

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

VOLUMEN 4: Anexos 7-8-9-11-12

Santiago, mayo de 2015



“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

Anexo 7

Santiago, mayo de 2015

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

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

N° 4184-1000-GE-INF-002_C

INFORME CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA CANAL BELLAVISTA

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-0000-GE-INF-007**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	C. Sandoval	J. Lagos	P. Zuñiga / D. González	Coordinación Interna
	Fecha	22.08.14	25.08.14	25.08.14	
B	Nombre Firma	C. Sandoval	J. Lagos	P. Zuñiga / D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	28.08.14	28.08.14	28.08.14	
C	Nombre Firma	C. Sandoval	D. Solans / C. Sandoval	P. Zuñiga / D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	13.11.14	13.11.14	13.11.14	

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

INFORME CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA CANAL BELLAVISTA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	4
2	OBJETIVOS Y ALCANCES	4
3	REFERENCIAS	4
4	CAMPAÑA DE PROSPECCIONES.....	5
4.1	GENERALIDADES.....	5
4.1.1	Calicatas	7
4.2	PROGRAMA DE ENSAYOS	9
4.2.1	Propiedades Índices	9
4.2.2	Ensayos In situ.....	11
5	PARAMETRIZACIÓN Y MONOGRAFÍA GEOTÉCNICA	12
6	DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO.....	16
6.1	RESUMEN	16
6.2	FILTRACIONES QUEBRADA ARRAYÁN	16
6.3	PRESENCIA DE AGUJEROS GENERADOS POR ROEDORES.....	17
6.4	DESLIZAMIENTOS DE TALUD HACIA EL CANAL.....	19
6.5	FILTRACIONES EN QUEBRADA KM 9,5.	19
6.6	FILTRACIONES KM 22,5.....	21
7	CONCLUSIONES	23

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Informe Calicatas Canal Bellavista DPI

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4-1: Resumen de Información de Calicatas.....	7
Tabla 4-2: Resultados granulométricos.....	9
Tabla 4-3: Resultados ensayos de densidad in situ	11
Tabla 5-1: Monografía geológica – geotécnica canal Bellavista.	13
Tabla 5-2: Rangos de permeabilidades para distintos materiales. (Ref. 5).....	15
Tabla 5-3: Parámetros geotécnicos.	15

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación de Prospecciones canal Bellavista.	6
Figura 4-2: Granulometría canal Bellavista.	11
Figura 5-1: Sectorización geológica geotécnica canal Bellavista.	12

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 6-1: Filtración quebrada Arrayán.....	16
Fotografía 6-2. Filtración quebrada Arrayán.....	17
Fotografía 6-3. Vista en detalle de agujero generado por roedores.....	18
Fotografía 6-4. Falla de talud por debilitamiento.	18
Fotografía 6-5. Deslizamientos de talud hacia el canal	19
Fotografía 6-6. Km 9,5. Filtraciones talud a valle.	20
Fotografía 6-7. Km 9,5. Filtraciones talud a valle.	20
Fotografía 6-8: Km 22,5. Filtración talud a valle.	21
Fotografía 6-9: Km 22,5. Filtración talud a valle.	22

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto Mejoramiento del Canal Bellavista, La Comisión Nacional de Riego (CNR), ha solicitado el apoyo de Arcadis Chile (ARCADIS) para el estudio geológico-geotécnico del trazado del canal ubicado en la IV Región de Coquimbo. El canal se encuentra en las cercanías de la ciudad de La Serena, capital regional a unos 480 km de distancia de la ciudad de Santiago.

El canal Bellavista cuenta con una longitud de 58 km y su caudal de derecho es de 3,677 m³/s. Se abastece de las aguas del río Elqui y distribuye sus aguas a 2.250 usuarios cuya superficie de riego se estima en alrededor de 5.700 ha.

En este informe se presenta un modelo geológico-geotécnico del terreno de fundación del canal a partir de la interpretación de las exploraciones de terreno y de la interpretación y análisis de resultados de los ensayos in situ y de laboratorio efectuados como parte de la presente ingeniería de prefactibilidad.

2 OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo del presente informe es entregar una descripción y caracterización de las unidades de suelos presentes a lo largo del trazado del canal Bellavista. Con este propósito, Arcadis ha desarrollado un análisis geológico-geotécnico basado en la interpretación y análisis de la información obtenida a partir de visitas a terreno por parte de especialistas, excavación de calicatas, ensayos in-situ y ensayos de laboratorio efectuados a partir de muestras obtenidas en terreno. Adicionalmente, se presentan los principales problemas geotécnicos detectados durante el recorrido del canal.

3 REFERENCIAS

Para la elaboración de este informe se tuvo a la vista los siguientes antecedentes:

- Ref. 1 **ARCADIS Chile** (2014). Visita a terreno N°3 realizada el día 09 de Junio de 2014.
- Ref. 2 **ARCADIS Chile** (2014). Informes diarios de actividades en terreno.
- Ref. 3 **ARCADIS Chile** (2014). Informe N° 4184-000-GO-INF-006 "Caracterización Geológica Canal Bellavista".
- Ref. 4 DPI (2014). Ensayos canal Bellavista.
- Ref. 5 Look, B (2007): "Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables". Taylor & Francis. Balkema.

4 CAMPAÑA DE PROSPECCIONES

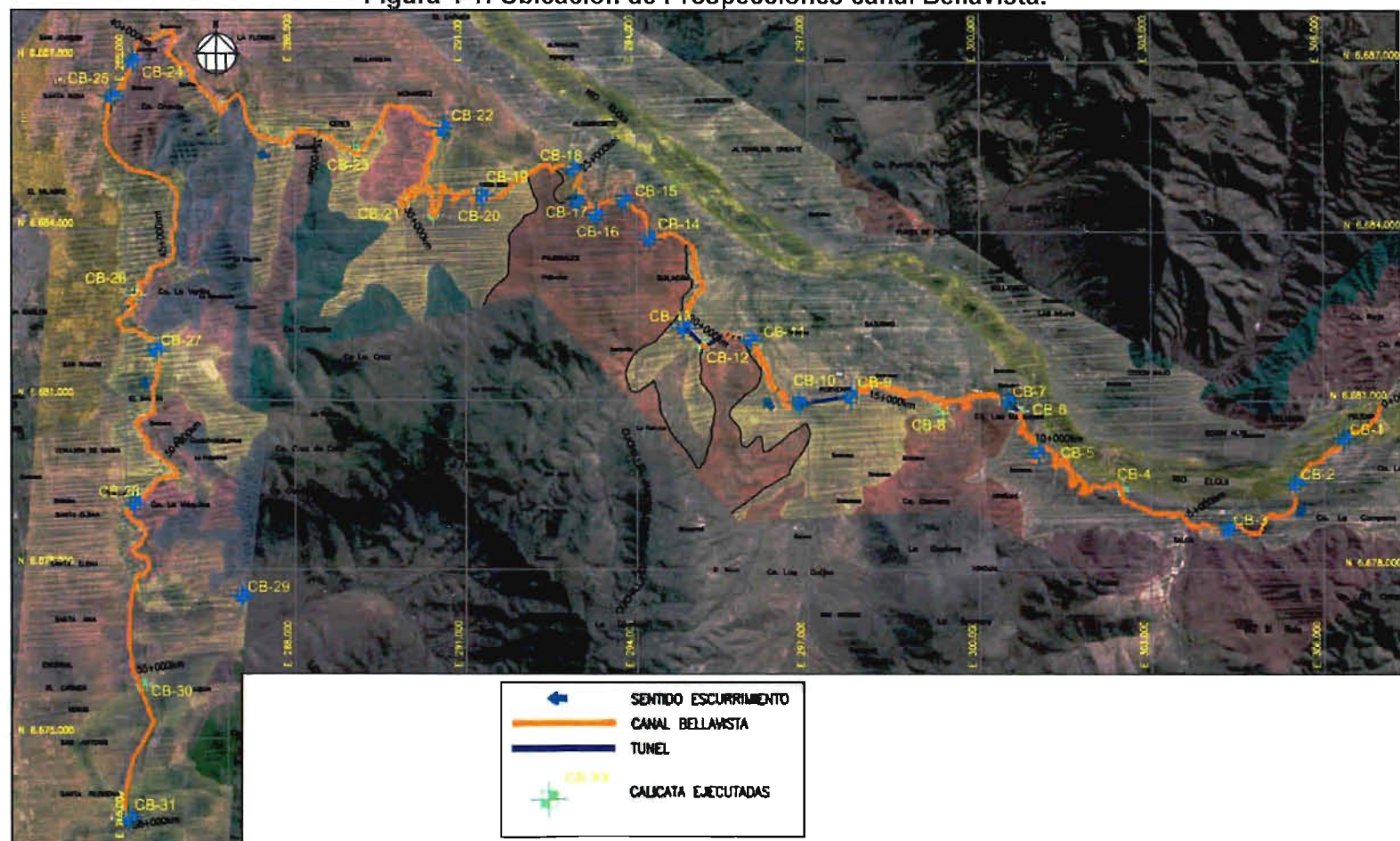
4.1 GENERALIDADES

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 las siguientes actividades:

- 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 4-1, 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 4-1: Ubicación de Prospecciones canal Bellavista.



4.1.1 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 4-1 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. La excavación de las calicatas, su respectiva descripción estratigráfica y ensayos de densidad in situ estuvo a cargo de la empresa DPI en calidad de subcontrato de Arcadis.

Tabla 4-1: Resumen de Información de Calicatas.

Calicata	Coordenadas UTM (WGS84)		Km Canal	Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)	Observaciones
	Norte	Este				
cb-01	6.680.330	306.367	0,4	1,50	1,43	suelo natural
cb-02	6.679.537	305.515	2,5	0,67	0,60	suelo natural
cb-03	6.678.725	304.336	4,2	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-04	6.679.399	302.505	6,6	1,50	no se detecta	clasto al fondo
cb-05	6.680.087	301.022	9,9	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-06	6.680.816	300.678	10,8	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-07	6.681.003	300.493	11,2	3,30	no se detecta	suelo natural
cb-08	6.680.857	299.365	12,9	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-09	6.681.080	297.753	15,5	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-10	6.680.961	296.824	16,5	2,30	no se detecta	suelo natural
cb-11	6.680.830	295.955	18,3	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-12	6.681.974	295.164	19,4	2,30	2,27	suelo natural
cb-13	6.682.308	294.824	19,9	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-14	6.683.973	294.232	22,5	1,70	no se detecta	clasto al fondo
cb-15	6.684.546	293.751	23,3	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-16	6.684.292	293.281	24,1	2,00	1,70	suelo natural
cb-17	6.684.537	292.963	24,6	-	-	Sin excavar (corte rocoso)
cb-18	6.685.164	292.817	25,3	2,00	no se detecta	suelo natural

Calicata	Coordenadas UTM (WGS84)		Km Canal	Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)	Observaciones
	Norte	Este				
cb-19	6.684.654	291.313	27,3	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-20	6.684.306	290.438	28,9	2,20	no se detecta	suelo natural
cb-21	6.684.516	289.919	30,4	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-22	6.685.846	290.590	32,3	1,60	no se detecta	roca
cb-23	6.685.389	289.024	34,3	0,90	no se detecta	clasto al fondo
cb-24	6.687.005	285.112	40,8	1,80	no se detecta	suelo natural
cb-25	6.686.380	284.746	41,4	1,90	no se detecta	suelo natural
cb-26	6.682.871	285.183	46,4	0,95	no se detecta	clasto al fondo
cb-27	6.681.894	285.525	48,1	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-28	6.679.159	285.160	52,0	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-29	6.677.524	287.074	N/A	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-30	6.675.933	285.278	56,0	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-31	6.673.601	285.943	58,5	2,00	no se detecta	suelo natural

4.2 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.

4.2.1 Propiedades Índices

El resumen de los resultados de los ensayos granulométricos efectuados sobre las muestras extraídas de las calicatas se presentan en la Tabla 4-2, 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%.

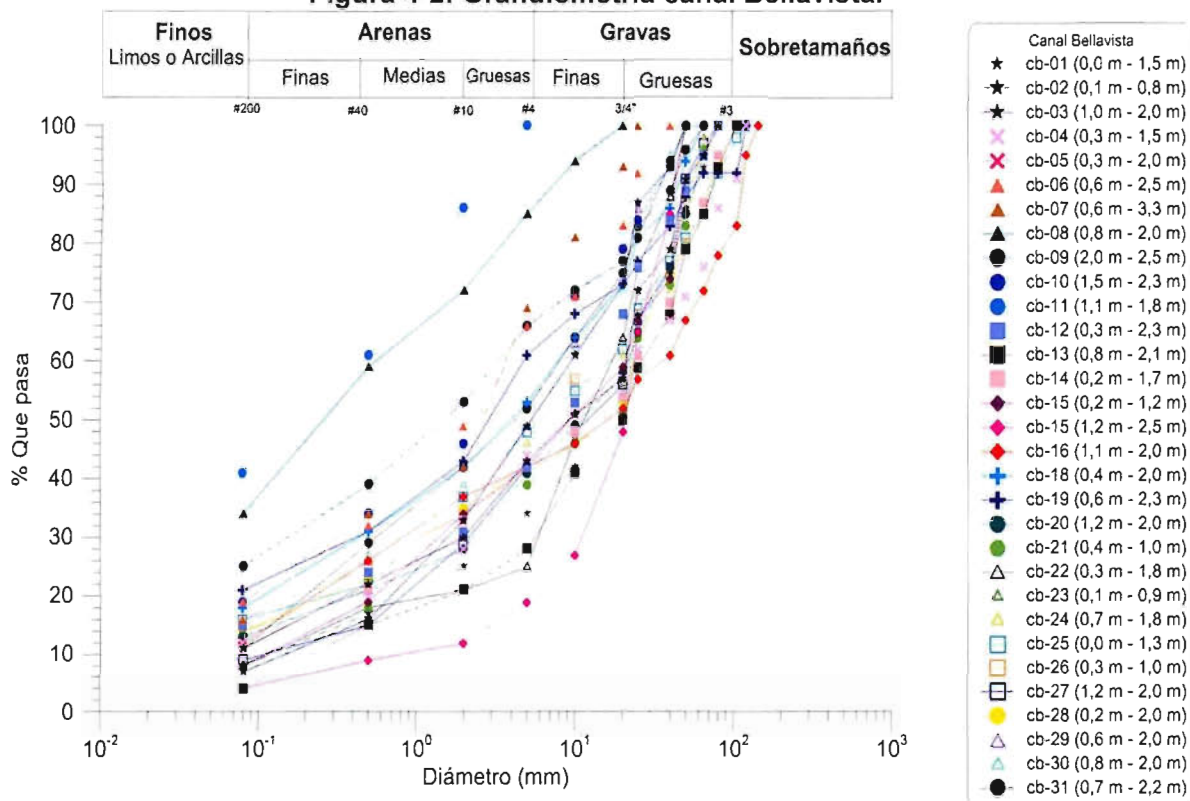
Los certificados de estos ensayos se adjuntan en el Anexo A del presente documento.

Tabla 4-2: Resultados granulométricos.

Identificación Muestra	Tipo Muestra	Profundidad (m)		Clasificación completa							
		Inicio	termino	% Sobretamaño	% Gravas	% Arenas	% Finos	Peso Específico, 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

Identificación Muestra	Tipo Muestra	Profundidad (m)		Clasificación completa							
		Inicio	termino	% Sobretamaño	% Gravas	% Arenas	% Finos	Peso Específico, Gs	Límite Líquido, LL (%)	Índice de Plasticidad, IP (%)	Clasificación USCS
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 4-2: Granulometría canal Bellavista.



4.2.2 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 4-3. El detalle de estos ensayos se presenta en Anexo A del presente documento.

Tabla 4-3: Resultados ensayos de densidad in situ

Calicata	Profundidad de ensayo (m)	Densidad Húmeda, γ_w (t/m ³)
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, γ_w (t/m ³)
cb-20	2,00	2,06
cb-27	2,00	1,89
cb-28	2,00	1,48
cb-29	2,00	1,92

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 5-1 y Tabla 5-1.

Figura 5-1: Sectorización geológica geotécnica canal Bellavista.



Tabla 5-1: 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 $2,0 \text{ t/m}^2$.

Se estima que los materiales granulares correspondientes a gravas arenosas y arenas gravosas con un grado de compactación 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 5-.

Tabla 5-: 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	Loose	
Sands	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 5-2 se presentan valores típicos reportados en la literatura técnica de acuerdo al sistema USCS.

Tabla 5-2: 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
	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}
	Clayey	SC	10^{-8} to 10^{-6}
Inorganic silts	Low plasticity	ML	10^{-9} to 10^{-7}
	High plasticity	MH	10^{-9} to 10^{-7}
Inorganic clays	Low plasticity	CL	10^{-9} to 10^{-7}
	High plasticity	CH	10^{-10} to 10^{-8}
Organic	with silts/clays of low plasticity	OL	10^{-8} to 10^{-6}
	with silts/clays of high plasticity	OH	10^{-7} to 10^{-5}
Peat	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 5-3.

Tabla 5-3: Parámetros geotécnicos.

Sistema	Tipo de Suelo	Densidad Natural [t/m ³]	Cohesión [t/m ²]	Angulo de fricción [°]	Permeabilidad [m/s]
Depósitos de Conos de Deyección antiguos (MPlcb)	Gravas gruesas, gravas arenosas, gravas finas y arenas gruesas con gravas y bloques	1,7 – 2,0	1,0 – 2,0	32 - 37	10^{-6} – 10^{-2}
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^{-6} – 10^{-2}
Depósitos Fluviales recientes (Qf)	Gravas gruesas a muy gruesas con bloques	1,6 – 1,9	0,0 - 1,0	34 - 39	10^{-6} – 10^{-2}
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^{-6} – 10^{-2}
Depósitos Aluviales recientes (Qa)	Gravas en matriz de arena y limo	1,7 – 2,0	0,0 - 1,0	34 - 39	10^{-6} – 10^{-2}
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^{-6} – 10^{-2}

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

6 DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO

6.1 RESUMEN

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

6.2 FILTRACIONES QUEBRADA ARRAYÁN

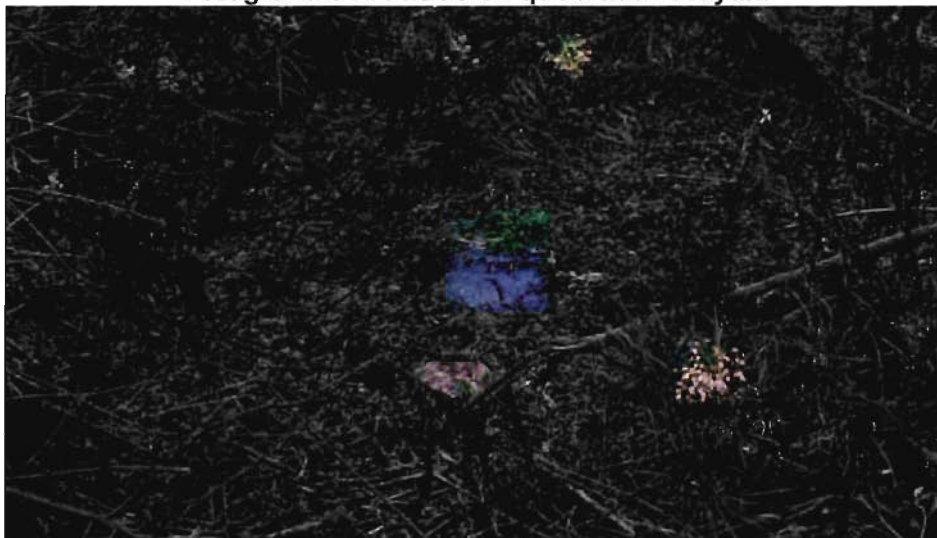
En este sector, correspondiente al inicio del trazado del canal, se observa que el suelo aguas abajo del canal se encuentra totalmente saturado, lo cual genera un riesgo de inestabilidad del pretil del canal. En la Fotografía 6-1 y Fotografía 6-2 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

Fotografía 6-1: Filtración quebrada Arrayán.



* Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6-2. Filtración quebrada Arrayán.



* Fuente: Elaboración Propia

6.3 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 Fotografía 6-3 y Fotografía 6-4 se presenta un ejemplo de los agujeros generados por roedores y las fallas de talud asociados.

Fotografía 6-3. Vista en detalle de agujero generado por roedores.



* Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6-4. Falla de talud por debilitamiento.



* Fuente: Elaboración Propia.

6.4 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 Fotografía 6-5 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

Fotografía 6-5. Deslizamientos de talud hacia el canal



* Fuente: Elaboración Propia

6.5 FILTRACIONES EN QUEBRADA KM 9,5.

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 Fotografía 6-6 y Fotografía 6-7 se presenta la filtración antes mencionada.

Fotografía 6-6. Km 9,5. Filtraciones talud a valle.



* Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6-7. Km 9,5. Filtraciones talud a valle.



* Fuente: Elaboración Propia

6.6 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 Fotografía 6-8 y Fotografía 6-9 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

Fotografía 6-8: Km 22,5. Filtración talud a valle.



* Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6-9: Km 22,5. Filtración talud a valle.



* Fuente: Elaboración Propia

7 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.
- Se realizó un diagnóstico geotécnico del canal Bellavista describiendo los principales hallazgos 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.

ANEXO A INFORME CALICATAS CANAL BELLAVISTA DPI

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

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

ANEXO A - CALICATAS EN CANAL BELLAVISTA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	DPI Ltda	J. Lagos	P. Zuñiga / D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	28.08.14	28.08.14	28.08.14	
C	Nombre Firma	DPI Ltda	D. Solans / C. Sandoval	P. Zuñiga / D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	13.11.14	13.11.14	13.11.14	

INDICE

1.0	ANTECEDENTES.....	3
2.0	ALCANCE DE LOS SERVICIOS.....	4
3.0	CANAL BELLAVISTA	5
3.1	ESTUDIO ESTRATIGRAFICO EN CANAL BELLAVISTA.....	8
3.2	ENSAYOS DE DENSIDAD DE CANAL BELLAVISTA	51
3.3	ANALISIS DE LABORATORIO.....	56

1.0 ANTECEDENTES

ARCADIS CHILE se encuentra evaluando para la Comisión Nacional de Riego, CNR, del Ministerio de Agricultura, las características geotécnicas del sector en el cual se desarrolla el canal de Bellavista, ubicado en el valle del Elqui, IV Región de Coquimbo.

Se pretende de esta manera dimensionar los principales problemas geotécnicos existentes en el trazado de este canal, el cual se encuentra asociado a pérdidas conductivas, infiltraciones y faltas de nuevas obras de seguridad que permitan optimizar los caudales transportados y a la vez aumentar las superficies de riego.

El canal Bellavista con una longitud aproximada de 60km se desarrolla en el valle del Elqui cruzando las comunas de La Serena y Coquimbo. En su investigación se ejecutaron 30 calicatas con profundidades entre 2 y 3m, totalizando 58.12m.

La siguiente figura muestra el canal Bellavista en el centro del valle del río Elqui.



A continuación se entregan los datos obtenidos del estudio a través de calicatas desarrolladas en el trazado de este canal.

2.0 ALCANCE DE LOS SERVICIOS

De acuerdo con lo solicitado por ARCADIS CHILE, los servicios realizados por DPI Ltda fueron los siguientes:

- 30 calicatas en Canal Bellavista.
- Ensayos de densidad in situ.
- Muestreo en cada calicata de los estratos más representativos.
- Traslado de muestras al laboratorio.
- Determinación de Porcentaje de Humedad y Densidad seca en laboratorio.
- Procesamiento y análisis de los resultados obtenidos y su interpretación.
- Elaboración de un informe final.

3.0 CANAL BELLAVISTA

Los trabajos realizados en las cercanías del canal Bellavista, se localizaron en los alrededores de la Comuna de la Serena, IV Región, Coquimbo.

A continuación se resume en varias tablas su ubicación, en coordenadas UTM y la profundidad alcanzada para cada una de ellas.

N° CALICATA	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
CB01	0306367	6680330
CB02	0305515	6679537
CB03	0304336	6678725
CB04	0302505	6679399
CB05	0301022	6680087
CB06	0300678	6680816
CB07	0300493	6681003
CB08	0299365	6680857
CB09	0297753	6681080
CB10	0296824	6680961
CB11	0295955	6680830
CB12	0295164	6681974
CB13	0294824	6682308
CB14	0294232	6683973
CB15	0293751	6684546
CB16	0293281	6684292
CB18	0292817	6685164
CB19	0291313	6684654
CB20	0290438	6684306
CB21	0289919	6684516
CB22	0290590	6685846
CB23	0289024	6685389
CB24	0285112	6687005
CB25	0284746	6686380
CB26	0285183	6682871
CB27	0285525	6681894
CB28	0285160	6679159
CB29	0285074	6677524
CB30	0285278	6675933
CB31	0285943	6673601

Tabla 1. Coordenadas de las calicatas realizadas en Canal Bellavista

Nº de Calicata	Profundidad alcanzada (m)
CB 01	1,50
CB 02	0,67
CB 03	2,00
CB 04	1,50
CB 05	2,00
CB 06	2,00
CB 07	3,30
CB 08	2,00
CB 09	2,50
CB 10	2,30
CB 11	2,50
CB 12	2,30
CB 13	2,00
CB 14	1,70
CB 15	2,50
CB 16	2,00
CB 18	2,00
CB 19	2,00
CB 20	2,20
CB 21	2,00
CB 22	1,60
CB 23	0,90
CB 24	1,80
CB 25	1,90
CB 26	0,95
CB 27	2,00
CB 28	2,00
CB 29	2,00

CB 30	2,00
CB 31	2,00
TOTAL METROS EXCAVADOS	58,12

Tabla 2 . Profundidad máxima alcanzada en cada calicata correspondiente al Canal Bellavista.

3.1 ESTUDIO ESTRATIGRAFICO EN CANAL BELLAVISTA

En cada calicata se ha realizado una descripción estratigráfica y una toma de muestras correspondiente a cada horizonte identificado.

Para determinar e identificar estructuras, horizontes y texturas del suelo, los criterios han sido los siguientes:

- Identificación geológica del material.
- Color, identificación y variación de este con la profundidad (sin utilización de tabla Munsell).
- Medida y variación de la consistencia/compacidad de los materiales en profundidad.
- Uniformidad/gradación del material.
- Forma-angulosidad.
- Medida y variación de la plasticidad, si existieran arcillas.
- Presencia de materia orgánica.
- Presencia de arcillas.
- Presencia de cementaciones.
- Presencia de agua.

A continuación se entrega una descripción detallada de los datos obtenidos a modo de tabla, junto con un resumen de las imágenes tomadas correspondientes a la pared Norte de cada calicata.

Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 01	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0306367 Norte 6680330	Prof. (metros)	1.50

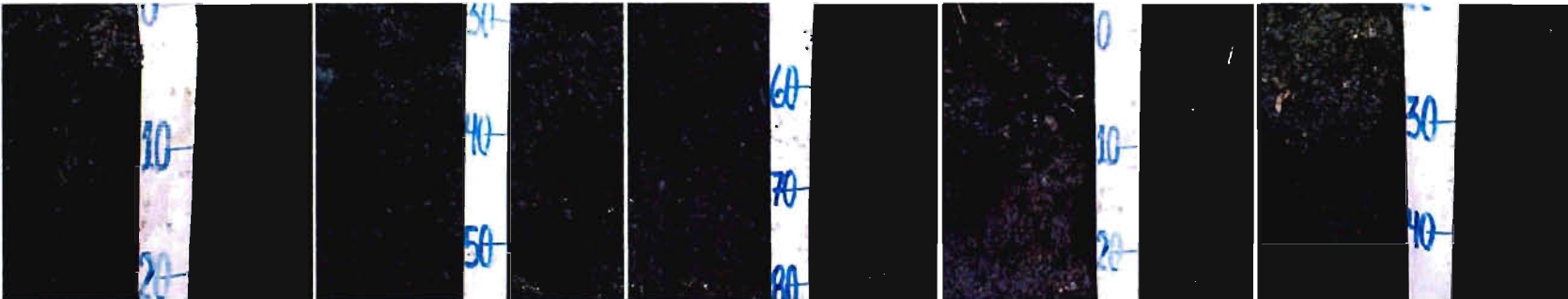
Descripción estratigráfica

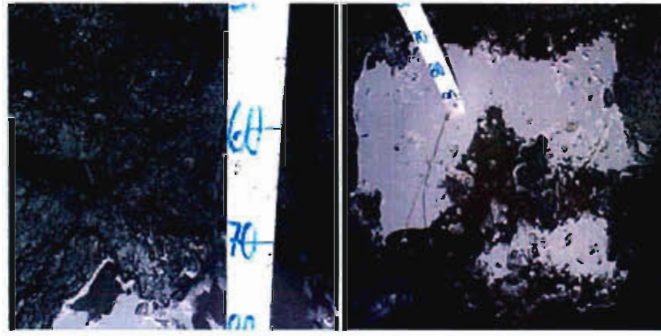
De 0.00 a 1.50 m. Grava arenolimosas con presencia de bolones. Mal graduadas. Color café claro. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 13", partículas redondeadas y subredondeadas. Humedad alta, compacidad media, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 45%, arena 40%, bolones 10%, limo 10%. A término de la calicata, a 1.50 m, se produce filtración de agua.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata





Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 02	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0305515 Norte 6679537	Prof. (metros)	0.67
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 0.67 m. Gravas arenosas y bolones. Bien graduadas. Color negro y color amarillento de manera intercalada. Tamaño máximo de partícula (gravosa) de 5", partículas subredondeadas. Humedad alta, plasticidad baja, compacidad media, plasticidad nula, cementación nula. Olor fuerte a descomposición. Filtración de agua a los 0.80 m, se finaliza la excavación. Granulometría estimada: gravas 50%, arena 35%, limo 10%, bolones 5%. Filtración de agua al finalizar la calicata.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 03	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha	-	Coordenadas	Este 0304336 Norte 6678725	Prof. (metros)	2.00

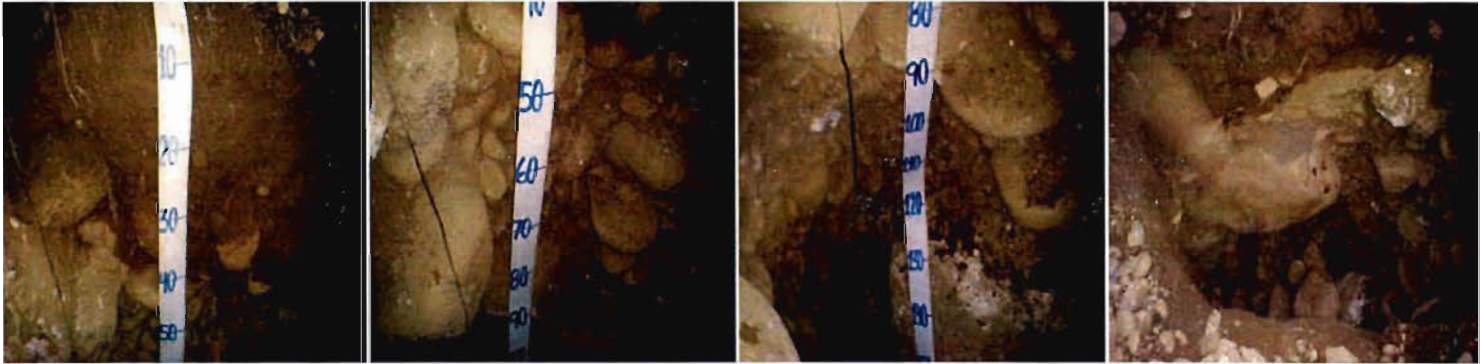
Descripción estratigráfica

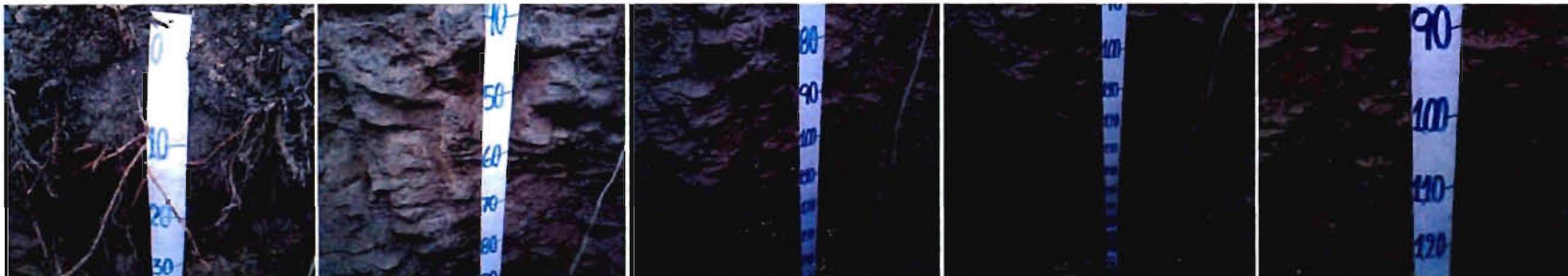
De 0.00 a 0.45 limo arenoso con presencia de gravas. Color café. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 3", partículas subredondeadas. Humedad media-baja, consistencia alta, consistencia alta, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: limo 45%, arena 45%, gravas 10%.

De 0.45 a 2.00 m. Gravas arenolimosas, con presencia baja de bolones. Bien graduadas. Color café hasta 1.00, después color café claro. Se mantiene la presencia de raicillas. Tamaño máximo de partícula de 4", partículas subredondeadas. Humedad baja, compacidad alta, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 60%, arena 20%, limo 15 %, bolones 5%.

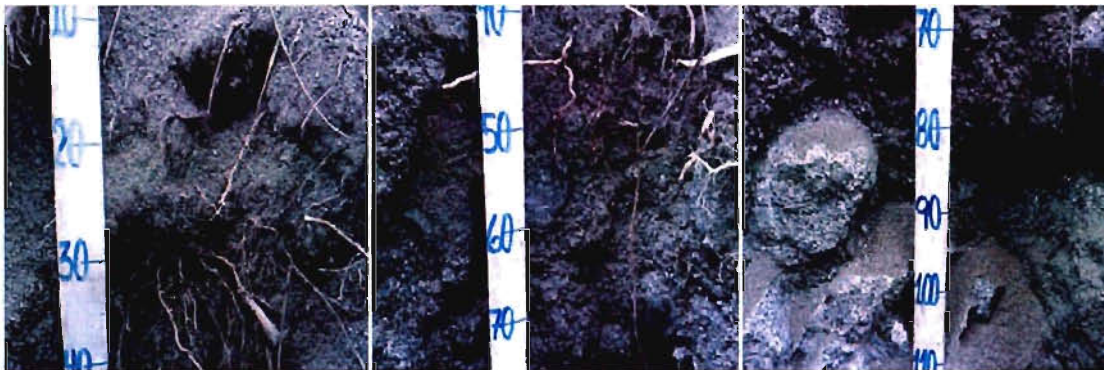
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 04	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0302505 Norte 6679399	Prof. (metros)	1.50
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 0.30 m Arenas limosas con presencia de gravas. Color café claro. Se observan raicillas. Compacidad media, humedad baja, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: arena 70%, limo 20%, gravas 10%. De 0.30 a 1.50 m Gravas arenolimosas y bolones. Mal graduadas. Color café claro. Tamaño máximo de partícula de 6", partículas subredondeadas. Humedad baja, compacidad alta, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 65%, arenas 15%, limo 10%, bolones 10%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							

Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 05	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0301022 Norte 6680087	Prof. (metros)	2.00
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 0.25 m Arenas finas limosas. Mal graduadas. Color café oscuro. Se observan raicillas. Humedad media-alta, compacidad media, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: arenas 70%, limo 30%. De 0.25 a 2.00 m a Gravas limo-arcillosas. Mal graduadas. Color café amarillento. Tamaño máximo de partícula de 5", partículas redondeadas. Humedad media a alta según aumentamos en profundidad, compacidad alta, plasticidad media, cementación nula. Granulometría estimada: arena 60%, limo 40%. Filtración de agua a 1.90 m.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 06	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0300678 Norte 6680816	Prof. (metros)	2.00
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 0.60 m Arenas limosas y algo de gravas. Mal graduadas. Color gris. Se observan raicillas. Humedad media, compacidad baja a alta según aumentamos en profundidad, plasticidad nula, cementación nula. Se observan clastos de composición granítica meteorizados. Tamaño máximo de 5". Granulometría estimada: arena 85%, limo 15%. De 0.60 a 2.00 m Gravas arenolimosas y presencia de bolones. Bien graduadas. Color gris. Humedad media, compacidad alta (aumenta con la profundidad), cementación baja, plasticidad nula. Tamaño máximo de partícula de 31", partículas subredondeadas. Granulometría estimada: gravas 40%, arenas 40%, limo 10%, bolones 10%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 07	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha	-	Coordenadas	Este 0300493 Norte 6681003	Prof. (metros)	3.30

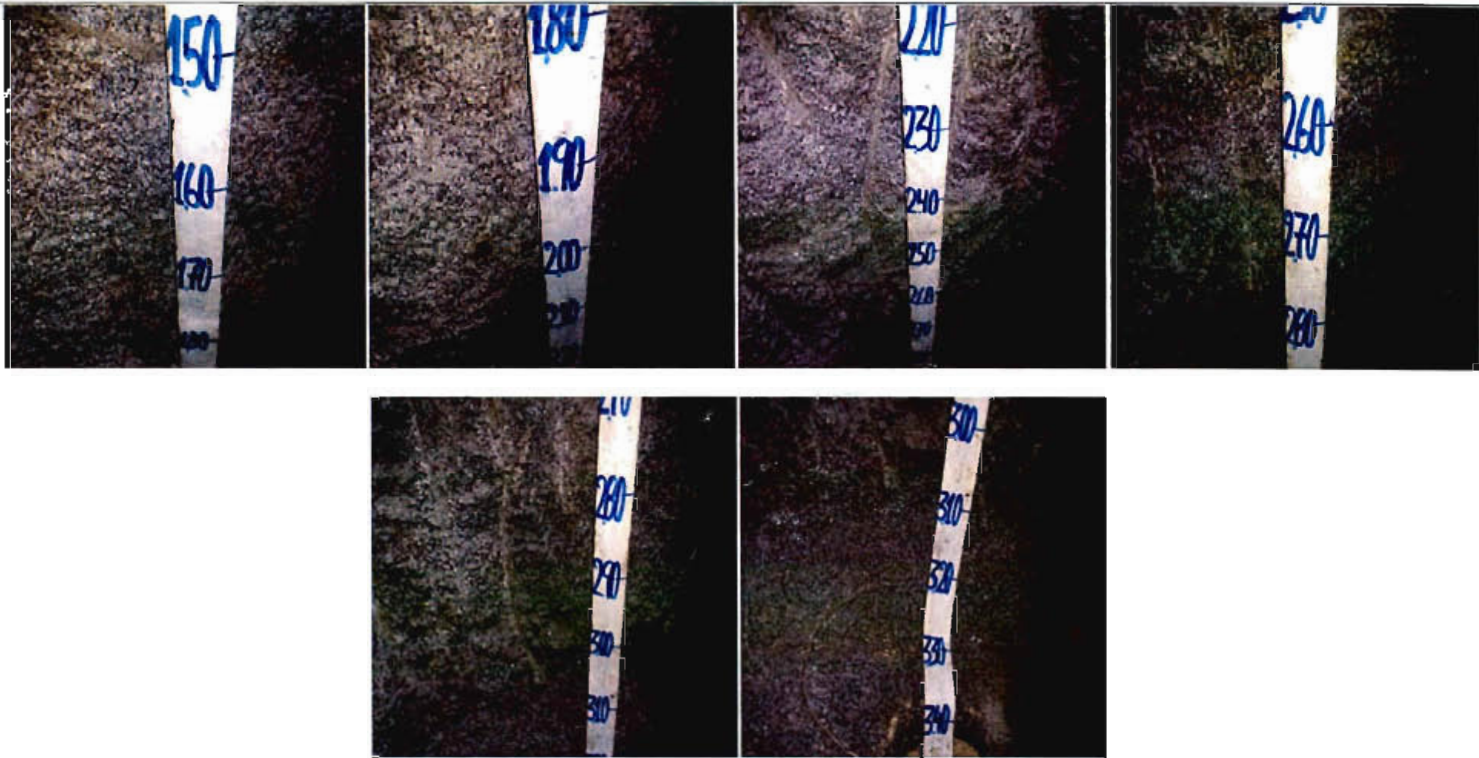
Descripción estratigráfica

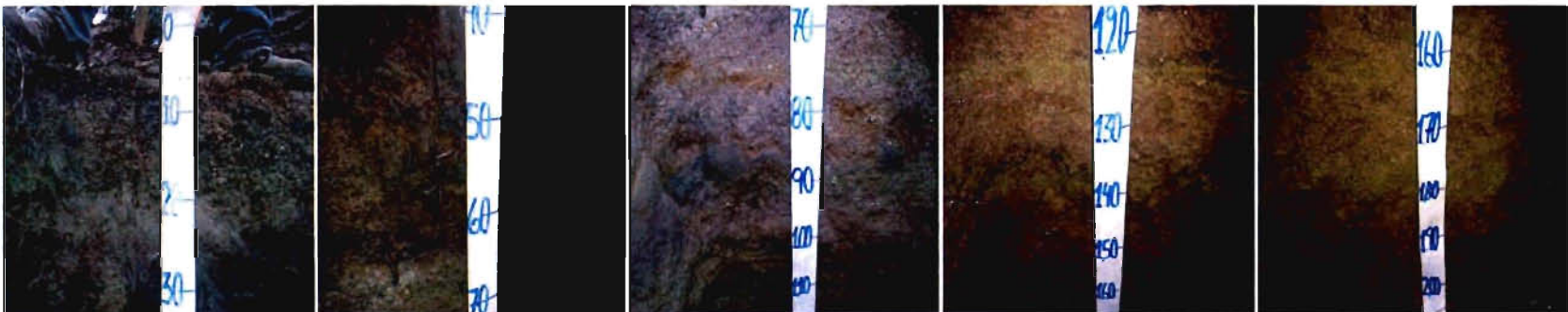
De 0.00 a 0.40 m. Arenas limosas. Mal graduadas. Color café. Se observan raicillas. Humedad media, compacidad media, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: arenas 80%, limo 20%.

De 0.40 a 3.30 m. Arenas gruesas limosas con algo de gravas. Mal graduadas. Color gris blanquecino. Origen de las arenas gruesas por arenización del granito (maicillo). Tamaño máximo de partícula de 1". Humedad baja, compacidad media, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: arena 80%, limo 15%, gravas 5%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata





Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 08	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0299365 Norte 6680857	Prof. (metros)	2.00
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 0.50 m Limos arenosos con presencia de arcilla. Color café oscuro. Se observan raicillas. Humedad alta, plasticidad media alta, consistencia alta, cementación nula. Granulometría estimada: limo 45%, arena 45%, arcilla 10% De 0.50 a 2.00 m. Arenas arcillosas con presencia de limo. Mal graduadas. Color café oscuro. Humedad alta, plasticidad alta, compactación alta, cementación nula. Granulometría estimada: arena 55%, arcilla 25%, limo 20%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							

Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 09	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0297753 Norte 6681080	Prof. (metros)	2.50

Descripción estratigráfica

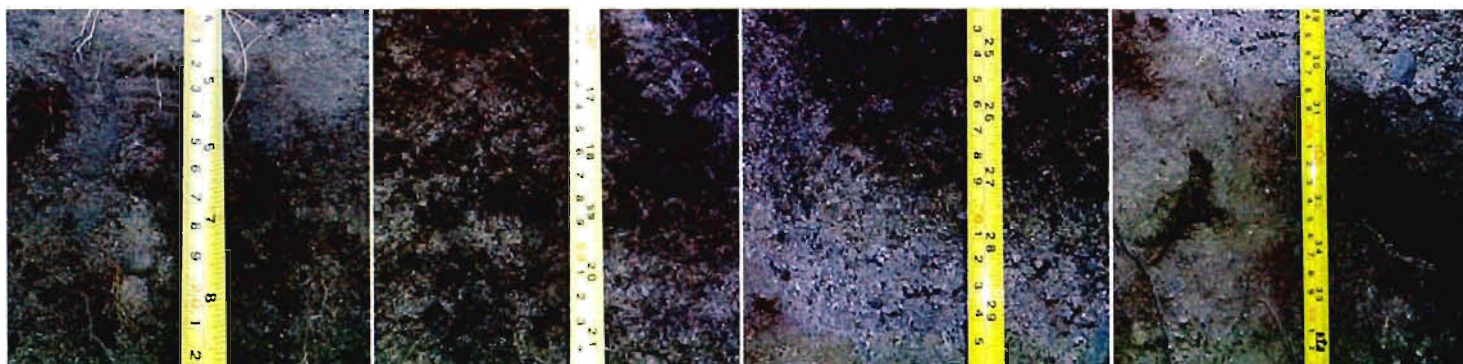
De 0.00 a 1.10 m Arenas limosas con gravas dispersas. Mal graduadas. Color café claro. Tamaño máximo de partícula de 4", partículas subangulares. Se observa gran cantidad de raicillas. Humedad media, compacidad baja, plasticidad nula, cementación nula.

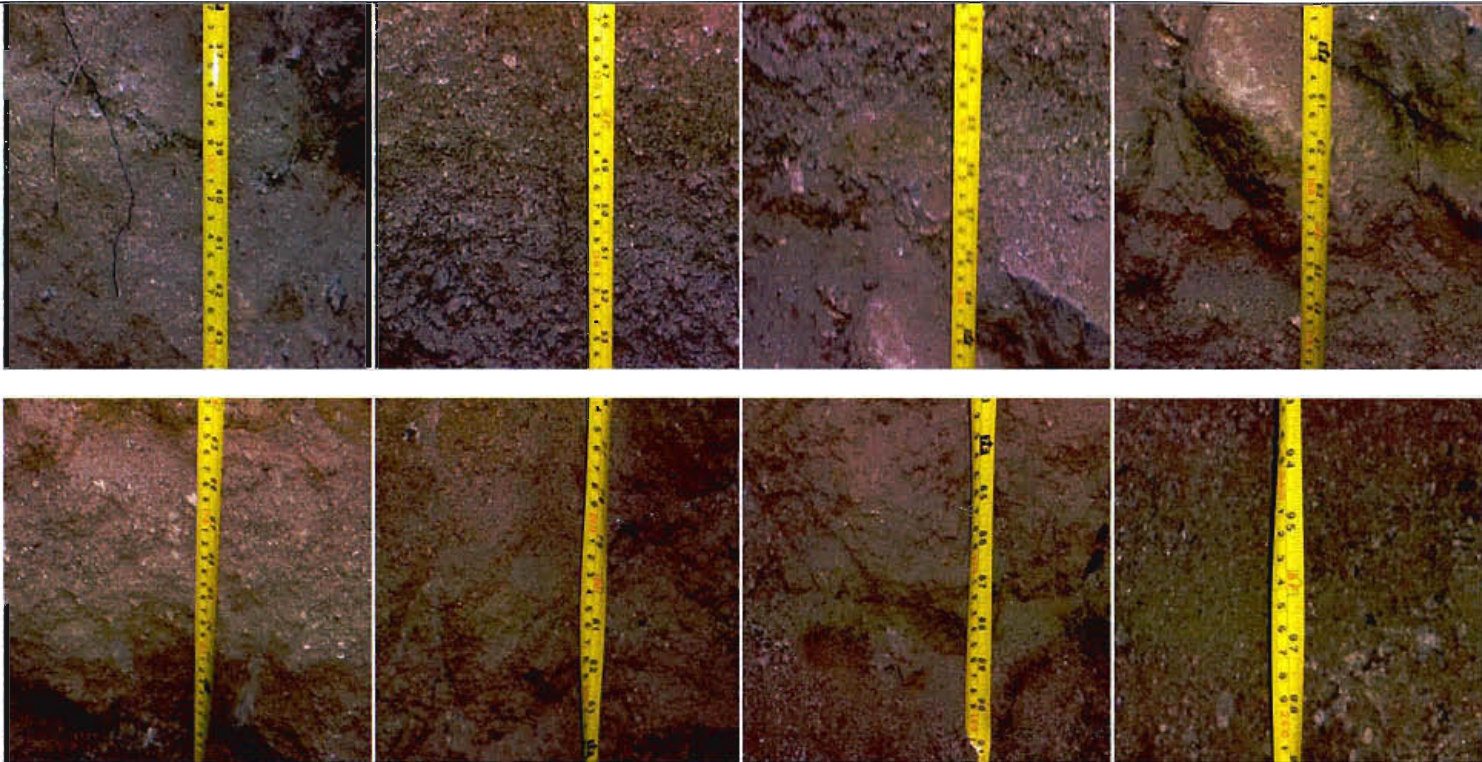
Granulometría estimada: arenas 80%, limo 15%, gravas 15%.

De 1.10 a 2.50 m Arenas gravosas con bolones y algo de limo. Mal graduadas. Color grisáceo. Humedad media, compacidad baja a media, plasticidad nula, cementación nula. Tamaño máximo de partícula de 12", partículas subangulares y subredondeadas.

Granulometría estimada: arenas 60%, gravas 20%, limo 10%, bolones 10%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata





Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 10	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0296824 Norte 6680961	Prof. (metros)	2.30

Descripción estratigráfica

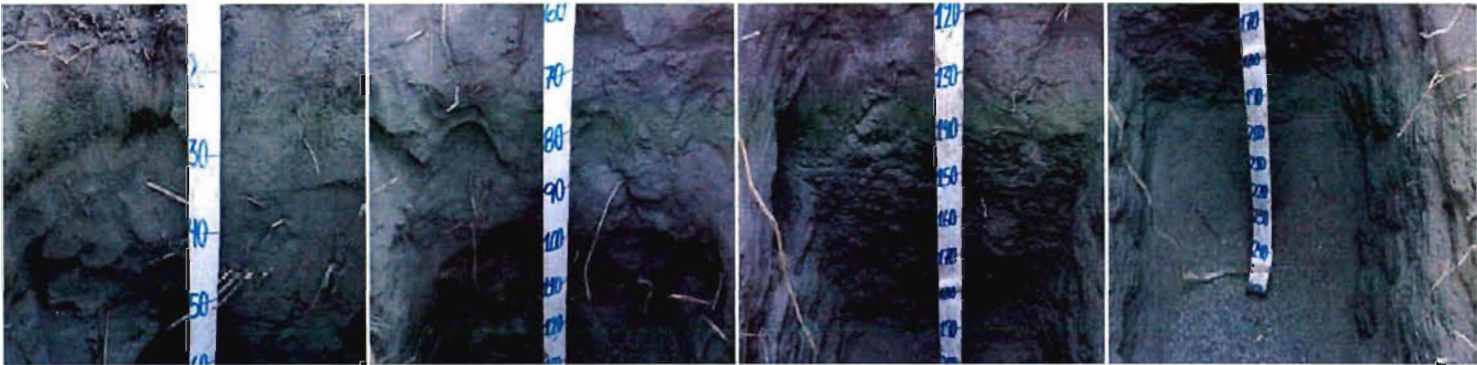
De 0.00 a 1.20 m. Arenas limosas y gravosas con presencia de bolones. Mal graduadas. Color café amarillento. Se observan raicillas. Humedad baja, compacidad media, plasticidad nula, cementación nula. Tamaño máximo de partícula de 2", partículas subredondeadas. Granulometría estimada: arena 50%, limo 30%, grava 15%, bolones 5%. A partir de 0.80 m se observa maicillo limoso.

De 1.20 a 2.30 m Arenas limosas, se mantiene el maicillo limoso con presencia de gravas cuarcíticas. Color café claro. Humedad baja, compacidad alta, plasticidad baja, cementación nula. Granulometría estimada: arena 50%, limo 30%, gravas 20%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata





Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 11	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0295955 Norte 6680830	Prof. (metros)	2.50
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 2.50 Arenas finas limosas. Color grisáceo. Mal graduadas. Se observan raicillas hasta 1.70 m. Humedad baja, compacidad de baja a media según aumenta la profundidad, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: arenas 80%, limo 20%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							

Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 12	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0295164 Norte 6681974	Prof. (metros)	2.30
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 2.30 m. Suelos formados por arenas gravosas y bolones dispersos. Color grisáceo. Mal graduadas. Tamaño máximo de partícula de 3", partículas angulares y subangulares. Compacidad alta, humedad baja, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: arena 50%, gravas 40%, limo 10%. De 0.70 a 2.30 m Gravas arenolimosas con algo de arcilla. Mal graduadas. Color café rojizo. Tamaño de partícula de 5", partículas angulares. Compacidad alta, humedad baja, cementación nula, plasticidad media. Granulometría estimada: gravas 50%, arena 30%, limo 10% y arcilla 10%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 13	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0294824 Norte 6682308	Prof. (metros)	2.00

Descripción estratigráfica

De 0.00 a 2.00 m Gravas arenolimosas. Color café claro. Bien graduadas. Se observan raicillas hasta 0.55 m. Tamaño máximo de partícula de 8", partículas subangulares. Compacidad alta, humedad baja, cementación nula, plasticidad nula. Granulometría estimada: gravas 50%, arena 30%, limo 20%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 14	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0294232 Norte 6683973	Prof. (metros)	1.70

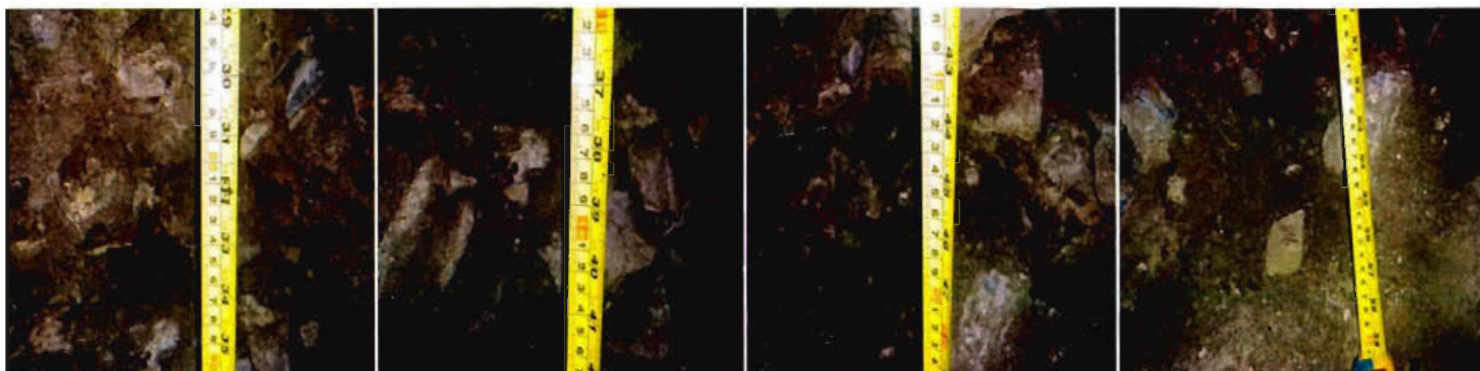
Descripción estratigráfica

De 0.00 a 0.30 Arenas limosas con presencia de gravas y bolones. Color café. Mal graduadas. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 6", partículas subangulares. Humedad baja, compacidad alta, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: arena 60%, gravas 20%, limo 20%.

De 0.30 a 1.70 m. Gravas arenolimosas y bolones y presencia dispersa de arcillas. Mal graduadas. Color verdoso. Se mantiene la presencia de raicillas. Tamaño máximo de partícula de 14", partículas angulares y sub-angulares. Humedad media, compacidad alta, plasticidad baja, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 40%, arena 30%, limo 20%, bolones 5%, arcilla 5%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata





Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 15	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0293751 Norte 6684546	Prof. (metros)	2.50

Descripción estratigráfica

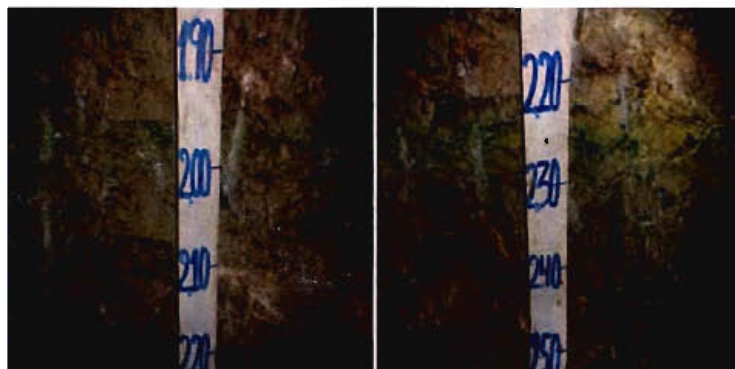
De 0.00 a 0.60 m Arenas limosas con presencia de gravas. Mal graduadas. Color café. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 2", partículas angulares y subangulares. Humedad baja, plasticidad nula, compacidad media, cementación nula. Granulometría estimada: arena 50%, limo 30%, grava 20%.

De 0.60 a 1.50 se ve Gravas arenolimosas con presencia de bolones dispersos. Mal graduadas. Color café. Se mantiene la presencia de raicillas. Tamaño máximo de partícula de 4", partículas subangulares. Humedad baja, compacidad alta, cementación nula, plasticidad nula. y Granulometría estimada: gravas 35%, arena 35%, limo 15%, bolón 5%.

De 1.50 a 2.50 m Roca muy fracturada, roca dispersa descompuesta, con presencia de arena limosa. Tamaño máximo de partícula de 6". Dureza de la roca alta.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata





Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 16	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0293281 Norte 6684292	Prof. (metros)	2.00

Descripción estratigráfica

De 0.00 a 1.10 m Arenas limosas con presencia de gravas y bolones. Mal graduadas. Color café rojizo. Se observan raicillas. Compacidad alta, humedad media, cementación nula, plasticidad nula. Tamaño máximo de partícula de 3", partículas subredondeadas. Granulometría estimada: arena 40%, limo 20%, gravas 20%, bolones 10%.

De 1.10 a 2.00 m Gravas arenosas. Color café. Bien graduadas. Humedad muy alta, compacidad media-alta, plasticidad nula, cementación nula. Tamaño máximo de partícula de 2", partículas subangulares. Granulometría estimada: grava 45%, arena 45%, limo 10%. Filtración de agua a partir de 1.70 m de profundidad.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 18	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0292817 Norte 6685164	Prof. (metros)	2.00

Descripción estratigráfica

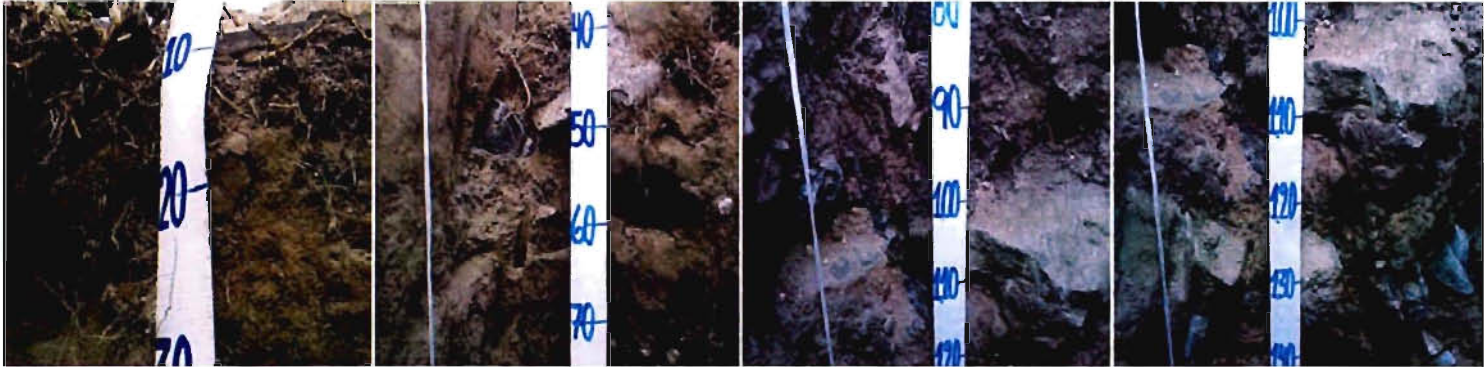
De 0.00 a 0.70 m Arenas limosas con presencia de gravas y bolones y arcilla. Mal graduadas. Color café rojizo amarillento. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 4", partículas subredondeadas. Humedad baja, compacidad alta, cementación nula, plasticidad baja. Granulometría estimada: arena 35%, limo 30%, grava 20%, arcilla 10% bolones 5%.

De 0.70 a 2.00 m. Gravas arenoarcillosas. Mal graduadas. Color café rojizo. Tamaño máximo de partícula de 4", particular subangulares. Humedad media, compacidad alta, cementación nula, plasticidad media-alta. Granulometría estimada: gravas 45%, arena 30%, finos (arcilla-limo) 20%, bolones 5%,

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata





Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 19	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0291313 Norte 6684654	Prof. (metros)	2.00
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 2.00 m Arenas limoarcillosas con presencia de gravas y bolones. Mal graduadas. Color café. Tamaño máximo de partícula de 11" (a fondo de la calicata), partículas subredondeadas y subangulares. Humedad baja, compacidad media, plasticidad media, cementación nula. Granulometría estimada: arena 50%, limo 20%, gravas 15%, bolones 15%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 20	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0290438 Norte 6684306	Prof. (metros)	2.20

Descripción estratigráfica

De 0.00 a 0.90 m Gravas arenolimosas con presencia de bolones. Mal graduadas. Color café rojizo. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 11", partículas subredondeadas. Humedad baja, compacidad alta, plasticidad baja, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 45%, arena 30%, limo 15%, bolones 10%.

De 0.90 a 2.20 m Gravas arenosas y limoarcillosas con dispersos bolones. Mal graduadas. Color café rojizo. Tamaño máximo de partícula de 12" y partículas subangulares y subredondeadas. Humedad media a alta, compacidad alta, plasticidad media-alta, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 40%, arena 35%, finos (limo y arcilla) 20%, bolones 5%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 21	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0289919 Norte 6684516	Prof. (metros)	2.00
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 2.00 m Gravas arenosas y bolones dispersos. Mal graduadas. Color café. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 6" y partículas subangulares. Humedad media-alta, compacidad alta, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 45%, arena 40%, limo 10%, bolones 5%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							

Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 22	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0290590 Norte 6685846	Prof. (metros)	1.60

Descripción estratigráfica

De 0.00 a 0.25 m Arenas limosas con presencia de gravas y bolones. Mal graduadas. Color café claro. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 4", partículas subangulares. Humedad baja, compacidad media, plasticidad nula, cementación nula.

Granulometría estimada: arena 60%, limo 20%, gravas 20%.

De 0.25 a 1.60 m. Roca muy fracturada de color rojizo amarillento. Se observa una capa pelicular arenolimosa recubriendo la roca. Humedad nula, dureza media-alta, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: roca 90%, arena 5%, limos 5%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



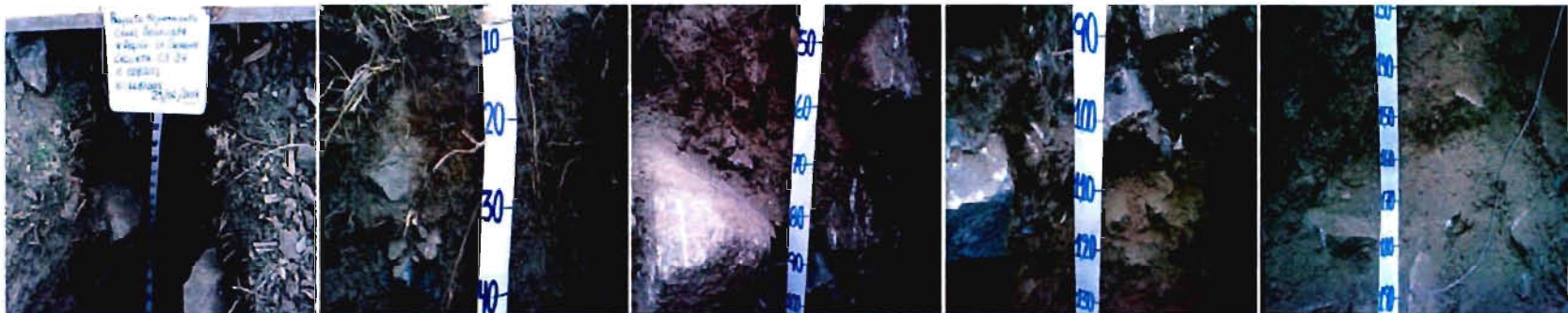
Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 23	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0289024 Norte 6685389	Prof. (metros)	0.90
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 0.25 m Arenas limosas con presencia de gravas. Mal graduadas. Color grisáceo. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 4", partículas angulares y subangulares. Humedad alta, plasticidad media, compacidad alta. Granulometría estimada: arena 50%, limo 30%, grava 20%. De 0.25 a 0.90 m Gravas arenosas y limoarcillosa con presencia de gravas y bolones. Mal graduadas. Color café amarillento. Tamaño máximo de partícula de 6", partículas angulares y subangulares. Humedad alta, compacidad alta, plasticidad media-alta, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 35%, arena 35%, limo 10%, arcilla 10%, bolones 10%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							

Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 24	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0285112 Norte 6687005	Prof. (metros)	1.80

Descripción estratigráfica

De 0.00 a 1.80 m Gravas arenosas y limoarcillosas y bolones dispersos. Mal graduadas. Color café rojizo. Tamaño máximo de partícula de 7" y partículas subangulares. Humedad baja, compacidad alta, cementación nula y plasticidad media-alta. Granulometría estimada: gravas 40%, arena 30%, limo 10%, arcilla 15%, bolones 5%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 25	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0284746 Norte 6686380	Prof. (metros)	1.90

Descripción estratigráfica

De 0.00 a 1.90 m Gravas arenosas y limoarcillosas y bolones dispersos. Bien graduadas. Color café rojizo. Tamaño máximo de partícula de 10", partículas angulares y subangulares. Humedad baja, compacidad alta, plasticidad alta y cementación nula. Granulometría estimada: gravas 40%, arena 30%, limo 10%, arcilla 15%, bolones 5%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



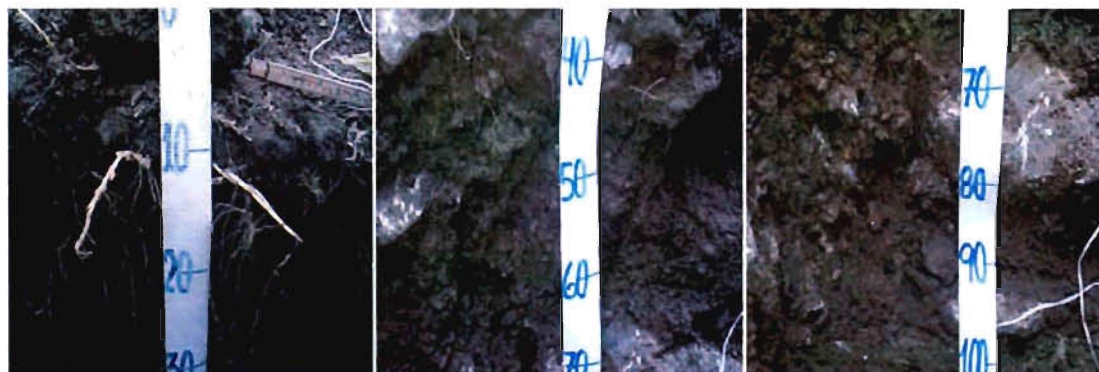
Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 26	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0285183 Norte 6682871	Prof. (metros)	0.95

Descripción estratigráfica

De 0.00 a 0.25 m Arenas arcillosas con presencia de gravas. Bien graduadas. Color café rojizo. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 3", partículas angulares y subangulares. Humedad media a alta, plasticidad media a alta, compacidad alta, cementación nula.

De 0.25 a 0.95 m. Gravas arenolimosas. Mal graduadas. Color café amarillento. Tamaño máximo de partícula de 14", partículas angulares. Humedad media, compacidad alta, plasticidad baja, cementación nula. Granulometría estimada: grava 45%, arena 20%, limo 15%, arcilla 5%, bolones 5%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 27	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0285525 Norte 6681894	Prof. (metros)	2.00

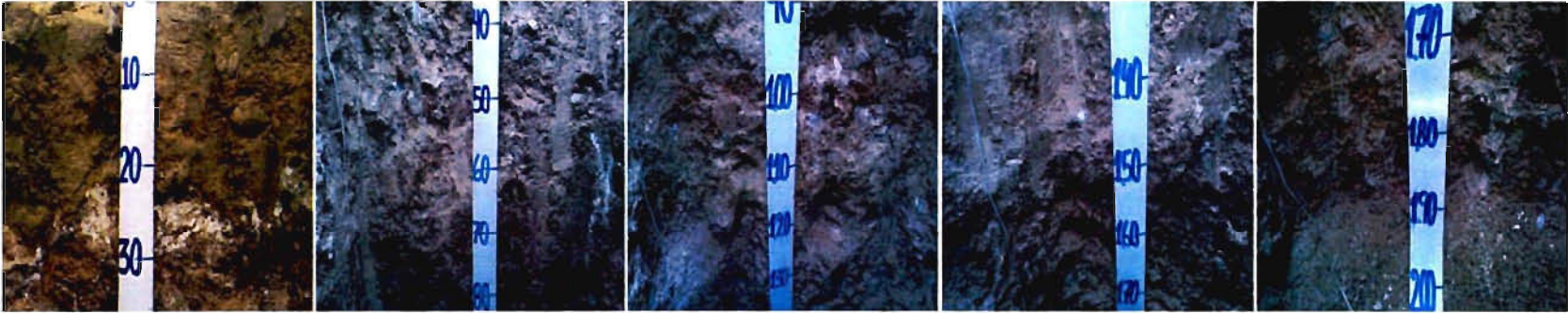
Descripción estratigráfica

De 0.00 a 0.60 m Arenas limosas con presencia de grava, y bolones disperso. Mal graduadas. Color café. Se observan raicilla. Tamaño máximo de partícula de 4" y partículas subangulares. Humedad baja, plasticidad nula, compacidad media alta. Granulometría estimada: arena 60%, limo 25%, grava 10%, bolones 5%.

De 0.60 a 2.00 m Gravas arenolimosas con presencia de bolones. Mal graduadas. Color café. Se mantiene la presencia de raicillas. Tamaño máximo de partícula de 5", partículas subangulares. Humedad baja, compacidad alta, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 45%, arena 30%, limo 15%, bolones 5%, en el fondo de esta calicata se mantiene el mismo material. Se realizó una primera calicata hasta 1.10 m de profundidad, se halla un tubo, finalizando aquí la calicata y cambiando el punto de la excavación a otro lugar.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 28	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0285160 Norte 6679159	Prof. (metros)	2.00
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 0.50 m Arenas arcillosas con presencia de gravas. Mal graduadas. Color café rojizo amarillento. Tamaño máximo de partícula de 10", partículas angulares y subangulares. Humedad media, compacidad alta, plasticidad alta, cementación nula. Granulometría estimada: arena 50%, finos 30%, grava 20%. De 0.50 a 2.00 m Gravas arenolimosas y arcillosas. Mal graduadas. Color café rojizo. Humedad media baja, plasticidad media alta, compacidad alta. Granulometría estimada: gravas 45%, arena 30%, finos 20%, bolones 5%							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							

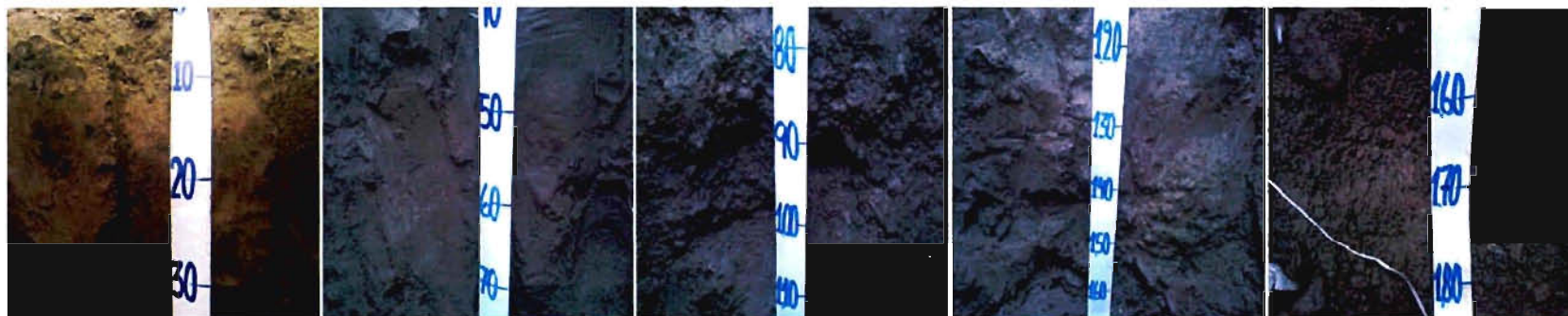
Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 29	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0285074 Norte 6677524	Prof. (metros)	2.00
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 2.00 Gravas arenolimosas con bolones dispersos. Color grisáceo. Mal graduadas. Se observan raicillas hasta 1.00 m de profundidad. Tamaño máximo de partícula de 7", partículas subangulares y angulares. Humedad baja, compacidad media, plasticidad nula, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 45%, arena 35%, limo 15%, bolones 5%.							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							

Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 30	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0285278 Norte 6675933	Prof. (metros)	2.00

Descripción estratigráfica

De 0.00 a 2.00 m Gravas arenolimosas con presencia de bolones. Mal graduadas. Color café. Se observan raicillas hasta los 0.20 m de profundidad. Tamaño máximo de partícula de 4", partículas subangulares y angulares. Humedad alta, plasticidad nula, compacidad alta, cementación nula. Granulometría estimada: gravas 60%, arena 25%, limo 15%.

Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata



Proyecto		Canal Bellavista		Calicata	CB 31	Dimensión	1x1 m
Reconocido por	H.Díaz	Fecha		Coordenadas	Este 0285943 Norte 6673601	Prof. (metros)	2.00
Descripción estratigráfica							
De 0.00 a 0.25 m Arenas limosas con presencia de gravas. Color café amarillento. Se observan raicillas. Tamaño máximo de partícula de 2", partículas subangulares. Humedad baja, compacidad alta, plasticidad nula, cementación media. Granulometría estimada: arena 60%, gravas 20%, limo 20%. De 0.25 a 2.00 m Gravas arenolimosas y bolones dispersos, a partir de 1.90 m de profundidad. Color café. Tamaño máximo de partícula de 5", partículas angulares y subangulares. Humedad baja, plasticidad nula, compacidad alta, cementación alta. Granulometría estimada: grava 40%, arena 30%, limo 20%, bolones 10%							
Registro fotográfico de la pared Norte de la calicata							
							

3.2 ENSAYOS DE DENSIDAD DE CANAL BELLAVISTA

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-03	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 304336 Norte 6678725		
FECHA	11/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8000		Material extraído (g)		5467
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		4672
Arena sobrante (g)	1778		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	1802 g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-06	PROF. DEL ENSAYO	2.40-2.55 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 300678 Norte 6680816		
FECHA	17/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (g)		7120
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		5280
Arena sobrante (g)	1170		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	2077 g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-07	PROF. DEL ENSAYO	3.30-3.45 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 300493 Norte 6681003		
FECHA	17/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (g)		7440
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		5406
Arena sobrante (g)	1044		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	2119 g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-10	PROF. DEL ENSAYO	1.80-1.95 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0296824 Norte 6680961		
FECHA	18/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (g)		5812
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		4401
Arena sobrante (g)	2049		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	2033g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-11	PROF. DEL ENSAYO	2.50-2.65 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 295955 Norte6680830		
FECHA	19/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (g)		4780
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		4384
Arena sobrante (g)	2066		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	1679g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-18	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0292817 Norte 6685164		
FECHA	24/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (t)		5230
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		5027
Arena sobrante (g)	1423		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	1602g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-20	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0290436 Norte 6684306		
FECHA	25/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (g)		6356
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		4753
Arena sobrante (g)	1697		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	2059g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-27	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0285525 Norte 6681894		
FECHA	24/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (g)		6372
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		5204
Arena sobrante (g)	1246		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	1886g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-28	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0285160 Norte 6679159		
FECHA	25/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (g)		5076
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		5383
Arena sobrante (g)	1150		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	1475g/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-29	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 311474 Norte 6485364		
FECHA	25/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (g)	8000		Material extraído (g)		6180
Arena cono inferior (g)	1550		Arena utilizada (g)		4960
Arena sobrante (g)	1490		Densidad de la arena utilizada (g)		1540
Densidad húmeda	1919g/cm ³				

3.3 ANALISIS DE LABORATORIO

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 472	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 04 / 07 / 2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 1	CB - 2	CB - 3	CB - 4	CB - 5	CB - 6
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista
Profundidad Desde	0,00	0,10	1,00	0,30	0,30	0,60
Hasta	1,50	0,80	2,00	1,50	2,00	2,50
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNV 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 8"						
5"				100,00	100,00	
4"				96,00	91,00	
3"	100,00		100,00	85,00	86,00	
2 1/2"	93,00		95,00	79,00	76,00	
2"	86,00	100,00	91,00	76,00	71,00	
1 1/2"	75,00	93,00	79,00	72,00	67,00	100,00
1"	68,00	87,00	72,00	69,00	62,00	92,00
3/4"	51,00	73,00	57,00	58,00	57,00	83,00
3/8"	42,00	61,00	51,00	45,00	51,00	71,00
N° 4	34,00	49,00	43,00	28,00	44,00	66,00
N° 10	25,00	33,00	30,00	19,00	28,00	49,00
N° 40	17,00	16,00	22,00	11,00	20,00	32,00
N° 200	8,00	7,00	11,00	6,00	12,00	19,00

Coefficiente Uniformidad						
Diametro Efectivo (mm)						
Fracción > a 0,08 mm (%)						

RELACIÓN DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nch 1515)	5,3	8,9	7,3	7,2	9,7	8,4
Peso Espec. (Nch 1532)	2,722	2,716	2,706	2,713	2,713	2,705
D.M.C.S (kg/m³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMC3 a 2"						
Grado de Saturac. 5r (%)						
Densidad Máxima (kg/m³)						
Densidad Mínima (kg/m³)						
Densidad Natural (kg/m³)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	19	20	19	23	26	19
Limite Plastico WP	0	0	0	20	21	0
Indice de Plasticidad IP	NP	NP	NP	3	5	NP
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificación U.S.C.S.	GP - GM	GW - GM	GW - GM	GP - GM	GP - GC	GW - GM
Clasificación AASHTO	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - b
Indice de Grupo				0	0	

OBSERVACIONES

LABORATORIO ANDINO S.A
 RUC 78.765.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 473	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 04/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 7	CB - 8	CB - 9	CB - 10	CB - 11	CB - 12
Lugar de Muestreo	Canal Bellabista	Canal Bellabista	Canal Bellabista	Canal Bellabista	Canal Bellabista	Canal Bellabista
Profundidad Desde	0,60	0,80	2,00	1,50	1,10	0,30
Hasta	3,30	2,00	2,50	2,30	1,80	2,30
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNV 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 8"						
5"						
4"						
3"						100,00
2 1/2"						95,00
2"			100,00	100,00		89,00
1 1/2"			94,00	93,00		84,00
1"	100,00		81,00	84,00		76,00
3/4"	93,00	100,00	77,00	79,00		68,00
3/8"	81,00	94,00	72,00	71,00		53,00
N° 4	69,00	85,00	66,00	66,00	100,00	42,00
N° 10	42,00	72,00	53,00	46,00	86,00	31,00
N° 40	34,00	59,00	39,00	34,00	61,00	24,00
N° 200	16,00	34,00	25,00	19,00	41,00	15,00

Coefficiente Uniformidad						
Diametro Efectivo (mm)						
Fracción > a 0,08 mm (%)						

RELACIÓN DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nch 1515)	7,3	10,3	7,4	4,8	12,1	12,8
Peso Espec. (Nch 1332)	2,709	2,699	2,698	2,712	2,691	2,710
D.M.C.S (kg/m³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMC5 a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m³)						
Densidad Mínima (kg/m³)						
Densidad Natural (kg/m³)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	18	27	24	18	22	23
Limite Plastico WP	0	21	21	0	19	19
Indice de Plasticidad IP	NP	6	3	NP	3	4
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificación U.S.C.S.	SM	SC - SM	SM	SM	SM	GC - GM
Clasificación AASHTO	A - 1 - a	A - 2 - 4	A - 1 - b	A - 1 - b	A - 4	A - 1 - a
Indice de Grupo		0	0		0	0

OBSERVACIONES

LABORATORIO ANDINO S.A.
 Fon. 76.766.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 474	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 03/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 13	CB - 14	CB - 15 (1)	CB - 15 (2)	CB - 16	CB - 18
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista
Profundidad Desde	0,80	0,20	0,20	1,20	1,10	0,40
Hasta	2,10	1,70	1,20	2,50	2,00	2,00
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNV 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 7"					100,00	
5"					95,00	
4"	100,00	100,00			83,00	
3"	93,00	95,00	100,00		78,00	
2 1/2"	85,00	87,00	95,00		72,00	100,00
2"	79,00	79,00	89,00	100,00	67,00	94,00
1 1/2"	68,00	70,00	74,00	85,00	61,00	86,00
1"	59,00	61,00	67,00	65,00	57,00	81,00
3/4"	50,00	54,00	59,00	48,00	52,00	73,00
3/8"	41,00	48,00	51,00	27,00	46,00	64,00
N° 4	28,00	42,00	42,00	19,00	42,00	53,00
N°10	21,00	33,00	34,00	12,00	37,00	42,00
N°40	15,00	21,00	19,00	9,00	26,00	31,00
N°200	4,00	11,00	8,00	4,00	12,00	18,00

Coefficiente Uniformidad
Diametro Efectivo (mm)
Fracción > a 0,08 mm (%)

--	--	--	--	--	--

RELACION DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nch 1313)	3,2	7,4	6,2	2,9	5,8	11,7
Peso Espec. (Nch 1332)	2,716	2,709	2,703	2,723	2,715	2,711
D.M.C.S (kg/m3)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMCs a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m3)						
Densidad Mínima (kg/m3)						
Densidad Natural (kg/m3)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	25	19	19	20	26	29
Limite Plastico WP	22	0	0	0	22	21
Indice de Plasticidad IP	3	NP	NP	NP	4	8
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificacion U.S.C.S.	GP	GP - GM	GP - GM	GP	GP - GM	GC
Clasificacion AASHTO	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 2 - 4
Indice de Grupo	0				0	0

OBSERVACIONES

LABORATORIO ANDINO S.A.
 Fon: 76.766.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 475	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 05/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 19	CB - 20	CB - 21	CB - 22	CB - 23	CB - 24
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista
Profundidad Desde	0,60	1,20	0,40	0,30	0,10	0,70
Hasta	2,30	2,00	1,00	1,80	0,90	1,80
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNV 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 8"						
5"	100,00					100,00
4"	92,00					
3"	92,00	100,00	100,00		100,00	93,00
2 1/2"	92,00	95,00	96,00		98,00	87,00
2"	88,00	85,00	83,00	100,00	86,00	80,00
1 1/2"	83,00	76,00	73,00	88,00	79,00	72,00
1"	77,00	65,00	64,00	76,00	67,00	65,00
3/4"	73,00	58,00	51,00	64,00	56,00	61,00
3/8"	68,00	49,00	46,00	47,00	51,00	53,00
N° 4	61,00	41,00	39,00	25,00	43,00	46,00
N°10	43,00	28,00	28,00	21,00	34,00	30,00
N°40	31,00	21,00	18,00	18,00	21,00	22,00
N°200	21,00	13,00	11,00	8,00	14,00	14,00

Coeficiente Uniformidad
 Diametro Efectivo (mm)
 Fracción > a 0,08 mm (%)

--	--	--	--	--	--

RELACIÓN DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nch 1515)	9,3	7,6	6,7	2,9	6,3	7,9
Peso Espec. (Nch 1532)	2,708	2,715	2,722	2,716	2,718	2,721
D.M.C.S (kg/m³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMCS a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m³)						
Densidad Mínima (kg/m³)						
Densidad Natural (kg/m³)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	24	27	18	19	28	27
Limite Plastico WP	21	22	0	0	23	21
Indice de Plasticidad IP	3	5	NP	NP	5	6
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificación U.S.C.S.	SM	GC - GM	GP - GM	GP - GM	GM	GC - GM
Clasificación AASHTO	A - 1 - b	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a
Indice de Grupo	0	0			0	0

OBSERVACIONES

LABORATORIO ANDINO S.A.
 Fono: 78.766.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 475	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 07/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 25	CB - 26	CB - 27	CB - 28	CB - 29	CB - 30
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista	Canal Bellavista
Profundidad Desde	0,00	0,30	1,20	0,20	0,60	0,80
Hasta	1,30	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNU 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 8"						
5"	100					
4"	98,00	100,00				
3"	92,00	94,00	100,00	100,00		
2 1/2"	85,00	87,00	97,00	96,00		
2"	81,00	80,00	91,00	88,00	100,00	100,00
1 1/2"	77,00	75,00	76,00	75,00	93,00	95,00
1"	69,00	68,00	67,00	64,00	86,00	83,00
3/4"	62,00	62,00	56,00	53,00	74,00	72,00
3/8"	55,00	57,00	48,00	46,00	63,00	62,00
N° 4	48,00	48,00	42,00	41,00	49,00	53,00
N°10	37,00	34,00	29,00	35,00	34,00	39,00
N°40	22,00	25,00	15,00	23,00	26,00	27,00
N°200	16,00	16,00	9,00	14,00	16,00	13,00

Coefficiente Uniformidad
Diametro Efectivo (mm)
Fracción > a 0,08 mm (%)

RELACION DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nch 1315)	11,7	9,2	7,1	7,2	6,8	6,5
Peso Espec. (Nch 1332)	2,712	2,723	2,702	2,715	2,705	2,713
D.M.C.S (kg/m3)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMCS a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m3)						
Densidad Mínima (kg/m3)						
Densidad Natural (kg/m3)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	31	26	20	23	19	18
Limite Plastico WP	21	23	0	20	0	0
Indice de Plasticidad IP	10	3	NP	3	NP	NP
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificacion U.S.C.S.	GC	GM	GW - GM	GM	GM	GM
Clasificacion AASHTO	A - 2 - 4	A - 1 - b	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - b	A - 1 - a
Indice de Grupo	0	0		0		

OBSERVACIONES

LABORATORIO ANDINO S.A.
Rafael Alarcón
Fax: 78.765.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 476	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 07/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 31					
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista					
Profundidad Desde	0,70					
Hasta	2,25					
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNV 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

GRAVAS	Tamiz Bolones > 8"					
	6"					
	4"					
	3"					
	2 1/2"	100,00				
	2"	96,00				
	1 1/2"	89,00				
	1"	83,00				
	3/4"	75,00				
	3/8"	64,00				
ARENA	N° 4	52,00				
	N°10	42,00				
	N°40	29,00				
	N°200	11,00				

Coefficiente Uniformidad					
Diametro Efectivo (mm)					
Fracción > a 0,08 mm (%)					

RELACIÓN DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nch 1515)	4,7					
Peso Espec. (Nch 1532)	2,714					
D.M.C.S (kg/m³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMCS a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m³)						
Densidad Mínima (kg/m³)						
Densidad Natural (kg/m³)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	19					
Limite Plastico WP	0					
Indice de Plasticidad IP	NP					
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificación U.S.C.S.	GP - GM					
Clasificación AASHTO	A - 1 - a					
Indice de Grupo						

OBSERVACIONES

LABORATORIO ANDINO S.A.
 Fono 76.766.230-5

DPI LTDA.

SEPTIEMBRE 2014.



“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

Anexo 8

Santiago, mayo de 2015

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

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

N° 4184-1000-GO-INF-002_C

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL CANAL BELLAVISTA

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-0000-GO-INF-006**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	S. Rivano	P. Talloni	Paolo Zuñiga/ D. Gonzalez	Coordinación Interna
	Fecha	25.08.14	25.08.14	27.08.14	
B	Nombre Firma	S. Rivano	P. Talloni	Paolo Zuñiga/ D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	25.08.14	25.08.14	27.08.14	
C	Nombre Firma	S. Rivano	P. Talloni	Paolo Zuñiga/ D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	13.11.14	13.11.14	13.11.14	

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL CANAL BELLAVISTA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
2	OBJETIVOS.....	5
3	CANAL BELLAVISTA	5
4	ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	7
4.1	DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRAÚLICAS- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS ..	7
4.2	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS	7
4.3	SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA.....	7
5	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	8
6	GEOLOGÍA DEL CANAL BELLAVISTA	9
6.1	UNIDADES DE ROCAS.	9
6.2	UNIDADES DE SUELOS.....	10
7	GEOLOGÍA DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA.....	12
7.1	SECTOR 1. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA ENTRE LA BOCATOMA Y LA QUEBRADA LOS MAITENES.	13
7.2	SECTOR 2.- DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA ENTRE LAS QUEBRADAS LOS MAITENES Y LA CACHINA O ZONA DE LOS TÚNELES.....	14
7.3	SECTOR 3.- DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA ENTRE LA QUEBRADA LA CACHINA Y LA FLORIDA.	22
7.4	SECTOR 4.- DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA ENTRE LA FLORIDA Y LA QUEBRADA CRUZ DE CAÑA (SECTOR FINAL DEL CANAL).	23
8	ESTABILIDAD DEL CANAL BELLAVISTA.....	28
9	CONCLUSIONES	30
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A Mapa Geológico y Sectorización del Canal Bellavista

LISTADO DE TABLAS

Tabla 7-1.- Características de los túneles del canal Bellavista 14

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1: Ubicación canal Bellavista (Trazado del canal se indica en azul claro, en rojo los túneles, en celeste río Elqui)..... 6

Figura 7-1: Sectorización del canal Bellavista (en trazo blanco) y túneles (en trazo azul). 12

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 7-1: Detalle de bloques residuales en el sector del portal de entrada del túnel Las Rojas. Estos bloques resultan de la meteorización o descomposición bolar de las rocas intrusivas. 15

Fotografía 7-2.- Vista de la superficie en sector del portal de salida del túnel Las Rojas. Se aprecia la meteorización superficial de la roca intrusiva (Kgd) formando un capa de "maicillo" y bolones residuales de gran tamaño. 15

Fotografía 7-3.- Vista general del sector de la quebrada Las Ánimas. En primer plano se observa el cauce de la quebrada y en segundo plano el flanco derecho de la quebrada. Al fondo el llano labrado en los depósitos de conos de deyección miopliocénicos que cruza el túnel Porvenir, cuyo portal de salida se ubica hacia el centro de la imagen. 16

Fotografía 7-4.- Vista de detalle de un tramo del túnel (túnel Porvenir), 16

Fotografía 7-5.- Vista de la clave de otro sector del túnel Porvenir mostrando nuevamente el contacto sedimento-roca. 17

Fotografía 7-6.- Vista de la loma alargada que cruza el túnel Los Burros, se aprecia el portal de salida al centro de la imagen. 18

Fotografía 7-7.- Detalle de la pared del túnel Los Burros mostrando el material en que fue excavado: arena gruesa a muy gruesa procedente de "maicillo" redepositado. Se observa una estratificación poco marcada. 18

Fotografía 7-8.- Vista general del sector del portal de salida del túnel Quilacán 4 mostrando la cubierta regolítica con bloques de roca más fresca sobresaliendo de la masa de "maicillo". 19

Fotografía 7-9.- Vista en detalle del flanco derecho del canal en el mismo sector de la fotografía anterior, en donde se visualizan los bloques parcialmente inmersos en el "maicillo". 20

Fotografía 7-10.- Vista del portal de salida del túnel Quilacán 5, excavado en depósitos de conos de deyección proximales. La parte final del túnel marca el inicio de tramo siguiente.	20
Fotografía 7-11.- Sector de la quebrada Las Trancas, en donde se observan los portales de salida y de entrada de los túneles El Membrillo y La Cachina, a la derecha e izquierda de la imagen respectivamente, excavados en depósitos de conos de deyección proximales del Mioplioceno. Vista hacia el norte.	21
Fotografía 7-12.- Trazado del canal en el tramo entre el cerro Grande y el cerro La Varilla. Se aprecia la cubierta coluvial reciente (Qc) y también en el borde izquierdo del canal las rocas que constituyen el lecho de éste.	24
Fotografía 7-13.- Detalle de los clastos superficiales correspondientes a rocas de la Unidad Complejo Subvolcánico Agua Salada. Gran parte de estas rocas superficiales se han utilizado como material de construcción.	25
Fotografía 7-14.- Detalle del borde izquierdo del canal excavado en los depósitos aluvionales recientes (Qa) de la quebrada La Laja.	26
Fotografía 7-15.- Vista del sector final del canal Bellavista mostrando el canal excavado en sedimentos de conos de deyección antiguos del Mioplioceno cubiertos por suelo vegetal. Fotografía hacia el norte desde la obra en que finaliza el canal.	27

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto "Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Bellavista", ARCADIS Chile ha ejecutado una campaña de terreno consistente la revisión de la geología de las zonas involucradas por el trazado del canal Bellavista.

2 OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo esencial la caracterización geológica de los terrenos en los que se emplaza el canal Bellavista, con énfasis en las condiciones de estabilidad de los mismos y la eventual ocurrencia de peligros geológicos que puedan afectar al canal.

3 CANAL BELLAVISTA

El trazado del canal Bellavista se localiza en la parte norte de la IV Región de Coquimbo, en la provincia de Elqui, comuna La Serena, a lo largo del flanco izquierdo del valle del río Elqui, el principal río de la zona. En la **Figura 3-1** se presenta la ubicación en planta de las áreas de interés. La longitud total del canal medido en las imágenes de Google Earth, es de 57 km aproximadamente.

Figura 3-1: Ubicación canal Bellavista (Trazado del canal se indica en azul claro, en rojo los túneles, en celeste río Elqui).

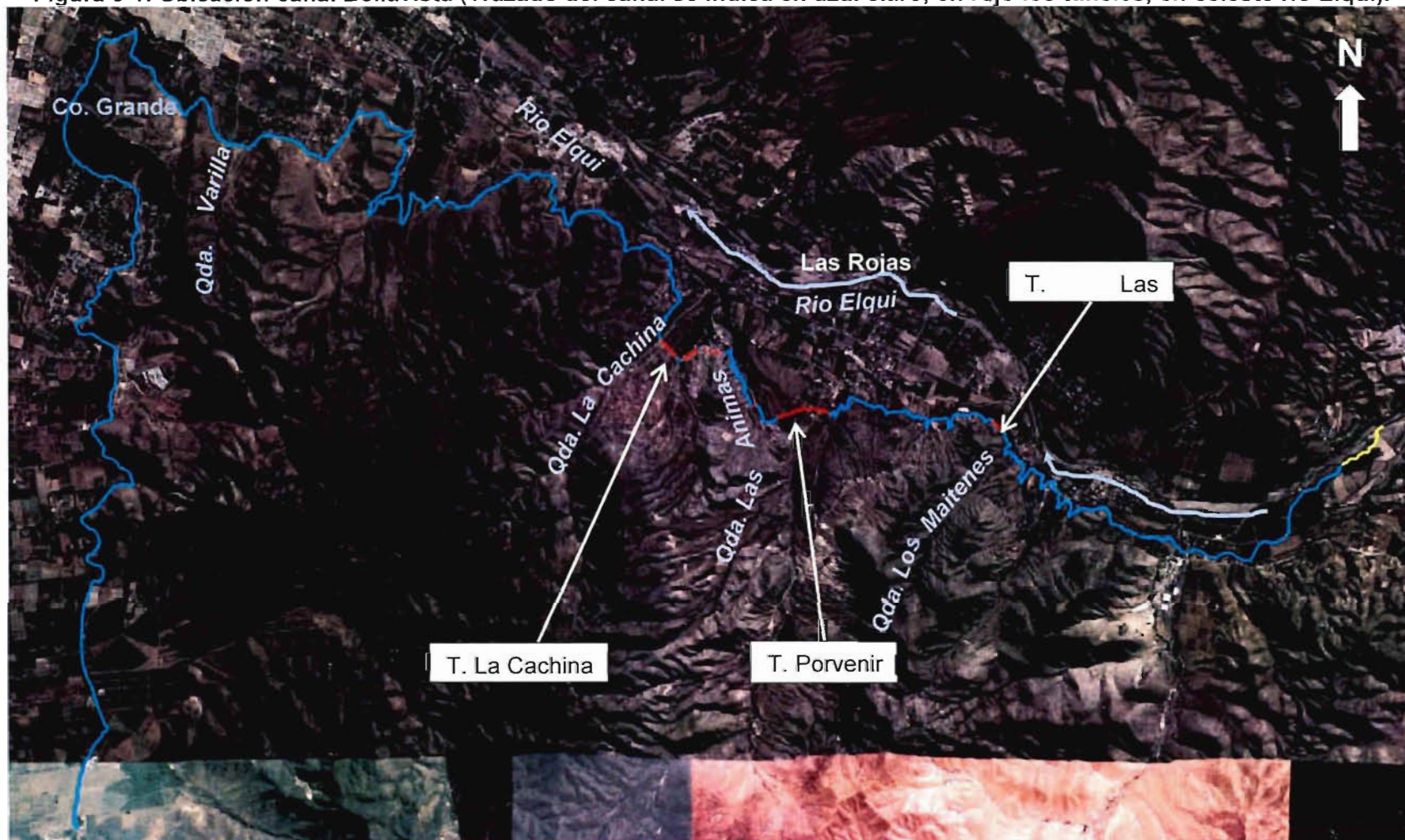


Imagen Google Earth 2013.

4 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

4.1 DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRAÚLICAS- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

- MEJORAMIENTO INTEGRAL DE LOS CANALES BELLAVISTA Y LA HERRADURA. L. Arrau Del Canto, 2000.

Se describen aspectos geológicos y geomorfológicos del canal Bellavista además de una caracterización geológico-geotécnica de los tramos en túnel.

4.2 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS

- 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.

Consisten en levantamientos geológicos regionales a escala 1:50.000 de la parte NNE del área de la región de La Serena, incluyendo sectores del valle del río Elqui. No obstante la escala 1:50.00 de estos levantamientos geológicos, se trata de mapeos con poco detalle por tratarse de los primeros trabajos realizados en el área.

4.3 SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA.

- INFORME INÉDITO N° 12209. BIBLIOTECA SERNAGEOMIN. Hauser, A. Diciembre 1998.
Es parte del informe de Arrau Del Canto (2000), señalado en 4.1.
- ÁREA CONDORIACO-RIVADAVIA, REGIÓN DE COQUIMBO. Mapa Geológico N° 12, escala 1:100.000. Chile, 1999.
- ÁREA LA SERENA-LA HIGUERA, Región de Coquimbo. Mapa Geológico 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
- Estas tres últimas Cartas Geológicas se refieren al levantamiento geológico realizado por geólogos del SERNAGEOMIN entre los años 1995 y 1998 en la zona norte de la Cuarta Región. En estos trabajos de mapeo se efectuaron las más recientes determinaciones de edades aplicadas a las distintas unidades de suelos y rocas.

5 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El trazado del canal Bellavista se emplaza en el flanco izquierdo del valle del Elqui. Geomorfológicamente se localiza en la mitad occidental de la unidad morfológica Cordillera de la Costa (Paskoff, 1970).

La Cordillera de la Costa en el sector de estudio, corresponde a un macizo montañoso de relieve moderado con alturas no mayores a 1.000 m.s.n.m., compuesto esencialmente por rocas intrusivas de carácter hipabisal jurásicas y rocas volcánicas con intercalaciones de niveles sedimentarios de edad Cretácico Inferior. Estas unidades son intruidas por rocas del Cretácico Inferior agrupadas en dos unidades de acuerdo a su edad: Intrusivos graníticos a dioríticos de 130 a 110 Ma e Intrusivos graníticos a dioríticos de 100 a 97 Ma.

En la zona de estudio, la Cordillera de la Costa es cruzada de este a oeste por el río Limarí, correspondiente a vía de agua de antigua data (Mioceno Superior?) y que ha labrado a través de rocas antiguas un amplio valle con rellenos de materiales aluviales, coluviales y fluviales miopliocénicos (Formación Confluencia) a cuaternarios, los que se interdigitan hacia el oeste con los depósitos marino-litorales de las Planicies Litorales que van desde el Mioceno-Plioceno (Formación Coquimbo) hasta el Reciente.

En este marco geológico-geomorfológico, el canal Bellavista se desarrolla en su parte inicial en terrenos fluvio-aluviales cuaternarios correspondientes al relleno del valle del río Elqui y, posteriormente, en rocas intrusivas cubiertas por suelos residuales y en depósitos de conos de deyección antiguos miopliocénicos (Formación Confluencia) (MPlcb), originados desde las quebradas afluentes al río Elqui en el flanco sur del valle.

Hacia su tercio final, en el borde occidental de la Cordillera de la Costa, el canal se emplaza en depósitos aluviales cuaternarios, excavándose en la parte final en sedimentos aluvio-coluviales cuaternarios, en rocas intrusivas del Jurásico –Cretácico y en conos de deyección antiguos de la Formación Confluencia.

El canal posee tramos excavados en depósitos de suelos antiguos correspondientes a gravas y arenas del Mioceno-Plioceno (Formación Confluencia). Además, en otros sectores o tramos el canal atraviesa mediante túneles rocas intrusivas cretácicas y jurásicas, mediana a intensamente meteorizadas y en otros sectores las rodean.

6 GEOLOGÍA DEL CANAL BELLAVISTA

El canal Bellavista en su recorrido atraviesa o cruza afloramientos de rocas intrusivas y/o volcánicas del Jurásico y Cretácico, así como depósitos de suelos de la cubierta cenozoica que las cubren (Mapa Geológico Anexo A).

Las unidades de rocas y de suelos se describen a continuación, desde más antiguas a más nuevas.

6.1 UNIDADES DE ROCAS.

Unidad Complejo Subvolcánico Agua Salada (Jas) (Jurásico Superior).

Se trata de una serie de cuerpos subvolcánicos consistentes en pórfidos dioríticos, pórfidos andesíticos, andesitas porfíricas y microdioritas de piroxeno y anfíbola, localmente con olivino, de colores negro a gris verdoso, que afloran en el borde occidental de la Cordillera de la Costa siguiendo la traza de la falla Romeral y a lo largo de la cual se han desarrollado zonas cataclásticas que afectan a rocas de esta unidad. Las rocas de esta unidad son intruidas por cuerpo plutónicos asignados a la unidad Plutón San Juan del Jurásico-Cretácico. El canal cruza o bordea esta unidad únicamente en las partes bajas del cordón de cerros ubicados al oeste inmediato de la quebrada La Varilla, al sur del Aeropuerto La Florida.

Unidad Intrusivos Dioríticos (JKd) (Jurásico Superior – Cretácico Inferior).

Corresponde a una serie de afloramientos de rocas intrusivas del Jurásico Superior a Cretácico Inferior que afloran como cuerpos de dimensiones reducidas en el sector occidental del área de estudio, en donde intruyen a las rocas del Complejo Subvolcánico Agua Salada. Litológicamente consisten en monzodioritas cuarcíferas, monzodioritas, dioritas, dioritas cuarcíferas y gabros de biotita, anfíbola y piroxeno, de grano medio con tendencia a porfiroide, con edades de 143 y 145 Ma que se consideran representativas de la edad del conjunto. Localmente presentan desarrollo de rocas cataclásticas y esquistos dinámicos.

Formaciones Volcano Sedimentarias, marinas y continentales (Kvs). (Cretácico Inferior).

Incluye rocas volcánicas y sedimentitas marinas y continentales de las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa. Estas rocas no son cruzadas por el canal Bellavista.

Unidad Intrusivos Graníticos a Dioríticos (Kigd) (Cretácico Inferior).

Se trata de un complejo intrusivo compuesto por un conjunto de stocks, principalmente de grano grueso, consistentes en dioritas a monzogranitos. Se han obtenido para ellos edades entre 130 a 110 ma. Forman cuerpos equidimensionales, a veces alargados, cubriendo superficies entre 20 a 80 km².

Unidad Intrusivos Graníticos a Dioríticos (Kgd) (Cretácico Superior).

Aflora en una loma de forma irregular de 300 m.s.n.m. que se localiza al norte del cerro San Pedro (701 m.s.n.m.), entre las quebradas Talca y El Sauce,

Estas rocas intrusivas consisten en monzodioritas cuarcíferas de piroxeno-anfibola de colores rosado pálido a pardo rosáceo, de grano medio a grueso. Las edades radiométricas obtenidas en muestras colectadas en el sector de la quebrada El Sauce, indican un edad de 97 ± 2 Ma (Emparan y Pineda, 2000), correspondientes al Cretácico Superior temprano (Cenomaniano).

6.2 UNIDADES DE SUELOS.

Formación Confluencia (MPlc) (Mioceno-Plioceno)

Consiste en una secuencia de gravas gruesas, en partes arenosas, bien redondeadas y en gravas gruesas angulosas a subredondeadas con abundante matriz arenosa. Se distinguen dos miembros que engranan lateralmente.

- a- Depósitos aluvio-fluviales (MPlc(a)) consistentes en gravas medias a muy gruesas, clastosportadas, polimícticas, de colores pardos con estratificación gruesa y clastos redondeados y discoidales, frecuentemente imbricados.
- b- Depósitos de Conos de Deyección Antiguos (MPlc(b)) correspondientes a gravas angulosas matrizsoportadas, con tendencia monomíctica, de color pardo oscuro a rojizas, con intercalaciones de arenas y/o limos, medianamente consolidadas con estratificación irregular.

Consisten principalmente en depósitos de conos de deyección antiguos, truncados por los cauces de las quebradas actuales. Están compuestos por gravas gruesas, gravas arenosas, gravas finas y arenas gruesas con gravas y bloques. El depósito se presenta siempre con un cierto grado de litificación lo que les confiere compacidades medias a altas.

La estratificación es irregular o ausente. La selección y clasificación del material detrítico es mala. Los clastos son siempre angulosos a subangulosos.

La Formación Confluencia muestra relación de engrane lateral con la Formación Coquimbo a lo largo del límite entre las Planicies Litorales y la Cordillera de la Costa de la IV^a, Región,

Depósitos Fluviales Antiguos (Qfa) (Cuaternario)

Consisten en depósitos fluviales que forman terrazas de 2 a 15 m de altura sobre el cauce actual del río Elqui, en ambos costados del valle. Están compuestos por gravas muy gruesas a gruesas débilmente litificadas, matrizsoportadas, con intercalaciones de lentes de gravas arenosas y arenas.

Depósitos Fluviales Recientes (Qfr) (Cuaternario).

Son gravas gruesas a muy gruesas con bloques, polimícticas, de baja compacidad y matrizsoportadas. Se presentan bien estratificadas y frecuentemente con imbricación de los clastos. Tienen intercalaciones de gravas finas y arenas. Rellenan el cauce actual del río Elqui y los lechos de la mayoría de las quebradas afluentes.

Depósitos Coluviales Recientes (Qc) (Cuaternario)

Son suelos formados por sedimentos monomícticos de baja compacidad, adosados a las laderas o al pie de ellas. Están formados por clastos de granulometría variada, incluyendo bloques métricos, angulosos a subangulosos. Poseen intercalaciones lentiformes de limos, con estratificación irregular a subparalela.

Depósitos Aluviales recientes (Qa) (Cuaternario)

Corresponde a depósitos de gravas polimícticas con matriz de arenas y limos que constituyen el relleno de quebradas, formando además pequeños conos aluvionales que recubren una paleotopografía labrada previamente en los depósitos fluviales antiguos (Qf1) y/o en los conos de deyección antiguos (MPlcb).

Cubierta de "Maicillo" o de Suelo Regolítico (Qr) (Cuaternario)

Las rocas intrusivas presentan una cubierta de suelo regolítico o manto de "maicillo" de color pardo claro, que incluye bloques aislados de roca más fresca, como resultado final del proceso conocido como "Meteorización o Descomposición Bolar". El espesor estimado de "maicillo" ha sido estimado entre 0,5 y 3,0 m. Este material tiene compacidades bajas a medias y es muy susceptible a la erosión durante precipitaciones intensas. Esta unidad, por problemas de escala, no se representó en el mapa geológico del Anexo A.

7 GEOLOGÍA DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA.

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 7-1):

Figura 7-1: Sectorización del canal Bellavista (en trazo blanco) y túneles (en trazo azul).

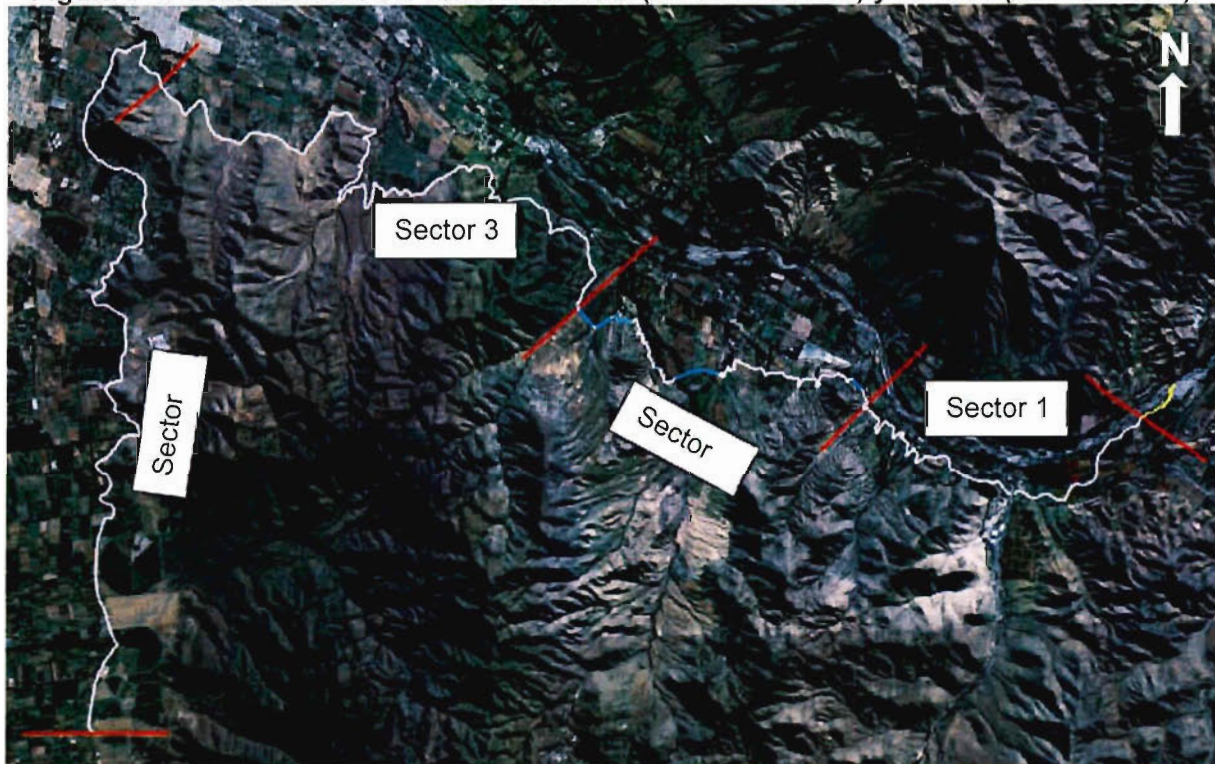


Imagen Google Earth 2009.

- 1.- El sector 1 o inicial, comprende el tramo de canal desde la bocatoma 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

Se describe a continuación la geología de cada uno de los tramos o sectores, caracterizando las unidades de rocas y de suelos allí existentes.

7.1 SECTOR 1. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA ENTRE LA BOCATOMA Y LA QUEBRADA LOS MAITENES.

El sector se inicia en la Bocatoma del canal Bellavista, en terrenos que forman parte del valle fluvial del río Elqui.

Km 0,000- 1,250

Desde la Bocatoma y durante unos 1.250 m el canal discurre en sedimentos fluviales recientes (Qf) de la llanura de inundación del río Elqui siguiendo el límite sur del cauce

Km 1,250-1,290

El canal cruza depósitos recientes (Qa) del cauce de la quebrada El Arrayán.

Km 1,290-3,730

El canal, después de cruzar el cauce de la quebrada, se interna en los depósitos fluviales antiguos (Qf1) asociados al río Elqui. En este tramo así como en partes del anterior, los depósitos fluviales se encuentran profundamente modificados en superficie por la acción antrópica de tipo agrícola.

Km 3,730-3,774

El canal cruza mediante un cajón el cauce de la quebrada Talca. El cajón se construyó emplazado en los sedimentos fluviales recientes de esta quebrada (Qf).

Km 3,774-5,264

Continúa el canal en los depósitos aluviales antiguos (Qf1) que constituyen una primera terraza claramente apreciable sobre el cauce del río. En los últimos 0,6 Km los depósitos aluviales engranan parcialmente con depósitos coluviales recientes (Qc).

Km 5,264- 6,294

En este tramo del sector 1 el canal bordea unas suaves lomas de rocas intrusivas meteorizadas a lo largo de unos 1.030 m. Se observa que el canal fue excavado en parte en los afloramientos de roca y en parte en la cubierta de "maicillo" que cubre las rocas intrusivas de la unidad de Intrusivos Graníticos a Dioríticos (Kgd) del Cretácico Superior basal.

Km 6,294-9,364

El canal continúa por unos 3,070 km cruzando en su mayor parte depósitos fluviales antiguos (Qf1), los que forman terrazas asociadas a las quebradas El Sauce y Los Maitenes. Sin embargo, a los 1.400 metros aproximadamente desde el inicio de este tramo, y durante unos 1.200 m, el canal contornea unas lomas muy bajas que separan las quebradas antes mencionadas. En este tramo el canal cruza una zona de rocas intrusivas de la unidad arriba mencionada y la cubierta regolítica de "maicillo". Los últimos 360 metros corresponden a los depósitos fluviales antiguos (Qf1) de la quebrada Los Maitenes.

7.2 SECTOR 2.- DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA ENTRE LAS QUEBRADAS LOS MAITENES Y LA CACHINA O ZONA DE LOS TÚNELES.

La revisión de los antecedentes relativos a los túneles del canal Bellavista permitió establecer que los 10 tramos en túnel que forman parte de este sector, suman una longitud total aproximada de 2.358 m lineales.

En la Tabla 7-1 siguiente se resumen las principales características de los túneles del canal Bellavista.

Tabla 7-1.- Características de los túneles del canal Bellavista

Nº	Nombre Tunel	Ubicación Medida desde el Inicio del Canal	Longitud (m)	Pendiente Media
1	Las Rojas	Km. 10,608-10,905	251	0,010
2	Porvenir	Km. 15,155-16,077	935	0,004
3	Los Burros	Km. 16,856-16,924	71	0,003
4	Quilacán 1	Km. 18,371-18,418	55	0,010
5	Quilacán 2	Km. 18,437-18,460	23	0,003
6	Quilacán 3	Km. 18,476-18,576	102	0,003
7	Quilacán 4	Km. 18,604- 18,679	75	0,005
8	Quilacán 5	Km. 18,704-18,784	80	0,003
9	El Membrillo	Km. 18,819-19,173	352	0,002
10	La Cachina	Km. 19,243 -19,654	420	0,030

El sector 2 comienza en el km 9,364, en el flanco izquierdo de la quebrada Los Maitenes y concluye en el flanco izquierdo de la quebrada La Cachina.

Km 9,364- 12,314

Este tramo se inicia en el flanco norte de la quebrada Los Maitenes, adosado al pie del cerro Las Máquinas. En este tramo el canal cruza localmente afloramientos de rocas graníticas de la unidad de Granitos del Cretácico Superior (Kgd) y la cubierta regolítica que las sobreyace (Fotografía 7-1 y Fotografía 7-2). En este tramo se detecta, en las paredes del canal, la roca fracturada con densidades variables entre 4 a 6 ff/m. La cubierta regolítica deriva de sectores de roca muy meteorizada mediante el proceso de descomposición bolar. En este tramo se incluye el túnel Las Rojas, de 251 m de longitud, que cruza las rocas intrusivas por un portezuelo entre el cerro la Cantera y el cerro las Máquinas.

Fotografía 7-1: Detalle de bloques residuales en el sector del portal de entrada del túnel Las Rojas. Estos bloques resultan de la meteorización o descomposición bolar de las rocas intrusivas.



Fotografía 7-2.- Vista de la superficie en sector del portal de salida del túnel Las Rojas. Se aprecia la meteorización superficial de la roca intrusiva (Kgd) formando un capa de “maicillo” y bolones residuales de gran tamaño.



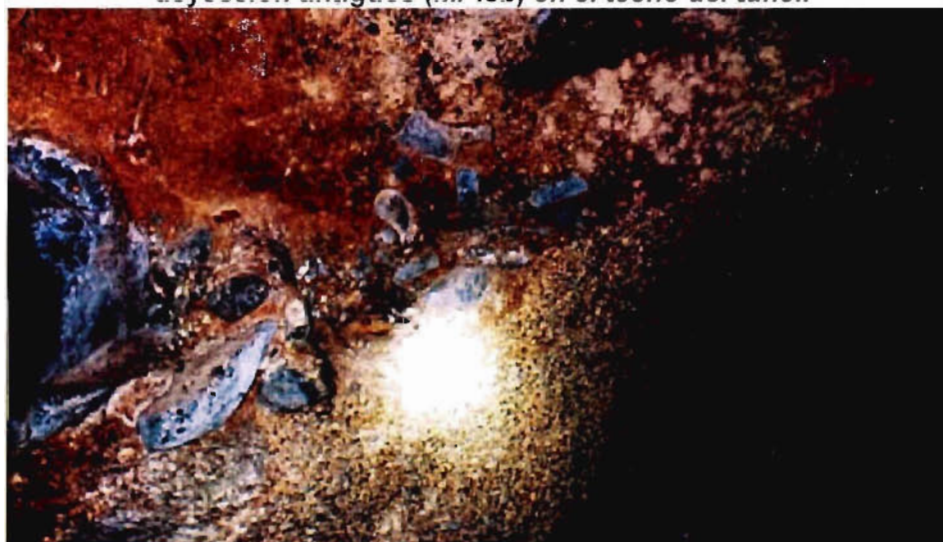
Km 12,314-15,314

El tramo coincide, en su comienzo, con el inicio de la llanura aluvial de la quebrada Las Ánimas, extendiéndose hasta el flanco derecho del cauce de la misma quebrada y en donde finaliza el túnel Porvenir (Fotografía 7-3). Este tramo se caracteriza porque el canal se excavó en o muy cerca del contacto entre la cubierta de suelos de depósitos aluvio-coluviales de antiguos conos de deyección miopliocénicos, que conforman la parte superficial de la llanura, y las rocas intrusivas de la unidad Kgd antes mencionada. Esta dicotomía es especialmente observable a lo largo del túnel Porvenir (Fotografía 7-4 y Fotografía 7-5) En algunos sectores del tramo las rocas intrusivas afloran en superficie.

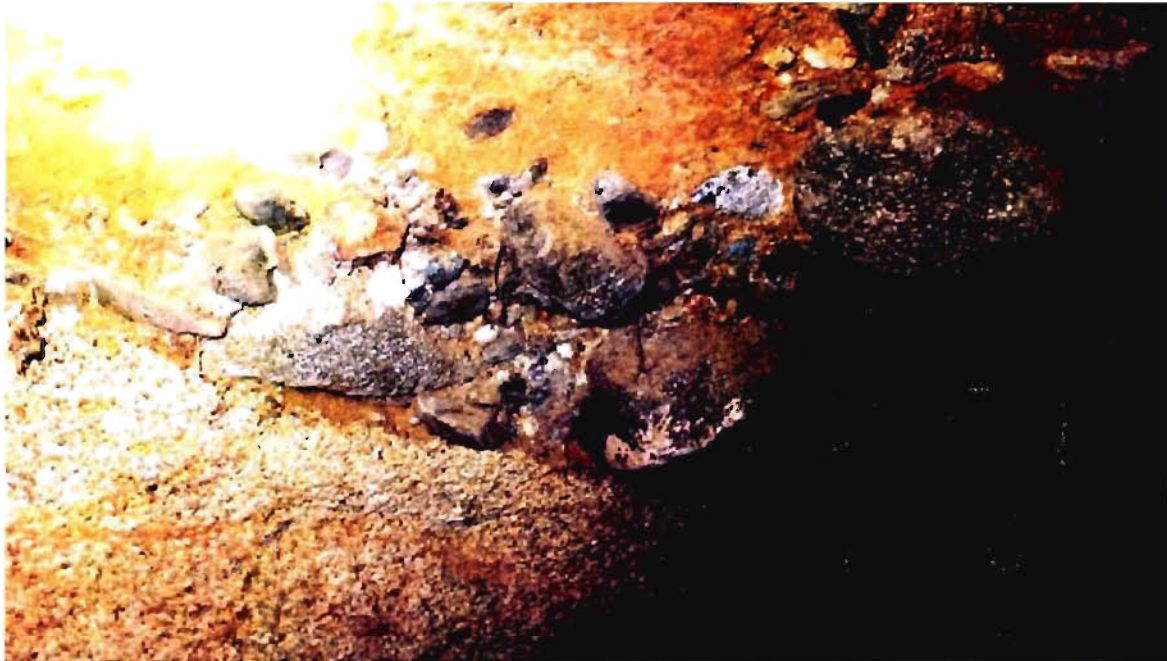
Fotografía 7-3.- Vista general del sector de la quebrada Las Ánimas. En primer plano se observa el cauce de la quebrada y en segundo plano el flanco derecho de la quebrada. Al fondo el llano labrado en los depósitos de conos de deyección miopliocénicos que cruza el túnel Porvenir, cuyo portal de salida se ubica hacia el centro de la imagen.



Fotografía 7-4.- Vista de detalle de un tramo del túnel (túnel Porvenir), mostrando el contacto entre las rocas intrusivas (Kgd) y los depósitos de conos de deyección antiguos (MPlcb) en el techo del túnel.



Fotografía 7-5.- Vista de la clave de otro sector del túnel Porvenir mostrando nuevamente el contacto sedimento-roca.



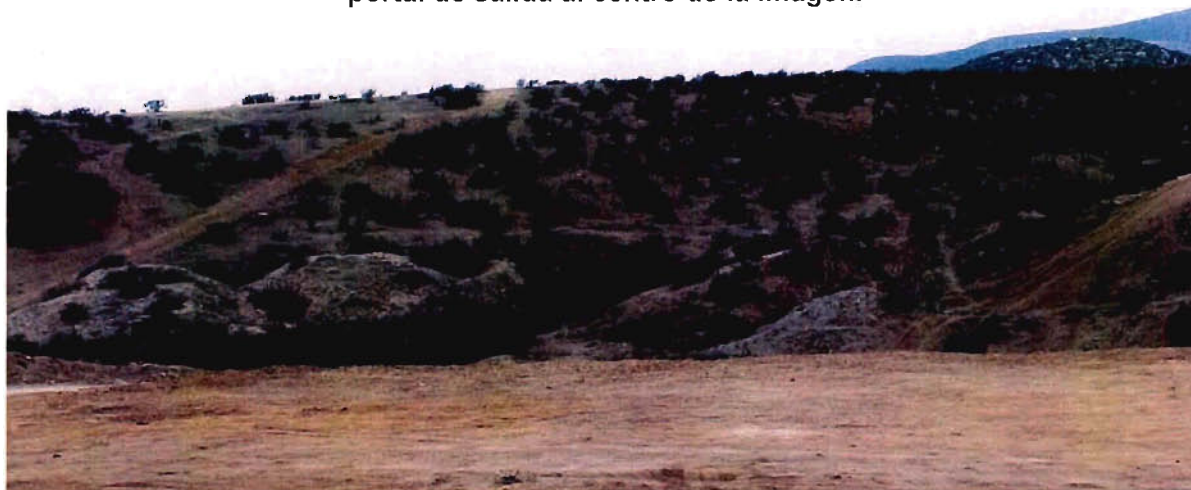
Km 15,314-15,560

El canal en este tramo cruza 246 m de sedimentos fluviales recientes (Qf) del cauce de la quebrada Las Ánimas. (Fotografía 7-3)

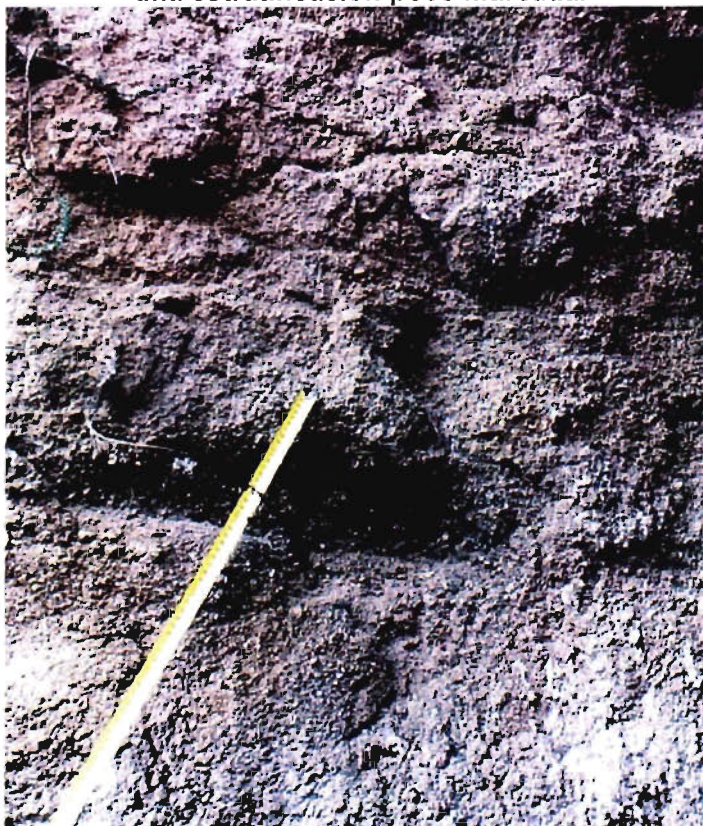
Km 15,560-16,250

El canal se desarrolla por el flanco oriental de una loma alargada (Fotografía 7-6) constituida por depósitos de conos de deyección, consistentes arenas gruesas inmaduras (Fotografía 7-7), provenientes de la erosión de relieves graníticos cercanos. La mitad del tramo cruza hacia el oeste, en un túnel de 68 m, y sigue una pequeña quebradilla sin nombre, afluente de la quebrada Las Ánimas. Allí el canal se excavó en sedimentos fluvio-aluviales de poco espesor (< 1m), dispuestos sobre los depósitos de conos de deyección antiguos (Mioceno–Plioceno) subyacentes. El tramo finaliza en el flanco izquierdo de la quebradilla en donde afloran rocas graníticas del Cretácico superior (Unidad Kgd) cubiertas por suelos originados por meteorización de éstas.

Fotografía 7-6.- Vista de la loma alargada que cruza el túnel Los Burros, se aprecia el portal de salida al centro de la imagen.



Fotografía 7-7.- Detalle de la pared del túnel Los Burros mostrando el material en que fue excavado: arena gruesa a muy gruesa proveniente de “maicillo” redepositado. Se observa una estratificación poco marcada.



Km 16,250-17,840

El canal recorre el borde de una loma de 384 m.s.n.m., constituida por rocas graníticas (Kgd). El tramo está excavado enteramente en estas rocas y en su cubierta regolítica (Fotografía 7-8). En el tercio final de este tramo se localizan 5 túneles excavados en roca, los que se denominan Quilacán 1, 2, 3, 4 y 5 de este a oeste. Las rocas intrusivas presentan un grado variable de meteorización, desde la roca una fresca a poco meteorizada (W3) hasta una roca muy descompuesta (W5), cercana a suelo residual (Fotografía 7-9). La cubierta regolítica es importante, alcanzando a veces espesores cercanos a 5 m. El túnel más occidental (Quilacán 5) presenta los últimos 15 m metros excavados en depósitos de conos de deyección proximales miopliocénicos (MPlcb (b)) que marca el final de este tramo y el inicio del siguiente (Fotografía 7-10).

Fotografía 7-8.- Vista general del sector del portal de salida del túnel Quilacán 4 mostrando la cubierta regolítica con bloques de roca más fresca sobresaliendo de la masa de “maicillo”.



Fotografía 7-9.- Vista en detalle del flanco derecho del canal en el mismo sector de la fotografía anterior, en donde se visualizan los bloques parcialmente inmersos en el “maicillo”.



Fotografía 7-10.- Vista del portal de salida del túnel Quilacán 5, excavado en depósitos de conos de deyección proximales. La parte final del túnel marca el inicio de tramo siguiente.



Km 17,840-18,700

Este tramo del canal se inicia en los últimos 15 m del túnel Quilacán 5 (Fotografía 7-10) y se extiende durante 0,86 km hasta llegar al costado derecho del cauce de la quebrada La Cachina. El canal se excavó principalmente en depósitos de conos de deyección antiguos (Mioplioceno) (MPlcb) que conforman los llanos de las quebradas El Membrillo y La Cachina. El material clástico es en general anguloso a subanguloso, mal estratificado (Fotografía 7-10), pudiendo interpretarse, al igual que los depósitos del llano de la quebrada Las Ánimas, como depósitos de aluviones y/o flujos de detritos. Las rocas excavadas por el túnel entre los 220 m y hasta el final de éste corresponden a metandesitas y también a facies de borde de la Unidad Kgd del Cretácico Superior relativamente frescas pero con abundante fracturamiento. En este tramo se incluye la parte final del túnel Quilacán 5 y los túneles El Membrillo, enteramente excavados en los depósitos miopliocénicos, y el túnel La Cachina, cuyos últimos 75 metros fueron excavados exclusivamente en la metandesitas, en tanto que entre los 220 a 350 metros aproximadamente, coexisten ambos tipos de materiales, ocupando los depósitos de conos de deyección la parte alta del túnel. Entre estos dos últimos túneles el canal cruza la quebrada Las Trancas (Fotografía 7-11).

Fotografía 7-11.- Sector de la quebrada Las Trancas, en donde se observan los portales de salida y de entrada de los túneles El Membrillo y La Cachina, a la derecha e izquierda de la imagen respectivamente, excavados en depósitos de conos de deyección proximales del Mioplioceno. Vista hacia el norte.



Km 18,700-18,730

Corresponde a un tramo del canal que cruza el cauce de la quebrada La Cachina relleno por depósitos fluvio-aluvionales recientes (Qf).

Este tramo constituye el límite natural entre este sector (sector 2) y el sector siguiente (sector 3).

7.3 SECTOR 3.- DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA ENTRE LA QUEBRADA LA CACHINA Y LA FLORIDA.

El sector 3 se inicia en flanco oeste o izquierdo de la quebrada La Cachina y concluye en el sector del barrio de La Florida, en la intersección del canal con una recta trazada desde la cumbre del cerro Grande hasta el cruce de la avenida Los Girasoles con la calle Las Camelias. La intersección de esta línea con el canal, coincide con el contacto entre depósitos coluviales recientes (Qc) y rocas intrusivas (JKd).

Km 18,730-25,170

Corresponde a un tramo del canal de unos 6,440 km aproximadamente, excavado principalmente en facies de borde del intrusivo principal y consistente en: dioritas porfíricas de anfíbola, microdioritas de anfíbol, andesitas afaníticas, metandesitas y variedades de pórfidos dioríticos y microdioríticos de color oscuro. El canal en este tramo bordea un relieve construido en las rocas mencionadas y cuya altura máxima es de 589 m.s.n.m. Estas rocas alojan varias minas de cobre y oro, entre las cuales destacan las labores Culebrón, la Ovallina y Pajonales. En su ladera NE este relieve es cortado por dos quebradas pequeñas que interceptan el canal, la más pequeña, sin nombre y la segunda, algo más importante, se denomina quebrada Barrios. El tramo finaliza en el sector de Vista Bella en donde se inicia el despliegue de los conos de deyección miopliocénicos que conforman los llanos de la quebrada Monardez.

Km 25,170-29.070

En este tramo, el canal se emplaza en los llanos asociados a la quebrada Monardez conformados por depósitos de conos de deyección antiguos (MPlcb) (Mioplioceno) similares a los del llano de la quebrada Las Ánimas ya descritos; ellos son truncados por los cauces actuales de la quebrada Monardez y de otras quebradas menores.

Km 29,070-32,600

En este tramo el canal contornea un cerro de poca altura (324 m.s.n.m.) constituido por rocas intrusivas pertenecientes a la unidad Intrusivos Graníticos a Dioríticos del Cretácico Inferior (Kigd).

Km 32,600-33,560

El canal está excavado en suelos correspondientes a las zonas más altas de los conos de deyección antiguos (MPlcb), los que se extienden ampliamente hacia el sector de Bellavista-Monardez. Ellos poseen localmente una delgada cubierta de depósitos aluvio-coluviales recientes (Qc).

Km 33,560-34,780

El canal continúa por el borde de la punta norte de un cerro de altura de 502 m.s.n.m. que separa la quebrada La Varilla de la quebrada Monardez. Esta geoforma está constituida también por rocas intrusivas pertenecientes a la unidad de Intrusivos Granítico y Dioríticos del Cretácico Inferior (Kigd), con una cobertura regolítica-coluvial.

Km 34,780-35,540

El tramo, con orientación NNE, cruza la parte baja de la quebrada La Varilla. En este tramo el canal corta depósitos de conos de deyección antiguos (MPlcb) y una delgada cubierta de depósitos aluvio-coluviales recientes (Qc) que cubre parcialmente los depósitos miopliocénicos, los que se extienden ampliamente en el sector de Bellavista-La Florida.

Km 35,540-36,550

El canal nuevamente contornea la punta norte de una pequeña loma, que es parte del cordón de cerros bajos que limita la quebrada La Varilla por el oeste. Allí afloran rocas intrusivas hipabisales y lavas andesíticas correspondientes a la unidad Complejo Subvolcánico Agua Salada (Jas), del Jurásico Superior – Cretácico Inferior.

Km 36,550-37,420

El canal bordea la parte NE del cerro Grande, cruzando depósitos coluviales recientes (Qc), los que forman pequeños conos de deyección de alta pendiente, unidos entre sí. En este último tramo finaliza el sector 3 del canal Bellavista

7.4 SECTOR 4.- DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL CANAL BELLAVISTA ENTRE LA FLORIDA Y LA QUEBRADA CRUZ DE CAÑA (SECTOR FINAL DEL CANAL).

En este sector final el canal inicialmente contornea el cerro Grande para después continuar En dirección hacia la quebrada Cruz de Caña, en los depósitos miopliocénicos que se localizan al frente de las quebradas Lanza Grande y Lanza Chica. Allí el canal se divide en uno que va a un tranque de riego y en un canal secundario que continua hacia el sur.

Km 37,420-42,140

El trazado del canal contornea, en esta parte inicial del sector 4, el borde del cerro Grande (520 m.s.n.m.) conformado por rocas ígneas consistentes en monzodioritas, dioritas y gabros pertenecientes a la unidad Intrusivos Dioríticos del Jurásico Superior –Cretácico Inferior (JKd). En este tramo el canal fue excavado parcialmente en la cubierta regolítico-coluvial de estas rocas.

Km 42,140-44,390

El canal cruza una zona de piedemonte cubierta por depósitos coluviales recientes (Qc) de arenas y gravas que sobreyacen a pórfidos dioríticos, andesitas porfíricas y microdioritas, afectadas en parte por metamorfismo dinámico, de la unidad Complejo Subvolcánico Agua Salada (Jas) del Jurásico Superior. A lo largo de los bordes del canal (Fotografía 7-12) es posible observar las rocas mencionadas, cuya litología se observa también en los clastos superficiales (Fotografía 7-13).

Fotografía 7-12.- Trazado del canal en el tramo entre el cerro Grande y el cerro La Varilla. Se aprecia la cubierta coluvial reciente (Qc) y también en el borde izquierdo del canal las rocas que constituyen el lecho de éste.



Fotografía 7-13.- Detalle de los clastos superficiales correspondientes a rocas de la Unidad Complejo Subvolcánico Agua Salada. Gran parte de estas rocas superficiales se han utilizado como material de construcción.



Km 44,390-46,750

En este tramo nuevamente el canal cruza por rocas intrusivas de la unidad Intrusivos Dioríticos del Jurásico Superior- Cretácico Inferior (JKd) y su cubierta regolítico-coluvial.

Km 46,750-48,170

El canal adquiere en este tramo una franca orientación NS, atravesando depósitos de suelos recientes (Qa) correspondientes a acumulaciones detríticas inconsolidadas de gravas con matriz de arena y limo, además de intercalaciones arenosas provenientes del abanico aluvional o cono de deyección de la quebrada La Laja (Fotografía 7-14).

Km 48,170-49,750

El canal bordea la ladera occidental del cerro Huachalalume (320 m.s.n.m.) cruzando nuevamente rocas ígneas de la unidad Intrusivos Dioríticos del Jurásico Superior- Cretácico Inferior (JKd) y su cubierta regolítico-coluvial.

Fotografía 7-14.- Detalle del borde izquierdo del canal excavado en los depósitos aluvionales recientes (Qa) de la quebrada La Laja.



Km 49,750-50,000

El canal atraviesa 250 metros de depósitos coluvio-aluviales recientes (Qc) de una pequeña quebrada sin nombre que nace en los faldeos occidentales del cerro Cardo (677 m.s.n.m.) y que separa el cerro Huachalalume (320 m.s.n.m.) por el norte del cerro La Máquina (319 m.s.n.m.) por el sur.

Km 50,000-52,580

Siguiendo siempre por el faldeo occidental del cerro La Máquina (319 m.s.n.m.), el canal corta nuevamente rocas ígneas de la unidad Intrusivos Dioríticos (JKd).

Km 52,580-53,020

El canal se emplaza en depósitos aluviales recientes (Qa) pertenecientes a digitaciones del cono aluvial principal de la quebrada Cruz de Caña

Km 53,020-54,630

El canal cruza depósitos de suelos antiguos semi-litificados correspondientes a conos de deyección miopliocénicos de la quebrada Cruz de Caña (MP1cb).

Km 54,630-55,410

El canal se interna nuevamente en depósitos aluviales recientes (Qa) correspondientes al abanico de la quebrada Cruz de Caña.

Km 55,410-56,750

Este tramo del canal cruza nuevamente depósitos de conos de deyección antiguos (MPlcb) de la quebrada Cruz de Caña

Km 56,750-57,050

El canal corta depósitos coluvio- aluviales (Qa) del abanico de la quebrada Lanza Grande.

Km 57,050-57,340

El canal concluye en depósitos de conos de deyección antiguos (MPlcb) (Fotografía 7-15) de la quebrada Lanza Grande.

Fotografía 7-15 .- Vista del sector final del canal Bellavista mostrando el canal excavado en sedimentos de conos de deyección antiguos del Mioplioceno cubiertos por suelo vegetal. Fotografía hacia el norte desde la obra en que finaliza el canal.



8 ESTABILIDAD DEL CANAL BELLAVISTA

El análisis de los peligros que pueden afectar la estabilidad del canal Bellavista está relacionados no solo con la naturaleza geológica de los materiales en los que fue excavado, sino que además tienen que ver con ciertos aspectos constructivos y otros derivadas del ecosistema en que se enmarca el canal, aspectos que si bien no son propiamente de naturaleza geológica, se incluyen en este capítulo por su importancia.

La mayor parte de la información geológico-geotécnica de estos tramos en túnel se encuentra disponible en el informe 4184-1000-GO-INF-001 “*Estudio Geológico Túneles*”, correspondiente al Anexo 5 de este Estudio de ARCADIS CHILE, por lo cual en los párrafos siguientes sólo se expondrán los eventuales problemas geotécnicos detectados en dichos tramos en base a las conclusiones del citado informe.

En general, los sectores de portales, ya sea excavados en suelo o en roca, se encuentran afectados por fenómenos de erosión debido a las precipitaciones, lo que puede generar posibles desplomes o derrumbe parciales de sectores obturando parcial o totalmente el flujo del canal. Estos peligros se consideran declarados para el túnel Las Rojas en el portal de entrada, para ambos portales del túnel Los Burros y para el portal de salida del túnel Quilacán 4. Para el resto de los otros portales este peligro se considera sólo aunque con una alta posibilidad de ocurrencia.

La mayor parte de los tramos en túnel, ya sean excavados en roca o en suelo son estables, con escasos materiales detríticos y/o desechos depositados en el piso de éstos, y con secciones frecuentemente amplias suficientes para no interrumpir el flujo de agua. Sin embargo, en los primeros metros desde el portal de entrada del túnel Las Rojas (primer tramo en túnel) al menos hasta unos 15 m desde el inicio de éste, se ha producido una importante sobreexcavación de la clave debido al alto grado de meteorización de la roca y a la acción de raíces de eucaliptus que forman un pequeño bosque en superficie. Allí existe un claro peligro de desplome parcial o total de la clave a largo plazo.

El tramo en túnel Los Burros se excavó en depósitos de “maicillo” con un grado de compacidad medio a alto; no obstante lo anterior, se han originado desplomes o planchoneos desde la clave del túnel debido a infiltraciones provenientes desde la superficie. El material, débilmente litificado tiende a disgregarse, siendo transportado hacia aguas abajo dejando el piso limpio. En este caso, el proceso de degradación es continuo y eventualmente culminará con el colapso de la clave, obstruyendo el flujo de agua en el largo plazo.

Todos los túneles del sector 2 del canal Bellavista están siendo actualmente afectados por una incipiente y creciente actividad antrópica, asociada a la construcción de casas, caminos de acceso e instalaciones de postaciones, etc. Estas obras, en algunos casos, se ubican sobre o muy cercanas a estos túneles, lo cual constituye un peligro potencial para la estabilidad física de los mismos, acarreando además posibles complicaciones judiciales.

Para evitar o minimizar los problemas de estabilidad que podrían ocurrir en los sectores de los portales y los túneles Las Rojas y Los Burros, se visualizan las siguientes posibles soluciones:

- Mantener una vigilancia permanente de los tramos en túnel durante las precipitaciones importantes y en las épocas de limpieza del canal.
- Considerar la posibilidad de revestir los sectores de los portales de los túneles y los tramos en túnel ya indicados. En el caso del túnel los Burros significaría revestirlo completamente.
- Analizar la posible remoción total de los sectores considerados inestables hasta alcanzar la roca relativamente más fresca y estable. En el caso del túnel los Burros, abrirlo completamente transformando el túnel en un tramo en canal. Esta última solución podría afectar eventualmente propiedades superficiales.

Debe indicarse que cualquier solución a considerar debe tener en cuenta que los peligros identificados tienen diferentes prioridades de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia.

Los peligros de estabilidad del canal relacionados con los flancos corresponden a deslizamientos locales de los taludes hacia el canal causados por agua lluvias, destrucción parcial del talud a valle por la colonización por roedores cavícolas (informe 4184-0000-GE-INF-007 de ARCADIS CHILE) e inestabilidades del talud a valle por saturación del suelo en que está asentado. Con excepción de la actividad de roedores los otros peligros mencionados son puntuales y bien localizados.

Dado que la mayoría de los peligros asociados los taludes del canal han sido identificados en los primeros 22,5 Km del canal y que eventualmente podrían resultar en la rotura o colapso del talud a valle o, en el caso de deslizamientos del talud hacia el canal en el desborde de éste por disminución de la sección del mismo, con la interrupción del escurrimiento del canal, se consideran que son peligros importantes y de alta prioridad que afectarían la estabilidad del canal.

9 CONCLUSIONES

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.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ref. 1.- Emparan, C. y Pineda, G. 2000. Área La Serena-La Higuera, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería Serie Mapas Geológicos escala 1:100.000, N° 18. Santiago, Chile.

Ref. 2.- Paskoff, R. 1970. Le Chili semi-arid: recherches géomorphologiques. Biscaye Frères, Imprimeurs. Bordeaux, France.

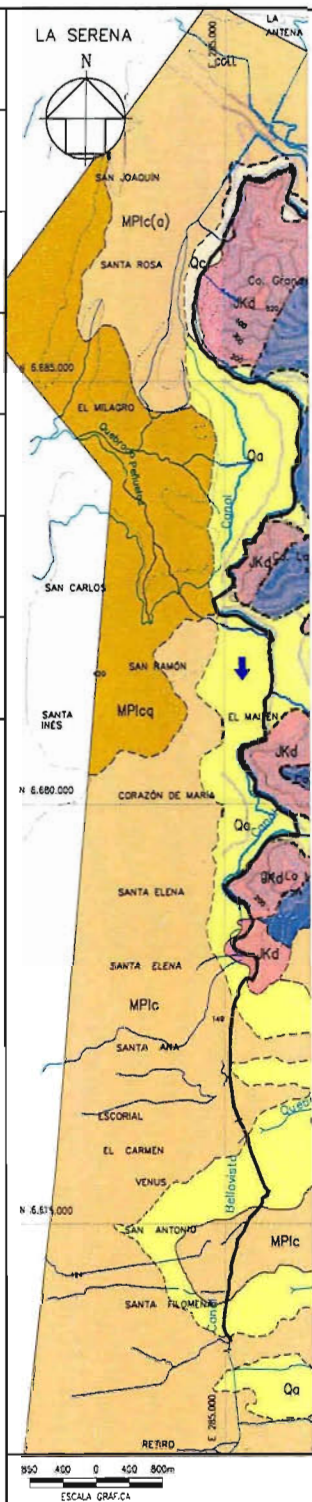
Ref. 3.- ARCADIS CHILE. Informe N° 4184-0000-GO-INF-006. Caracterización Geológica Del Canal Bellavista, Comisión Nacional De Riego, Santiago, Chile

Ref. 4.- ARCADIS CHILE. Informe N° 4184-0000-GE-INF-007. Informe Caracterización Geotécnica Canal Bellavista, Comisión Nacional De Riego, Santiago, Chile

ANEXO A

MAPA GEOLÓGICO Y SECTORIZACIÓN DEL CANAL BELLAVISTA

PROY.	DISEÑO	FECHA	DIBUJÓ	FECHA	REVISÓ	FECHA
4184	S.R.G.	19.03.15	J.L.M.	19.03.15	J.L.Z.	19.03.15



LEYENDA

Unidades de Suelos

- Depósitos Aluviales (Qa) (Cuaternario)**
Qa Brechas polimícticas no consolidadas, con matriz de arena y limo.
- Depósitos Coluviales (Qc) (Cuaternario)**
Qc Gravos monomícticos adosados a los ladera o rios de ellos. Clastos angulosos o subredondeados.
- Depósitos Fluviales (Qfa; Qfr) (Cuaternario)**
Qf Gravos muy gruesos a gruesos, poco consolidados con buena estratificación y abundante matriz de arena.
a: Depósitos antiguos de la terraza más antigua del Río Elqui.
r: Depósitos recientes del cauce y llanura de inundación del Río Elqui.
- Formación Confluencia (MPic) (Mioceno - Plioceno)**
MPic Secuencia de gravos gruesos bien redondeados con intercalaciones de areniscas poco consolidadas y lentes de limos, continentales, y brechas con abundante matriz limo-arenosa.
a: Gravos medios a muy gruesos, clasto-soportados, polimícticos de color pardo medio, con estratificación gruesa y clastos redondeados y discoidales.
b: Brechas no consolidadas formadas por clastos angulosos soportados por una matriz limo-arenosa y arenas de guijarros, finas a gruesas, de color pardo oscuro medianamente consolidadas y con mala estratificación (flujos de detritos).
- Formación Coquimbo (MPicq) (Mioceno - Plioceno)**
MPicq Secuencia sedimentaria marina fosilífera, bien estratificada con débil litificación.

Unidades de Rocas

- Unidad Intrusivos Graníticos a Dioríticos (Kgd) (Cretácico Superior)**
Kgd Monzodioritos cuarcíferos.
- Unidad Intrusivos Graníticos a Dioríticos (Kig) (Cretácico Inferior)**
Kig Conjunto de stocks formada por dioritos a monzogranitos que intruyen las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa.
- Formaciones volcano sedimentarias, marinas y continentales del cretácico inferior, incluye formaciones Quebrada Marquesa y Arqueros (Kva) (Cretácico Inferior).**
Kva
- Unidad Intrusivos Dioríticos (JKd) (Jurásico Superior - Cretácico Inferior).**
JKd Monzodioritos cuarcíferos, monzodioritos, dioritos, dioritos cuarcíferos y gabros de biotita, anfíbola y piroxeno, de grano medio.
- Complejo Subvolcánico Agua Salada (Jos) (Jurásico Superior)**
Jos Pérfidos dioríticos, andesíticos y dioritos porfíricos y microdioritos de piroxeno, anfíbola y olivino.
- Alteración Hidrotermal en la unidad de intrusivos graníticos a dioríticos (Kig).**
AI

SIMBOLOGÍA

---	CONTACTO GEOLÓGICO INFERIDO
—	CAMINOS
—	QUEBRADAS
—	RIO
325	CURVAS DE NIVEL
←	DIRECCIÓN DE FLUJO
—	TRAZADO CANAL BELLAVISTA
—	TÓNELES CANAL BELLAVISTA

NOTAS

- DIMENSIONES EXPRESADAS EN METRO.
- ELEVACIONES EN METROS SOBRE NIVEL DEL MAR (m.s.n.m.).
- COORDENADAS EN SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM. REFERIDAS AL DATUM WGS-84.

TÍTULO
 MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA
 CANAL BELLAVISTA
 MAPA GEOLÓGICO TRAZADO CANAL

FIG. N°	ESCALA	REV.
4184-1000-GO-FIG-001	INDICADA	0

ARCHIVO CAD:

FECHA PLOTEO:



“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

Anexo 9

Santiago, mayo de 2015

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

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

N° 4184-1000-IH-MEC-001_C

ANEXO 9 - HIDROLOGÍA CANAL BELLAVISTA

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-0000-IH-INF-001**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	P. Muñoz	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	27.08.14	27.08.14	27.08.14	
C	Nombre Firma	P. Muñoz	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	13.11.14	13.11.14	13.11.14	

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

ANEXO 9 - HIDROLOGÍA CANAL BELLAVISTA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	OBJETIVOS.....	4
1.2	REFERENCIAS	4
2	ANTECEDENTES BÁSICOS DISPONIBLES	6
2.1	REGISTRO DE CAUDALES	6
2.2	REGISTRO DE PRECIPITACIONES	9
3	RELLENO Y EXTENSIÓN DE SERIES.....	13
3.1	RELLENO DE LA ESTADÍSTICA DE CAUDALES	13
3.2	CURVAS DE VARIACIÓN ESTACIONAL	14
3.3	SELECCIÓN ESTADÍSTICA DE PRECIPITACIONES	16
3.4	ANÁLISIS DE FRECUENCIA.....	17
3.5	MAPA DE ISOYETAS	18
3.6	CURVAS IDF	20
4	CAUDALES MEDIDOS EN BOCATOMA.....	24
5	CAUDALES DE CRECIDA QUEBRADAS LATERALES.....	26
5.1	METODOLOGÍA	26
5.2	RESULTADOS QUEBRADAS APORTANTES AL CANAL.....	28

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 9.1	Estadística y Correlación de Caudales Medios Mensuales
Anexo 9.2	Estadística de Precipitaciones Máximas Anuales Análisis De Frecuencia
Anexo 9.3	Características Quebradas Aportantes al Canal

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Estaciones fluviométricas cercanas al canal Bellavista	6
Tabla 2-2: Estaciones con Registro de Precipitación	9
Tabla 2-3: Precipitaciones anuales máximas diarias (mm).....	12
Tabla 3-1: Probabilidades de excedencia caudales medios mensuales estación río Elqui en Almendral	15

Tabla 3-2: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas (mm) Serie amplificada ($k=1,1$) ...	16
Tabla 3-3: Resultados del análisis de frecuencia	18
Tabla 3-4: Coeficientes de frecuencia, estaciones cercanas al canal Bellavista.....	20
Tabla 3-5: Coeficientes de duración estaciones pluviográficas	21
Tabla 3-6 Intensidad de lluvia para distintos periodos de retorno y duración,	21
Tabla 3-7 Intensidad de lluvia para distintos periodos de retorno y duración,	22
Tabla 5-1 Coeficientes de escurrimiento	27
Tabla 5-2 Coeficientes de distribución para el hidrograma unitario sintético	28
Tabla 5-3: Estimación de caudales afluentes al canal Bellavista.....	29

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación general área de estudio.....	5
Figura 2-1: Ubicación de estaciones con registro de caudales.....	7
Figura 2-2: Caudales medios mensuales río Elqui en Almendral y río Elqui en Algarrobal.....	8
Figura 2-3: Ubicación de estaciones con registro de precipitaciones	10
Figura 2-4: Ubicación zona homogénea y estaciones pluviométricas seleccionadas	11
Figura 3-1: Correlaciones caudales medios mensuales Estación río Elqui en Almendral y río Elqui en Algarrobal	13
Figura 3-2: Caudales medios mensuales Estación Río Elqui en Almendral (estadística rellenada) y río Elqui Algarrobal.....	14
Figura 3-3: Curva de variación estacional río Elqui en Almendral	15
Figura 3-4: Mapa de isoyetas $P_{pm\acute{a}x}$ en 24 hrs y $T=10$ años	19
Figura 3-5 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia, zona costera.....	22
Figura 3-6 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia, zona interior	23
Figura 4-1: Caudales medios mensuales bocatoma Canal Bellavista	24
Figura 4-2: Curvas de variación estacional río Elqui en Almendral y caudal de derecho captado en bocatoma	25
Figura 5-1 Cuencas de las quebradas aportantes al canal Bellavista	30

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

El siguiente documento contiene el estudio hidrológico de la zona del canal Bellavista, el cual se emplaza en la Provincia del Elqui en la IV Región de Coquimbo.

Los objetivos generales del estudio corresponden a:

- Recopilación de los antecedentes fluviométricos y pluviométricos en las cercanías del canal Bellavista.
- Caracterizar el recurso hídrico en el cauce del río Elqui aguas arriba de la bocatoma, a través de una estadística de caudales medios mensuales, generando las curvas de variación estacional.
- Determinación de la distribución de la precipitación en la zona de estudio para distintas probabilidades de ocurrencia, generando el mapa de isoyetas y generación de las curvas intensidad duración frecuencia.
- Recopilación de los caudales operacionales en la bocatoma del canal.
- Estimación de los caudales de crecida de las quebradas aportantes al canal mediante un modelo precipitación-escorrentía.

1.2 REFERENCIAS

1. Dirección General de Aguas (1995). Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica.
2. Dirección General de Aguas (1991). Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días Escala 1:500.000.
3. Junta de Vigilancia río Elqui y sus afluentes. Sitio web www.rioelqui.cl
4. Ministerio de Obras Públicas Chile (2012). Manual de Carreteras, Volumen 3, Capítulo 3.700. Diseño del drenaje, saneamiento, mecánica e hidráulica fluvial. Dirección de vialidad.
5. Ministerio de Obras Públicas Chile (2006). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del río Elqui.
6. Universidad de la Serena (2006). Memoria de título Curvas intensidad – Duración – Frecuencia de precipitaciones de la IV Región.
7. Ven Te Chow, Maidment, D. R., Mays, L.W. (1994): Hidrología Aplicada. -McGraw-Hill Interamericana.

El canal Bellavista se inicia en la cuenca del río Elqui, cuya área aportante es de 9645 km². El cauce principal del río Elqui nace de la junta de los ríos Turbio y Claro a la altura de la localidad de Rivadavia.

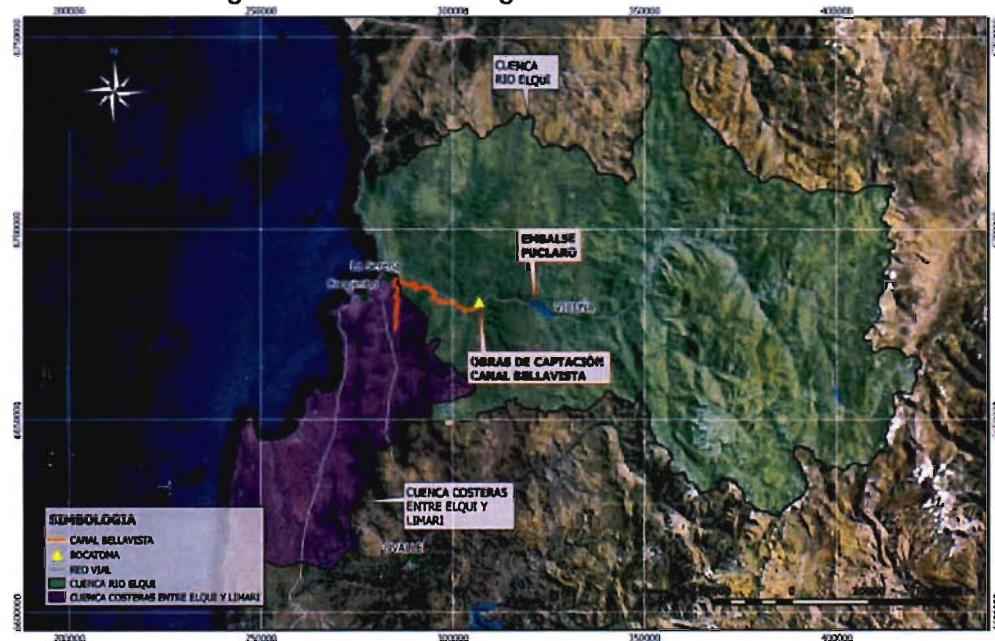
El caudal del río Elqui presenta variaciones estacionales, y ya en el sector aguas abajo de Vicuña presenta un régimen pluvial presentando caudales máximos instantáneos durante los periodos otoño-invierno.

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 m³. 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 km².

En la Figura 1-1 se muestra la ubicación general del área de estudio.

Figura 1-1: Ubicación general área de estudio



2 ANTECEDENTES BÁSICOS DISPONIBLES

2.1 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.

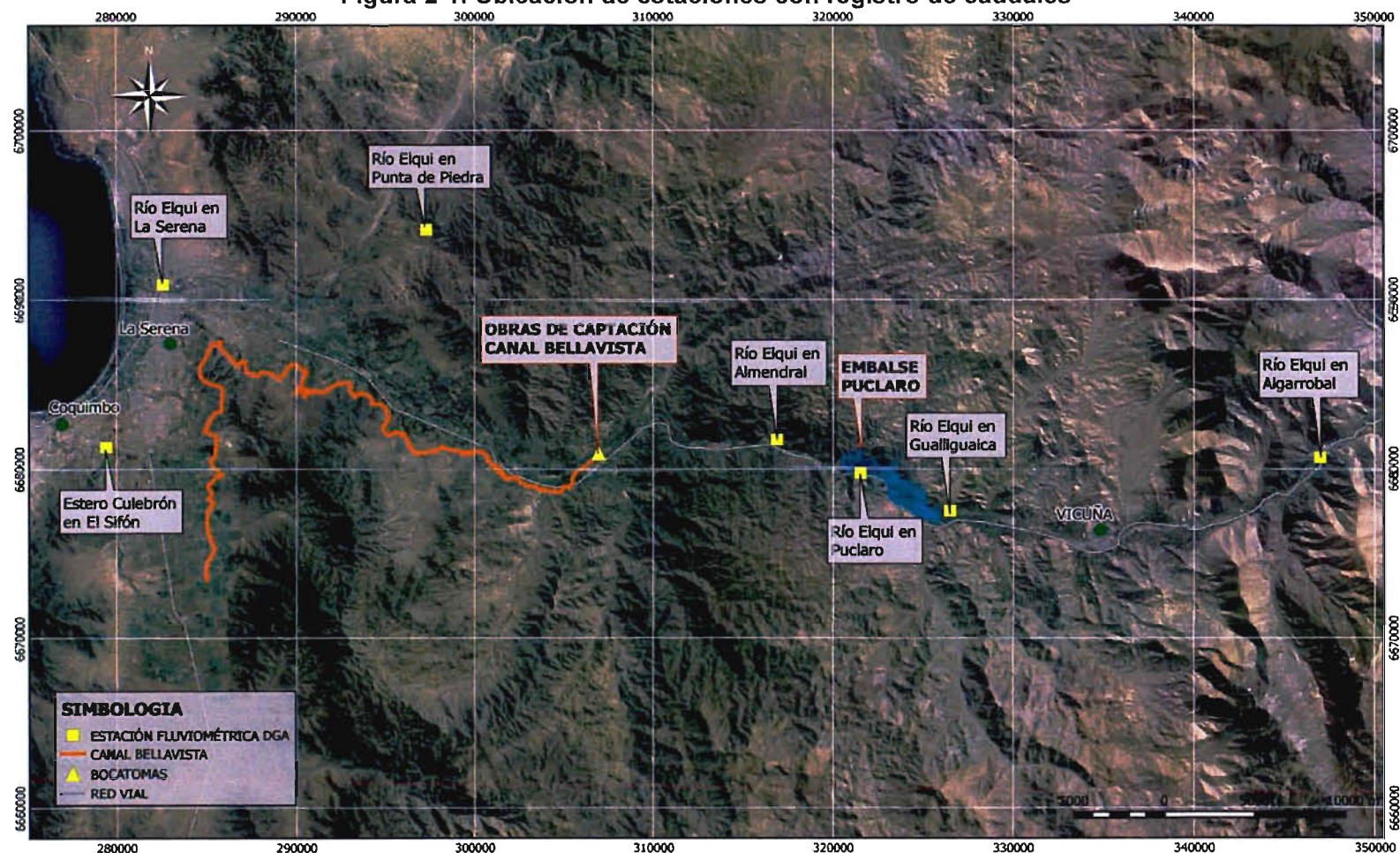
El canal Bellavista se emplaza a una cota inferior a los 300 msnm y presenta un régimen pluvial. Por este motivo se identificaron las estaciones fluviométricas de la Dirección General de Aguas (DGA) existentes en el río Elqui más cercanas a la zona de estudio, cuya estadística y ubicación se indica en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

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 2-1: 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 Gualiguaica	67	1946-vigente	490	6.677.495	326.490
Río Elqui en Algarrobal	41	1972-vigente	760	6.680.630	346.946

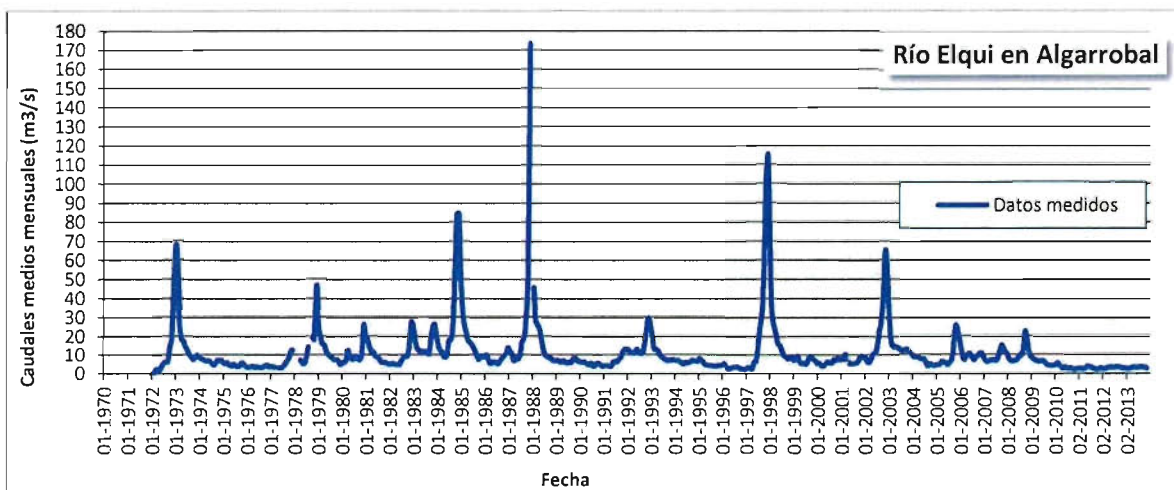
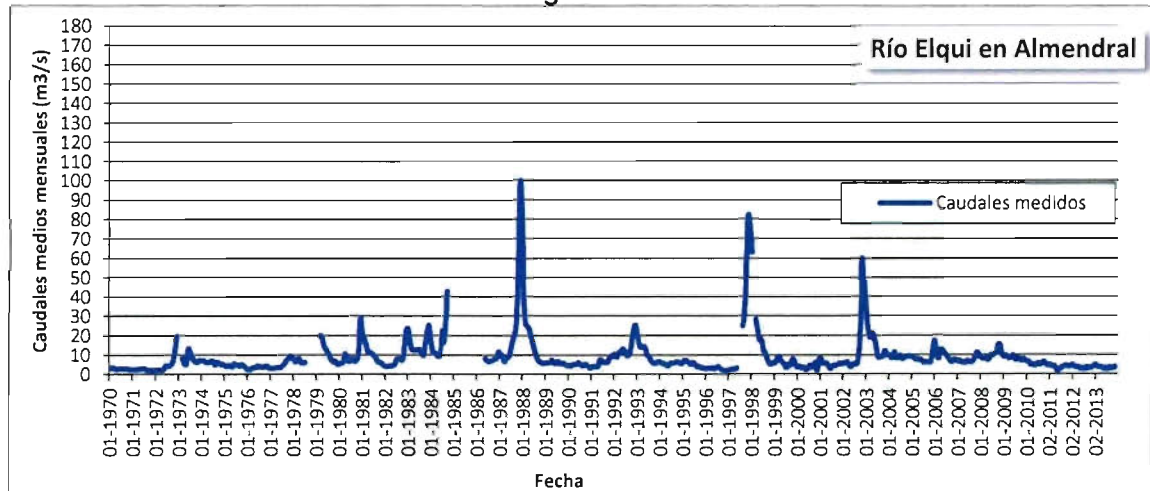
Figura 2-1: Ubicación de estaciones con registro de caudales



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 2-2.

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 Gualiguaica 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 2-2: Caudales medios mensuales río Elqui en Almendral y río Elqui en Algarrobal



2.2 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 recopilieron 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.

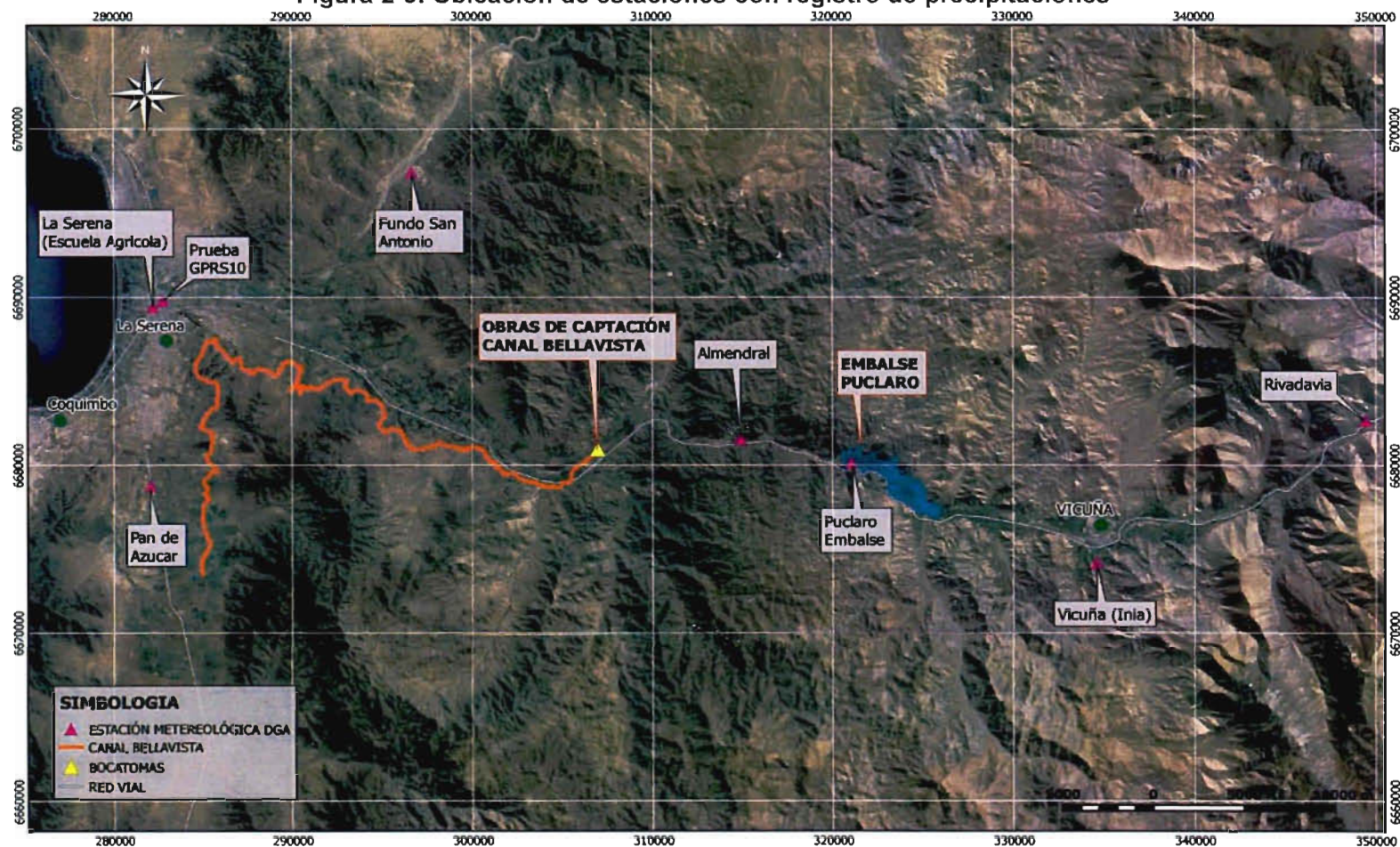
En la Tabla 2-2 se identifican y detallan las características de las estaciones con registro de precipitaciones máximas diarias más cercanas al canal Bellavista. En la misma tabla se indica el periodo de registro y la ubicación se muestra en la Figura 2-3.

Tabla 2-2: 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

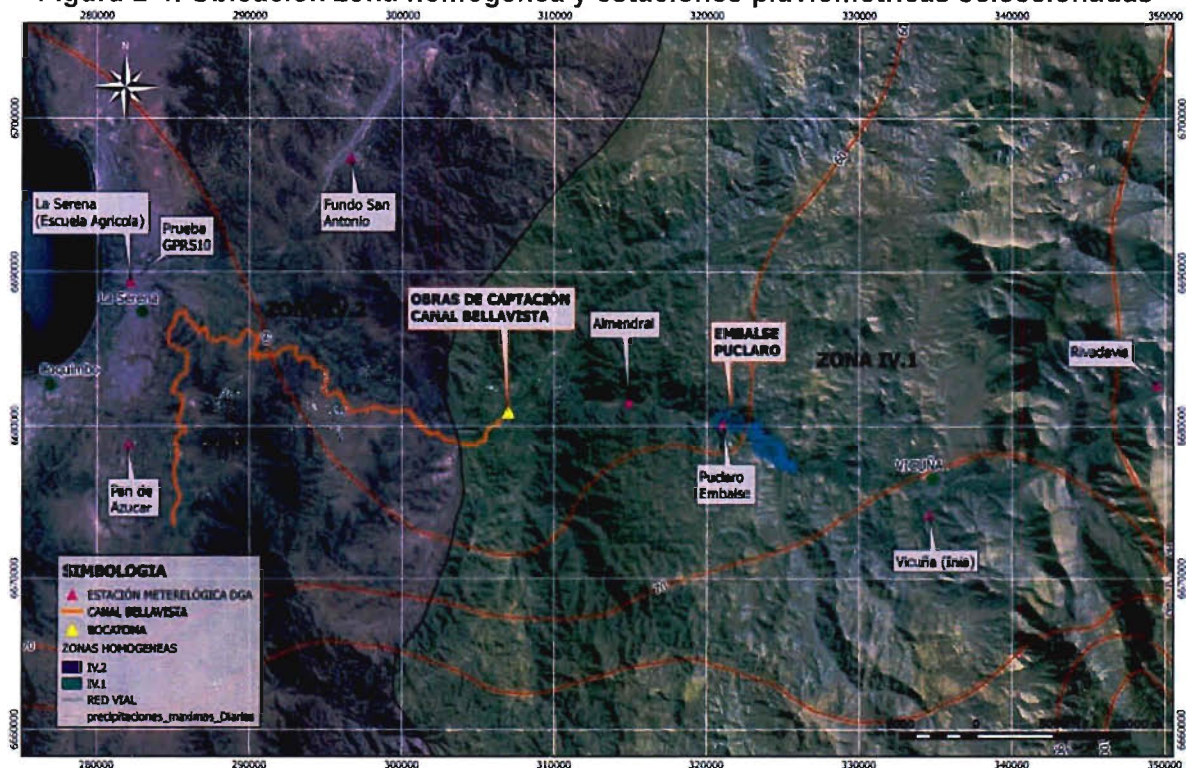
Las estadísticas de precipitaciones máximas anuales para cada estación se encuentran disponibles en el Anexo 9.2.

Figura 2-3: 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 (Ref.2). 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 período de retorno 10 años) como se muestra en la Figura 2-4.

Figura 2-4: 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.

La estadística de precipitaciones anuales máximas diarias se indica en la Tabla 2-3. Cabe agregar, que la estación GPRS10 no cuenta con estadística disponible, y la estación Fundo San Antonio y Puclaro Embalse cuenta con sólo 3 y 5 registros respectivamente.

Tabla 2-3: Precipitaciones anuales máximas diarias (mm)

AÑO	Fecha	Estación La Serena	Fecha	Estación Pan de Azúcar	Fecha	Estación Fundo San Antonio	Fecha	Estación Almendral	Fecha	Estación Puclaro Embalse	Fecha	Estación Vicuña	Fecha	Estación Rivadavia
1958							01/09	0,00					01/06	8,5
1959							13/04	22,00					12/08	23,2
1960							21/06	14,00					22/06	15
1961					01/11	0,00	27/08	41,00					28/08	27,8
1962					02/10	17,50	02/10	13,00	02/10	22			02/10	20
1963					19/07	40,00	19/07	33,00	20/08	29			19/07	54
1964							17/08	12,00	17/08	13			09/06	18,5
1965							17/07	38,00	17/07	52			12/07	53,5
1966							10/07	32,00	10/07	50,5			13/06	31
1967							01/01	0,00					11/09	31,5
1968													16/06	8,5
1969													04/08	13,5
1970													28/07	16,5
1971	09/09	26,80									09/09	32,90	09/09	32,50
1972	24/08	80,90					24/08	52,00			05/07	22,20	27/06	22,00
1973	15/06	21,00					15/06	28,00			15/06	16,80	15/06	24,30
1974	07/06	21,70					24/06	21,00			07/06	19,40	24/06	22,00
1975	31/05	30,80					31/05	42,50			30/05	33,00	31/05	40,00
1976	16/10	22,10					07/08	25,00			27/05	31,80	27/05	35,00
1977	11/07	23,00					06/10	18,00			12/07	13,40	22/07	24,50
1978	12/09	20,00	12/09	33,60			12/09	27,00			12/09	27,10	19/07	50,00
1979	31/07	2,50	31/07	2,70			31/07	1,50			24/08	3,30	12/09	5,50
1980	24/07	29,50	10/04	35,30			25/07	35,00			25/07	41,00	10/04	52,50
1981	12/05	25,50	12/05	38,50			12/05	32,00			12/05	22,90	06/08	13,00
1982	12/08	17,50	12/08	42,50			12/08	36,00			16/07	26,70	16/07	47,30
1983	07/07	83,50	07/07	108,00			07/07	43,50			08/07	41,40	07/07	51,30
1984	01/07	43,00	01/07	94,30			01/07	52,00			10/07	65,10	04/07	76,50
1985	29/07	16,10	29/07	17,50			29/07	32,50			29/07	37,50	29/07	30,50
1986	13/08	12,40	13/08	16,50			13/08	28,50			18/05	18,40	13/08	13,20
1987	24/07	93,80	15/07	65,10			24/07	64,00			24/07	78,80	24/07	98,00
1988	16/06	5,00	16/06	8,20			16/06	4,50			21/09	8,40	21/09	12,00
1989	04/05	7,30					04/05	4,50			29/04	12,20	20/08	27,40
1990	07/07	11,00					07/07	25,00			07/07	45,40	07/07	36,50
1991	17/06	38,10	16/07	17,70			17/06	53,50			17/06	57,40	17/06	51,00
1992	05/06	71,50	05/06	102,00			07/06	35,00			07/06	39,90	07/06	41,50
1993	06/05	32,50	29/08	13,50			29/08	19,50			29/08	28,00	29/08	12,50
1994	29/06	20,90					29/06	7,50			21/07	18,40	20/07	19,50
1995	10/09	2,50					12/09	2,50			10/09	1,30	05/07	1,00
1996	07/07	16,00					04/08	8,00			04/08	16,80	04/08	14,00
1997	16/08	40,30					16/08	95,00			16/08	53,00	17/08	70,00
1998	15/06	16,00					14/06	13,50			15/06	15,10	15/06	15,50
1999	31/10	11,00					30/10	13,50			07/09	15,20	07/09	31,50
2000	09/09	21,00					23/06	44,00			23/06	50,80	23/06	47,50
2001	19/07	63,10					19/07	38,50			26/08	30,80	26/08	26,00
2002	23/07	52,80					04/06	48,50			23/07	70,00	04/06	56,00
2003	20/05	44,50					21/05	50,50			21/05	42,70	21/05	22,50
2004	21/07	33,20					21/07	31,20			21/04	23,30	21/07	35,00
2005	03/05	19,00					03/05	37,00			03/05	18,30	23/05	18,00
2006	08/06	20,90					26/07	23,60			26/07	32,80	26/07	18,00
2007	14/06	12,10					14/06	20,00			14/06	9,40	08/08	7,00
2008	16/08	48,80					16/08	50,00			16/08	67,40	18/06	43,00
2009	15/08	30,00					15/08	22,00			28/06	24,00	28/06	29,00
2010	18/06	20,80					13/06	21,00			18/06	21,10	18/06	16,00
2011	05/06	96,00					05/06	34,00			05/06	35,00	05/06	30,00
2012	15/08	15,50					22/08	10,00			22/08	6,50	27/04	12,00
2013	17/05	19,50					17/05	34,00			17/05	16,90	17/05	20,00

3 RELLENO Y EXTENSIÓN DE SERIES

3.1 RELLENO DE LA ESTADISTICA DE CAUDALES

Para el relleno de la estadística, se consideraron los datos entre 1972 y 1999, periodo en el que no se encontraba operativo el Embalse Puclaro. Cabe mencionar que ante eventos de crecida se han registrados caudales más elevados en la estación aguas arriba lo que permite presumir que la Estación río Elqui en Almendral ha presentado dificultades en sus mediciones ante eventos extremos, y que coincide con la estadística faltante.

Se estableció una correlación entre la estadística de la estación río Elqui en Almendral y la estadística de la estación río Elqui en Algarrobal (estación patrón), a nivel de caudales medios mensuales. Se determinó la relación lineal con aquellos caudales cuyo periodo es coincidente (ver Figura 3-1), entregando un coeficiente de correlación de 93%, esta curva fue empleada para completar los datos sin información de la estación río Elqui en Almendral. Los resultados de la estadística rellena se indican en la Figura 3-2 y los valores de adjuntan en el Anexo 9.1.

Figura 3-1: Correlaciones caudales medios mensuales Estación río Elqui en Almendral y río Elqui en Algarrobal

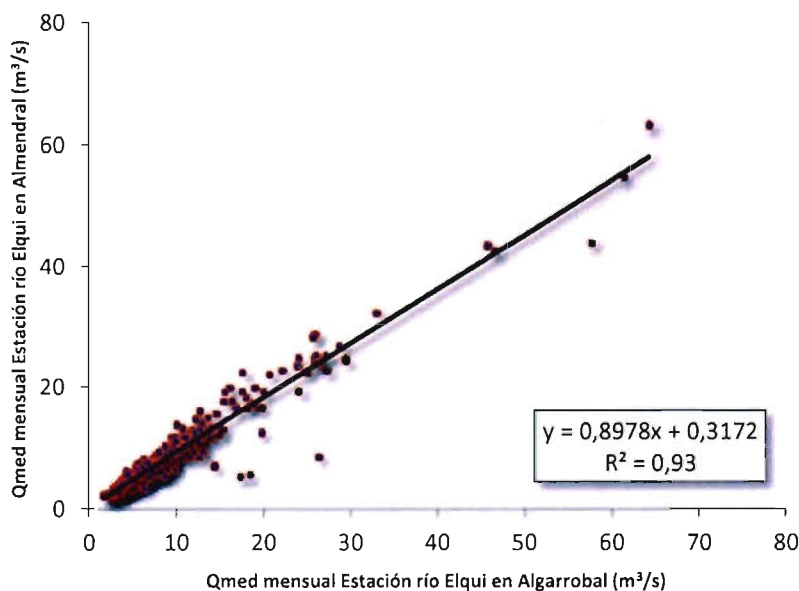
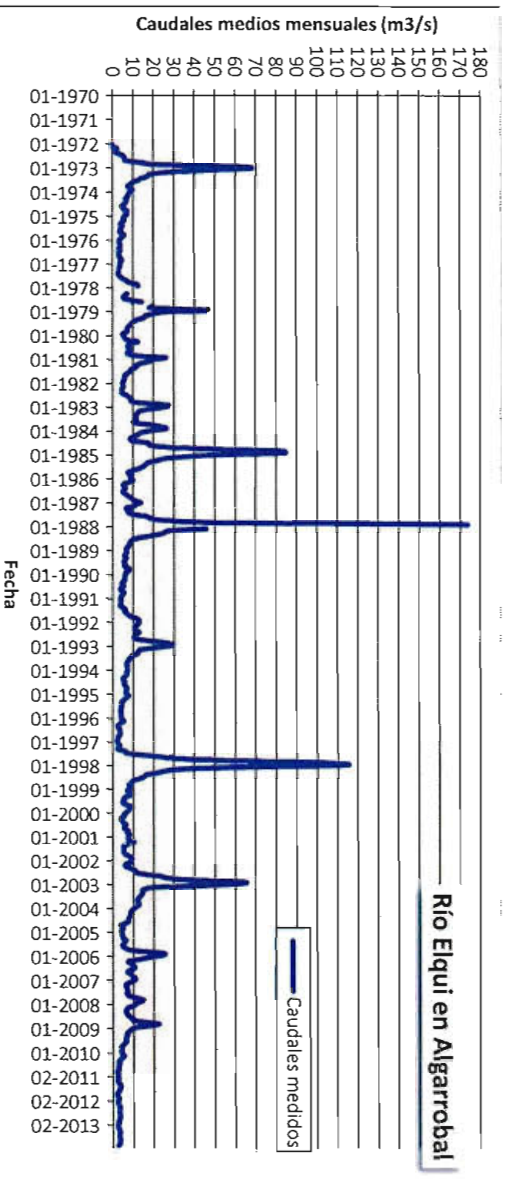
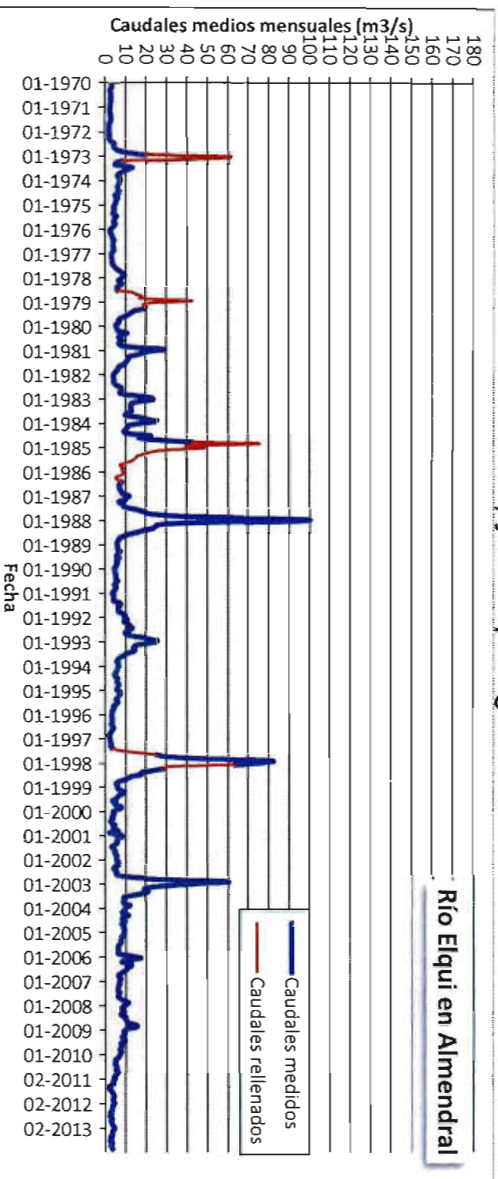


Figura 3-2: Caudales medios mensuales Estación Río Elqui en Almendral (estadística rellenada) y río Elqui Algarrobal



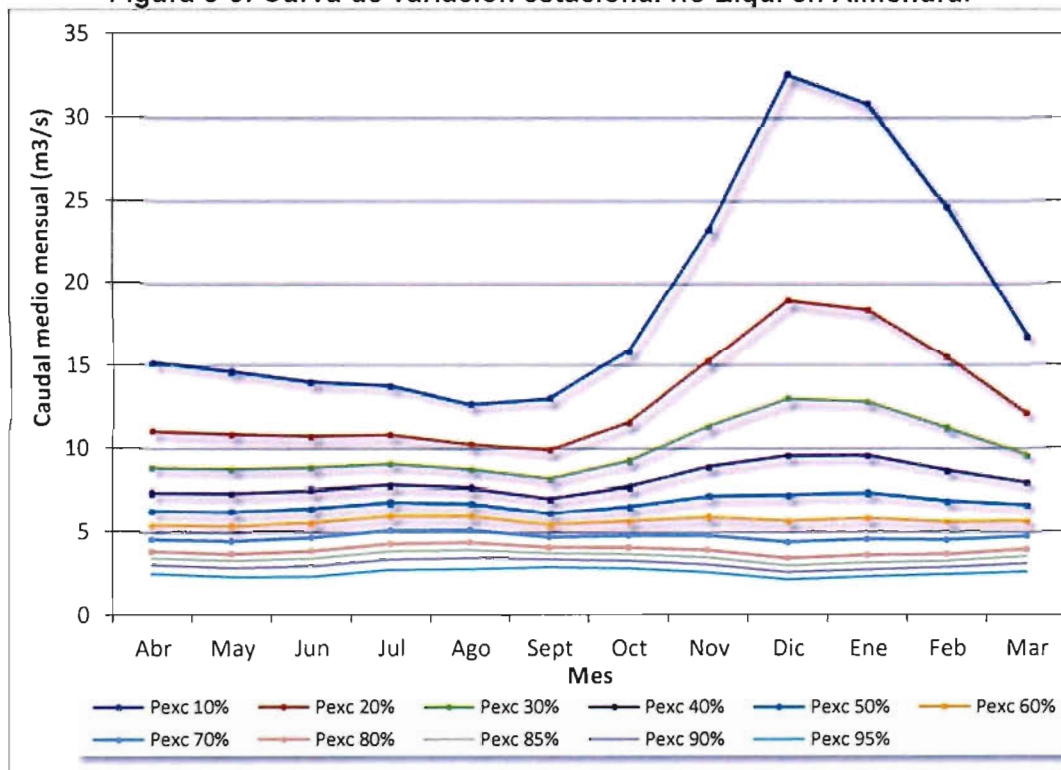
3.2 CURVAS DE VARIACIÓN ESTACIONAL

Con la estadística rellenada de los caudales medios mensuales se confeccionaron las curvas de variación estacional en la estación río Elqui en Almendral. En la Tabla 3-1 y en la Figura 3-2 se puede observar la variabilidad de los caudales, donde los máximos se alcanzan en los meses de noviembre y marzo, los que se asocian a los periodos de deshielos. En años húmedos el incremento de caudales en verano es más significativo que en los años de periodos secos.

Tabla 3-1: Probabilidades de excedencia caudales medios mensuales estación río Elqui en Almendral

Probabilidad de excedencia	Mes											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
10%	15,2	14,6	14,0	13,7	12,6	13,0	15,9	23,3	32,6	30,9	24,6	16,8
20%	11,0	10,8	10,7	10,8	10,2	9,9	11,6	15,2	18,9	18,4	15,5	12,1
30%	8,9	8,8	8,9	9,1	8,8	8,2	9,3	11,3	13,0	12,8	11,2	9,6
40%	7,4	7,4	7,5	7,8	7,7	7,1	7,7	8,9	9,6	9,6	8,7	7,9
50%	6,3	6,2	6,5	6,8	6,7	6,2	6,6	7,2	7,3	7,4	6,9	6,7
60%	5,4	5,3	5,5	6,0	5,9	5,4	5,6	5,9	5,7	5,8	5,6	5,7
70%	4,6	4,5	4,7	5,1	5,2	4,8	4,8	4,8	4,4	4,6	4,6	4,8
80%	3,9	3,7	3,9	4,3	4,4	4,1	4,1	3,9	3,5	3,6	3,7	4,0
85%	3,5	3,3	3,5	3,9	4,0	3,8	3,7	3,5	3,0	3,2	3,3	3,6
90%	3,1	2,9	3,0	3,4	3,5	3,4	3,3	3,1	2,6	2,8	2,9	3,1
95%	2,6	2,4	2,4	2,8	2,8	2,9	2,9	2,6	2,2	2,4	2,5	2,7
Distribución de probabilidad	LogPearson III	Lognormal III	LogPearson III	Lognormal	Lognormal III	LogPearson III	Lognormal III	Lognormal III	Lognormal III	Lognormal III	Lognormal III	Lognormal III

Figura 3-3: Curva de variación estacional río Elqui en Almendral



3.3 SELECCIÓN ESTADÍSTICA DE PRECIPITACIONES

De las estaciones meteorológicas cercanas a la ubicación del canal Bellavista, las estaciones Fundo San Antonio y Puclaro Embalse cuentan con un registro inferior a los 5 años, por lo tanto se descartaron para el análisis. Respecto a la estación Pan de Azúcar cuenta con 14 años de registro, por lo tanto no se justifica el relleno de esta estadística, ya que quedaría compuesto en su mayoría por datos correlacionados.

Se escogieron las estaciones La Serena, Almendral, Vicuña y Rivadavia para representar el comportamiento de las precipitaciones. De la estadística de precipitaciones disponible, se utilizará un factor de aumento de 1,1 sobre las precipitaciones máximas diarias según lo indicado en el Manual de Carreteras (2012), donde se indica la relación entre las lluvias máximas en las 24 horas más lluviosas de las tormentas (registro pluviográfico) y las lluvias máximas diarias determinadas entre 8 am y 8 am (registro pluviométrico). La Tabla 3-2 indica la estadística amplificada.

Tabla 3-2: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas (mm) Serie amplificada (k=1,1)

AÑO	Estación La Serena	Estación Almendral	Estación Vicuña	Estación Rivadavia
1971	29,48		36,19	35,75
1972	88,99	57,20	24,42	24,20
1973	23,10	30,80	18,48	26,73
1974	23,87	23,10	21,34	24,20
1975	33,88	46,75	36,30	44,00
1976	24,31	27,50	34,98	38,50
1977	25,30	19,80	14,74	26,95
1978	22,00	29,70	29,81	55,00
1979	2,75	1,65	3,63	6,05
1980	32,45	38,50	45,10	57,75
1981	28,05	35,20	25,19	14,30
1982	19,25	39,60	29,37	52,03
1983	91,85	47,85	45,54	56,43
1984	47,30	57,20	71,61	84,15
1985	17,71	35,75	41,25	33,55
1986	13,64	31,35	20,24	14,52
1987	103,18	70,40	86,68	107,80
1988	5,50	4,95	9,24	13,20
1989	8,03	4,95	13,42	30,14
1990	12,10	27,50	49,94	40,15
1991	41,91	58,85	63,14	56,10
1992	78,65	38,50	43,89	45,65
1993	35,75	21,45	30,80	13,75
1994	22,99	8,25	20,24	21,45
1995	2,75	2,75	1,43	1,10

AÑO	Estación La Serena	Estación Almendral	Estación Vicuña	Estación Rivadavia
1996	17,60	8,80	18,48	15,40
1997	44,33	104,50	58,30	77,00
1998	17,60	14,85	16,61	17,05
1999	12,10	14,85	16,72	34,65
2000	23,10	48,40	55,88	52,25
2001	69,41	42,35	33,88	28,60
2002	58,08	53,35	77,00	61,60
2003	48,95	55,55	46,97	24,75
2004	36,52	34,32	25,63	38,50
2005	20,90	40,70	20,13	19,80
2006	22,99	25,96	36,08	19,80
2007	13,31	22,00	10,34	7,70
2008	53,68	55,00	74,14	47,30
2009	33,00	24,20	26,40	31,90
2010	22,88	23,10	23,21	17,60
2011	105,60	37,40	38,50	33,00
2012	17,05	11,00	7,15	13,20
2013	21,45	37,40	18,59	22,00

3.4 ANÁLISIS DE FRECUENCIA

En función de la estadística disponible de las cuatro estaciones seleccionadas se aplicaron los análisis de frecuencia. Se ajustaron las siguientes distribuciones de probabilidad, comúnmente empleadas en este tipo de estudios: Normal, Gamma, Log-Normal, Log-Normal Tipo III, Pearson Tipo III, Log-Pearson Tipo III y Gumbel. La selección de la distribución de mejor ajuste se efectuó a base de la aplicación de un test estadístico, en este caso χ^2 Chi-cuadrado en complemento con una inspección gráfica de los resultados obtenidos (ver Anexo 9.2).

El análisis de precipitaciones tuvo como objetivo generar las lluvias representativas de la zona en estudio para un extenso rango de periodos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100, 500 y 1000 años según se resumen en la Tabla 3-3, de forma de abarcar eventos muy probables hasta otros de muy baja probabilidad.

Tabla 3-3: Resultados del análisis de frecuencia

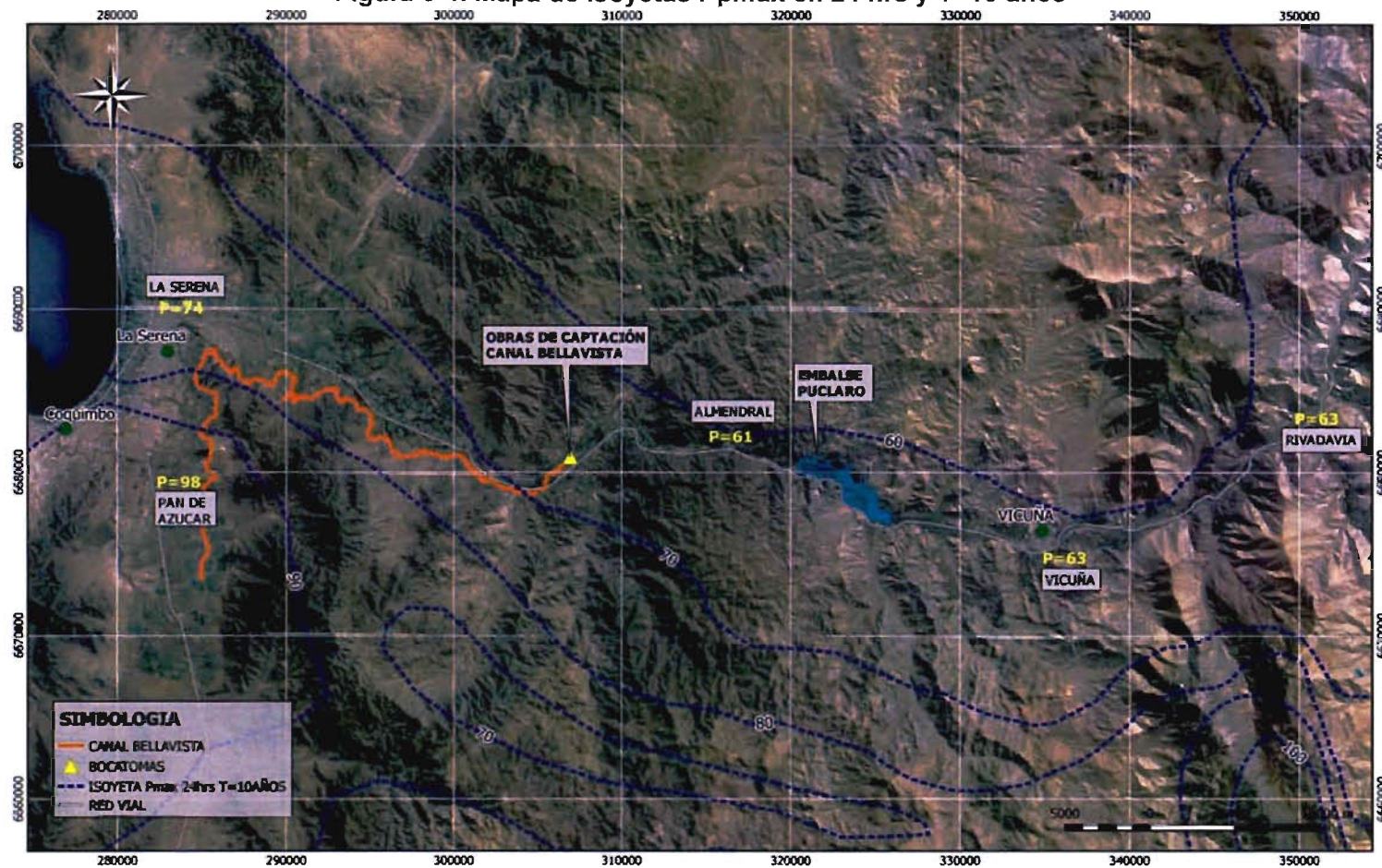
Estación	Distribución	Precipitación máxima en 24 hrs						
		T= 2 años	T= 5 años	T= 10 años	T= 50 años	T= 100 años	T= 500 años	T= 1000 años
La Serena	Log Normal	25,6	51,5	74,2	140,6	176,3	278,5	332,0
Almendral	Pearson tipo III	30,6	49,4	61,1	85,1	94,7	116,1	125,0
Vicuña	Gumbel	29,9	50,3	63,8	93,5	106,1	135,2	147,7
Rivadavia	Log Normal tipo III	30,4	50,0	63,4	93,6	106,9	138,8	153,1

3.5 MAPA DE ISOYETAS

Con los resultados obtenidos del análisis de frecuencia de las estaciones en estudio cercanas al canal Bellavista se trazaron las isoyetas para un periodo de retorno de 10 años, utilizando como base el mapa de isoyetas de la DGA (Ref. 2).

Como se ilustra en la Figura 3-4 del trazado de las isoyetas de periodo es posible inferir que el canal Bellavista se encuentra, en su primer tramo aguas arriba, entorno a las isoyetas 70 a 80 mm, mientras que en su segundo tramo en dirección sur se emplaza desde la isoyeta 80, superando a los 90 mm, con presencia de mayores magnitudes de precipitación cercana a la zona costera.

Figura 3-4: Mapa de isoyetas P_{pmáx} en 24 hrs y T=10 años



3.6 CURVAS IDF

Se determinaron las Curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) para la precipitación máxima en 24 hrs representativa del canal Bellavista, a la que se le aplicó los coeficientes de duración y frecuencia, obteniéndose las curvas correspondientes mediante la aplicación de la siguiente relación:

$$P_t(T) = K \cdot CD_t \cdot CF_T \cdot P_d(T)$$

Donde:

- $P_t(T)$ = Precipitación máxima de duración t y periodo de retorno T [mm]
- K = Coeficiente que transforma las precipitaciones máximas diarias en máximas en 24 hrs, equivalente a 1,1 y que ya se encuentra incorporado en los análisis de frecuencias
- $P_d(T)$ = Precipitación máxima diaria para el periodo de retorno T [mm]
- CD_t = Coeficiente de duración para el tiempo t
- CF_T = Coeficiente de frecuencia para el periodo de retorno T

El coeficiente de frecuencia se define como la razón entre la lluvia asociada a un cierto periodo de retorno y la lluvia asociada a 10 años de periodo de retorno. A partir de los resultados obtenidos del análisis probabilísticos indicados en la Tabla 3-3, se determinaron los coeficientes de frecuencias para periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años, para las estaciones La Serena, Almendral, Vicuña y Rivadavia. Los resultados se indican en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Coeficientes de frecuencia, estaciones cercanas al canal Bellavista

Estación	Coeficientes de frecuencia				
	T= 2 años	T= 5 años	T= 10 años	T= 50 años	T= 100 años
La Serena	0,345	0,694	1,000	1,895	2,376
Almendral	0,501	0,809	1,000	1,393	1,550
Vicuña	0,469	0,788	1,000	1,466	1,663
Rivadavia	0,479	0,789	1,000	1,476	1,686

Por otro lado, el coeficiente de duración se define como la razón entre la lluvia caída en una determinada duración y la lluvia caída en 24 hrs, ambas para la misma frecuencia. Para ello se utiliza los registros de precipitaciones en estaciones pluviográficas más cercanas al canal, es decir Pan de Azúcar y Rivadavia (Tabla 3-5).

Tabla 3-5: Coeficientes de duración estaciones pluviográficas

Estación	Coeficiente de Duración											
	15 min	30 min	45 min	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	6 hr	8 hr	10 hr	12 hr	24 hr
Pan de Azúcar	0,079	0,126	0,181	0,223	0,351	0,440	0,525	0,631	0,704	0,766	0,808	1,000
Rivadavia	0,054	0,096	0,136	0,172	0,285	0,377	0,452	0,593	0,678	0,754	0,800	1,000

De la Tabla 3-5 es posible inferir que los coeficientes de duración son sistemáticamente más elevados en la zona costera que en el interior, por lo tanto se dividió el análisis de las curvas IDF en 2 sectores:

- Zona costera utilizando los coeficientes de frecuencia de la Serena y el coeficiente de duración de la estación Pan de Azúcar.
- Zona interior con los coeficientes de frecuencia de Almendral y los coeficientes de duración de Rivadavia.

Para determinar las curvas IDF, se calculan las intensidades para distintos periodos de retorno y duraciones mediante la siguiente expresión,

$$I_t^T \left(\frac{mm}{hr} \right) = P_t^T / \left(\frac{t}{60} \right)$$

Los resultados se indican a continuación:

Tabla 3-6 Intensidad de lluvia para distintos periodos de retorno y duración, zona costera

Duración	Intensidad (mm/hr)				
	T= 2 años	T= 5 años	T= 10 años	T= 50 años	T= 100 años
15 min	2,8	11,3	23,4	84,2	132,4
30 min	2,2	9,0	18,7	67,1	105,6
45 min	2,1	8,6	17,9	64,3	101,1
1 hr	2,0	8,0	16,5	59,4	93,4
2 hr	1,6	6,3	13,0	46,8	73,5
3 hr	1,3	5,2	10,9	39,1	61,4
4 hr	1,2	4,7	9,7	35,0	55,0
6 hr	0,9	3,8	7,8	28,0	44,1
8 hr	0,8	3,1	6,5	23,4	36,9
10 hr	0,7	2,7	5,7	20,4	32,1
12 hr	0,6	2,4	5,0	17,9	28,2
24 hr	0,4	1,5	3,1	11,1	17,5

Figura 3-5 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia, zona costera

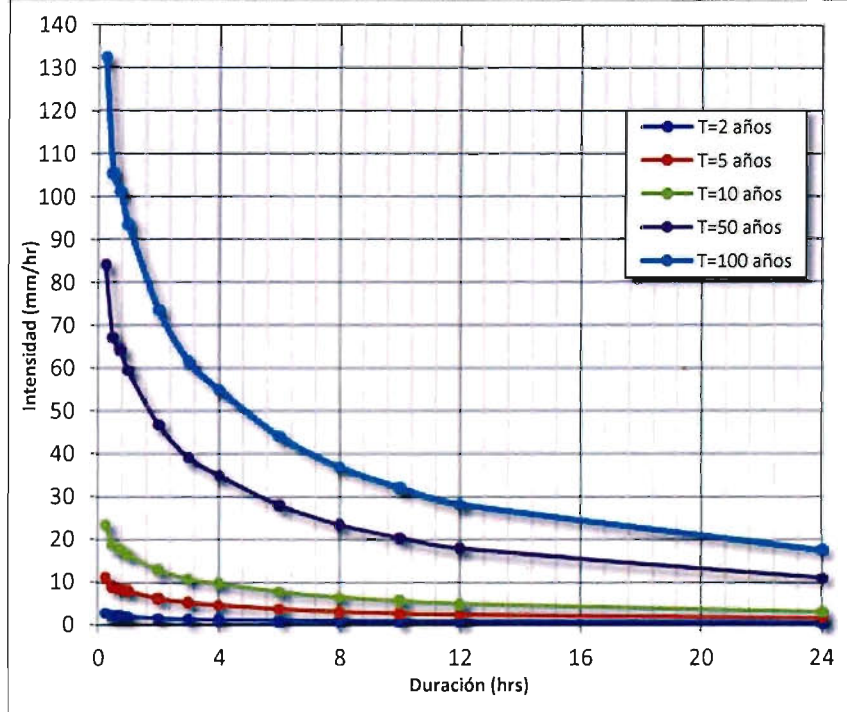
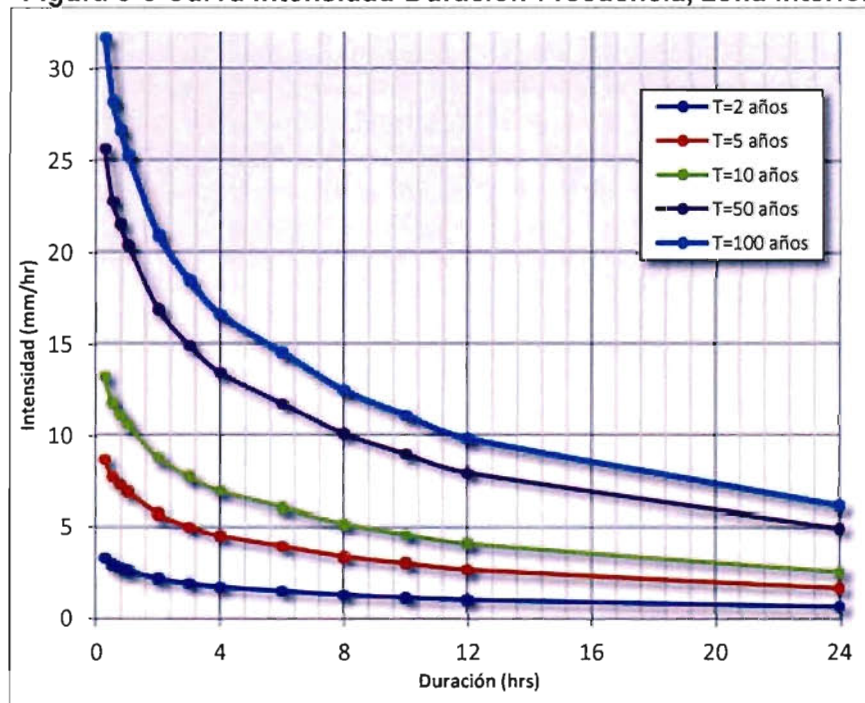


Tabla 3-7 Intensidad de lluvia para distintos periodos de retorno y duración, zona interior

Duración	Intensidad (mm/hr)				
	T= 2 años	T= 5 años	T= 10 años	T= 50 años	T= 100 años
15 min	3,3	8,6	13,2	25,6	31,7
30 min	2,9	7,7	11,7	22,8	28,2
45 min	2,8	7,2	11,1	21,5	26,6
1 hr	2,6	6,9	10,5	20,4	25,2
2 hr	2,2	5,7	8,7	16,9	20,9
3 hr	1,9	5,0	7,7	14,9	18,4
4 hr	1,7	4,5	6,9	13,4	16,6
6 hr	1,5	3,9	6,0	11,7	14,5
8 hr	1,3	3,4	5,2	10,0	12,4
10 hr	1,2	3,0	4,6	8,9	11,1
12 hr	1,0	2,7	4,1	7,9	9,8
24 hr	0,6	1,7	2,5	4,9	6,1

Figura 3-6 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia, zona interior



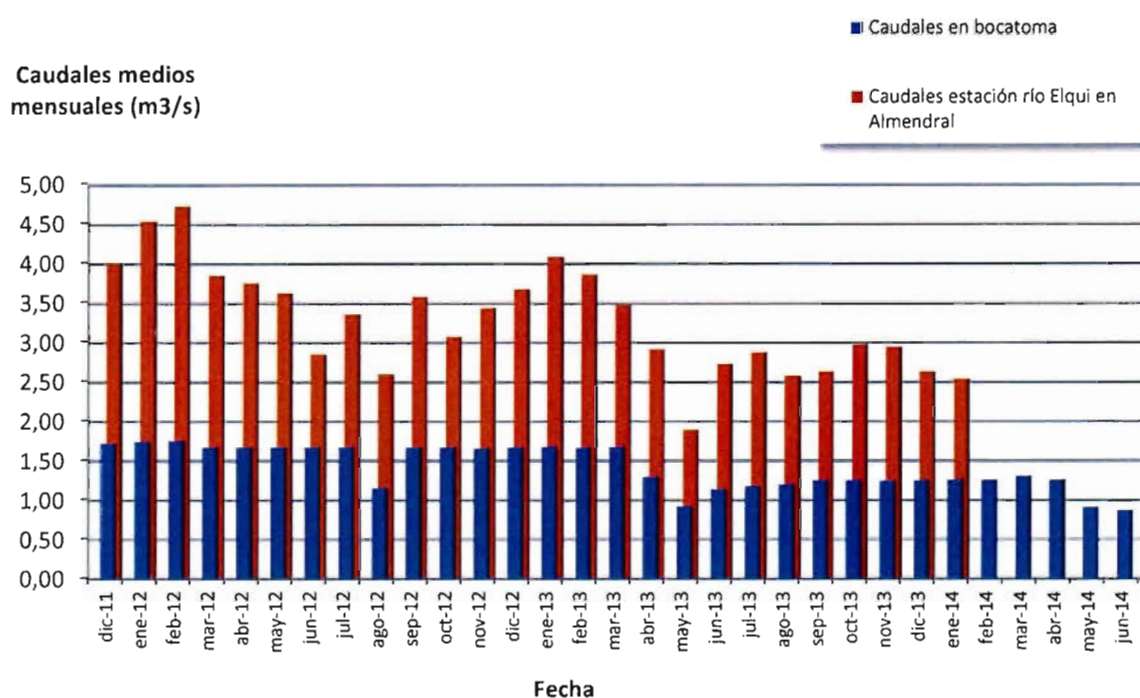
4 CAUDALES MEDIDOS EN BOCATOMA

En la Figura 4-1 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 $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$, 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.

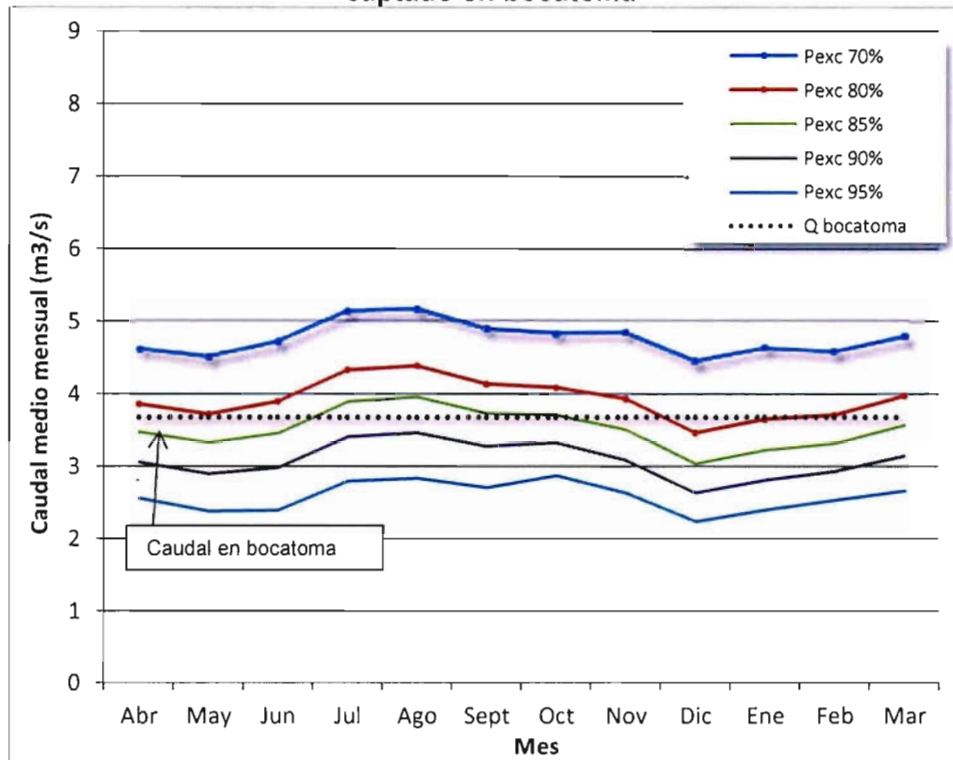
El canal Bellavista cuenta con un caudal de derecho de 3677 l/s y para determinar el porcentaje de uso del agua se realiza una asamblea anual o bianual que define la cantidad de agua a distribuir entre los usuarios dependiendo de la disponibilidad del recurso hídrico.

Figura 4-1: Caudales medios mensuales bocatoma Canal Bellavista



En la Figura 4-2 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 4-2: Curvas de variación estacional río Elqui en Almendral y caudal de derecho captado en bocatoma



5 CAUDALES DE CRECIDA QUEBRADAS LATERALES

Este capítulo tiene como objetivo determinar los caudales de crecida de las quebradas aportantes al canal Bellavista bajo el escenario de eventos precipitaciones asociadas a 2, 5, 10, 50 y 100 años de periodo de retorno. Esta información es de utilidad para analizar las capacidades de conducción máximas del canal.

5.1 METODOLOGÍA

Método racional

Para la determinación de los caudales de crecida en los puntos de interés se aplicó la fórmula racional utilizando como base las precipitaciones máximas estimadas en la zona de estudio. Esta metodología es utilizable en cuencas pequeñas menores de 25 km² y se estima mediante la siguiente expresión.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Dónde:

- Q : Caudal Máximo en m³/s
- C : Coeficiente de escorrentía
- i : Intensidad de precipitación, en mm/hr
- A : Superficie de la cuenca en km²

La intensidad de precipitación corresponde a aquella de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en análisis y del periodo de retorno de diseño.

Dada la morfología de las cuencas de las quebradas en análisis, que corresponde a cuencas pequeñas con pendiente se ha escogido la expresión Giandotti para estimar el tiempo de concentración:

$$Tc = 60 \left((4A^{0,5} + 1,5L) \cdot (0,8Hm^{0,5}) \right)$$

Dónde:

- Tc : Tiempo de concentración (min)
- A : Superficie de la cuenca en km²
- L : Longitud del cauce (km)
- Hm : diferencia de nivel en m entra la cota media de la cuenca y la salida

Respecto al coeficiente de escorrentía, este factor depende de las características del terreno, uso y manejo del suelo, condiciones de infiltración, etc. En la Tabla 5-1 se incluyen cuatro factores que inciden en el coeficiente, que son el relieve, la infiltración, la vegetación y la capacidad de almacenar agua. Al seleccionar las categorías, estos factores se suman para contribuir al coeficientes de escorrentía total.

Tabla 5-1 Coeficientes de escorrentía

Factor	Extremo	Alto	Normal	Bajo
Relieve	0,28-0,35 Escarpado con pendientes mayores que 30%	0,20-0,28 Montañoso con pendientes entre 10 y 30%	0,14-0,20 Con cerros y pendientes entre 5 y 10%	0,08-0,14 Relativamente plano con pendientes menores al 5%
Infiltración	0,12-0,16 Suelo rocoso, o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable	0,08 – 0,12 Suelos arcillosos o limosos con baja capacidad de infiltración, mal drenados	0,06-0,08 Normales, bien drenados, textura mediana, limos arenosos, suelos arenosos	0,04-0,06 Suelos profundos de arena u otros suelos bien drenados con alta capacidad de infiltración
Cobertura vegetal	0,12-0,16 Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura	0,08-0,12 Poca vegetación, terrenos cultivados o naturales, menos del 20% del área con buena cobertura vegetal	0,06-0,08 Regular a buena; 50% del área con praderas o bosques, no más del 50% cultivado	0,04-0,06 Buena a excelente; 90% del área con praderas, bosques o cobertura equivalente
Almacenamiento superficial	0,10-0,12 Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas	0,08 – 0,10 Baja, sistema de cauces superficiales pequeños bien definidos, sin zonas húmedas	0,06-0,08 Normal; posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos	0,04-0,06 Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos

Hidrograma Unitario Sintético

Para cuencas mayores a los 25 km² se utilizó el método del hidrograma unitario sintético. La metodología consiste en estimar la precipitación efectiva en base a los criterios establecidos en la Curva Número (ver Ref. 7).

Se aplicó el hidrograma unitario sintético tipo Linsley (Ref.1) para definir la distribución temporal del hidrograma. Para ello se utilizó la relación de caudal (q) respecto al caudal peak (q_p) y el tiempo por la relación del tiempo (t) con respecto al tiempo de ocurrencia del peak en el hidrograma unitario sintético (Tabla 5-2).

Tabla 5-2 Coeficientes de distribución para el hidrograma unitario sintético

Razón t/tp	Razón q/qp
0	0
0,30	0,2
0,50	0,4
0,60	0,6
0,75	0,8
1,00	1,0
1,30	0,8
1,50	0,6
1,80	0,4
2,30	0,2
2,70	0,1

Los parámetros necesarios para estimar los valores al peak se encuentran tabulados por 3 grandes zonas en Chile, en el caso de la IV región califican los parámetros de la Zona I, que se indican a continuación:

$$t_p = 0,323 \cdot (L \cdot L_g / S^{1/2})^{0,422}$$

$$t_B = 5,377 \cdot t_p^{0,805}$$

$$q_p = 144,141 \cdot t_p^{0,796}$$

Donde:

t_p = tiempo al peak (hrs)

t_B = tiempo base (hrs)

q_p = caudal al peak (lt/s/mm/km²)

5.2 RESULTADOS QUEBRADAS APORTANTES AL CANAL

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 5-1.

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 5-3 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 5-3: Estimación de caudales afluentes al canal Bellavista

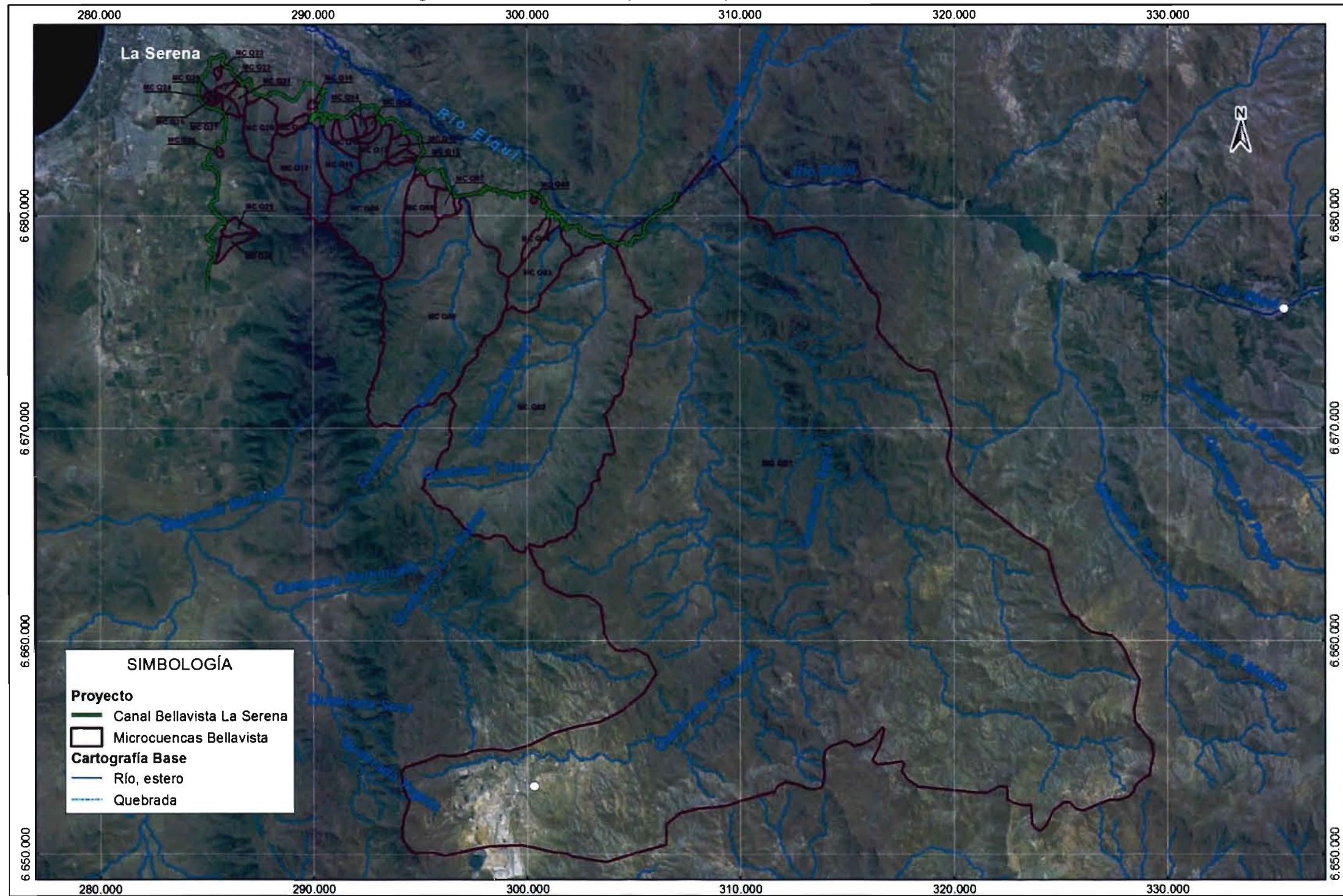
Código	Km	Nombre quebrada	Obra existente	A (km ²)	T _c (min)	C	T=2 años		T=5 años		T=10 años		T=50 años		T=100 años	
							I (mm/hr)	Q (m ³ /s)	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)
MC Q01	1.1	El Arrayán		556				30.0		105.8		163.6		296.8		353.3
MC Q02	3.8	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 área total aportante. Y como se observa de la figura se encuentra al inicio de éste,

Figura 5-1 Cuencas de las quebradas aportantes al canal Bellavista



ANEXO 9.1

ESTADÍSTICA Y RELLENO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES

**Tabla 1. Caudales medios mensuales
Estación río Elqui en Almendral**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1970	3,13	3,43	3,35	2,65	2,55	2,87	2,91	2,86	2,68	2,94	2,61	2,54
1971	2,52	2,32	2,49	2,72	2,76	2,86	2,97	2,45	2,15	2,15	2	2,01
1972	2,18	2,17	2,27	2,16	2,35	4,16	4,54	4,27	5,13	6,99	12,4	19,63
1973			8,49	5,47	5,19	13,1	11,56	9,26	7,23	6,18	6,63	7,37
1974	7,09	7,05	6,41	6,11	6,17	6,88	6,52	4,89	6,18	5,67	5,13	5,20
1975	4,55	4,12	4,64	4,28	3,92	5,49	4,82	4,71	4,19	5,00	4,35	3,45
1976	2,52	2,48	3,05	3,44	3,51	4,34	3,86	4,02	3,82	4,05	4,29	3,42
1977	3,25	3,24	3,23	3,55	3,54	3,54	4,47	5,29	6,83	7,91	9,47	8,50
1978	8,05	6,58	7,50	8,03	6,03	6,01	6,11					
1979			19,90	19,12	14,68	13,01	11,49	9,47	7,39	6,39	6,76	5,31
1980	5,41	5,93	6,39	10,58	8,60	6,68	7,48	8,14	6,78	7,37	10,25	28,83
1981	21,99	18,36	15,48	11,36	11,22	10,45	9,86	8,75	6,58	6,27	5,66	4,70
1982	4,16	4,04	4,38	4,18	4,53	5,27	7,55	7,71	7,97	7,43	12,80	22,62
1983	23,66	17,34	12,99	12,63	12,59	12,63	12,67	10,98	9,97	16,52	22,43	24,90
1984	16,98	11,41	11,14	10,02	9,2	10,28	22,43	16,39	24,7	42,60		40,20
1985												
1986						8,20	7,18	6,79	7,13	7,40	8,17	8,50
1987	11,64	10,13	9,56	6,71	8,86	8,86	11,48	16,48	19,82	23,95	43,97	98,61
1988	84,16	43,46	26,83	24,70	23,45	19,27	15,84	11,67	9,09	7,04	6,45	5,76
1989	5,88	6,07	6,14	6,22	7,37	5,99	5,66	6,80	5,49	6,01	5,49	4,90
1990	4,57	4,77	4,65	5,22	5,15	5,36	6,12	5,13	4,52	5,29	4,93	4,16
1991	3,48	4,11	4,13	4,21	4,22	7,40	7,33	6,22	6,44	6,44	8,47	9,67
1992	9,29	10,61	9,12	11,19	11,55	13,11	12,37	10,14	9,90	11,93	19,25	24,40
1993	25,19	19,25	14,73	13,91	14,50	13,62	10,15	9,25	7,14	6,10	5,61	6,37
1994	6,49	6,11	5,86	5,51	4,86	4,59	5,91	5,89	5,84	6,40	6,58	5,94
1995	5,63	6,97	7,15	6,77	5,90	5,26	6,16	5,47	4,13	4,28	3,59	3,46
1996	3,39	3,08	3,45	3,24	3,34	2,97	3,60	4,02	3,27	2,57	2,27	1,87
1997	2,05	2,38	2,58	2,86	2,82	3,34			25,18	32,23	54,68	81,44
1998	75,88	63,15		28,26	22,76	17,65	17,79	12,82	10,99	8,15	5,75	5,38
1999	6,14	6,07	8,00	9,30	7,39	6,15	5,51	3,57	5,16	4,76	7,72	7,17
2000	4,37	3,85	4,20	3,47	3,70	2,57	2,88	4,69	3,81	4,59	6,05	2,04
2001	7,71	8,19	5,95	5,76	5,67	4,68	3,13	4,16	4,75	4,69	5,27	5,81
2002	5,45	6,04	5,94	6,33	4,55	4,23	5,46	5,47	5,88	12,99	29,66	59,69
2003	45,51	30,99	21,75	18,89	21,23	18,68	14,12	9,13	9,48	8,98	9,27	11,91
2004	9,98	9,70	8,68	8,46	11,31	8,46	8,40	9,54	7,99	8,59	8,87	9,23
2005	9,32	8,99	8,55	7,72	7,70	7,65	7,29	6,48	6,27	6,47	6,27	6,48
2006	12,34	17,11	12,41	8,03	12,38	12,44	10,80	10,15	8,81	7,17	6,43	7,34
2007	7,39	6,70	7,08	6,32	6,24	6,03	6,90	6,38	6,30	7,13	8,96	11,11
2008	10,15	8,50	8,14	8,38	8,15	7,59	9,72	9,70	10,58	10,92	15,12	14,96
2009	10,37	9,03	9,52	8,86	8,20	9,13	9,47	7,50	8,05	7,86	7,06	7,89
2010	7,12	6,73	6,34	5,04	5,15	4,45	5,23	5,65	5,05	5,97	6,31	5,22
2011	4,70	4,99	4,19	4,20	3,28	1,75	2,79	3,62	3,95	4,51	4,40	4,01
2012	4,55	4,73	3,85	3,76	3,63	2,85	3,36	2,60	3,58	3,08	3,44	3,68
2013	4,09	3,87	3,48	2,92	1,89	2,73	2,88	2,58	2,63	2,98	2,95	2,63

□ Datos no disponibles

**Tabla 2. Caudales medios mensuales
Estación río Elqui en Algarrobal**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1972			2,36	1,76	2,07	4,28	5,74	6,20	6,53	14,32	19,75	53,73
1973	67,76	43,89	26,33	18,48	17,38	14,13	12,62	10,21	8,73	7,71	9,67	9,77
1974	8,44	7,83	7,52	6,67	7,07	6,72	5,89	4,81	5,44	7,09	6,85	7,18
1975	5,94	5,39	5,85	4,75	4,11	5,11	4,25	3,89	3,93	5,59	5,32	4,20
1976	3,50	3,46	3,73	4,03	3,33	3,89	3,35	3,40	3,52	4,10	4,65	3,73
1977	3,92	3,75	3,47		3,18	2,99	3,70	4,79	6,73	8,27	11,93	12,60
1978				7,24	5,79	5,73	9,18	14,35		19,79	18,48	46,79
1979	26,60	20,25	16,14	15,63	12,35	10,67	9,38	8,34	7,55	7,47	7,18	5,05
1980	5,68	6,19	6,82	12,43	9,06	7,75	7,94	9,54	8,14	7,48	10,76	25,85
1981	20,72	18,01	14,55	11,75	11,54	9,48	8,86	7,60	6,19	6,12	5,91	5,58
1982	5,05	5,36	5,39	4,80	4,83	4,90	7,04	8,25	9,32	9,29	15,18	27,21
1983	25,71	18,55	13,79	12,54	11,91	11,60	11,89	11,28	10,71	19,65	25,06	26,16
1984	18,74	13,96	12,43	10,58	8,80	9,72	17,63	18,13	23,99	46,58	83,95	84,38
1985	53,68	33,96	25,93	21,83	17,63	16,48	15,25	13,20	10,28	7,74	9,66	8,77
1986	9,16	10,06	8,03	5,44	6,04	6,30	5,47	5,34	6,99	8,24	9,70	10,56
1987	13,82	11,58	10,62	6,90	8,25	7,79	10,18	16,80	19,01	26,24	57,73	173,50
1988		45,82	28,71	25,83	23,83	17,59	12,70	9,83	8,82	8,43	8,01	6,88
1989	6,89	7,09	6,32	6,21	6,91	6,11	5,71	6,27	6,09	7,98	8,21	6,71
1990	6,41	6,18	6,16	6,05	5,10	4,71	5,61	4,07	4,15	5,58	5,29	4,47
1991	3,89	4,31	4,29	4,04	3,94	5,70	6,39	6,19	7,55	8,78	11,47	12,92
1992	12,98	12,64	11,11	11,33	11,01	12,99	12,16	10,98	10,94	14,96	24,04	29,37
1993	27,16	19,98	13,64	12,84	12,21	10,02	8,74	8,10	7,36	6,98	7,37	7,32
1994	7,39	6,99	7,04	6,56	5,46	5,23	6,04	5,76	6,23	6,92	6,97	6,68
1995	6,61	7,88	7,08	5,99	4,77	4,58	4,25	4,42	4,13	4,02	4,27	4,30
1996	4,32	4,82	5,32	3,98	2,73	3,00	3,41	3,63	3,84	3,49	2,84	2,70
1997	2,36	2,81	3,49	3,31	2,71	6,33	6,86	15,90	25,96	33,01	61,43	105,58
1998	114,41	64,30	34,12	25,69	22,10	16,34	15,51	12,76	9,90	9,32	8,11	8,73
1999	8,16	7,32	8,99	9,36	6,68	5,61	5,75	5,01	6,91	9,40	8,54	7,54
2000	6,84	5,58	5,59	4,27	4,34	5,26	6,46	6,02	5,82	7,57	7,17	8,42
2001	7,78	7,70	8,25	10,38	7,36	5,59	5,47	5,53	5,57	6,29	8,32	9,54
2002	8,97	8,94	6,53	6,28	8,40	10,86	11,21	15,04	23,18	27,57	43,12	65,07
2003	56,07	33,33	18,48	14,73	14,83	14,34	13,68	12,91	12,19	12,37	13,01	12,35
2004	10,98	9,85	9,00	8,68	8,84	8,04	7,68	7,61	5,98	3,95	5,13	4,62
2005	4,27	4,48	4,90	4,83	6,38	5,99	5,47	4,87	5,99	7,89	15,56	25,23
2006	23,92	17,48	13,08	7,68	8,82	10,16	10,71	9,76	7,35	8,56	9,45	10,73
2007	10,87	9,11	7,05	6,41	6,91	7,07	7,36	6,95	7,93	11,11	14,86	13,71
2008	11,59	10,49	7,77	6,85	6,55	7,30	7,54	9,69	9,69	13,54	22,42	18,23
2009	11,08	8,81	7,98	7,02	7,05	6,43	6,68	6,68	5,70	4,90	4,30	4,44
2010	4,32	4,57	5,59	5,06	3,60	3,06	3,52	3,11	2,79	2,95	2,41	2,38
2011	2,62	2,60	2,81	2,57	2,91	3,71	3,75	3,46	2,89	2,60	2,27	2,74
2012	2,94	2,54	2,63	2,97	3,34	3,48	3,37	3,34	3,61	3,54	3,29	2,87
2013	2,72	3,03	3,06	3,37	3,25	3,29	3,29	3,10	2,81	2,49	2,79	2,79

□ Datos no disponibles

Tabla 3. Caudales medios mensuales
Estación Río Elqui en Almendral, estadística rellena

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1970	3.13	3.43	3.35	2.65	2.55	2.87	2.91	2.86	2.68	2.94	2.61	2.54
1971	2.52	2.32	2.49	2.72	2.76	2.86	2.97	2.45	2.15	2.15	2	2.01
1972	2.18	2.17	2.27	2.16	2.35	4.16	4.54	4.27	5.13	6.99	12.4	19.63
1973	61.15	39.72	8.49	5.47	5.19	13.1	11.56	9.26	7.23	6.18	6.63	7.37
1974	7.09	7.05	6.41	6.11	6.17	6.88	6.52	4.89	6.18	5.67	5.13	5.20
1975	4.55	4.12	4.64	4.28	3.92	5.49	4.82	4.71	4.19	5.00	4.35	3.45
1976	2.52	2.48	3.05	3.44	3.51	4.34	3.86	4.02	3.82	4.05	4.29	3.42
1977	3.25	3.24	3.23	3.55	3.54	3.54	4.47	5.29	6.83	7.91	9.47	8.50
1978	8.05	6.58	7.50	8.03	6.03	6.01	6.11	13.20		18.08	16.91	42.33
1979	24.20	18.50	19.90	19.12	14.68	13.01	11.49	9.47	7.39	6.39	6.76	5.31
1980	5.41	5.93	6.39	10.58	8.60	6.68	7.48	8.14	6.78	7.37	10.25	28.83
1981	21.99	18.36	15.48	11.36	11.22	10.45	9.86	8.75	6.58	6.27	5.66	4.70
1982	4.16	4.04	4.38	4.18	4.53	5.27	7.55	7.71	7.97	7.43	12.80	22.62
1983	23.66	17.34	12.99	12.63	12.59	12.63	12.67	10.98	9.97	16.52	22.43	24.90
1984	16.98	11.41	11.14	10.02	9.2	10.28	22.43	16.39	24.7	42.60	75.69	40.20
1985	48.51	30.81	23.60	19.92	16.15	15.11	14.01	12.17	9.55	7.27	8.99	8.19
1986	8.54	9.35	7.53	5.20	5.74	8.20	7.18	6.79	7.13	7.40	8.17	8.50
1987	11.64	10.13	9.56	6.71	8.86	8.86	11.48	16.48	19.82	23.95	43.97	98.61
1988	84.16	43.46	26.83	24.70	23.45	19.27	15.84	11.67	9.09	7.04	6.45	5.76
1989	5.88	6.07	6.14	6.22	7.37	5.99	5.66	6.80	5.49	6.01	5.49	4.90
1990	4.57	4.77	4.65	5.22	5.15	5.36	6.12	5.13	4.52	5.29	4.93	4.16
1991	3.48	4.11	4.13	4.21	4.22	7.40	7.33	6.22	6.44	6.44	8.47	9.67
1992	9.29	10.61	9.12	11.19	11.55	13.11	12.37	10.14	9.90	11.93	19.25	24.40
1993	25.19	19.25	14.73	13.91	14.50	13.62	10.15	9.25	7.14	6.10	5.61	6.37
1994	6.49	6.11	5.86	5.51	4.86	4.59	5.91	5.89	5.84	6.40	6.58	5.94
1995	5.63	6.97	7.15	6.77	5.90	5.26	6.16	5.47	4.13	4.28	3.59	3.46
1996	3.39	3.08	3.45	3.24	3.34	2.97	3.60	4.02	3.27	2.57	2.27	1.87
1997	2.05	2.38	2.58	2.86	2.82	3.34	6.48	14.59	25.18	32.23	54.68	81.44
1998	75.88	63.15	30.95	28.26	22.76	17.65	17.79	12.82	10.99	8.15	5.75	5.38
1999	6.14	6.07	8.00	9.30	7.39	6.15	5.51	3.57	5.16	4.76	7.72	7.17
2000	4.37	3.85	4.20	3.47	3.70	2.57	2.88	4.69	3.81	4.59	6.05	2.04
2001	7.71	8.19	5.95	5.76	5.67	4.68	3.13	4.16	4.75	4.69	5.27	5.81
2002	5.45	6.04	5.94	6.33	4.55	4.23	5.46	5.47	5.88	12.99	29.66	59.69
2003	45.51	30.99	21.75	18.89	21.23	18.68	14.12	9.13	9.48	8.98	9.27	11.91
2004	9.98	9.70	8.68	8.46	11.31	8.46	8.40	9.54	7.99	8.59	8.87	9.23
2005	9.32	8.99	8.55	7.72	7.70	7.65	7.29	6.48	6.27	6.47	6.27	6.48
2006	12.34	17.11	12.41	8.03	12.38	12.44	10.80	10.15	8.81	7.17	6.43	7.34
2007	7.39	6.70	7.08	6.32	6.24	6.03	6.90	6.38	6.30	7.13	8.96	11.11
2008	10.15	8.50	8.14	8.38	8.15	7.59	9.72	9.70	10.58	10.92	15.12	14.96
2009	10.37	9.03	9.52	8.86	8.20	9.13	9.47	7.50	8.05	7.86	7.06	7.89
2010	7.12	6.73	6.34	5.04	5.15	4.45	5.23	5.65	5.05	5.97	6.31	5.22
2011	4.70	4.99	4.19	4.20	3.28	1.75	2.79	3.62	3.95	4.51	4.40	4.01
2012	4.55	4.73	3.85	3.76	3.63	2.85	3.36	2.60	3.58	3.08	3.44	3.68
2013	4.09	3.87	3.48	2.92	1.89	2.73	2.88	2.58	2.63	2.98	2.95	2.63

□ Datos no disponibles

□ Caudales medios mensuales, rellenas con la estación patrón río Elqui en Algarrobal

**Tabla 4. Caudales medios mensuales en bocatoma canal Bellavista
(obtenidos de los caudales instantáneos proporcionados por la Junta de Vigilancia
del río Elqui (junio 2014))**

Q medios mensuales (m ³ /s)	
dic-11	1,73
ene-12	1,75
feb-12	1,75
mar-12	1,67
abr-12	1,67
may-12	1,67
jun-12	1,67
jul-12	1,67
ago-12	1,16
sep-12	1,67
oct-12	1,67
nov-12	1,66
dic-12	1,67
ene-13	1,68
feb-13	1,67
mar-13	1,68
abr-13	1,30
may-13	0,92
jun-13	1,14
jul-13	1,18
ago-13	1,21
sep-13	1,26
oct-13	1,26
nov-13	1,25
dic-13	1,26
ene-14	1,26
feb-14	1,26
mar-14	1,31
abr-14	1,26
may-14	0,91
jun-14	0,87

ANEXO 9.2

ESTADÍSTICA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES

ANÁLISIS DE FRECUENCIA

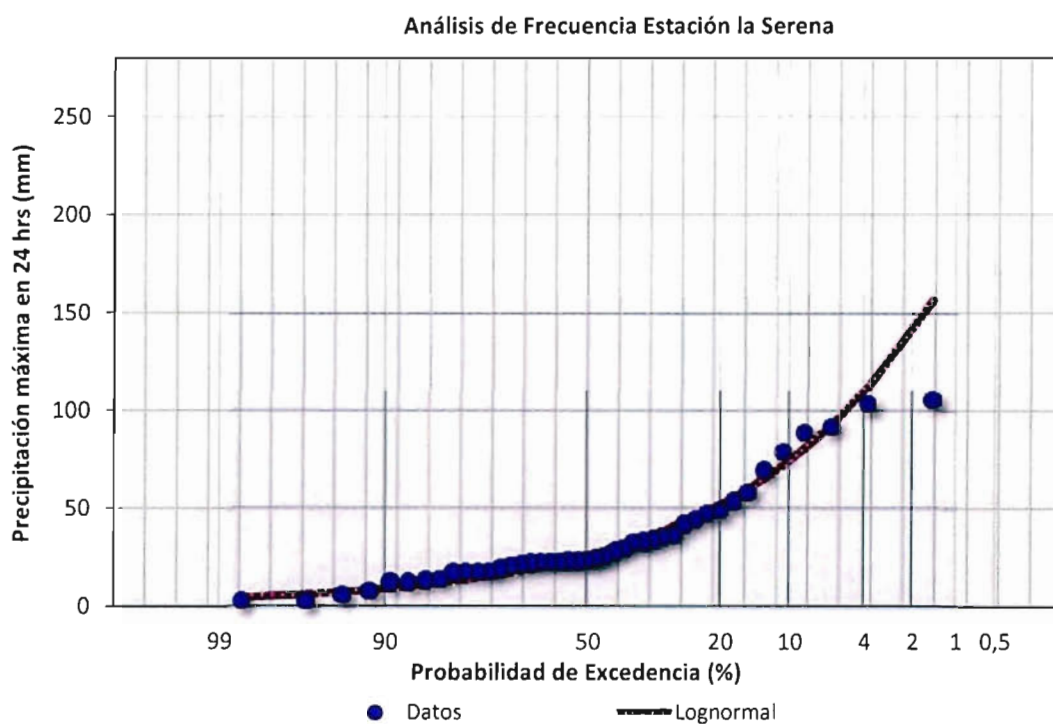
Tabla 1. Precipitaciones anuales máximas diarias (mm)

AÑO	Fecha	Estación La Serena	Fecha	Estación Pan de Azúcar	Fecha	Estación Fundo San Antonio	Fecha	Estación Almendral	Fecha	Estación Puclaro Embalse	Fecha	Estación Vicuña	Fecha	Estación Rivadavia	
1958								01/09	0,00					01/06	8,5
1959								13/04	22,00					12/08	23,2
1960								21/06	14,00					22/06	15
1961					01/11	0,00		27/08	41,00					28/08	27,8
1962					02/10	17,50		02/10	13,00	02/10	22			02/10	20
1963					19/07	40,00		19/07	33,00	20/08	29			19/07	54
1964								17/08	12,00	17/08	13			09/06	18,5
1965								17/07	38,00	17/07	52			12/07	53,5
1966								10/07	32,00	10/07	50,5			13/06	31
1967								01/01	0,00					11/09	31,5
1968														16/06	8,5
1969														04/08	13,5
1970														28/07	16,5
1971	09/09	26,80										09/09	32,90	09/09	32,50
1972	24/08	80,90						24/08	52,00			05/07	22,20	27/06	22,00
1973	15/06	21,00						15/06	28,00			15/06	16,80	15/06	24,30
1974	07/06	21,70						24/06	21,00			07/06	19,40	24/06	22,00
1975	31/05	30,80						31/05	42,50			30/05	33,00	31/05	40,00
1976	16/10	22,10						07/08	25,00			27/05	31,80	27/05	35,00
1977	11/07	23,00						06/10	18,00			12/07	13,40	22/07	24,50
1978	12/09	20,00	12/09	33,60				12/09	27,00			12/09	27,10	19/07	50,00
1979	31/07	2,50	31/07	2,70				31/07	1,50			24/08	3,30	12/09	5,50
1980	24/07	29,50	10/04	35,30				25/07	35,00			25/07	41,00	10/04	52,50
1981	12/05	25,50	12/05	38,50				12/05	32,00			12/05	22,90	06/08	13,00
1982	12/08	17,50	12/08	42,50				12/08	36,00			16/07	26,70	16/07	47,30
1983	07/07	83,50	07/07	108,00				07/07	43,50			08/07	41,40	07/07	51,30
1984	01/07	43,00	01/07	94,30				01/07	52,00			10/07	65,10	04/07	76,50
1985	29/07	16,10	29/07	17,50				29/07	32,50			29/07	37,50	29/07	30,50
1986	13/08	12,40	13/08	16,50				13/08	28,50			18/05	18,40	13/08	13,20
1987	24/07	93,80	15/07	65,10				24/07	64,00			24/07	78,80	24/07	98,00
1988	16/06	5,00	16/06	8,20				16/06	4,50			21/09	8,40	21/09	12,00
1989	04/05	7,30						04/05	4,50			29/04	12,20	20/08	27,40
1990	07/07	11,00						07/07	25,00			07/07	45,40	07/07	36,50
1991	17/06	38,10	16/07	17,70				17/06	53,50			17/06	57,40	17/06	51,00
1992	05/06	71,50	05/06	102,00				07/06	35,00			07/06	39,90	07/06	41,50
1993	06/05	32,50	29/08	13,50				29/08	19,50			29/08	28,00	29/08	12,50
1994	29/06	20,90						29/06	7,50			21/07	18,40	20/07	19,50
1995	10/09	2,50						12/09	2,50			10/09	1,30	05/07	1,00
1996	07/07	16,00						04/08	8,00			04/08	16,80	04/08	14,00
1997	16/08	40,30						16/08	95,00			16/08	53,00	17/08	70,00
1998	15/06	16,00						14/06	13,50			15/06	15,10	15/06	15,50
1999	31/10	11,00						30/10	13,50			07/09	15,20	07/09	31,50
2000	09/09	21,00						23/06	44,00			23/06	50,80	23/06	47,50
2001	19/07	63,10						19/07	38,50			26/08	30,80	26/08	26,00
2002	23/07	52,80						04/06	48,50			23/07	70,00	04/06	56,00
2003	20/05	44,50						21/05	50,50			21/05	42,70	21/05	22,50
2004	21/07	33,20						21/07	31,20			21/04	23,30	21/07	35,00
2005	03/05	19,00						03/05	37,00			03/05	18,30	23/05	18,00
2006	08/06	20,90						26/07	23,60			26/07	32,80	26/07	18,00
2007	14/06	12,10						14/06	20,00			14/06	9,40	08/08	7,00
2008	16/08	48,80						16/08	50,00			16/08	67,40	18/06	43,00
2009	15/08	30,00						15/08	22,00			28/06	24,00	28/06	29,00
2010	18/06	20,80						13/06	21,00			18/06	21,10	18/06	16,00
2011	05/06	96,00						05/06	34,00			05/06	35,00	05/06	30,00
2012	15/08	15,50						22/08	10,00			22/08	6,50	27/04	12,00
2013	17/05	19,50						17/05	34,00			17/05	16,90	17/05	20,00

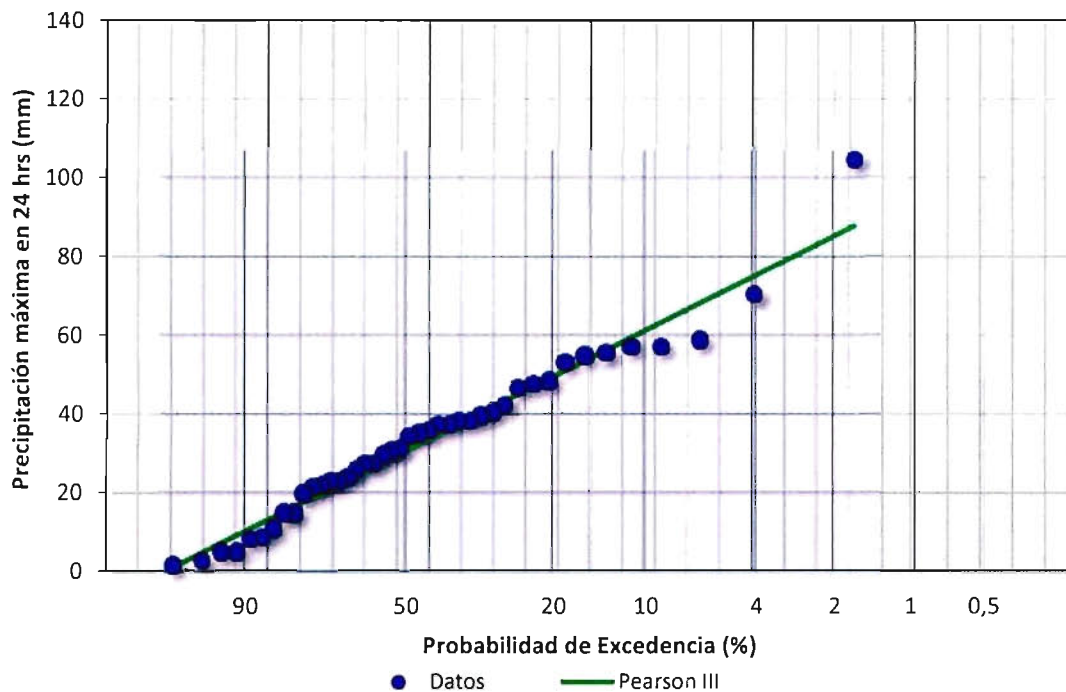
Tabla 2. Resultado estadístico test Chicuadrado

DISTRIBUCIÓN	Test Chicuadrado			
	La Serena	Almendral	Vicuña	Rivadavia
Normal	0.007	0.007	0.000	0.001
Gumbel	0.005	0.001	0.000	0.000
Pearson III	0.052	0.001	0.002	0.001
LogNormal	0.052	0.019	0.000	0.000
LogPearson III	0.052	0.019	0.000	0.000
LogNormal III	0.016	0.000	0.005	0.001
Gamma	0.052	0.006	0.000	0.001

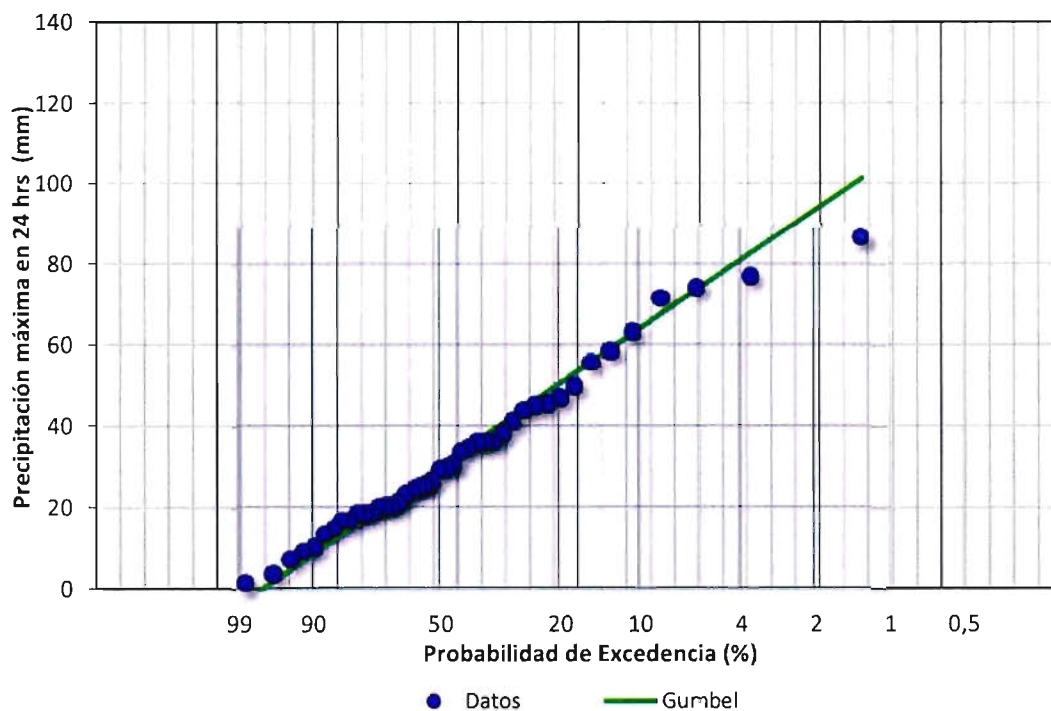
Figura 1. Resultados análisis de frecuencia



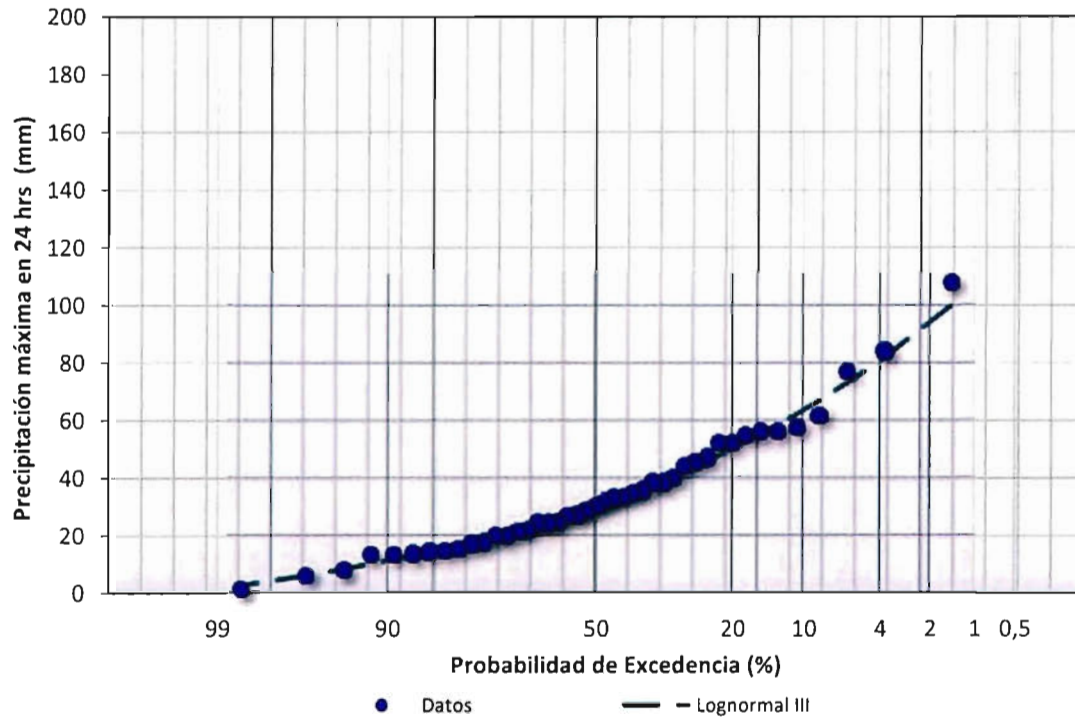
Análisis de Frecuencia Estación Almendral



Análisis de Frecuencia Estación Vicuña



Análisis de Frecuencia Estación Rivadavia

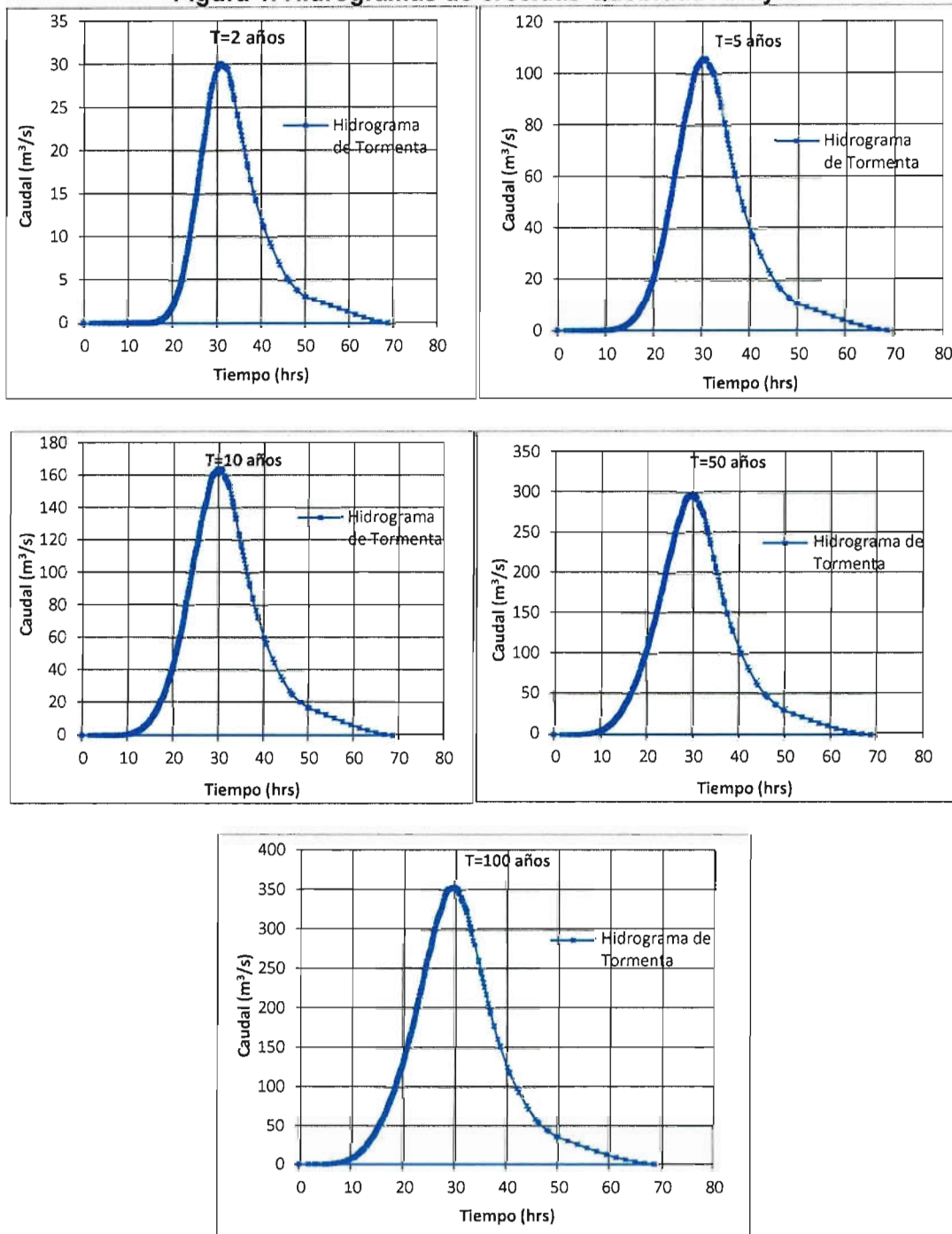


ANEXO 9.3 ESTIMACIÓN DE ESCORRENTÍAS QUEBRADAS APORTANTES AL CANAL

Tabla 1. Estimación de caudales quebradas afluentes al canal Bellavista

Código	Km	Nombre quebrada	Obra existente	A (km ²)	L (km)	H máx (m)	H mín (m)	Pendiente (%)	Hm (m)	Tc (min) Giandotti	Tc (min)	Coeficiente de escorrentía				C	T=2 años		T=5 años		T=10 años		T=50 años		T=100 años	
												Relieve	Infiltración	Cobertura vegetal	Alm. superficial		I	Q	I	Q	I	Q	I	Q	I	Q
												(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)		(mm/hr)	(m ³ /s)	(mm/hr)	(m ³ /s)	(mm/hr)	(m ³ /s)	(mm/hr)	(m ³ /s)	(mm/hr)	(m ³ /s)
MC Q01		El Arrayán		556	39,5	2186	262	0,05	962	371							30,0		105,8		163,6		296,8		353,3	
MC Q02		Talca	AI N°1	87,6																						
MC Q03		El Sauce	PT N°10	6,2																						
MC Q04				0,9	2,5	616	256	0,14	180	43	45	0,20	0,12	0,06	0,08	0,46	2,8	0,3	7,2	0,9	11,1	1,3	21,5	2,6	26,6	3,2
MC Q05				0,1	0,4	382	259	0,34	62	16	15	0,28	0,12	0,06	0,08	0,54	3,3	0,0	8,6	0,1	13,2	0,2	25,6	0,3	31,7	0,4
MC Q06			TU N°2	41,3																						
MC Q07			CN N°5	1,1																						
MC Q08			TU N°6	3,6																						
MC Q09		La Cachina	AL N°2	14,1																						
MC Q10				0,5	1,5	557	225	0,22	166	30	30	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,9	0,2	7,7	0,6	11,7	0,8	22,8	1,7	28,2	2,0
MC Q11				0,7	1,7	557	225	0,20	166	35	30	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,9	0,3	7,7	0,8	11,7	1,2	22,8	2,2	28,2	2,8
MC Q12		Barrios		2,0	2,7	665	229	0,16	218	49	45	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,8	0,8	7,2	1,9	11,1	3,0	21,5	5,8	26,6	7,1
MC Q13				0,3	1,5	447	221	0,15	113	32	30	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,9	0,1	7,7	0,3	11,7	0,5	22,8	1,0	28,2	1,2
MC Q14				0,5	1,3	483	205	0,21	139	30	30	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,9	0,2	7,7	0,5	11,7	0,7	22,8	1,4	28,2	1,8
MC Q15				1,1	2,3	565	211	0,15	177	43	45	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,8	0,4	7,2	1,0	11,1	1,6	21,5	3,1	26,6	3,8
MC Q16				3,6	3,7	696	209	0,13	244	63	60	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,6	1,2	6,9	3,3	10,5	5,0	20,4	9,7	25,2	11,9
MC Q17		Monardes	CN N°7	7,3																						
MC Q18				0,7	1,9	486	213	0,14	137	40	45	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,8	0,3	7,2	0,7	11,1	1,1	21,5	2,1	26,6	2,6
MC Q19				0,2	0,6	305	201	0,18	52	25	30	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,9	0,1	7,7	0,2	11,7	0,2	22,8	0,5	28,2	0,6
MC Q20		La Varilla		3,6	3,4	650	194	0,13	228	63	60	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,6	1,3	6,9	3,3	10,5	5,1	20,4	9,9	25,2	12,2
MC Q21				0,7	1,5	395	183	0,14	106	42	45	0,20	0,12	0,06	0,08	0,46	2,8	0,3	7,2	0,7	11,1	1,1	21,5	2,1	26,6	2,5
MC Q22				0,4	1,4	518	183	0,24	168	27	30	0,20	0,12	0,06	0,08	0,46	2,9	0,1	7,7	0,4	11,7	0,6	22,8	1,1	28,2	1,4
MC Q23				0,2	0,8	440	171	0,34	135	18	15	0,28	0,12	0,06	0,08	0,54	2,8	0,1	11,3	0,3	23,4	0,6	84,2	2,0	132,4	3,1
MC Q24				0,1	0,7	472	190	0,42	141	15	15	0,28	0,12	0,06	0,08	0,54	2,8	0,1	11,3	0,2	23,4	0,5	84,2	1,6	132,4	2,6
MC Q25				0,0	0,4	341	168	0,39	87	12	15	0,28	0,12	0,06	0,08	0,54	2,8	0,0	11,3	0,1	23,4	0,1	84,2	0,5	132,4	0,7
MC Q26				0,1	0,8	467	166	0,39	151	16	15	0,28	0,12	0,06	0,08	0,54	2,8	0,1	11,3	0,2	23,4	0,5	84,2	1,7	132,4	2,7
MC Q27				0,5	0,9	451	161	0,31	145	27	30	0,28	0,12	0,06	0,08	0,54	2,2	0,2	8,0	0,6	18,7	1,5	67,1	5,4	105,6	8,5
MC Q28				0,1	0,5	339	163	0,33	88	18	15	0,28	0,12	0,06	0,08	0,54	2,8	0,1	11,3	0,2	23,4	0,4	84,2	1,6	132,4	2,5
MC Q29				0,8	1,5	564	159	0,27	203	30	30	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,2	0,2	8,0	0,8	18,7	1,9	67,1	7,0	105,6	10,9
MC Q30				0,9	2,6	575	155	0,16	210	40	45	0,20	0,12	0,08	0,08	0,48	2,1	0,3	8,6	1,1	17,9	2,2	64,3	7,9	101,1	12,4

Figura 1. Hidrogramas de crecidas Quebrada Arrayán





“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

Anexo 11

Santiago, mayo de 2015

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

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

N° 4184-1000-IH-MEC-002_C

ANEXO 11 - POTENCIAL HIDROELÉCTRICO CANAL BELLAVISTA

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-1000-IH-INF-001**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	R. Suárez	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión interna
	Fecha	21.08.14	25.08.14	25.08.14	
B	Nombre Firma	R. Suárez	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	27.08.14	27.08.14	27.08.14	
C	Nombre Firma	P. Muñoz	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	13.11.14	13.11.14	13.11.14	

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

ANEXO 11 - POTENCIAL HIDROELÉCTRICO CANAL BELLAVISTA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	OBJETIVO	3
1.2	ANTECEDENTES DOCUMENTALES.....	4
2	METODOLOGÍA.....	4
2.1	GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.....	5
2.1.1	Perfil Longitudinal del Canal	5
2.1.2	Caudales	7
2.1.3	Potencial Hidroeléctrico	7
2.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA	8
2.2.1	Costos Directos	8
2.2.2	Análisis Económico	9
3	RESULTADOS.....	11
3.1	GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.....	11
3.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA	13
4	CONCLUSIONES.....	14

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1: Potencia Promedio Generada Canal Bellavista.....	11
---	----

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1: Trazado en Planta Canal Bellavista	3
Figura 2-1: Perfil Longitudinal Canal Bellavista	6
Figura 2-2: Curva de Costos Directos para Obras Civiles	8
Figura 2-3: Curva de Costos Directos para Equipamiento Electro Mecánico	9
Figura 3-1: Curva Potencia Instalada vs VAN	13

1 INTRODUCCIÓN

Como parte de los estudios realizados para el proyecto “Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta” se presenta a continuación un análisis del potencial para el aprovechamiento hidroeléctrico del canal Bellavista, el cual se emplaza en la Provincia del Elqui en la IV Región de Coquimbo y cuyo trazado se extiende por una longitud de aproximadamente 59,96 Km con un desnivel total de 121,8 m.

En la Figura 1-1 se muestra de manera general el trazado en planta del canal Bellavista.

Figura 1-1: Trazado en Planta Canal Bellavista



1.1 OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue establecer la capacidad y condiciones del canal Bellavista para la generación hidroeléctrica, considerando tanto sus características topográficas como los caudales de operación para riego.

Necesariamente el análisis ha considerado que esta capacidad de generación hidroeléctrica se determina con una operación supeditada al riego.

En el presente documento se detallan los antecedentes básicos, criterios y la metodología además de procedimientos aplicados, así como los resultados obtenidos para la evaluación del potencial hidroeléctrico asociado al canal Bellavista.

1.2 ANTECEDENTES DOCUMENTALES

Para la elaboración del presente estudio, se realizó una investigación para conocer los antecedentes disponibles en proyectos pasados de similares características, cuyo objetivo fue el de formular metodologías de análisis que generasen resultados fundamentados. De los documentos revisados el que más destaca en este aspecto es:

Ref. 1: Procivil Ingeniería Ltda. (2007). *Estimación Potencial Hidroeléctrico Asociado a Obras de Riego Existentes o en Proyecto Región de Atacama a Región de la Araucanía*. Santiago.

En este mismo sentido, se pudo acceder al estudio elaborado por el Ing. Alvarado-Ancieta el cual contiene una recopilación de los costos de los equipos electro mecánicos de 82 centrales hidroeléctricas de alrededor del mundo con diversos tamaños y configuraciones. La referencia bibliográfica es:

Ref. 2: Alvarado-Ancieta, C. A. (2009). Estimating E&M Powerhouse Costs. *Water Power & Dam Construction*, 21-25.

2 METODOLOGÍA

La metodología adoptada para el estudio del potencial hidroeléctrico del canal Bellavista se fundamentó primordialmente en los siguientes análisis:

- El primero consistió en estimar la capacidad de generación hidroeléctrica considerando los desniveles existentes en su recorrido topográfico para los tramos del trazado longitudinal del canal. Se consideró el caudal por derechos de aguas vigente hasta la fechas además de datos históricos de caudales medidos en bocatoma.
- El segundo consistió en realizar una evaluación económica, estimando los montos de inversión necesarios para las obras civiles, equipamiento electromecánico y del montaje para una central, los que junto con el análisis de los posibles ingresos producto de la generación permitió fijar la potencia mínima de generación que es económicamente atractiva para un proyecto hidroeléctrico ubicado al interior del cauce del canal en estudio.

Los resultados globales obtenidos tanto para la generación hidroeléctrica como para la evaluación económica fueron comparados entre sí determinando de esta manera la viabilidad de un proyecto hidroeléctrico.

A continuación se desarrollan los aspectos inherentes a los fundamentos comentados.

2.1 GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

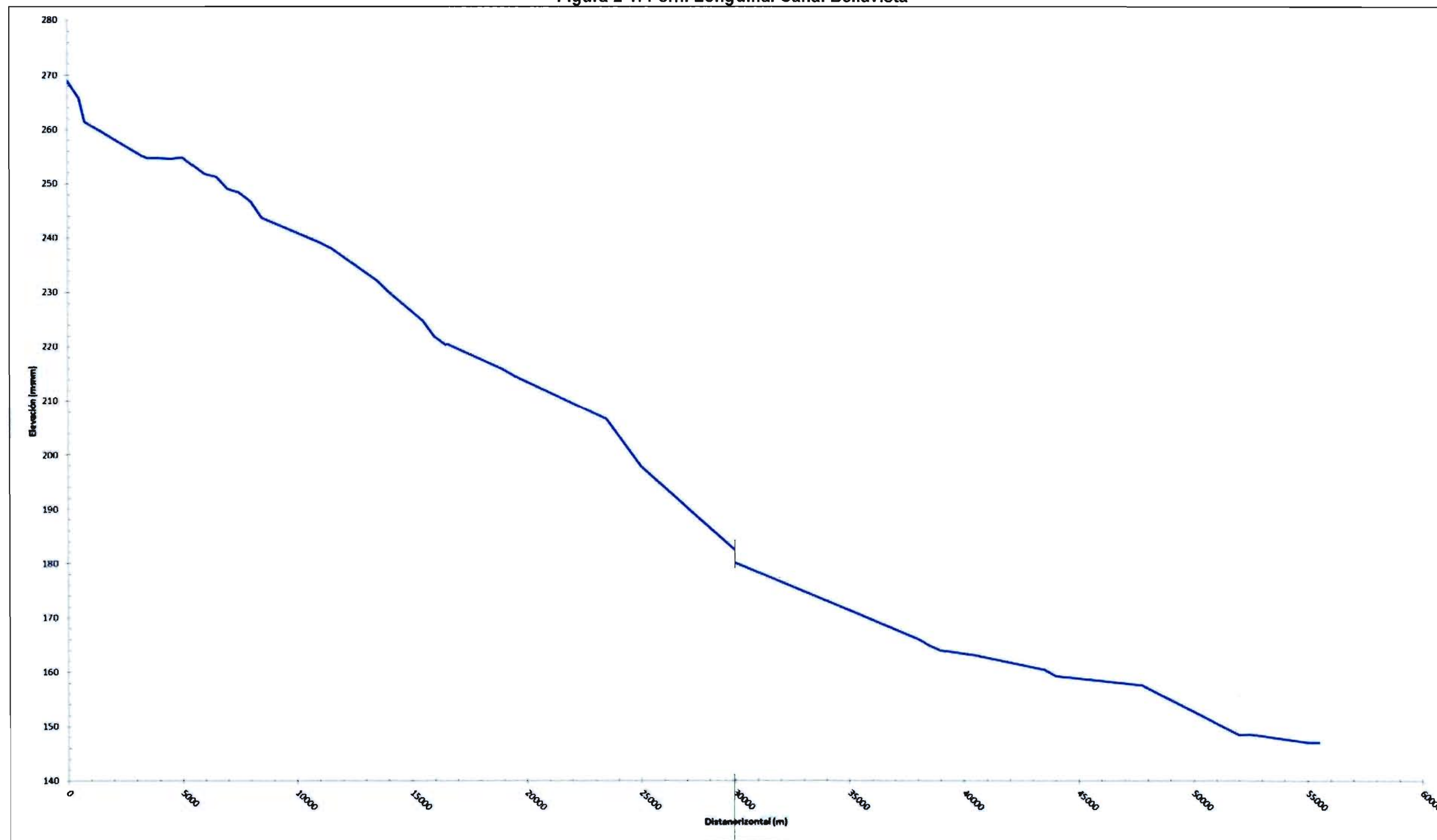
El estudio del potencial hidroeléctrico del canal se realizó bajo la premisa de aprovechar los desniveles presentes a lo largo del trazado longitudinal del cauce del canal Bellavista.

No se estudiaron alternativas de generación que derivaran el flujo fuera del canal debido a la necesidad de mantener la operación continua y permanente del mismo durante todo el año para cumplir a cabalidad con su fin de riego.

2.1.1 Perfil Longitudinal del Canal

Para la estimación de la generación hidroeléctrica primeramente se realizó un análisis del perfil longitudinal del canal Bellavista obtenido a partir del levantamiento satelital ASTER GDEM a escala 1:10.000, el perfil se muestra en la Figura 2-1.

Figura 2-1: Perfil Longdinal Canal Bellavista



En la Figura 2-1 se puede observar que la longitud total del canal Bellavista es de 55,48 Km, cuyo fondo de cauce al inicio del canal se ubica en la cota 269,0 msnm y en su final se ubica en la cota 147,2 msnm, presentando de esta forma un desnivel total de 121,8 m.

2.1.2 Caudales

Según el diagrama unifilar proporcionado por la Junta de Vigilancia del Río Elqui en Agosto del presente año, el canal Bellavista posee un total de 3677,04 de acciones en su bocatoma siendo cada una de ellas equivalente a 1,0 l/s, ello de forma permanente y constante a lo largo del año. Dicho caudal fue considerado en su totalidad sin tomar en consideración las pérdidas de flujo por conducción las cuales para el canal Bellavista, que de acuerdo al estudio de aforos desarrollado en el 2014 superan el 70% a lo largo de todo su trazado.

2.1.3 Potencial Hidroeléctrico

Finalmente, con los datos tanto de las caídas presentes a lo largo del trazado del canal como de los caudales disponibles, se procedió a calcular en sí el potencial hidroeléctrico por tramos del canal mediante la aplicación de la ecuación de potencia de una turbina hidráulica que expresa lo siguiente:

$$P = 9,81 \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot Q \cdot H_D$$

Donde:

P : Potencia de la turbina (kW).
 η_T : Eficiencia de la turbina.
 η_G : Eficiencia del generador.
 Q : Caudal generable (m³/s).
 H_D : Caída de diseño (m).

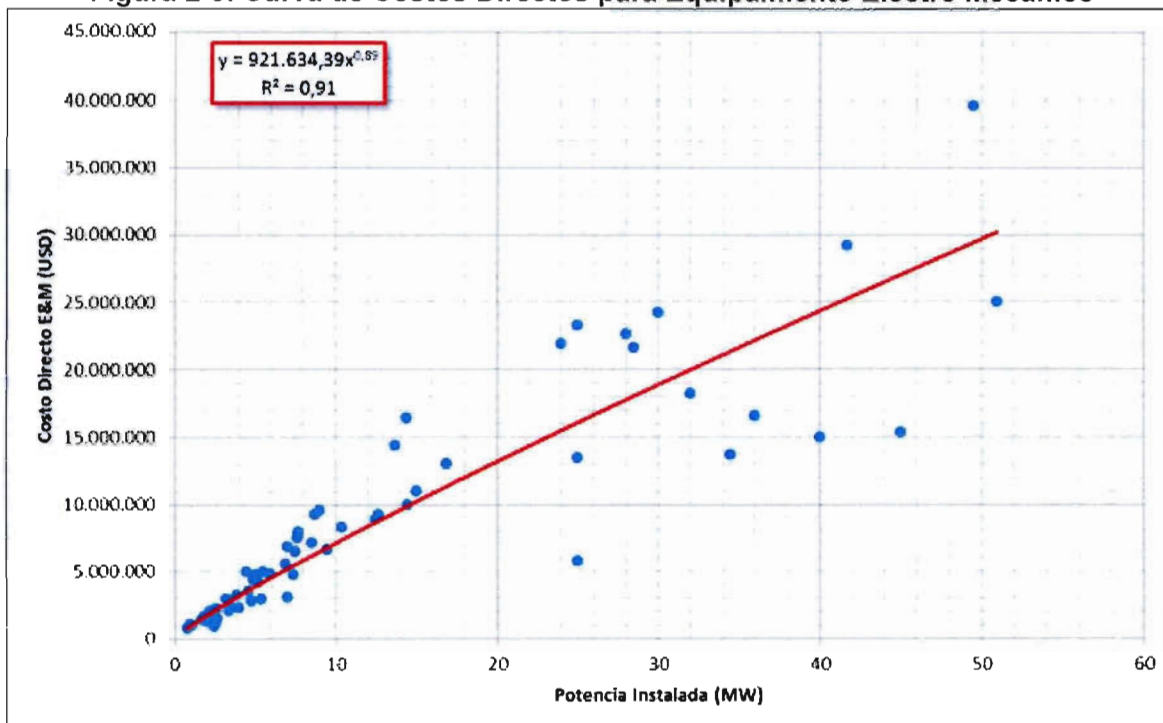
Para efectos prácticos, y de acuerdo a la experiencia del consultor, se adoptó un valor estándar de 84% que engloba tanto la eficiencia de la turbina como la del generador, resultando la ecuación finalmente adoptada para los análisis como:

$$P = 8,20 \cdot Q \cdot H_D$$

Donde:

P : Potencia de la turbina (kW).
 Q : Caudal generable (m³/s).
 H_D : Caída de diseño (m).

Figura 2-3: Curva de Costos Directos para Equipamiento Electro Mecánico



En la Figura 2-3 se puede apreciar una gran dispersión de los datos a partir de centrales con más de 10 MW de potencia instalada, centrales que se encuentran muy sobre el rango esperado por las características del proyecto.

Además de los costos comentados, para la inversión inicial de la central se consideraron igualmente los siguientes puntos:

- Montaje de equipamiento electro mecánico, igual al 20% del costo directo E&M.
- Gastos generales, igual al 20% de los costos de OO.CC. más E&M más Montaje.

Debido al nivel de ingeniería en el cual se desarrolla el presente estudio no se consideraron los costos asociados a líneas de alta tensión, lo cual disminuye el monto de inversión inicial y favorece, desde el punto de vista económico, a proyectos de generación de menor tamaño.

2.2.2 Análisis Económico

El segundo punto de análisis fue generar un flujo de caja el cual permitiese estimar una curva de Valor Actual Neto.

El flujo de caja se realizó considerando los criterios:

3 RESULTADOS

Aplicando la metodología expuesta en el punto 2, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

3.1 GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

En la Tabla 3-1 se presentan los resultados de la potencia generada promedio considerando el caudal total por derecho sin considerar ningún tipo de entrega o pérdida.

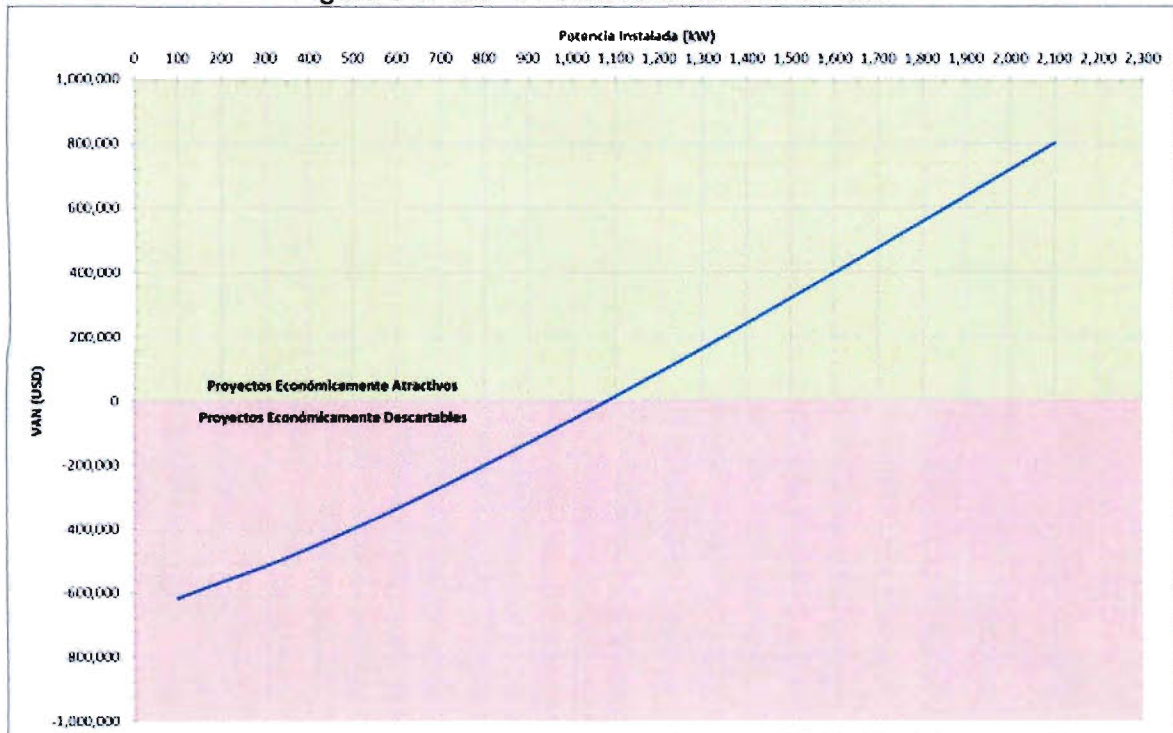
Tabla 3-1: Potencia Promedio Generada Canal Bellavista

Tramo	Caída del Tramo	Potencia Promedio Generada Considerando Caudal Total y Constante por Derecho sin Pérdidas por Conducción
(m)	(m)	(kW)
0 - 1000	7,60	229,2
1000 - 2000	0,00	0,0
2000 - 3000	0,00	0,0
3000 - 4000	6,60	199,0
4000 - 5000	0,10	3,0
5000 - 6000	3,20	96,5
6000 - 7000	5,90	177,9
7000 - 8000	4,50	135,7
8000 - 9000	4,80	144,7
9000 - 10000	0,00	0,0
10000 - 11000	4,50	135,7
11000 - 12000	5,60	168,8
12000 - 13000	0,00	0,0
13000 - 14000	8,00	241,2
14000 - 15000	2,10	63,3
15000 - 16000	8,10	244,2
16000 - 17000	4,50	135,7
17000 - 18000	0,00	0,0
18000 - 19000	4,60	138,7
19000 - 20000	5,90	177,9
20000 - 21000	0,00	0,0
21000 - 22000	0,00	0,0
22000 - 23000	6,90	208,0
23000 - 24000	7,90	238,2
24000 - 25000	8,70	262,3
25000 - 26000	8,70	262,3
26000 - 27000	0,00	0,0

3.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Con los criterios expuestos en el punto 2.2, se elaboró una curva de potencia instalada vs Valor Actual Neto la cual se muestra en la Figura 3-1.

Figura 3-1: Curva Potencia Instalada vs VAN



Un proyecto hidroeléctrico económicamente atractivo para el canal en estudio es aquel cuyo VAN es igual o mayor a cero.

De la Figura 3-1 se concluye que para que un proyecto hidroeléctrico en el canal sea económicamente atractivo, su potencia instalada debe ser igual o superior a 1.100 kW.



“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

Anexo 12

Santiago, mayo de 2015

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

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

N° 4184-1000-MA-INF-003_0

ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL BELLAVISTA

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-1000-MA-INF-001**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	P. Maturana	V. Hernández	P. Zúñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	28.01.15	29.01.15	30.01.15	
C	Nombre Firma	P. Maturana	V. Hernández	P. Zúñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	27.03.15	27.03.15	27.03.15	
0	Nombre Firma	P. Maturana	V. Hernández	P. Zúñiga	Aprobación Cliente
	Fecha	21.04.15	21.04.15	21.04.15	

7.2	SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	31
7.3	HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL (SITIOS RAMSAR).....	33
7.4	ÁREAS DE DESARROLLO INDÍGENA.....	33
7.5	INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	33
7.5.1	Plan Regulador Comunal.....	33
7.6	OTROS PROYECTOS EN LA ZONA Y SU RELACIÓN CON EL PROYECTO	35
8	CARACTERIZACION COMPONENTES AMBIENTALES PRINCIPALES	35
8.1	FLORA Y VEGETACIÓN TERRESTRE	35
8.1.1	Objetivos	35
8.1.2	Área de Estudio.....	36
8.1.3	Metodología.....	36
8.1.3.1	<i>Vegetación.....</i>	<i>36</i>
8.1.3.2	<i>Flora</i>	<i>38</i>
8.1.3.3	<i>Formaciones de vegetación definidas en la Ley 20.283/08 del MINAGRI.</i>	<i>39</i>
8.1.4	Resultados.....	39
8.1.4.1	<i>Revisión Bibliográfica</i>	<i>39</i>
8.1.4.2	<i>Vegetación.....</i>	<i>40</i>
8.1.4.3	<i>Flora</i>	<i>46</i>
8.1.4.4	<i>Formaciones de vegetación definidas en la Ley 20.283/08 del MINAGRI.</i>	<i>52</i>
8.1.5	Conclusiones	53
8.2	FAUNA TERRESTRE	54
8.2.1	Objetivos	54
8.2.2	Área de Estudio.....	54
8.2.3	Metodología.....	54
8.2.3.1	<i>Revisión bibliográfica.....</i>	<i>55</i>
8.2.3.2	<i>Antecedentes de Terreno</i>	<i>55</i>
8.2.4	Resultados.....	55
8.2.4.1	<i>Revisión Bibliográfica</i>	<i>55</i>
8.2.4.2	<i>Antecedentes de Terreno</i>	<i>62</i>
8.2.5	Estado de conservación	66
8.2.6	Conclusiones	67
8.3	ATRATIVOS NATURALES O CULTURALES	68
8.3.1	Objetivo	68
8.3.2	Área de Estudio.....	68
8.3.3	Metodología.....	69
8.3.3.1	<i>Revisión Bibliográfica</i>	<i>69</i>
8.3.3.2	<i>Identificación de instrumentos de desarrollo relacionados con la actividad turística regional y comunal</i>	<i>69</i>
8.3.4	Identificación de los recursos turísticos a nivel comunal	69
8.3.4.1	<i>Identificación de la oferta turística en el área de estudio</i>	<i>71</i>
8.3.5	Resultados.....	72
8.3.5.1	<i>Revisión Bibliográfica</i>	<i>72</i>
8.3.5.2	<i>Identificación de instrumentos de desarrollo relacionados con la actividad turística regional y comunal</i>	<i>73</i>

11.2.2.1	Identificación del Impacto	148
11.2.2.2	Medidas de Manejo Ambiental	149
11.2.2.3	Calificación del Impacto Ambiental	149
11.3	JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS	149
12	ANÁLISIS DE PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA	150
12.1	MODALIDAD DE INGRESO: EIA/DIA	154
13	COSTOS AMBIENTALES REFERENCIALES	155
13.1	TABLA RESUMEN DE COSTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO	155
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	158
15	BIBLIOGRAFÍA	160

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1:	Contenidos del EAA	11
Tabla 6-1	Diagnóstico sistema de aforos en canal Bellavista	15
Tabla 6-2	Criterio de selección – Ubicación de aforadores	16
Tabla 6-3:	Parámetros del aforador	17
Tabla 6-4:	Dimensiones sección tipo para alternativas de revestimiento en 12 km	19
Tabla 6-5:	Dimensiones geométricas Sifón El Arrayan	23
Tabla 6-6:	Alternativas de Obras de mejoramiento Canal Bellavista	24
Tabla 7-1:	Sitios Prioritarios para la conservación en la Región de Coquimbo	31
Tabla 8-1:	Rango de valores para la cobertura vegetal	37
Tabla 8-2:	Categorías de alturas empleadas para la vegetación	37
Tabla 8-3:	Codificación de especies dominantes	38
Tabla 8-4:	Resumen del uso del suelo en área de estudio	40
Tabla 8-5:	Formaciones vegetales en el trazado canal Bellavista	41
Tabla 8-6:	Catálogo florístico del área de estudio	47
Tabla 8-7:	Listado de especies potenciales de fauna en el área de estudio	56
Tabla 8-8:	Riqueza de especies de fauna terrestre en área de estudio	62
Tabla 8-9:	Senderos de Chile, Región de Coquimbo	77
Tabla 8-10:	Atractivos turísticos por categoría del Área de estudio	80
Tabla 8-11:	Atractivos turísticos del área de estudio	81
Tabla 8-12:	Festividades Patronales en las comunas de estudio	81
Tabla 8-13:	Alojamientos Turístico en la zona de estudio	82

Figura 4-1: Localización General	12
Figura 6-1: Perfil compuerta con volante.....	14
Figura 6-2: Planta sellos de fondo.....	15
Figura 6-3: Sección planta de aforador rectangular.	16
Figura 6-4: Planta de sistema de medición remoto.	17
Figura 6-5: Sección canal con mampostería	18
Figura 6-6: Revestimiento con mampostería de piedra	19
Figura 6-7: Revestimiento con losetas de hormigón	20
Figura 6-8: Perfil de fortificación tipo portales (túneles).....	20
Figura 6-9: Fortificación interior de túnel Las Rojas	21
Figura 6-10: Fortificación interior de túnel Los Burros	21
Figura 6-11: Planta Sifón Quebrada El Arrayán	22
Figura 7-1: Sitios Prioritarios y su relación con el proyecto	32
Figura 7-2: Plan Regulador de La Serena.....	34
Figura 8-1: Zona de Interés Turístico y su relación con el Proyecto	74
Figura 8-2: Área Turística Prioritaria y su relación con el Proyecto	75
Figura 8-3: Circuito Turístico y su relación con el Proyecto.....	76
Figura 8-4: Senderos de Chile y su relación con el proyecto.....	78
Figura 8-5: Rutas Chile y su relación con el proyecto	79
Figura 8-6: Atractivos Turísticos y su relación con el proyecto.....	80
Figura 8-7. Macrozona Norte Chico, en color verde se muestra la Subzona Valle transversal del río Elquí.	99
Figura 8-8: Subzona donde se inserta el proyecto	100
Figura 8-9: Vista parcial de la CV1 desde el PO1 hacia el Suroeste	103
Figura 8-10: Vista parcial de la CV2 desde el PO 2 hacia el Sur.....	103
Figura 8-11: Vista parcial de la CV3 desde el PO 4 hacia el Oeste.....	104
Figura 8-12: Vista parcial de la CV4 desde el PO 6 hacia el Oeste.....	104
Figura 8-13: Vista general del trazado proyectado para el proyecto mejoramiento de Canal Bellavista (en blanco).....	109

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

1 INTRODUCCION

El presente documento corresponde al Informe del Estudio de Análisis Ambiental (en adelante, EAA) del Proyecto Mejoramiento Canal Bellavista (en adelante, el proyecto), el cual se encuentra enmarcado dentro del Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta, en la región de Coquimbo, cuyo mandante es la Comisión Nacional de Riego, del Ministerio de Agricultura.

El Estudio de Análisis Ambiental es desarrollado sobre la base de los estudios de Ingeniería que están siendo realizados por ARCADIS en el curso de la presente Consultoría, junto a la revisión bibliográfica, y datos generados en el marco de campañas de terreno desarrolladas por el equipo de especialistas ambientales.

El siguiente informe presenta la caracterización de los componentes ambientales principales, evaluando ambientalmente, las alternativas y opciones de obras para el mejoramiento del sistema de riego del canal Bellavista.

3 CONTENIDOS Y ALCANCES DEL INFORME DEL EAA

3.1 CONTENIDOS DEL ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

El EAA será elaborado de acuerdo con lo solicitado por la Comisión Nacional de Riego en sus TDR, considerando los siguientes contenidos que se señalan en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Contenidos del EAA

Producto (os)	Contenidos
Recopilación y análisis de antecedentes	Recopilación de información referente a antecedentes generales de aspectos ambientales del área de estudio.
Visitas al Terreno	Primera visita de reconocimiento del terreno en coordinación con el Coordinador de Proyecto de la CNR, para interiorizarse de las condiciones existentes en los ámbitos de la especialidad ambiental.
Estudio de Análisis Ambiental	Las alternativas de obra de riego propuestas deben incluir los análisis ambientales necesarios, de tal manera que el avance de los proyectos de ingeniería y agroeconomías se realicen de forma paralela con los aspectos ambientales, se deberá evaluar si corresponde ingresar al proyecto al Sistema de Evaluación Ambiental, y de ser así, si este debe ingresar como una declaración de impacto ambiental o en su defecto como un Estudio de Impacto Ambiental, según lo establecido en la Ley 19.300 sobre Bases Generales de Medio Ambiente

El presente informe del EAA entrega la caracterización ambiental completa del área del proyecto, en base a los potenciales componentes que presenten mayor sensibilidad desde una perspectiva ambiental en relación a las obras proyectadas por ingeniería como alternativas de mejoramiento del canal Bellavista.

3.2 ALCANCES DEL INFORME

Este Estudio de Análisis Ambiental, incluye las actividades realizadas entre los meses de febrero a diciembre de 2014, y se basa en la Información del proyecto de Ingeniería desarrollado en las Etapas 1, 2, 3, 4 y 5. Los contenidos de la ingeniería son entregados simultáneamente con el presente informe.

A continuación se presenta el contenido del Informe del EAA, dando cumplimiento al programa de trabajo del estudio.

- Descripción general del proyecto.
- Caracterización de las componentes ambientales principales.
- Diagnóstico preliminar de **pre factibilidad ambiental**.
- Análisis Ambiental de Prefactibilidad de las obras de ingeniería.
- Evaluación de Impactos Ambientales Preliminares y Medidas Ambientales

La comuna de La Serena posee una superficie de 1.893 km² y una población de 190.716 habitantes (97.974 mujeres y 92.742 hombres), acogiendo a un 26,55% de la población total de la región. De sus habitantes, un 8,21% corresponde a población rural y 91,79% a población urbana. En cuanto a Coquimbo, cuenta con una superficie de 1.429 km² y una población de 192.668 habitantes, acogiendo a un 27,03% de la población total de la región. Un 5,88% corresponde a población rural y 94,12%, a población urbana. La población rural para estas comunas es de 26.987 habitantes aproximadamente.

El clima de la zona se denomina Estepa Cálido, el cual se caracteriza por la ausencia de nubosidad y sequedad atmosférica, sus temperaturas son mayores que en la costa y sus precipitaciones no son tan abundantes, concentrándose en el periodo de invierno, existiendo años de sequías. .

La biodiversidad de los ecosistemas de la zona, es vulnerable a cambios climáticos y existe poca diversidad de componentes, escasa densidad y tamaño de especies, por lo cual distintas especies han desarrollado condiciones específicas.

La zona del canal, pertenece al sistema montañoso andino costero; por su particularidad de entrelazamiento entre la cordillera de la Costa y la de Los Andes, la cual tiene un marcado eje estrecho, atravesados por valles también estrechos.

Su sistema hídrico es exorreico, de régimen mixto, glacio nivo pluvial, conformado por el río Elqui y sus afluentes. La superficie total del río Elqui y sus afluentes es de 9.657 km² aproximadamente. Este río nace a 75 km de La Serena 2 km aguas arriba de Rivadavia y presenta un caudal promedio de 7 m³/s, controlado por la presencia de embalses que regulan la disponibilidad de agua.

5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente el canal Bellavista cumple la función de regar aproximadamente 5.131 ha agrícolas del valle del Elqui, sin embargo las condiciones de infraestructura limitan la eficiencia de este sistema de riego y permite el desaprovechamiento del recurso hídrico.

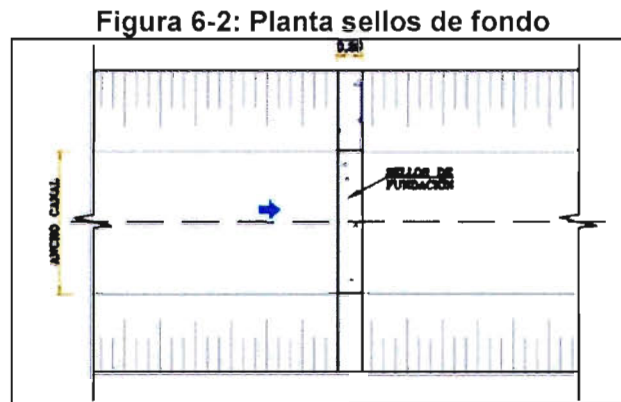
Por lo anterior, la Comisión Nacional de Riego ha destinado realizar un estudio con el objetivo de evaluar a nivel de prefactibilidad, y generar los prediseños de las mejores alternativas de obras para la optimización del sistema de riego del canal Bellavista, incorporando el concepto multiuso de las aguas para riego con potencial de hidrogenación eléctrica.

Dentro del estudio de prefactibilidad de ingeniería, se ha considerado el estudio de análisis ambiental de la construcción de estas obras, mediante el cual se deberá analizar y evaluar ambientalmente el área de influencia de las distintas alternativas de obras que defina el estudio de ingeniería, identificando los potenciales impactos ambientales, de manera de fundamentar el ingreso al SEIA.

Las actividades a realizar son las siguientes:

- Hormigonado
- Enfierrado

En la Figura 6-2 se presenta un esquema de la implementación de los sellos de fondo para el canal.



6.2 SISTEMA CONTROL DE CAUDALES

6.2.1 Aforador Nuevo (Nomenclatura: AF)

La Tabla 6-1 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 6-1 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

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.

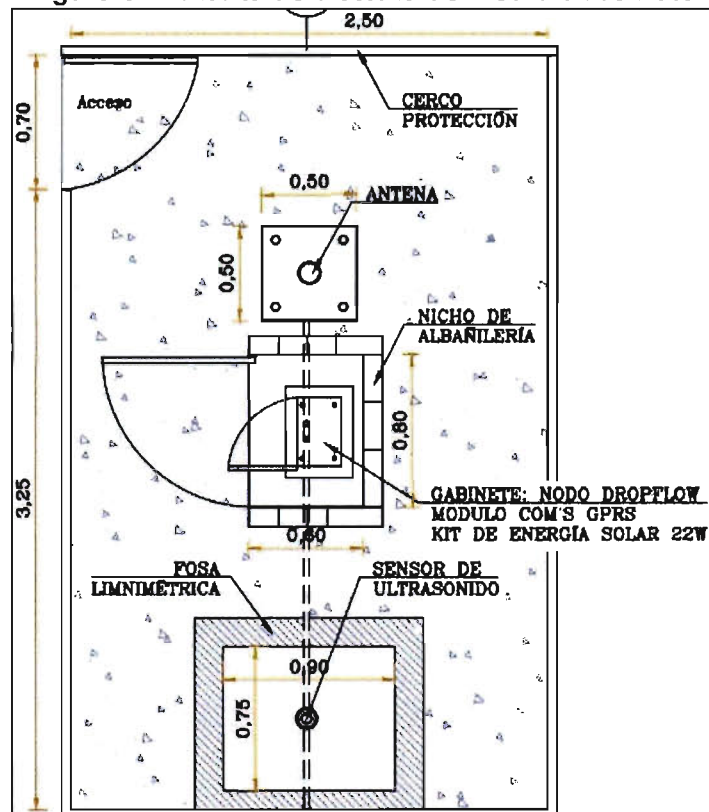
Luego, este nuevo sistema de registro de caudales servirá como medio de control del recurso ante las externalidades anteriormente mencionadas, al tener un registro de los caudales que deben estar pasando en ciertos tramos, para así identificar las zonas donde existan anomalías.

La ubicación de los dos aforadores propuestos, los que de ahora en adelante se llamarán Aforador "Sector 2" y Aforador "Sector ", se basó en el criterio de que la obra mida el caudal

Tabla 6-3: Parámetros del aforador

Parámetro	AFN1	AFN2
	Valor (m)	
PI	0,20	0,40
La	4,50	3,60
Lb	1,50	1,20
Lc	1,70	1,20
Ld	1,20	2,40
Le	1,00	1,00
L	9,90	9,40
H	1,45	1,35
Lg	2,40	2,00
ba	3,50	3,70
bc	2,50	3,00
be	3,20	2,70

Figura 6-4: Planta de sistema de medición remoto.



Para taludes con deslizamientos por debilitamiento debido a precipitaciones intensas:

- Hormigonado
- Instalación de cubierta de loseta de hormigón.

Fortificación de portales de túneles y revestimiento interior Túnel:

- Shotcrete
- Instalación de malla tejida

La Tabla 6-3 muestra los parámetros de las secciones según cada solución de revestimiento.

Tabla 6-4: Dimensiones sección tipo para alternativas de revestimiento en 12 km

Parámetro	Nomenclatura	Valor	Unidad
Base	b	2,5	(m)
Alto	H	1,5	(m)
Talud inverso	k	1/3	(m/m)
Revestimiento Hormigón-Mampostería-Shotcrete*			
Terraza talud	t	0,2	(m)
Perímetro	P	6,06	(m)
Revestimiento Manta de Hormigón			
Terraza talud	t	0,2	(m)
Perímetro	P	5,66	(m)
Revestimiento Geomembrana			
Terraza talud	t	0,50	(m)
Ancho Zanja	bz	0,30	(m)
Profundidad Zanja	hz	0,30	(m)
Perímetro	P	8,46	(m)

*: Mismo perímetro de revestimiento para las tres soluciones

Se considera como se mencionó anteriormente el revestimiento con mampostería de piedra y con hormigón como se observa en la Figura 6-6 y Figura 6-7.

Figura 6-6: Revestimiento con mampostería de piedra

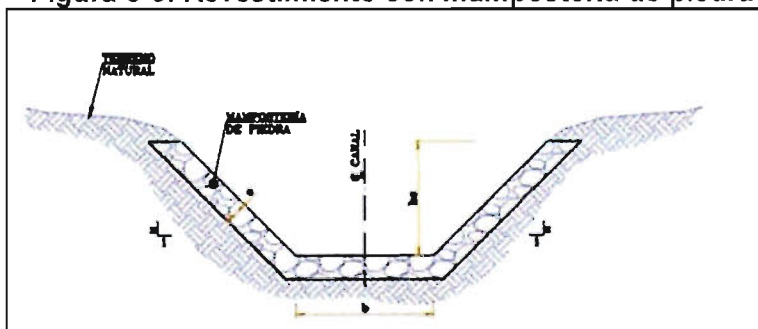


Figura 6-9: Fortificación interior de túnel Las Rojas

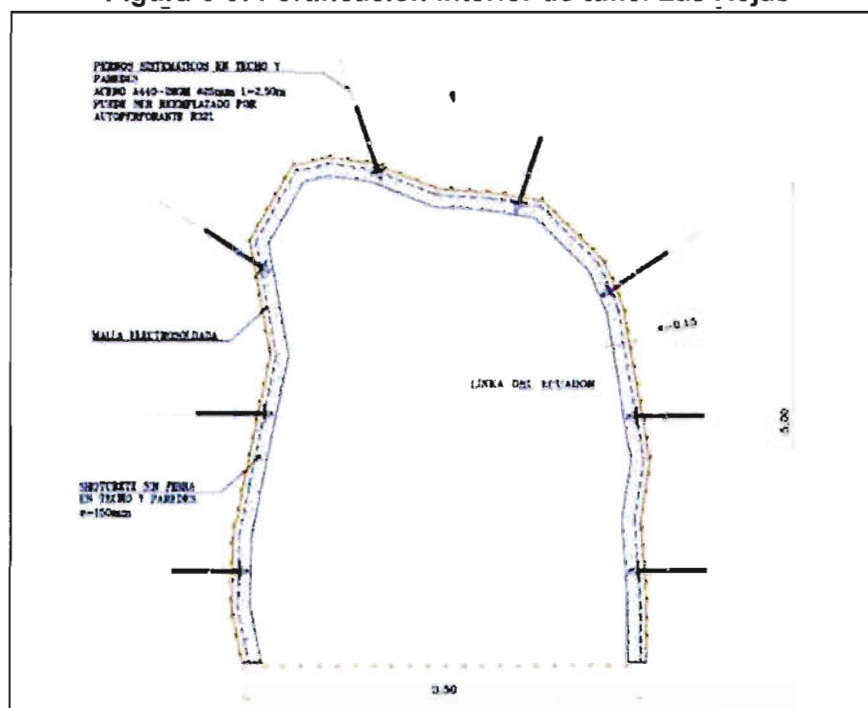
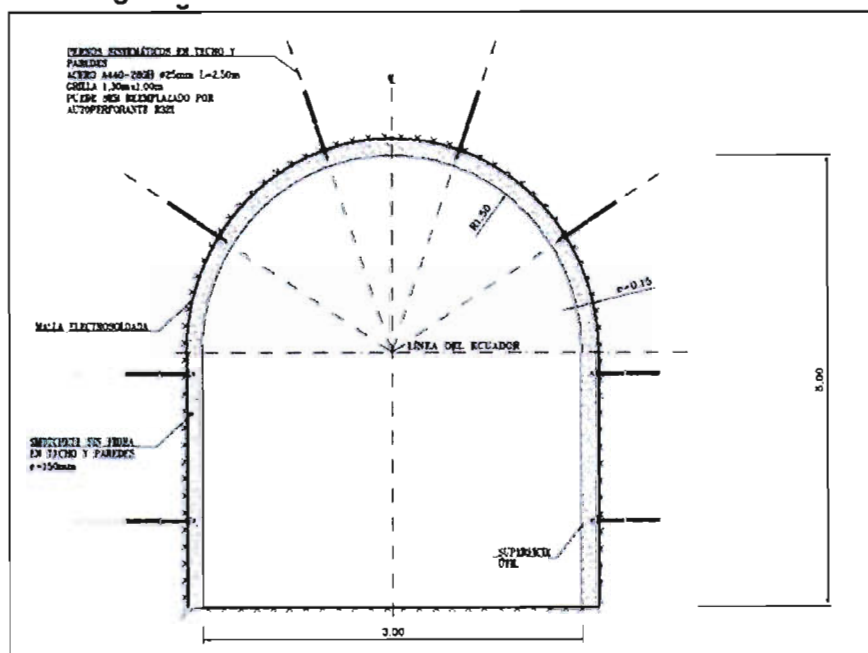


Figura 6-10: Fortificación interior de túnel Los Burros



Los parámetros de diseño del sifón se presentan en la Tabla 6-5.

Tabla 6-5: Dimensiones geométricas Sifón El Arrayan

Parámetro	Nomenclatura	Valor	Unidad
Canal de Captación			
Cota	z0	257,61	(msnm)
Pendiente	i0	1,00E-04	(m/m)
Base Canal	b0	3,00	(m)
Pendiente Talud	k0	0,50	(-)
Largo	L0	5,00	(m)
Alto	H0	1,48	(m)
Transición Broken-Back entrada			
Ángulo cierre	b-e	11,25	(°)
Largo	Lb-e	7,5	(m)
Grada bajada	a0	3	(m)
Cámara de Entrada			
Cota	z1	254,61	(msnm)
Base Canal	b1	1,50	(m)
Largo	L1	3,00	(m)
Alto	H1	5,50	(m)
Trampa sedimentos	a1	1,00	(m)
Cámara de Salida			
Cota	z2	254,30	(msnm)
Base Canal	b2	1,50	(m)
Largo	L2	3,00	(m)
Alto	H2	4,80	(m)
Revanca Salida	a2	0,30	(m)
Transición Broken-Back salida			
Ángulo cierre	b-s	13,75	(°)
Largo	Lb-s	6,10	(m)
Grada subida	a3	3,00	(m)
Canal de Entrega			
Cota	z3	257,30	(msnm)
Pendiente	i3	1,00E-04	(m/m)
Base Canal	b3	3,00	(m)
Pendiente Talud	k3	0,50	(-)
Largo	L3	3,00	(m)
Alto	H3	1,50	(m)
Tubería sifón			
Diámetro interno	D	900	(mm)
Longitud unitaria	L	45	(m)
Número de Tuberías	N	1	(unidad)
Espesor mínimo	e	109	(mm)
Diámetro externo	OD	1118	(mm)

Nomenclatura	Tipo de Obra	Ubicación km	
		Inicio	Fin
S40	Sellos	26500	
S41	Sellos	27000	
S42	Sellos	27500	
S43	Sellos	28000	
S44	Sellos	28500	
S45	Sellos	29000	
S46	Sellos	29500	
S47	Sellos	30000	
S48	Sellos	30500	
S49	Sellos	31000	
S50	Sellos	31500	
RM3	Revestimiento Mampostería	31700	32900
S51	Sellos	32000	
S52	Sellos	32500	
RM4	Revestimiento Mampostería	32900	35100
S53	Sellos	33000	
S54	Sellos	33500	
S55	Sellos	34000	
S56	Sellos	34500	
S57	Sellos	35000	
RM5	Revestimiento Mampostería	35100	36800
S58	Sellos	35500	
S59	Sellos	36000	
S60	Sellos	36500	
S61	Sellos	37000	
S62	Sellos	37500	
S63	Sellos	38000	
CP11	Compuerta afecta a mantención	38203	
S64	Sellos	38500	
S65	Sellos	39000	
S66	Sellos	40000	
S67	Sellos	40500	
S68	Sellos	41000	
CP15	Compuerta afecta a mantención	41438	
S69	Sellos	41500	
S70	Sellos	42000	
S71	Sellos	42500	
S72	Sellos	43500	
S73	Sellos	44000	
S74	Sellos	44500	
S75	Sellos	45000	
AFN2	Aforador nuevo	45405	
S76	Sellos	45500	
S77	Sellos	46000	
S78	Sellos	46500	
S79	Sellos	47000	
S80	Sellos	47500	

7 ANTECEDENTES AMBIENTALES

En esta sección se presentan aquellas áreas que disponen de alto valor ambiental por su biodiversidad, ya sea por ser reconocidas en la Ley N°19.300; en la Estrategia Nacional de la Biodiversidad, o porque corresponden a áreas colocadas bajo protección oficial o son áreas protegidas conforme al Ord. N° 130844 de 22 de mayo de 2013, del SEA. Estas corresponden a áreas con protección oficial (áreas protegidas), sitios prioritarios, humedales de importancia internacional y áreas de desarrollo indígena y su relación con el proyecto.

Junto a lo anterior, y en forma complementaria se presenta información relacionada con los instrumentos de planificación que definen los usos del suelo y pudiesen tener relación con el proyecto. A su vez, se identifican otros proyectos en el área de este.

7.1 ÁREAS PROTEGIDAS

A continuación se identifica las áreas protegidas o áreas de protección oficial, indicando la categoría de conservación y su presencia a nivel regional, y su relación con el área del proyecto.

7.1.1 Parque Nacional

Parque Nacional corresponde a las regiones establecidas para la protección y conservación de las bellezas escénicas naturales y de la flora y la fauna de importancia nacional, de las que el público pueda disfrutar mejor al ser puestas bajo la vigilancia oficial.

En la región de Coquimbo existe el Parque Nacional Fray Jorge, localizado en la comuna de Ovalle, el cual dista a más de 70 km hacia el Suroeste del área de emplazamiento del proyecto.

Relación con el proyecto

A partir de lo expuesto anteriormente, se concluye que no existen Parque Nacionales en el área de estudio, por lo tanto no se observa relación de este tipo de áreas con el proyecto (ver Lámina 4184-1000-CA-LAM-002 en Anexo 12).

7.1.2 Reserva Nacional

Se denomina Reserva Nacional a las regiones establecidas para la conservación y utilización, bajo vigilancia oficial, de las riquezas naturales, en las cuales se dará a la flora y la fauna toda protección que sea compatible con los fines para las que son creadas estas reservas.

En la región de Coquimbo existen dos reservas nacionales, correspondientes a la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt localizado en la comuna La Higuera a más de 70 km de distancia del proyecto, y la Reserva Nacional La Chinchilla, localizada en la comuna de Illapel, la cual se encuentra a más de 100 km de distancia del proyecto.

posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado.

En la región de Coquimbo, existen dos Santuarios de la Naturaleza, correspondientes al Santuario de la Naturaleza Laguna Conchalí localizado en la comuna de Los Vilos, el cual dista aproximadamente 200 km al sur del proyecto y, el Santuario de la Naturaleza Estero Derecho ubicado en la comuna de Paihuano, el cual dista aproximadamente a 100 km hacia el este del proyecto.

Relación con el proyecto

Por lo anterior, no se observa relación de los Santuarios de la Naturaleza con el proyecto, tal como se observa en la Lámina 4184-1000-CA-LAM-002 en Anexo 12.

7.1.6 Parque Marino

Parque Marino son áreas específicas y delimitadas destinadas a preservar unidades ecológicas de interés para la ciencia y cautelar áreas que aseguren la mantención y diversidad de especies hidrobiológicas, como también aquellas asociadas a su hábitat.

No existen Parques Marinos en la región de Coquimbo, por lo tanto, tampoco en el área del proyecto.

Relación con el proyecto

Por lo expuesto anteriormente, no se observa relación de este tipo de áreas protegidas con el proyecto.

7.1.7 Reserva Marina

Las reservas marinas se definen a las áreas de resguardo de los recursos hidrobiológicos con el objeto de proteger zonas de reproducción, caladeros de pesca y áreas de repoblamiento por manejo.

En la región de Coquimbo, existe la Reserva Marina Islas Choros y Damas localizada en la comuna de La Higuera. Esta Reserva Marina se localiza en el área marítima frente a la localidad de Punta de Choros a más de 70 km del hacia el Norte del área del proyecto.

Relación con el proyecto

Por lo expuesto anteriormente, no se observa relación de este tipo de áreas protegidas con el proyecto.

Relación con el proyecto

Por lo expuesto anteriormente, no se observa relación de este tipo de áreas protegidas con el proyecto.

7.2 SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Los Sitios Prioritarios se encuentran definidos en el ORD.D.E. N° 103008 de Septiembre de 2010 de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, que Imparte Instrucciones sobre **Sitios Prioritarios para la Conservación**, señalando que:

“constituyen áreas terrestres, marinas o costeras de alto valor para las conservación y uso sustentable de la biodiversidad, identificada por su aporte a la representatividad ecosistémica, por su singularidad ecológica o por constituir un hábitat de especies amenazadas, entre otros aspectos, para su gestión de conservación, protección y/o restauración. Dichos sitios pueden, en la medida de lo posible, llegar a constituirse en áreas protegidas”.

Los Sitios Prioritarios para la Conservación están definidos en la Estrategia Nacional de Biodiversidad elaborada por la Comisión Nacional del Medio Ambiente el año 2003, documento en el cual se establecieron 64 sitios, los cuales, de acuerdo al Instructivo precitado, son aquellos que deben considerarse para efectos de la aplicación del Artículo 11 letra d) de la Ley N° 19.300.

En la región de Coquimbo existen 5 Sitios Prioritarios para la conservación a nivel nacional, los que se identifican en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1: Sitios Prioritarios para la conservación en la Región de Coquimbo

Sitios Prioritarios Nacionales	Ambiente	Superficie (ha)	Comuna	Distancia al proyecto
Cerro Santa Inés y Costa de Pichidanguí	Costero Marino	2.547,23	Los Vilos	200 km aprox. hacia el Suroeste del proyecto
Punta Teatinos-Caleta Hornos /Sector Costero al Norte de la Serena	Costero Marino	12.509,52	La Serena y La Higuera	12 km hacia el Noroeste del proyecto
Quebrada de Culimo	Terrestre	10.291,99	Los Vilos	200 km aprox. hacia el Sur del proyecto.
Red de Humedales costeros de la bahía de Coquimbo	Humedales Costeros	3.888,53	Coquimbo	7 km hacia el Oeste del proyecto

A continuación en la Figura 7-1 se muestran los sitios prioritarios más cercanos al área de emplazamiento del proyecto.

7.3 HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL (SITIOS RAMSAR)

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (Ramsar, Irán, 1971), es un tratado intergubernamental cuya misión es la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo.

En nuestro país son 12 los sitios naturales que forman parte de la red internacional de humedales de importancia para la conservación de la diversidad biológica mundial y el sustento de la vida humana, también denominada lista Ramsar. Nueve de estos sitios son administrados por CONAF, dos de propiedad privada y uno bajo tuición del Ministerio de Medio Ambiente.

En la región de Coquimbo existe la Laguna Conchalí, localizada en la comuna de Los Vilos a más de 200 km del área del proyecto.

Relación con el proyecto

Por lo expuesto anteriormente, no se observa relación de este tipo de áreas protegidas con el proyecto.

7.4 ÁREAS DE DESARROLLO INDÍGENA

Estas áreas son definidas, de acuerdo al Art. 26° de la Ley N° 19.253 aprobada en Octubre de 1995, como espacios territoriales determinados en los cuales los órganos de la Administración del Estado deben focalizar su acción para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas de origen indígena que habitan en dichos territorios. Estas áreas están a cargo de la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI).

En la región de Coquimbo no existen Áreas de Desarrollo Indígena.

Relación con el proyecto

Por lo expuesto anteriormente, no se observa relación de este tipo de áreas protegidas con el proyecto.

7.5 INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

7.5.1 Plan Regulador Comunal

El Plan Regulador Comunal se realiza con el fin de diseñar una Planificación Urbana Comunal, la que según el Art. 41 de la Ley General de Urbanismo y Construcción se entiende que es aquella que promueve el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo económico-social.

7.6 OTROS PROYECTOS EN LA ZONA Y SU RELACIÓN CON EL PROYECTO

Se recopilieron antecedentes asociados a los proyectos que han obtenido RCA favorable en el SEIA en la región de Coquimbo, cercanos al proyecto. Para ello se revisó la página web del SEA (www.sea.gob.cl), la cual arrojó como resultado la inexistencia de proyectos con RCA en la zona que puedan interferir con el proyecto, el más cercano corresponde a “Establecimiento Penitenciario La Serena”, ubicado en el sector de Huachalume.

De acuerdo a la información de la página web del Banco Integrado de proyectos, en la zona: Pelicana, Porvenir, Las Rojas y El Maitén, existen proyectos para Agua potable rural, además se identifica el proyecto de mejoramiento Camino 64D305 Altovalsol, Las rojas y Pelicana. Adicionalmente se encuentra en desarrollo el diseño para mejoramiento de alcantarillado, agua potable, pavimentación e iluminación en el sector de Ceres y Bellavista.

8 CARACTERIZACION COMPONENTES AMBIENTALES PRINCIPALES

La asesoría ambiental del proyecto tiene por propósito la búsqueda de potenciales componentes que presenten mayor sensibilidad desde una perspectiva ambiental. En este sentido, se requiere caracterizar los recursos existentes en el lugar de emplazamiento del proyecto, identificando de manera preliminar, aspectos ambientales relevantes que requieran ser constatados y/o profundizados en etapas posteriores a la asesoría.

En base a las obras que se consideran para el proyecto, se identificaron 5 componentes ambientales principales, que permitirán realizar el análisis ambiental para la Prefactibilidad del proyecto. Las componentes ambientales corresponden a Flora y Vegetación Terrestre, Fauna Terrestre, Atractivos Naturales y Culturales, Paisaje y Patrimonio Arqueológico.

8.1 FLORA Y VEGETACIÓN TERRESTRE

El presente informe entrega los resultados de la caracterización ambiental de flora y vegetación para el proyecto Mejoramiento Canal Bellavista, el cual se localiza en la Región de Coquimbo, en la Provincia de Elqui, y atraviesa las comunas de La Serena, Coquimbo y Vicuña (en adelante, el proyecto).

A continuación se incluye una serie de secciones que presentan el objetivo del estudio realizado, la metodología aplicada, una breve caracterización de la zona, los resultados obtenidos y las principales conclusiones.

8.1.1 Objetivos

El objetivo general del presente informe consiste en elaborar una caracterización de la componente flora y vegetación terrestre, a lo largo del trazado del canal Bellavista. Por su parte, los objetivos específicos en materia de flora y vegetación corresponden a los siguientes:

actual a una escala de trabajo dada. Esta representación se obtiene por la evaluación de dos variables: formación vegetal y especies dominantes.

La formación vegetal corresponde a aquel conjunto de plantas, pertenecientes o no a la misma especie, que presentan caracteres convergentes tanto en su forma como en su comportamiento, constituyéndose en un enfoque eminentemente fisonómico el cual, basado en los conceptos de estratificación y cobertura, permite dar una imagen de la disposición vertical y horizontal de la vegetación *in situ*.

De acuerdo con ello se puede clasificar la vegetación en cuatro tipos biológicos fundamentales:

- **Herbáceos:** son aquellas especies cuyos tejidos no están lignificados (no son leñosos), con tallos ricos en clorofila y fotosintéticos (hierbas).
- **Leñosos bajos** (arbustivos): son aquellas especies de tejidos lignificados o leñosos cuyo tamaño no pasa los dos metros de altura (en casos excepcionales pueden llegar a medir hasta cuatro metros de altura).
- **Leñosos altos** (arbóreos): son aquellas especies de tejidos lignificados o leñosos cuyo tamaño excede los dos metros de altura.
- **Suculentos** (cactus y chaguales): bajo esta denominación se agrupan principalmente las cactáceas y bromeliáceas.

La cobertura o cubrimiento representa la proporción del terreno que es ocupada por la vegetación o por su proyección vertical. Este criterio da una idea de la abundancia de los diferentes tipos biológicos y se expresa en porcentaje global o por estratos, para cada unidad identificada en terreno. Todo ello se entrega en cuadros resumidos y se explica en términos generales para cada formación vegetacional segregada en el área prospectada. Los índices y códigos empleados en el presente estudio, así como las coberturas y densidades respectivas se presentan en la Tabla 8-1.

Tabla 8-1: Rango de valores para la cobertura vegetal

Cobertura %	Densidad	Código	Índice
1 – 5	Muy escasa	me	1
5 – 10	Escasa	e	2
10 – 25	Muy clara	mc	3
25 – 50	Clara	c	4
50 – 75	Poco densa	pc	5
75 – 90	Densa	d	6
90 – 100	Muy densa	md	7

(Fuente: Etienne y Prado 1982)

La altura de los estratos se codificó según los valores señalados en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Categorías de alturas empleadas para la vegetación

Altura (m)	Categoría de altura
0,0 – 0,5 (herbáceo / leñoso bajo)	0
0,5 – 1,0 (herbáceo / leñoso bajo)	1
1,0 – 2,0 (herbáceo / leñoso bajo)	2

8.1.3.3 Formaciones de vegetación definidas en la Ley 20.283/08 del MINAGRI

La Ley N° 20.283 del MINAGRI, sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal, establece regulaciones sobre las formaciones vegetacionales nativas que constituyen bosque y formaciones xerofíticas. Para intervenir dichas formaciones se requiere contar con los respectivos planes de manejo y planes de trabajo aprobados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). En el marco del SEIA, se deben presentar los respectivos permisos ambientales sectoriales (PAS) asociados a la intervención de tales formaciones; posteriormente, una vez aprobado el proyecto, estos permisos se deben tramitar de manera sectorial ante la CONAF.

Cabe precisar que, para aseverar respecto de la presencia de este tipo de formaciones en el área de estudio del proyecto, es necesario, en etapas más avanzadas del mismo, contar con estudios de línea de base de la componente vegetación y flora vascular terrestre. No obstante, en el marco de la presente asesoría, para contar con una aproximación respecto de esta materia, se utilizó como base el Catastro de los Recursos Vegetacionales de Chile (Catastro de Bosque Nativo), posteriormente en terreno, gracias a la experiencia del especialista, se pudo obtener una aproximación general respecto de la presencia de este tipo de formaciones vegetacionales en el área de estudio del proyecto.

8.1.4 Resultados

8.1.4.1 Revisión Bibliográfica

En términos biogeográficos, el área de estudio se inserta dentro de dos pisos vegetacionales según lo propuesto por Luebert y Pliscoff (2006). El primer piso de vegetación corresponde al matorral desértico mediterráneo costero de *Oxalis gigantea* y *Heliotropium stenophyllum*, mientras que el segundo corresponde al matorral desértico mediterráneo interior de *Heliotropium stenophyllum* y *Flourensia thurifera*.

El primero se describe como un matorral muy abierto dominado por los arbustos *H. stenophyllum* y *O. gigantea* con participación importante de *Flourensia thurifera*, *Alona coelestis*, *Nolana crassulifolia* y *Encelia canescens*. En las terrazas litorales es frecuente la presencia de *Haplopappus cerberoanus*, el que es reemplazado por *H. pulchellus* en las laderas de los cerros y *H. parvifolius* en las zonas más altas del piso de vegetación. Durante la primavera de los años lluviosos en suelo se cubre de un estrato de herbáceas efímeras tanto nativas (por ejemplo *Cryptantha glomerata*, *Cistanthe coquimbensis*) como introducidas (por ejemplo *Erodium cicutarium*, *Schismus arabicus*); lo último es reflejo de los regímenes de perturbación antrópica a que está sometido.

El segundo piso de vegetación se describe como un matorral alto, compuesto por arbustos esclerófilos más o menos esparcidos, donde domina *H. stenophyllum* y *F. thurifera* mientras que los arbustos *Adesmia micriphylla*, *Gutierrezia resinosa* y *Cordia decandra* son localmente abundantes. Las cactáceas *Opuntia miquelii*, *O. berterii* y *Eulychnia acida* son frecuentes en este tipo de vegetación y en algunos casos marcan la fisionomía. En zonas de intervención

correspondientes al uso de suelo de matorrales y humedales, las cuales fueron consideradas en la campaña de campo realizada en el mes de febrero 2014 (Tabla 8-5).

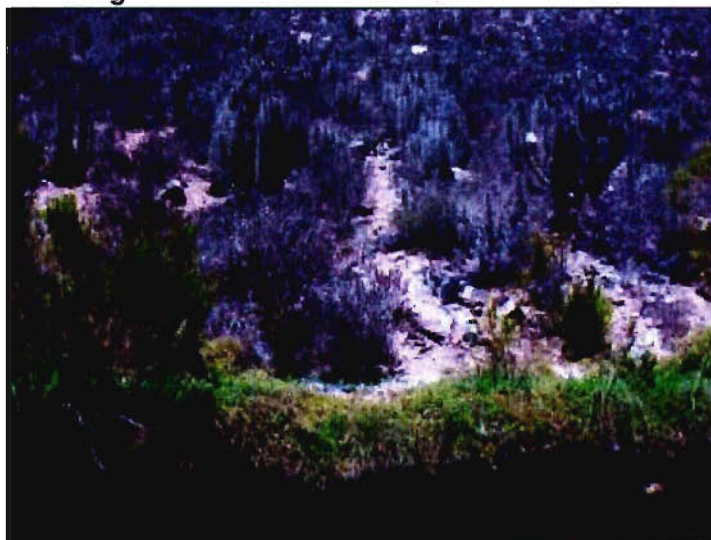
Tabla 8-5: Formaciones vegetales en el trazado canal Bellavista

Formaciones Vegetales	Superficie (ha)	%
Matorral con Suculentas Abierto	70	13,09
Matorral Arborescente Abierto	9	1,68
Matorral Pradera Abierto	4	0,71
Matorral Semidenso	11	2,05
Matorral Abierto	80	15
Matorral Muy Abierto	18	3,31
Matorral Arbóreo en orilla (Humedal)	6,62	1,24
Total	189,62	35,4

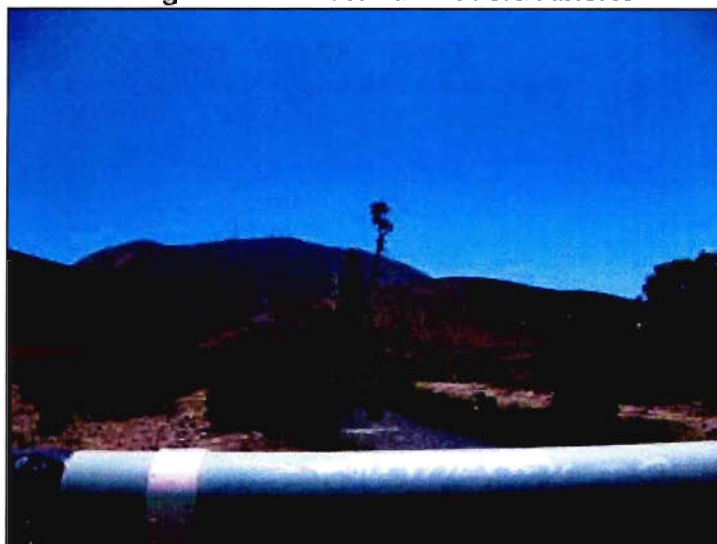
Matorral con Suculentas Abierto: corresponde a una formación vegetal con fisonomía de matorral y presencia de especies suculentas, donde se presentan dos estratos dominantes, con una altura entre 0,5 y 1 m para el arbustivo y entre 0,5 y 2 m para el suculento. Las especies dominantes en el estrato arbustivo son *Baccharis paniculata*, *Bahia ambrosioides*, *Gutierrezia resinosa*, *Haplopappus spp.* y *Heliotropium stenophyllum*. Dentro del estrato suculento domina la especie *Eulychnia breviflora*. Se presenta un estrato herbáceo muy escaso, cuya principal especie es *Erodium cicutarium*.

La cobertura de la vegetación es clara para el estrato arbustivo y para el suculento, con valores que fluctúan entre 25 a 50%, mientras que el estrato herbáceo se presenta con una cobertura muy escasa, entre 1 a 5%. La formación cubre una superficie de 70 ha, lo que corresponde a un 13,09% del área de estudio (Fotografía 8-1).

Fotografía 8-1: Matorral con suculentas abierto



Fotografía 8-3: Matorral Pradera Abierto



Matorral Semidenso: formación vegetal con fisonomía de matorral arborescente, donde se presenta solo un estrato arbustivo como dominante, con una altura entre 0,5 y 1 m. Las especies dominantes corresponden a *Heliotropium stenophyllum*, *Bahia ambrosioides* y *Balbisia peduncularis*.

La cobertura de la vegetación es poco densa en el estrato arbustivo, entre 50 y 75%. La formación cubre una superficie de 11 ha, lo que corresponde a un 2,05% del área de estudio (Fotografía 8-4).

Fotografía 8-4: Matorral Semidenso



Fotografía 8-6: Matorral Muy Abierto



Matorral Arbóreo en Orilla (Humedal): formación vegetal con fisonomía de matorral arbóreo, que por estar dentro del cauce del río, se denomina como uso de suelo tipo humedal (Vegetación herbácea en orilla). Se presentan tres estratos dominantes, con una altura entre 4 y 8 m para el arbóreo, entre 1 y 2 m para el arbustivo, y hasta los 2 m para el estrato herbáceo. La especie dominante en el estrato arbóreo es *Salix humboldtiana*, acompañadas en el estrato arbustivo por *Tessaria absinthioides* y *Baccharis spp.* Las especies dominantes en el estrato herbáceo son *Cortaderia speciosa* y *Distichlis spicata*

La cobertura de la vegetación es escasa para el estrato arbóreo y no supera el 10%, clara para el estrato arbustivo, entre 25 y 50% y escasa para el estrato herbáceo. La formación cubre una superficie de 6,62 ha, lo que corresponde a un 1,24% del área de estudio (Fotografía 8-7).

Fotografía 8-7: Matorral Arbóreo en orilla

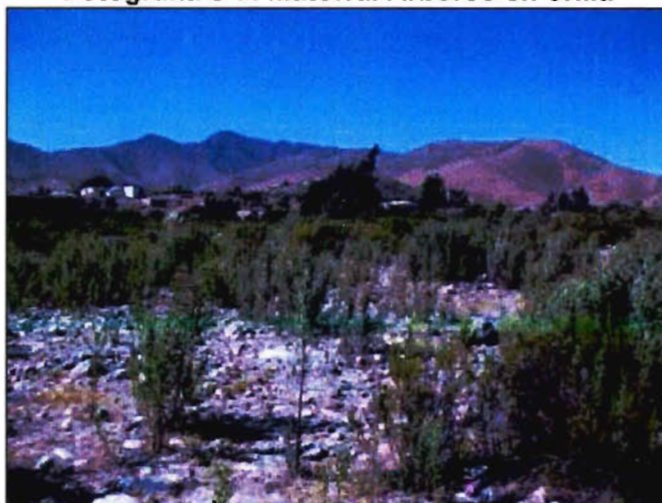


Tabla 8-6: Catálogo florístico del área de estudio

División	Clase	Familia	Nombre científico	F.C.	O.B.	E.C.	Fuente
Pteridophyta	Pteridopsida	Pteridaceae	<i>Adiantum chilense</i> Kaulf.	Herbáceo	Nativo	PM	DS 19/2012 MMA
Pteridophyta	Pteridopsida	Dennstaedtiaceae	<i>Hypolepis poeppigii</i> (Kunze) R. Rodr.	Herbáceo	Nativo		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Arbóreo	Nativo		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Anacardiaceae	<i>Schinus polygamus</i> (Cav.)	Arbustivo	Nativo		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Herbáceo	Adventicio	-	
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Baccharis linearis</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Arbustivo	Nativo		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Baccharis paniculata</i> DC.	Arbustivo	Endémico		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Bahia ambrosioides</i> Lag.	Arbustivo	Endémico		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Herbáceo	Adventicio	-	
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Gutierrezia resinosa</i> (Hook. & Arn.) S.F. Blake	Arbustivo	Endémico		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Haplopappus</i> spp	Arbustivo	Endémico		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Ophryosporus paradoxus</i> (Hook. & Arn.)	Arbustivo	Endémico		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Pleocarphus revolutus</i> D. Don	Arbustivo	Endémico		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Proustia cuneifolia</i> D. Don	Arbustivo	Nativo		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Sonchus asper</i> L.	Herbáceo	Adventicio	-	
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.	Arbustivo	Nativo		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Boraginaceae	<i>Heliotropium stenophyllum</i> Hook. & Arn.	Arbustivo	Endémico		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicaceae	<i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.	Herbáceo	Adventicio	-	
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Cactaceae	<i>Eulychnia acida</i> Phil.	Suculento	Endémico	PM	DS 41/2011 MMA
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Cactaceae	<i>Eulychnia breviflora</i> Phil.	Suculento	Endémico	PM	DS 19/2012 MMA
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Cactaceae	<i>Trichocereus coquimbano</i> (Molina)	Suculento	Endémico	CA	DS 41/2011 MMA
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Celastraceae	<i>Maytenus boaria</i> Molina	Arbóreo	Nativo		
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Chenopodiaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.)	Herbáceo	Nativo		

División	Clase	Familia	Nombre científico	F.C.	O.B.	E.C.	Fuente
Magnoliophyta	Liliopsida	Poaceae	<i>Hordeum murinum</i> L.	Herbáceo	Adventicio	-	
Magnoliophyta	Liliopsida	Poaceae	<i>Jarava plumosula</i> (Nees ex Steud.)	Herbáceo	Nativo		
Magnoliophyta	Liliopsida	Poaceae	<i>Schismus arabicus</i> Nees	Herbáceo	Adventicio	-	

FC: Forma de Crecimiento. OB: Origen Biogeográfico. EC: Estado de Conservación. PM: Preocupación Menor, CA: Casi Amenazada

Fotografía 8-10: *Eulychnia breviflora*



Fotografía 8-11: *Trichocereus coquimbanus*



Por su parte, respecto de la presencia de especies en categoría de conservación, en el contexto de presentación del proyecto al SEIA, será necesaria la presentación de medidas de manejo ambiental, las cuales incluyen desde señalar y excluir los ejemplares de especies en categoría de conservación, hasta realizar su rescate y relocalización para evitar su afectación, además de comprometer una compensación en un número adecuado de individuos que permita asegurar la sobrevivencia de estos, todas las cuales deberán ser monitoreadas para lograr el cumplimiento de las medidas comprometidas.

8.1.5 Conclusiones

Se registraron siete formaciones vegetales dominantes en el área de estudio definida para el trazado del canal Bellavista. En orden de representatividad, en términos de ocupación territorial, se tiene a matorral abierto (80 ha, 15% del área total del trazado), matorral con suculentas abierto (70 ha, 13,09%), matorral muy abierto (18 ha, 3,31%), matorral semidenso (11 ha, 2,05%), matorral arborescente abierto (9 ha, 1,68%), matorral arbóreo en orilla (6,62 ha, 1,24%) y matorral pradera abierto (4 ha, 0,71%).

Se registraron 50 *taxa* de especies vasculares en el área de estudio, donde la mayoría de las especies son de origen nativo (34 especies, 68% del total), con 14 especies de origen endémico (28%), mientras que las especies adventicias alcanzan un 32% con 16 especies. El tipo de crecimiento herbáceo fue el más frecuente, con 24 especies (48% de los registros), seguidas por arbustivo con 15 especies (30%), arbóreo con 8 especies (16%) y suculento con tres especies (6%).

En el área estudiada se registraron cuatro especies en categoría de conservación: *Adiantum chilense*, *Eulychnia acida*, *Eulychnia breviflora* y *Trichocereus coquimbanus*. Las especies *A. chilense*, *E. acida* y *E. breviflora* se encuentran en categoría de Preocupación Menor, mientras que *T. coquimbanus* se encuentra clasificada en la categoría Casi Amenazada.

En relación a las formaciones de bosque y formaciones xerofíticas definidas en la Ley 20.283 es preciso que en etapas más avanzadas del proyecto, se verifique la presencia de estas en el área de estudio.

De acuerdo a la información recopilada, la formación vegetal descrita como Matorral Arborescente Abierto, correspondería a una formación que constituye bosque, de acuerdo a las definiciones que establece la Ley 20.283 sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal. Conforme a esto, los sectores identificados como formación de Matorral Arborescente Abierto fueron considerados como áreas singulares.

En el área de estudio se registró la presencia de las especies *Schinus polygamus*, *Baccharis linearis*, *Eulychnia acida* y *Balbisia peduncularis*, las cuales se encuentran citadas en el DS 68/08, el cual establece la nómina de especies arbóreas y arbustivas originarias del país. Las formaciones de matorral que presenten alguna de estas especies como dominantes de la formación, constituirían formaciones xerofíticas.

La intervención de formaciones vegetacionales de tipo xerofíticas y formaciones de bosque, requieren de la aprobación de sus respectivos permisos ambientales sectoriales por parte del organismo competente (CONAF), y posteriormente la aprobación a nivel sectorial de dicho permiso.

La intervención, tanto de especies en categoría de conservación, como de formaciones xerofíticas, requiere de la implementación de planes de medidas de manejo ambiental y planes de seguimiento a estas medidas.

8.2.3.1 Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión de la literatura general sobre fauna de la zona centro Norte de Chile y específica en relación al área de estudio, utilizando las siguientes referencias:

- Anfibios: Cei (1962).
- Reptiles: Mella (2005)
- Aves: Araya & Millie (1991) y Jaramillo (2003).
- Mamíferos: Muñoz - Pedreros & Yáñez (2000) e Iriarte (2008).

8.2.3.2 Antecedentes de Terreno

a. Levantamiento de información de terreno

El levantamiento de información de terreno se realizó durante los días 6 y 9 de febrero de 2014. Durante la visita se recorrió parte del área de estudio, realizando recorridos pedestres junto con observaciones directas e indirectas. Durante los recorridos se procedió a registrar cualquier hallazgo relativo a fauna de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Los recorridos se realizaron en diferentes sectores dentro del área de estudio, en particular en terrenos de vegetación nativa.

b. Análisis de información de terreno

- Riqueza de especies

Para determinar la riqueza de especies dentro del área de estudio, en cada recorrido se registraron todas las especies de animales observadas, de forma directa (visual y auditiva) e indirectas a través de huellas, fecas, restos óseos y nidos.

- Estado de conservación

El estado de conservación de las especies de fauna fue determinado según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) (D.S. N° 29/11 del Ministerio de Medio Ambiente) y decretos que han oficializado las clasificaciones del estado de conservación de numerosas especies de fauna silvestre (D.S. N° 151/07, D.S. N° 50/08, D.S. N° 51/08, D.S. N° 23/09, todos del MINSEGPRES, y D.S. N° 33/12, D.S. N° 41/12, D.S. N° 42/12, D.S. N° 19/12 y D.S. N° 13/13 del Ministerio de Medio Ambiente) y el Reglamento de la Ley de Caza del SAG (D.S. N° 05/98 del MINAGRI, modificado por el D.S. N° 53/04 del mismo ministerio).

8.2.4 Resultados

8.2.4.1 Revisión Bibliográfica

En cuanto a la revisión bibliográfica realizada, la diversidad de fauna de especies potenciales de vertebrados terrestres de la región en estudio alcanzaría un total de 162 especies. Las aves

Nombre Científico	Nombre Común	Distribución
Clase: Aves		
Orden Tinamiformes		
Familia Tinamidae		
<i>Nothoprocta perdicaria</i>	perdiz chilena	III a X
Orden Podicepediformes		
Familia Podicepedidae		
<i>Podiceps rolland</i>	pimpollo	I a XII
<i>Podiceps major</i>	huala	III a VII
<i>Podiceps occipitales</i>	blanquillo	III a XII
<i>Podilymbus podiceps</i>	picurio	III a XI
Orden Pelecaniformes		
Familia Phalacrocoracidae		
<i>Phalacrocorax olivaceus</i>	yeco	I a XII
Orden Ciconiformes		
Familia Ardeidae		
<i>Ixobrychus involucris</i>	huaravillo	IV a X
<i>Ardea cocoi</i>	garza cuca	II a XII
<i>Casmerodius albus</i>	garza grande	I a XII
<i>Egretta thula</i>	garza chica	I a X
<i>Egretta caerulea</i>	garza azul	I a IV
<i>Bubulcus ibis</i>	garza boyera	I a XII
<i>Butorides striatus</i>	garcita azulada	I a V
<i>Nycticorax nycticorax</i>	huairavo	II a XII
Familia Threskiornithidae		
<i>Theristicus melanopis</i>	bandurria	II a XII
<i>Plegadis chini</i>	cuervo del pantano	II a X
Orden Anseriformes		
Familia Anatidae		
<i>Chloephaga melanoptera</i>	piuquén	I a VIII
<i>Lophonetta specularioides</i>	pato juarjual	I a XII
<i>Anas georgica</i>	pato jergón grande	I a XII
<i>Anas sibilatrix</i>	pato real	III a XII
<i>Anas discors</i>	pato de alas azules	IV
<i>Anas versicolor</i>	pato capuchino	IV a XII
<i>Anas cyanoptera</i>	pato colorado	I a XII
<i>Anas platalea</i>	pato cuchara	IV a XII
<i>Netta peposaca</i>	pato negro	III a XII
<i>Oxyura jamaicensis</i>	pato rana de pico ancho	I a XII
Orden Falconiformes		
Familia Cathartidae		
<i>Vultur gryphus</i>	cóndor	I a XII
<i>Coragyps atratus</i>	jote de cabeza negra	I a XI

Nombre Científico	Nombre Común	Distribución
Orden Columbiformes		
Familia Columbidae		
<i>Columba araucana</i>	torcaza	III a XI
<i>Zenaida auriculata</i>	tórtola	I a XII
<i>Columbina picui</i>	tortolita cuyana	III a VIII
Orden Strigiformes		
Familia Tytonidae		
<i>Tyto alba</i>	lechuza	I a XII
Familia Strigidae		
<i>Bubo virginianus</i>	tucúquere	I a XII
<i>Glaucidium nanum</i>	chuncho	I a XII
<i>Speotyto cunicularia</i>	pequén	I a X
<i>Asio flammeus</i>	nuco	III a XII
Orden Caprimulgiformes		
Familia Caprimulgidae		
<i>Caprimulgus longirostris</i>	gallina ciega	I a XII
Orden Apodiformes		
Familia Trochilidae		
<i>Patagona gigas</i>	picaflor gigante	I, III a X
<i>Sephanoides sephanooides</i>	picaflor	III a XII
Orden Piciformes		
Familia Picidae		
<i>Picoides lignarius</i>	carpinterito	IV a XII
<i>Colaptes pitius</i>	pitío	III a XII
Orden Passeriformes		
Familia Furnariidae		
<i>Geositta cunicularia</i>	minero	I a XII
<i>Upucerthia dumetaria</i>	bandurria	II a XII
<i>Upucerthia ruficauda</i>	bandurria de pico recto	I a R.M.
<i>Cinclodes nigrofumosus</i>	churrete costero	I a X
<i>Chilia melanura</i>	chiricoca	III a VI
<i>Asthenes humicola</i>	canastero	III a X
<i>Asthenes modesta</i>	canastero chico	I a VI
<i>Phleocryptes melanops</i>	trabajador	I a XII
<i>Aphrastura spinicauda</i>	rayadito	IV a XII
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	tijeral	I a XII
Familia Rhinocryptidae		
<i>Pteroptochos megapodius</i>	turca	III a VIII
<i>Scelorchilus albicollis</i>	tapaculo	II a VII
<i>Scytalopus magellanicus</i>	churrín	III a XII

Nombre Científico	Nombre Común	Distribución
Familia Fringillidae		
<i>Phrygilus gayi</i>	cometocino de Gay	III a VII y XII
<i>Phrygilus atriceps</i>	cometocino del Norte	I a IV
<i>Phrygilus patagonicus</i>	cometocino patagónico	IV a XII
<i>Phrygilus fruticeti</i>	yal	I a XII
<i>Phrygilus alaudinus</i>	platero	I y III a X
<i>Diuca diuca</i>	diuca	II a XII
<i>Carduelis barbatus</i>	jilguero	III a XII
Clase: Mamíferos		
Orden Marsupicarnivora		
Familia Didelphidae		
<i>Thylamys elegans</i>	yaca	I a VII
Orden Chiroptera		
Familia Vespertilionidae		
<i>Myotis chiloensis</i>	ratón del Sur	III a XII
<i>Histiotus montanus</i>	murciélago orejudo	IV a XII
<i>Histiotus macrotus</i>	murciélago orejón	I a VIII
<i>Lasiurus borealis</i>	murciélago colorado	I a XII
<i>Lasiurus cinereus</i>	murciélago blancuzco	IV a IX
Familia Molossidae		
<i>Tadarida brasiliensis</i>	murciélago cola de ratón	I a X
Orden Rodentia		
Familia Muridae		
<i>Abrothrix olivaceus</i>	ratoncito oliváceo	I a XI
<i>Abrothrix longipilis</i>	ratoncito de pelo largo	IV a XII
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	ratoncito de cola larga	III a XII
<i>Phyllotis darwini</i>	lauchón orejudo	I a XII
<i>Rattus norvegicus</i>	guarén	I a XII
<i>Rattus rattus</i>	rata negra	IV a XII
<i>Mus musculus</i>	laucha	I a XII
Familia Octodontidae		
<i>Octodon degus</i>	degú	III a VII
<i>Octodon lunatus</i>	degú costino	IV a R.M.
<i>Spalacopus cyanus</i>	cururo	III a VIII
Familia Chinchillidae		
<i>Chinchilla lanigera</i>	chinchilla chilena	IV
<i>Lagidium viscacia</i>	vizcacha	III a X
Familia Myocastoridae		
<i>Myocastor coypus</i>	coipo	III a XII

Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado De Conservación	Fuente
orden ciconiformes				
Familia Ardeidae				
<i>Casmerodius albus</i>	garza grande	Nativo		
<i>Egretta thula</i>	garza chica	Nativo		
Orden Anseriformes				
Orden Falconiformes				
Familia Cathartidae				
<i>Coragyps atratus</i>	jote de cabeza negra	Nativo		
<i>Coragyps atratus</i>	jote de cabeza negra	Nativo		
Familia Accipitridae				
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	águila	Nativo		
<i>Buteo polyosoma</i>	aguilucho	Nativo		
Familia Falconidae				
<i>Milvago chimango</i>	tiuque	Nativo		
<i>Falco sparverius</i>	cernícalo	Nativo		
<i>Falco femoralis</i>	halcón perdiguero	Nativo		
Orden Caradriformes				
Familia Charadriidae				
<i>Vanellus chilensis</i>	queltehue	Nativo		
Orden Columbiformes				
Familia Columbidae				
<i>Zenaidura macroura</i>	tórtola	Nativo		
<i>Columbina picui</i>	tortolita cuyana	Nativo		
Orden Strigiformes				
Familia Strigidae				
<i>Speotyto cunicularia</i>	pequén	Nativo		
Orden Apodiformes				
Familia Trochilidae				
<i>Sephanoides sephanoideus</i>	picaflor	Nativo		
Orden Piciformes				
Familia Picidae				
<i>Picoides lignarius</i>	carpinterito	Nativo		
Orden Passeriformes				
Familia Furnariidae				
<i>Geositta cunicularia</i>	minero	Nativo		

Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado De Conservación	Fuente
<i>Phrygilus alaudinus</i>	platero	Nativo		
<i>Diuca diuca</i>	diuca	Nativo		
<i>Carduelis barbatus</i>	jilguero	Nativo		
Clase: Mamíferos				
Orden Rodentia				
Familia Octodontidae				
<i>Spalacopus cyanus</i>	cururo	Endémico	En Peligro	DS 5/1998 MINAGRI
Orden Carnívora				
Familia Canidae				
<i>Pseudalopex culpaeus</i>	zorro culpeo	Nativo	Preocupación Menor	DS 33/2012 MMA
<i>Pseudalopex griseus</i>	zorro chilla	Nativo	Preocupación Menor	DS 33/2012 MMA
Orden Lagomorpha				
Familia Leporidae				
<i>Lepus capensis</i>	liebre	Introducido		
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	conejo	Introducido		

A continuación se presenta una breve descripción por grupo de organismos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

Anfibios: no se registraron especímenes de anfibios, esto se debe a que el sitio de estudio no presenta las condiciones adecuadas para contener este tipo de organismos, considerando los ambientes xéricos de la región de estudio. Sin embargo, es muy probable que en épocas de reproducción, se registren especies de este grupo taxonómico, haciendo uso del canal como sitios de reproducción.

Reptiles: se detectó la presencia de cinco especies dentro del área de estudio. Se debe destacar que los registros de reptiles fueron muy abundantes, a lo largo del trazado, observándose registros de fecas y huellas de ejemplares que no fueron avistados de manera directa, junto con numerosos avistamientos de las diferentes especies detectadas.

Aves: este grupo presentó el mayor número de registros del total de clases taxonómicas muestreadas. En términos generales, la gran mayoría de los ejemplares observados presentan distribuciones amplias y son característicos de los ambientes de praderas y matorrales del país.

Mamíferos: dentro de este grupo se registraron cinco especies, dos especies de lagomorfos de origen exótico, que fueron identificados mediante sus madrigueras y fecas, y numerosos registros indirectos de *Pseudalopex spp.*, junto con un avistamiento para *Pseudalopex*

Fotografía 8-13: *Liolaemus pseudolemniscatus* (hembra)



Las especies *L. pseudolemniscatus* y *L. platei* fueron catalogadas como Fuera de Peligro, y *Callopistes palluma* como Vulnerable, todas por el Reglamento de la Ley de Caza (5/1998 MINAGRI). En tanto que *Pseudalopex griseus* y *P. culpaeus*, se consideran en estado de Preocupación Menor, de acuerdo al RCE, Decreto Supremo 33/2012 (MMA 2012) ya que ambas especies no satisfacen criterios de UICN para ser incluida en alguna categoría de amenaza, considerando su amplia distribución y abundancia, con poblaciones estables y no en descenso. Finalmente, *Spalacopus cyanus* es catalogada En Peligro por el Reglamento de la Ley de Caza.

8.2.6 Conclusiones

El catastro registró 52 especies de vertebrados en el área de estudio, de las cuales cinco corresponden a reptiles, 43 a aves y cinco a mamíferos. Del total de especies detectadas 43 son de origen nativo (82,7%), siete son endémicas (13,5%) y dos son introducidas (3,8%).

De las especies registradas, siete se encuentran en categorías de conservación de acuerdo a la normativa vigente: *L. lemniscatus* catalogada como de Preocupación Menor y *L. nitidus* considerada Casi Amenazada, ambas fueron clasificadas por el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) en Decreto Supremo 19/2012 (MMA, 2012). Las especies *L. pseudolemniscatus* y *L. platei* fueron catalogadas como Fuera de Peligro y *Callopistes palluma* como Vulnerable, todas por el Reglamento de la Ley de Caza (5/1998 MINAGRI). Finalmente *Pseudalopex griseus* y *P. culpaeus* se consideran en estado de Preocupación Menor, de acuerdo al RCE, Decreto Supremo 33/2012 (MMA 2012), mientras que *Spalacopus cyanus* (cururo) es catalogada En Peligro por el Reglamento de la Ley de Caza.

Considerando el alcance y magnitud de las obras que se contemplan realizar, se propone la realización de un plan de perturbación controlada, a fin de ahuyentar a los ejemplares que presentan poca movilidad y se encuentran con protección oficial, de manera previa al inicio de

acuerdo a lo anterior, se define como escala de análisis las comunas intersectadas por el canal Bellavista, La Serena, la cual contiene mayormente este canal y Coquimbo, ubicadas en la Provincia de Elqui, región de Coquimbo.

Excepcionalmente en algunos casos debido a la envergadura del proyecto esta área se reducirá a los sectores donde se emplazan las partes, obras y acciones del proyecto.

8.3.3 Metodología

La metodología para la elaboración de la línea base y posterior evaluación de impacto para el componente turismo, se orienta a comprender la dinámica de esta actividad desde una perspectiva comunal, con el fin de generar una síntesis de esta actividad y relacionarla con las partes, obras y acciones del proyecto. De esta manera, a través de la revisión bibliográfica e información levantada en servicios relacionados al turismo, se caracterizan los recursos naturales y culturales asociados a servicios turísticos orientados a un mercado local, regional, nacional e incluso internacional y que hacen posible el desarrollo de esta actividad.

8.3.3.1 Revisión Bibliográfica

Se realizó la recopilación de los antecedentes relacionados al turismo en el área de estudio del proyecto, considerando información existente en internet, verificando fuente y autor y en la incorporación de información disponible a la fecha, en los distintos servicios como: Gobierno Regional de Coquimbo, Servicio Nacional de Turismo, I. Municipalidad de Coquimbo e I. Municipalidad de La Serena.

8.3.3.2 Identificación de instrumentos de desarrollo relacionados con la actividad turística regional y comunal

Se identifican los instrumentos, que definen los lineamientos en materia turística y que rigen actualmente el desarrollo y promoción de esta actividad, tales como: Las Estrategias de Desarrollo Regional, Planes para el Desarrollo Turístico Regional, Planes de Desarrollo Comunes (PLADECO) y Planes Comunes de Turismo (PLADETUR), en el caso de que existan; en conjunto con programas e iniciativas que propone el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), tanto a nivel regional y comunal y las que estén directamente relacionadas con el área de estudio de las obras, acciones y partes físicas del proyecto.

8.3.4 Identificación de los recursos turísticos a nivel comunal

Se identifican y georreferencian los principales recursos turísticos, en torno a las cuales se organiza la actividad turística, y a aquellos que están identificados en los instrumentos de planificación por SERNATUR, además de las zonas de protección oficial que se relacionan con la actividad turística. De acuerdo a esto, los recursos turísticos se identifican los siguientes recursos:

a. Zonas de Interés turístico (ZOIT)

está SERNATUR a quien le corresponde potenciar la dimensión turística del proyecto Sendero de Chile, su promoción y difusión turística.

g. Rutas Chile

Conjunto de itinerarios que reúnen los elementos más distintivos de nuestro país en materia geográfica, cultural, patrimonial y turística.

h. Atractivo Turístico

Los Atractivos Turísticos son todo lugar, objeto o acontecimiento de interés turístico (OEA, 1978), éstos pueden ser atractivos naturales o culturales. Así también, en el año 2010 la Ley N° 20.423 del Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo, define los atractivos turísticos como "elementos determinantes para motivar por si solos o en combinación con otros, la elección del destino de la actividad turística". La clasificación de SERNATUR corresponde a la aplicada por la Organización de Estados Americanos, CICATUR¹, presentada por la recopilación de todos los datos sobre los atractivos turísticos del área, ordenando los recursos en cinco categorías, subdivididas a su vez en tipos y subtipos.

8.3.4.1 Identificación de la oferta turística en el área de estudio

La oferta turística, se asocia a las componentes que se disponen en el mercado mediante procesos de gestión, desarrollados por los empresarios turísticos, por las propias municipalidades, entre otros actores. Sobre la base de lo anterior, se realiza la descripción de la oferta turística en el área de estudio, relacionada con las unidades identificadas anteriormente.

a. Planta turística

SERNATUR define como planta turística, al subsistema integrado por el equipamiento (2) y las instalaciones turísticas (3), que permiten al visitante cubrir sus necesidades básicas y disfrutar de los distintos atractivos del destino turístico elegido, donde existe la presencia del siguiente equipamiento para la permanencia del visitante: alojamiento, alimentación, transporte, comercio de apoyo y otros servicios complementarios.

b. Infraestructura turística

Infraestructura es la dotación de bienes y servicios básicos con que cuenta un país, que permita que un viaje sea cómodo y agradable. La infraestructura se clasifica en red de transportes (red ferroviaria y vial), terminales (aeropuertos, terminal de buses, puertos, entre

¹ Organización de Estados Americanos CICATUR, VI Curso Interamericano de planificación del Desarrollo Turísticos. México, 1979

² EQUIPAMIENTO TURÍSTICO: incluye todos los establecimientos administrados por la actividad pública o privada que prestan los servicios básicos al turista, tales como hoteles, restaurantes, transporte turístico, agencias de viajes, etc. (Boullón, 1985).

³ INSTALACIONES TURÍSTICAS: todas las construcciones especiales (distintas a las del equipamiento) cuya función es facilitar la práctica de actividades netamente turísticas (Boullón, 1985).

- Valle del Elqui
- Ovalle y Parque Nacional Fray Jorge
- Los Vilos y Pichidanguí

A continuación se describen los recursos turísticos, asociados al área de estudio y relacionados con el desarrollo de la actividad turística a nivel comunal.

8.3.5.2 Identificación de instrumentos de desarrollo relacionados con la actividad turística regional y comunal

a. Estrategia Regional de Desarrollo Región de Coquimbo al 2020

La Estrategia Regional de Desarrollo, identifica como objetivo de la comunidad, que el turismo en la región asuma un papel protagónico, a fin de posicionarse como una Zona Turística de primer nivel tanto en el plano nacional como internacional, sobre la base de sus atractivos únicos de belleza natural, a su legado y patrimonio cultural, donde el turismo sea el eje principal de su desarrollo y su identidad.

b. Plan para el Desarrollo Turístico de la Región de Coquimbo 2011-2014

El Plan de desarrollo turístico de la región de Coquimbo, destaca a esta región como una región que “en su conjunto reúne una serie de características que la hacen particularmente idónea para la actividad turística, las cuales la han llevado a convertirse en uno de los principales destinos turísticos del país”

Con el fin de fortalecer la actividad turística, la región apuesta por un trabajo en áreas definidas con el fin de lograr un mejoramiento de su competitividad y la diversificación de su oferta a través del desarrollo de diversos productos turísticos que responden a intereses especiales. Para ello estableció cuatro áreas a intervenir, de las cuales se destaca el área del Valle Interior (Vicuña, Pailhuano, Andacollo, Río Hurtado), por ser la más cercana al área del proyecto. En estas áreas destacan el turismo de interés especial asociado a la astronomía, minería, enología y pisco, ecoturismo, turismo cultural, turismo de salud y de cruceros.

c. Planificación de Desarrollo Comunal de Coquimbo. PLADECO (2013 - 2018)

El PLADECO reconoce un aumento del turismo tanto en el contexto nacional como internacional, debido a los accesos enfocados a sus atractivos naturales, siendo aventajada por su extenso litoral, aun así su comunidad lo cataloga como una comuna emergente en cuanto al turismo.

d. Planificación de Desarrollo Comunal de La Serena. PLADECO (2013 - 2016)

De acuerdo al diagnóstico realizado en el PLADECO La Serena es considerada una de las comunas que presenta uno de los principales polos turísticos a nivel nacional, notándose el aumento de esta actividad en épocas estivales. Sus atractivos se basan en su borde costero y zonas típicas.

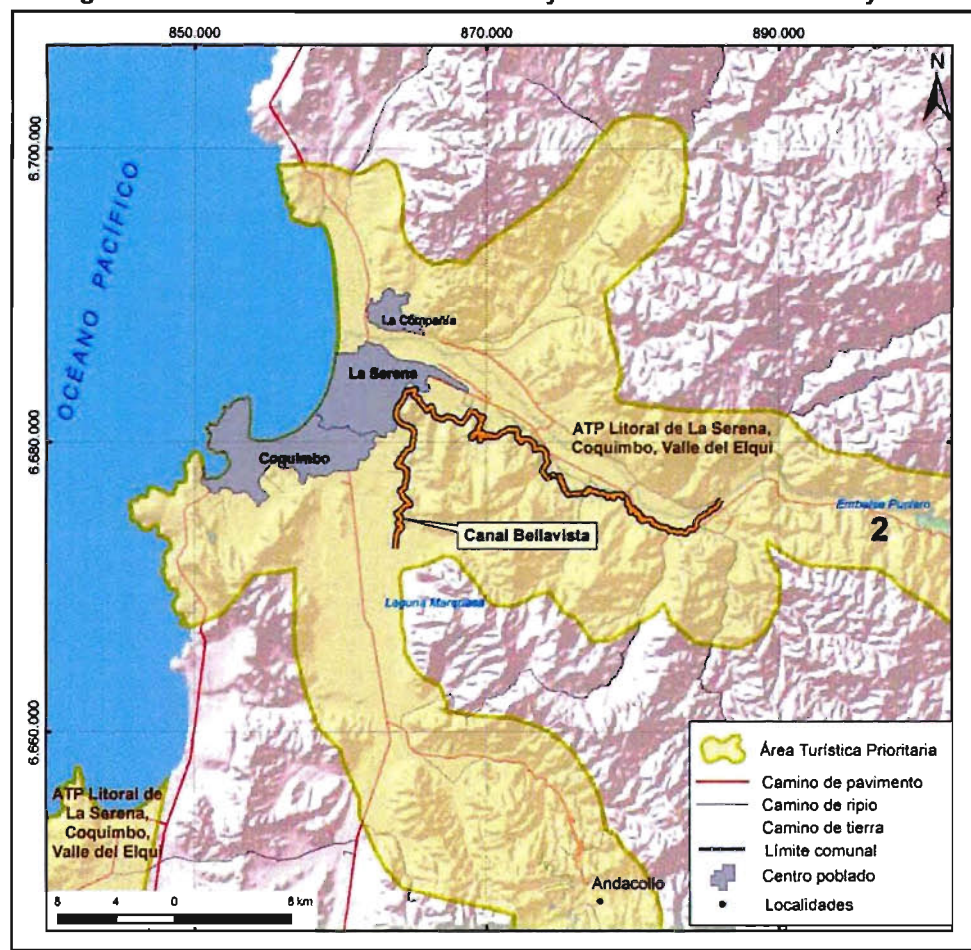
e. Plan de desarrollo turístico. PLADETUR

b. Áreas turísticas prioritarias

El proyecto se encuentra inserto dentro de la ATP "Litoral La Serena-Coquimbo- Andacollo- Valle de Elqui", que abarca la comuna de La Serena, Coquimbo, Andacollo, Vicuña y Panguel.

Dicha ATP, se caracteriza por sus extensas playas aptas para el baño y deportes náuticos; así también es una zona apta para las observaciones astronómicas, además de desarrollarse manifestaciones religiosas. Es por esta razón que dicha zona tiene diversificada su oferta turística. A continuación se muestra en la Figura 8-2 el emplazamiento del proyecto y el ATP Illapel Salamanca.

Figura 8-2: Área Turística Prioritaria y su relación con el Proyecto



Relación con el proyecto

El proyecto cruza la ATP "Litoral La Serena-Coquimbo- Andacollo- Valle de Elqui" la cual posee una superficie de 261.819,96 ha (ver Lámina 4184-1000-CA-LAM-005 en Anexo 12).

Relación con el proyecto.

El circuito Gabriela Mistral al igual que el proyecto cruza las comunas de Coquimbo y La Serena, utilizando las rutas 41-CH y la D-257. En cuanto al circuito La Serena se encuentra en la zona urbana de la comuna de La Serena.

d. Rutas escénicas

Dentro del área de estudio del proyecto no existen rutas escénicas.

e. Rutas patrimoniales

En el área de estudio se emplaza una Ruta Patrimonial, Camino a Gabriela Mistral, su recorrido se ubica en la cuenca del río Elqui y cubre una distancia de 150 km, con 19 hitos, vinculando sitios relacionados con la figura de la insigne poeta en las comunas de Paihuano, Vicuña, La Serena y Coquimbo, rescatando principalmente lugares significativos en su vida o en donde se preserva su memoria, constituyendo un circuito cultural y turístico. Esta ruta se encuentra a más de 30 km de las obras del proyecto.

Además, existe una ruta patrimonial tipo city tour en la ciudad de La Serena, Patrimonio Vivo es un circuito urbano, donde un tramo busca poner en valor el casco histórico de la ciudad y otro tramo al desarrollo de la ciudad lo que permite reconocer el desarrollo urbano de la ciudad.

Estas Rutas Patrimoniales se identifican en la Figura 8-3, debido a que coinciden con los circuitos turísticos.

Relación con el proyecto

La ruta patrimonial Camino a Gabriela Mistral al igual que el proyecto cruza las comunas de Coquimbo y La Serena y utiliza las rutas 41-CH y la D-257. En cuanto a la ruta patrimonial Patrimonio Vivo se encuentra en la zona urbana de la comuna de La Serena.

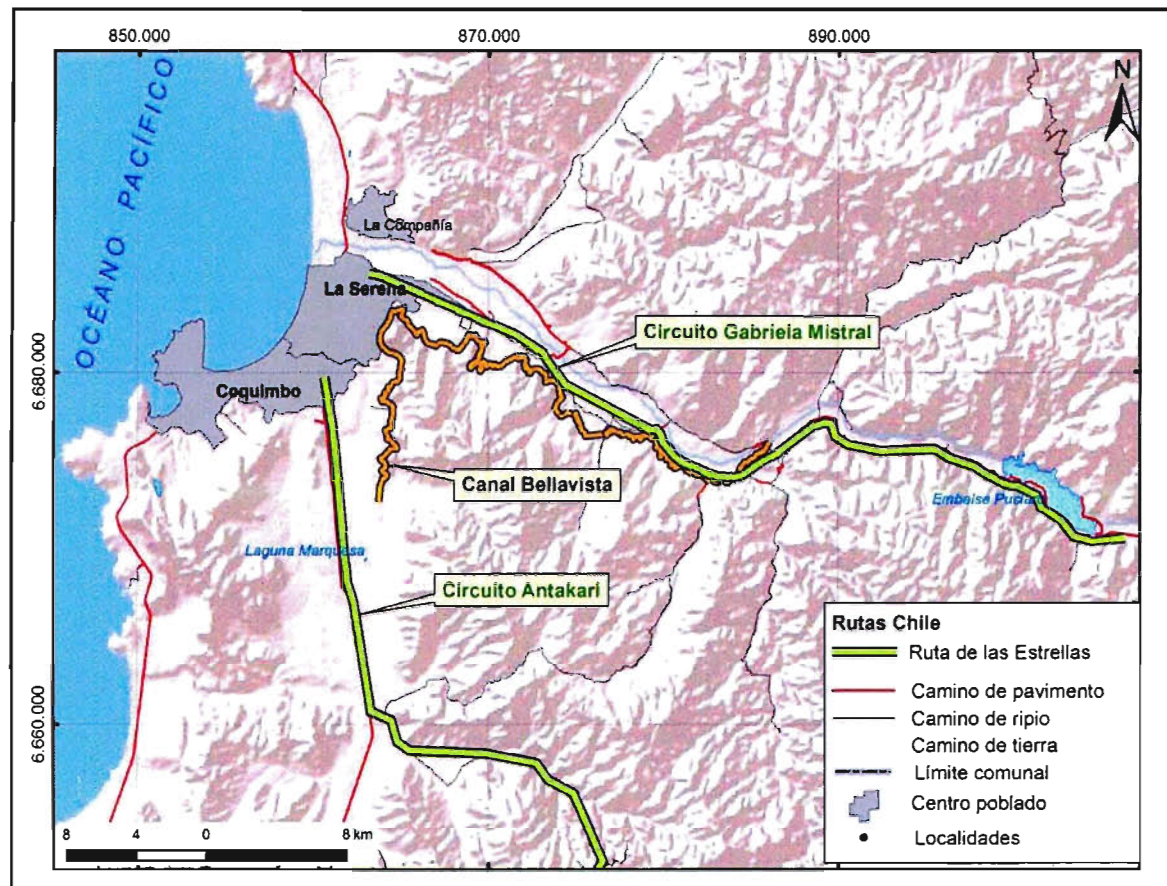
f. Sendero de Chile

Existen 6 senderos de Chile en el área de estudio, los cuales se presentan en la siguiente Tabla 8-9.

Tabla 8-9: Senderos de Chile, Región de Coquimbo

Nombre Sendero	Comuna	Extensión
Juan Soldado	La Serena	4,7
Punta Teatinos	La Serena	1,96
Condoriaco – La Viñita	La Serena	19,3
Quebrada de Talca	La Serena	2,2
Rio Elqui – El Faro	La Serena	2,9

Figura 8-5: Rutas Chile y su relación con el proyecto



Relación con el proyecto

La ruta de las Estrellas, circuito Gabriela Mistral, cruza las comunas de la Serena y Coquimbo, utilizando en este caso la ruta 41-Ch. Para el caso del circuito Antakari, se ubica a aproximadamente 2,5 km del extremo Poniente del canal (ver Lámina 4184-1000-CA-LAM-005 en Anexo 12).

h. Atractivo Turístico

El área de estudio se encuentra inserta en la Región de Coquimbo la cual posee 309 atractivos turísticos relevantes, identificados por SERNATUR, a través de las fichas de atractivos turísticos 2012. Del total, en el área de estudio se identifican 98 atractivos, Coquimbo (45) y La Serena (53). Estos atractivos divididos por categoría, permiten comprobar que la mayor fortaleza turística de la región está dada por los museos, manifestaciones culturales históricas y los sitios naturales o atractivos de naturaleza (Atlas Turístico de Chile, SERNATUR). Los atractivos turísticos identificados por SERNATUR en el área de estudio, se categorizan y distribuyen de la siguiente forma:

Relación con el proyecto.

Los atractivos turísticos localizados en las zonas rurales de la comuna de la Serena y que se localizan a menos de 2 kilómetros de las obras del proyecto son cinco, tres de ellos de la localidad de Algarrobito. En la comuna de Coquimbo no se identifican atractivos cercanos.

Tabla 8-11: Atractivos turísticos del área de estudio

N°	Nombre atractivo	Categoría	Jerarquía
1	Algarrobito	Folklore	Regional
2	Altovalsol	Folklore	Local
3	Las Rojas	Arquitectura Popular Espontánea	Local
4	Cerro Grande	Sitio Natural	Local
5	Iglesia de Algarrobito	Obra de Arte o Técnica	Local

Según las fichas de atractivos turísticos 2012, los acontecimientos programados son considerados atractivos turísticos intangibles. En las comunas donde se emplazan las obras del proyecto se identificaron 6 eventos programados, dentro de los cuales 3 eventos se encuentran dentro del área de estudio del proyecto, además, se incluyen 3 eventos que se localizan fuera de las dos comunas del área de estudio pero que interfieren con la ruta principal, la Ruta 41-CH. A continuación, en la Tabla 8-12 se describen los eventos programados.

Tabla 8-12: Festividades Patronales en las comunas de estudio

Festividad patronal	Comuna	Provincia	Fecha	Pueblo Celebrante
Fiesta Chica de la Virgen del Rosario de Andacollo	Andacollo	Elqui	Primer domingo de octubre	Andacollo
Fiesta de la Virgen del Rosario de Algarrobito	La Serena	Elqui	Último domingo del mes de octubre	Algarrobito
Fiesta de la Virgen del Rosario de Diaguitas	Vicuña	Elqui	Primer fin de semana de enero	Diaguitas
Aniversario de La Serena	La Serena	Elqui	26 de agosto	La Serena
Carnaval Elquino	Vicuña	Elqui	Febrero	Vicuña
Fiesta de la pampilla	Coquimbo	Elqui	18, 19 y 20 de Septiembre	Explanada La Pampilla

Fuente: Fichas atractivos turístico. 2012, SERNATUR.

Tipo	Nombre	Dirección
	Enjoy Coquimbo, Hotel de la Bahía	
Hostal	Balmaceda	Av. Balmaceda 1032
	La Serena Colonia	Vicente Zorrilla, Sector La Recova 810
	Acrópolis Hostal Hospedaje	Avda. Francisco De Aguirre 0312
	Aymara	Juan De Dios Peni 580
	Die Oma	Cantournet 946
	El Tambo	Prat 671
	Gladys	Cantournet 940
	Kalycanto	Cantournet 1090
	La Vitrola	Almagro 471
	Andes Hostal Serena	Vicuña 431
	Hostel NorteSur	Avenida Francisco De Aguirre 625
	Hostal Boutique Terra Diaguita	
Residencial	Campo Verde	Balmaceda 141
	Domeyko	Domeyko 518
	S'cala	Cienfuegos 672
Cabañas	VegaSur	Los Arrayanes Poniente 0200
	Bahia Drake	Avenida Del Mar 1300
	Caleta San Pedro	Avenida Del Mar 256
	Rio Club	Av. Francisco De Aguirre 0239
	De Verano Rey Pacific Ltda	
	Florencia	Avda Los Membrillos 846
	Las Añañucas I	Avenida Del Mar 4100
	Las Añañucas II	Avenida Del Mar 970
	Las Añañucas IV	Avenida Los Membrillos 840
	Las Añañucas V	Avenida Pacifico 5190
	Los Papayos	Gabriel Gonzalez Videla, Huerto 66
	Pinamar	Avenida Pacifico Esq. Membrillo 5020
	Vamos Al Mar	Avenida Pacifico 3110
Complejo Turístico	Centro Vacacional Hotel La Serena	Av. Los Nísperos 0661
	Sendero Del Sol	Los Nísperos Poniente 0702
Apart Hotel	Cabañas Alonkura	Avenida Pacifico 2856

Tipo	Nombre	Dirección
	Cabañas Tongoy (tongoy)	Jose Tomas Urmeneta 237
	Cabañas Villa Rovereto	Avda. Videla 675
	Cabañas Y Camping Morrillos	Ruta 5 Norte, Km 302 S/N
	Camping Guanaqueros (guanaqueros)	Avenida Guanaqueros 2550
	Complejo B Y P	Av. Fundición Sur (tongoy) 230
	Las Dunas De Guanaqueros	Avenida Guanaqueros 3150
	Cabañas Los Quiscos	
Apart Hotel	Akitespero (Guanaqueros)	La Serena 2435
	Apart Hotel Big Apple	Del Astillero 5656
	Apart Hotel Las Campanas (Peñuelas)	Del Astillero 5632
	Apart Hotel Los Heroes (La Herradura)	Calle Niza 99
	Apart Hotel Peñuelas (Peñuelas)	Avenida Los Pescadores 5050
	Apart Hotel Talkanco	Calle Altos De Alcohuz 3560
	El Cantil	Del Bergantin 39
	Playa Blanca	Playa Blanca S/n Tongoy S/N
Camping	Camping El Oasis (Guanaqueros)	Camino Publico S/N
	Camping La Herradura	De La Escuela 751
	Camping Y Cabañas Bahía Club (Guanaqueros)	Avenida Guanaqueros 2880
	Camping Y Cabañas Las Dunas De Guanaqueros	Avenida Guanaqueros 3150
	Cabañas Y Camping Morrillos	Ruta 5 Norte, Km 302 S/N
	Camping Guanaqueros (Guanaqueros)	Avenida Guanaqueros 2550
	Turismo El Huerto	Avenida Costanera 3785
Complejo Turístico	Costa Azul	Avenida Costanera 2501

- Gastronomía

En cuanto a la alimentación, este Servicio se concentra en los sectores urbanos de las comunas, los cuales se encuentran catastrados por SERNATUR en su buscador de servicios turísticos. A continuación en la Tabla 8-15, se identifican los servicios de alimentación por comuna.

Tabla 8-15: Servicio de alimentación en el área de estudio

Tipo	Comuna	
	La Serena	Coquimbo
Restaurant	10	4
Cocinería	-	1

rurales funcionan como un lugar de paso hacia los atractivos que ofrecen otras comunas, convirtiéndose en parte de la oferta de circuitos de los operadores turísticos, los cuales realizan viajes hacia la zona precordillerana y altiplánica de la provincia. La mayoría de estos operadores tiene su dirección en la ciudad de La Serena. Para más antecedentes, ver Tabla 8-17 a continuación:

Tabla 8-17: Operadores y Agencias turísticas en el Área de estudio

Tipo	Comuna	
	La Serena	Coquimbo
Agencias y/u Operadores Turísticos	28	10

Fuente: Buscador Operadores y Agencias turísticas actualizado en marzo de 2013, en www.sernatur.cl.

Guías de turismo

Los guías de turismo corresponden a personas, generalmente originarias del lugar, que poseen conocimiento, experiencia y competencia técnica para proporcionar orientación e información sobre el patrimonio cultural y natural, de los atractivos relacionados con el turismo, así como servicios de asistencia para la visita turística. Cabe señalar que la actividad de cada uno de estos, está asociada a la demanda actividades por parte del turista, existiendo cinco tipos de guías: guía de turismo general, guía especializada, guía de turismo local, guía de turismo de sitio y guía transferista.

Los guías turísticos registrados en el área de estudio son 22, los cuales presentan dirección en las zonas urbanas de las comunas estudiadas. En la Tabla 8-18 se presenta el número de guías locales de turismo para las comunas de La Serena y Coquimbo.

Tabla 8-18 Listado de guías de turismo

Tipo	Comuna	
	La Serena	Coquimbo
Guías de Turismo	14	8

Fuente: Buscador guías de turismo actualizado en marzo de 2013, en www.sernatur.cl.

b. Infraestructura turística

• Transporte Aéreo

En cuanto al transporte aéreo, en el área de estudio se encuentra el Aeropuerto La Serena, localizado en la ciudad de La Serena el cual se conecta con las principales ciudades del país.

• Transporte Marítimo

En el área de estudio, existe un terminal marítimo; el cual es el Puerto de Coquimbo, este se ubica en la ciudad de Coquimbo, es administrado por la Empresa Portuaria Coquimbo (EPCO). En diciembre de 2013 con el fin de potenciar a Coquimbo y a la Cuarta Región como destino turístico, y dando cumplimiento a lo establecido en el contrato de concesión, es que dentro de su plan de modernización Terminal Puerto de Coquimbo (TPC) contempló la construcción de un Terminal de Pasajeros, que permita recibir a los cruceros que llegan a la ciudad. Para ello se crearon en el mismo lugar espacios destinados a la información turística

Ruta del Cuarzo
Mina Demostrativa Brillador ULS

- **Coquimbo**
Mina Tambillos
Mina Conchuela Tongoy
Mina La Loica

- Turismo Enológico y del Pisco

Se relaciona principalmente con el conocimiento in situ del proceso de elaboración del vino y licores, donde el turista visita las instalaciones de las bodegas y los viñedos, además de poder degustar cada uno de los productos enológicos que se le ha presentado con anterioridad.

El área de estudio no presenta recursos o puntos de interés para este tipo de turismo:

- Ecoturismo

Corresponde a un tipo de turismo que involucra un viaje hacia áreas naturales no contaminadas o relativamente poco alteradas con el propósito de estudiar, admirar y disfrutar del paisaje y sus plantas y animales salvajes, así como de la cultura local (Ceballos Lascuráin, 1988).

En el área de estudio se consideran los siguientes recursos o puntos de interés para este tipo de turismo:

- **La Serena**
Cerro Grande
Parque Santa Gracia
Humedal Punta de Teatinos
- **Coquimbo**
Humedales de Tongoy
Humedal El Culebrón

- Turismo Cultural

El Turismo Cultural puede ser entendido como aquél en el que la principal motivación es conocer aspectos de la cultura (costumbres, arquitectura, manifestaciones artísticas, gastronomía, etc.) de los antiguos y/o actuales habitantes del lugar visitado. Este se puede dar tanto en el medio urbano como rural.

En el área de estudio se consideran los siguientes recursos o puntos de interés para este tipo de turismo:

- **La Serena**
La Serena Arquitectura
Mural G. Mistral Liceo de Niñas
Casa G. Mistral Las Palmeras

Por último, cabe mencionar que el emplazamiento de las obras que compone el proyecto Mejoramiento Canal Bellavista y sus actividades, interactúa con tramos de rutas de uso común, ruta D-305, que son reconocidos como circuitos turísticos por SERNATUR. Estos tramos serán definidos una vez que sus obras y actividades sean definidas.

8.4 PAISAJE

En la siguiente sección se presenta un análisis general de los aspectos visuales que componen el lugar de emplazamiento del proyecto, evaluando preliminarmente la componente ambiental de Paisaje para el proyecto "Mejoramiento Canal Bellavista".

El paisaje es un concepto amplio de lo que significa el entorno del hombre. Su percepción va más allá de una apreciación estética e involucra la interrelación de todos sus componentes espaciales y ambientales considerados, como recursos naturales y culturales del hombre. Para Busquets y Cortina (2009) y de acuerdo con el Convenio Europeo del Paisaje (CEP) se entenderá por "paisaje" cualquier parte del territorio tal como lo percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos. El paisaje puede ser definido como "el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas" (MOPT, 1993)."

8.4.1 Objetivo

Realizar una evaluación visual que permita establecer un valor escénico intrínseco del paisaje en estudio y el nivel de vulnerabilidad que presenta a las características del proyecto.

8.4.2 Área de Estudio

Se considera como área de estudio para esta componente el territorio visual de las obras del proyecto, las cuales se emplazan a lo largo del trazado del Canal Bellavista (60 km).

8.4.3 Metodología

La metodología empleada consideró dos etapas de trabajo, la primera consistió en la descripción del área de influencia del proyecto, la cual se realizó en gabinete, y correspondió a la revisión de antecedentes, determinando el valor paisajístico de la zona. Una segunda etapa correspondió a la descripción del área de influencia para determinar la calidad visual del paisaje, para lo cual se realizó una visita a terreno en febrero de 2014, esto con el objetivo de reconocer el territorio involucrado y obtener el máximo de información posible a través del método de observación directa *in situ* (Litton, 1973), y se realizó análisis en gabinete donde se analizaron y evaluaron los datos obtenidos, en el cual se le asignan valores de mayor o menor dominancia visual a los principales componentes del Paisaje, asimismo se definieron y

d. Valor paisajístico de la zona

Una vez identificados los atributos biofísicos del paisaje del área de estudio se valoraron a fin de determinar si la zona cuenta con valor paisajístico.

Finalmente a través de la recopilación de información en gabinete mediante la identificación de lugares de especial relevancia turística, cultural, histórica, natural y así como también sitios de conservación, de reservas o parques nacionales de la comuna y su cercanía al área del Proyecto, asimismo se revisaron otros estudios o evaluaciones que se encuentren en las cercanías del área del Proyecto, se generó una base sólida para el levantamiento de información en terreno, lo que ayuda a definir el carácter del paisaje del área circundante e identificar la existencia de receptores sensibles en el lugar.

Una vez identificados los atributos biofísicos del paisaje de la zona de emplazamiento del Proyecto, éstos deben valorarse a fin de determinar si la zona tiene o no valor paisajístico. En esta valoración se considera si uno, más de uno o el conjunto de sus atributos biofísicos otorgan a la zona una calidad que la hace única y representativa.

La Tabla 8-19 identifica cuando la característica de un determinado atributo biofísico otorga valor paisajístico a la zona. Debe considerarse que cuando un determinado atributo no presente la característica que sí otorga valor, no significa necesariamente que la zona carezca de valor paisajístico. Asimismo podrá bastar la concurrencia de una característica del atributo para que una zona tenga valor paisajístico.

Tabla 8-19: Determinación de valor paisajístico según atributos biofísicos

Tipo de Atributo	Característica que otorga valor
Relieve	Presencia de volcán, montaña, cerro isla o afloramiento rocoso de magnitud.
	Pendiente mayor al 15% y cambios abruptos de pendiente
	Orientación: No aplica
Suelo	Rugosidad baja (suelo liso) rugosidad alta (suelo rugoso)
Agua	Tipo: no aplica
	Abundancia alta o media
	Calidad limpia o transparente
	Ribera o zona ripariana con vegetación
	Movimiento de agua y salto de agua
Vegetación	Cobertura alta o media
	Temporalidad Permanente
	Diversidad alta o media
	Más de un estrato de vegetación
	Follaje caduceo o mixto
Fauna	Presencia alta o media
	Diversidad alta o media
Nieve	Cobertura alta o media
	Temporalidad permanente.

Fuente: Guía Evaluación Impacto Ambiental Valor Paisajístico en el SEIA, SEA 2013,

c. Unidades de Paisaje

Para determinar las Unidades de Paisaje (UP), nos referimos al reconocimiento de porciones de territorio que tienen apariencia homogénea, la cual es resultante de la combinación de sus atributos visuales. Corresponden a porciones del territorio poseedoras de un mismo carácter, basada fundamentalmente en:

- *Elementos que estructuran el territorio:* cerros, red de caminos, ríos y cuencas fluviales.
- *Elementos que determinan su utilización:* suelos agrícolas, forestales o urbanos, y que dan lugar a las diferencias de percepción por sus colores, formas, que configuran las diferentes texturas paisajísticas.
- *Las dinámicas* que han contribuido o que contribuyen en la actualidad a modelar la imagen actual.
- *La tradición cultural e histórica valorando las relaciones que se establecen entre la población y su paisaje:* Proximidad, vínculos emocionales, sentimiento de pertenencia.

Finalmente Unidad de Paisaje se determina como la parte del territorio caracterizada por una combinación específica de componentes paisajísticos de naturaleza ambiental, estética y cultural, sujeta a dinámicas espaciales claramente identificables que le confieren una identidad diferenciada del resto del territorio.

d. Calidad Visual

Para la evaluación de la Calidad Visual del paisaje se ocupó la metodología propuesta por SEA (2013), donde se describen y valoran los atributos biofísicos (relieve, suelo, agua, vegetación, fauna y nieve), los atributos estructurales (diversidad paisajística y naturalidad) y los atributos estéticos (forma, textura y color) de cada unidad de paisaje.

Para la determinación de la calidad visual del paisaje se siguieron los siguientes pasos metodológicos:

- *Caracterización de los atributos visuales*

Se realizó la caracterización de los atributos visuales, de cada unidad de paisaje, en base a las tablas 1, 2 y 3 presentadas en la "Guía de evaluación de impacto ambiental valor paisajístico en el SEIA", las variables de los atributos se mencionan a continuación:

- *Atributos Biofísicos:*

Relieve: percepción visual de las variaciones geomorfológicas del paisaje en función de su tipo, pendiente y orientación

Suelo: Percepción visual de la superficie del terreno descrita en función de su rugosidad

Agua: percepción visual de cuerpos y cursos de agua en función de su tipo, ribera, movimiento, abundancia y calidad

Vegetación: percepción visual de la vegetación reconocible en función de su cobertura, temporalidad, diversidad, calidad, estrato y follaje.

Fauna: percepción visual de organismos vertebrados e invertebrados en el paisaje, reconocibles en función de su presencia y diversidad.

Atributo	Zona	Calidad visual			
		Destacada	Alta	Media	Baja
Fauna	País	Presencia alta y diversidad alta.	Presencia media y diversidad media	Presencia media y diversidad baja	Presencia nula (sin fauna visible)
Nieve	Norte Chico	Presencia con cualquier cobertura y temporalidad permanente	Presencia con cualquier cobertura sobre 50% y temporalidad estacional		

Fuente: Guía Evaluación Impacto Ambiental Valor Paisajístico en el SEIA, SEA 2013.

Tabla 8-21: Calidad Visual del Paisaje según atributos Estructurales

Atributo	Calidad visual			
	Destacada	Alta	Media	Baja
Diversidad Paisajística	Heterogeneidad alta y singularidad alta	Heterogeneidad alta y singularidad media	Heterogeneidad media y singularidad media Heterogeneidad baja y singularidad media	Heterogeneidad baja y singularidad nula
Naturalidad	Cualidad antrópica nula	Cualidad antrópica baja	Cualidad antrópica media	Cualidad antrópica alta

Fuente: Guía Evaluación Impacto Ambiental Valor Paisajístico en el SEIA, SEA 2013.

Tabla 8-22: Calidad Visual del Paisaje según atributos Estéticos

Atributo	Calidad visual			
	Destacada	Alta	Media	Baja
Forma	Diversidad Alta	Diversidad Media		Diversidad Baja
Color	Diversidad Alta Contraste Alto	Diversidad Alta y Contraste Medio	Diversidad Media y Contraste Medio; Diversidad Media y Contraste Bajo; Diversidad Baja y Contraste Medio	Diversidad Baja y Contraste Bajo
Textura	Grano Grueso y Diversidad Alta		Grano Medio y Diversidad Alta; Grano Fino y Diversidad Media	Grano Fino y Diversidad Baja

Fuente: Guía Evaluación Impacto Ambiental Valor Paisajístico en el SEIA, SEA 2013.

- *Categorías de calidad visual*

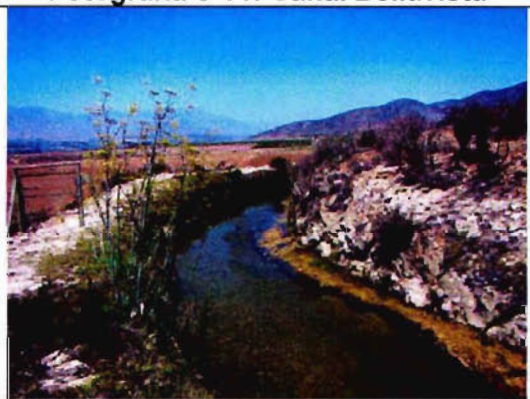
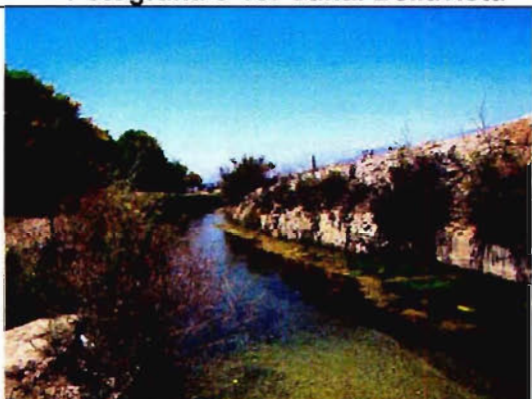
Figura 8-7. Macrozona Norte Chico, en color verde se muestra la Subzona Valle transversal del río Elquí.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen satelital Google Earth

c) Demarcación del emplazamiento del Proyecto

En la Figura 8-8 se muestra el área del emplazamiento del proyecto, en el cual se encuentran el Canal Bellavista.

	
Fotografía 8-14: Canal Bellavista	Fotografía 8-15: Canal Bellavista
	
Fotografía 8-16: Vista del Canal Bellavista desde oeste a oriente	Fotografía 8-17: Vista del Canal Bellavista desde oeste a oriente

e) Valor paisajístico de la zona

En base a los atributos biofísicos descritos anteriormente en la siguiente Tabla 8-24 se identifica si existen características de los atributos biofísicos que otorguen valor paisajístico a la zona.

Puntos de Observación	Este	Norte
4	297.746	6.681.200
5	285.102	6.687.584
6	285.811	6.603.945

Fuente: elaboración propia

b. Cuenca visual

Para este estudio se identificaron cuatro (4) cuencas visuales entendiéndolas como zonas visibles desde uno o más puntos de observación.

La Cuenca Visual 1 (CV1) pertenece al inicio del Canal Bellavista, el tamaño de la CV1 es mediana, su forma es alargada – ancha y posee vista panorámica, esta CV tiene una dirección Suroeste. La compacidad es mayor. Ver Figura 8-9.

Figura 8-9: Vista parcial de la CV1 desde el PO1 hacia el Suroeste



Fuente: elaboración propia a partir de imagen satelital Google Earth

La Cuenca Visual 2 (CV2) pertenece al cruce del Canal Bellavista con la Ruta Internacional CH-41, el tamaño de la CV es mediana, su forma es alargada y posee vistas cerradas, esta CV tiene una dirección Sur. La compacidad en la CV es baja. Ver Figura 8-10.

Figura 8-10: Vista parcial de la CV2 desde el PO 2 hacia el Sur.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen satelital Google Earth

La Cuenca Visual 3 (CV3) pertenece al cruce del Canal Bellavista con la Ruta D-327, el tamaño de la CV es mediana, su forma es alargada y posee vistas cerradas, esta CV tiene una dirección Oeste. La compacidad en la CV es media. Ver Figura 8-11.

Tabla 8-26: Calidad Visual de las UP

Atributos	UP 1 Vegetación Ribereña	UP 2 Terrenos Agrícolas	UP 3 Formaciones Vegetacionales	UP 4 Plantaciones Forestales	UP 5 Área Urbana
Biofísicos					
Relieve	Media	Baja	Alta	Baja	Baja
Suelo	Media	Media	Media	Baja	Baja
Agua	Alta	Baja	Alta	Baja	Baja
Vegetación	Alta	Baja	Alta	Baja	Baja
Fauna	Media	Baja	Media	Baja	Baja
Nieve	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Estructurales					
Diversidad Paisajística	Media	Media	Media	Baja	Baja
Naturalidad	Alta	Baja	Media	Baja	Baja
Estéticos					
Forma	Media	Media	Media	Baja	Media
Color	Alta	Media	Media	Baja	Media
Textura	Media	Baja	Media	Baja	Media
Calidad Visual	Media	Baja	Media	Baja	Baja

Elaboración: Propia

En base a lo indicado en la

Tabla 8-26, las Unidades de Paisaje 2, 4 y 5, correspondientes a terrenos agrícolas, plantaciones forestales y área urbana presentan baja calidad visual ya que más del 50% de los atributos se valoran en categoría baja.

La Unidad de Paisaje 1 y 3, correspondientes a la vegetación ribereña y las formaciones vegetacionales presentan una calidad visual media, ya que más del 50% de los atributos en la categoría media.

8.4.5 Conclusiones

En general el paisaje donde se emplaza el proyecto Mejoramiento Canal Bellavista, destaca por la presencia de plantaciones agrícolas y forestales en el paisaje en el que se inserta el proyecto, la cual se rodea por localidades menores, existiendo en alteración antrópica, con escaso nivel de conservación y baja calidad visual. Sin embargo, cabe mencionar que las unidades de paisaje asociadas a vegetación ribereña (UP 1) y formaciones vegetacionales (UP 2) presentan calidad visual media.

sobre ellos sea mitigado, que en la actualidad existen ciertos cuerpos legales que regulan y protegen el Patrimonio Cultural de nuestra nación. Los aspectos centrales de dichos cuerpos legales pueden consultarse en el Anexo 1 del presente informe.

Tanto la Ley 19.300 modificada por la Ley 20.417 como su Reglamento y otros acuerdos internacionales sobre el patrimonio cultural (por ej. política de manejo de recursos culturales del Banco Mundial) señalan la necesidad imperiosa de incluir en la fase de diseño de los proyectos de desarrollo económico los estudios de impacto y la evaluación y diagnóstico del patrimonio cultural. Esta temprana incorporación en el diseño de un proyecto permite optimizar la fase de implementación de los mismos, ahorrando tiempo y dinero en su ejecución al mismo tiempo que permite prever el daño al patrimonio permitiendo prevenir o mitigar el daño a los recursos culturales amenazados.

8.5.1.2 Plan de Manejo de los Recursos Culturales

Para poder definir un plan de manejo es necesario comenzar elaborando una línea de base de los recursos culturales presentes en una determinada zona. Construir un inventario o catastro de los recursos arqueológicos presentes permite conocer la existencia de tales recursos, y permite divulgar y hacer pública su existencia entre todas las personas que acceden y desempeñan actividades en dicho territorio con el fin de prevenir su destrucción y/o alteración.

Si la línea de base para un determinado sector es elaborada en un estado inicial del proyecto, se puede lograr que los diseños y trazados de las obras de infraestructura se realicen en consideración a la ubicación de los recursos culturales, buscando el menor impacto posible sobre ellos, o bien, permitiendo diseñar trabajos sistemáticos de rescate de los mismos.

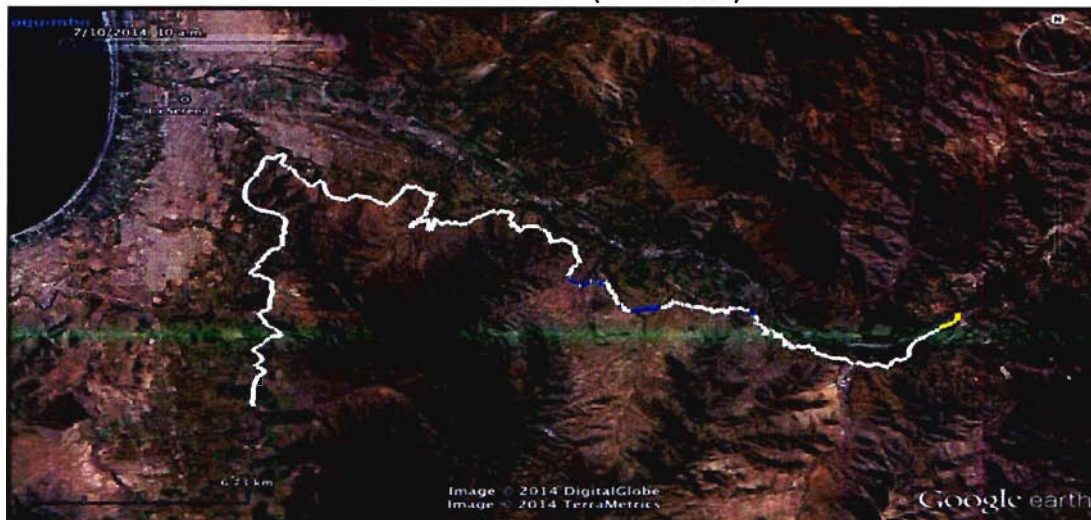
En aquellos casos en que se conozca de antemano que un determinado sitio arqueológico será impactado directamente de forma irreversible, en su totalidad o en alguno de sus componentes, su mitigación exigirá necesariamente un trabajo de rescate arqueológico. Este rescate permitirá recoger y conservar para el futuro toda la información contenida en un yacimiento arqueológico y que amenaza con perderse por la acción de intervenciones no especializadas.

El rescate requiere, a su vez, de un cuerpo de datos previo que dé cuenta de la existencia, características y dimensiones del o los sitios comprometidos. Para ello es necesaria una actividad planificada que debe ser realizada con anterioridad a la intervención y que habitualmente se denomina Ampliación de Línea de Base, ya que implica actividades adicionales a las realizadas en el marco de la inspección visual o prospección original.

Vale decir, un adecuado manejo de los recursos culturales exige la realización de una estrategia planificada que contemple a lo menos tres etapas de investigación y análisis:

- a) Prospección sistemática tendiente a la generación de una Línea de Base de los recursos culturales.

Figura 8-13: Vista general del trazado proyectado para el proyecto mejoramiento de Canal Bellavista (en blanco)



8.5.4 Metodología

Para cumplir adecuadamente con los objetivos del presente estudio, se consultó tanto la bibliografía especializada publicada como los informes técnicos realizados en el marco del sistema de evaluación ambiental vinculados al área de estudio. Adicionalmente, se consultó la información contenida en el Catastro de Sitios Arqueológicos realizado por el Ministerio de Obras Públicas y la nómina de monumentos históricos y zonas típicas del CMN (2012).

8.5.5 Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la recopilación y análisis bibliográfico de fuentes publicadas e inéditas para la Región de Coquimbo en general y en La Serena - curso inferior del Río Elqui en particular.

8.5.5.1 Revisión Bibliográfica

a) Antecedentes Arqueológicos para el Área de Estudio.

En términos generales, la Región de Coquimbo se inserta en la sub-área denominada Norte Chico o Semiárido, y cuenta con información suficiente para corroborar una larga historia de ocupación, que comienza alrededor de los 11.000 A.P hasta el presente. De esta forma, y en relación a la prehistoria regional, se han identificado los siguientes periodos:

la presencia de inhumaciones en posición predominantemente flectada, cubiertas por pigmentos untuosos (rojos y verdes) y grandes bloques líticos que en algunos casos cubren la cabeza. Entre los artefactos asociados se cuentan anzuelos de concha y hueso, grandes hojas líticas bifaciales, piedras horadadas y adornos corporales, correspondiendo a grupos con una economía orientada a la explotación de recursos litorales (Cabello 2010). Entre los principales yacimientos arqueológicos estudiados en la costa del Norte Semiárido para estos momentos, encontramos las excavaciones realizadas en la localidad de Guanaqueros, primero por Iribarren (1955, cementerio sin denominación) y luego por Schiappacasse y Niemeyer (1964, sitio Conchal del Pueblo). En la Herradura, por su parte, destaca el sitio Los Panules, trabajado por Iribarren en 1956, y cerca de la actual plaza de la localidad, el sitio La Cancha, excavado por Alaniz a fines de 1972 (Cabello 2010).

Con fechas cercanas a los 3.000 A.P se ubica el segundo momento discriminado dentro del Período Arcaico Tardío del área, definido como fase Punta Teatinos (Schiappacasse y Niemeyer 1986, citados en Cabello 2010). Las inhumaciones que distinguen a esta fase son del tipo aglutinado y en posición decúbito flectadas, siendo marginal el uso de pigmentos y común la superposición de grandes y abundantes bloques de roca, además de la asociación a morteros transportables, similares a piedras tacitas. Se plantea para estos momentos cierta independencia de los recursos litorales y una mayor incorporación de recursos vegetales de recolección (Cabello 2010). Esta fase fue denominada en función del sitio homónimo, ubicado al Norte de La Serena, y también ha sido identificada en la Herradura (sitio El Cerrito, excavado por Kuzmanic y Castillo en 1980), en Guanaqueros, como una de las ocupaciones discriminadas en el sitio Conchal del Pueblo por Schiappacasse y Niemeyer (1964), y en la localidad de Tongoy, en los sitios El Pimiento, El Sauce y Corral Grande dentro de la Quebrada el Romeral, trabajados por los mismos investigadores entre 1965 y 1966 (Cabello 2010).

La fase Quebrada Honda, en torno al 2000 A.P, distinguida por inhumaciones extendidas, deformación craneana, señalizadores en las tumbas y la presencia de adornos labiales en material lítico (tembetá), corresponde al tercer y último momento del Arcaico Tardío, previo a la eclosión de las sociedades alfareras (Schiappacasse y Niemeyer 1986, citados en Cabello 2010) y, por lo mismo, considerados como grupos pre-molles (Kuzmanic y Castillo 1986, citados en Cabello 2010). Su denominación se asocia al sitio homónimo, localizado al Norte de Punta Teatinos y a 300 m del litoral, siendo identificadas otras ocupaciones de esta fase en el cercano sitio de Quebrada Tilgo y al Sur de Ovalle en la Quebrada del Encanto, contextos trabajados por Ampuero en la década de 1970 (Ampuero 1973, citado en Cabello 2010).

Hacia los 2.200 años A.P, cerca del comienzo de la era cristiana, se aprecia una transición de las poblaciones hacia estilos de vida más sedentarios, incluyendo la aparición de restos cerámicos monocromos incisos en contextos habitacionales y funerarios, y el hallazgo de nuevos tipos de punta de proyectil, expresiones asociadas a un estilo cazador recolector que incluiría la horticultura y el pastoreo de camélidos. Estos momentos son definidos como Período Alfarero Temprano, que se extiende desde los 200 años a.C. hasta los 800 - 1.000 d.C.), y se corresponden a la presencia en el norte semiárido del Complejo Cultural Molle (Cabello 2005). Las evidencias de este complejo cultural se concentran predominantemente en los espacios de interfluvio, de lo cual se infiere su manejo de la ganadería, aunque también se han registrado sitios en los sectores precordilleranos de los valles y en menor medida en la costa. Su definición en las diferentes cuencas del norte semiárido, se ha logrado gracias a una

organización compleja, especialmente manifiesta en una tecnología cerámica altamente elaborada y homogénea (Becker 2003 y González 2004, citados en Cabello 2005).

La presencia de la cultura Diaguita en el Norte Semiárido ha sido subdividida en base a los patrones cerámicos en 3 fases: La fase I que posee fuertes características de decoración y confección Ánimas; la Fase II con características de decoración y formas típicamente diaguitas, con piezas asimétricas altamente estilizadas y un incremento en la variedad de elementos geométricos en las decoraciones; y la Fase III o Inca-Diaguita, momento en que la cerámica expresa procesos de aculturación incaica. (Castillo 1989; Niemeyer et. al 1989; Castelleti 2004).

La Fase Diaguita I, con un patrón funerario que incluye entierros individuales y colectivos en posición decúbito lateral y ofrendas de camélidos, ha sido identificada en los sitios Punta de Piedra, en el valle del Elqui, y en el cementerio Parcela 24, en Peñuelas (Biskupovic 1982; Ampuero 1989). Para el área de La Serena se cuenta con contextos asignados a esta fase en Puerto Aldea y Punta Teatinos.

A la Fase Diaguita II (1.200-1.450 d.C.), por su parte, son asignados los sitios Parcela 21 de Peñuelas y el nivel superior de Punta de Piedra, donde el patrón de entierro incluye como innovación a individuos en posición extendida y el uso de sepulturas confeccionadas con piedras laja (en cistas), las que conservan de la fase anterior una asociación recurrente a sacrificios de camélidos. A estos hallazgos se suma el extenso sitio El Olivar, en el sector de La Compañía Baja, donde los trabajos iniciales de Cornelly en 1936 arrojaron evidencias asignadas a las cultural Ánimas y Diaguita. La extensión de este sitio queda atestiguada con el descubrimiento de más depósitos con restos prehispánicos en los terrenos circundantes, donde se han desarrollado recientemente proyectos inmobiliarios.

La introducción de la Cultura Inca (1.470 - 1536 d.C), correspondiente al Período Tardío (Fase Diaguita III), se presenta como un proceso facilitado por la sociedad Diaguita, sobre la cual se impone el patrón de estructuración del espacio propio de la lógica de poder incaica del Tawantinsuyu, con su organización dual encabezada por el Curaca, y la construcción de obras arquitectónicas como íconos de poder en lugares estratégicos, a lo que se suma el desarrollo de una imponente red vial incaica que se adentra en la región desde el Norte de Copiapó cruzando valles transversales y quebradas (Stehberg et al. 1987; Stehberg 1995, citado en Castelleti 2004).

Para este período se cuenta con evidencias recuperadas en el centro de la ciudad de La Serena a principios de la década del 70 durante la construcción del edificio de la Compañía de Teléfonos. Por otra parte, fuera del radio urbano de esta ciudad, a unos 6 km de su centro cívico, específicamente en el Fundo Coquimbo, se rescató un total de 11 tumbas adscritas a la Fase Diaguita-Inca (Ampuero 1971).

Volviendo al sector de Peñuelas, existen antecedentes proporcionados por Biskupovic y Ampuero, que indican la presencia de contextos agroalfareros en las proximidades del sitio Parcela 21, mencionado anteriormente, este es el caso del sitio Parcela 24 asignado a las Fases Diaguita I y II, y el sitio Parcela 16, del cual provienen dos piezas Diaguita-Inca (aríbalos)

superficiales de vestigios arqueológicos patrimoniales en los sectores evaluados (Sánchez 2006 y 2009). Finalmente en este mismo sector, específicamente en el km 1,5 del camino a Huachalalume, se evaluó un predio de aproximadamente 90 ha donde se emplazará el proyecto “Plan Maestro San Ramón”, y cuyas prospecciones constataron la total ausencia de restos arqueológicos en superficie (MAA Consultores 2012).

Unos 2 km al oeste de trazado en el sector de Pan de Azúcar, se encuentran los terrenos inspeccionados por Fernández (2011), para el proyecto inmobiliario Nova Hacienda, al Sur del Camino a Huachalalume y a 500 m al Este de la ruta 43-A, donde la prospección de un área de 33 hectáreas, también arrojó resultados negativos en términos del registro de elementos patrimoniales de carácter arqueológico. Situación que fue corroborada mediante la observación de perfiles expuestos por calicatas y otras excavaciones presentes en diferentes sectores del predio estudiado (Fernández 2011).

Entre los casos que sí han evidenciado la presencia superficial de materiales arqueológicos, se encuentran los estudios de Mengozzi (2011) en el área de influencia del proyecto “Loteo Parcela 8”, ubicado en el sector de Rinconada, en el límite este del área urbana de Coquimbo. Allí se registraron dos sectores de conchal, denominados Sitio Parcela 8-1 (P8-1) y Sitio Parcela 8-2 (P8-2), con presencia de restos de *Mesodesma* sp., *Concholepas concholepas* y *Acantina monodon*, entre otras especies. La ausencia de artefactos diagnósticos asociados a estos ecofactos, con la excepción del hallazgo de una mano de moler asociada al sitio P8-1, impiden una adscripción cronológica y cultural más precisa para estos contextos, los que se hallaban altamente disturbados por actividades agrícolas (Mengozzi 2011).

Por otra parte, Barón (2010) realizó una prospección arqueológica para el proyecto eólico La Cebada ubicado en el km 333 de la Ruta 5 Norte, en la IV Región; sin hallar evidencias arqueológicas asociadas.

Adicionalmente, en la Comuna de La Serena recientemente se han realizado una serie de hallazgos con contextos agroalfareros pertenecientes a las culturas Ánimas y Diaguita, los cuales fueron recuperados del sector de la Plaza de Armas durante las labores de habilitación de estacionamientos subterráneos bajo la misma (Larach, 2010). A ellos se deben agregar los contextos recuperados en el sector de La Compañía Baja, en torno al sitio El Olivar, donde los estudios arqueológicos desarrollados en el marco de proyectos inmobiliarios emplazados en los terrenos circundantes al antiguo Fundo El Olivar 1, han arrojado nuevas evidencias de los Períodos Agroalfareros Medio y Tardío (Fe Grande Inmobiliaria 2007; CADEL 2010 y Ampuero 2009).

8.5.6 Conclusiones

De acuerdo a la revisión de antecedentes bibliográficos, así como de las Actas del Consejo de Monumentos Nacionales, se estableció que para las tres alternativas evaluadas para el proyecto “Obras de Mejoramiento de Canal Bellavista”, no existen monumentos nacionales declarados en las siguientes categorías: históricos, santuarios de la naturaleza y zonas típicas en el área de influencia del proyecto.

9 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

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 (señalados en la Sección 7 y Sección 8 del presente informe) con sus potenciales transformaciones derivadas de una futura ejecución de obras y/o actividades del proyecto.

A continuación en la Tabla 9-1 se presenta la relación del proyecto y los elementos ambientales analizados.

Tabla 9-1: 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	No se estima alteración de este elemento ambiental.
	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.	Intervención de superficie de bosque. Alteración de especies en estado de conservación.
	Fauna Terrestre	Identificación de dos (2) áreas sensibles, en las cuales se dan las condiciones	Alteración en el desplazamiento de especies de baja movilidad.

10 ANALISIS DE PREFACTIBILIDAD AMBIENTAL DE LAS OBRAS DE INGENIERIA PROPUESTAS

El análisis de prefactibilidad ambiental se focaliza en la identificación de fallas para el proyecto. Para los efectos de este informe se entiende por falla aquel obstáculo determinante que impide la ejecución del Proyecto “Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta” y que deriva de un aspecto ambiental ineludible.

En base a las alternativas de obras de mejoramiento y la caracterización de las componentes ambientales, existen obras y /o actividades que pudiesen afectar las componentes. Las obras a realizar y sus actividades son las siguientes:

10.1 COMPUERTAS (CP)

Estas obras consisten en el reemplazo del sistema de funcionamiento de la compuerta (CP11 y CP21) y la limpieza o retiro de vegetación y sedimentos que impiden el normal funcionamiento (CP11, CP15 y CP21).

Estas actividades son puntuales y sólo requieren trabajos dentro del área del canal, por lo que no se estima afectación a los componentes ambientales del entorno.

A continuación en la Tabla 10-1, se identifican las obras de compuertas que contempla el proyecto de Mejoramiento del Canal Bellavista, identificando para cada una de ellas los elementos ambientales sensibles que se encuentran cercanos a las actividades a realizar.

Tabla 10-1: Relación de las Obras de compuertas y elementos ambientales del entorno

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
CP11	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
CP15	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
CP21	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S4	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S5	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S6	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	Cercano al Punto de Observador 2 desde la ruta 41. Se tiene Visibilidad, pero este sector tiene baja calidad visual por encontrarse en terrenos agrícolas.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S7	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S8	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S14	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	Cercano al Punto de Observador 3 desde la ruta D-269. Se tiene Visibilidad, pero este sector tiene baja calidad visual por encontrarse en terrenos agrícolas.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S15	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S16	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas - rotación cultivo-pradera	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S17	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S18	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S25	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	Cercano al Punto de Observador 4 desde la ruta D-327. Se tiene Visibilidad, pero este sector tiene baja calidad visual por encontrarse en terrenos agrícolas.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S26	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S27	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S28	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral semidenso	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S29	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral muy abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S30	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral muy abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S39	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S40	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S41	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S42	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S43	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S44	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S52	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S53	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S54	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S55	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S56	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S57	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S64	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral-suculentas abierto	No observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S65	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral-suculentas abierto	No observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S66	Alto potencial para la presencia de fauna.	Presencia de bosques / plantación	No observan zonas turísticas.	Cercano al Punto de Observador 5 desde la calle Raúl Bitran. Se tiene Visibilidad, pero este sector tiene baja calidad visual por encontrarse en terrenos agrícolas.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S67	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral-suculentas abierto	No observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S68	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S75	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S76	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S77	No existe potencial para la presencia de fauna.	Zona urbana e industrial / ciudades-pueblos-zonas industriales	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S78	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral-suculentas abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S79	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral-suculentas abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S80	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral-suculentas abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S87	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S88	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S89	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S90	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S91	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S92	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral-suculentas abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
S99	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S100	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S101	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
S102	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

10.3 AFORADOR (AFN)

Las actividades de esta obra consisten en la instalación de 2 sistemas nuevos de medición de caudal en el canal (AFN1 y AFN2), estos aforadores serán de tipo rectangular de hormigón de largo aprox. de 9,9 y 9,4 m respectivamente. Sus actividades son las siguientes: excavación, mampostería de piedra, hormigonado, emplantillado y enfierradura, además de la instalación de la regla limnométrica. Por otra parte se debe instalar el sistema de medición remoto, el cual contiene el sistema remoto y la fosa limnométrica, para la cual se realizan actividades de excavación, hormigonado, emplantillado y enfierradura. Estas actividades están limitadas a los sectores de construcción de los aforadores al interior (aforador) y exterior (sistema de medición, consistente en una

Tabla 10-4: Relación de las obras revestimiento y elementos ambientales del entorno

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
RM1	Presencia de cururos.	humedales - vegetación herbácea en orilla	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
RM2	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
RM2	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
RM3	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral arborescente abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
RM4	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
RM5	Bajo potencial para la presencia de fauna.	No se presentan formaciones vegetacionales / corresponden a terrenos agrícolas	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.
RM5	Potencial presencia de fauna de baja movilidad y otros.	Presencia de praderas matorrales / matorral-suculentas abierto	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Tabla 10-5: Relación de las obras del sifón y elementos ambientales del entorno

Obra de ingeniería	Animales Silvestres	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
SFN1		humedales - vegetación herbácea en orilla	No se observan zonas turísticas.	No existen puntos de observador cercanos.	No se registran sitios arqueológicos cercanos.

Se debe indicar, que en esta etapa de pre-factibilidad no se considera dentro de la ingeniería descripción detallada de las obras temporales de construcción como son frentes de trabajo, instalación de faenas, habilitación de accesos o lugares de acopio, o instalación de maquinarias, entre otros, considerando que la mayoría de estas obras y/o actividades son acotadas al sector del canal o sectores aledaños al área de ubicación de la obra en construcción de manera de no alterar el entorno, las que deberán ser evaluadas con mayor detalle en las próximas etapas de ingeniería en base a los resultados preliminares y recomendaciones de este análisis.

El proyecto enfocado al mejoramiento del Canal de Riego Bellavista, contempla actividades de mantención dentro del canal, cuya ejecución se limitara a la utilización de superficies dentro del canal, no alterando de manera significativa los componentes ambientales levantados alrededor de esta obra.

De las tablas presentadas, podemos observar dos tipos de vegetación donde se alberga mayor fauna esto es en praderas matorrales / matorral-suculentas abierto / matorral semi denso y humedales - vegetación herbácea en orilla. En este tipo de vegetación se realizarán trabajos de sellos, revestimientos, los cuales son trabajos puntuales, localizados dentro del canal, y trabajos relacionados con el sifón.

Se debe destacar que existe un punto (S66) con presencia de bosques / plantación, lo que implica un alto potencial para la presencia de fauna, en el cual se realizarán labores dentro del canal, sello de fondo, que como se dijo anteriormente es un revestimiento que cruza el canal con un ancho de 20 cm.

En las zonas de revestimiento por inestabilidad de taludes por roedores, existe la presencia de cururos, lo que se encuentran clasificados en estado de conservación, pese a ello y por no ser su hábitat natural se tomaran medidas de es una zona sensible debido a que existe la presencia de cururos, especie en peligro.

Por lo anterior, el análisis de pre-factibilidad no detecta ninguna falla ambiental que imposibilite el desarrollo del proyecto.

- Identificación de las posibilidades de manejo ambiental aplicables.
- Calificación de los impactos sobre cada componente ambiental en base a las consideraciones técnicas aplicadas a cada especialidad. A partir de ello, se concluye el carácter del impacto (negativo y/o positivo) y su significancia (alta, medio o baja). Este último criterio integrador que considera el impacto evaluado en el contexto global del estudio, es decir, tomando en cuenta los parámetros establecidos por la legislación vigente y por los criterios de protección ambiental vigentes.

11.1 OBRAS Y ACTIVIDADES POTENCIALMENTE GENERADORAS DE IMPACTOS

Conforme a las características del proyecto (ver secciones 4, 5 y 6 de este estudio), se considera que las obras y actividades indicadas en la Tabla 11-1 son aquellas potencialmente generadoras de impactos ambientales.

Tabla 11-1: Obras y Actividades Potencialmente Generadoras de Impacto

Obras	Actividades
Aforador (AFN)	Excavación al interior del canal
	Mampostería de piedra
	Hormigonado
	Emplantillado
	Enfierradura
	Instalación de regla limnométrica
Sellos de fondo (S)	Instalación de hormigón al interior del canal
	Enfierradura al interior del canal
Sifón (SFN)	Excavación
	Relleno
	Hormigonado
	Enfierradura
	Emplantillado
	Instalación de tubería
	Instalación reja hidráulica
Compuertas (CP)	Instalación Compuerta de Acero
	Limpieza y retro de vegetación y sedimentos dentro del canal
	Reemplazo componentes compuerta
Revestimientos (RM)	Hormigonado del talud del canal
	Recubrimiento con losetas de hormigón
	Fortificación de portales de túneles mediante shotcrete y malla tejida.
	Fortificación de túneles mediante shotcrete y malla tejida.

Cabe indicar que no se considera en detalle las obras temporales como lo son los frentes de trabajo, instalación de faenas, habilitación de accesos, acopio de maquinaria, entre otros, ya que no se contemplan como parte de la descripción del proyecto de mejoramiento en esta

Obras	Actividades	Fauna Terrestre	Flora y Vegetación	Turismo	Paisaje	Patrimonio Arqueológico
(AFN 1 y AFN2)	Excavación lateral menor al costado del canal					
	Mampostería de piedra					
	Hormigonado					
	Emplantillado					
	Enfierradura					
	Instalación de regla limnométrica					
	Abandono de frentes de trabajo					
Compuertas (CP)	Instalación y operación frente de trabajo dentro del canal					
	Limpieza y retiro de vegetación y sedimentos dentro del canal					
	Reemplazo de componentes compuerta					
	Abandono de frentes de trabajo dentro del canal					

A continuación se presenta una evaluación cualitativa y preliminar de impactos basada en la identificación de relación causa-efecto desarrollada en el punto anterior, y en el nivel de pre-factibilidad que posee la ingeniería.

11.2.1 Intervención de flora y vegetación

11.2.1.1 Identificación y fuentes de impacto durante la etapa de construcción

La materialización de las obras generará pérdida de superficie de formaciones vegetacionales o bien la eliminación de algunos ejemplares aislados, según los requerimientos de terreno para las obras o bien para las áreas de los frentes de trabajos asociadas a la construcción de sifón, revestimiento de taludes y aforo.

En las Láminas 4184-1000-CA-LAM-004 (a, b y c) de este informe de EAA, se ilustra la localización de las componentes flora y vegetación a lo largo del canal, identificando las obras del proyecto.

A lo largo del canal se registraron siete formaciones vegetales dominantes en el área de estudio definida para el trazado del canal Bellavista. En orden de representatividad, en términos de ocupación territorial, presenta matorral abierto, matorral con suculentas abierto, matorral muy abierto, matorral semidenso, matorral arborescente abierto, matorral arbóreo en orilla y matorral pradera abierto.

En el área estudiada se registraron cuatro especies en categoría de conservación: *Adiantum chilense*, *Eulychnia acida*, *Eulychnia breviflora* y *Trichocereus coquimbanus*. Las especies A.

- Planear y coordinar de forma previa la ubicación y forma de desarrollar las actividades de construcción del proyecto, de modo de no intervenir las zonas donde se presenta las especies en categoría de conservación, como son: *Adiantum chilense*, *Eulychnia acida*, *Eulychnia breviflora* y *Trichocereus coquimbamus*.
- b. Acciones de manejo ambiental complementarias
 - Minimización de áreas de intervención considerando la delimitación ajustada de las áreas de trabajo, en especial aquellas zonas con formaciones vegetacionales. La delimitación se realizará in situ con señalización claramente distinguible y visible para todas las personas empleadas por el contratista en la etapa de construcción.
 - En el caso de intervenir bosque nativo y/o formaciones xerofíticas, se presentaran los permisos ambientales sectoriales aplicables (PAS 148 y PAS 151, respectivamente).
 - Prohibir la intervención y alteración por las obras o actividades relacionadas al proyecto en los sectores donde se encuentran las especies; *Adiantum chilense*, *Eulychnia acida*, *Eulychnia breviflora* y *Trichocereus coquimbamus*.
 - Se capacitará a los trabajadores del proyecto (a través de folletos y/o charlas) de modo de crear conciencia y entregar procedimientos de protección de flora y vegetación nativa y la importancia de la conservación de especies de flora y fauna, en especial las que presentan problemas de conservación. Se exigirá a los contratistas de obras mantener un registro actualizado de las actividades de capacitación y de los participantes, junto a una sanción al no cumplimiento de las restricciones que se les establezca en el reglamento.
 - No se permitirá el uso fuego para la eliminación de la vegetación durante la fase de la construcción del proyecto.

11.2.1.3 Calificación del Impacto Ambiental

El proyecto no contempla afectar vegetación nativa y/o especies de flora nativa en categoría de conservación, o su superficie (o cantidad de ejemplares de flora) será baja, por lo que el impacto de las obras no comprometerá mayormente la componente.

Si el proyecto intervendrá individuos de especies en categoría de conservación, se deberá considerar la plantación (o rescate) de ellos.

De acuerdo a lo anterior y considerando las acciones de manejo ambiental, este impacto se califica negativo de significancia baja.

11.2.2.2 Medidas de Manejo Ambiental

- a. Acciones consideradas por la ingeniería del proyecto
 - La ingeniería del proyecto deberá evaluar en las futuras etapas la localización de sus frentes de trabajo de acuerdo a criterios de tipo ambiental, de modo de minimizar la alternación de hábitats que sean de mayor concentración de especies de fauna.
 - Planear y coordinar de forma previa la ubicación y forma de desarrollar las actividades de construcción del proyecto, de modo de minimizar la alteración de hábitats que sean de mayor concentración de especies de fauna.
- b. Acciones de manejo ambiental complementarias
 - En los sectores donde existan formaciones vegetacionales y se pretenda localizar una obra permanente o temporal, se aplicarán medidas de ahuyentamiento controlado para las especies de menor movilidad (reptiles y roedores) al momento de dar inicio a las actividades de construcción del proyecto. Estas serán complementadas con actividades de rescate y liberación de anfibios, reptiles y micromamíferos. Cabe destacar que debido a su reducida capacidad de movimiento están más expuestos a los diferentes impactos de carácter antrópico como pérdida de individuos. Por lo tanto, para estas especies se deberá ejecutar un programa de, perturbación controlada, rescate y relocalización, y monitoreo, que será presentado al SAG para su aprobación sectorial en forma previa a su implementación. Es importante aclarar que las tareas de rescate de reptiles deberán efectuarse progresivamente forma previa a la intervención del inicio de las obras de construcción, por lo que su distribución temporal definitiva se deberá ajustar a los programas de construcción que generen los Contratistas.

11.2.2.3 Calificación del Impacto Ambiental

De acuerdo a lo anterior y considerando las acciones de manejo ambiental, este impacto se califica negativo de significancia baja.

11.3 JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS

A continuación se presenta un resumen de los impactos ambientales generados por el proyecto.

Tabla 11-3: Jerarquización de Impactos Ambientales

Componentes Ambientales	Impacto	Calificación
Etapas de Construcción		
Flora y Vegetación	Intervención de flora y vegetación	Negativo de significancia baja.
Fauna Terrestre	Desplazamiento local de especies de fauna.	Negativo de significancia baja.

a.2 Drenaje o desecación de:

a.2.1 Vegas y bofedales ubicados en las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, cualquiera sea su superficie de terreno a recuperar y/o afectar.

a.2.2 Suelos "ñadis", cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea igual o superior a doscientas hectáreas (200 ha).

a.2.3 Turberas.

a.2.4 Cuerpos naturales de aguas superficiales tales como lagos, lagunas, pantanos, marismas, vegas, albuferas, humedales o bofedales, exceptuándose los identificados en los literales anteriores, cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea igual o superior a diez hectáreas (10 ha), tratándose de las Regiones de Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo; o a veinte hectáreas (20 ha), tratándose de las Regiones de Valparaíso a la Región del Maule, incluida la Región Metropolitana de Santiago; o a treinta hectáreas (30 ha), tratándose de las Regiones del Bío Bío a la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

a.3 Dragado de fango, grava, arenas u otros materiales de cursos o cuerpos de aguas terrestres, en una cantidad igual o superior a veinte mil metros cúbicos (20.000 m³) de material total a extraer y/o a remover, tratándose de las Regiones de Arica y Parinacota a la Región de Atacama, o en una cantidad de cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m³) de material total a extraer y/o a remover, tratándose de las Regiones de Coquimbo a la Región de Magallanes y Antártica Chilena, incluida la Región Metropolitana de Santiago.

Dragado de fango, grava, arenas u otros materiales de cursos o cuerpos de aguas marítimas, en una cantidad igual o superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m³) de material total a extraer y/o a remover.

Se entenderá por dragado la extracción y/o movimiento de material del lecho de cuerpos y cursos de aguas continentales o marítimas, por medio de cualquier tipo de maquinaria con el objeto de ahondar y/o limpiar.

a.4 Defensa o alteración de un cuerpo o curso de aguas continentales, tal que se movilice una cantidad igual o superior a cincuenta mil metros cúbicos de material (50.000 m³), tratándose de las Regiones de Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo, o cien mil metros cúbicos (100.000 m³), tratándose de las Regiones de Valparaíso a la Región de Magallanes y Antártica Chilena, incluida la Región Metropolitana de Santiago.

Se entenderá por defensa o alteración aquellas obras de regularización o protección de las riberas de estos cuerpos o cursos, o actividades que impliquen un cambio de trazado de su cauce, o la modificación artificial de su sección transversal, todas de modo permanente.

Para efectos de los casos anteriores, se considerarán los cambios sucesivos que hayan sufrido el proyecto o actividad desde la entrada en vigencia del sistema de evaluación de impacto ambiental.

Aplicabilidad al Proyecto:

Respecto de las obras contempladas para el mejoramiento del Canal Bellavista se considera mayormente el desarrollo de obras dentro del canal, con el objetivo de optimizar el riego y mejorar la seguridad física de esta infraestructura. Para lo anterior se consideran las obras de:

- Mantenimiento de Compuertas, consistentes en el reemplazo de componentes y limpieza de compuertas.
- Sellos de fondo, correspondiente a cubrir el ancho del canal con 20 cms hormigón cada 500 metros.
- Sistema de control de caudales, a través de la construcción de aforadores rectangulares y sistema remotos.
- Revestimiento de taludes del canal, consistentes en las técnicas mampostería de piedra, losa prefabricada y relleno simple de protección.
- Revestimiento de portales e interiores de túneles, en base a pernos helicoidales, shotcrete sin fibra, y malla electrosoldada.
- Construcción de un Sifón en quebrada el Arrayán el cual tiene una tubería, cámara de desagüe, cámara de salida y cámara de carga con una capacidad de diseño de 3,47 m³/seg.

Ahora bien, respecto a la construcción del sifón, se debe tener en consideración lo indicado en el artículo 294 letra d) del Código de Aguas que establece lo siguiente:

Art. 294°.- Requerirán la aprobación del Director General de Aguas, de acuerdo al procedimiento indicado en el Título I del Libro Segundo, la construcción de las siguientes Obras:

d) Los sifones y canoas que crucen cauces naturales.

Dado que el sifón a construir cruzará la quebrada el Arrayán, que es una quebrada natural, esta obra amerita un ingreso al SEIA.

En conclusión, y de acuerdo a lo dispuesto en el literal **a)** del **artículo 3 del Reglamento del SEIA**, el proyecto debe ingresar a evaluación de su impacto ambiental por la construcción del sifón en la quebrada Arrayán.

En relación al resto de las obras de mejoramiento que se contempla implementar dentro del canal de riego Bellavista, es posible indicar que ellas no ameritan un ingreso al SEIA, sin perjuicio de los permisos sectoriales aplicables que corresponda tramitar en cada una de ellas.

Los potenciales efectos identificados en relación a las obras del mejoramiento sobre las componentes fueron tratados en la **sección 11** de este informe, siendo las componentes flora y vegetación y fauna terrestre donde se generaran dos potenciales impactos correspondientes a la intervención de flora y vegetación; y desplazamiento local de especies de fauna, no existiendo efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley 19.300.

Por lo anterior la modalidad de ingreso para evaluar ambientalmente el proyecto debiese ser a través de una Declaración de Impacto Ambiental.

13 COSTOS AMBIENTALES REFERENCIALES

La presente sección, incluye el cálculo de los costos ambientales asociados a las etapas de Diseño y Construcción del proyecto, ya que para la fase de pre-factibilidad no se contemplan costos.

Por lo anterior, los costos ambientales de las etapas siguientes de ingeniería, están relacionados a la implementación de las Medidas de Manejo Ambiental identificadas en la **sección 11** de evaluación de impactos y a la obtención del permiso ambiental identificado en la **sección 12** análisis de pertinencia al SEIA, lo cual corresponde a un costo ambiental adicional al costo de implementación del proyecto de ingeniería en las futuras etapas.

Se debe destacar que debido a las características de ingeniería actuales del proyecto, las medidas identificadas que generarán costos adicionales, son de carácter general, las que podrán profundizarse y estimarse con mayor exactitud una vez que exista mayor detalle de las condiciones técnicas del proyecto, donde a través de un levantamiento mayor de información pueda establecerse nuevas medidas de manejo ambiental con mayor especificidad.

Este capítulo presenta en primer lugar una Tabla Resumen de los Costos Ambientales del proyecto y luego expone separadamente los costos asociados a la implementación del Plan de Medidas y Seguimiento Ambiental para los distintos componentes ambientales del proyecto y la obtención de la RCA.

13.1 TABLA RESUMEN DE COSTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

A continuación se presentan los costos ambientales del proyecto, asociados a la elaboración, tramitación, implementación y seguimiento de medidas ambientales y, la obtención del permiso ambiental en el SEIA.

En la Tabla 13-1 se presentan los costos asociados a la elaboración y tramitación de las medidas ambientales asociados a las componentes flora, vegetación y fauna terrestre y en la Tabla 13-2, se resumen los costos asociados al Plan de implementación y seguimiento ambiental del proyecto. Estas tablas presentan la información en Costos Unitarios y los Costos

Componente	Seguimiento	Costo Unitario por ha ^s	Cantidad	Costo Total (UF)*	Costo Total (\$)
	Implementación PAS 151 Formaciones Xerofíticas	81	1	81	2.000.000
	Seguimiento PAS 151 Formaciones Xerofíticas	61	1	61	1.500.000
	Total	142		142	3.500.000
Fauna Terrestre	Implementación Captura de Especies	90	1	90	2.210.000
	Seguimiento Relocalización de Fauna Nativa.	30	2	60	1.480.000
	Total	-	-	150	3.690.000
Costo Total Referencial Medidas de Manejo Ambiental				467	11.490.000

El valor promedio de la UF del mes de enero 2015 corresponde a \$ 24.586,66

A su vez, en la Tabla 13-3 se presenta el resumen del costo para la obtención del permiso ambiental ante el SEIA, indicando la pertinencia de ingreso a través de la identificación de los documento y actividades asociadas, indicando el costo total expresado en Unidades de Fomento (UF), considerando el Valor Promedio de la UF durante el mes de Enero de 2015.

Tabla 13-3: Costos Referenciales Asociados a la Obtención del Permiso Ambiental en el SEIA

Documento	Actividades	Costo Total (UF)**	Costo Total (\$)
DIA	• Elaboración Capítulos DIA • Caracterización Ambiental • Ingreso al SEIA	610	15.000.000
Tramitación de la DIA en el SEIA	• Elaboración Adenda 1* • Elaboración Adenda 1*	205	5.040.000
Costo Total Referencial Obtención del Permiso Ambiental en el SEIA		815	20.040.000

*No se considera estudios adicionales que pudiese exigir el servicio.

**El valor promedio de la UF del mes de enero 2015 corresponde a \$ 24.586,66

Se debe destacar que los costos detallados no se indican debido al carácter de la etapa de ingeniería en la que se realiza el proyecto, y los costos que se indican a continuación son sólo referenciales y se deberán ajustar y precisar en las siguientes etapas de ingeniería.

- En relación al resto de las obras de mejoramiento que se contempla implementar dentro del canal de riego Bellavista, es posible indicar que ellas no ameritan un ingreso al SEIA, sin perjuicio de los permisos sectoriales aplicables que corresponda tramitar en cada una de ellas.
- Los costos ambientales identificados, están relacionados a la elaboración, tramitación, implementación y seguimiento de las medidas ambientales y, a la obtención del Permiso Ambiental en el SEIA, lo cual estima un costo referencial de **1672 UF**.

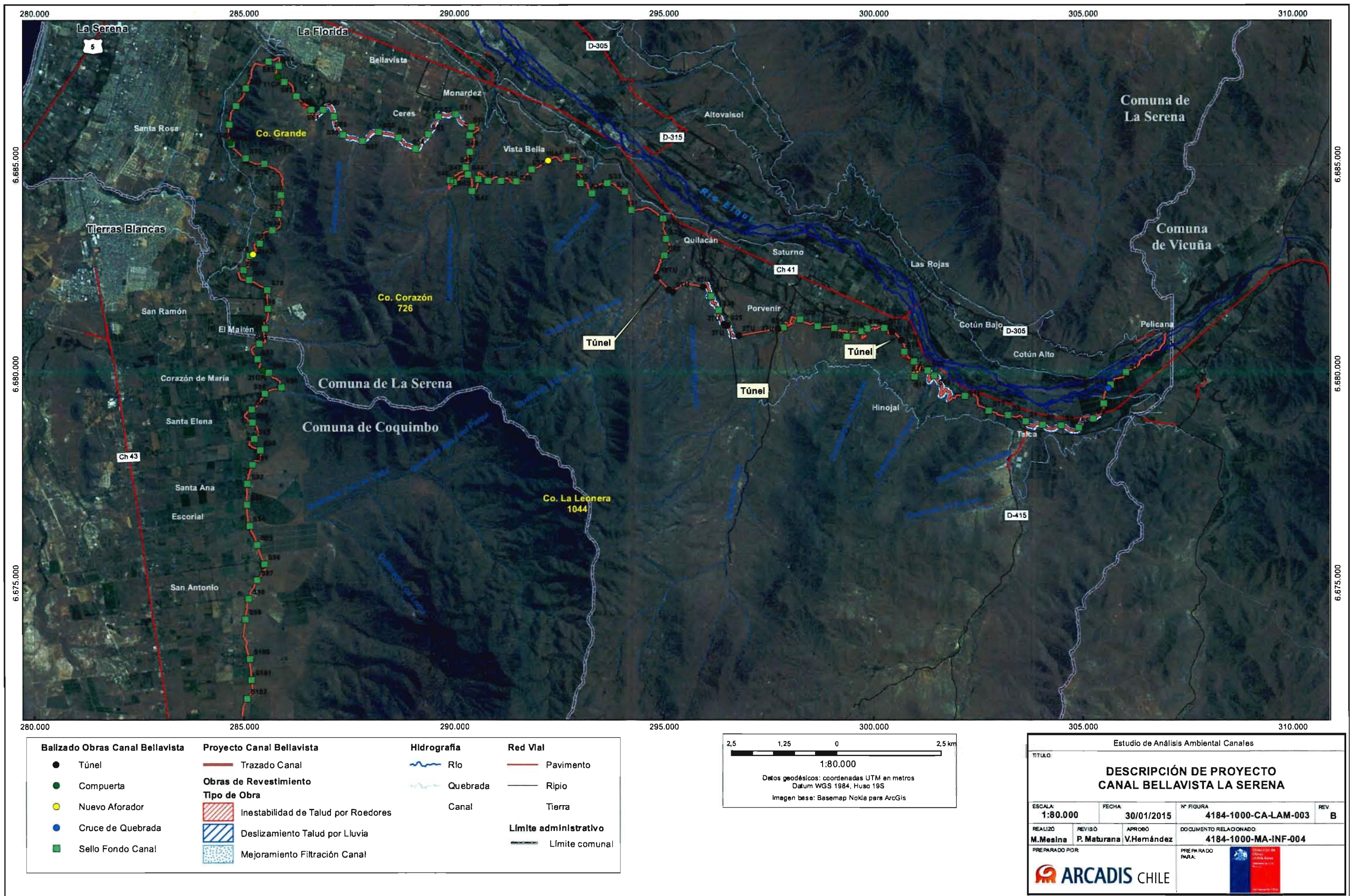
- [15] 2010 Interacción costa-interior en el litoral de Coquimbo. El Caso del sitio Museo del Desierto-Conaf, en: Tradiciones de tierra y mar. Antiguos pescadores, mariscadores y cazadores del semiárido, Fuentes, F, M. Biskupovic, J. Castelleti y M. P. Retamales editores. Andros Impresores, Santiago.
- [16] Biskupovic M. y G. Ampuero 1991 Excavación arqueológica en la parcela 24 de Peñuelas, Coquimbo. Chile.
- [17] Cabello, G. 2005 Rostros que hablan: Una propuesta estilística para el arte rupestre de Chalinga, IV Región, Chile. Tesis de Grado, Universidad de Chile, Departamento de Antropología.
- [18] CADEL Ltda. 2010 Informe en sitio El Olivar: proyecto Inmobiliario Brillamar. Constructora CADEL Ltda.
- [19] Castelleti, J. 2004 El arte rupestre de Nocui en el Choapa. Tesis de Grado, Universidad de Chile, Departamento de Antropología.
- [20] Castillo, G. 1989 Agricultores y pescadores del Norte Chico: El complejo Las Ánimas (800 a 1.200 d.C.) Prehistoria. Desde sus orígenes hasta los albores de la conquista. Editado por Jorge Hidalgo et al. Editorial Andrés Bello, Santiago. Editorial Andrés Bello, pp. 265-276.
- [21] Castillo, G. y A. Rodríguez 1978 Excavaciones preliminares en el sitio "La Fundición": una industria tipo Cárcamo. Boletín del Museo Arqueológico de La Serena 16:125-144.
- [22] Castillo, G. 1985 Revisión del arte rupestre Molle. En: Estudios en arte rupestre, editado por C. Aldunate, J. Berenguer y V. Castro, pp: 173-194. Museo Chileno de arte precolombino, Santiago.
- [23] CONAF & CONAMA. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile, Informe regional cuarta región. Santiago, Chile.
- [24] CONAF, CONAMA, BIRF (1999) Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile, Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco.
- [25] Cornely, F. 1936 El Cementerio Indígena El Olivar (La Serena). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural No 15. Santiago.
- [26] Costa M.A. y S. Quevedo 1997 Sepultamiento arcaico costero: sitio Huentelauquen-2. En: Actas del XIII Congreso de Arqueología Copiapó. Chile. Contribución Arqueológica N°5, Museo Regional de Atacama. 511-518.

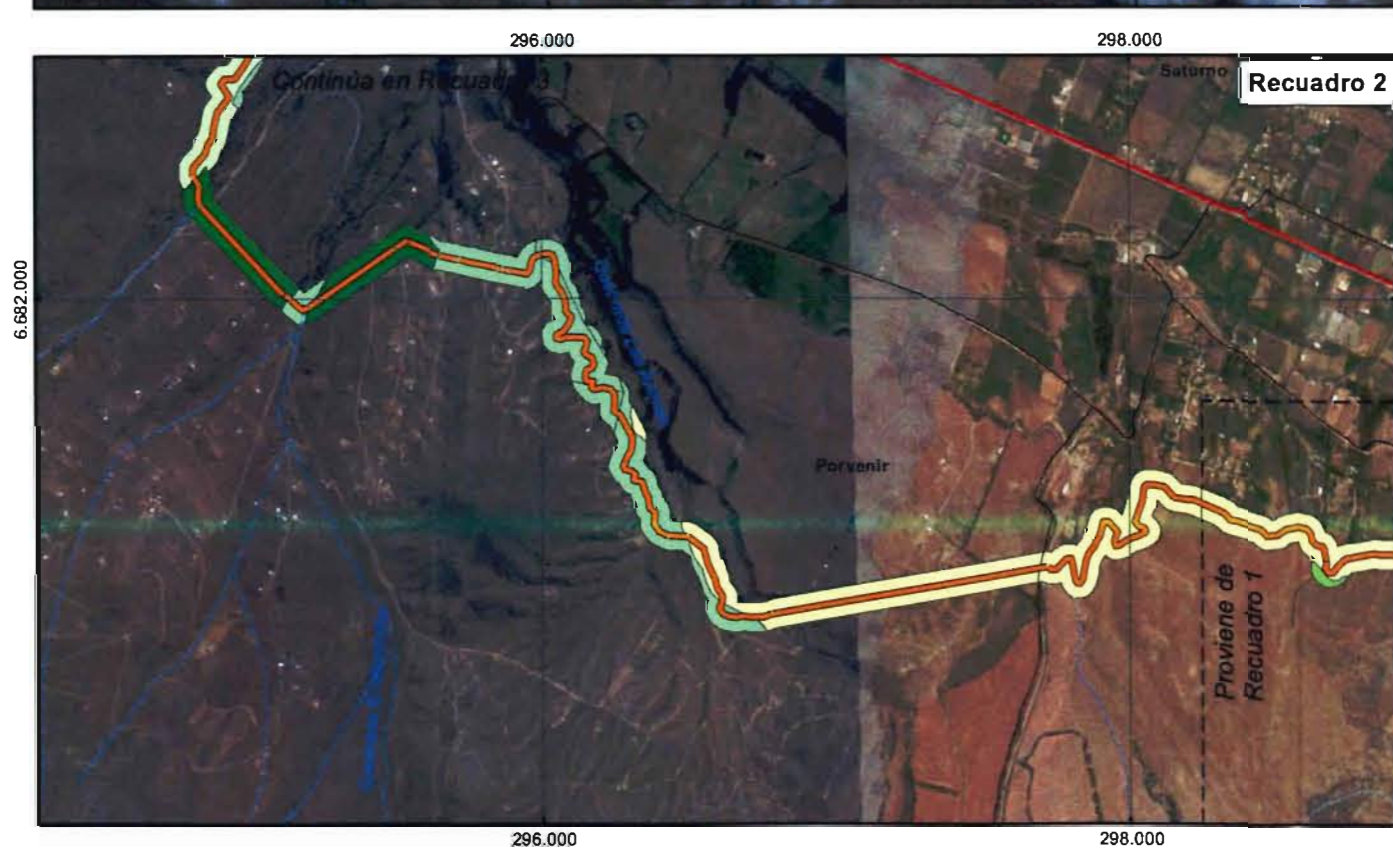
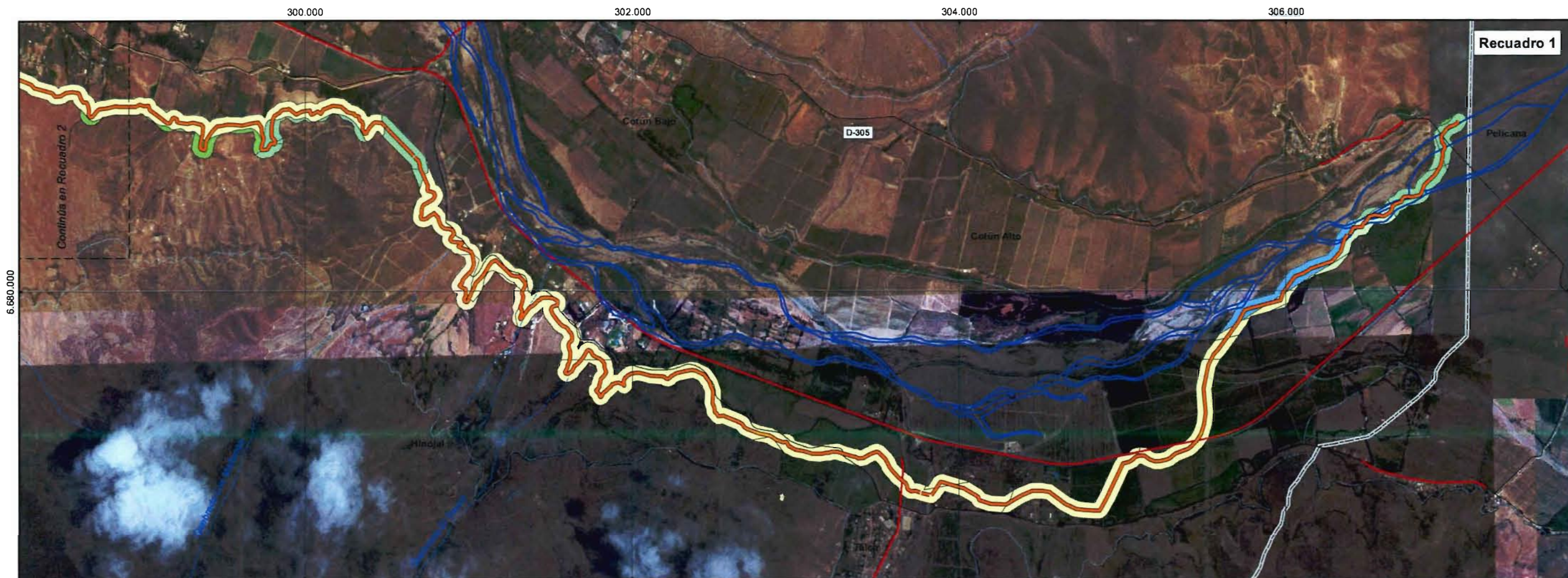
- [41] Jackson, D., P. Báez y R. Seguel 1997-1998 Nuevas evidencias estratigráficas para el complejo Huentelauquén en la provincia del Choapa, IV Región. *Revista Chilena de Antropología* 14:145-156.
- [42] Jackson, D. et al. 2002. Trazos del Choapa. El arte rupestre en la cuenca del río Choapa. Una perspectiva macroespacial. Departamento de Antropología, Universidad de Chile.
- [43] Jackson, D., C. Méndez, R. Seguel, A. Maldonado Y G. Vargas 2007 Initial Occupation of the Pacific Coast of Chile during Late Pleistocene Times. *Current Anthropology* Vol. 48 (5):725-731.
- [44] Jaramillo, A. (2003). *Birds of Chile*. Princeton University Press. New Jersey, USA. 240pp.
- [45] Kuzmanic I. y G. Castillo 1982 Excavaciones de un cementerio arcaico en La Herradura, sitio El Cerrito, IV región Coquimbo. Resumen de ponencia presentada en el IX Congreso Nacional de Arqueología, La Serena.
- [46] Kuzmanic, I. & Castillo, G. 1986 Estadio Arcaico en la costa del norte semiárido de Chile. X Congreso Nacional de Arqueología Chilena. *Chungará* 16-17: 89-94
- [47] Ley Nº 20.283. 2008. Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. *Diario Oficial*, 30 de julio de 2008.
- [48] Larach, P. 2010 Monitoreo arqueológico "Estacionamiento Subterráneos Plaza de Armas La Serena".
- [49] Latcham, R. 1928 La alfarería indígena chilena. Sociedad imprenta y litográfica Universo. Santiago
- [50] Llagostera, A. 1989 Caza y Pesca marítima (9.000 a 1.000 a.C.) En: *Prehistoria. Desde sus orígenes hasta los albores de la conquista*. editado por Jorge Hidalgo et al. Editorial Andrés Bello, Santiago. Ministerio de Educación
- [51] Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile, Benoit, 1989.
- [52] Libro Rojo de la Flora de la Cuarta Región: U. La Serena, 2001
- [53] Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 9º Proceso de Clasificación <http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/index2.htm>
- [54] Luebert, F. y Pliscoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Ed.
- [55] Mella J. (2005). *Guía de Campo Reptiles de Chile: Zona Central*. Peñaloza APG, Novoa F & M Contreras (Eds.). Ediciones del Centro de Ecología Aplicada Ltda. 147 pp.

- [71] MMA (2012) DS N° 19. Clasificación de especies según su estado de conservación, Octavo Proceso.
- [72] MMA (2013) DS N° 13. Clasificación de especies según su estado de conservación, Noveno Proceso.
- [73] MAA Consultores Ltda. 2012 Línea de Base Arqueológica Proyecto "Plan Maestro San Ramón". MS.
- [74] Mengozzi, F. 2011 Informe de Inspección Visual Arqueológica Proyecto Loteo Parcela 8 Sector Rinconada, Coquimbo.
- [75] Massone, M. y D. Jackson 1994 Asentamiento de explotación litoral del Agroalfarero Medio Tardío en la comuna de Los Vilos. Boletín del Museo Regional de la Araucanía 5:9-18.
- [76] Montané, J. Y R. Bahamondes 1973 Un nuevo sitio Paleoindio en la provincia de Coquimbo, Chile. Boletín Museo Arqueológico de La Serena 15:215-222
- [77] Modificación Plan Regulador Comunal de La Serena Localidades de: Huachalalume, Algarrobito, Quebrada de Talca, Las Rojas, Altovalsol, Islón y Lambert, 2010
- [78] Monumentos Nacionales
http://www.monumentos.cl/OpenSupport_Monumento/asp/pagDefault.asp?argInstanciaId=58&argAccion=Busqueda&argRegionId=15&argProvincialId=-1 (consulta enero 2014)
- [79] Municipalidad de Coquimbo. Planificación de Desarrollo Comunal de Coquimbo. PLADECO (2013 - 2018)
- [80] Municipalidad de La Serena. Planificación de Desarrollo Comunal de La Serena. PLADECO (2013 - 2016)
- [81] Muñoz-Pedrerros, A. & J.L. Yañez (2000). Mamíferos de Chile. Ediciones CEA, Valdivia Chile. 464pp.
- [82] Niemeyer, H., Castillo, G. y Cervellino, M. 1989. Los primeros ceramistas del Norte Chico: el complejo El Molle (0 a 800 d.C.). En: Prehistoria Desde sus orígenes hasta los albores de la conquista. Editado por Jorge Hidalgo et al. Editorial Andrés Bello, Santiago.
- [83] Niemeyer, H. y Ballereau D. 1998. Los petroglifos del cerro La Silla, Región de Coquimbo. Chungara 28: 277-317.
- [84] Niemeyer H., M. Cervellino y G. Castillo 1998 Culturas Prehistóricas de Copiapó. Museo Regional de Atacama, Copiapó.

- [98] Sánchez, Rodrigo 2009. Aspectos Culturales y Arqueológicos DIA del Proyecto Inmobiliario San Ramón, IV Región. Preparado para Sustentable S.A. Archivos digitales en www.seia.cl.
- [99] Schiappacasse, V. y H. Niemeyer 1965-1966 Excavaciones de conchales precerámicos en el litoral de Coquimbo, Chile (Quebrada Romeral y Punta Teatinos). Revista Universitaria Universidad Católica de Chile, Año L-LI- Fascículo II pp.278-314. 1986 El arcaico en el Norte semiárido de Chile: un comentario. Chungará 16-17: 95-98.
- [100] Vivar, Jerónimo de. 2001[1558] Crónica de los Reinos de Chile". Edición de Ángel Barral Gómez. Crónicas de América. Santiago. DASTIN, S. L, Madrid.
- [101] Sitios Prioritarios.
http://www.sinia.cl/1292/articles-37759_pdf_sitios.pdf
- [102] SNASPE
<http://www.bienesnacionales.cl/wp-content/uploads/2011/05/SNASPE-de-la-I-a-la-IV-regiones.pdf>
- [103] SERNATUR 2012. Fichas de Atractivos Turísticos 2012. Región de Coquimbo.
- [104] SERNATUR, 2007. Centros y Zonas de Interés Turístico Nacional. Antecedentes básicos para una Estrategia de Ordenamiento Territorial. Departamento de Planificación.
- [105] SERNATUR, 2007. Zonas y centros de interés turístico fichas de ZOIT propuestas. Departamento de Planificación.
- [106] SERNATUR, 2008. Boletín técnico N° 1/2008. Glosario de turismo. Departamento de planificación.
- [107] SERNATUR, 2011. Áreas turísticas prioritarias. Versión 2011. Subdirección de estudios. Unidad de territorio y medio ambiente.
- [108] SERNATUR. 2008. Boletín Técnico N° 1. Glosario de Turismo.
- [109] SERNATUR. 2010. Propuesta Cartográfica Preliminar para la redefinición de Áreas Turísticas Prioritarias. En el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Departamento de Planificación Unidad de Territorio y Medio Ambiente.
- [110] SERNATUR. Anexo 4 Clasificación de atractivos turísticos. En: Orientaciones para el Diseño de un Plan de Desarrollo Turístico en Destinos Turísticos (PLADETUR).
- [111] SERNATUR. Atlas turístico de Chile. Versión preliminar.

ANEXO LÁMINAS





Cartografía base

Hidrografía

— Río

— Quebrada

— Canal

Límite administrativo

— Límite comunal

Red Vial

— Pavimento

— Ripio

— Tierra

400 200 0 400 800 m

1:25.000

Datos geodésicos: coordenadas UTM en metros
Datum WGS 1984, Huso 19S

Imagen base: Basemap Nokia para ArcGis

Proyecto

— Canal Bellavista La Serena

Vegetación

— Ciudades-Pueblos-Zonas Industriales

— Matorral Arborescente

— Matorral Abierto

— Matorral Pradera Abierto

— Matorral Semidenso

— Matorral Suculentas

— Plantación

— Praderas Perennes

— Terrenos de Uso Agrícola

Estudio de Análisis Ambiental Canales

TÍTULO

FORMACIONES DE VEGETACIÓN Y ÁREAS SINGULARES CANAL BELLAVISTA LA SERENA

ESCALA 1:25.000 **FECHA** 11/11/2014 **N° FIGURA** 4184-1000-CA-LAM-004a **REV** B

REALIZÓ R. Vilaró **REVISÓ** P. Maturana **APROBÓ** A. Chaparro **DOCUMENTO RELACIONADO:** 4184-1000-MA-INF-003

PREPARADO POR: **PREPARADO PARA:**

ARCADIS CHILE

