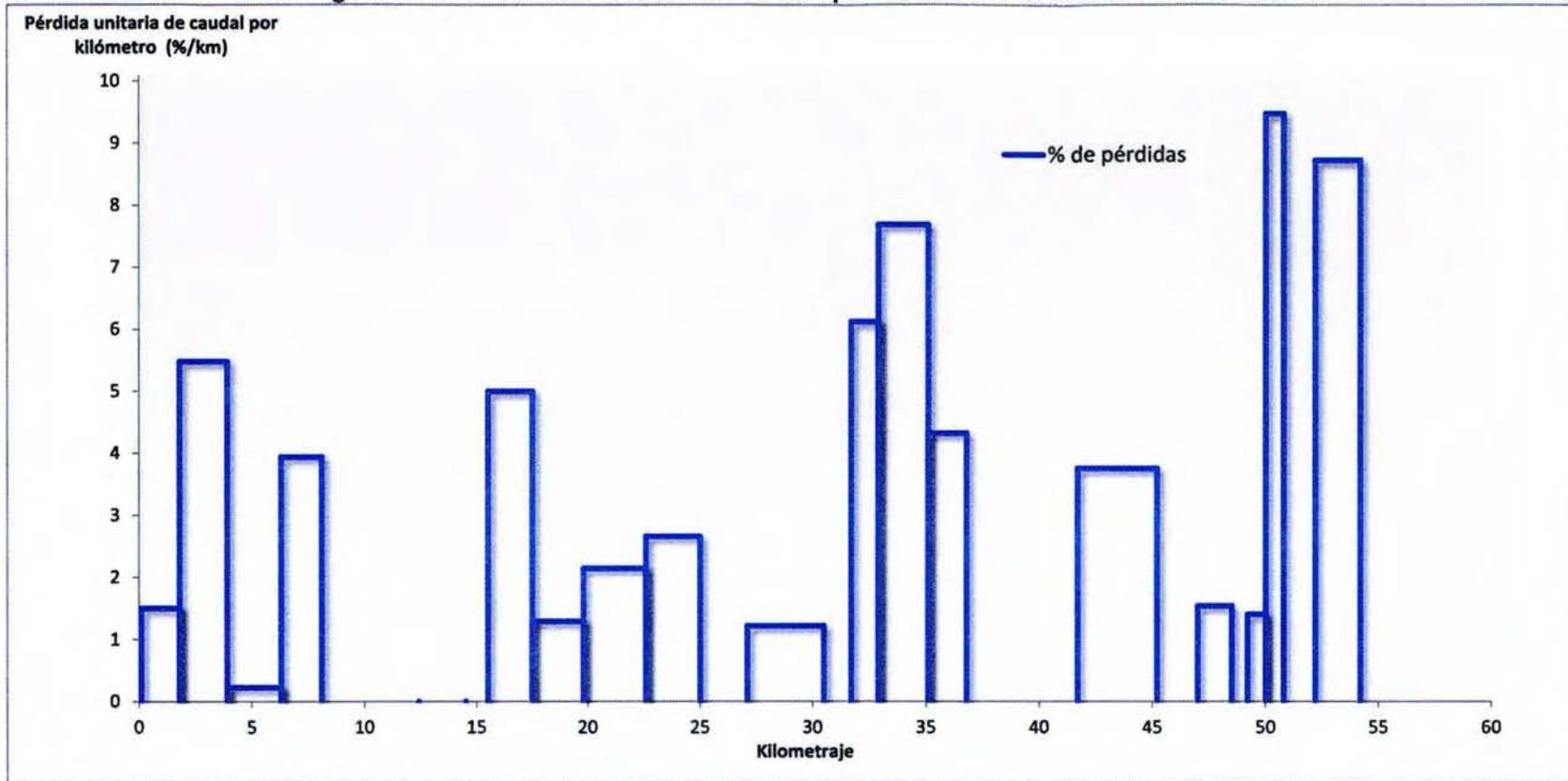
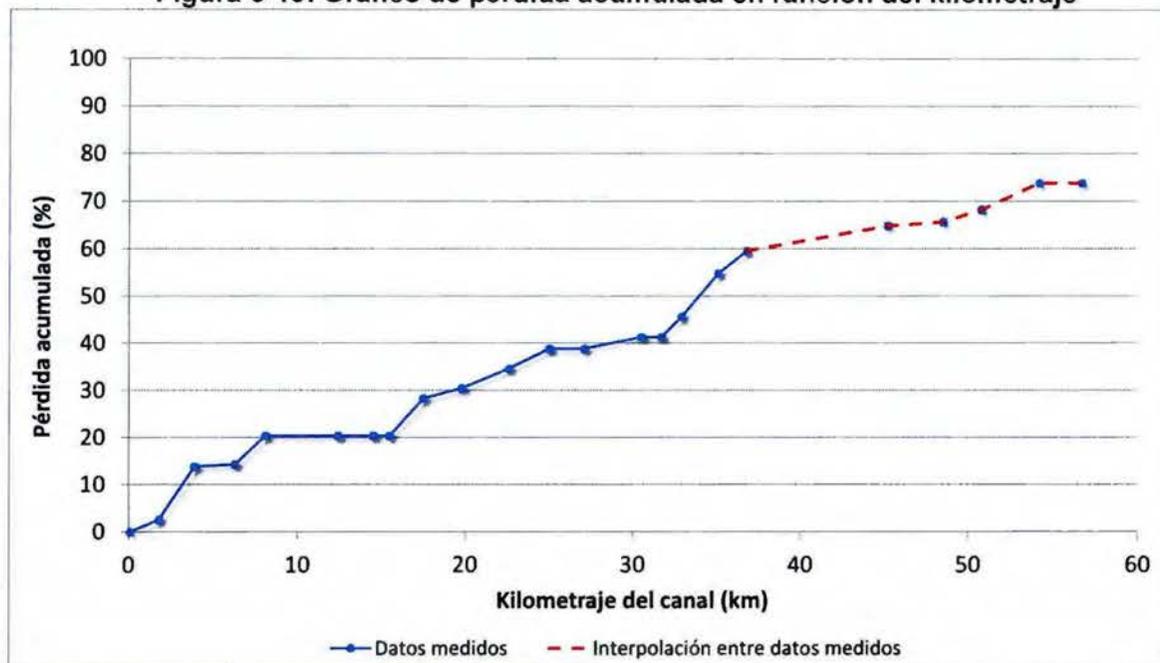


Figura 3-13: Gráfico de pérdida acumulada en función del kilometraje



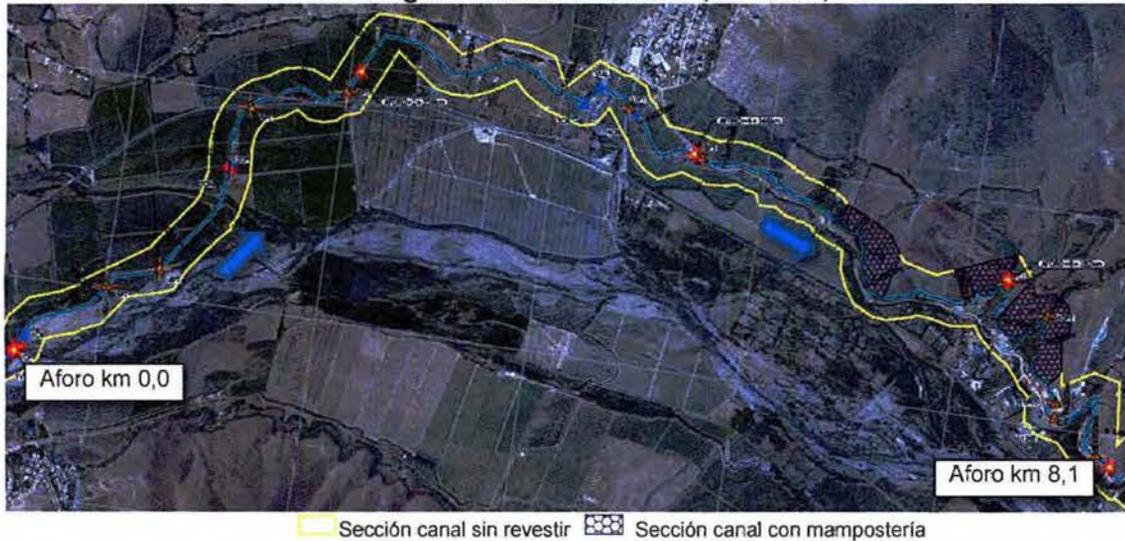
### 3.4.3 Análisis de resultados y conclusiones

En función de los resultados obtenidos, los cuales se aprecian gráficamente en las figuras anteriores, se puede inferir lo siguiente:

**Km 0,0 – km 8,1:** En esta longitud se midieron 4 segmentos con pérdidas entre 0,2 y 5,5 %/km. Fue señalado por funcionarios que trabajan en el canal que en al menos los primeros 5 km de éste registran que tienen pérdidas por filtraciones, especialmente al cruzar la quebrada El Arrayán, lo que se confirma a través de las mediciones de la campaña de aforo.

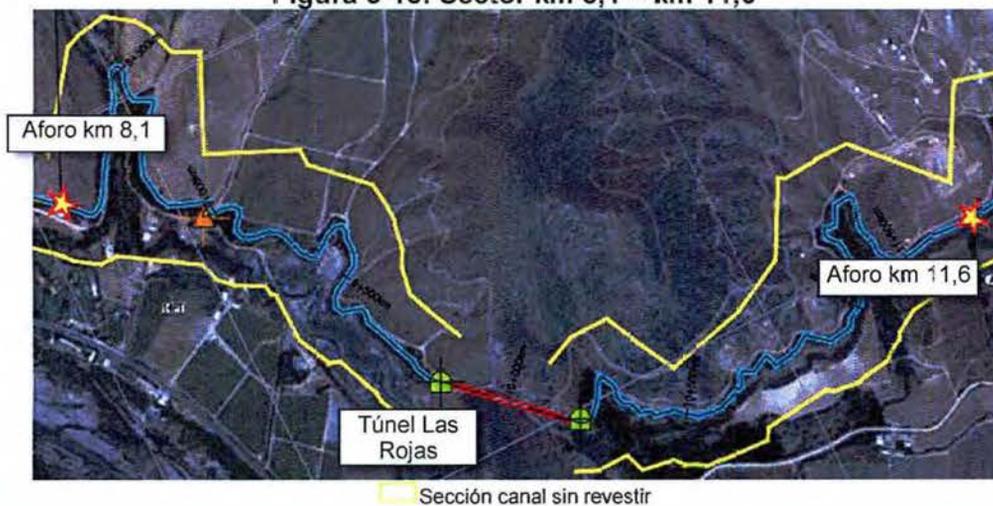
Se tiene que, de igual forma que en la totalidad del canal, no existe ningún revestimiento en esta área, lo que sumado a que la sección transversal es en promedio mayor al resto del canal, incide en haber encontrado pérdidas por infiltración. Por otro lado, la totalidad de usuarios se ubica hacia aguas abajo de este sector, por lo que es relevante mejorar los kilómetros iniciales del canal.

**Figura 3-14: Sector km 0,0 – km 8,1**



**Km 8,1 – km 11,6:** En este tramo el resultado medido no arrojó una pérdida, si no que por el contrario, un aumento de caudal. Teniendo en cuenta que el caudal del canal es controlado automáticamente desde la bocatoma para que el agua entrante se mantenga en una cantidad fija; que la diferencia medida está ampliamente fuera de los márgenes de error de los aforos ( $0,852 \text{ m}^3/\text{s}$  y luego aguas abajo  $1,013 \text{ m}^3/\text{s}$ ); y que los valores de estos dos puntos fueron corroborados con las mediciones siguientes hacia aguas abajo, es presumible que se produce una infiltración al canal cuando este entra al túnel Las Rojas, ubicado entre los dos puntos de aforo en cuestión como se indica en la Figura 3-15.

**Figura 3-15: Sector km 8,1 – km 11,6**



**km 32,8 - km 35,2:** Particularmente en este tramo se obtuvo una pérdida de 7,7 %/km, por lo tanto esta zona es relevante como posible candidata a la implementación de mejoras, no obstante, debe considerarse un análisis en una mayor extensión, hasta aguas arriba al km 29 del canal inclusive, que si bien los aforos no lo señalaron como un sector de pérdidas importantes, los usuarios del sector sí lo señalan como un sector de filtraciones hacia la quebrada de Monardes.

**Figura 3-16: Sector km 32,8 – km 35,2**



**km 52,2 – km 54,2:** Se obtuvo una de las pérdidas unitarias más altas de todo el canal, igual a 8,7 %/km. El resultado puede explicarse porque en los kilómetros finales del canal, la sección es comparativamente grande en relación al caudal que transporta, lo que genera tiempos de retención mayores, aumentando la probabilidad de infiltración si los suelos del sector tienen permeabilidad alta.

Por otro lado, información recabada directamente de personal que trabaja en el canal, indican que la sección del canal fue aumentada mediante excavaciones recientes, lo que removió la cobertura impermeable sellante del fondo del canal formado por la acumulación de sedimentos, aumentando de manera relevante la infiltración. Por esta razón, el resultado obtenido puede hacerse extensivo hacia los tramos finales, de iguales características al que se logró medir.

**Figura 3-17: Sector km 52,2 – km 54,2**



Cabe mencionar que los caudales medidos en los km 54,2 y km 55,9 en la segunda campaña de aforo, entregaron una pérdida por infiltración nula. Esta información fue descartada, producto que la sección se encontraba alterada, producto de los trabajos de limpieza y reperfilamiento realizados con una semana de anterioridad como se indica en la Fotografía 3-1. Adicionalmente se desconoce el estado del acuífero producto de las precipitaciones del 11 de junio, que podría incidir en el comportamiento de las infiltraciones.

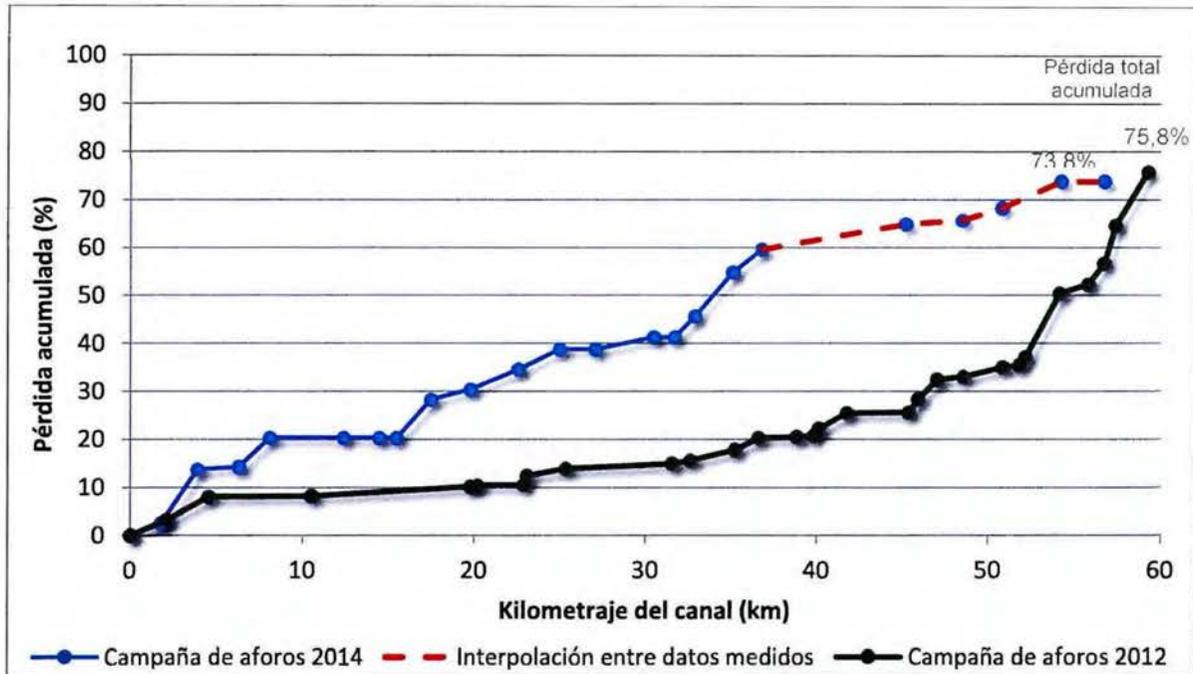
**Fotografía 3-1: Sección de aforo km 56,7**



Al analizarse de manera global el canal, se obtiene que la pérdida total en éste, obtenida de forma acumulativa en cada sección sobre la pérdida acumulada hasta la sección anterior, alcanza hasta un 73,8% del caudal entrante en la bocatoma. Cabe agregar que el canal prácticamente en toda su extensión no se encuentra revestido y presenta una acumulación considerable de algas, lo que incide en los altos índices de pérdidas por infiltración.

Como se observa en la Figura 3-18, las pérdidas acumuladas en la Campaña de Aforos realizada en el 2012 arrojaron un total de un 75,8%, presentando una tendencia constante a lo largo de su recorrido para finalizar en su último tramo con porcentajes de pérdidas elevados. Estas diferencias se pueden atribuir a las condiciones de conservación y operación del canal al momento de las campañas de aforos.

Figura 3-18: Gráfico comparativo Campaña de aforos 2014 y Campaña de aforos 2012

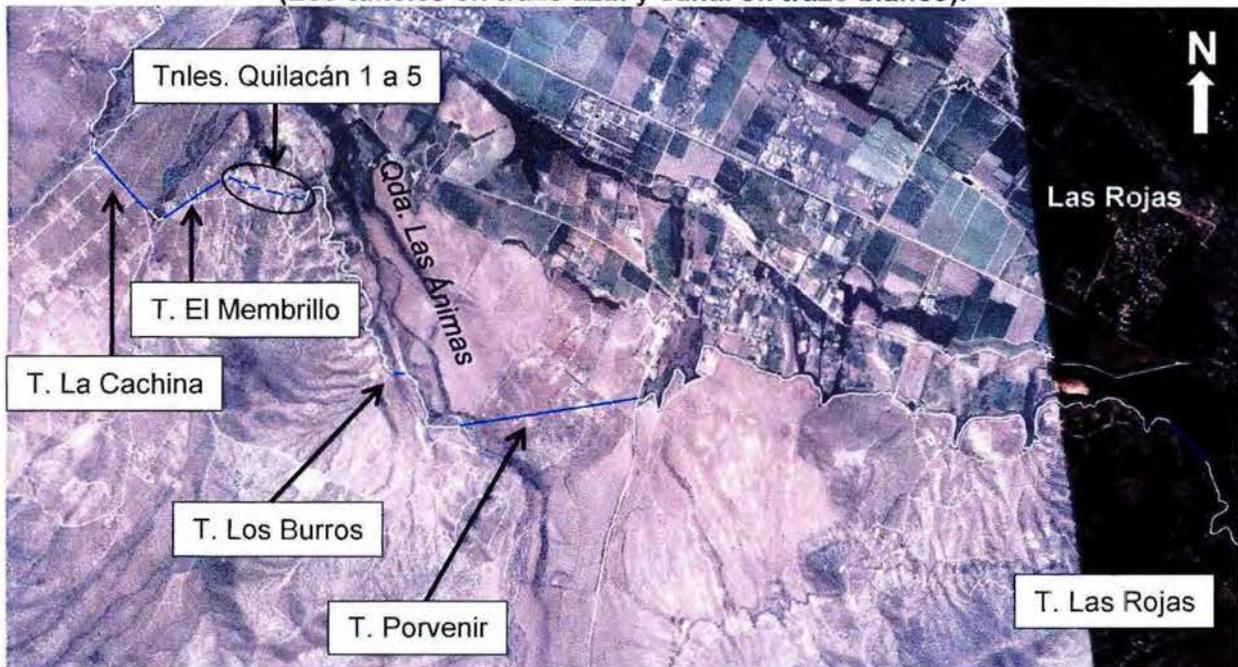


### 3.5 INSPECCIÓN DE TÚNELES

El canal Bellavista posee 10 tramos en túnel de longitudes variables entre los 21 y 930 m los cuales se localizan entre el sector de Las Rojas y la quebrada La Cachina.

Todos los túneles poseen una denominación oficial y de amplio uso local la que será utilizada en las descripciones siguientes (Figura 3-19).

**Figura 3-19.- Imagen Google Earth del sector de los túneles mostrando su localización (Los túneles en trazo azul y canal en trazo blanco).**



#### 3.5.1 Túnel Las Rojas.

El túnel se localiza cercano a la ruta 41, a 400 m al SSW del cruce a Las Rojas, cruzando a media falda una loma de 275 m de altura en el extremo norte del cordón del cerro La Cantera (345 m.s.n.m.), cercano a un portezuelo con orientación paralela al túnel.

El túnel posee una longitud de 251 m aproximadamente, una sección irregular de altura variable en la clave a lo largo del eje del túnel entre 1,7 y 5 m y un ancho variable entre 1,9 y 3,5 m.

La orientación general es N45°W, sin embargo el túnel presenta variaciones en el rumbo. Estas y las longitudes de los tramos asociados se presentan en la Tabla 3-6 siguiente.

**Tabla 3-6.- Tramos del túnel Las Roja indicando largos, orientación, alto y ancho de la sección.**

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)
0	0	N45W	5	3,5
28	28	N45W	1,7	2
14	42	N65W	2	2
15	57	N15W	1,8	2
14	71	N40W	2	1,9
12	83	NS	2	2
10	93	N70W	2,5	1,9
26	119	N67W	3	2
13	132	N18W	2	2
24	156	N35W	2,5	2
80	236	N45W	2,5	2
15	251	N40W	3	2,5

El túnel se excavó en rocas intrusivas intensamente meteorizadas, en general de mala calidad geotécnica (clase IV y posiblemente hasta V en los sectores de los portales de entrada y salida). Para el resto del túnel (Tramo 2) la clase de roca sería Clase III, equivalente a una roca de Regular Calidad Geotécnica.

Las discontinuidades reconocidas (fracturas), favorecieron los procesos de sobrexcautación durante la construcción del túnel. El desprendimiento de bloques de roca meteorizada desde la clave ha ocurrido durante el funcionamiento del túnel, verificándose además el reciente desprendimiento de bloques en el sector del portal de salida y la posibilidad de que se desprendan otros bloques de roca similares en los primeros 15 a 10 metros del túnel., especialmente en el sector del portal de entrada.

El túnel presenta socavamiento importante en las paredes y en la clave, específicamente en los primeros 15 metros del túnel (portal de entrada) y salida. En el sector del portal de salida en los últimos 30 metros del túnel, se presenta un socavamiento intenso del piso del túnel (hasta 60 cm de profundidad) producto de la erosión hidráulica. También se observó caída de bloques recientes desde la clave, favorecidos por la meteorización de la roca y presencia de fracturas.

Se recomienda el revestimiento de ambos portales mediante una capa de shotcrete de 10 cm de espesor, en el metraje que corresponde a los tramos 1 y 3.

El tramo intermedio (Tramo 2), equivalente a gran parte del túnel, en presión no presenta modificaciones importantes.

### 3.5.2 Túnel Porvenir

El portal de entrada se localiza aproximadamente a 1,35 km en línea recta al S30°W del cruce de la ruta 41 (La Serena –Vicuña) con la ruta D-263 (El Rosario), ubicándose éste en el costado E de la ruta D-327 que conduce hacia El Hinojal. El portal de salida se sitúa en el flanco oriental de la quebrada Las Ánimas.

La longitud aproximada es de 935 metros, con una sección irregular con altura variable de la clave entre 1,7 y 4 m y un ancho de la sección entre 2 y 2,5 m en promedio. El trazado del túnel describe un arco convexo hacia el norte, estando conformado por varios segmentos de longitudes y orientaciones diversas, las que se presentan en la **Tabla 3-7** siguiente.

**Tabla 3-7.- Orientaciones, longitudes de los tramos del túnel y dimensiones aproximadas de las secciones.**

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)
0	0	N65W	2,5	2,5
92	92	N65W	2,5	2
14	106	N85W	4	2,5
61	167	N88E	2,5	2
55	222	N65W	2,5	2
38	260	N65W	2	2
150	410	N88W	3	2,1
25	435	N78W	2	2,5
16	451	N88E	1,7	2,5
26	477	N55E	2	2
31	508	N65E	1,8	2
52	560	N85W	2	2
10	570	N70E	2	2
15	585		2	2
85	670		2	2
15	685		2,5	2
50	735		3	2
14	749		3,8	2
28	777		4	2
105	882*		4	2
53	935	N60E	4	2

\*Tramo en rojo, no fue posible reconocerlo por imposibilidad de acceso.

Los primeros 15 a 20 m del túnel se excavaron en suelos coluviales compuestos por gravas gruesas con intercalaciones arenosas las cuales engloban en la base bloques de roca granítica formados "in situ". Entre los 20 metros y 92 metros el túnel fue excavado muy cerca o en la interface roca intrusiva/suelo coluvial siendo el contacto claramente visible a lo largo del túnel en algunos sectores. A partir de los 92 y hasta los 915 metros aproximadamente, el túnel se excavó en rocas intrusivas con diferentes grados de meteorización, desde W3 hasta W5 ("maicillo"). En los 15 metros finales, este túnel éste se excavó nuevamente en suelos de gravas e intercalaciones arenosas y parcialmente en maicillo (roca totalmente meteorizada).

Las discontinuidades reconocidas en el túnel (fracturas) no se muestran relacionadas con los procesos de sobreexcavación durante su construcción. En los tramos en donde se observan fracturas transversales al túnel se pueden apreciar también la presencia de algunos bloques probablemente desprendidos desde la clave, sin embargo dichos desprendimientos no son relacionables a las fracturas existentes sino que más bien al grado de meteorización de la roca

en la que se excavó el túnel. Por lo tanto se puede concluir que las fracturas presentes en el túnel no afectan la estabilidad actual de éste.

Se recomienda mejorar la estabilidad del portal de entrada el que se ve afectado negativamente por la erosión superficial causada por las precipitaciones. Por otra parte, dado que el portal se ubica vecino y bajo un camino con tráfico frecuente y dado el actual crecimiento poblacional del sector el tráfico vehicular podría tener impacto en la desestabilización del portal de entrada.

### 3.5.3 Túnel Los Burros.

El Túnel Los Burros se localiza a 420 m al N60°W del portal de salida del túnel Porvenir, en el flanco izquierdo de la quebrada Las Ánimas, cruzando una loma alargada en sentido N25°W.

Este túnel tiene un largo de 71 metros, una sección de medio punto regular y altura de la clave variable entre 6,0 a 2,5 m. El ancho de la sección es de 3,0 m en promedio. La orientación general es N87°W; sin embargo, el túnel presenta un acodamiento en su parte media lo que se indica en la Tabla 3-8 siguiente.

**Tabla 3-8: Orientación del eje central del túnel Los Burros.**

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	24	N72°E	2,5	3	Portal entrada
12	36		3		
31	67	N65°W	5		
4	71		6	2,5	Portal salida

El túnel Los Burros fue excavado enteramente en suelo coluvial correspondiente a arenas poco transportadas, con un bajo porcentaje de finos limosos.

Se observaron socavamientos y/o desprendimientos desde la clave del túnel, especialmente en el sector del portal de salida. Estos fenómenos pueden explicarse por infiltraciones superficiales en la clave del túnel, lo que afectaría la estabilidad del material desprendiendo láminas o planchas que al caer al cauce se desintegran y son transportados como arena por la corriente. Estos eventos tienen vigencia actual y afectan la estabilidad de la clave.

El espesor promedio estimado para el recubrimiento del túnel se estimó entre 2 y 5 metros.

Se considera una obra estable por el momento, con la certeza de una degradación que dependerá de la aceleración o no de los desprendimientos desde la clave y que eventualmente concluirán a la larga en el derrumbe de la clave

Se recomienda colocar una capa de shotcrete de unos 10 cm de espesor para detener la degradación de los depósitos coluviales de la clave, especialmente en el portal de salida.

Se debe considerar que el terreno superficial atravesado por el túnel se encuentra en etapa de parcelación para su venta a privados. Dicha actividad puede interferir acelerando el proceso de socavamiento de la clave.

### 3.5.4 Túnel Quilacán 1.

El Túnel Quilacán 1 se localiza a 1.950 m al S20°E del Km 15 de la ruta 41 (La Serena – Vicuña), punto de inicio de la ruta D-263, que permite el acceso a la quebrada Las Ánimas. El portal de entrada del túnel se ubica en el flanco sur de una pequeña quebrada EW afluente de la quebrada Las Animas. El túnel cruza un espolón de lomas bajas de orientación NS.

El túnel es rectilíneo y tiene una longitud de 55 metros, una sección irregular de 3,0 de alto por 2,5 m de ancho en el portal de entrada y de 2,5 m de alto por 2,5 m de ancho en el portal de salida. Su orientación es N78°W.

El túnel se excavó en rocas intrusivas y se encuentra en general en buen estado. Solo se recomienda un mejoramiento de ambos portales mediante shotcrete de unos 10 cm de espesor, para evitar que continúe la erosión de éstos.

### 3.5.5 Túnel Quilacán 2.

El portal de entrada del Túnel Quilacán 2 se localiza aproximadamente a 15 m al N87°W del portal de salida del Túnel Quilacán 1.

Es un túnel corto y recto con una longitud de 23 metros, una sección de 1,8 a 2,5 m de altura de la clave por 2,0 m de ancho, lo que se indica en la Tabla 3-9 siguiente. La orientación es N85°W muy similar a la del Túnel Quilacán 1 precedente.

**Tabla 3-9.- Variaciones del alto y ancho de la sección del túnel Quilacán 2**

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	0	N85W	2,5	2	Portal entrada
5	5		1,8	2	
17	22		1,8	2	Portal salida

Este túnel se encuentra en buenas condiciones de estabilidad y no presenta riesgos de socavamientos importantes al interior del mismo. Sin embargo, los sectores de los portales muestran roca de mala calidad geotécnica, lo que implica un riesgo de erosión y/o socavamiento con la posibilidad de obturación parcial o total del flujo. Se hace necesario asegurar la estabilidad de los portales mediante revestimientos adecuados.

### 3.5.6 Túnel Quilacán 3.

El portal de entrada del Túnel Quilacán 3 se localiza a 47 m al N87°W del portal de salida del túnel Quilacán 1.

El túnel tiene un largo aproximado de 102 m, una sección irregular con altura de clave variable entre 4,0 y 1,5 de alto por 2,0 y 3,5 m de ancho; las variaciones de la sección se muestran en la Tabla 3-10 siguiente. Su orientación general es N82°W.

**Tabla 3-10.- Tramos y dimensiones de la sección en el túnel Quilacán 3.**

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	0	N80W	2,5	2	Portal entrada
5	5		1,7	2	Túnel en presión
4	9		2,5	2	
4	13		1,7	2	Túnel en presión
6	19		1,5	2	
5	24		1,5	2	
4	28		3	3	caverna
8	36		1,7	2	Túnel en presión
3	39		1,5	2	
11	50		2,5	2	
5	55		1,8	2	zanja en piso
8	63		1,8	2	
13	76		3,5	2	caverna
3	79		2,2	2	
10	89		2,5	2	
13	102		2,1	3	
0	102		4	3,5	Portal salida

El túnel se encuentra en condiciones estables en su mayor parte, a pesar de los socavamientos que son menores, los cuales no alcanzan a obstaculizar el flujo del agua. No obstante es conveniente señalar que en la zona de los portales, al igual que los túneles anteriores, los procesos de erosión y socavamiento son actuales y causados principalmente por precipitaciones locales intensas, dada la mala calidad de la roca y su alto grado de meteorización. Por lo tanto se recomienda el mejoramiento de los sectores de los portales mediante el revestimiento de ellos mediante una capa de shotcrete de unos 10 cm de espesor para impedir la erosión.

### 3.5.7 Túnel Quilacán 4.

El Túnel Quilacán 4 se localiza a 170 metros aproximadamente al N87°W del portal de entrada del Túnel Quilacán 1, a 950 m al S20°E del Km 15 de la ruta 41 (La Serena – Vicuña) punto de inicio de la ruta D-263, que permite el acceso a la quebrada Las Animas. El portal de entrada del túnel se ubica en el flanco sur de una pequeña quebrada EW, afluente de la quebrada Las Animas y cruza un espolón de lomas bajas de orientación NS.

El túnel posee una longitud aproximada de 75 metros, una sección de medio punto irregular con altura de clave variable entre 2,0 a 6,0 m de alto, por un ancho variable entre 2,5 hasta 5 m.

Su orientación general es N82°W coincidente con la orientación del túnel Quilacán 3; sin embargo, el trazado del túnel no es rectilíneo por lo cual se midieron los largos de los diferentes tramos y la orientación de cada uno de éstos, además de las variaciones del alto y ancho de la sección en cada tramo. Estos datos se presentan en la Tabla 3-11 siguiente.

**Tabla 3-11: Variaciones en la orientación del túnel Quilacán 4 y las dimensiones de las respectivas secciones.**

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	0	N90W	3,5	2,5	Portal entrada
8	8		6	5	caverna
12	20	N35E	3,5	3,5	
7	27	N78E	3,5	3	
6	33	N70W	3	2,5	
10	43	N82W	2	2,5	
12,5	55,5	N70W	2	2,5	
19,5	75	N65W	4	3,5	Portal salida

El túnel se encuentra en general estable con sólo algunos socavamientos en las paredes externas de los portales. El portal de salida presenta condiciones de estabilidad algo peores que el portal de entrada, debiendo analizarse la posibilidad de un revestimiento de shotcrete de unos 10 cm de espesor para mejorar la condición de estabilidad de este portal.

### 3.5.8 Túnel Quilacán 5

El portal de entrada del Túnel Quilacán 5 se ubica a unos 32 m al WNW del portal de salida del Túnel Quilacán 4 y corresponde al último de esta serie de túneles cortos denominados genéricamente Quilacán.

Posee una longitud de 80 metros aproximadamente, una sección de medio arco, algo irregular en el portal de entrada y que mejora notablemente hacia el portal de salida. El alto de la clave es variable entre 1.6 m a 2,4 m y el ancho se mantiene entre 1,8 m y 2m. Este túnel es rectilíneo con orientación N65°W.

El túnel tiene altura de clave baja en algunos sectores, por lo que suele entrar en presión; sin embargo, su estabilidad no parece estar amenazada. Las condiciones de superficie indican que existe una casa o bodega instalada en o muy próxima a la zona de caverna (sobreeexcavada) esta situación puede derivar en una interferencia grave que amenace la estabilidad de la clave.

### 3.5.9 Túnel El Membrillo

El túnel se localiza al SE de la quebrada El Membrillo, situándose el portal de entrada en una pequeña quebradilla afluente de la quebrada mencionada, a una distancia de 45 m al WSW, en línea recta del portal de salida del túnel Quilacán 5. El portal de salida se ubica cercano al cauce principal de la quebrada El Membrillo.

Tiene una longitud de 352 metros aproximadamente, una sección de medio punto irregular con altura a la clave variable entre 2,2 m a 3,0 m de alto, con un ancho variable entre 2 a 2,4 m. La orientación general del túnel es N65°E.

El túnel presenta en general una buena estabilidad aparente y sin mayores problemas en cuanto a lo que se refiere a la circulación de agua. Sin embargo cabe hacer notar que la situación de estabilidad actual, puede cambiar drásticamente con el incremento de la urbanización y aumento de la densidad del poblamiento del sector. Este túnel en especial soporta actualmente una carga antrópica importante que podría generar eventuales fenómenos de hundimiento o subsidencias locales, que podrían derivar en procesos judiciales; en tal perspectiva parece conveniente estudiar el reforzamiento del túnel en algunos tramos.

### **3.5.10 Túnel La Cachina**

El túnel se ubica entre las quebradas El Membrillo y La Cachina. El portal de entrada se localiza en el margen izquierdo de la quebrada El Membrillo y el portal de salida se sitúa en el margen derecho de la quebrada La Cachina. El portal de entrada del túnel la Cachina se ubica a unos 90 al NW del portal de salida del túnel El Membrillo.

El túnel tiene una longitud de 420 metros aproximadamente, una sección variable entre 1,8 a 2,3 m de altura en la clave, por 2,0 m de ancho el que varía hasta 2,5 m en los portales. La orientación general es N55°-50°W.

El túnel se observa estable en las condiciones actuales y no presenta un riesgo inmediato para la circulación del caudal de agua normal, aun cuando es probable que en algunos sectores, donde el techo es menor a los 2,0 metros de altura, pudieran producirse fenómenos de entrada en presión.

Respecto de los portales de entrada y salida su ensanchamiento indica que los procesos de erosión superficial, específicamente la erosión por precipitaciones locales, son activos y actuales. Se recomienda la protección de ambos portales mediante una capa de shotcrete de unos 10 cm de espesor.

### 3.6 PROBLEMAS IDENTIFICADOS POR LOS REGANTES – PARTICIPACION CIUDADANA

Para cerrar el levantamiento básico de los problemas en el canal, se realizaron reuniones de participación ciudadana en el transcurso del año 2014.

Las actividades de participación ciudadana desarrolladas para el canal Bellavista en el marco del estudio contaron con una participación promedio de 36 personas. Mientras la participación en la primera actividad de PAC estuvo muy cercano al promedio (participaron 34 personas), la segunda contó con mayor participación: 45 personas, un 25% por sobre el promedio observado para las tres actividades. Por su parte, la tercera actividad contó con la más baja participación, con un 19% menos que el promedio observado para las tres actividades.

**Tabla 3-12: Participación en actividades de PAC, según género**

Actividad	Hombres	%	Mujeres	%	Total	%
Primera PAC	31	91.2%	3	8.8%	34	100%
Segunda PAC	39	86.7%	6	13.3%	45	100%
Tercera PAC	25	86.2%	4	13.8%	29	100%
Promedio	32	88.9%	4	11.1%	36	100%

Fuente: Elaboración propia

Del punto de vista del género, la participación promedio femenina fue de un 11.1%, fluctuando entre un 8.8% (en primera actividad de PAC) y un 13.8% (en tercera actividad de PAC).

La baja participación femenina en las actividades de PAC muy probablemente se relaciona con la diferenciación por género de los principales convocados a las actividades, los regantes del canal Bellavista, quienes principalmente corresponden a varones. No obstante, independiente del género, se observó en general una baja participación en las actividades de PAC, lo que podría estar relacionado con características y prácticas propias de la organización de canalistas, así como también con la naturaleza del estudio y las expectativas y necesidades de los regantes.

Respecto de la organización de regantes, cabe señalar que la Asociación de Canalistas del canal Bellavista presenta conflictos internos, los que en parte se expresaron en las propias actividades de PAC,<sup>1</sup> así como también en el desarrollo de proyectos de mejoramiento del canal, anteriores al presente estudio. Asimismo, los miembros de la organización, como efecto de los conflictos y disputas internas, habrían efectuado acciones de demanda judicial, involucrando en ello a la directiva de la Asociación, en el marco de esos conflictos.

Adicionalmente, cabe señalar que la Asociación de Canalistas no tiene entre sus prácticas la realización de asambleas o reuniones de todos los regantes. La organización funciona a través de los marcos y sub-marcos, cada uno de los cuales cuenta con un representante. Así, cuando se realizan reuniones para tratar temas que involucran al conjunto de la organización o del canal, se convoca sólo a los presidentes de marcos, no a todos los regantes.

<sup>1</sup> En primera actividad de PAC el Presidente de la organización anunció que renunciaría. Entre los comentarios que los asistentes realizaron en la encuesta de evaluación de la actividad, uno de ellos señala tal anuncio como "lo mejor que le podría suceder a la Asociación del Canal Bellavista".

Respecto de la naturaleza del estudio y las expectativas y necesidades de los regantes, cabe señalar que en la actualidad los regantes expresan una necesidad y requerimiento de soluciones inmediatas respecto del acceso al recurso agua, dada la escasez hídrica que se experimenta hace ya varios años en el territorio. Muy probablemente esta situación esté incidiendo de manera importante en el interés por participar de reuniones para informarse del presente estudio, en tanto sus necesidades urgentes de agua no se relacionan con los tiempos y plazos de ejecución de las soluciones que se propone en el marco del estudio.

En tal sentido, si bien parte importante de las observaciones realizadas por los participantes de la actividades de PAC fueron acogidas e incorporadas en el estudio, varias de las inquietudes, problemas y demandas dicen relación con aspectos que exceden los alcances del presente estudio (entre ellos, la extracción no autorizada de agua). Al respecto, cabe destacar que, en el marco de la segunda actividad de PAC, dos tercios de las observaciones realizadas por los asistentes a la actividad (66,7%) se relaciona con la "Administración del canal".

Al respecto, las necesidades y requerimientos planteados por los canalistas exigirían el desarrollo de iniciativas de apoyos específicos a su gestión y organización, y al desarrollo de inversiones que, destinadas a mejorar la seguridad del riego, sean posibles de implementar en el corto plazo.

**Figura 3-20: Participación Ciudadana Bellavista**



## 4 ESTUDIOS BÁSICOS

### 4.1 HIDROLOGÍA

El canal Bellavista se inicia en la cuenca del río Elqui, cuya área aportante es de 9645 km<sup>2</sup>. El cauce principal del río Elqui nace de la junta de los ríos Turbio y Claro a la altura de la localidad de Rivadavia.

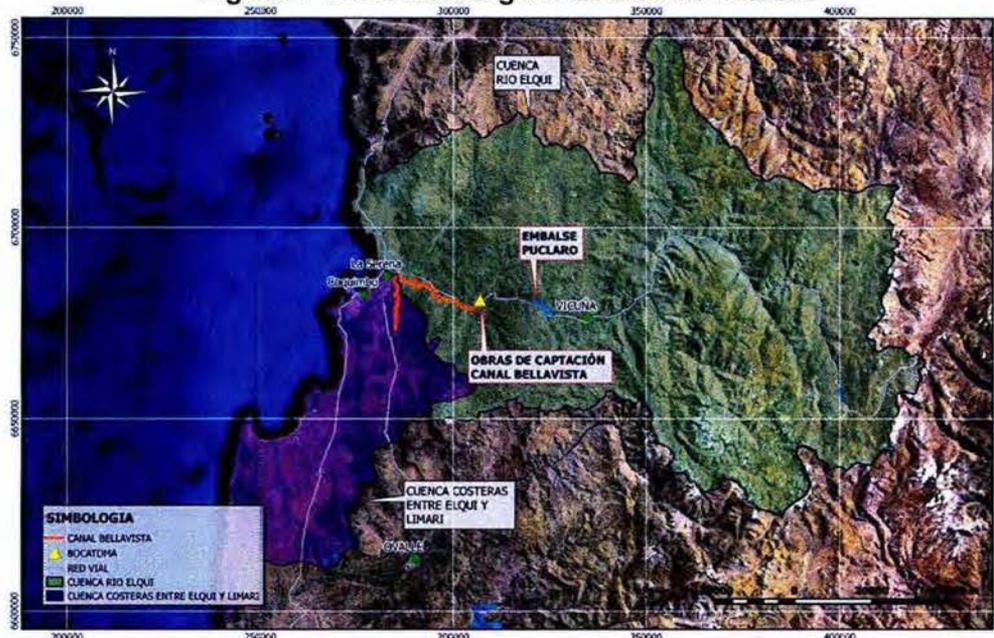
El caudal del río Elqui presenta variaciones estacionales, y ya en el sector aguas abajo de Vicuña presenta un régimen pluvial presentando caudales máximos instantáneos durante los periodos otoño-invierno.

En la sección media de la cuenca del Elqui se encuentra el embalse Puclaro, cuya operación comenzó a fines de los noventa y tiene una capacidad de 200 millones de m<sup>3</sup>. Aguas abajo del embalse se encuentra el canal Bellavista específicamente en la subcuenca del río Elqui Bajo.

El canal se emplaza en forma paralelo al río Elqui de este a oeste hasta las cercanías de la Serena. Posteriormente, el canal cambia de dirección hacia el sur, en un sector de cordones montañosos que no superan los 1000 msnm. Este último tramo pertenece a la cuenca costera entre los ríos Elqui y Limarí, cuya área aportante es de 2335 km<sup>2</sup>.

En la figura siguiente se muestra la ubicación general del área de estudio.

Figura 4-1: Ubicación general área de estudio



#### 4.1.1 Registro de Caudales

Con la finalidad de determinar los recursos hídricos en el cauce del río Elqui se procedió a conformar la curva de variación estacional para distintas probabilidades de excedencia, en base a los caudales medios mensuales de la estación más cercana a la bocatoma del canal.

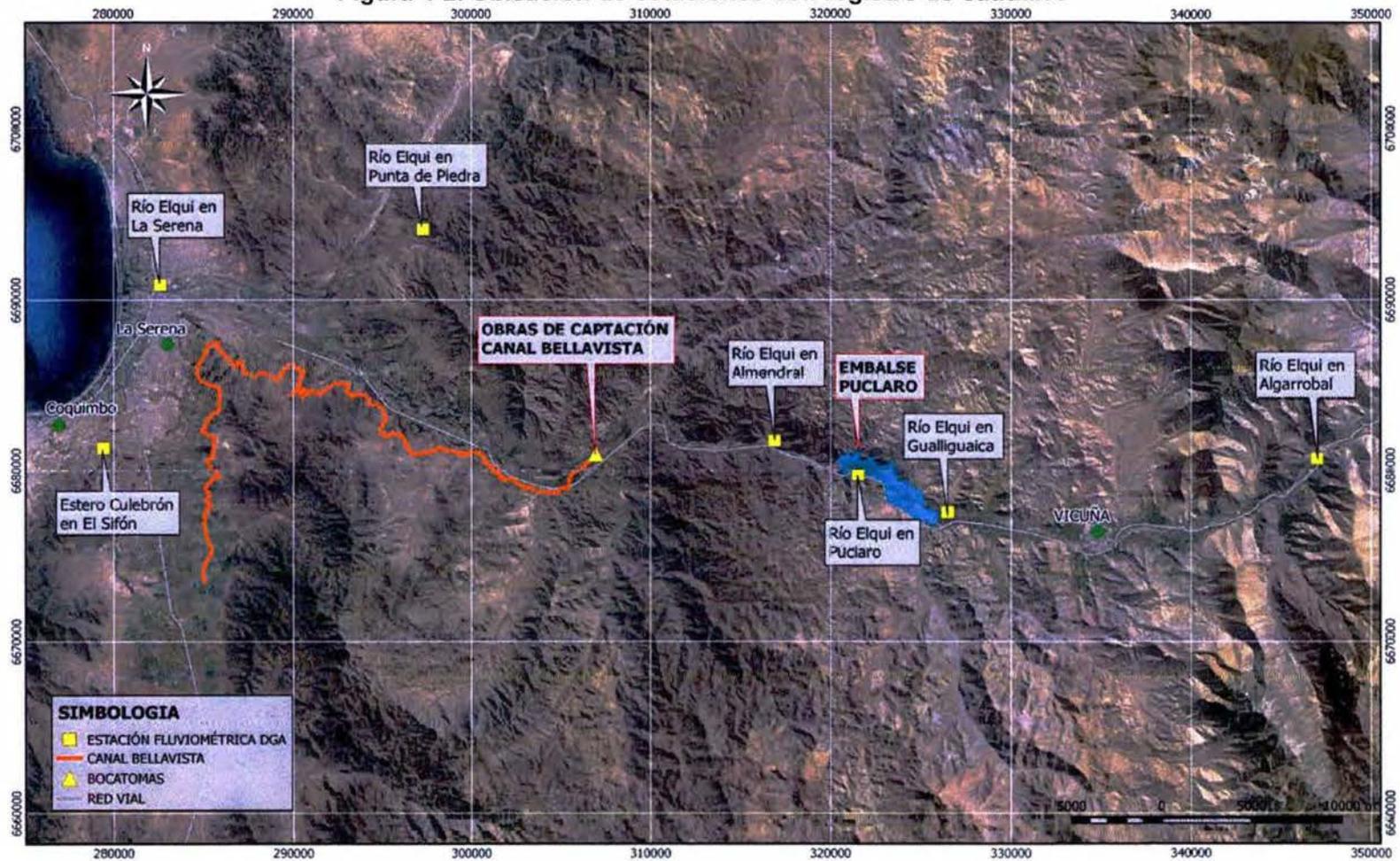
El canal Bellavista se emplaza a una cota inferior a los 300 msnm y presenta un régimen pluvial. Por este motivo se identificaron las estaciones fluviométricas de la Dirección General de Aguas (DGA) existentes en el río Elqui más cercanas a la zona de estudio, cuya estadística y ubicación se indica en la Tabla 4-1 y se ilustra en la Figura 4-2

De los antecedentes disponibles se puede inferir que la estación más próxima a la bocatoma del canal es la estación Río Elqui en Almendral, que se encuentra aguas abajo del Embalse Puclaro y aproximadamente 11 km aguas arriba del canal.

**Tabla 4-1: Estaciones fluviométricas cercanas al canal Bellavista**

Estación	Periodo (años)	Registro	Elevación (msnm)	Ubicación Coordenadas UTM	
				Norte (m)	Este (m)
Río Elqui en La Serena	43	1970-vigente	20	6.690.887	282.591
Estero Culebrón en el Sifón	113	1900-vigente	70	6.681.306	279.427
Río Elqui en Punta de Piedra	41	1972-vigente	160	6.694.089	297.157
Río Elqui en Almendral	43	1970-vigente	395	6.681.744	316.878
Río Elqui en Puclaro	2	1963-1965	445	6.679.725	321.548
Río Elqui en Gualliguaica	67	1946-vigente	490	6.677.495	326.490
Río Elqui en Algarrobal	41	1972-vigente	760	6.680.630	346.946

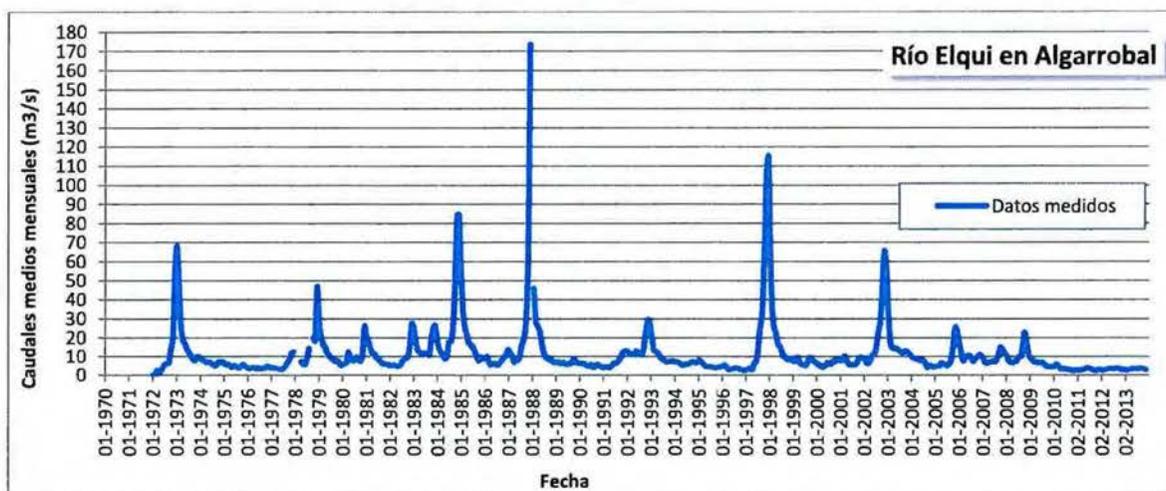
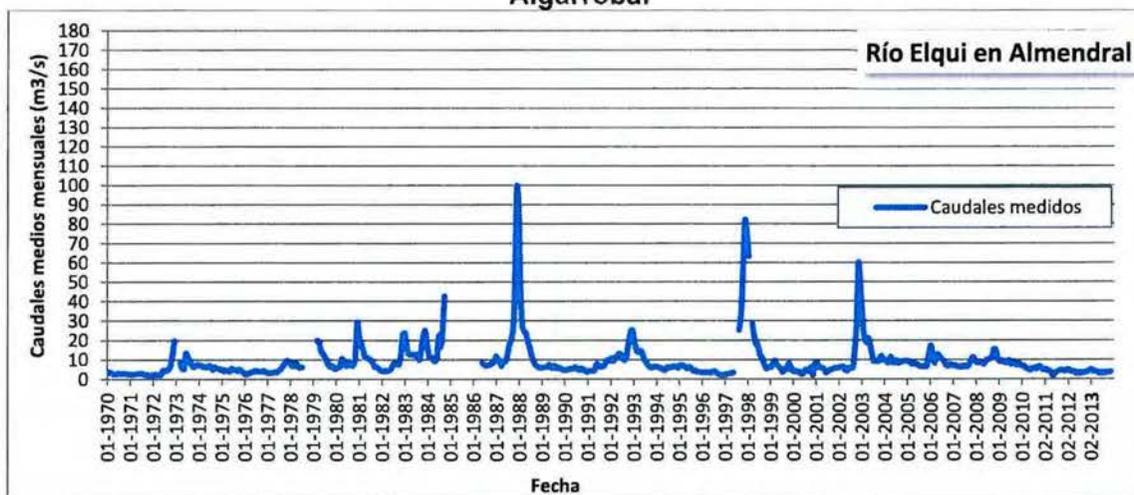
Figura 4-2: Ubicación de estaciones con registro de caudales



La estadística de caudales medios mensuales de la estación fluviométrica Río Elqui en Almendral se adjunta en el Anexo 9.1 de este documento, la cual presenta una data histórica de caudales desde 1970. Esta estación presenta dos periodos sin estadística de caudales y algunos eventos puntuales sin información como se indica en la Figura 4-3.

Para analizar el comportamiento hidrológico se usó la estadística de caudales medios mensuales disponible en la estación inmediatamente aguas arriba, es decir, río Elqui en Gualliguaica o río Elqui en Algarrobal. Los registros de la primera estación no se encuentran disponibles en la DGA, optando por utilizar la segunda de las estaciones señaladas, que presenta un comportamiento de caudales similares a los de río Elqui en Almendral.

**Figura 4-3: Caudales medios mensuales río Elqui en Almendral y río Elqui en Algarrobal**



#### 4.1.2 Registro de Precipitaciones

El análisis de precipitaciones tuvo como objetivo caracterizar el régimen pluviométrico en la zona de emplazamiento del canal Bellavista. Con los registros de precipitación máxima diaria se generó un mapa de isoyetas y las curvas de intensidad duración frecuencia (IDF).

Se recopilaron los registros de precipitaciones disponibles en la Dirección General de Aguas (DGA), chequeando la calidad y longitud de la información. Adicionalmente, se analizaron los estudios hidrológicos disponibles en la zona.

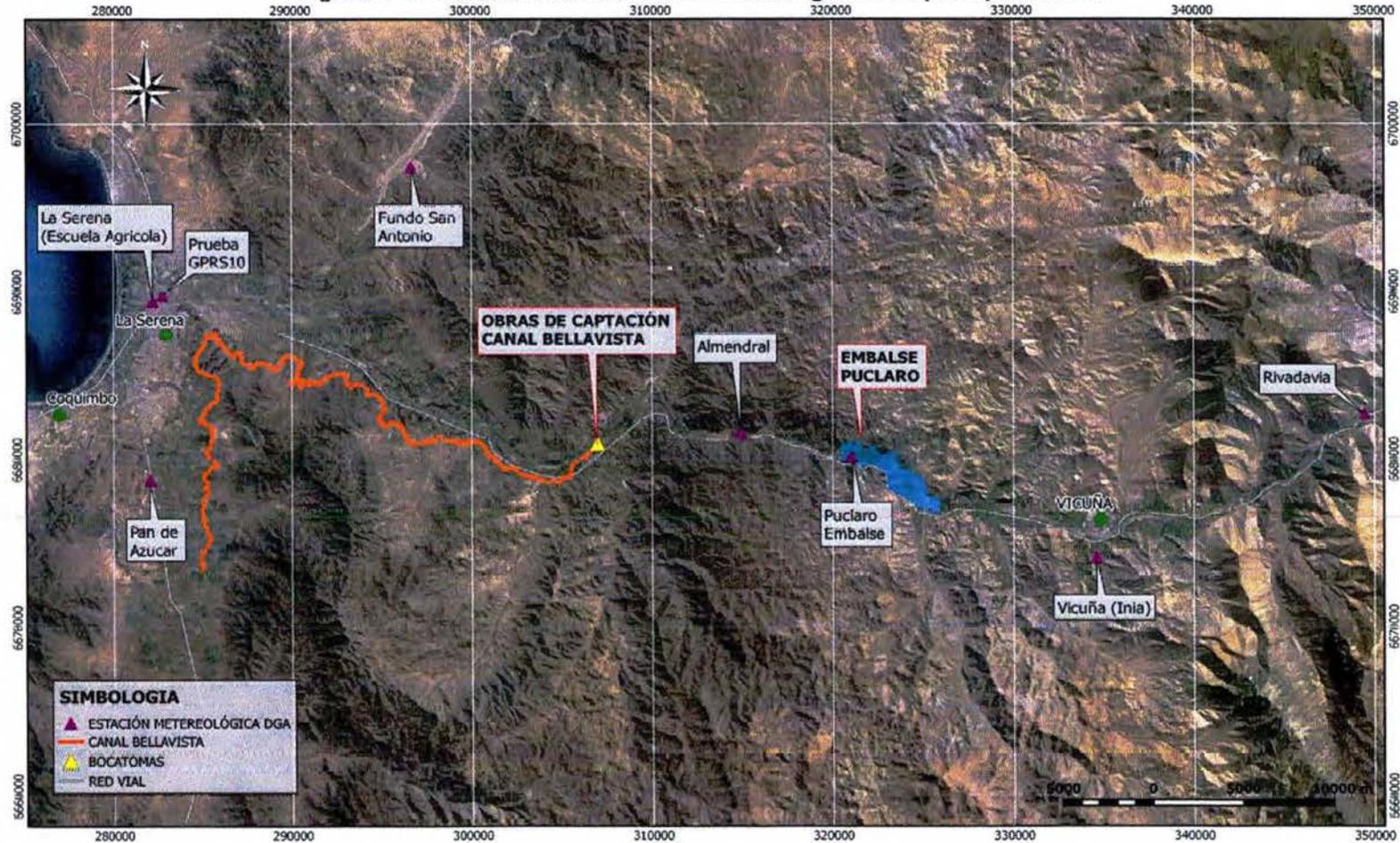
En la Tabla 4-2 se identifican y detallan las características de las estaciones con registro de precipitaciones máximas diarias más cercanas al canal Bellavista. En la misma tabla se indica el periodo de registro y la ubicación se muestra en la Figura 4-4.

**Tabla 4-2: Estaciones con Registro de Precipitación**

Estación	Periodo (años)	Registro	Elevación (msnm)	Ubicación Coordenadas UTM		Región
				Norte (m)	Este (m)	
Prueba GPRS10	0	2013-vigente	0	6.689.843	282.770	IV
La Serena (Escuela Agrícola)	42	1971-vigente	15	6.689.432	282.214	IV
Pan de Azúcar	28	1978-2006	100	6.678.770	282.075	IV
Fundo San Antonio	45	1961-2006	260	6.697.375	296.668	IV
Almendral	55	1958-vigente	370	6.681.587	314.896	IV
Puclaro Embalse	48	1962-2010	460	6.680.117	321.006	IV
Vicuña (Inia)	69	1944-vigente	730	6.673.645	334.506	IV
Rivadavia	76	1937-vigente	820	6.682.664	349.330	IV

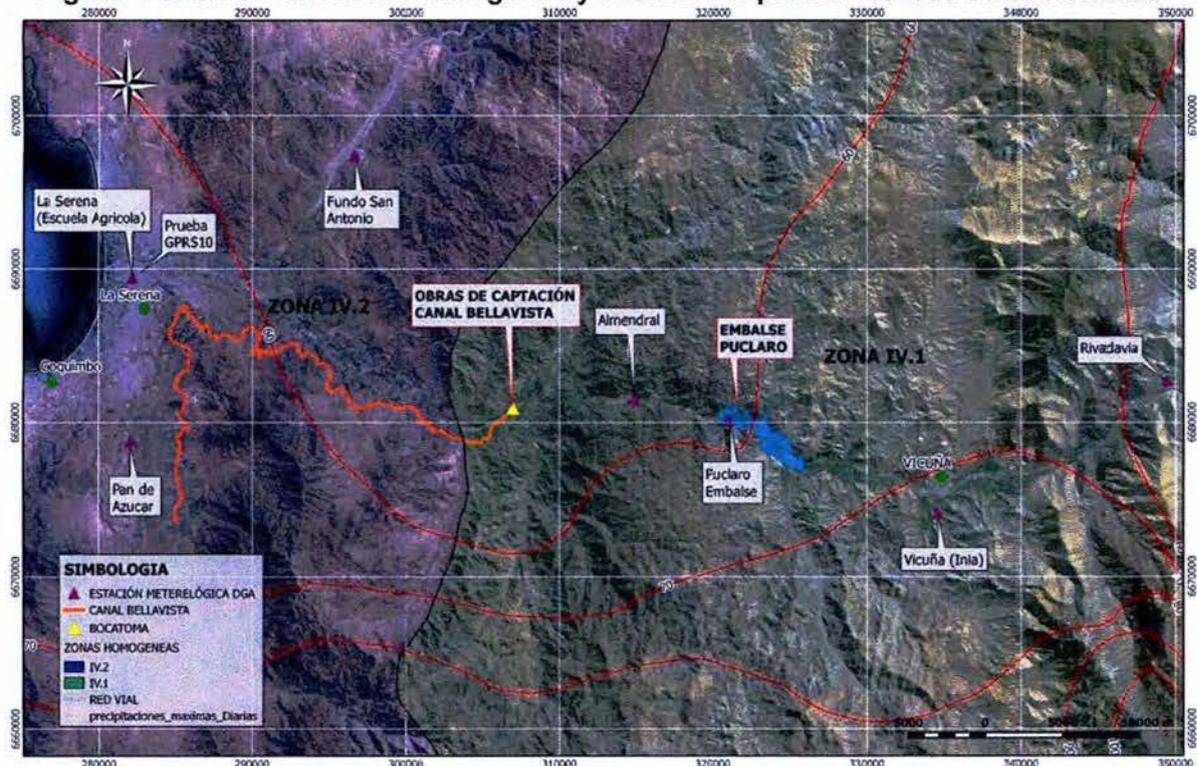
Las estadísticas de precipitaciones máximas anuales para cada estación se encuentran disponibles en el Anexo 9.2.

**Figura 4-4: Ubicación de estaciones con registro de precipitaciones**



Con la finalidad de representar zonas con distribuciones de lluvia similares se revisó el estudio de Precipitaciones Máximas anuales en 1, 2 y 3 días desarrollado por la DGA. De esta manera se constató que el canal Bellavista se encuentra contenido en la Zona Homogénea IV.1 y en la Zona Homogénea IV.2 en la cercanía costera. El canal se emplaza en el entorno de la isoyeta de 60 mm (precipitación máxima en 1 día, para periodo de retorno 10 años).

**Figura 4-5: Ubicación zona homogénea y estaciones pluviométricas seleccionadas**



En la figura anterior se observa que las estaciones Pan de Azúcar, La Serena, Prueba GPRS10, Fundo San Antonio están contenidas en la Zona Homogénea IV.2, y las estaciones Almendral, Puclaro Embalse, Vicuña y Rivadavia se encuentran dentro de la Zona Homogénea IV.1.

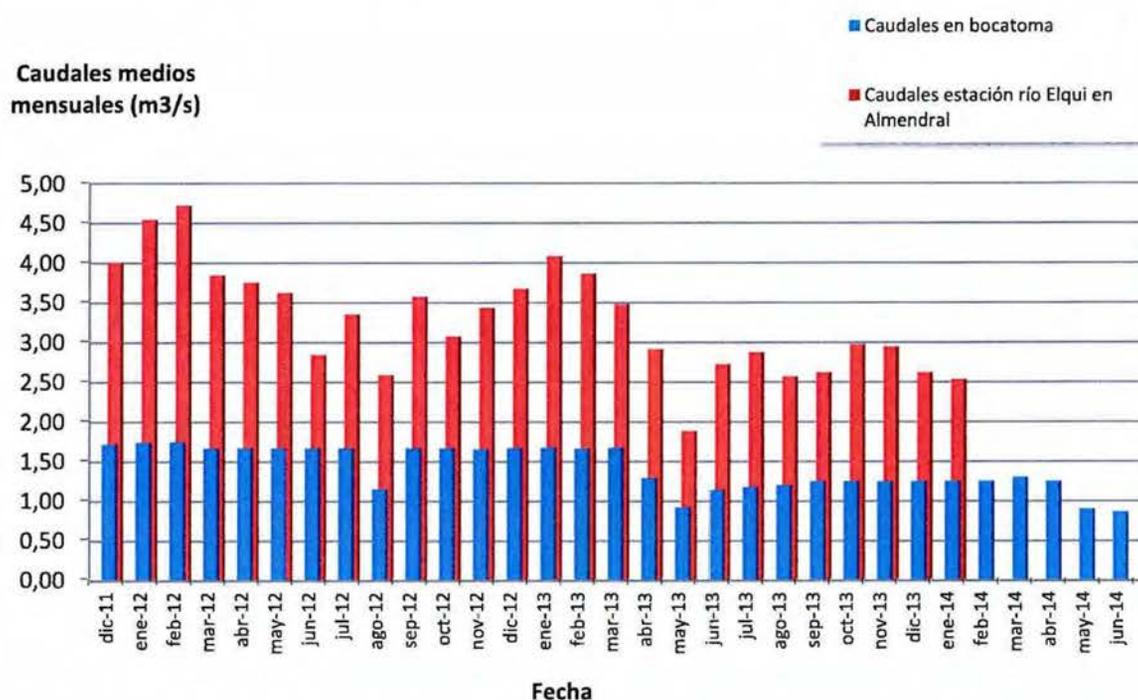
#### 4.1.3 Caudales medidos en bocatoma

En la Figura 4-6 se ilustran los caudales medios mensuales medidos en la bocatoma del canal Bellavista, y corresponde a información proporcionada por la Junta de Vigilancia del río Elqui (Junio, 2014), cuya estadística se adjunta en el Anexo 9.1. El periodo registrado desde el 2011 indica que no existen fluctuaciones estacionales, teniendo una tendencia constante en los porcentajes de riego, con disminuciones de caudal en el mes de Agosto 2012 y Mayo-Junio del 2013 y 2014.

Los caudales medidos en la bocatoma del canal Bellavista indican que se encuentra operando con caudales inferiores a los 1,8 m<sup>3</sup>/s, con una baja a partir del 2013, y que se encuentra acorde a la disminución del recurso hídrico en el río Elqui en Almendral aguas arriba del canal.

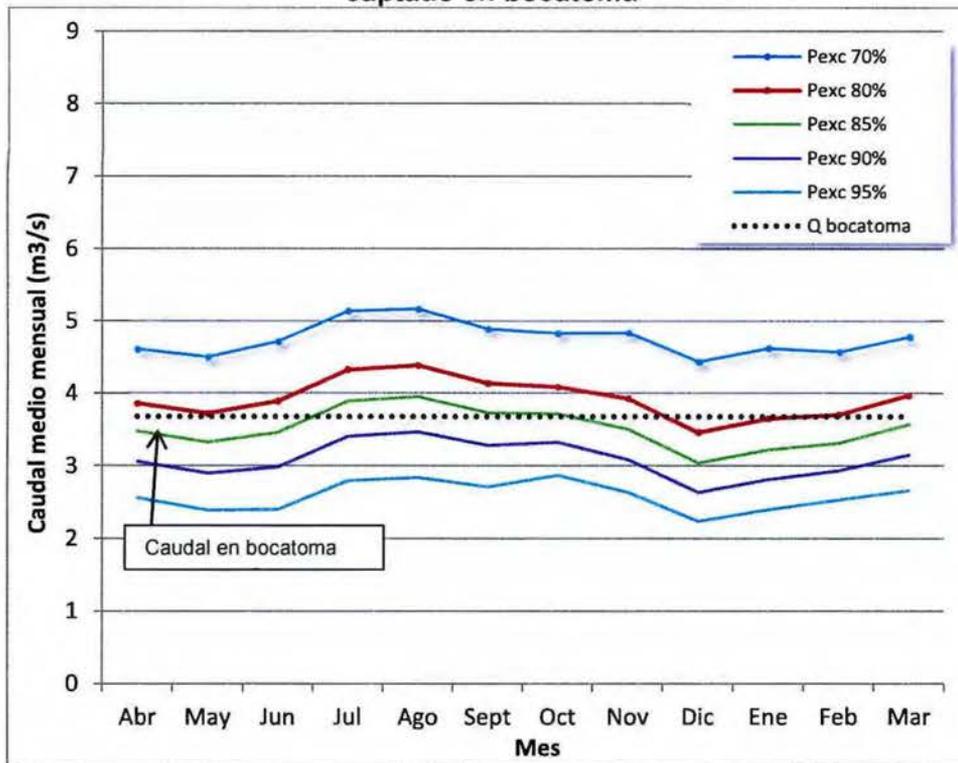
El canal Bellavista cuenta con un caudal de derecho de 3677 l/s y para determinar el porcentaje de uso del agua se realiza una asamblea anual o bianual que define la cantidad de agua a distribuir entre los usuarios dependiendo de la disponibilidad del recurso hídrico.

**Figura 4-6: Caudales medios mensuales bocatoma Canal Bellavista**



En la Figura 4-7 se observa el contraste del caudal por derecho con las curvas de variación estacional, de esta gráfica se puede deducir que para probabilidades de excedencia sobre el 90%, el caudal por derecho en bocatoma es superior la disponibilidad de agua. También es importante destacar que la disponibilidad del recurso hídrico en el cauce del río Elqui se encuentra regulada por el embalse Puclaro.

Figura 4-7: Curvas de variación estacional río Elqui en Almendral y caudal de derecho captado en bocatoma



#### 4.1.4 Caudales de Crecida

Se definieron 30 quebradas aportantes al canal Bellavista, en base a imágenes satelitales del Google Earth, escogiendo aquellas que presentaran un cauce definido afluente al canal como se indica en la Figura 4-8.

De esta selección, actualmente existen 7 quebradas que presentan obra de cruce, ya sea que el canal Bellavista cruza la quebrada en forma subterránea, a través de una alcantarilla o túnel, o de manera superficial a través de una canoa o puente, permitiendo el paso de la descarga de la quebrada por sobre el canal.

La estimación de caudales se realizó a través del método racional, excepto para la quebrada El Arrayán cuya estimación se realizó a través del hidrograma unitario sintético. En la Tabla 4-3 se indica la estimación de caudales de las quebradas afluentes al canal Bellavista (los detalles morfológicos de la cuenca se adjuntan en el Anexo 9.3). Los cálculos se realizaron para un periodo de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años.

Para la estimación de los tiempos de concentración de cada quebrada se utilizó la expresión de Giandotti, cuyo valores finales fueron redondeados a 15, 30, 45 o 60 minutos para obtener directamente la intensidad de lluvia de las curvas IDF. Cabe agregar que el

análisis considera que las cuencas presentadas y sus caudales de crecida asociados son maximizados a través del método racional y corresponde a eventos independientes.

**Tabla 4-3: Estimación de caudales afluentes al canal Bellavista**

Código	Km	Nombre quebrada	Obra existente	A (km <sup>2</sup> )	Tc (min)	C	T=2 años		T=5 años		T=10 años		T=50 años		T=100 años	
							I (mm/hr)	Q (m <sup>3</sup> /s)	I (mm/hr)	Q (m <sup>3</sup> /s)						
MC Q01	1.1	El Arrayán		556				30.0		105.8		163.6		296.8		353.3
MC Q02	3.8	Talca	Al N°1	87.6												
MC Q03	6.9	El Sauce	PT N°10	6.2												
MC Q04	8.5			0.9	45	0.46	2.8	0.3	7.2	0.9	11.1	1.3	21.5	2.6	26.6	3.2
MC Q05	10.3			0.1	15	0.54	3.3	0.0	8.6	0.1	13.2	0.2	25.6	0.3	31.7	0.4
MC Q06	15.4		TU N°2	41.3												
MC Q07	16.0		CN N°5	1.1												
MC Q08	18.3		TU N°6	3.6												
MC Q09	18.9	La Cachina	AL N°2	14.1												
MC Q10	19.3			0.5	30	0.48	2.9	0.2	7.7	0.6	11.7	0.8	22.8	1.7	28.2	2.0
MC Q11	21.4			0.7	30	0.48	2.9	0.3	7.7	0.8	11.7	1.2	22.8	2.2	28.2	2.8
MC Q12	22.9	Barrios		2.0	45	0.48	2.8	0.8	7.2	1.9	11.1	3.0	21.5	5.8	26.6	7.1
MC Q13	23.5			0.3	30	0.48	2.9	0.1	7.7	0.3	11.7	0.5	22.8	1.0	28.2	1.2
MC Q14	25.6			0.5	30	0.48	2.9	0.2	7.7	0.5	11.7	0.7	22.8	1.4	28.2	1.8
MC Q15	26.4			1.1	45	0.48	2.8	0.4	7.2	1.0	11.1	1.6	21.5	3.1	26.6	3.8
MC Q16	27.8			3.6	60	0.48	2.6	1.2	6.9	3.3	10.5	5.0	20.4	9.7	25.2	11.9
MC Q17	29.2	Monardes	CN N°7	7.3												
MC Q18	29.4			0.7	45	0.48	2.8	0.3	7.2	0.7	11.1	1.1	21.5	2.1	26.6	2.6
MC Q19	30.2			0.2	30	0.48	2.9	0.1	7.7	0.2	11.7	0.2	22.8	0.5	28.2	0.6
MC Q20	35.1	La Varilla		3.6	60	0.48	2.6	1.3	6.9	3.3	10.5	5.1	20.4	9.9	25.2	12.2
MC Q21	36.7			0.7	45	0.46	2.8	0.3	7.2	0.7	11.1	1.1	21.5	2.1	26.6	2.5
MC Q22	36.9			0.4	30	0.46	2.9	0.1	7.7	0.4	11.7	0.6	22.8	1.1	28.2	1.4
MC Q23	38.1			0.2	15	0.54	2.8	0.1	11.3	0.3	23.4	0.6	84.2	2.0	132.4	3.1
MC Q24	41.6			0.1	15	0.54	2.8	0.1	11.3	0.2	23.4	0.5	84.2	1.6	132.4	2.6
MC Q25	41.8			0.0	15	0.54	2.8	0.0	11.3	0.1	23.4	0.1	84.2	0.5	132.4	0.7
MC Q26	42.1			0.1	15	0.54	2.8	0.1	11.3	0.2	23.4	0.5	84.2	1.7	132.4	2.7
MC Q27	42.7			0.5	30	0.54	2.2	0.2	8.0	0.6	18.7	1.5	67.1	5.4	105.6	8.5
MC Q28	44.8			0.1	15	0.54	2.8	0.1	11.3	0.2	23.4	0.4	84.2	1.6	132.4	2.5
MC Q29	49.9			0.8	30	0.48	2.2	0.2	8.0	0.8	18.7	1.9	67.1	7.0	105.6	10.9
MC Q30	52.7			0.9	45	0.48	2.1	0.3	8.6	1.1	17.9	2.2	64.3	7.9	101.1	12.4

Nomenclatura:

AL Alcantarilla PT Puente  
TU Túnel CN Canoa

De lo anterior, se observa que la principal quebrada que aporta al canal corresponde a la cuenca del Arrayán, la cual es un 55% del arrea total aportante. Y como se observa de la figura se encuentra al inicio de éste,



## 4.2 ANÁLISIS HIDRAULICO

El eje hidráulico del canal Bellavista se realizó con el software HEC-RAS versión 4.1.0, que cuenta con un procedimiento computacional unidimensional, basado de la ecuación de la energía. Las pérdidas friccionales son evaluadas a través de la ecuación de Manning y las contracciones/expansiones se determinan según un coeficiente y la altura de velocidad.

Se utilizó el software antes citado, el cual utiliza datos de entrada de archivos que contienen toda la información relativa a perfiles transversales del canal, rugosidades para cada subsección, pendiente longitudinal y caudales de cálculo. Como resultados entrega los niveles de escurrimiento, área de flujo, velocidad media, altura media, altura crítica, altura normal y el número de Froude, en cada sección y para cada caudal analizado.

La metodología incluye la revisión de las singularidades que pudieran tener efectos sobre las condiciones de escurrimiento de canal. Para ello se incorporaron las obras y elementos singulares, tanto a partir del levantamiento topográfico como del levantamiento monográfico de las obras de arte existentes (puentes, túneles, alcantarillas y sifones), a fin de evaluar adecuadamente las restricciones hidráulicas y puntos críticos que se presenten en cada sección del canal.

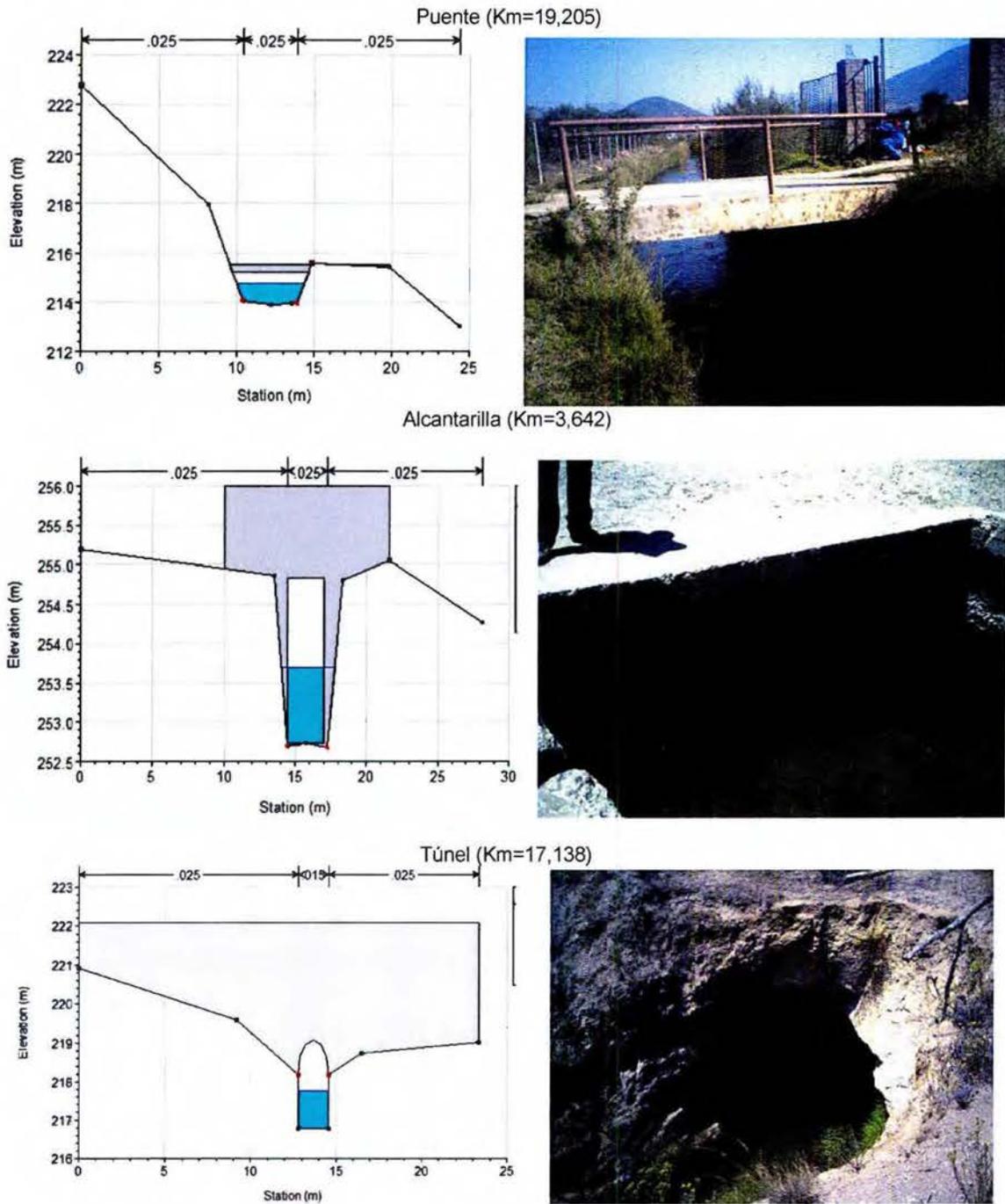
Dado que se tienen condiciones de régimen mixto en el canal, se consideró condición de borde de aguas arriba y aguas debajo de altura normal.

La modelación en el canal Bellavista consideró 3 escenarios de evaluación:

- Transporte hidráulico con caudales en operación normal
- Transporte hidráulico en capacidad máxima del canal
- Transporte hidráulico en crecidas para periodo de retorno de 2 años

El eje hidráulico en situación actual, sin obras de mejoramiento consideró las condiciones actuales del canal, incorporando las obras de arte existentes las que eventualmente podrían interferir con el escurrimiento de las aguas, como se ejemplifica en la siguiente Figura.

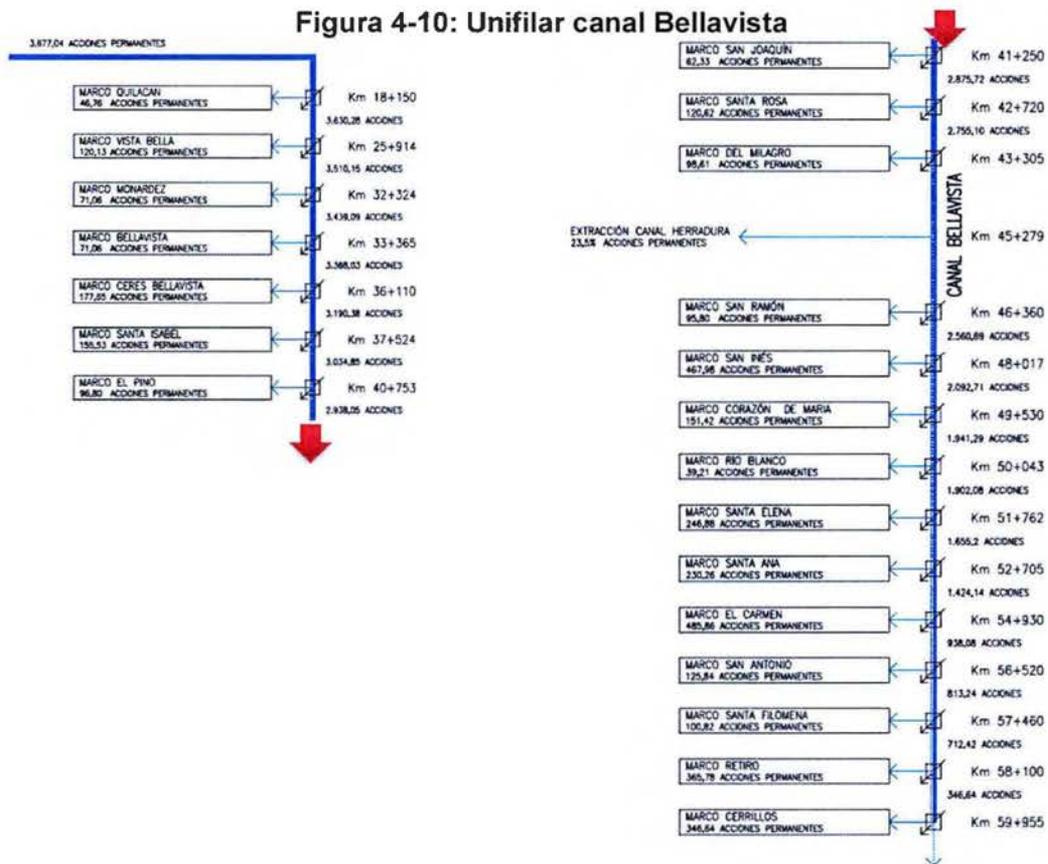
**Figura 4-9: Secciones transversales en el canal Bellavista con obras de arte, HEC RAS**



Para las condiciones de borde en el modelo se consideró que el flujo alcanza la altura de escurrimiento normal aguas abajo para una pendiente del 0,5%, análogo para el caso aguas arriba con objeto de modelar régimen mixto.

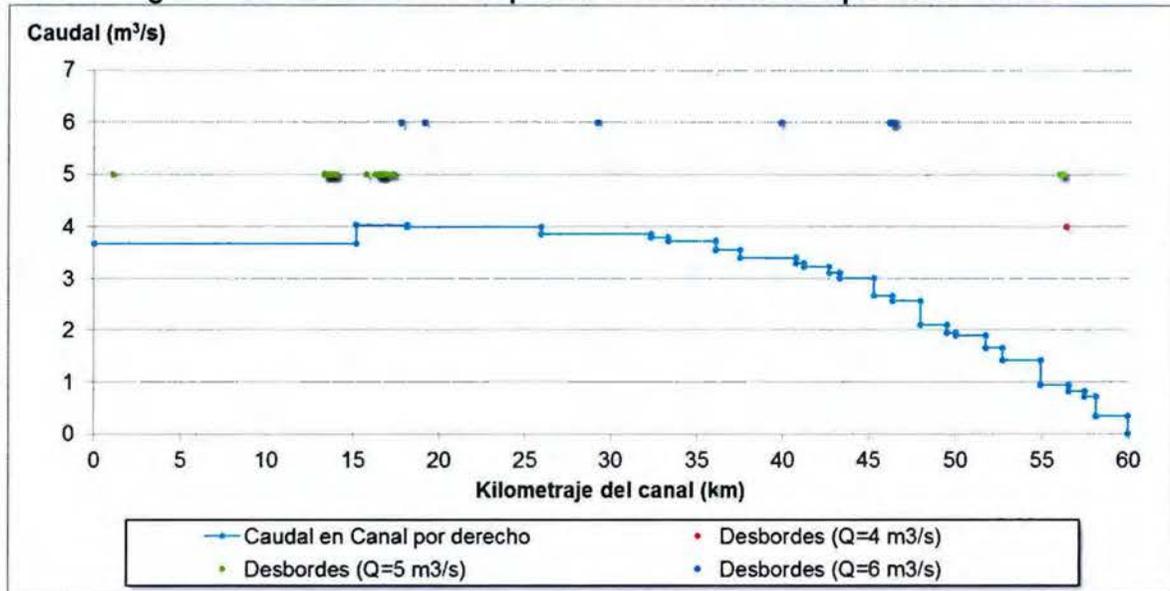
#### 4.2.1 Modelación en operación normal

Para definir la operación normal del canal Bellavista, se consideró que las entregas de caudal se realizan en base a su unifilar, tal como muestra en la siguiente Figura.



En la Figura 4-11 se presenta el caudal de operación normal del canal y los puntos de desborde identificados en el numeral anterior, obteniéndose que bajo el caudal de operación no se supera la capacidad del canal, logrando portear el caudal de derecho sin desbordes.

**Figura 4-11 Identificación de puntos de desborde en operación normal**



Lo anterior indica que el canal posee la capacidad hidráulica adecuada para conducir los caudales de operación normal, lo cual representa que el sistema logra de forma efectiva portear los derechos de aprovechamiento actuales.

#### 4.2.2 Modelación de la capacidad máxima del canal y Crecidas

Para analizar el comportamiento de canal Bellavista durante eventos de crecida se ha considerado que las compuertas de bocatoma se cierran ante dichos eventos, por lo que los caudales a ser transportados por el canal corresponden únicamente a aquellos que ingresan por las quebradas laterales.

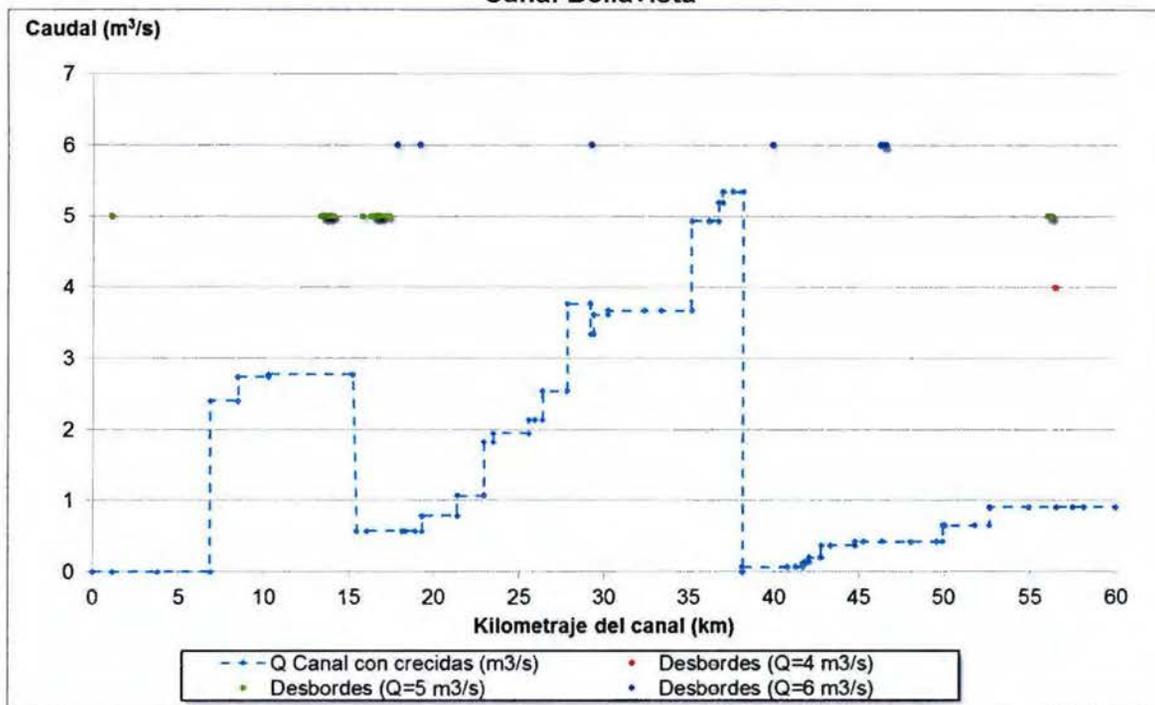
Se ha definido un periodo de retorno de 2 años para la identificación de puntos de desborde en periodo de crecidas, pues corresponde a un evento recurrente, cuyo caudal debiese ser portado sin problemas por el canal, limitándose las mantenciones a crecidas mayores. No se considera para análisis una crecida de mayor periodo de retorno, puesto que el canal tiene como objeto realizar la distribución de los caudales de riego, no el control de crecidas.

**Tabla 4-4 Caudales afluentes canal Bellavista**

Código	Km	Área	T=2 años
		(km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
MC Q01	1,1	556,001	30,00
MC Q03	6,9	6,240	2,43
MC Q04	8,5	0,933	0,33
MC Q05	10,3	0,079	0,04
MC Q06	15,4	41,270	4,90
MC Q10	19,3	0,543	0,21
MC Q11	21,4	0,739	0,29
MC Q12	22,9	2,015	0,75
MC Q13	23,5	0,325	0,13
MC Q14	25,6	0,477	0,18
MC Q15	26,4	1,079	0,40
MC Q16	27,8	3,552	1,23
MC Q18	29,4	0,728	0,27
MC Q19	30,2	0,151	0,06
MC Q20	35,1	3,636	1,26
MC Q21	36,7	0,749	0,27
MC Q22	36,9	0,395	0,15
MC Q23	38,1	0,157	0,07
MC Q24	41,6	0,129	0,05
MC Q25	41,8	0,036	0,02
MC Q26	42,1	0,136	0,06
MC Q27	42,7	0,537	0,18
MC Q28	44,8	0,124	0,05
MC Q29	49,9	0,777	0,23
MC Q30	52,7	0,923	0,26

En la Figura 4-12 se contrastan los caudales de crecida acumulados en el canal Bellavista (aportes de las quebradas laterales), con la capacidad hidráulica del mismo.

Figura 4-12 Caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia de T=2 años.  
Canal Bellavista



Se observa que el caudal acumulado proveniente de las quebradas laterales para un periodo de retorno de 2 años (línea azul) no sobrepasa la capacidad hidráulica en toda su extensión, lo cual responde a la existencia de obras de evacuación existentes para los escenarios de crecida, las cuales logran evacuar de forma efectiva los aportes de las quebradas.

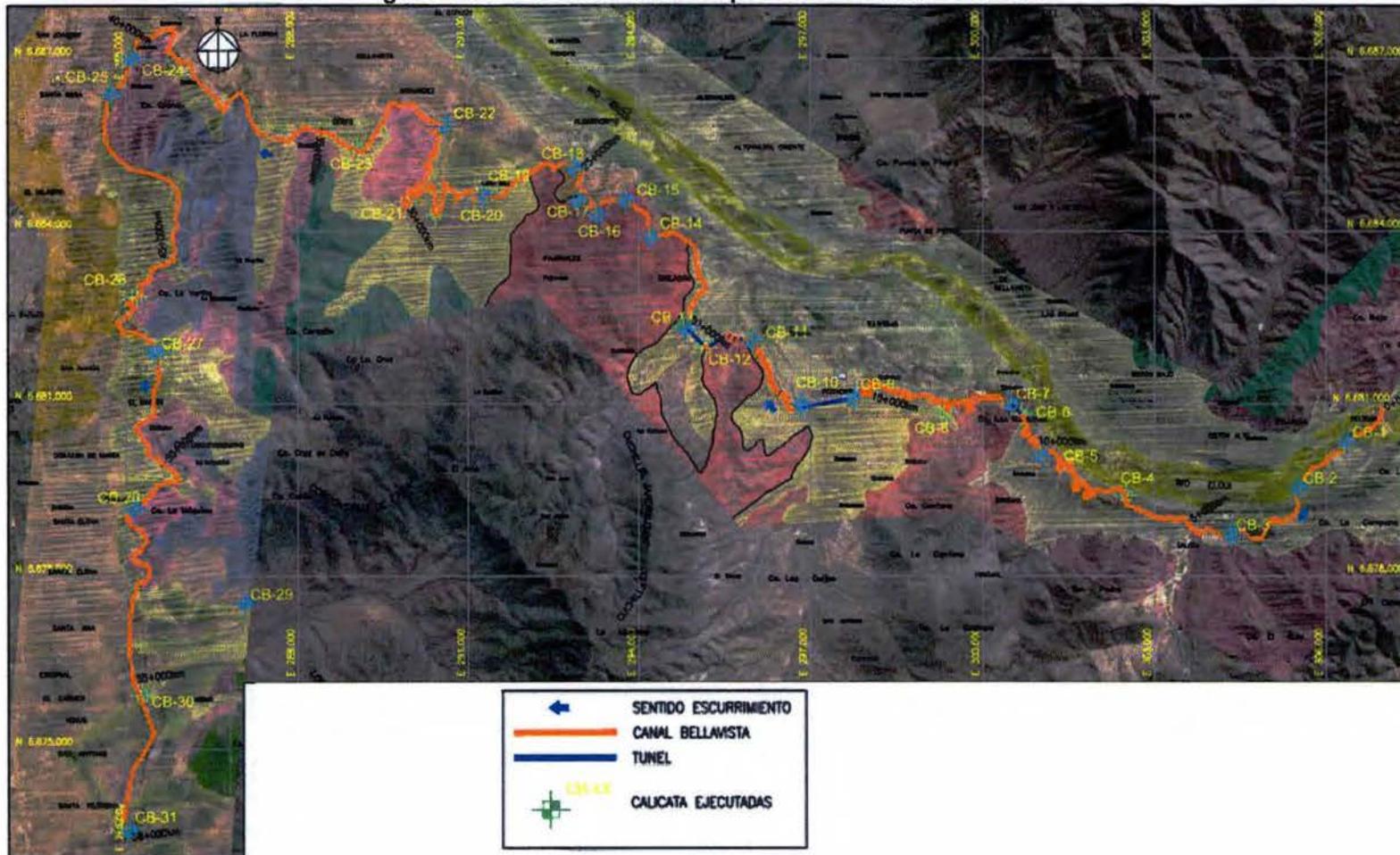
### 4.3 GEOTECNIA

#### 4.3.1 Prospecciones

La campaña de prospecciones efectuadas como parte de los estudios de apoyo a la Ingeniería de prefactibilidad en el canal Bellavista, se desarrolló entre los días 10 de Junio y 2 de Julio de 2014 y consideró la excavación por medios mecánicos de 31 calicatas ubicadas a lo largo del trazado del canal, de hasta 3 m de profundidad.

Estas prospecciones, cuya ubicación se presenta en la Figura 4-13, fueron supervisadas en forma permanente por un Técnico Laboratorista de Arcadis y apoyado en forma parcial por Ingenieros Geotécnicos y prevencionista de riesgo, quienes efectuaron visitas técnicas a terreno durante su ejecución.

Figura 4-13: Ubicación de Prospecciones canal Bellavista.



### 4.3.2 Calicatas

Como parte de la campaña de exploraciones en el canal Bellavista, se proyectó inicialmente la excavación de 31 calicatas, luego, debido a las condiciones del terreno se excavaron solo 30 (calicata cb-17 no se excavó por encontrarse en tramo de afloramiento rocoso), con un máximo de 3,3 m de profundidad mediante excavación manual. Cabe destacar que la profundidad nominal de excavación propuesta inicialmente para estas calicatas no se logró en todas debido a la presencia de roca y/o nivel freático en el fondo de la calicata. En la Tabla 4-5 se presenta la profundidad y coordenadas del conjunto de calicatas excavadas.

En cada calicata se efectuó una exhaustiva descripción estratigráfica y se procedió a la recolección de muestras representativas de los distintos estratos detectados para, la ejecución de ensayos de laboratorio.

**Tabla 4-5: Resumen de Información de Calicatas.**

Calicata	Coordenadas UTM (WGS84)		Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)	Observaciones
	Norte	Este			
cb-01	6.680.330	306.367	1,50	1,43	suelo natural
cb-02	6.679.537	305.515	0,67	0,60	suelo natural
cb-03	6.678.725	304.336	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-04	6.679.399	302.505	1,50	no se detecta	clasto al fondo
cb-05	6.680.087	301.022	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-06	6.680.816	300.678	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-07	6.681.003	300.493	3,30	no se detecta	suelo natural
cb-08	6.680.857	299.365	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-09	6.681.080	297.753	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-10	6.680.961	296.824	2,30	no se detecta	suelo natural
cb-11	6.680.830	295.955	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-12	6.681.974	295.164	2,30	2,27	suelo natural
cb-13	6.682.308	294.824	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-14	6.683.973	294.232	1,70	no se detecta	clasto al fondo
cb-15	6.684.546	293.751	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-16	6.684.292	293.281	2,00	1,70	suelo natural
cb-17	6.684.537	292.963	-	-	Sin excavar (corte rocoso)
cb-18	6.685.164	292.817	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-19	6.684.654	291.313	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-20	6.684.306	290.438	2,20	no se detecta	suelo natural

Calicata	Coordenadas UTM (WGS84)		Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)	Observaciones
	Norte	Este			
cb-21	6.684.516	289.919	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-22	6.685.846	290.590	1,60	no se detecta	roca
cb-23	6.685.389	289.024	0,90	no se detecta	clasto al fondo
cb-24	6.687.005	285.112	1,80	no se detecta	suelo natural
cb-25	6.686.380	284.746	1,90	no se detecta	suelo natural
cb-26	6.682.871	285.183	0,95	no se detecta	clasto al fondo
cb-27	6.681.894	285.525	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-28	6.679.159	285.160	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-29	6.677.524	287.074	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-30	6.675.933	285.278	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-31	6.673.601	285.943	2,00	no se detecta	suelo natural

### 4.3.3 Programa de Ensayos

Con el propósito de caracterizar los materiales sobre los cuales se apoya el canal, se programaron ensayos de laboratorio sobre muestras representativas de suelos extraídas de las calicatas, los cuales fueron ejecutados por Laboratorio Andino.

El resumen de los resultados de los ensayos granulométricos efectuados sobre las muestras extraídas de las calicatas se presentan en la siguiente Tabla, las cuales, en su totalidad clasifican como gravas y arenas.

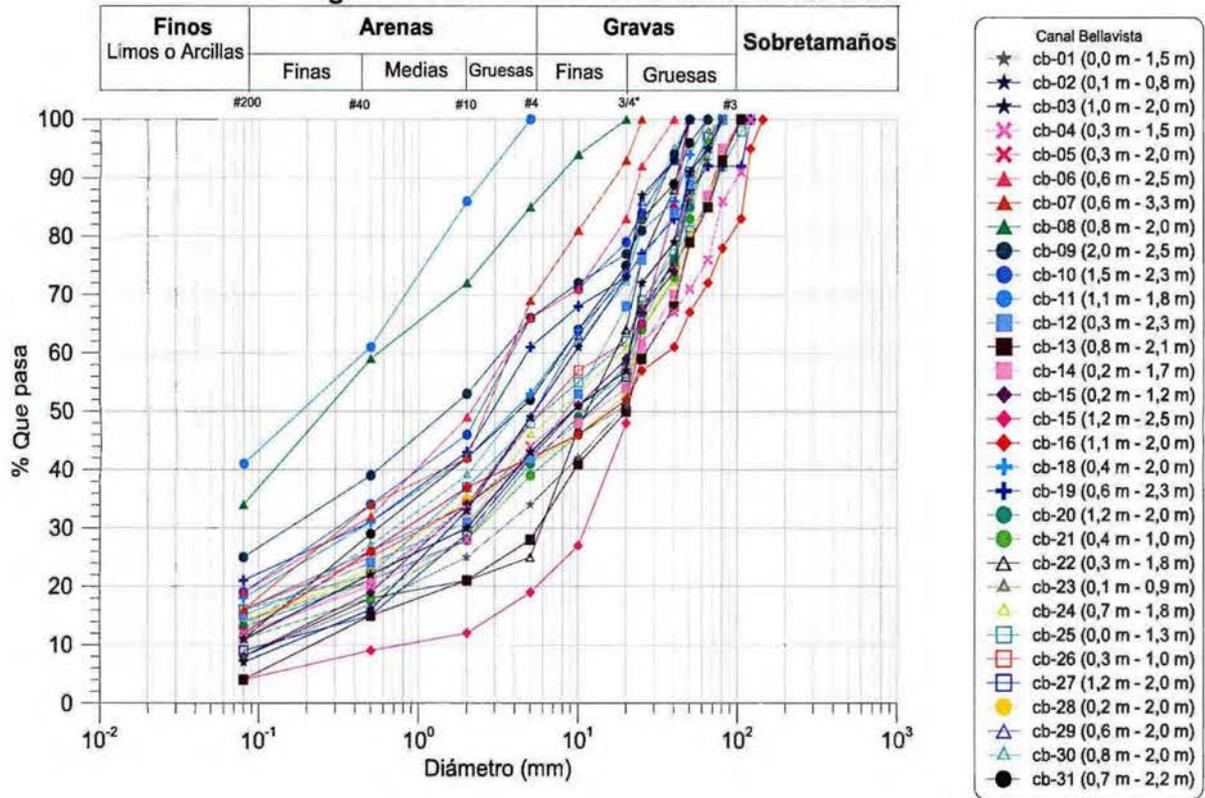
De los resultados de los ensayos ejecutados para este estudio, se deduce que las unidades de suelo corresponden básicamente a gravas y arenas, las cuales presentan contenidos de finos variables entre un 4% a 43% de plasticidad baja a nula, un contenido de arenas entre 15% a 59%, un contenido de gravas entre un 0% a 66% y un contenido de sobretamaño entre 0% y 22%.

Los certificados de estos ensayos se adjuntan en el Anexo 5 del presente documento.

Tabla 4-6: Resultados granulométricos.

Identificación Muestra	Tipo Muestra	Profundidad (m)		Clasificación completa							
		Inicio	termino	% Sobretamaño	% Gravas	% Arenas	% Finos	Peso Especifico, Gs	Límite Líquido, LL (%)	Índice de Plasticidad, IP (%)	Clasificación USCS
cb-01	Suelo	0,00	1,50	0	66	26	8	2,72	19,0	NP	GP-GM
cb-02	Suelo	0,10	0,80	0	51	42	7	2,72	20,0	NP	GW-GM
cb-03	Suelo	1,00	2,00	0	57	32	11	2,71	19,0	NP	GW-GM
cb-04	Suelo	0,30	1,50	15	57	22	6	2,71	23,0	3,0	GP-GM
cb-05	Suelo	0,30	2,00	14	42	32	12	2,71	26,0	5,0	GP-GC
cb-06	Suelo	0,60	2,50	0	34	47	19	2,71	19,0	NP	GW-GM
cb-07	Suelo	0,60	3,30	0	31	53	16	2,71	18,0	NP	SM
cb-08	Suelo	0,80	2,00	0	15	51	34	2,70	27,0	6,0	SC-SM
cb-09	Suelo	2,00	2,50	0	34	41	25	2,70	24,0	3,0	SM
cb-10	Suelo	1,50	2,30	0	34	47	19	2,71	18,0	NP	SM
cb-11	Suelo	1,10	1,80	0	0	59	41	2,69	22,0	3,0	SM
cb-12	Suelo	0,30	2,30	0	58	27	15	2,71	23,0	4,0	GC-GM
cb-13	Suelo	0,80	2,10	7	65	24	4	2,72	25,0	3,0	GP
cb-14	Suelo	0,20	1,70	5	53	31	11	2,71	19,0	NP	GP-GM
cb-15 (1)	Suelo	0,20	1,20	0	58	34	8	2,70	19,0	NP	GP-GM
cb-15 (2)	Suelo	1,20	2,50	0	81	15	4	2,72	20,0	NP	GP
cb-16	Suelo	1,10	2,00	22	36	30	12	2,72	26,0	4,0	GP-GM
cb-18	Suelo	0,40	2,00	0	47	35	18	2,71	29,0	8,0	GC
cb-19	Suelo	0,60	2,30	8	31	40	21	2,71	24,0	3,0	SM
cb-20	Suelo	1,20	2,00	0	59	28	13	2,72	27,0	5,0	GC-GM
cb-21	Suelo	0,40	1,00	0	61	28	11	2,72	18,0	NP	GP-GM
cb-22	Suelo	0,30	1,80	0	75	17	8	2,72	19,0	NP	GP-GM
cb-23	Suelo	0,10	0,90	0	57	29	14	2,72	28,0	5,0	GM
cb-24	Suelo	0,70	1,80	7	47	32	14	2,72	27,0	6,0	GC-GM
cb-25	Suelo	0,00	1,30	8	44	32	16	2,71	31,0	10,0	GC
cb-26	Suelo	0,30	1,00	6	46	32	16	2,71	26,0	3,0	GM
cb-27	Suelo	1,20	2,00	0	58	33	9	2,70	20,0	NP	GW-GM
cb-28	Suelo	0,20	2,00	0	59	27	14	2,72	23,0	3,0	GM
cb-29	Suelo	0,60	2,00	0	51	33	16	2,72	19,0	NP	GM
cb-30	Suelo	0,80	2,00	0	47	40	13	2,71	18,0	NP	GM
cb-31	Suelo	0,70	2,25	0	48	41	11	2,71	19,0	NP	GP-GM

**Figura 4-14: Granulometría canal Bellavista.**



#### 4.3.4 Ensayos In situ

Se realizaron ensayos de densidad in situ mediante el método de cono de arena en 10 calicatas, cuyos resultados se reportan en la Tabla siguiente. El detalle de estos ensayos se presenta en Anexo 5 del presente documento.

**Tabla 4-7: Resultados ensayos de densidad in situ**

Calicata	Profundidad de ensayo (m)	Densidad Húmeda, $\gamma_w$ (t/m <sup>3</sup> )
cb-03	2,00	1,80
cb-06	2,40	2,08
cb-07	3,30	2,12
cb-10	1,80	2,03
cb-11	2,50	1,68
cb-18	2,00	1,60

Calicata	Profundidad de ensayo (m)	Densidad Húmeda, $\gamma_w$ (t/m <sup>3</sup> )
cb-20	2,00	2,06
cb-27	2,00	1,89
cb-28	2,00	1,48
cb-29	2,00	1,92

#### 4.3.5 Parametrización y monografía geotécnica

Tal como fue mencionado precedentemente, en base a las prospecciones realizadas, ensayos de laboratorio y observaciones visuales de cortes naturales, se ha reconocido que las unidades geológicas presentes en el trazado del canal corresponden principalmente a rocas y/o materiales granulares del tipo arenas limosas, arenas gravosas y gravas arenosas con presencia de finos de baja a nula plasticidad. La sectorización geológica geotécnica del canal se presenta en la Figura 4-15 y Tabla 4-8.

Figura 4-15: Sectorización geológica geotécnica canal Bellavista.



**Tabla 4-8: Monografía geológica – geotécnica canal Bellavista.**

Sector	Desde	Hasta	Longitud del tramo (m)	Calicatas	Prof. Nivel Freático	Descripción
1	0,0 km (Bocatoma)	9,36 km (Quebrada Los Maitenes)	9360	CB-01 CB-02 CB-03 CB-04 CB-05	Se observó entre 0,6 m y 1,43 m.  N/O en algunos sectores.	El trazado se desarrolla, hasta el km 5,0, en gravas arenosas con un porcentaje de finos cercano al 10%, estructura homogénea, predominan los colores gris y café, existe presencia de bolones en algunos sectores, los finos son no plásticos o de baja plasticidad, existe presencia de raíces y raicillas, las gravas son de cantos redondeados, subredondeados y algunas partículas aisladas son de cantos subangulares. Desde el km 5,0 al km 9,36 se presenta un estrato superficial de limo arenoso de un espesor máximo de 0,3 m el cual se encuentra sobre el estrato de gravas arenosas nombrado anteriormente.
2	9,36 km (Quebrada Los Maitenes)	18,73 km (Quebrada La Cachina)	9370	CB-06 CB-07 CB-08 CB-09 CB-10 CB-11 CB-12 CB-13	Se detectó a 2,28 m en calicata CB-12.  N/O en el resto.	El trazado se desarrolla en arenas gruesas a media con presencia de gravas arenosas y bolones. Existen estratos eventuales de limos. El porcentaje de finos es variado de estrato a estrato, variando desde 5% a 70%, la estructura es errática u homogénea, predominan los colores café y gris, los finos son no plásticos, existe presencia de raíces y raicillas.
3	18,73 km (Quebrada La Cachina)	37,42 km (La Florida)	18690	CB-14 CB-15 CB-16 CB-17 CB-18 CB-19 CB-20 CB-21 CB-22 CB-23	Se detectó a 1,65 m en calicata CB-16.  N/O en el resto.	El trazado se desarrolla mayoritariamente en gravas arenosas, con la presencia de estratos de arenas limosas y limos arenosos, y ocasionalmente la presencia de arcilla en el primer metro de profundidad, el porcentaje de finos es variado de estrato a estrato, variando desde 5% a 70%, predominan los colores gris y café, y existen abundantes raíces y raicillas.
4	37,42 km (La Florida)	57,34 km (Quebrada Cruz de Caña)	19920	CB-24 CB-25 CB-26 CB-27 CB-28 CB-29 CB-30 CB-31	N/O	El trazado se desarrolla mayoritariamente en arenas limosas, con la presencia de estratos de limos arenosos, grava arenosa y roca fracturada, el porcentaje de finos es variado de estrato a estrato, variando desde 5% a 85%, de plasticidad nula o baja, predominan los colores gris y café, existen abundantes raíces y raicillas y presenta estructura homogénea.

N/O = No Observado

Dado que los suelos presentes en el trazado del canal corresponden a materiales granulares con cementación baja a media, se han estimado valores de cohesión de hasta 2,0 t/m<sup>2</sup>.

Se estima que los materiales granulares correspondientes a gravas arenosas y arenas gravosas con un grado de compacidad medio, pueden desarrollar valores de ángulo de fricción entre 34° y 39°. Estos valores se pueden ver modificados con la mayor presencia de suelos finos en la matriz del material.

De acuerdo a estas características, y para el nivel de Ingeniería de Prefactibilidad, se utilizan de modo conservador los rangos de valores para ángulo de fricción interna de los materiales señalados en la Tabla 4-9.

**Tabla 4-9: Rangos ángulos de fricción distintos materiales. (Ref. 5)**

Type	Description/state	Friction angle (degrees)
Cohesionless	Soft sedimentary (chalk, shale, siltstone, coal)	30-40
Compacted	Hard sedimentary (conglomerate, sandstone)	35-45
Broken rock	Metamorphic	35-45
	Igneous	40-50
Cohesionless	Very loose/loose	30-34
Gravels	Medium dense	34-39
	Dense	39-44
	Very dense	44-49
Cohesionless	Very loose/loose	27-32
Sands	Medium dense	32-37
	Dense	37-42
	Very dense	42-47
Cohesionless Sands	Loose	
	Uniformly graded	27-30
	Well graded	30-32
	Dense	
	Uniformly graded	37-40
	Well graded	40-42

Complementariamente, es posible establecer valores de permeabilidad para las unidades presentes a lo largo del trazado del canal. En la Tabla 4-10 se presentan valores típicos reportados en la literatura técnica de acuerdo al sistema USCS.

**Tabla 4-10: Rangos de permeabilidades para distintos materiales. (Ref. 5)**

Soil type	Description	USC symbol	Permeability, m/s
Gravels	Well graded	GW	$10^{-3}$ to $10^{-1}$
	Poorly graded	GP	$10^{-2}$ to $10^0$
	Silty	GM	$10^{-7}$ to $10^{-5}$
	Clayey	GC	$10^{-8}$ to $10^{-6}$
Sands	Well graded	SW	$10^{-5}$ to $10^{-3}$
	Poorly graded	SP	$10^{-4}$ to $10^{-2}$
	Silty	SM	$10^{-7}$ to $10^{-5}$
Inorganic silts	Clayey	SC	$10^{-8}$ to $10^{-6}$
	Low plasticity	ML	$10^{-9}$ to $10^{-7}$
Inorganic clays	High plasticity	MH	$10^{-9}$ to $10^{-7}$
	Low plasticity	CL	$10^{-9}$ to $10^{-7}$
Organic	High plasticity	CH	$10^{-10}$ to $10^{-8}$
	with silts/clays of low plasticity	OL	$10^{-8}$ to $10^{-6}$
Peat	with silts/clays of high plasticity	OH	$10^{-7}$ to $10^{-5}$
	Highly organic soils	Pt	$10^{-6}$ to $10^{-4}$

En base a lo anterior, los parámetros geotécnicos a nivel de ingeniería de prefactibilidad son los indicados en la Tabla 4-11.

**Tabla 4-11: Parámetros geotécnicos.**

Sistema	Tipo de Suelo	Densidad Natural [t/m <sup>3</sup> ]	Cohesión [t/m <sup>2</sup> ]	Angulo de fricción [°]	Permeabilidad [m/s]
Depósitos de Conos de Deyección antiguos (MPIcb)	Gravas gruesas, gravas arenosas, gravas finas y arenas gruesas con gravas y bloques	1,7 – 2,0	1,0 – 2,0	32 - 37	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-2</sup>
Depósitos Fluviales antiguos (Qf1)	Gravas muy gruesas a gruesas con intercalaciones de lentes gravas arenosas y arenas.	1,8 – 2,1	0,5 – 1,5	34 - 39	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-2</sup>
Depósitos Fluviales recientes (Qf)	Gravas gruesas a muy gruesas con bloques	1,6 – 1,9	0,0 - 1,0	34 - 39	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-2</sup>
Depósitos Coluviales Recientes (Qc)	Clastos de granulometría variada, incluyendo bloques métricos, angulosos a subangulosos e intercalaciones de limos.	1,6 – 1,9	0,0 - 1,0	34 - 39	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-2</sup>
Depósitos Aluviales recientes (Qa)	Gravas en matriz de arena y limo	1,7 – 2,0	0,0 - 1,0	34 - 39	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-2</sup>
Maicillo o de suelo regolítico (Qr)	Roca meteorizada o descompuesta con porcentaje variable de finos	1,6 – 1,9	0,5 – 2,0	34 - 39	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-2</sup>

Resulta necesario destacar que estos valores son estimativos y deberán confirmarse mediante ensayos de laboratorio para una etapa posterior de ingeniería.

#### 4.3.6 Conclusiones

- Los depósitos de suelos superficiales que componen los sistemas corresponden principalmente a rocas y/o materiales granulares del tipo arenas limosas, arenas gravosas y gravas arenosas con presencia de finos de baja a nula plasticidad de compacidad baja a media. La potencia de los estratos que componen las unidades de suelo es variable a lo largo del trazado del canal. Los depósitos de suelo se consideran excavable con maquinaria convencional.
- En base a las prospecciones mediante calicatas y a la información disponible, se ha podido estimar los parámetros geotécnicos preliminares de las unidades de suelo donde se emplaza el canal. Esta estimación deberá ser verificada con ensayos de laboratorio para futuras etapas de ingeniería del proyecto.

#### 4.4 GEOLOGÍA

El canal Bellavista puede ser subdividido en 4 grandes tramos o segmentos, cada uno de los cuales posee características morfológicas, geológicas y topográficas homogéneas que justifican esta subdivisión (Figura 4-16):

**Figura 4-16: Sectorización del canal Bellavista (en trazo blanco) y túneles (en trazo azul).**



Imagen Google Earth 2009.

- 1.- El sector 1 o inicial, comprende el tramo de canal desde la bocanoma hasta el sector de la quebrada Los Maitenes, afluente sur del río Elqui.
- 2.- El sector 2 o sector de los túneles, que se extiende desde la quebrada Los Maitenes hasta la quebrada La Cachina (Las Trancas).
- 3.- El sector 3 va desde la quebrada La Cachina o Las Trancas hasta la punta norte del cerro Grande.
- 4.- El sector 4 o sector de Huachalalume-Cruz de Caña se extiende desde la punta norte del cerro Grande hasta más al sur de la quebrada Cruz de Caña

El canal Bellavista se excavó principalmente en rocas intrusivas del Jurásico Superior al Cretácico Superior, con una cubierta regolítica y/o coluvial; sin embargo, zonas importantes de este fueron excavados en suelos de gravas y arenas correspondientes a conos de deyección del Mioceno-Plioceno.

Solo el primer sector del trazado del canal se emplazó en sedimentos fluviales recientes o actuales y en sedimentos fluviales antiguos, todos del Cuaternario, pertenecientes al valle del río Elqui.

Al final del sector 3 y en tramos del sector 4, el canal se desarrolló en sedimentos coluviales y/o aluviales recientes o cuaternarios.

Se detectaron problemas de estabilidad asociados a los taludes y a los tramos en túnel consistentes en la posibilidad de colapsos parciales de los sectores de los taludes y/o de los portales, específicamente el portal de entrada del túnel Las Rojas y sus metros iniciales, y la posibilidad de un colapso total del túnel Los Burros.

Los peligros detectados pueden conducir a obstrucciones parciales o totales del canal y/o a la destrucción parcial del pretil causando desbordes locales todo lo cual impediría el normal funcionamiento del canal.

Adicionalmente se hace notar que en el sector 2 o de los túneles, en toso ellos existen riesgos asociados a las obras superficiales de urbanización actualmente en desarrollo en las cercanías de los tramos en túnel.

Para mayor detalle ver Informe Anexo 8: Estudio Geológico y Plano Geológico confeccionado.

## 5 DIAGNÓSTICO INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

### 5.1 ORGANIZACIÓN DE USUARIOS

La Asociación del Canal Bellavista, RUT N° 82.179.400-5, representada por su Presidente don José Francisco Izquierdo Zomosa, tiene su domicilio en Cordobés 490, 2do piso, la Serena, y forma parte de la cuenca del río Elqui.

El Canal Bellavista corresponde a la asociación de canalistas más importante de la Junta de Vigilancia del Río Elqui, concentrando en sus 3677,04 acc totales donde 1acc es 1l/s, que se distribuyen en 2.250 regantes aproximadamente.

El canal está ubicado en la tercera sección del río Elqui, en el sector de Las Rojas. Los usuarios dedicados preferentemente a la agricultura, presentan una gran diversidad de cultivos y tamaños de predios regados, distribuyéndose en forma variada entre grandes productores y pequeños agricultores. Su situación de derechos de aprovechamiento se encuentra totalmente reglamentada en la D.G.A.

La distribución de las aguas se realiza por medio de 17 marcos partidores ubicados a lo largo del trayecto del canal. Estos marcos partidores corresponden a un grupo de regantes organizados para conducir las aguas hacia un sector común o áreas colindantes, los que se organizan como una verdadera comunidad de agua dado que cuentan con un presidente encargado de la distribución de las aguas, la mantención de las obras y por velar por la equidad en el reparto. Para ello cada marco se financia con el pago de cuotas internas, las que sirven para solventar los gastos de operación y aportar la cuota correspondiente al canal. En general los marcos poseen uno o más celadores dependiendo de sus necesidades. Cada uno de ellos cuenta con una sección representativa del número de acciones capaz de recibir la proporción de aguas correspondiente.

El Canal Bellavista cuenta con una directiva formada por el presidente, secretario, tesorero y dos directores. Este canal no se financia en lo principal con dinero sino que opera con el trabajo directo de los accionistas, sobre la base de dividir su cauce de acuerdo a los derechos de cada asociado entregando a estos la obligación de las limpias. Se mantiene una cobranza menor de cuotas para cubrir los gastos de sueldo de un empleado administrativo y los pagos de los celadores.

## 5.2 OPERACIÓN NORMAL

### 5.2.1 Operación Normal

La Obra de toma opera en función del volumen disponible en el embalse, normalmente al 70 u 80 %.

A cada regante se le entrega el recurso en forma continua las 24 hrs del día, para ello los celadores abren sus compuertas volumétricas en el mismo porcentaje. También verificando su derecho y prorrateado por sector y descontando las pérdidas por filtración 40%.

### 5.2.2 Operación en Época de Sequía

La Obra de toma se abre en función del volumen disponible en el embalse, en los últimos 8 años este volumen ha disminuido significativamente, hasta llegar actualmente a una abertura del 20 %. El año pasado estuvo en 30 %.

A cada regante se le entrega el recurso en forma continua las 24 hrs del día, para ello los celadores abren sus compuertas volumétricas en el mismo porcentaje (20%) . También verificando su derecho y prorrateado por sector y descontando las pérdidas por filtración 40%.

En caso que no paguen cuotas de la asociación se le cierra compuerta en forma temporal, especialmente en este periodo de sequía.

### 5.2.3 Operación en Eventos Extremos

Se cierra Obra de Toma y se abren todas las compuertas de evacuación. En época Normal existe sector de quebrada que se desbordan y cortan el canal (Arrayan al inicio del canal), donde cada 2 años tienen que reponer zona de al menos 100 m. También sectores sufren embancamientos importantes debido a la caída de piedras y lodo.

## 5.3 PROBLEMAS IDENTIFICADOS

En términos generales, los trabajos realizados identificaron que el canal presenta problemas tanto en la Operación Normal de Riego como en la Seguridad Física del Canal. A continuación se detallan cada uno de estos problemas.

### 5.3.1 Problemas en la Operación del Riego

#### 5.3.1.1 *Mantenimiento de Obras*

A partir del catastro de obras realizado para el canal Bellavista como parte de este proyecto, se identificaron las obras hidráulicas que se encontraban en estado deficiente. No se identificaron obras de cruce con necesidad de mejoramiento. No se identificaron obras de descarga con necesidad de mejoramiento.

Se identificaron 3 compuertas de riego/descarga en estado deficiente. Las principales deficiencias encontradas fueron:

- Sistema de funcionamiento de la compuerta en mal estado.
- Embancamiento de sedimentos en la entrada de la compuerta.
- Obstrucciones de vegetación en la entrada de la compuerta.

En la Tabla 5-1 se presenta el detalle de las compuertas identificadas en estado deficiente, junto con su ubicación respecto del kilometraje del canal, materialidad y descripción.

**Tabla 5-1: Detalle Compuertas en Estado Deficiente, Canal Bellavista**

N° Correlativo de Compuerta	KM Canal	Ubicación	Material	Descripción
11	39,214	Ribera Derecha	Hormigón, compuerta de acero.	Compuerta a canal lateral presumiblemente de desvío para limpieza en desuso.
15	42,443	Ribera Derecha	Hormigón, compuerta de acero.	Compuerta en desuso.
21	50,344	Ribera Derecha	Acero	Compuerta en desuso.

#### 5.3.1.2 *Obras faltantes*

Actualmente no existen sellos de fondo en el canal por lo que muchas de sus secciones no pueden ser re-perfiladas en su fondo tras un proceso de limpieza.

#### 5.3.1.3 *Capacidad Hidráulica*

Los resultados del eje hidráulico en el canal Bellavista se indican en capítulo anterior de análisis hidráulico.

#### 5.3.1.4 *Manejo de vegetación acuática*

La alta abundancia y densidad de la vegetación acuática y algas en los canales de riego, implica efectos negativos en la operación de éstos, afectando las propiedades hidráulicas del canal, con lo cual se disminuye la velocidad del flujo por un aumento en la rugosidad del canal, disminuye la profundidad y ancho de éste, con la consiguiente disminución del caudal que puede conducir el canal. Esto se observa a lo largo de todo el canal Bellavista.

### 5.3.1.5 Reducción de Perdidas

Los problemas identificados respecto a este ítem se han entregado en capítulo 3.

### 5.3.1.6 Sistema de Aforo Caudales

Actualmente solo se tiene un aforador en el canal, lo cual no permite un manejo óptimo en la operación a lo largo de su recorrido.

**Tabla 5-2 Diagnóstico sistema de aforos en canal Bellavista**

Lugar Aforador		Diagnóstico	Solución
Norte (m)	Este (m)		
6.680.303,02	306.356,97	Mal Calibrado	Calibrar

### 5.3.2 Problemas en la Seguridad Física

En cuanto a la seguridad física del canal se han identificado los siguientes problemas:

- **Inestabilidad de taludes** por roedores (cururos)
- **Deslizamientos** por debilitamiento en talud debido a precipitaciones intensas
- **Estabilidad pretil** Quebrada Arrayán, ubicada en el KM 2,305.
- **Estabilidad de portales** de túneles
- **Estabilidad interior de túneles** Las Rojas y Los Burros
- **Inestabilidad en cruces de quebradas.** De la Memoria de Cálculo Capacidad Hidráulica canal Bellavista, se concluye que de las quebradas aportantes al canal, sólo la quebrada el Arrayán (ubicada en el KM 2,305) requiere obra de cruce, debido a los altos caudales aportantes y de esta manera no comprometer la estabilidad física del canal.

En la Tabla 5-3 se presentan los problemas en la seguridad física del canal antes mencionados con el respectivo kilometraje de inicio y fin asociado a cada uno de ellos.

**Tabla 5-3: Problemas en la Seguridad Física por Kilometraje de Canal Bellavista**

Problema	Km Inicio	Km Fin
Inestabilidad de taludes por roedores	3,953	4,945
Inestabilidad de taludes por roedores	7,639	8,185
Inestabilidad de taludes por roedores	8,438	8,984
Inestabilidad de taludes por roedores	9,081	10,689
Inestabilidad de taludes por roedores	11,231	11,411
Inestabilidad de taludes por roedores	12,013	12,537
Inestabilidad de taludes por roedores	12,762	13,130
Inestabilidad de taludes por roedores	14,724	15,560
Deslizamiento talud por lluvia	16,520	16,628

Problema	Km Inicio	Km Fin
Deslizamiento talud por lluvia	17,822	17,849
Inestabilidad de taludes por roedores	37,130	38,385
Inestabilidad de taludes por roedores	38,888	39,166
Túnel 1 Las Rojas (*)	10,905	11,216
Túnel 2 Porvenir (*)	15,567	16,520
Túnel 3 Los Burros (*)	16,969	17,064
Túnel 4 - 8 Quilacán (*)	18,542	18,875
Túnel 9 El Membrillo (*)	18,994	19,355
Túnel 10 La Cachina(*)	19,474	19,886

Nota (\*) En el caso de los Túneles el Km inicio corresponde a la ubicación del portal de entrada y el Km fin corresponde al portal de salida del túnel.

**Figura 5-1: Ubicación Problemas Geotécnicos**

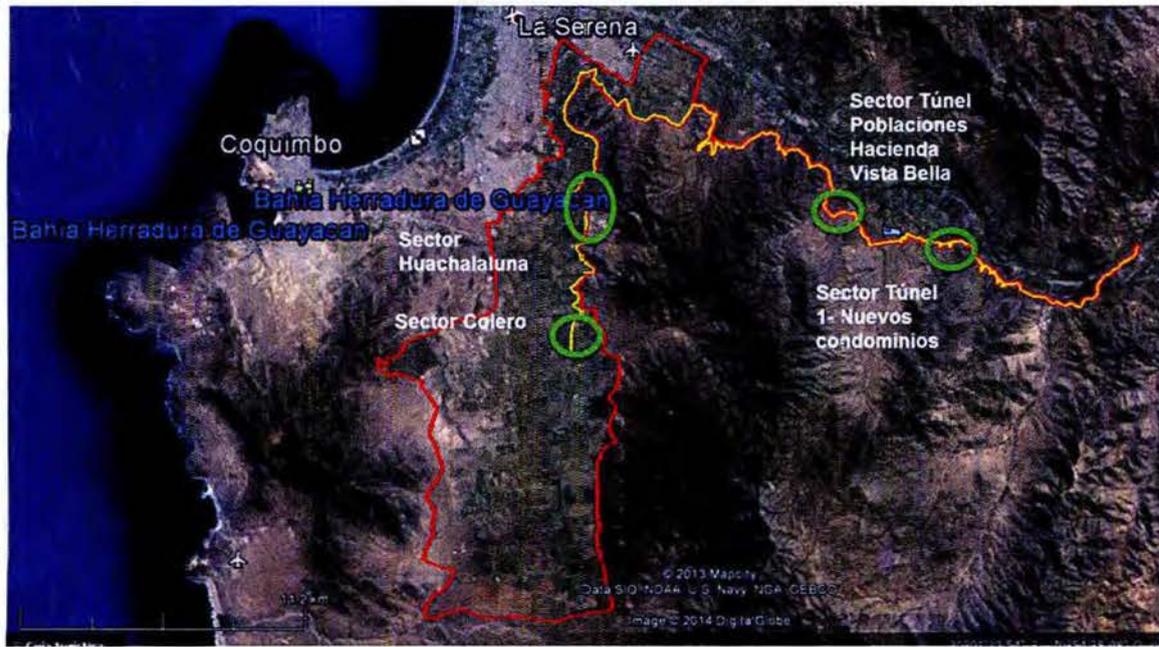


### 5.3.3 Otros Problemas

En el recorrido extenso del canal se han observado diversas extracciones ilegales, como uso de mangueras o camiones aljibe en los km 10 al 20 (sector frente al aeropuerto donde existen nuevos condominios) y sector último de la Cárcel, Santa Ana y El Carmen.

Cabe destacar, que en el sector Colero se visualizaron pozos de regantes que presumiblemente estarían infiltrando el recurso del canal.

Figura 5-2: Ubicación Extracciones en el Canal



#### 5.4 PROPOSICIÓN ALTERNATIVAS DE OBRAS

Dados los antecedentes expuestos se proponen las siguientes alternativas de obras, manteniendo el foco en 2 elementos esenciales:

- Operación de Riego.
- Seguridad Física del Canal.

**Tabla 5-4 Alternativas de Obras – Operación de Riego**

Clasificación		Alternativa de mejoramiento
Mantenión de obras	Mantenión obras	S1_Mantenición
	Mantenición Compuertas	S1 - Mantenición de la compuerta
	Sellos de fondo	S1 - Implementación de sellos de fondo (cada 100 m en tramos rectos o cada 20 m en curvaturas) para reestablecer la pendiente longitudinal del canal
Sistema control de caudales	Control de las entregas	S1 - Calibración de la curva de descarga de las compuertas, recomendaciones de medición
	Sistema de medición manual	S1- Implementación y/o mejoramiento de estructuras hidráulicas que permitan medir manualmente los caudales en el canal matriz
	Sistema medición remoto	S2- Implementación y/o mejoramiento de estructuras hidráulicas, en conjunto con equipamiento para medir en forma remota los caudales en el canal matriz
Capacidad hidráulica	Operación normal	S1 - Peralte del canal S2 - Ensanche del canal
	Operación en crecida	S1 - Peralte del canal S2 - Ensanche del canal
	Secciones restrictivas por presencia de algas	S1 - Introducción de peces al ecosistema S2 - Adición de productos químicos S3 - Recubrimiento o revestimiento del canal S4 - Limpieza
Reducción de pérdidas por infiltración	Revestimientos	S1 - Revestimiento (distintos materiales, mampostería, hormigón) S2 - Entubamiento

**Tabla 5-5 Alternativas de Obras – Seguridad Física del Canal**

Clasificación		Alternativa de mejoramiento
Inestabilidad Geotécnica	Inestabilidad de Taludes por Roedores	S1-Revestimiento
	Revestimiento Portales Túneles	S1- Mejoramiento portales mediante shotcrete
	Revestimiento Interior Túneles Rojas y Los Barros	S1- Malla Electro soldada
Cruce de quebradas		S1 - Canoa S2 - Alcantarilla S3 - Nueva Compuerta Descarga

## 5.5 SITUACIÓN AMBIENTAL

Dada la naturaleza del proyecto y las características de su área de inserción, el diagnóstico preliminar se realizó identificando cada uno de los elementos del medio ambiente. A continuación en la **Tabla 5-6** se presenta la relación del Proyecto y los elementos ambientales analizados.

**Tabla 5-6: Relación del Proyecto y elementos ambientales**

Información levantada	Tipo	Relación Proyecto	Diagnóstico
Antecedentes Ambientales	Áreas Protegidas	No hay relación con el Proyecto. El Proyecto no interviene con este tipo de áreas.	No se estima alteración de este elemento ambiental
	Sitios Prioritarios	No hay relación con el Proyecto. El Proyecto no interviene con este tipo de áreas	No se estima alteración de este elemento ambiental
	Humedales de Importancia Internacional RAMSAR	No hay relación con el Proyecto. El Proyecto no interviene con este tipo de áreas	No se estima alteración de este elemento ambiental
	Áreas de Desarrollo Indígena	No hay relación con el Proyecto. El Proyecto no interviene con este tipo de áreas	N No se estima alteración de este elemento ambiental o hay impactos
	Instrumento de Planificación Territorial	Una parte del área del Proyecto se encuentra inserta dentro del Plan Regulador Comunal de La Serena. Sin embargo es compatible con los usos de suelo normados.	No se estima alteración de este elemento ambiental
	Otros Proyectos	No hay relación con el Proyecto. El Proyecto no interviene con este tipo de áreas	No se estima alteración de este elemento ambiental
Componentes Ambientales Principales	Flora y Vegetación Terrestre	Identificación de dos (2) áreas singulares, en las cuales se encuentran formaciones vegetacionales correspondiente a matorral arborescente abierto, que corresponden a bosque.	Pérdida de superficie de bosque.
	Fauna Terrestre	Identificación de dos (2) áreas sensibles, en las cuales se dan las condiciones adecuadas para la presencia de especies de reptiles.	Alteración en el desplazamiento de especies de baja movilidad.
	Turismo	Se identifica el evento programado celebración día del Fiesta de la Virgen del Rosario de Algarrobito, de la localidad de Algarrobito que se celebra el último domingo del mes de Octubre se podría ver afectado por las obras y/o actividades del Proyecto, puesto que comparten el uso de la ruta D-25.	Alteración en el desplazamiento de personas para el evento programado en la localidad de Algarrobito.
	Paisaje	Paisaje intervenido por la acción antrópica y poca visibilidad desde el punto del observador hacia el	No se estima alteración de este componente ambiental

Información levantada	Tipo	Relación Proyecto	Diagnóstico
		Proyecto.	
	Patrimonio Arqueológico	Falta información para realizar el diagnóstico	Falta información para realizar el diagnóstico

El canal Bellavista se alimenta del río Elqui, recorriendo el valle de Este a Oeste, aproximadamente a partir del Km. 28 de la Ruta Internacional CH-41, y paralelo a la misma, desviándose en el sector Oriente de la Serena hacia el Sur, hasta el sector Oriente de Coquimbo. En todo el tramo, el canal recorre sectores de mediana y gran agricultura, plantaciones forestales y sectores de viviendas dispersas. Las localidades cercanas al área del Proyecto corresponden a Altovasol, Algarrobito y Marquesa.

En general, de acuerdo a los antecedentes levantados y la caracterización de componentes principales, estas áreas no presentan componentes ambientales especialmente sensibles que impongan altas limitaciones a la materialización del Proyecto.

## 6 DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DEL CANAL MATRIZ

En este capítulo se desarrollan los diseños de las diferentes alternativas de obras que permitan solucionar los problemas asociados a captación, conducción y distribución del recurso.

Esto es abordado en cinco temas y sus Anexos correspondientes:

1. Anexo 15.1 Memoria de cálculo mantención de obras Canal Bellavista.
2. Anexo 15.3 Memoria de cálculo Capacidad Hidráulica Canal Bellavista.
3. Anexo 15.4 Memoria de cálculo Reducción de Pérdidas Canal Bellavista.
4. Anexo 15.5 Memoria de cálculo Seguridad Física Canal Bellavista.
5. Anexo 15.6 Memoria de cálculo Cruce de Quebradas Canal Bellavista.

### 6.1 MANTENCIÓN DE OBRAS

A partir del catastro de obras realizado para el canal Bellavista como parte de este proyecto, se identificaron las obras hidráulicas que se encontraban en estado deficiente según la siguiente categorización:

**Tabla 6-1. Clasificación de las obras existentes en el canal Bellavista según estado de conservación y operatividad**

<b>Obras de cruce: puentes, canoas, sifones</b>	
Deficiente	Obra inestable estructuralmente: hormigón en mal estado, madera descompuesta
Regular	Obra opera correctamente, sin embargo podría presentar problemas de estabilidad en el corto plazo
Bueno	Obra estable estructuralmente
<b>Obras de descarga o distribución: vertedero, marco partidor</b>	
Deficiente	Obra en mal estado u obstruida, no opera correctamente
Regular	Obra en mal estado u obstruida, podría operar con errores
Bueno	Obra opera correctamente
<b>Obras de entrega: compuertas</b>	
Deficiente	Mal estado induce a infiltraciones por mal sellado, oxidación de la hoja, o capacidad (mampostería lateral insuficiente)
Regular	Compuerta con baja mantención (sin grasa) e interferencias como ramas, sedimentos o vegetación
Bueno	Operando sin generar infiltraciones, mantención de la compuerta con grasa

No se identificaron obras de cruce con necesidad de mejoramiento. No se identificaron obras de descarga con necesidad de mejoramiento.

### 6.1.1 Compuertas

Se identificaron 3 compuertas de riego/descarga en estado deficiente. Las principales deficiencias encontradas fueron:

- Sistema de funcionamiento de la compuerta en mal estado.
- Embancamiento de sedimentos en la entrada de la compuerta.
- Obstrucciones de vegetación en la entrada de la compuerta.

En las siguientes fotografías se representan los principales problemas de las compuertas en estado deficiente: Compuertas CP11, CP15 y CP21 según la nomenclatura del catastro realizado.

**Fotografía 6-1 Compuerta CP11 con sistema de funcionamiento en mal estado**



**Fotografía 6-2 Compuerta CP15 con embancamiento y vegetación**



**Fotografía 6-3 Compuerta CP21 con embancamiento y vegetación**



### 6.1.2 Obras faltantes

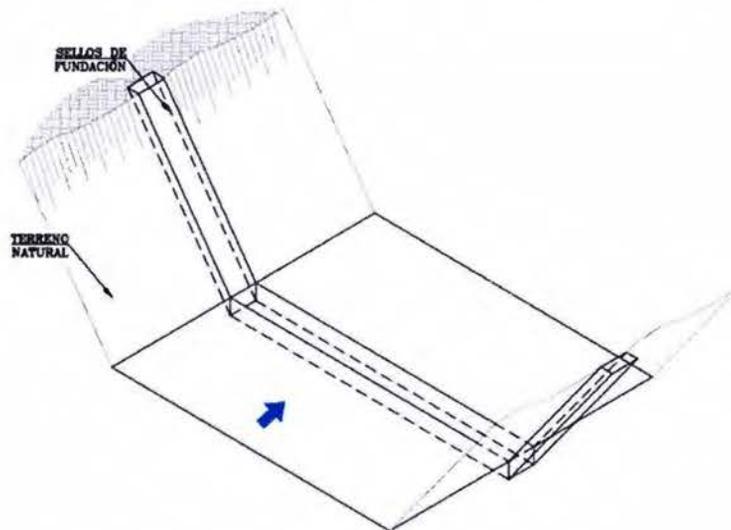
Actualmente no existen sellos de fondo en el canal por lo que muchas de sus secciones no pueden ser re-perfiladas en su fondo tras un proceso de limpieza.

Como medida de mantención de obras, para definir la geometría del cauce, se decidió incorporar al canal sellos de fondo cada 500 m en lugares donde el canal no cuenta con revestimiento de mampostería u hormigón. Con ello, luego de eventos de crecidas importantes, labores de limpieza y mantenimiento, se podrán reestablecer las cotas de fondo y taludes para el cual el canal fue diseñado.

En el canal Bellavista se calculó una cantidad de 102 sellos de fondo para cumplir con los criterios mencionados.

En la Figura 6-1 se presenta un esquema de la implementación de los sellos de fondo para el canal.

Figura 6-1 Esquema de los sellos de fondo



### 6.1.3 Diseño obras de mejoramiento

En Anexo Diseño Mantención de Obras, se detallan los diseños y mejoramientos de cada uno del ítem anteriores.

## 6.2 CAPACIDAD HIDRÁULICA

Los análisis de capacidad hidráulica se han realizado en el capítulo análisis hidráulico indicado anteriormente.

### 6.2.1 Manejo de vegetación acuática

La alta abundancia y densidad de la vegetación acuática y algas en los canales de riego, implica efectos negativos en la operación de éstos, afectando las propiedades hidráulicas del canal, con lo cual se disminuye la velocidad del flujo por un aumento en la rugosidad del canal, disminuye la profundidad y ancho de éste, con la consiguiente disminución del caudal que puede conducir el canal.

**Fotografía 6-4: Vegetación acuática en el canal Bellavista**



Existe una amplia variedad de factores ambientales que afectan la ocurrencia, prevalencia y abundancia de las plantas acuáticas y algas. Estos factores varían en su efecto a nivel individual o poblacional de las plantas, lo que influirá en la abundancia relativa, densidad, forma de crecimiento (altura, extensión), metabolismo, reproducción y regeneración.

Existen muchas técnicas empleadas para la eliminación de la vegetación acuática de los canales de riego; no obstante, la decisión sobre el uso de una técnica en particular en el manejo de las plantas acuáticas, no se basa exclusivamente en la economía y la eficacia, más bien por la necesidad de minimizar el impacto potencial de la medida, a especies no objetivo o lugares fuera del canal de riego.

Para el control de la vegetación acuática se ha empleado generalmente una variedad de técnicas, las cuales se agrupan en técnicas químicas, físicas, biológicas, y de manipulación del medio ambiente. A continuación se presenta un resumen de las medidas empleadas en canales de riego.

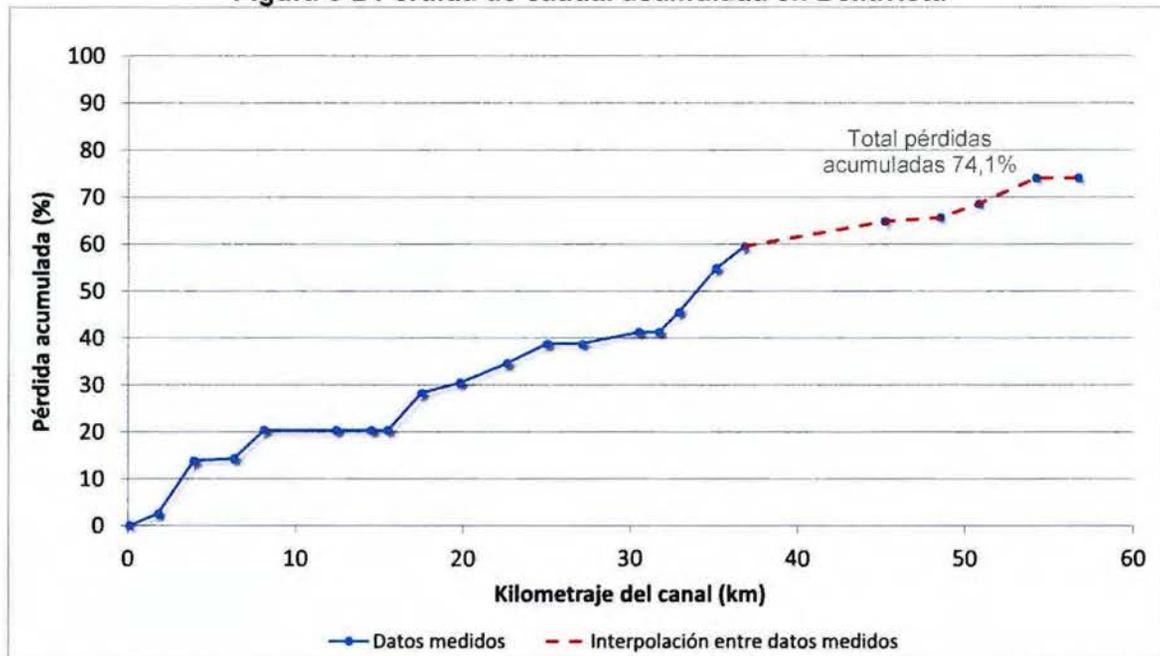
Como conclusión, se puede inferir que el empleo de cualquier herbicida en el control de la vegetación acuática debe ser evaluado con mayor detalle, debido al riesgo potencial que puedan presentar tanto a la fauna, riego o salud de la población, respecto a las otras mediadas señaladas en el documento. Es por este motivo, que se recomienda continuar con el control físico del canal mediante procesos de limpieza periódica, como mínimo 2 veces al año dada la abundante vegetación acuática en el canal.

### 6.3 REDUCCION DE PÉRDIDAS

El canal Bellavista presenta un caudal de derecho en bocatoma de 3677 L/s, el cual va disminuyendo en la medida que se extraen los caudales para regadío.

De la información desarrollada como parte de este proyecto, se cuenta con la campaña de aforos del canal Bellavista, donde se rescata el porcentaje de pérdidas de caudal en los tramos medidos. La Figura 6-2 muestra los resultados de las pérdidas acumuladas de caudal a lo largo del canal. Es importante señalar que las pérdidas en el canal corresponden a tramos relativamente puntuales, sin una tendencia preferencial.

**Figura 6-2 Pérdida de caudal acumulada en Bellavista**



De los tramos aforados en el canal, la mayoría de los tramos no cuentan con obras de revestimiento. Según el catastro en terreno, los tramos en tierra representan el 95% del canal, y un 90% sin considerar los túneles existentes.

El criterio adoptado para optimizar la reducción de pérdidas por infiltración corresponde a un análisis de costos del revestimiento, según distintas cantidades de longitud mejorada.

Para lograr lo anterior, es necesario generar un ordenamiento por sector, con el propósito de identificar los lugares donde existan mayores pérdidas de caudal y luego estimar una curva de optimización del recurso en función de la longitud revestida. De esta forma, se tendrá un ordenamiento de los lugares donde es más óptimo revestir.

Conocida la curva de “Optimización vs Longitud Revestida”, se realiza un análisis de costos. Entre las alternativas de mejoramiento del canal a objeto de disminuir las pérdidas por infiltración, se han evaluado 6 alternativas de revestimiento: hormigón, mantas de hormigón, shotcrete, mampostería y geomembrana; en entubamiento: con tubería de HPDE en escurrimiento libre.

El análisis de costos se realiza bajo un escenario preliminar de 12 kilómetros efectivos de revestimientos, en los sectores más críticos, excluyendo los tramos con obras de mejora ya existentes. Se estimará el valor de caudal optimizado y también se estimará un costo final, esto con el objetivo de dar un contraste entre las soluciones, y decidir la opción económicamente viable.

La Figura 6-3 resumen la metodología de evaluación.

**Figura 6-3 Metodología de evaluación de obras de mejoras**

Identificación tramos con mayores pérdidas de infiltración



Se efectuó un reordenamiento de los sectores donde se realizaron los aforos, a modo de identificar las zonas críticas con mayores pérdidas unitarias. Para estimar la pérdida de caudal, se estima el caudal pasante en base a los derechos de aprovechamiento indicados en la Tabla 2-1.

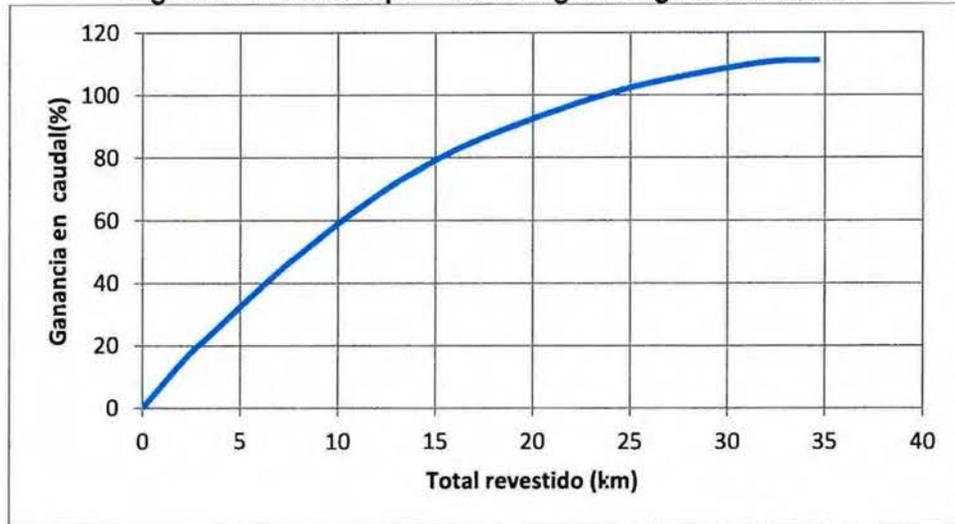
La Tabla 6-2 muestra el ordenamiento en función de las mayores pérdidas unitarias de caudal.

**Tabla 6-2 Rendimientos por tramos canal Bellavista**

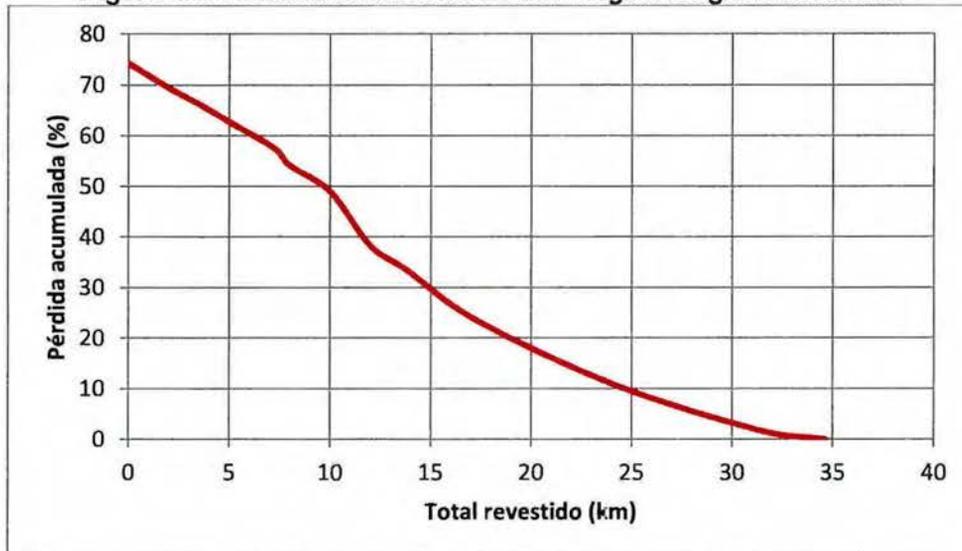
km inicio	km fin	Longitud	Pérdida unitaria	Pérdida tramo	Pérdida Acumulada	Caudal pasante	Caudal perdido	Pérdida unitaria de caudal
(km)	(km)	(km)	(%/km)	(%)	(%)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(L/s/km)
32,9	35,1	2,2	7,69	16,91	54,80	3,510	0,59	269,785
31,7	32,9	1,2	6,12	7,34	45,60	3,630	0,27	222,171
35,1	36,8	1,7	6,17	10,49	59,54	3,439	0,36	212,270
1,79	3,9	2,11	5,48	11,56	13,80	3,677	0,43	201,436
50	50,8	0,8	8,47	7,58	68,62	2,093	0,16	198,173
15,5	17,5	2	4,99	9,99	28,29	3,677	0,37	183,659
52,2	54,2	2	8,72	17,44	74,09	1,941	0,34	169,241
6,3	8,1	1,8	3,93	7,08	20,33	3,677	0,26	144,660
41,7	45,2	3,5	3,75	13,14	64,86	3,035	0,40	113,899
22,6	25	2,4	2,66	6,38	38,76	3,677	0,23	97,670
19,8	22,6	2,8	2,14	5,99	34,59	3,677	0,22	78,700
0,1	1,79	1,69	1,50	2,53	2,53	3,677	0,09	55,106
17,5	19,8	2,3	1,29	2,96	30,42	3,677	0,11	47,396
27,1	30,5	3,4	1,22	4,13	41,29	3,630	0,15	44,131
47	48,5	1,5	1,54	2,31	65,67	2,656	0,06	40,830
49,2	50	0,8	1,40	1,12	66,05	2,561	0,03	35,965
3,9	6,3	2,4	0,22	0,53	14,26	3,677	0,02	8,175
12,4	14,5	2,1	0,00	0,00	20,33	3,677	0,00	0,000
14,5	15,5	1	0,00	0,00	20,33	3,677	0,00	0,000
25	27,1	2,1	0,00	0,00	38,76	3,677	0,00	0,000
30,5	31,7	1,2	0,00	0,00	41,29	3,630	0,00	0,000

Identificados los puntos más críticos, se estima el porcentaje de optimización del derecho, calculado como el caudal optimizado sobre el caudal de derecho total del canal, en función de la cantidad revestida del canal. La Figura 6-4 muestra la curva que da cuenta de estos resultados, mientras la Figura 6-5 muestra la disminución de las pérdidas unitarias de caudal a medida que se aumenta la longitud revestida.

**Figura 6-4 Caudal optimizado según longitud revestida**

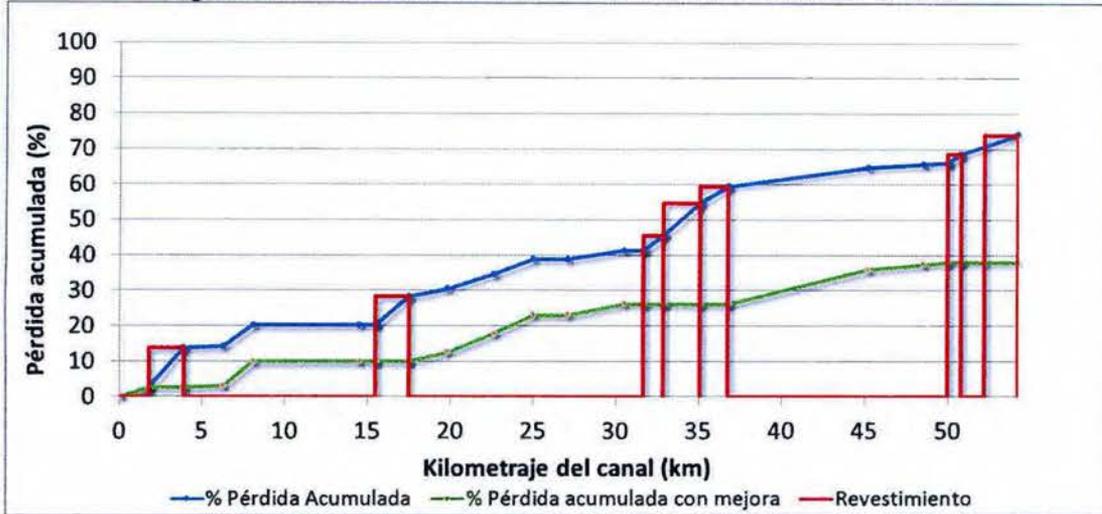


**Figura 6-5 Pérdida unitaria de caudal según longitud revestida**



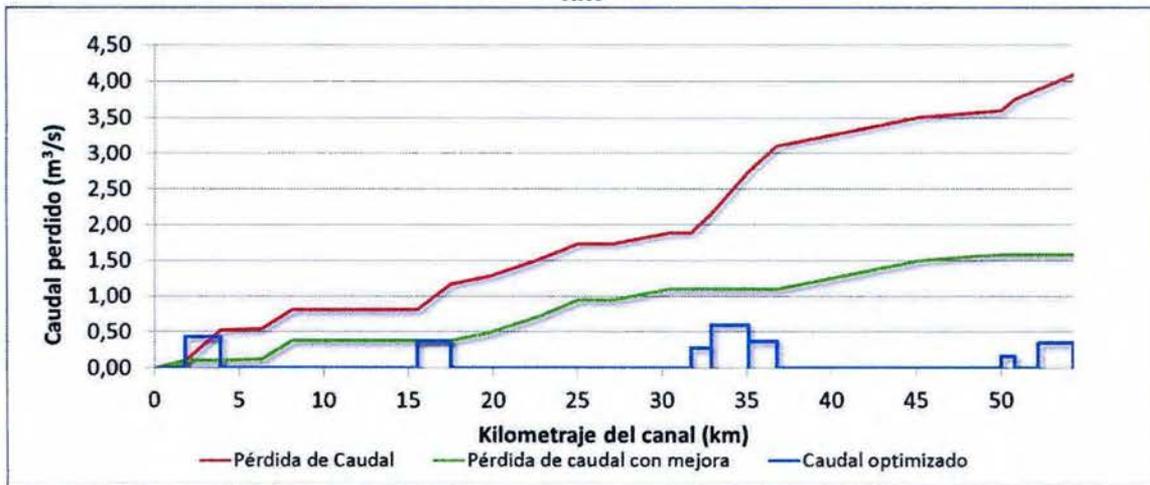
Bajo un revestimiento de 12 km, aproximadamente se tiene un 68% de caudal optimizado. Descartando los sitios con mejoras ya existentes esta cifra no cambia, debido a que la longitud cambia a 11,7 km. Los lugares afectados a revestimiento según esta metodología corresponden a 7 sectores críticos. La Figura 6-6 muestra un esquema de disminución de pérdidas en base a las secciones optimizadas. Como supuesto se ha considerado pérdidas nulas en las zonas donde se ha propuesto revestir.

Figura 6-6 Pérdida acumulada con revestimiento de 12 km



Con este esquema de mejoramiento, Se estima el caudal perdido con mejora, por lo cual es posible estimar el valor de "caudal optimizado", correspondiente al recurso no infiltrado debido la propuesta de mejoramiento.

Figura 6-7 Pérdida de caudal acumulada y caudal optimizado, con revestimiento de 12 km



A partir de lo anterior se desarrollaron los diseños de obras correspondientes, cuyo detalle se encuentra en Anexo Diseño – Reducción de Pérdidas.

## 6.4 SEGURIDAD FISICA

En la Tabla 6-3 se muestra un resumen con los problemas identificados y las alternativas de solución propuestas.

**Tabla 6-3: Resumen de Problemas y Soluciones propuestas**

Problema Reconocido	Solución Propuesta
Inestabilidad de taludes por roedores (cururos)	Revestimiento mediante mampostería
Deslizamientos por debilitamiento en talud debido a precipitaciones intensas	Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería
Estabilidad pretil Quebrada Arrayán	Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería
Estabilidad de portales de túneles	Revestimiento de los portales
Estabilidad interior de túneles Las Rojas y Los Burros	Revestimiento del interior.

En Anexo 14 Diseño Seguridad Física, se presentan en detalle los criterios y todas las alternativas consideradas.

## 6.5 CRUCE DE QUEBRADAS

En el análisis hidráulico del Canal Bellavista se modeló el funcionamiento del canal bajo condiciones de lluvias de 2 años de periodo de retorno, considerando los caudales aportantes por las quebradas laterales.

De la Memoria de Cálculo Capacidad Hidráulica canal Bellavista, se concluye que de las quebradas aportantes al canal, sólo la quebrada el Arrayán requiere obra de cruce, debido a los altos caudales aportantes y de esta manera no comprometer la estabilidad física del canal.

Los criterios tomados fueron:

- La obra de cruce fue diseñada para las condiciones hidráulicas asociadas a la crecida de 2 años de periodo de retorno.
- Las quebradas que actualmente presentan obras para el cruce de quebradas laterales no se considerarán en esta memoria, ya que son evaluadas en el anexo de mantención de obras del canal Bellavista.
- Los caudales aportantes que no son un riesgo para la integridad estructural del canal y que no generan daños para el normal funcionamiento de éste, no serán considerados dentro del presente estudio.

Cabe destacar, la quebrada El Arrayán que tiene un área aportante de 556 m<sup>2</sup>, un caudal de 30 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno 2 años y se encuentra a 1,1 km desde la bocatoma del canal.

Debido a las dimensiones del cauce de la quebrada, de 40 m de ancho, a la topografía y al caudal aportante por la quebrada, se determinó que la mejor solución para realizar el cruce de la quebrada corresponde a la construcción de un sifón enterrado.

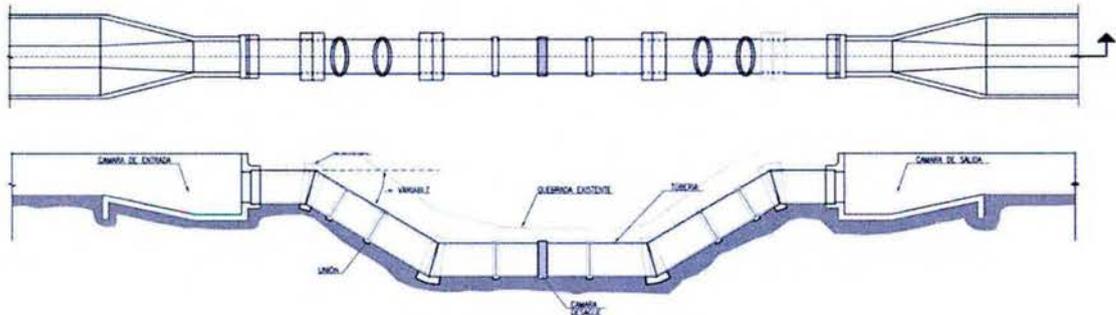
De la información disponible, se cuenta con las cota de comienzo y término del sifón proyectado. También se cuenta con el consumo de caudal de derecho que corresponde a 3,67 m<sup>3</sup>/s y que será utilizado como caudal de diseño para el sifón.

El sifón tipo se presenta en la Figura 6-8, obra que se compone principalmente de:

- Canal de aducción.
- Transición convergente tipo broken-back.
- Rejas de seguridad.
- Cámara de entrada.
- Tubería circular de acero.
- Cámara de salida.
- Transición divergente tipo broken-back.
- Canal de entrega.

Para mayor detalle de los diseños contemplados en cada una de las obras, revisar Anexo Diseño Cruces de Quebradas.

**Figura 6-8 Sifón tipo**



## 6.6 DISEÑO DE UN SISTEMA DE AFORO REMOTO DE CAUDALES

En este capítulo se desarrolla el diseño de las obras que permitan solucionar los problemas asociados al control del recurso, aspecto señalado como un requerimiento por parte de los usuarios del canal. Luego planteado el mejoramiento del sistema manual de aforos, se plantea y diseña el sistema de aforo remoto de caudales sobre estas obras. Esto es abordado en un único documento:

La Tabla 6-4 presenta el diagnóstico de la situación actual del sistema de registro de caudal en el canal Bellavista. Se propone efectuar una calibración al aforador manual, pues aunque se tiene el registro automático en la obra de toma, el aforador manual puede servir como medio verificador de este sistema.

**Tabla 6-4 Diagnóstico sistema de aforos en canal Bellavista**

Lugar Aforador		Diagnóstico	Solución
Norte (m)	Este (m)		
6.680.303,02	306.356,97	Mal Calibrado	Calibrar

Adicionalmente se propone la instalación de dos aforadores adicionales, con el objeto de optimizar el control y entrega, donde además se sabe que en algunos sectores existen extracciones ilegales del recurso, afectando la disponibilidad en los sectores aguas abajo del canal.

Luego, este nuevo sistema de registro de caudales servirá como medio de control del recurso ante las externalidades anteriormente mencionadas, al tener un registro de los caudales que deben estar pasando en ciertos tramos, para así identificar las zonas donde existan anomalías.

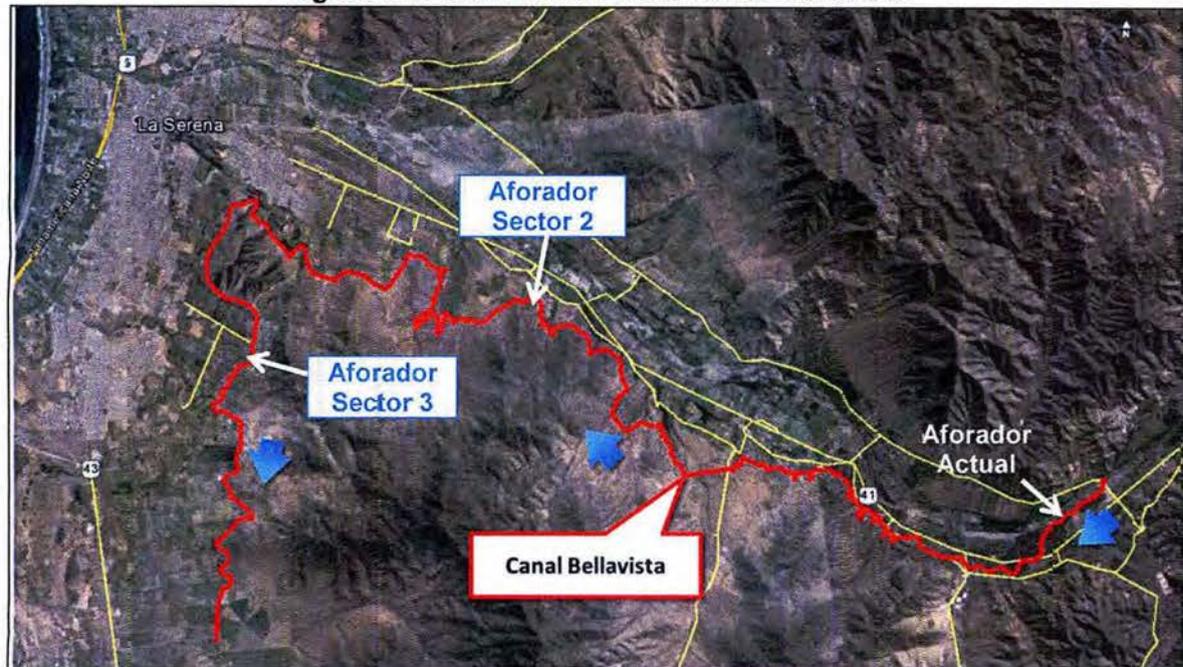
La ubicación de los dos aforadores propuestos, los que de ahora en adelante se llamarán Aforador "Sector 2" y Aforador "Sector 3", se basó en el criterio de que la obra mida el caudal en un sector equivalente a la mitad del total de compuertas del lugar, considerando también que la longitud de los sectores divididos sea similar. La Tabla 6-5 muestra el criterio de decisión mencionado anteriormente.

**Tabla 6-5 Criterio de selección – Ubicación de aforadores**

Aforador	Compuerta Aguas Abajo del Aforador	Número de compuertas que abarca	Longitud
			(m)
Sector 1 (Actual)	-	Bocatoma	-
Sector 2	6CP	11	25040
Sector 3	17CP	11	20365

En la Figura 6-9 se muestra el sistema de aforos actual y propuesto del canal.

Figura 6-9: Trazado en Planta Canal Bellavista



Aunque las canaletas Parshall a lo largo de los años han sido ampliamente utilizadas en muchos proyectos de riego, ya no se recomiendan generalmente a causa de las grandes implicancias de medir en flujo en base a un resalto ahogado, donde se sacrifica en precisión de medición, y además se requiere de dos puntos de medición, haciendo necesario el uso de dos pozos aquietadores, resultando en una obra más cara y difícil de operar.

Es por ello que la U.S. Bureau of Reclamation (USBR) recomienda el uso de aforadores de garganta larga o de tipo vertedero, que son fáciles de construir y operar, además de poder ser diseñadas al 90% del límite de sumergencia, con una sola medición aguas arriba de la obra (Ref. 4). Entre estos dos tipos, se descarta el de tipo vertedero, pues por lo general peraltan demasiado el flujo aguas arriba de la obra, aumentando las pérdidas de carga. Es por ello que el aforador seleccionado corresponde al de garganta larga.

Un aforador de garganta larga es básicamente una estructura que genera un control hidráulico sobre una grada o contracción del flujo, generando una crisis hidráulica en su garganta y peraltando el flujo aguas arriba de éste, provocando una zona de escurrimiento estable e independiente de las condiciones aguas arriba y aguas abajo de la obra, donde es posible colocar un limnógrafo o un único pozo aquietador conectado con un vaso comunicante, para registrar el nivel de la superficie libre. La Fotografía 6-5 muestra un aforador de garganta larga de sección rectangular.

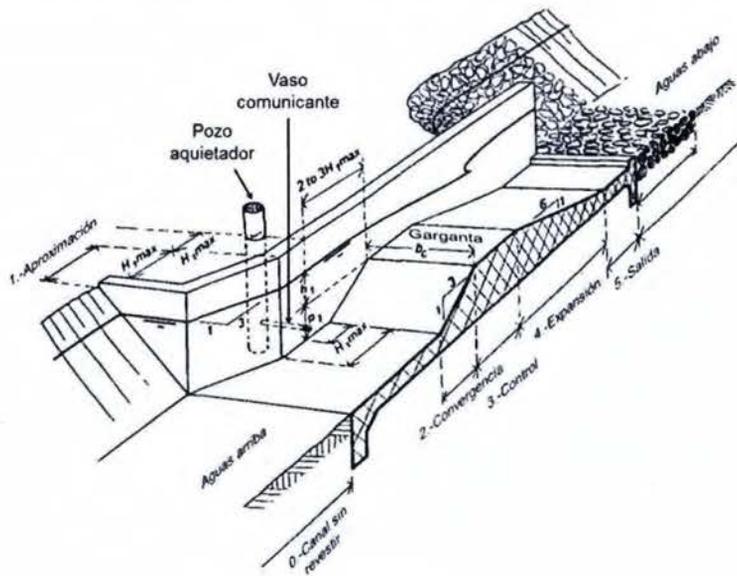
Fotografía 6-5 Aforador de sección de control rectangular



Fuente: Ref. 2

El aforador de garganta larga puede dividirse en 5 zonas: Aproximación, Transición de convergencia, Garganta o zona de control, Transición de Expansión, y Salida. La Figura 6-10 muestra un aforador de control rectangular, y su división por zonas.

Figura 6-10 Zonas características de un aforador de garganta larga



Fuente: Ref. 2

Los detalles del diseño se entregan en Anexo Aforo Remoto de Caudales.

## 6.7 ESTUDIO DE EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRES

Este tema es abordado en un único documento, el cual da cuenta del estudio de las posibles expropiaciones y servidumbres de las soluciones de mejoramiento propuestas por esta consultora. El nombre del documento es:

- Informe de Expropiaciones y Servidumbres Canal Bellavista

## 6.8 ANÁLISIS INTERFERENCIAS

Este tema es abordado en un único documento, el cual presenta el estudio de las posibles interferencias que puedan existir en el trazado de las soluciones de mejoramiento propuestas por esta consultora y otras obras civiles existentes. El nombre del documento es:

- Informe de Análisis de Interferencias Canal Bellavista

## 7 POTENCIAL HIDROELÉCTRICO

Para la condición más favorable, correspondiente a utilizar la totalidad del caudal de derechos para la generación sin considerar pérdidas por conducción, el tramo del canal con la generación máxima produce una potencia de 512,6 kW.

Con este caudal, y de acuerdo a los resultados presentados en Anexo Potencial Hidroeléctrico, la altura necesaria para obtener la potencia mínima de generación económicamente atractiva de 1.100 kW sería igual a 36,5 m, lo que representa aproximadamente un 30% del desnivel total del canal, es decir, se deberían destinar tramos de importancia del canal únicamente para satisfacer la producción hidroeléctrica.

A efectos prácticos y de acuerdo a lo anterior, para que un proyecto hidroeléctrico ubicado dentro del cauce del canal Bellavista sea económicamente atractivo, un gran porcentaje del mismo debería ser redestinado únicamente al fin de hidrogeneración, de manera de lograr la caída mínima necesaria, lo anterior sin mencionar la disponibilidad total del caudal por derecho sin considerar pérdidas por conducción del mismo, es decir, revistiendo la totalidad del canal desde su bocatoma hasta el punto donde se ubicaría la cámara de carga de la central.

Por lo anterior, y de acuerdo a los resultados obtenidos del presente documento, se concluye que el canal Bellavista no posee en su trazado longitudinal una caída lo suficientemente grande como para generar de forma práctica una potencia mínima que resulte económicamente atractiva para un proyecto hidroeléctrico.

Para mayor detalle, se adjunta Anexo 11: Potencial Hidroeléctrico.

## 8 SITUACIÓN AGROECONÓMICA

En Anexo 15 se realiza un detallado estudio agropecuario de las áreas de beneficio existente y potenciales del canal. Para ello se han generado diversos capítulos cuyos temas estudios principales se resumen a continuación:

- **Revisión de Antecedentes:** Los antecedentes de suelos del proyecto Mejoramiento del Canal, fueron obtenidos del Estudio Agrológico y de Capacidad de Uso de CIREN, IV Región, año 2005 y la descripción de los suelos que este contiene en la Publicación N°129. Este corresponde a la Actualización, Complementación y Homogeneización de los Estudios de Suelos regionales realizados por diferentes instituciones en la región.

De esta manera se utilizó como antecedente base el "Estudio Agrológico IV Región – Descripciones de Suelos – Materiales y Símbolos, Publicación N° 129 de 2005, CIREN.

Para la envolvente del área de estudio se reconoció la totalidad de los suelos presentes en ella, individualizando cada Serie de Suelos y sus variaciones, con sus

respectivas clasificaciones de Capacidad de Uso, Categoría de Riego, Aptitud Frutal, Clase de Drenaje, Aptitud Agrícola y Erosión.

- **Estudio de Clima, Calidad del Agua y general de Mercado**
- **Diagnóstico de la Situación Actual**
- **Situación Sin proyecto:** Previo a la caracterización agropecuaria futura o con proyecto, se efectúa la caracterización de la situación sin proyecto. Esta consiste en un mejoramiento de la situación actual con recursos que no superen el 5% de las inversiones efectuadas en la situación con proyecto.

La principal finalidad de la situación sin proyecto o base es la de servir de alternativa de referencia para la evaluación económica del proyecto. Por definición, la situación sin proyecto se plantea como un mejoramiento de las condiciones agropecuarias del área, sin la realización de obras de riego, sino sólo como resultado de un mejor manejo de los recursos existentes, lo que se consigue a través de la implementación de un programa de Capacitación y Asistencia Técnica, orientado principalmente a la adopción de habilidades y destrezas por parte de los agricultores y al conocimiento de las nuevas tecnologías aplicables en las labores agrícolas. En relación a las eficiencias de riego, éstas serán mejoradas en relación a las consideradas en situación actual.

- **Situación Con Proyecto** La situación futura o con proyecto tiene el objetivo de caracterizar los cambios y mejoras producidas con la implementación de obras civiles, específicamente con el mejoramiento integral del Canal. Con la ejecución de las obras señaladas es de esperar un incremento en la seguridad de riego y en la superficie regada.

Se presentan un conjunto de criterios, los cuales están enfocados a regar el máximo de superficie de acuerdo a la capacidad del canal, derechos y superficie disponible. Posteriormente, en la determinación de los flujos agronómicos, se procede a ajustar la superficie, tanto actual como futura, que realmente es factible de regarse en un año con 85% de excedencia.

El Predio Promedio, al igual que en situación actual y sin proyecto, corresponde a la unidad de análisis y de trabajo del presente proyecto. Lo anterior se realizó mediante una expansión directa a través de la aplicación porcentual de la estructura productiva de ellos sobre la superficie total de cada estrato de tamaño a expandir. Posteriormente, mediante la suma de las expansiones se obtuvo el uso del suelo para cada estrato y para el total del área.

Dentro de la situación con proyecto, se determinaron los gastos indirectos por Predio Promedio y se elaboraron las fichas o estándares productivos y económicos, con los cuales se realizará la evaluación económica, la expansión de los respectivos ingresos brutos, costos directos y márgenes brutos por predio expandido y con la suma de

ellos se obtuvo el valor para el total de cada sector. Se llevó a cabo el cálculo de las demandas de agua para el área del presente estudio.

Finalmente, se presentan las inversiones y el programa de asistencia técnica necesaria para lograr las metas planteadas en el presente estudio.

- **Análisis Financiero:** El análisis de producción y márgenes netos de los Predios Promedio en el paso de la situación actual a sin proyecto y de actual a futura o con proyecto
- **Disposición de Pago:** El objetivo de esta parte del estudio fue analizar la forma en que se modifica el ingreso neto de los agricultores de la zona de influencia del estudio si se construyen las obras previstas en el proyecto.
- **Estudio del Empleo.** Requerimientos de mano de obra según rubros productivos.

## 9 PRESUPUESTO MEJORAMIENTOS

### 9.1.1 Precios Unitarios

Las bases utilizadas para la estimación de precios unitarios son las siguientes:

- **Fecha base de la estimación** Julio 2015.
- **Tasa de Cambio Dólar:** 1 Dólar = 570,51 CLP
- **Valor UF** = 25.086,58 CLP, fecha 31 julio 2015
- **Costos Indirectos** = 30 %

Los precios unitarios considerados corresponden a costos directos de construcción los que incluyen:

- Costos de mano de obra: se utilizó la mejor información disponible de proyectos similares recientes.
- Materiales principales: se usó cotizaciones referenciales recientes.
- Maquinaria y Equipos de apoyo a la construcción: se utilizó costos unitarios actualizados de obras similares.

Se usó como referencia para desarrollar los costos unitarios de las obras, los siguientes proyectos de la DOH:

- Canal Las Palmas ; Mejoramientos Canales Quebrada Arrayan; Embalse Petorca;
- Varios de estos costos actualizados sirvieron de base para desarrollar los presupuestos de estos mejoramientos.

Para la estimación del costo total de mejoramientos, se consideró un costo indirecto del 30%, el cual incluye:

- Mano de Obra Indirecta (Supervisión superior)
- Viajes (fletes, etc.)
- Camionetas, buses, minibuses.
- Comunicaciones.
- Computadores.
- Campamento y alimentación.
- Gastos generales de la Obra.
- Gastos oficina central, financieros y utilidades.

Para mayor detalle del análisis de Precios Unitarios desarrollado, se presenta en Anexo 16.4 de este informe.

## 9.1.2 Presupuesto

Las obras de mejoramiento propuestas se estima que se requieren los siguientes montos de inversión para un revestimiento de 12 km. La Tabla 9-1 da cuenta de tales estimaciones.

**Tabla 9-1: Costos de mejoramiento del canal Bellavista**

	Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario \$	Costo Total \$
<b>1</b>	<b>OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO</b>					<b>2,078,370,944</b>
<b>1.1</b>	<b>MANTENCIÓN DE OBRAS</b>					<b>211,271,154</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Mantención compuertas</b>					<b>1,130,000</b>
	Reemplazo componentes compuerta 5,0x1,60 m	un	1	1	450,000	450,000
	Reemplazo componentes compuerta 5,0x1,60 m	un	1	1	450,000	450,000
	Reemplazo componentes compuerta 0,5x1,40 m	un	1	1	230,000	230,000
<b>1.1.2</b>	<b>Sellos de fondo</b>					<b>7,807,567</b>
	Excavación Abierta Material Común	m <sup>3</sup>	34	37	4,013	148,585
	Hormigón H-25	m <sup>3</sup>	31	34	175,185	5,856,713
	Enfierradura	kg	1530	1,683	1,047	1,762,269
<b>1.1.3</b>	<b>Reperfilamiento</b>					<b>202,333,586</b>
	Excavación abierta mat. Común	m <sup>3</sup>	17886	19,675	4,013	78,954,170
	Retiro Excedentes	m <sup>3</sup>	17886	19,675	6,271	123,379,417
<b>1.2</b>	<b>SISTEMA CONTROL DE CAUDALES</b>					<b>17,964,660</b>
<b>1.2.1</b>	<b>Sistema de medición manual</b>					<b>5,075,278</b>
	<b>Aforador rectangular Sector 2</b>					<b>2,348,615</b>
	Excavación Abierta Mat. Común	m <sup>3</sup>	12.8	15	4,013	61,447
	Mampostería de piedra	m <sup>2</sup>	3.2	4	21,542	82,721
	Hormigón H-25	m <sup>3</sup>	8.8	9	175,185	1,549,688
	Emplantillado H-5	m <sup>3</sup>	0.9	1.0	119,892	125,311
	Enfierradura	kg	442.3	487	1,047	509,447
	Regla limnimétrica	un	1	1	20,000	20,000
	<b>Aforador rectangular Sector 3</b>					<b>2,726,663</b>
	Excavación Abierta Mat. Común	m <sup>3</sup>	9.1	11	4,013	43,687
	Mampostería de piedra	m <sup>2</sup>	2.7	3	21,542	69,796
	Hormigón H-25	m <sup>3</sup>	10.6	11	175,185	1,849,285
	Emplantillado H-5	m <sup>3</sup>	0.9	1.1	119,892	135,958
	Enfierradura	kg	527.8	581	1,047	607,937
	Regla limnimétrica	un	1	1	20,000	20,000
<b>1.2.2</b>	<b>Sistema de medición remoto</b>					<b>12,889,382</b>
	<b>Sistema remoto</b>					<b>12,687,066</b>
	Nodo Dropflow	un	2	2	1,093,955	2,187,910
	Módulo COMs GPRS	un	2	2		1,108,542

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario \$	Costo Total \$
						554,271	
	Tarjeta Exp. 4.-20mA	un	2	1.0	2	78,765	157,530
	Kit de Energía Solar 22W	un	2	1.0	2	554,271	1,108,542
	Sensor Ultrasonido 4.-20mA	un	2	1.0	2	641,787	1,283,574
	Estructura de Montaje Sensores - Motores	un	2	1.0	2	182,326	364,652
	Estructura de Montaje Nodo con Panel	un	2	1.0	2	554,271	1,108,542
	Instalación y puesta en operación Nodo	un	2	1.0	7	583,432	4,084,024
	Cerco perimetral protección equipos	kg	250	1.0	250	5,135	1,283,750
	<b>Fosa Límnimétrica Sector 2</b>						<b>104,528</b>
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	1.37	1.2	1.64	4,013	6,599
	Hormigón H-25	m³	0.39	1.0	0.39	175,185	68,585
	Emplantillado H-5	m³	0.05	1.2	0.06	119,892	6,798
	Enfierradura	kg	19.58	1.1	21.53	1,047	22,547
	<b>Fosa Límnimétrica Sector 3</b>						<b>97,788</b>
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	1.28	1.2	1.53	4,013	6,144
	Hormigón H-25	m³	0.36	1.0	0.36	175,185	63,855
	Emplantillado H-5	m³	0.05	1.2	0.06	119,892	6,798
	Enfierradura	kg	18.23	1.1	20.05	1,047	20,992
<b>1.3</b>	<b>REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN</b>						<b>1,849,135,131</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Revestimientos</b>						<b>1,849,135,131</b>
	Mampostería de piedra	m2	75232	1.1	82,755	21,542	1,782,715,689
	Excavación abierta mat. Común	m³	15046	1.1	16,551	4,013	66,419,442
<b>2</b>	<b>MEJORAR LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CANAL</b>						<b>367,643,713</b>
<b>2.1</b>	<b>INESTABILIDAD DE TALUDES POR ROEDORES (CURUROS)</b>						<b>137,722,314</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Revestimiento mediante mampostería</b>						<b>137,722,314</b>
	Mampostería de piedra	m2	5812	1.1	6,393	21,542	137,722,314
<b>2.2</b>	<b>DESPLAZAMIENTOS POR DEBILITAMIENTO EN TALUD DEBIDO A PRECIPITACIONES INTENSAS</b>						<b>51,159,368</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Revestimiento mediante mampostería + Cubierta canal con loseta Hormigón</b>						<b>51,159,368</b>
	Mampostería de piedra	m2	969	1.1	1,066	21,542	22,961,618
	Losa prefabricada	m²	750	1.1	825	24,500	20,212,500
	Relleno simple para protección	m³	500	1.3	650	12,285	7,985,250
<b>2.3</b>	<b>REVESTIMIENTO DE PORTALES DE TÚNELES</b>						<b>150,187,752</b>
<b>2.31</b>	<b>Revestimiento de portales de 10 túneles</b>						<b>50,055,291</b>
	Pernos helicoidales	un	294	1.1	323	46,215	14,945,931
	Shotcrete sin fibra	m³	88	1.1	97	234,000	22,651,200
	Malla tejida	m²	880	1.1	968		12,458,160

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario \$	Costo Total \$
						12,870	
<b>2.3.2</b>	<b>Revestimiento Túnel Las Rojas</b>						<b>23,131,251</b>
	Pernos helicoidales	un	200	1.1	220	46,215	10,167,300
	Shotcrete sin fibra	m <sup>3</sup>	37	1.1	41	234,000	9,523,800
	Malla Electrosoldada	m <sup>2</sup>	243	1.1	267	12,870	3,440,151
<b>2.3.3</b>	<b>Revestimiento Túnel Los Burros</b>						<b>77,001,210</b>
	Pernos helicoidales	un	670	1.1	737	46,215	34,060,455
	Shotcrete sin fibra	m <sup>3</sup>	122	1.1	134	234,000	31,402,800
	Malla Electrosoldada	m <sup>2</sup>	815	1.1	897	12,870	11,537,955
<b>2.4</b>	<b>CRUCE DE QUEBRADAS</b>						<b>28,574,279</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Sifón El Arrayán</b>						<b>28,574,279</b>
	Excavación Abierta Mat. Común	m <sup>3</sup>	614	1.1	675	4,013	2,709,335
	Excavación abierta en Roca	m <sup>3</sup>	153	1.1	169	12,226	2,063,490
	Relleno	m <sup>3</sup>	230	1.1	254	9,031	2,289,417
	Hormigón H25	m <sup>3</sup>	55	1.1	61	175,185	10,627,421
	Enfierradura	kg	2206	1.1	2,427	1,047	2,540,855
	Emplantillado H5	m <sup>3</sup>	5	1.2	6	119,892	683,775
	Tubería Hormigón Prefabricado DN 900 (e= 109 mm)	un	18	1.0	18	355,000	6,390,000
	Compuerta de acero 1,0x1,2 m	un	1	1.0	1	700,000	700,000
	Reja Hidráulica	kg	111	1.0	111	5,135	569,985

Total costos directos \$	2,446,014,657
Total costos indirectos \$	733,804,397
<b>TOTAL \$</b>	<b>3,179,819,055</b>

## 10 EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 10.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo corresponde a la evaluación económica del proyecto de las obras de mejoramiento para el riego. Se evalúa la rentabilidad del proyecto en base a los beneficios agrícolas y costos asociados a las obras.

#### 10.1.1 Antecedentes

Ref 1 Estudio de Precios Unitarios y presupuestos, Noviembre 2014. Arcadis, codificación 4184-1000-CO-INF-001.

Ref 2 Informe agronómico de Avance, Noviembre 2014. Arcadis

#### 10.1.2 Proyecto en estudio

Para el análisis económico del proyecto de mejoramiento de riego, se ha considerado como base la situación sin proyecto, definida como aquella resultante de un conjunto de acciones tendientes a efectuar cambios en la actividad agropecuaria del área, sin la realización de las obras planteadas en el proyecto de riego

### 10.2 ESCENARIOS DE ESTUDIO

#### 10.2.1 Situación actual (SA)

Las superficies de riego actual y de secano de cada sector, fueron establecidas como parte del estudio de agronomía para la caracterización de la situación actual (SA) del área influenciada por los mejoramientos del canal Bellavista. Conforme a lo establecido en dicho análisis las superficies de riego actual corresponden a las detalladas en la Tabla 10-1.

**Tabla 10-1: Superficies Prediales Según Uso en Situación Actual (ha)**

Cultivos	Superficie
	(ha)
Cultivos y Hortalizas	3.288,90
Frutales y Vides	884,48
Praderas y Forrajes	58,94
<b>Total</b>	<b>4.232,31</b>

#### 10.2.2 Situación Sin Proyecto (SSP)

Situación actual optimizada (SAO), en este escenario se considera la situación actual sin proyecto incorporando modificaciones que permitan mejorar los resultados., considerando como monto máximo de inversión un 5% del monto total del proyecto.

### 10.2.3 Situación con Proyecto (SCP)

Situación actual optimizada (SAO), en este escenario se considera la situación actual sin proyecto incorporando todas las modificaciones de infraestructura que permitan mejorar los resultados, tanto en el aspecto de la Optimización del Riego como las Obras tendientes a la Seguridad Física del Canal.

## 10.3 PROCEDIMIENTO EVALUACION ECONOMICA

### 10.3.1 Descripción de Métodos de evaluación

Conforme a lo solicitado por la CNR la evaluación económica del proyecto se recomienda realizar con base a la aplicación de tres métodos cuya diferencia fundamental, es el procedimiento utilizado para cuantificar los beneficios del proyecto.

En efecto, tal como se encuentra establecido en el documento denominado "Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego (Consejo de Ministros, 2011) los beneficios atribuibles a los efectos del riego se relacionan con la mayor disponibilidad del agua en la cantidad y oportunidad requerida por los cultivos, la liberación de los recursos hídricos y el aumento de la eficiencia de riego. Esto permite la incorporación de nuevas tierras para actividades productivas y mejorar los ingresos de aquellos que ya son regadas, pero que presentan baja seguridad de aplicación del agua para el riego, lo que permite incorporar cambios hacia cultivos más rentables.

En términos generales, es posible señalar las siguientes definiciones para los métodos que se recomienda aplicar.

- **Método de la Productividad Marginal (o Método del Presupuesto):** en donde el agua es considerada un insumo de la producción de los bienes asociados a los cultivos agrícolas regados. El beneficio del agua se mide a través de las diferencias que se generan en la producción agrícola, en términos de los márgenes netos económicos, que se estiman a raíz de la utilización del agua en situaciones con y sin proyecto, entendiendo este último caso en la disposición del agua en la cantidad y oportunidad requerida por los cultivos.
- **Método del Valor Incremental de la Tierra:** que corresponde a un enfoque de los Precios Hedónicos, en el cual el precio de un bien se debe a una serie de tributos de dicho bien, entre los que se encuentran la disponibilidad de agua, el tipo de suelo, la aptitud de uso y los cultivos que en la práctica se desarrollan. En un escenario con proyecto cada una de las características mencionadas debe incrementar el valor de la tierra, por lo que se asume que este correspondería a su beneficio.
- **Método de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas:** En este caso se considera el mercado del agua para determinar el valor económico del agua asociada al proyecto, en cuanto a un mayor volumen disponible o el costo evitado para la compra de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas.

### 10.3.2 Criterios Específicos

#### 10.3.2.1 Método de la Productividad Marginal (o Método del Presupuesto)

Para la aplicación de este método al sistema de canales, se han debido hacer algunos supuestos que tienen relación con la disponibilidad de aguas y tipos de obras que se propone realizar en los canales matrices. En efecto, algunas consideraciones iniciales son las siguientes:

- Las obras de mejoramiento de los canales no tienen por objetivo hacer modificaciones en la seguridad hidrológica de los caudales disponibles en bocatoma, en tanto estos últimos seguirán operando en la misma forma que lo hacen hasta la fecha. En este contexto, no existen aumentos en la disponibilidad del recurso hídrico en bocatoma.
- Los registros de caudales en cada canal matriz son limitados y de muy corta existencia, lo que impide disponer de registros históricos del comportamiento de los caudales en bocatoma. En los 3 canales en estudio se cuenta con registros de los últimos 3 a 5 años, que en todos los casos corresponden a un período de restricción de recursos hídricos, siendo el último año el más crítico.
- Las únicas obras de mejoramiento que permiten generar un cambio en la disponibilidad del recurso para riego, corresponden a los revestimientos que buscan reducir las pérdidas por filtraciones en el canal. Este mayor recurso permite disponer de una mayor cantidad de recurso en la cantidad que corresponde a cada usuario de acuerdo a derecho.
- Las limitaciones más importantes para el recurso del riego están dadas por la oportunidad de disponer del agua de riego, en tanto ello depende de la hidrología del recurso hídrico en bocatoma, y como ya se ha dicho antes, esta no cambia con el proyecto.
- Atendiendo a lo señalado, para aplicar este método y estimar los beneficios asociados al proyecto, se han considerado los siguientes supuestos básicos:
  - Las obras de mejoramiento, que permiten reducir el riesgo de colapso del canal, así como la mejora del sistema de distribución del agua de riego, generarán en los usuarios una sensación de mayor seguridad de disponer del agua de riego, lo que permitiría suponer un cambio de patrones de cultivos a otros de mayor ingreso
  - El revestimiento del canal permite reducir las pérdidas por filtraciones, generando un aumento en la disponibilidad del agua de riego para cada usuario en la proporción de sus derechos. Dicho aumento permite suponer un relativo aumento de superficie de

riego, respecto de la superficie de riego seguro de la situación actual

- No es posible considerar cambios en la disponibilidad de recurso hídrico en bocatoma, por lo que con un criterio conservador se ha supuesto un análisis basado en los caudales en bocatoma igual a los registrados en el período de riego 2013-2014, es decir un año seco.
- Para determinar las superficies de riego actual y futura, se ha considerado el caudal medio mensual disponible en cada mes, y se determinó la superficie con 100 % de satisfacción de la demanda. La superficie con proyecto, es mayor que la actual, producto de la reducción de las pérdidas y aumento del caudal para riego.
- Se determinan los beneficios Agronómicos a la superficie actual ajustada.
- Se determina para diferentes longitudes de revestimiento y por consiguiente diferentes escenarios de pérdidas por infiltración de agua, las superficies futuras agrícolas a partir de la disponibilidad de mayor caudal para un coeficiente de satisfacción de la demanda de un 100%.
- Posteriormente se realiza la evaluación económica clásica, a partir de los ingresos agronómicos y los costos de mejoramiento a realizar.

#### **10.3.2.2 Método del Valor Incremental de la Tierra**

Los procedimientos adoptados para este método son los siguientes:

- Se realiza catastro de precios de venta de tierras en mercado de ciudad de Salamanca (publicaciones por internet o diario) de superficies de riego o secano entre los años 2012 y 2013.
- El beneficio del proyecto consiste en percibir como ingreso el precio total de la venta de los terrenos para uso agrícola en la situación óptima que se agregan superficies una vez realizados los mejoramientos al canal. Es decir corresponde a la diferencia entre el precio de la tierra agrícola y de la tierra para uso secano por la cantidad de hectáreas correspondientes.

#### **10.3.2.3 Método de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas**

Los procedimientos adoptados para este método son los siguientes:

- Se recopila las transacciones en los distintos conservadores de agua IV Región de los derechos de agua del canal. Las bases de transacciones incluirán todas las transacciones realizadas entre el 1º de enero de 2012 y el 31 de diciembre de 2014.

- Cada transacción corresponde a un determinado precio de mercado, se supone establecido libremente entre las dos partes. Cada evento de definición de precio constituye una referencia igualmente válida del equilibrio entre oferta y demanda (lo que no siempre es así, ya que el valor de la transacción final muchas veces es desvirtuado con fines de reducir impuestos).
- El valor del agua en una misma sección de río presenta diferencias, por las rigideces que existen para cambiar el punto de captación y el sistema de canales mediante el cual se ejerce el derecho.
- Se considera que el estimador que mejor captura los eventos de coincidencia entre oferta y demanda, incorporando las diferencias en el valor del agua atribuibles a puntos de captación y canales asociados, será el promedio de las transacciones identificadas.
- Se determina el caudal obtenido de los mejoramientos del canal, ello a partir de los porcentajes de pérdida evitados por cada tramo, los cuales han sido determinados en la campaña de aforos de este estudio.
- El beneficio por este método se estimará como el ingreso por concepto de vender en un año el caudal obtenido de los mejoramientos en el canal.

### **10.3.3 Limitaciones de los métodos**

#### **10.3.3.1 Método del Presupuesto**

El método de uso más generalizado corresponde al denominado Método del Presupuesto, basado en el supuesto de que la disponibilidad de mayor cantidad de agua permite a los agricultores aumentar su producción agrícola, midiéndose los beneficios de la obra que permite tal aumento en la disponibilidad, como la diferencia entre los excedentes agrícolas de la situación antes y después de la existencia de la obra.

Su uso requiere la rigurosidad en la inclusión de los gastos efectuados por el usuario para el usufructo del agua, incluyendo las obras de almacenamiento y regulación, captación, transporte y distribución así como otros asociados a la producción agrícola propiamente tal. Dada la mayor experticia en Chile de la aplicación del Método del Presupuesto, resultan sus resultados de mayor solidez respecto de los dos restantes, cuyas limitaciones en la aplicación en nuestro país, presenta severas limitaciones debido fundamentalmente a la escasez de antecedentes que permitan representar la realidad del mercado del agua y la tierra.

#### **10.3.3.2 Método Valor Incremental de la Tierra**

En el caso del Valor Incremental de la Tierra, se supone que si se incrementa la cantidad del agua disponible sin variar el resto de los atributos asociados a la tierra, el resultado esperado es el aumento del valor de la tierra, siendo este cambio atribuible al aumento del agua, lo que entrega el precio sombra de este bien. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el

valor de la tierra se presenta influenciado por múltiples factores, pudiéndose mencionar entre otros:

- Cantidad de suelo con capacidad productiva
- Aptitud del suelo para el riego
- Localización respecto de la red vial
- Tamaño del predio
- Condiciones climáticas de la zona
- Infraestructura predial
- Construcciones
- Inversiones realizadas de largo plazo
- Disponibilidad y seguridad del agua
- Salinidad de las aguas subterráneas
- Proximidad a centros de abastecimiento y mercados

Si bien se pudiera abstraer de las condiciones que se supone no pueden cambiar, como aquellas asociadas a las características del suelo y del clima, queda un conjunto de variables que sólo es posible evaluar su real efecto si la información es suficientemente detallada y completa para el análisis, lo cual no ocurre aun en nuestro mercado de tierras.

Por otro lado el tamaño de la tierra también es una variable a tener en cuenta, ya que si se trata de un paño aislado, agrupación o posibilidades de crecimiento del comprador, deben ser aspectos tratados y aislados en el análisis de los precios disponibles.

Demás está señalar que es usual que los valores de las transacciones además se vean afectados por las modificaciones no formales en las transacciones, como producto de la menor imposición que se puede obtener de esta forma de tramitar.

Finalmente es necesario comentar que entre los diversos problemas que han existidos en los estudios que han intentado abordar el tema, presenta el gran problema de su aplicabilidad final, atendiendo a que los Conservadores de Bienes Raíces no consignan la condición de riego o seco de los terrenos que se transan, limitando la posibilidad de hacer análisis con la información generada.

#### **10.3.3.3 Método Valor del Agua**

De forma análoga es el caso del método de las transacciones de derechos de agua, cuyos valores se incrementan explosivamente en periodos de sequía (como los últimos 8 años), no habiendo un mercado formal para contrastar dichos valores.

La evidencia indica que los precios no representan necesariamente el valor marginal del agua, porque en general los mercados del agua no han sido lo suficientemente competitivos proporcionando incentivos distorsionados para la asignación eficiente del recurso, Chile no se encuentra ajeno a este problema.

Asimismo, este tipo de análisis conlleva a incorporar un error en el procedimiento, por cuanto estos precios en su gran mayoría representan condiciones de mercado de corto plazo, que están determinados por otros factores distintos del valor marginal del agua.

Todo lo anterior, ha hecho que históricamente este tipo de evaluaciones, valor de la tierra y *valor de transacciones* de derechos de aprovechamiento, no se utilice en el país. Sin perjuicio de lo señalado y en atención a los requerimientos de la CNR se han establecido cifras que permiten tener alguna idea de los valores que pudieran alcanzar los beneficios a través de estas metodologías, sin embargo no se han considerado como elementos de juicio para la evaluación económica del proyecto.

#### 10.4 APLICACIÓN MÉTODO PRODUCTIVIDAD MARGINAL

La evaluación social se ha realizado considerando los lineamientos entregados en el documento “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Riego”, del Ministerio de Planificación (MIDESO) así como en el documento “Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego” (Consejo Ministros para La Comisión nacional de Riego, 2011).

En base a esta metodología se ha considerado una Situación Actual (SA), una Situación Sin Proyecto (SP) y una Situación Futura o con proyecto (SF), para cada una de las cuales se han estimado sus respectivos costos y beneficios para un horizonte de evaluación de 30 años. La diferencia de costos y beneficios entre la Situación Futura o con proyecto y la situación sin proyecto permite obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto.

Los beneficios asociados al proyecto se han estimado considerando el Método del Presupuesto, que en términos generales corresponden al aumento en la producción agrícola - ganadera, por la mayor disponibilidad de agua debido a la realización de las obras de regulación que permiten otorgar seguridad de riego a una superficie dada.

La producción agrícola, que refleja los beneficios del proyecto, depende de las cosechas de los cultivos, los cuales se han estructurado conforme a la proyección efectuada con las bases del estudio agronómico de la zona.

Para obtener estos beneficios, se han determinado los márgenes netos de cada cultivo, en la situación actual, sin proyecto, y con proyecto, para cada sector y agrupación predial de cada valle.

En tanto, los costos asociados al proyecto corresponden a los costos de inversión, de mantención y a la mayor utilización de recursos debido al proyecto.

Una vez obtenido los costos y beneficios de la habilitación del sistema de regulación se han determinado los indicadores económicos, determinando el flujo anual de beneficios durante el horizonte de evaluación, a partir de lo cual se ha calculado el Valor Actual Neto de estos flujos (VAN), y la tasa interna de retorno (TIR).

Los beneficios del sistema son determinados como la diferencia de los márgenes netos agrícolas, entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto. La alternativa que

maximice la rentabilidad del proyecto, medida como el VAN permite determinar el tamaño óptimo del mismo.

#### 10.4.1 Beneficios Agronómicos

Considerando los criterios planteados en el capítulo de “Criterios de Desarrollo” tanto de la Situación Sin Proyecto como de la Futura o con Proyecto, los respectivos períodos de transición y las curvas logísticas asociadas, se determinaron los flujos de márgenes netos correspondientes a la situación actual a sin proyecto y actual a futura o con proyecto para los Predios Promedio y sus correspondientes expansiones.

Se debe señalar que en el caso de las especies multianuales detectados en situación actual, la representatividad del ciclo completo de estas especies en los flujos de evaluación, tanto para frutales, como para el resto de las especies multianuales, se expresa a través de la proporcionalidad y relación directa existente entre los costos e ingresos de la ficha de situación actual, sin proyecto y la ficha de situación futura, la cual posee todo su ciclo representado en los estándares productivos.

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

Además del período de establecimiento y de puesta en riego, se debe considerar una curva natural de producción asociada a la edad y que contempla distintos costos e ingresos, según su entrada en producción y período de estabilización en cultivos multianuales. Según lo anterior, a continuación se presenta en las Tablas siguientes la gradualidad porcentual y los valores ponderados para los ingresos y costos de frutales asignados.

**Tabla 10-2: Gradualidad Porcentual Ingresos en Chirimoya Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	538.954	0					26.947,7	0,3
4	20,0	1.616.861	538.954	0	0			134.738,4	1,3
5	25,0	2.694.768	1.616.861	538.954	0	0		377.267,5	3,5
6	25,0	4.311.629	2.694.768	1.616.861	538.954	0	0	835.378,0	7,8
7		6.467.443	4.311.629	2.694.768	1.616.861	538.954	0	1.616.860,7	15,0
8		8.084.304	6.467.443	4.311.629	2.694.768	1.616.861	538.954	2.775.610,9	25,8
9		10.779.071	8.084.304	6.467.443	4.311.629	2.694.768	1.616.861	4.257.733,2	39,5
10		10.779.071	10.779.071	8.084.304	6.467.443	4.311.629	2.694.768	5.874.593,9	54,5
11		10.779.071	10.779.071	10.779.071	8.084.304	6.467.443	4.311.629	7.545.349,9	70,0
12		10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071	8.084.304	6.467.443	9.027.472,3	83,8
13		10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071	8.084.304	10.105.379,4	93,8
14		10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071,3	100,0

**Tabla 10-3: Gradualidad Porcentual Costos en Chirimoya Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	8.850.253						442.512,6	8,3
2	10,0	846.938	8.850.253					927.372,2	17,4
3	15,0	1.261.139	846.938	8.850.253				1.475.288,6	27,7
4	20,0	1.890.645	1.261.139	846.938	8.850.253			2.117.737,3	39,8
5	25,0	2.566.473	1.890.645	1.261.139	846.938	8.850.253		2.888.509,7	54,3
6	25,0	2.934.781	2.566.473	1.890.645	1.261.139	846.938	8.850.253	3.363.508,5	63,2
7		3.649.427	2.934.781	2.566.473	1.890.645	1.261.139	846.938	1.766.068,6	33,2
8		4.360.036	3.649.427	2.934.781	2.566.473	1.890.645	1.261.139	2.324.402,2	43,7
9		5.318.371	4.360.036	3.649.427	2.934.781	2.566.473	1.890.645	2.950.572,0	55,5
10		5.318.371	5.318.371	4.360.036	3.649.427	2.934.781	2.566.473	3.556.959,9	66,9
11		5.318.371	5.318.371	5.318.371	4.360.036	3.649.427	2.934.781	4.113.570,5	77,3
12		5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.371	4.360.036	3.649.427	4.661.551,0	87,6
13		5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.371	4.360.036	5.078.786,9	95,5
14		5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.370,6	100,0

**Tabla 10-4: Gradualidad Porcentual Ingresos en Frutilla Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	8.190.584						409.529,2	4,5
2	10,0	10.010.713	8.190.584					1.319.594,0	14,6
3	15,0	8.190.584	10.010.713	8.190.584				2.639.188,1	29,3
4	20,0	10.010.713	8.190.584	10.010.713	8.190.584			4.459.317,8	49,5
5	25,0	8.190.584	10.010.713	8.190.584	10.010.713	8.190.584		6.688.976,7	74,2
6	25,0	10.010.713	8.190.584	10.010.713	8.190.584	10.010.713	8.190.584	9.009.642,1	100,0
7		8.190.584	8.190.584	8.190.584	10.010.713	8.190.584	10.010.713	9.009.642,1	100,0

**Tabla 10-5: Gradualidad Porcentual Costos en Frutilla Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	8.395.318						419.765,9	5,7
2	10,0	6.042.580	8.395.318					1.141.660,8	15,6
3	15,0	8.395.318	6.042.580	8.395.318				2.283.321,6	31,1
4	20,0	6.042.580	8.395.318	6.042.580	8.395.318			3.727.111,4	50,8
5	25,0	8.395.318	6.042.580	8.395.318	6.042.580	8.395.318		5.590.667,2	76,2
6	25,0	6.042.580	8.395.318	6.042.580	8.395.318	6.042.580	8.395.318	7.336.586,0	100,0
7		8.395.318	8.395.318	8.395.318	6.042.580	8.395.318	6.042.580	7.336.586,0	100,0

**Tabla 10-6: Gradualidad Porcentual Ingresos en Limonero Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	1.325.537	0	0				66.276,8	0,8
4	20,0	1.325.537	1.325.537	0	0			198.830,5	2,5
5	25,0	3.976.610	1.325.537	1.325.537	0	0		530.214,6	6,7
6	25,0	5.302.146	3.976.610	1.325.537	1.325.537	0	0	1.126.706,1	14,2
7		7.953.219	5.302.146	3.976.610	1.325.537	1.325.537	0	2.120.858,5	26,7
8		7.953.219	7.953.219	5.302.146	3.976.610	1.325.537	1.325.537	3.446.395,1	43,3
9		7.953.219	7.953.219	7.953.219	5.302.146	3.976.610	1.325.537	4.771.931,6	60,0
10		7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219	5.302.146	3.976.610	6.296.298,7	79,2
11		7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219	5.302.146	7.290.451,1	91,7
12		7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219,4	100,0

**Tabla 10-7: Gradualidad Porcentual Costos en Limonero Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	1.801.118						90.055,9	2,1
2	10,0	437.818	1.801.118					202.002,6	4,7
3	15,0	1.856.476	437.818	1.801.118				406.773,2	9,4
4	20,0	1.856.476	1.856.476	437.818	1.801.118			704.367,6	16,3
5	25,0	2.958.040	1.856.476	1.856.476	437.818	1.801.118		1.149.863,9	26,7
6	25,0	3.451.178	2.958.040	1.856.476	1.856.476	437.818	1.801.118	1.677.863,3	38,9
7		4.312.659	3.451.178	2.958.040	1.856.476	1.856.476	437.818	1.949.325,4	45,2
8		4.312.659	4.312.659	3.451.178	2.958.040	1.856.476	1.856.476	2.684.421,7	62,2
9		4.312.659	4.312.659	4.312.659	3.451.178	2.958.040	1.856.476	3.187.662,5	73,9
10		4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659	3.451.178	2.958.040	3.758.634,2	87,2
11		4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659	3.451.178	4.097.288,9	95,0
12		4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659,4	100,0

**Tabla 10-8: Gradualidad Porcentual Ingresos en Naranja Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0					0,0	0,0	
2	10,0	0	0				0,0	0,0	
3	15,0	902.515	0	0			45.125,7	0,7	
4	20,0	1.933.960	902.515	0	0		186.949,5	2,9	
5	25,0	3.867.920	1.933.960	902.515	0	0	522.169,3	8,1	
6	25,0	5.157.227	3.867.920	1.933.960	902.515	0	1.115.250,4	17,3	
7		6.446.534	5.157.227	3.867.920	1.933.960	902.515	2.030.658,2	31,5	
8		6.446.534	6.446.534	5.157.227	3.867.920	1.933.960	3.223.267,0	50,0	
9		6.446.534	6.446.534	6.446.534	5.157.227	3.867.920	4.415.875,8	68,5	
10		6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.446.534	5.157.227	5.479.553,9	85,0	
11		6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.124.207,3	95,0	
12		6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.446.534,0	100,0	

**Tabla 10-9: Gradualidad Porcentual Costos en Naranja Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	2.292.048					114.602,4	3,7	
2	10,0	539.926	2.292.048				256.201,1	8,2	
3	15,0	1.330.401	539.926	2.292.048			464.319,8	14,9	
4	20,0	1.762.041	1.330.401	539.926	2.292.048		760.540,6	24,4	
5	25,0	2.326.780	1.762.041	1.330.401	539.926	2.292.048	1.173.100,4	37,6	
6	25,0	2.702.741	2.326.780	1.762.041	1.330.401	539.926	1.606.194,8	51,5	
7		3.120.345	2.702.741	2.326.780	1.762.041	1.330.401	1.995.298,3	51,1	
8		3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.326.780	1.762.041	2.111.929,5	67,7	
9		3.120.345	3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.326.780	2.498.857,1	80,1	
10		3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.817.552,7	90,3	
11		3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.015.943,8	96,7	
12		3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.344,7	100,0	

**Tabla 10-10: Gradualidad Porcentual Ingresos en Palto Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0					0,0	0,0	
2	10,0	0	0				0,0	0,0	
3	15,0	0	0	0			0,0	0,0	
4	20,0	1.760.720	0	0	0		88.036,0	1,7	
5	25,0	2.641.080	1.760.720	0	0	0	308.126,0	5,8	
6	25,0	3.521.440	2.641.080	1.760.720	0	0	704.288,0	13,3	
7		4.401.800	3.521.440	2.641.080	1.760.720	0	1.320.540,0	25,0	
8		4.401.800	4.401.800	3.521.440	2.641.080	1.760.720	2.156.882,1	40,8	
9		5.282.160	4.401.800	4.401.800	3.521.440	2.641.080	3.169.296,1	60,0	
10		5.282.160	5.282.160	4.401.800	4.401.800	3.521.440	3.873.584,1	73,3	
11		5.282.160	5.282.160	5.282.160	4.401.800	4.401.800	4.445.818,2	84,2	
12		5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.282.160	4.401.800	4.841.980,2	91,7	
13		5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.062.070,2	95,8	
14		5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.282.160,2	100,0	

**Tabla 10-11: Gradualidad Porcentual Costos en Palto Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	1.773.119					88.656,0	5,2	
2	10,0	491.269	1.773.119				201.875,3	11,8	
3	15,0	592.295	491.269	1.773.119			344.709,5	20,2	
4	20,0	1.041.894	592.295	491.269	1.773.119		539.638,3	31,6	
5	25,0	1.258.254	1.041.894	592.295	491.269	1.773.119	797.479,8	46,7	
6	25,0	1.388.937	1.258.254	1.041.894	592.295	491.269	1.036.112,3	60,7	
7		1.578.646	1.388.937	1.258.254	1.041.894	592.295	885.833,8	51,9	
8		1.578.646	1.578.646	1.388.937	1.258.254	1.041.894	1.105.335,6	64,8	
9		1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.388.937	1.258.254	1.332.798,4	78,1	
10		1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.388.937	1.470.261,0	86,2	
11		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.388.937	1.569.499,1	92,0	
12		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.642.446,5	96,3	
13		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.674.346,9	98,1	
14		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247,2	100,0	

**Tabla 10-12: Gradualidad Porcentual Ingresos en Papayo Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	1.656.002						82.800,1	0,9
2	10,0	6.955.208	1.656.002					513.360,6	5,3
3	15,0	11.592.014	6.955.208	1.656.002				1.523.521,8	15,6
4	20,0	11.592.014	11.592.014	6.955.208	1.656.002			3.113.283,7	32,0
5	25,0	12.585.615	11.592.014	11.592.014	6.955.208	1.656.002		5.332.326,3	54,8
6	25,0	12.585.615	12.585.615	11.592.014	11.592.014	6.955.208	1.656.002	8.097.849,6	83,2
7		13.248.016	12.585.615	12.585.615	11.592.014	11.592.014	6.955.208	10.764.012,8	110,5
8		13.248.016	13.248.016	12.585.615	12.585.615	11.592.014	11.592.014	12.188.174,5	125,2
9		1.656.002	13.248.016	13.248.016	12.585.615	12.585.615	11.592.014	11.956.334,2	122,8
10		6.955.208	1.656.002	13.248.016	13.248.016	12.585.615	12.585.615	11.442.973,6	117,5
11		11.592.014	6.955.208	1.656.002	13.248.016	13.248.016	12.585.615	10.631.532,6	109,2
12		11.592.014	11.592.014	6.955.208	1.656.002	13.248.016	13.248.016	9.737.291,5	100,0

**Tabla 10-13: Gradualidad Porcentual Costos en Papayo Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	4.837.187						241.859,4	4,9
2	10,0	3.825.554	4.837.187					674.996,4	13,8
3	15,0	4.722.007	3.825.554	4.837.187				1.344.233,9	27,4
4	20,0	4.722.007	4.722.007	3.825.554	4.837.187			2.249.571,6	45,8
5	25,0	5.112.071	4.722.007	4.722.007	3.825.554	4.837.187		3.410.513,0	69,5
6	25,0	5.112.071	5.112.071	4.722.007	4.722.007	3.825.554	4.837.187	4.585.198,5	93,4
7		5.317.632	5.112.071	5.112.071	4.722.007	4.722.007	3.825.554	4.625.191,1	94,2
8		5.317.632	5.317.632	5.112.071	5.112.071	4.722.007	4.722.007	4.947.873,2	100,8
9		4.837.187	5.317.632	5.317.632	5.112.071	5.112.071	4.722.007	5.052.201,2	102,9
10		3.825.554	4.837.187	5.317.632	5.317.632	5.112.071	5.112.071	5.092.203,3	103,7
11		4.722.007	3.825.554	4.837.187	5.317.632	5.317.632	5.112.071	5.015.186,1	102,2
12		4.722.007	4.722.007	3.825.554	4.837.187	5.317.632	5.317.632	4.908.387,6	100,0

**Tabla 10-14: Gradualidad Porcentual Ingresos en Alcachofa Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	2.250.000						112.500,0	4,3
2	10,0	2.700.000	2.250.000					360.000,0	13,7
3	15,0	2.700.000	2.700.000	2.250.000				742.500,0	28,2
4	20,0	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.250.000			1.260.000,0	47,9
5	25,0	2.250.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.250.000		1.890.000,0	71,8
6	25,0	2.700.000	2.250.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.250.000	2.542.500,0	96,6
7		2.700.000	2.700.000	2.250.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.632.500,0	100,0

**Tabla 10-15: Gradualidad Porcentual Costos en Alcachofa Nivel Bajo y Medio-Bajo**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	2.426.989						121.349,4	6,2
2	10,0	1.863.789	2.426.989					335.888,4	17,2
3	15,0	1.863.789	1.863.789	2.426.989				643.616,7	33,0
4	20,0	1.863.789	1.863.789	1.863.789	2.426.989			1.044.534,6	53,6
5	25,0	2.426.989	1.863.789	1.863.789	1.863.789	2.426.989		1.566.801,9	80,4
6	25,0	1.863.789	2.426.989	1.863.789	1.863.789	1.863.789	2.426.989	2.060.909,2	105,8
7		1.863.789	1.863.789	2.426.989	1.863.789	1.863.789	1.863.789	1.948.269,3	100,0

**Tabla 10-16: Gradualidad Porcentual Ingresos en Chirimoya Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	0	0			0,0	0,0
3	30,0	538.954	0	0		53.895,4	0,5
4	40,0	1.616.861	538.954	0	0	269.476,8	2,5
5		2.694.768	1.616.861	538.954	0	754.535,0	7,0
6		4.311.629	2.694.768	1.616.861	538.954	1.670.756,1	15,5
7		6.467.443	4.311.629	2.694.768	1.616.861	2.964.244,6	27,5
8		8.084.304	6.467.443	4.311.629	2.694.768	4.473.314,6	41,5
9		10.779.071	8.084.304	6.467.443	4.311.629	6.359.652,1	59,0
10		10.779.071	10.779.071	8.084.304	6.467.443	8.245.989,6	76,5
11		10.779.071	10.779.071	10.779.071	8.084.304	9.701.164,2	90,0
12		10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071	10.779.071,3	100,0

**Tabla 10-17: Gradualidad Porcentual Costos en Chirimoya Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	8.850.253				885.025,3	16,6
2	20,0	846.938	8.850.253			1.854.744,3	34,9
3	30,0	1.261.139	846.938	8.850.253		2.950.577,2	55,5
4	40,0	1.890.645	1.261.139	846.938	8.850.253	4.235.474,6	79,6
5		2.566.473	1.890.645	1.261.139	846.938	1.351.893,0	25,4
6		2.934.781	2.566.473	1.890.645	1.261.139	1.878.421,7	35,3
7		3.649.427	2.934.781	2.566.473	1.890.645	2.478.098,9	46,6
8		4.360.036	3.649.427	2.934.781	2.566.473	3.072.912,6	57,8
9		5.318.371	4.360.036	3.649.427	2.934.781	3.672.584,9	69,1
10		5.318.371	5.318.371	4.360.036	3.649.427	4.363.292,7	82,0
11		5.318.371	5.318.371	5.318.371	4.360.036	4.935.036,6	92,8
12		5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.371	5.318.370,6	100,0

**Tabla 10-18: Gradualidad Porcentual Ingresos en Frutilla Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	10.010.713				1.001.071,3	8,2
2	20,0	13.650.973	10.010.713			3.367.240,0	27,6
3	30,0	10.010.713	13.650.973	10.010.713		6.734.479,9	55,2
4	40,0	13.650.973	10.010.713	13.650.973	10.010.713	11.466.817,2	94,0
5		10.010.713	13.650.973	10.010.713	13.650.973	12.194.869,1	100,0

**Tabla 10-19: Gradualidad Porcentual Costos en Frutilla Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	9.847.863				984.786,3	11,5
2	20,0	7.723.854	9.847.863			2.741.958,0	32,0
3	30,0	9.847.863	7.723.854	9.847.863		5.483.916,0	64,0
4	40,0	7.723.854	9.847.863	7.723.854	9.847.863	8.998.259,4	105,0
5		9.847.863	7.723.854	9.847.863	7.723.854	8.573.457,6	100,0

**Tabla 10-20: Gradualidad Porcentual Ingresos en Limonero Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	0	0			0,0	0,0
3	30,0	1.325.537	0	0		132.553,7	1,7
4	40,0	1.325.537	1.325.537	0	0	397.661,0	5,0
5		3.976.610	1.325.537	1.325.537	0	1.060.429,3	13,3
6		5.302.146	3.976.610	1.325.537	1.325.537	2.253.412,2	28,3
7		7.953.219	5.302.146	3.976.610	1.325.537	3.578.948,7	45,0
8		7.953.219	7.953.219	5.302.146	3.976.610	5.567.253,6	70,0
9		7.953.219	7.953.219	7.953.219	5.302.146	6.892.790,1	86,7
10		7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219	7.953.219,4	100,0

**Tabla 10-21: Gradualidad Porcentual Costos en Limonero Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	1.801.118				180.111,8	4,2
2	20,0	437.818	1.801.118			404.005,3	9,4
3	30,0	1.856.476	437.818	1.801.118		813.546,4	18,9
4	40,0	1.856.476	1.856.476	437.818	1.801.118	1.408.735,1	32,7
5		2.958.040	1.856.476	1.856.476	437.818	1.399.169,1	32,4
6		3.451.178	2.958.040	1.856.476	1.856.476	2.236.259,1	51,9
7		4.312.659	3.451.178	2.958.040	1.856.476	2.751.504,0	63,8
8		4.312.659	4.312.659	3.451.178	2.958.040	3.512.367,3	81,4
9		4.312.659	4.312.659	4.312.659	3.451.178	3.968.066,7	92,0
10		4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659	4.312.659,4	100,0

**Tabla 10-22: Gradualidad Porcentual Ingresos en Naranja Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	0	0			0,0	0,0
3	30,0	902.515	0	0		90.251,5	1,4
4	40,0	1.933.960	902.515	0	0	373.899,0	5,8
5		3.867.920	1.933.960	902.515	0	1.044.338,5	16,2
6		5.157.227	3.867.920	1.933.960	902.515	2.230.500,8	34,6
7		6.446.534	5.157.227	3.867.920	1.933.960	3.610.059,1	56,0
8		6.446.534	6.446.534	5.157.227	3.867.920	5.028.296,6	78,0
9		6.446.534	6.446.534	6.446.534	5.157.227	5.930.811,3	92,0
10		6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.446.534	6.446.534,0	100,0

**Tabla 10-23: Gradualidad Porcentual Costos en Naranja Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	2.292.048				229.204,8	7,3
2	20,0	539.926	2.292.048			512.402,1	16,4
3	30,0	1.330.401	539.926	2.292.048		928.639,6	29,8
4	40,0	1.762.041	1.330.401	539.926	2.292.048	1.521.081,2	48,7
5		2.326.780	1.762.041	1.330.401	539.926	1.200.176,8	38,5
6		2.702.741	2.326.780	1.762.041	1.330.401	1.796.403,0	57,6
7		3.120.345	2.702.741	2.326.780	1.762.041	2.255.433,4	72,3
8		3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.326.780	2.677.637,9	85,8
9		3.120.345	3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.953.303,3	94,6
10		3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.344,7	100,0

**Tabla 10-24: Gradualidad Porcentual Ingresos en Palto Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	0	0			0,0	0,0
3	30,0	0	0	0		0,0	0,0
4	40,0	1.760.720	0	0	0	176.072,0	3,3
5		2.641.080	1.760.720	0	0	616.252,0	11,7
6		3.521.440	2.641.080	1.760.720	0	1.408.576,1	26,7
7		4.401.800	3.521.440	2.641.080	1.760.720	2.641.080,1	50,0
8		4.401.800	4.401.800	3.521.440	2.641.080	3.433.404,1	65,0
9		5.282.160	4.401.800	4.401.800	3.521.440	4.137.692,2	78,3
10		5.282.160	5.282.160	4.401.800	4.401.800	4.665.908,2	88,3
11		5.282.160	5.282.160	5.282.160	4.401.800	4.930.016,2	93,3
12		5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.282.160	5.282.160,2	100,0

**Tabla 10-25: Gradualidad Porcentual Costos en Palto Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	1.773.119				177.311,9	10,4
2	20,0	491.269	1.773.119			403.750,7	23,7
3	30,0	592.295	491.269	1.773.119		689.418,9	40,4
4	40,0	1.041.894	592.295	491.269	1.773.119	1.079.276,6	63,3
5		1.258.254	1.041.894	592.295	491.269	708.400,1	41,5
6		1.388.937	1.258.254	1.041.894	592.295	940.030,8	55,1
7		1.578.646	1.388.937	1.258.254	1.041.894	1.229.886,0	72,1
8		1.578.646	1.578.646	1.388.937	1.258.254	1.393.576,6	81,7
9		1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.388.937	1.515.522,5	88,8
10		1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.616.926,3	94,8
11		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.655.206,7	97,0
12		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247,2	100,0

**Tabla 10-26: Gradualidad Porcentual Ingresos en Papayo Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	1.656.002				165.600,2	1,6
2	20,0	6.955.208	1.656.002			1.026.721,2	10,0
3	30,0	11.592.014	6.955.208	1.656.002		3.047.043,6	29,6
4	40,0	11.592.014	11.592.014	6.955.208	1.656.002	6.226.567,4	60,5
5		12.585.615	11.592.014	11.592.014	6.955.208	9.836.651,7	95,5
6		12.585.615	12.585.615	11.592.014	11.592.014	11.890.094,1	115,4
7		13.248.016	12.585.615	12.585.615	11.592.014	12.254.414,5	119,0
8		13.248.016	13.248.016	12.585.615	12.585.615	12.784.335,2	124,1
9		1.656.002	13.248.016	13.248.016	12.585.615	11.823.854,0	114,8
10		6.955.208	1.656.002	13.248.016	13.248.016	10.300.332,2	100,0

**Tabla 10-27: Gradualidad Porcentual Costos en Papayo Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	4.837.187				483.718,7	9,5
2	20,0	3.825.554	4.837.187			1.349.992,9	26,6
3	30,0	4.722.007	3.825.554	4.837.187		2.688.467,7	53,0
4	40,0	4.722.007	4.722.007	3.825.554	4.837.187	4.499.143,3	88,7
5		5.112.071	4.722.007	4.722.007	3.825.554	4.402.432,3	86,8
6		5.112.071	5.112.071	4.722.007	4.722.007	4.839.026,2	95,4
7		5.317.632	5.112.071	5.112.071	4.722.007	4.976.601,6	98,1
8		5.317.632	5.317.632	5.112.071	5.112.071	5.173.739,6	102,0
9		4.837.187	5.317.632	5.317.632	5.112.071	5.187.363,3	102,3
10		3.825.554	4.837.187	5.317.632	5.317.632	5.072.335,3	100,0

**Tabla 10-28: Gradualidad Porcentual Ingresos en Alcachofa Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	3.150.000				315.000,0	8,0
2	20,0	4.050.000	3.150.000			1.035.000,0	26,1
3	30,0	4.050.000	4.050.000	3.150.000		2.160.000,0	54,5
4	40,0	4.050.000	4.050.000	4.050.000	3.150.000	3.690.000,0	93,2
5		3.150.000	4.050.000	4.050.000	4.050.000	3.960.000,0	100,0

**Tabla 10-29: Gradualidad Porcentual Costos en Alcachofa Nivel Alto y Medio-Alto**

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	3.202.500				320.250,0	11,1
2	20,0	2.846.526	3.202.500			925.152,6	32,1
3	30,0	2.846.526	2.846.526	3.202.500		1.814.707,9	63,0
4	40,0	2.846.526	2.846.526	2.846.526	3.202.500	2.988.915,8	103,7
5		3.202.500	2.846.526	2.846.526	2.846.526	2.882.123,7	100,0

Los márgenes brutos se han determinado a través de la multiplicación de cada superficie asignada por el margen bruto unitario resultante de las fichas técnico económicas. Posteriormente, en la situación actual se descontaron los gastos indirectos y los costos de inversión y operación de riego tecnificado. En situación sin proyecto, además de los descuentos señalados para la situación actual, se descontaron los costos del programa de transferencia tecnológica.

En situación futura se consideraron los costos por concepto de gastos indirectos, riego tecnificado, habilitación de terrenos y del programa de asistencia tecnológica.

En el caso específico de la situación actual el área máxima de riego en un año de 85% de excedencia es de 1.250 ha. Esta superficie para efectos de evaluar el proyecto, será considerada como situación base.

Cabe señalar que debido a la imposibilidad de poder precisar a qué superficie, en un año de 50% de excedencia, corresponden las hectáreas actualmente regadas, no se consideró la utilización de la metodología del Factor de Producción propuesta por Doorenbos y Kassan 1979 (FAO 33) y Ferreyra; Selles y otros 1985 y 1991, situación por la cual, tanto la situación actual como con proyecto serán evaluadas de acuerdo a la superficie de un año 85%.

En el caso de la situación futura o con proyecto, lo cual fue abarcado en el capítulo "Situación Agropecuaria con Proyecto o Futura", se determinó una superficie total a regar de 7.205,193 sin considerar el riego con aguas subterráneas, la cual se ajustó para la presente evaluación en 2.513 ha correspondiente a un año de 85% de excedencia

Al respecto, para poder ajustar las superficies consideradas tanto en la Situación Actual como en la Situación Futura o Con Proyecto, se consideraron los factores incluidos en la Tabla.

**Tabla 10-30: Factores de Ajuste**

Situación	Superficies		Factor Ajuste
	Real	85%	
Actual	4.232,312	1.250,000	0,295
Futura	7.205,193	2.513,000	0,349

Nota: No considera uso de aguas subterráneas

Los flujos para la situación actual a actual sin proyecto se presentan en el Anexo 10.5-1 y para la situación futura a precios de mercado por Predio Promedio y Predio Promedio Expandido se incluyen en el Anexos 10.5-2 del Capítulo 10.5 Análisis Financiero. Los flujos a precios sociales de la situación actual se presenta en el Anexo 10.1-1 y para la situación futura en el Anexo 10.1-2.

En las Tablas a continuación se presenta un resumen de los flujos por total área en situación actual a actual sin proyecto y actual a futura.

Tabla 10-31: Resumen de Flujos Situación Actual a Sin Proyecto

Años	Precio Mercado (\$ CLP)	Precio Social (\$ CLP)
0	3.111.001.023	3.668.901.490
1	3.109.252.425	3.667.008.830
2	3.105.755.893	3.663.222.399
3	3.042.139.299	3.599.172.808
4	3.037.852.373	3.594.307.467
5	3.041.120.527	3.598.654.318
6	3.044.390.856	3.603.003.014
7	3.044.390.856	3.603.003.014
8	3.044.391.445	3.603.002.691
9	3.134.070.366	3.695.665.660
10	3.029.936.155	3.584.899.407
11	3.091.171.782	3.648.248.753
12	2.564.365.403	3.074.499.026
13	2.870.597.822	3.373.485.883
14	1.838.299.439	2.200.475.767
15	2.078.670.376	2.422.365.165
16	2.098.787.028	2.496.999.665
17	2.178.109.657	2.583.106.922
18	2.422.320.451	2.887.734.583
19	2.501.878.459	2.969.968.022
20	2.004.399.789	2.563.754.733
21	3.107.629.541	3.667.366.227
22	3.097.439.827	3.656.762.878
23	3.063.805.864	3.620.469.238
24	3.087.046.539	3.644.771.866
25	3.125.221.047	3.686.288.237
26	3.023.649.418	3.578.269.822
27	3.087.115.597	3.643.972.107
28	3.113.799.765	3.673.364.066
29	3.111.086.741	3.671.012.249
30	3.114.863.783	3.674.954.954
<b>VAN</b>	<b>26.580.038.570</b>	<b>49.821.807.479</b>

**Tabla 10-32: Resumen de Flujos Situación Flujos Situación Futura**

<b>Años</b>	<b>Precio Mercado (\$ CLP)</b>	<b>Precio Social (\$ CLP)</b>
0	3.111.001.023	3.668.901.490
1	3.109.252.425	3.667.008.830
2	3.080.505.122	3.637.971.628
3	2.745.297.852	3.381.919.108
4	2.549.174.701	3.296.063.369
5	2.489.676.557	3.387.163.479
6	2.629.295.316	3.721.143.898
7	4.604.599.277	5.594.388.266
8	4.993.395.470	6.082.634.345
9	5.547.659.286	6.688.331.978
10	6.035.581.690	7.238.580.852
11	6.473.842.365	7.733.758.835
12	6.833.462.091	8.139.512.984
13	6.964.051.975	8.289.319.032
14	7.086.968.337	8.432.991.451
15	7.074.779.970	8.430.583.341
16	7.081.700.523	8.448.435.685
17	7.115.204.518	8.471.643.529
18	7.114.030.994	8.459.670.347
19	7.110.515.450	8.452.334.021
20	6.029.497.808	7.378.106.861
21	7.185.971.565	8.550.650.627
22	7.207.566.600	8.581.043.297
23	6.686.401.398	7.992.940.394
24	6.082.879.042	7.341.607.448
25	5.387.419.162	6.638.288.041
26	4.657.838.325	5.946.924.565
27	6.043.654.929	7.198.997.138
28	5.968.898.902	7.137.594.560
29	6.004.865.470	7.194.500.607
30	6.000.359.880	7.218.905.541
<b>VAN</b>	<b>38.700.409.964</b>	<b>86.164.505.916</b>

#### **10.4.2 Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX)**

Los costos anuales de operación y mantenimiento se consideraron como un 1% del total de la inversión inicial en obras. Para el revestimiento en mampostería se consideró una restitución cada 10 años, tanto para la mampostería nueva como la existente. La Tabla 10-33 muestra los costos de operación y mantenimiento anualizados, considerando un mejoramiento de 12 km.

**Tabla 10-33: Costos de operación y mantención canal Bellavista**

	Costos de operación y mantención (Millones de pesos M\$/año)																													
	Año																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>Costos operacionales - Administración</b>																														
Salarios administración	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
Salarios supervisores (celadores)	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
<b>Costos operacionales - limpieza del canal</b>																														
Desembanque del fondo (manual y maquinaria)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
Limpieza del canal y bermas	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	
Reconstrucción de bermas	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
<b>Costos mantención - mejoramiento obras de hormigón</b>																														
Mejoramiento por desgastes, grietas, apertura de juntas. Obras hidráulicas	3,3				3,3				3,3				3,3				3,3			3,3				3,3				3,3		
Mejoramiento por desgastes, grietas. Revestimientos existentes (0,8 km)						152									152										152					
<b>Costos mantención - revestimientos en mampostería</b>																														
Reemplazo mampostería existente (1,56 km)		103,5					31,1				31,1					31,1					31,1				31,1				31,1	
Reemplazo mampostería nueva (12 km)					238,8					238,8					238,8						238,8				238,8				238,8	
<b>Costos mantención - revestimientos en geomembrana</b>																														
Reemplazo geomembrana existente (0,22 km) por mampostería			14,6					14,6				14,6				14,6				14,6				14,6				14,6		
<b>Costos de mantención y reparación compuertas</b>																														
Limpieza y engrasado vástago y engranaje	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Reemplazo compuerta de acero (1)	0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5	
<b>Subtotal costos de operación</b>	<b>45,3</b>	<b>145,0</b>	<b>56,6</b>	<b>41,5</b>	<b>284,1</b>	<b>193,5</b>	<b>73,0</b>	<b>56,1</b>	<b>45,3</b>	<b>280,3</b>	<b>42,0</b>	<b>72,6</b>	<b>59,9</b>	<b>41,5</b>	<b>280,8</b>	<b>193,5</b>	<b>76,4</b>	<b>56,1</b>	<b>42,0</b>	<b>280,3</b>	<b>45,3</b>	<b>72,6</b>	<b>56,6</b>	<b>41,5</b>	<b>284,1</b>	<b>193,5</b>	<b>73,0</b>	<b>56,1</b>	<b>45,3</b>	<b>280,3</b>
Contingencia 10%	4,5	14,5	5,7	4,2	28,4	19,4	7,3	5,6	4,5	28,0	4,2	7,3	6,0	4,2	28,1	19,4	7,6	5,6	4,2	28,0	4,5	7,3	5,7	4,2	28,4	19,4	7,3	5,6	4,5	28,0
<b>Total costos de operación</b>	<b>49,8</b>	<b>159,5</b>	<b>62,2</b>	<b>45,7</b>	<b>312,5</b>	<b>212,9</b>	<b>80,3</b>	<b>61,7</b>	<b>49,8</b>	<b>308,4</b>	<b>46,2</b>	<b>79,8</b>	<b>65,9</b>	<b>45,7</b>	<b>308,9</b>	<b>212,9</b>	<b>84,0</b>	<b>61,7</b>	<b>46,2</b>	<b>308,4</b>	<b>49,8</b>	<b>79,8</b>	<b>62,2</b>	<b>45,7</b>	<b>312,5</b>	<b>212,9</b>	<b>80,3</b>	<b>61,7</b>	<b>49,8</b>	<b>308,4</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 10.4.3 Costos ambientales

Dado que los mejoramientos del canal Bellavista se encuentran en la zona del canal existente, no se requiere faja de expropiación respecto a estas obras.

A su vez, el proyecto de obras de mejoramiento no generará externalidades económicas ni ambientales en el área de influencia en forma permanente, por lo tanto no forman parte de los flujos valorados del proyecto.

### 10.4.4 Rentabilidad del Proyecto Riego

La rentabilidad del proyecto se evaluó en términos de los indicadores valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR).

En base a esta metodología se ha considerado la situación actual a sin proyecto y la situación actual a situación con proyecto, estimando sus respectivos costos y beneficios para un horizonte de evaluación de 30 años. La diferencia de costos y beneficios entre la situación futura o con proyecto y la situación sin proyecto permite obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto.

De los casos anteriores se realizó la evaluación económica tanto de mercado como social.

Conforme a las recomendaciones del Ministerio de Desarrollo Social (MIDESO), la evaluación económica social del proyecto se realizó para una tasa de descuento del 6 %.

A modo de obtener una curva del valor actual neto, asociada a la longitud revestida, fue necesario estimar nuevos costos de inversión (CAPEX) y costos de operación y mantenimiento (OPEX). Para los CAPEX se simplificó mediante un multiplicador, estimado como la razón entre la longitud a revestir y los 12 km de revestimiento. Para el OPEX, sólo el costo de mantención asociado al revestimiento (nuevo y existente) fue ponderado con el mismo multiplicador. Con esto, se tienen valores de CAPEX y OPEX según la longitud de revestimiento.

Las Figura 10-1 y Figura 10-2 muestran de manera gráfica el comportamiento del VAN en función de la longitud a revestir.

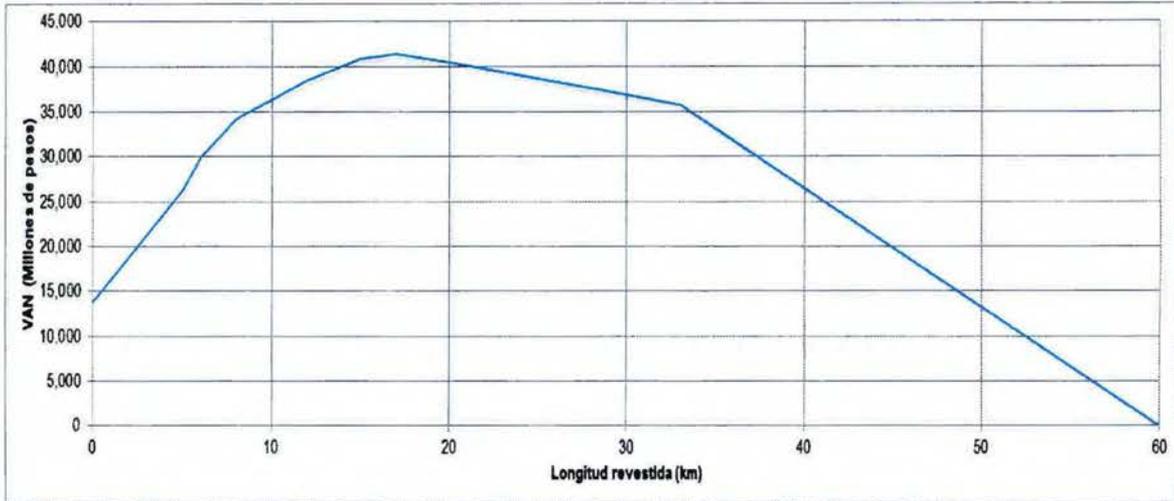
Los indicadores VAN y TIR según precio social y privado se presentan en la Tabla 4 34 y Tabla 4 35 respectivamente. Adicionalmente se incluye la superficie futura de riego considerando mismos rendimientos actuales.

De los resultados se observa la existencia de un óptimo dado para el precio social, donde dada cierta longitud de revestimiento, el VAN comienza a decrecer, e incluso llegando a valores negativos para el caso del precio privado. Las cifras del precio social son bastante mayores, con un orden de magnitud mayor del VAN en comparación con el precio privado.

Del indicador TIR se desprende que, considerando una tasa de descuento del 12%, la inversión dejaría de ser atractiva al momento de invertir en un revestimiento con una longitud menor a 15 km.

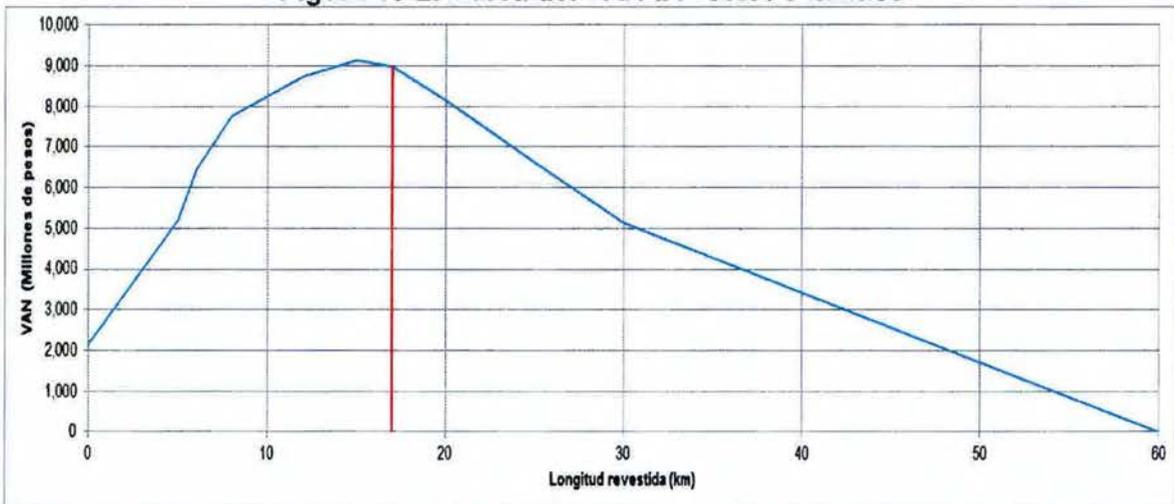
De los gráficos se puede observar que entre los 12 y los 18 km de revestimiento se encuentra el óptimo del proyecto, el cual solo se alcanzaría a tasas sociales (inversión del estado).

**Figura 10-1: Curva del VAN a Precios Sociales**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10-2: Curva del VAN a Precios Privados**



Fuente: Elaboración propia.

#### **10.4.5 Tamaño Óptimo del proyecto**

El tamaño óptimo de un proyecto busca determinar, la solución que maximice el valor actual neto de las opciones en el análisis de un proyecto. Los factores determinantes en estos son, la relación precio-volumen, y la relación costo-volumen.

De la evaluación económica efectuada, se obtuvo que la máxima rentabilidad a precios sociales se logra para una longitud de revestimiento entre los 12 y 18 km. Este análisis se realizó con el fin de conocer la tendencia de la rentabilidad del proyecto frente a la incorporación de superficie de riego.

#### **10.4.6 Momento óptimo de inversión**

Para determinar el momento óptimo de hacer una inversión se puede recurrir a distintos criterios, que dependen de las características específicas que presenta el proyecto.

Para medir esto se ocupa la rentabilidad inmediata, la cual mide la rentabilidad del primer año de operación respecto a la inversión realizada. La rentabilidad inmediata está fundamentada en que puede haber un proyecto con flujos de caja tan altos en los años futuros que compensaría a flujos que pudieran ser muy bajos en los años iniciales, mostrando un VAN positivo para el total del proyecto.

El proyecto debe ser implementado cuando el primer flujo sobre la inversión, de un resultado igual o superior a la tasa de retorno que exige el inversionista.

En este caso, ocupando tasa social el proyecto resulta rentable a pesar de los flujos negativos los primeros años (compensándolo casi cinco veces en el transcurso de 30 años), por tanto el momento óptimo de inversión corresponde a iniciar las obras lo más tempranamente posible.

Si el financiamiento del proyecto es del tipo público-privado, se puede considerar la distribución de la inversión en el tiempo para disminuir la carga de inversión de los agricultores que tengan que contribuir al proyecto.

La alternativa consideraría distribuir la inversión, y por ende la construcción de las obras, en periodos de 10 años. El proyecto podría ser costado en tres pagos cada 10 años, a diferencia de realizar la inversión en tres años consecutivos al inicio del proyecto (como fue planteado originalmente). Con ello, la carga de inversión de los agricultores asociados al canal disminuiría en los primeros años, entregando cierta holgura para distribuir los gastos de inversión al tiempo que se ejecutan las obras.

### **10.5 INDICADORES ADICIONALES**

#### **10.5.1 Rentabilidad por Hectárea Regada**

La rentabilidad por hectárea regada consiste en el cociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de hectáreas beneficiadas con riego.

La rentabilidad para cada una de las situaciones se presenta en la Tabla siguiente. Como se aprecia en la tabla indicada, en situación futura se produce un incremento del orden del 14,8% en relación a la rentabilidad de la situación sin proyecto. En esta última (optimizada) en relación a la actual sólo sufre un incremento del 0,1%.

**Tabla 10-34: Rentabilidad por Hectárea Regada**

Situación	Superficie Regada (ha)	Rentabilidad por ha regada (\$)	Incrementos %
Actual	1.250,00	2.488.801	0
Optimizada	1.250,00	2.491.891	0,1
Futura	2.513,00	2.859.519	14,8

### 10.5.2 Ingreso Per Cápite Asignable al Sector Agropecuario

El ingreso per cápita asignable al sector agropecuario consiste en el cociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de agricultores beneficiados con el mismo.

El ingreso per cápita de la situación futura se incrementa en 92,9% en relación a la situación actual. Esta información se presenta en la Tabla.

**Tabla 10-35: Ingreso per cápita**

Situación	Número Agricultores	Ingreso per cápita (\$)	Incrementos %
Actual	1.209	2.573.202	0
Futura	1.209	4.963.077	92,9

### 10.5.3 Generación de Exportaciones

La generación de exportaciones corresponde a la utilidad generada por producto exportable en el área de estudio.

Al respecto la generación de exportaciones producto de la construcción de obras se incrementa en un 491,7% al pasar de US\$33.753 en situación actual a US\$199.716 en situación futura.

**Tabla 10-36: Generación exportaciones (\$US)**

Situación	Exportaciones en \$US	Incrementos %
Actual	33.753	0
Futura	199.716	491,7

#### 10.5.4 Generación de Impuestos

La generación de impuestos corresponde al impuesto generado por el incremento de la utilidad producto de la entrada en funcionamiento del mejoramiento del canal.

Al respecto la generación de impuestos producto de la construcción de obras se incrementa en un 131,5% al pasar de \$26,1 millones en situación actual a más de \$60,5 millones en situación futura.

**Tabla 10-37: Generación Impuestos**

<b>Situación</b>	<b>Impuestos en \$</b>	<b>Incrementos %</b>
Actual	26.153.480	0
Futura	60.550.668	131,5

## 11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la evaluación económica realizada, se puede concluir que el proyecto de mejoramiento del canal Bellavista es rentable y cuenta con mínimos riesgos de inversión, a nivel social.

De acuerdo a la evaluación social se logra un máximo VAN cercano a los 40 mil millones de pesos para una inversión en revestimiento del canal de entre los 12 y 18 km. Con ello se alcanza una TIR por sobre al 20%. En el caso más desfavorable (riesgo), este VAN se reduciría a la mitad, aun siendo positivo y con tasa mayor al 6%. Ahora bien, la evaluación privada presenta VAN positivos menores a los anteriores pero con tasas mayores al 12 % exigidas con una longitud de revestimiento óptima de 15 km.

Este consultor, recomienda en base a los resultados obtenidos, que la inversión sea ejecutada en una alianza público privada, en donde por ejemplo el sector privado ejecute las obras de mejoramiento de perdidas (12 km revestidos como mínimo) y el estado las obras de seguridad geológica y geotécnica del canal.

Además, los indicadores económicos adicionales como la relación beneficio-costos, rentabilidad por hectárea regada o los ingresos per cápita debido al proyecto, arrojan resultados positivos como resultado de llevar a cabo las obras. Por ello, el momento óptimo de inversión sería iniciar las obras lo más pronto posible.

Por otra parte, de los métodos alternativos de evaluación del proyecto de riego descritos en este informe, se aprecia que el método de valor incremental de la tierra entrega un mayor beneficio que el del valor de transacciones de agua. Estos resultados son discutibles dada una serie de limitaciones que existen para realizar estos análisis. En primer lugar no existen una cantidad de datos suficiente para ambos métodos de análisis que permitan tener resultados precisos. Varios de los datos que se utilizaron para el análisis dependen de factores que no aparece en los registros lo que impide que sean objetivos los resultados. Además no existe un mercado lo suficientemente grande que represente precios de compra venta reales del bien transado, como en es el caso de los derechos de agua.

Dadas las limitaciones antes descritas, se recomienda considerar los resultados del método del valor del producto marginal como representativos de la rentabilidad del proyecto.

En la siguiente Tabla, se presenta la situación de mejoramientos proyectados y su ubicación por tramo (km) de canal. De lo anterior, se puede visualizar que existen tramos con beneficios múltiples dependiendo el foco de mejoramiento que se requiere. En el caso del canal Bellavista, se puede ver que todo el canal presenta algún tipo de problema que necesita ser solucionado, solo los tramos 1 y 2 presentan levemente un grado de urgencia mayor.

**Tabla 11-1: Tipo de Mejoramiento Considerado por Tramo de Canal (km)**

		Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
<b>1</b>	<b>OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO</b>						
1.1	<b>MANTENCIÓN DE OBRAS</b>						
1.1.1	Mantenición compuertas				X	X	
1.1.2	Sellos de fondo	X	X	X	X	X	X
1.1.3	Reperfilamiento	X	X	X	X	X	X
1.2	<b>SISTEMA CONTROL DE CAUDALES</b>						
1.2.1	Sistema de medición manual		X			X	
1.2.2	Sistema de medición remoto		X			X	
1.3	<b>REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN</b>						
1.3.1	Revestimientos	X	X		X		X
<b>2</b>	<b>MEJORAR LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CANAL</b>						
2.1	<b>INESTABILIDAD DE TALUDES POR ROEDORES (CURUROS)</b>						
2.1.1	Revestimiento mediante mampostería	X	X		X		
2.2	<b>DESLIZAMIENTOS POR DEBILITAMIENTO EN TALUD DEBIDO A PRECIPITACIONES INTENSAS</b>						
2.2.1	Revestimiento mediante mampostería + Cubierta canal con loseta Hormigón	X	X				
2.3	<b>REVESTIMIENTO DE PORTALES DE TÚNELES</b>						
2.3.1	Revestimiento de portales de 10 túneles	X	X				
2.3.2	Revestimiento Túnel Las Rojas	X					
2.3.3	Revestimiento Túnel Los Burros		X				
2.4	<b>CRUCE DE QUEBRADAS</b>						
2.4.1	Sifón El Arrayán	X					
	<b>Prioridad</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

Teniendo en vista los resultados del estudio, este consultor recomienda lo siguiente:

- Continuar la ingeniería de mejoramientos del canal, a través de algún medio legal de modo de acelerar la ejecución de estas obras. Este canal es uno de los más antiguos de Chile y presenta pérdidas importantes, por lo cual urge realizar todos los mejoramientos indicados en este informe. Esto conlleva un aumento considerable de la seguridad de riego del sector.
- Introducir un sistema de selección de mejoramientos en función de la capacidad de pago de la asociación de regantes.
- Dar prioridad a la rehabilitación y mejoramiento de obras existentes por sobre la iniciación de obras nuevas de mayor envergadura, como por ejemplo reperfilamientos y sellos de fondo.

- Concentrar los esfuerzos en los tramos en donde se obtienen los mayores beneficios, como lo visualizado en tabla anterior.
- Fortalecer la labor del administrador y sus celadores, dado que actualmente cubren una gran área con pocos recursos humanos.
- Mantener el esquema de operación manual y a corto plazo incorporar telecontrol y tele medición de los caudales en diferentes tramos de manera de actuar en forma oportuna y preventiva ante contingencias o extracciones.
- Dar la posibilidad a los usuarios de coparticipar en la supervisión de la obra, por ejemplo designando a un profesional que acompañe periódicamente a los encargados de la construcción, con ello se evitarían discusiones por posibles fallas o problemas los cuales son traspasados a CNR o DOH finalmente.
- Que la asociación de canalistas identifique que mejoramientos pueden atraer aportes de privados de los propios usuarios y explotar la posibilidad de concesión, de manera de acelerar la ejecución de los trabajos. Incluso revisar otras alternativas que en este estudio se han analizado.
- Realizar talleres en asociación de canal de manera de realizar un plan para disminuir las extracciones ilegales existentes que se presentan en forma esporádica. En el transcurso de este estudio esta situación ha ido en aumento, por lo cual es un tema que debe ser abordado en conjunto con el gobierno regional.
- Difundir en talleres a la comunidad que el impacto ambiental del proyecto es ampliamente favorable, debido al mejoramiento del riego de los terrenos actualmente mal regados. Por otra parte, los impactos negativos debido a la construcción de las obras son pequeños, pues las obras nuevas van en su mayoría en laderas de cerro, compatible con la infraestructura de riego existente.