



“Estudio de Ingeniería para el Desarrollo de una Iniciativa Privada del Proyecto de Carretera Hídrica como Herramienta Productiva y de Gestión de los Recursos Hídricos”

MEMORIA DESCRIPTIVA

CORPORACIÓN REGUEMOS CHILE

VERSIÓN 0

CONFIDENCIAL

REG0001

FECHA: MAYO 2019

WSP

Av. del Valle Sur 534, Ciudad Empresarial, Huechuraba,
Santiago

TELÉFONO: +56 2 2653 8000

wsp.com



Control de Cambios

	Revisión A	Revisión B	Revisión C	Revisión D	Revisión 0
Elaborado por	Hugo Gloria	Hugo Gloria	Hugo Gloria	Hugo Gloria	Hugo Gloria
Fecha	19/02/19	28/02/19	13/03/19	08/05/19	30/05/19
Revisado por	Francisco Berrios	Francisco Berrios	Francisco Berrios	Francisco Berrios	Francisco Berrios
Fecha	19/02/19	28/02/19	13/03/19	08/05/19	30/05/19
Aprobado por	Luis Ojeda	Luis Ojeda	Luis Ojeda	Luis Ojeda	Luis Ojeda
Fecha	19/02/19	28/02/19	13/03/19	08/05/19	30/05/19



TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	5
2	ALCANCES	5
3	OBJETIVO DEL PROYECTO	5
4	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	5
5	CANAL.....	6
5.1	TRAZADO Y LOCALIZACIÓN CANAL.....	6
A.	TRAMO 1	6
5.2	SECCIÓN TRANSVERSAL CANALIZACIÓN	8
5.3	REVESTIMIENTO CANAL	8
5.4	CAUDAL CANALIZACIÓN	8
6	OBRAS TIPO	11
6.1	SIFONES	11
6.2	CANOAS DE HORMIGÓN.....	12
6.3	ALCANTARILLAS.....	13
6.4	MEDIA CAÑA DE TUBERÍA	14
6.5	PUENTES LOSA.....	14
6.6	PUENTES DE MADERA	15
6.7	BOCATOMAS 15	
6.8	RESUMEN OBRAS TIPO	17
7	BOTADEROS	17
8	INSTALACIONES DE FAENA.....	18
9	EXPROPIACIONES	19



1 Introducción

El área hidráulica y ambiental de WSP, en el marco del desarrollo del “Estudio de Ingeniería para el Desarrollo de una Iniciativa Privada del Proyecto de Carretera Hídrica como Herramienta Productiva y de Gestión de los Recursos Hídricos”, debe realizar la ingeniería de perfil del trazado para la tramitación de esta iniciativa Privada de carretera hídrica al Sistema de Concesiones de Chile. Se establecerá un trazado factible, estimando un costo aproximado de inversión, realizando un análisis territorial para la adecuada evaluación de las tramitaciones legales que serán necesarias, y determinando los lugares para acumulación y almacenamiento del recurso hídrico a lo largo del trazado, utilizando principalmente embalses existentes.

2 Alcances

El alcance de este documento corresponde a la descripción del proyecto, tanto de la canalización como de sus obras anexas.

3 Objetivo del Proyecto

El Proyecto Carretera hídrica tiene como principal objetivo la construcción y operación de una Carretera Hídrica, que permita transportar agua desde la Región del Biobío (VIII), es decir de sur a norte de Chile, aumentando la superficie del área bajo riego distribuida entre estas regiones, al incorporar alrededor de 324 mil nuevas hectáreas.

4 Descripción del Proyecto

La Carretera Hídrica que impulsa la Corporación Reguemos Chile, consiste en un proyecto de cinco tramos de canalización, que permitirán transportar agua desde el sur hacia el norte del país, específicamente desde la Región del Biobío, aprovechando los excedentes invernales. El proyecto de Carretera Hídrica propone regar aproximadamente 324 mil nuevas hectáreas. Para ello, se contempla retirar aguas invernales desde las regiones del Biobío y Maule, que constituirán los aportes de la Carretera Hídrica con un caudal que varía entre los 40 m³/s y los 120 m³/s. Los retiros de agua en las regiones del Biobío y Maule se realizarán durante los meses de máxima disponibilidad hídrica y menor demanda, es decir entre los meses de mayo a noviembre.

La mayor parte de la conducción será de manera gravitacional, utilizando las pendientes naturales que posee la geografía de Chile, mientras que en los lugares que no sea posible se utilizará estaciones de bombeo o



elevación.

El trazado contempla también optimizar el uso y explotación de la energía, analizando la instalación a futuro de centrales hidroeléctricas en cada punto de entrega y aprovechando tecnologías nuevas que permitan generar energía en el canal.

Sin embargo, uno de los principales objetivos de este proyecto es alimentar los embalses existentes del Biobío hacia el norte, los que actualmente ocupan un 20% de su capacidad en algunos meses del año (especialmente de Santiago al norte), y que, en algunos casos, en años de extrema sequía, como lo ocurrido en la última sequía de 2010 - 2015, llegan al 0%. De esta manera, se busca rentabilizar la inversión en infraestructura de embalses realizada en el pasado por el Estado, dado que el país cuenta con importantes inversiones de este tipo que hoy están siendo subutilizadas.

5 Canal

5.1 Trazado y Localización Canal

Para la confección del trazado de los 5 tramos de la canalización, se utilizó una pendiente de 0,02% de manera de cumplir con las velocidades máximas y mínimas de diseño. Se realizó los trazados asegurando quedar por sobre la cota de los embalses a lo largo de la canalización y siguiendo la curva de nivel de manera de no provocar sobreexcavaciones. En la Tabla 5-1 se presenta las longitudes de cada uno de los tramos de la canalización.

Tabla 5-1 Longitud tramos canalización

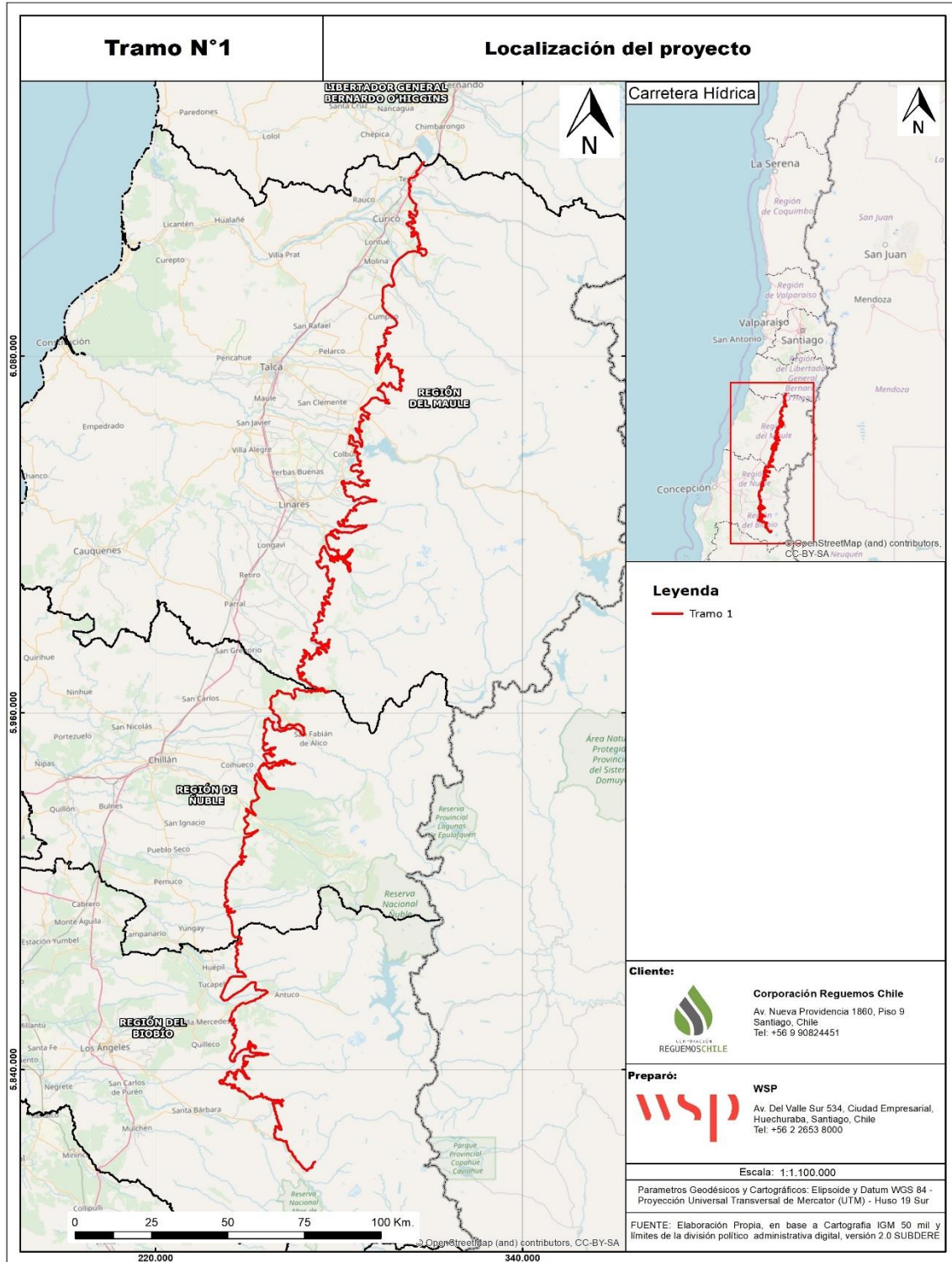
Tramo	Longitud (Km)
1	1015

A. Tramo 1

El tramo 1 comienza en el río Queuco (VIII Región) a una cota aproximada de 520 m.s.n.m., siguiendo la parte baja de la Cordillera de los Andes, recogiendo aguas de los ríos Diguillín, Chillán, Niblinto, Cato, Ñuble, Perquilauquen, Longaví, Achibueno y Ancoa. El tramo 1 utilizará el Canal Teno-Chimbarongo localizado en la comuna de Teno para descargar al embalse Convento Viejo un caudal de 30 m³/s.

En la Figura 5-1 se presenta el trazado y localización de la canalización en su tramo 1.

Figura 5-1 Trazado y localización canalización tramo 1



5.2 Sección Transversal Canalización

Se considerará sección trapecial a lo largo del trazado del canal, a excepción de los sectores en donde la pendiente transversal del terreno no lo permita, o genere movimientos de tierra muy importantes; en donde se utilizará secciones rectangulares.

En el plano REG0001-HID-PL-005 se presentan las secciones tipo de la conducción.

5.3 Revestimiento Canal

De acuerdo al análisis de alternativas de revestimiento de la canalización realizado en el documento REG0001-HID-INF-008, se utilizará radier de hormigón y taludes en shotcrete de 12 cm de espesor, como revestimiento del canal principal sección trapecial. Para los tramos del canal principal en sección rectangular se considera materialidad hormigón.

5.4 Caudal Canalización

Se utilizará como caudal de diseño los del mes de septiembre para un 85% de probabilidad de excedencia para cada uno de los puntos de toma a lo largo del trazado, información proporcionada por el Cliente, los que se presentan en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2 Caudales puntos de toma mes de septiembre 85% de probabilidad de excedencia

Río	Tramo	Km	Q _{sept} (m ³ /s)
Queuco	1	0	37,4
Diguillín	1	299+927	9,9
Chillán	1	319+191	8,6
Niblinto	1	344+618	0,9
Cato	1	372+716	4,5
Ñuble	1	432+406	13,7
Perquilauquen	1	485+388	17,3
Longaví	1	562+849	3,9
Achibueno	1	643+718	21,5
Ancoa	1	695+123	0,9
Teno	2	361+172	1,0

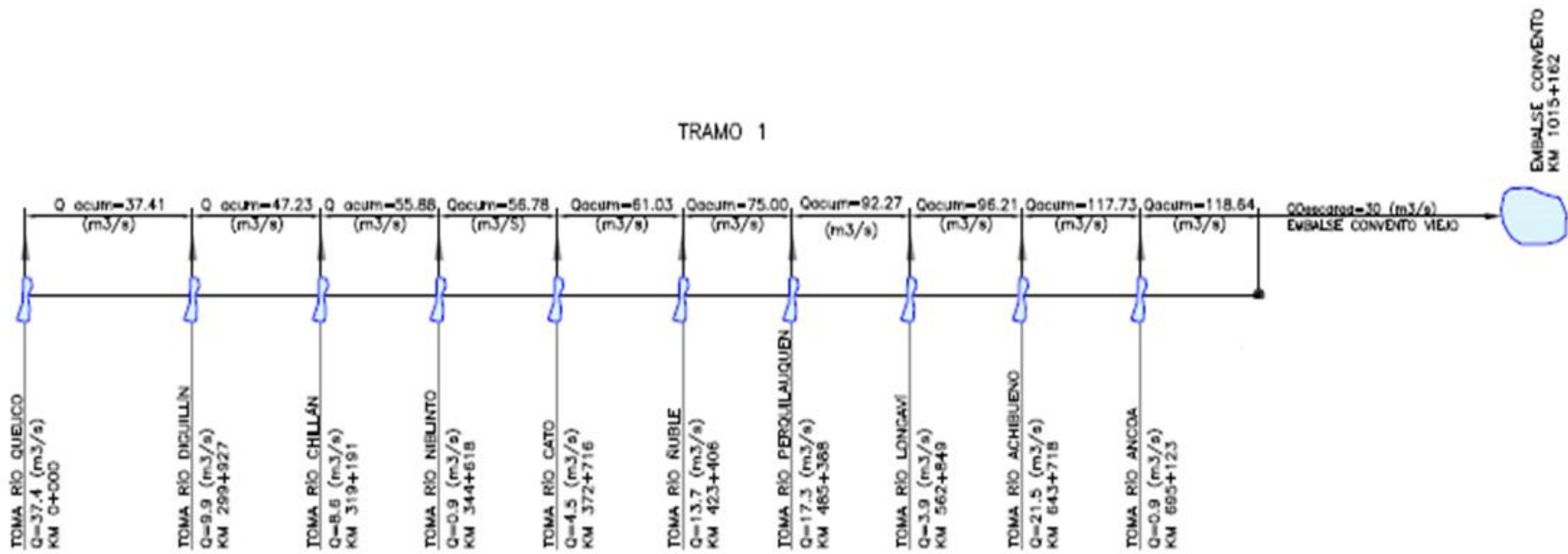


Los caudales en los puntos de entrega a las zonas potenciales de riego y embalses a lo largo del trazado de la canalización, así como los caudales a bombear, se presentan a continuación:

Tramo 1

- Caudal de entrega a embalse Convento Viejo 30 m³/s

Figura 5-2 Unifilar Caudal TRAMO 1



6 Obras Tipo

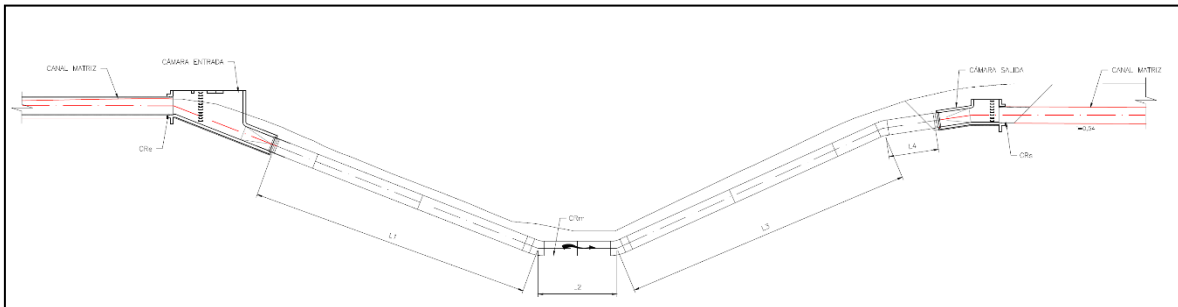
A continuación, se presentan las diferentes obras tipo que se proyectan a lo largo de la canalización.

6.1 Sifones

Se utilizarán sifones invertidos como obras de cruce de canal bajo una depresión del terreno, como ríos, esteros, quebradas, entre otros. Los sifones se compondrán de las siguientes obras:

- Tubería sifón.
- Cámaras de entrada y salida.
- Transiciones de entrada y salida, que permiten los cambios de las secciones de la conducción.
- Estructuras de vaciado del sifón y de inspección interior.
- Elementos de protección.

Figura 6-1 Perfil longitudinal sifón invertido



La ubicación de los sifones proyectados de la canalización se presenta en las tablas a continuación.

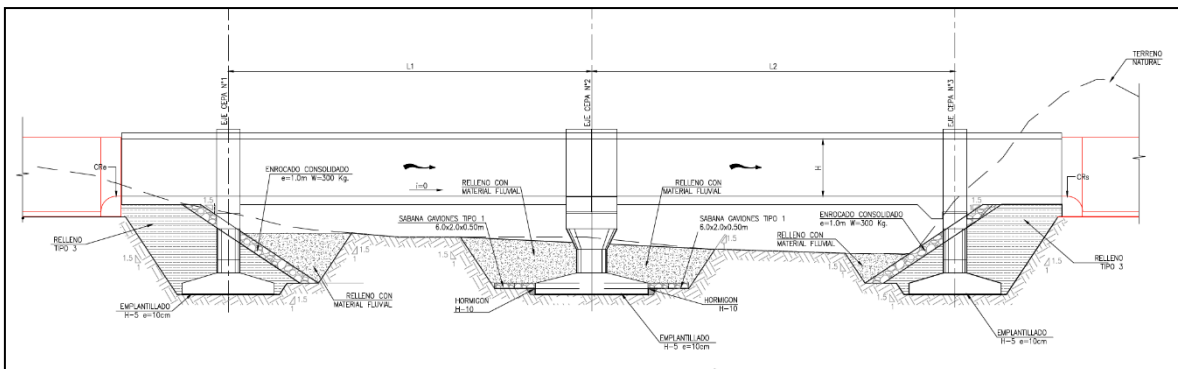
Tabla 6-1 Ubicación sifones tramo 1 canalización

Tramo	Sifón	Cruce	Coordenadas WGS84	
			Este (m)	Norte (m)
1	N°1	Río Talca	297668	6103573
	N°2	Estero Lavadero	268361	5972793
	N°3	Estero Relbunco	253052	5936475
	N°4	Estero San Vicente	249127	5916083
	N°5	Estero Palpal	243355	5901058
	N°6	Estero Cholguán	247362	5884633
	N°7	Río Huepil	248360	5872934
	N°8	Estero Las Hilachas	261668	5829772

6.2 Canoas de Hormigón

Para el caso en que las velocidades de los sifones resulten inferiores a la mínima admisible, se optará para el cruce de ríos, esteros u otra depresión de terreno a través de canoas de hormigón armado, con sección rectangular óptima, es decir que la base sea 2 veces el tirante hidráulico del canal rectangular.

Figura 6-2 Perfil longitudinal canoa de hormigón



La ubicación de los sifones proyectados de la canalización se presenta en las tablas a continuación.

Tabla 6-2 Ubicación canoas tramo 1 canalización

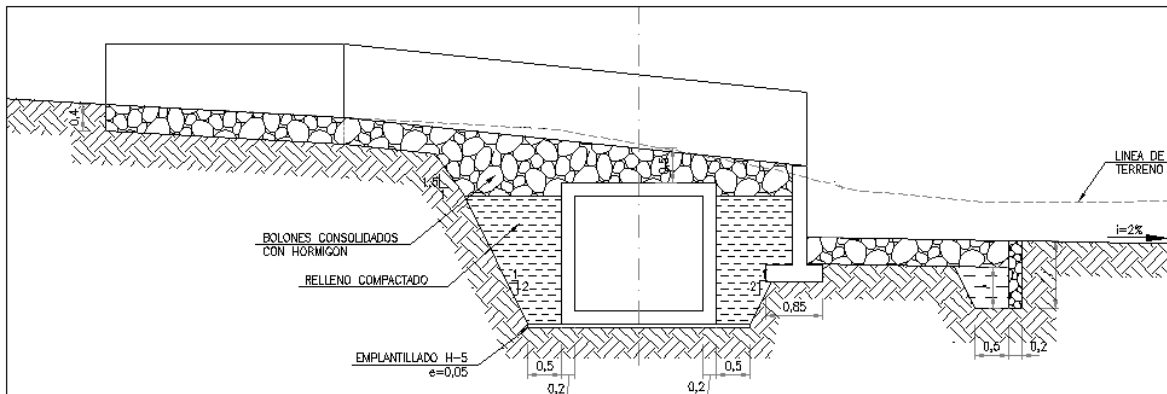
Tramo	Canoa	Cruce	Coordenadas WGS84	
			Este (m)	Norte (m)
1	N°1	Río Huequecura	261441	5827737
	N°2	Río Duqueco	256880	5845219
	N°3	Río Laja	256650	5866114
	N°4	Estero Vega de Salas	284205	6015088
	N°5	Río Maule	287334	6050670
	N°6	Río Lircay	296470	6064206
	N°7	Río Lontue	299752	6112659
	N°8	Estero Guaiquillo	305666	6128528

6.3 Alcantarillas

Se construirán alcantarillas en el trazado de la canalización para cruce de canales y quebradas con caudales aportantes mayores, y su diseño quedará definido de acuerdo con lo expuesto en el punto 3.703.303 del Manual de Carreteras Volumen 3 “Instrucciones y Criterios de Diseño”.

Por las dimensiones de la obra propuesta, principalmente se tratará de cajones de hormigón armado, los que pasarán enterrados por debajo de la quebrada. Sobre el cajón se restituirá la sección natural de la quebrada mediante un relleno con mampostería en piedra. También se podrá utilizar para los cruces de regueros sobre el canal, tubos de tipo corrugado o de Hormigón Simple.

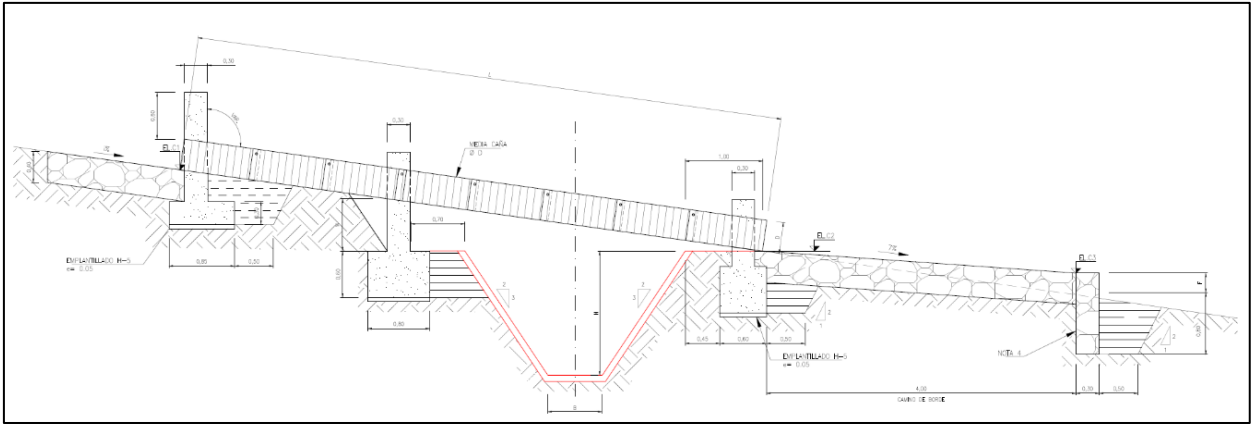
Figura 6-3 Perfil longitudinal cruce de quebrada mediante alcantarilla cajón



6.4 Media Caña de Tubería

Para quebradas con caudales aportantes menores se considera tubos de acero corrugado de media caña, con muros de boca y alas de hormigón.

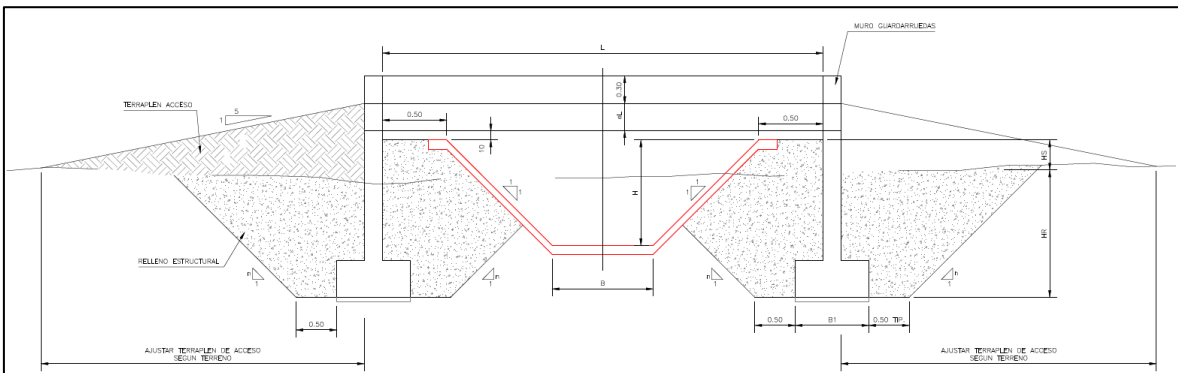
Figura 6-4 Perfil longitudinal cruce de quebrada mediante tubos de media caña corrugada



6.5 Puentes Losa

Se utilizará puentes losa de hormigón armado como obra de cruce de canal por caminos principales, los que quedarán definidos de acuerdo con lo expuesto en el punto 4.602.001 del Manual de Carreteras Volumen N°4.

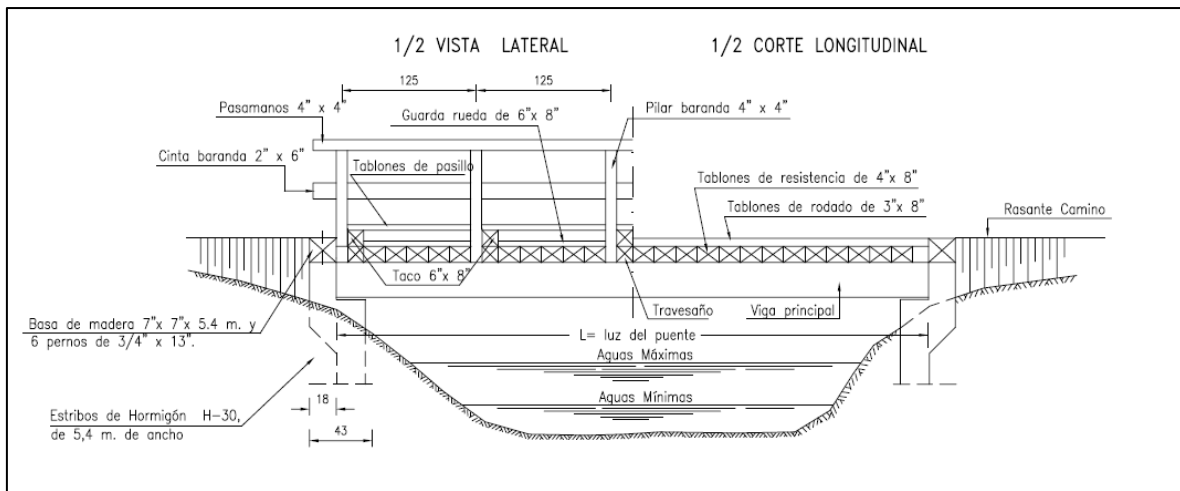
Figura 6-5 Perfil Longitudinal Puente Losa



6.6 Puentes de Madera

Se utilizará puentes de madera como obra de cruce de canal por caminos prediales, los que quedarán definidos de acuerdo con lo expuesto en el punto 4.603.001 del Manual de Carreteras Volumen N°4.

Figura 6-6 Perfil Longitudinal Puente Madera



6.7 Bocatomas

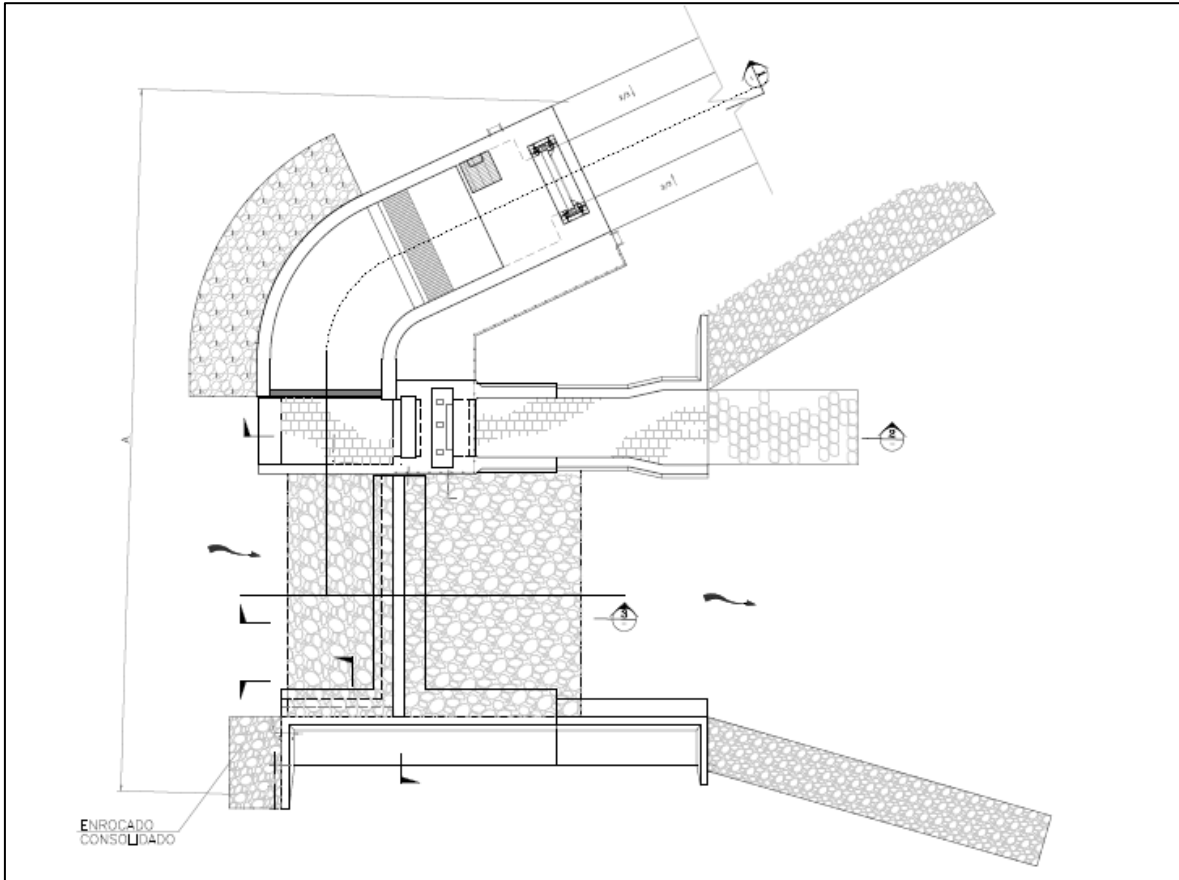
Las obras de captación del proyecto estarán conformadas por una barrera transversal al río y una captación lateral en la ribera, diseñada para desviar el caudal de diseño de la conducción principal.

Esta obra estará conformada por una barrera móvil compuesta por compuertas de sector (radial) que permitan, por una parte, tomar la cota de captación para el canal y por otra, utilizarlas para limpieza de la poza y principalmente durante las crecidas del río.

Tanto aguas arriba como aguas abajo de la barrera, y siempre y cuando no se encuentre roca de buena calidad en el lecho del río, se contempla la colocación de enrocados consolidados con hormigón, con el fin de proteger la estructura de la socavación.

La captación lateral estará constituida por un umbral, para evitar el ingreso de material de arrastre del río, una compuerta de corta y un aforador para medición de caudales que ingresan al canal de conducción.

Figura 6-7 Planta Bocatoma Superficial



La ubicación de las bocatomas proyectadas y su caudal de captación se presenta en la Tabla 6-3 .

Tabla 6-3 Bocatomas

Tramo	Punto de captación			Caudal Captación (m ³ /s)
	Río	Coordenadas WGS84		
		Este (m)	Norte (m)	
1	Bocatoma Río Queuco	272211	5808951	37,4
	Bocatoma Río Diguillín	253467	5920479	9,9
	Bocatoma Río Chillán	252717	5925768	8,6
	Bocatoma Río Niblinto	258835	5934419	0,9
	Bocatoma Río Cato	265632	5942970	4,5
	Bocatoma Río Ñuble	268367	5952440	13,7
	Bocatoma Río Perquilauquen	276772	5967163	17,3
	Bocatoma Río Longaví	272774	5987601	3,9
	Bocatoma Río Achibueno	283561	6007615	21,5
	Bocatoma Río Ancoa	288954	6023144	0,9
	Bocatoma Río Palos	322914	6089546	12,0

6.8 Resumen Obras Tipo

En la Tabla 6-4 se presenta un resumen de las obras tipo a lo largo de la canalización.

Tabla 6-4 Resumen obras tipo

Obra Tipo	Tramo 1
Alcantarilla tipo Cajón	156
Media Caña de Tubería	38
Sifón Invertido	8
Canoas	8
Puente Losa	99
Puente de Madera	1015
Bocatomas	10
Obra Distribución o Entrega	0

7 Botaderos

Para el material sobrante de las actividades de excavación, se habilitarán botaderos, los cuales estarán acondicionados para recibir el material que no sea reutilizado. Los criterios para la ubicación de los botaderos son los que se presentan a continuación:

- Superficie media de 10 ha: En algunos sectores esto se hacía dificultoso, dada la cobertura de bosque, el relieve o la presencia de viviendas o infraestructuras de diverso tipo. El botadero de menor superficie es de 5,8 ha y el de mayor superficie es de 21 ha. En los casos en que se daban las condiciones para cumplir con los otros criterios y abarcar una superficie mayor, así se hizo, de manera de compensar la imposibilidad de cumplir con la condición de 10 ha en otros botaderos.
- Pendientes suaves. (menos de 10°)
- Sector de praderas o matorrales.
- Cercanía a red vial existente. Este criterio se hace difícil en el tramo 4, debido a que el trazado pasa por sectores escasamente poblados



- Ubicarse preferentemente dentro del Área de Influencia (500 m de buffer)
- Abarcar la menor cantidad de predios posible.

La localización de los 24 botaderos a lo largo del proyecto se puede apreciar en la Tabla 7-1, en la que se indica la ubicación y superficie de cada uno de ellos.

Tabla 7-1 Botaderos

Tramo	Botadero	Superficie (ha)	Coordenadas WGS84	
			Norte (m)	Este (m)
1	1A	10	242195	5835796
	1B	10	244358	5902197
	1C	14	271065	5969658
	1D	10,1	287173	6021688
	1E	9,8	306208	6115196
	1F	14,8	304156	6140362
	1G	5,8	263882	5808675

8 Instalaciones de Faena

Las instalaciones de faena (IF), corresponden a la habilitación temporal de toda aquella infraestructura de apoyo que permitirá desarrollar las faenas de construcción del Proyecto.

Los criterios para la ubicación de las instalaciones de faena (IF) son los que se presenta a continuación:

- Superficie 1 ha: Se utilizó 2 tipos de dimensiones, 100x100 m o 200x50 m.
- Pendientes suaves (menos de 10°).
- Sector de praderas o matorrales.
- Cercanía a red vial existente. Este criterio se hace difícil en el tramo 4, debido a que el trazado pasa por sectores escasamente poblados
- Ubicarse preferentemente dentro del Área de Influencia (500 m de buffer)
- Abarcar la menor cantidad de predios posible.

Se considera la habilitación de IF, cada una de ellas con una superficie de 1 ha. Cada instalación de faena contará con lo siguiente:



- Cierre perimetral
- Caseta de seguridad y control de accesos.
- Oficinas administrativas
- Bodega y taller
- Servicios higiénicos
- Planta de tratamiento de aguas servidas
- Almacenamiento de agua para servicios sanitarios
- Comedores: dentro de las instalaciones de faena
- Área de acopio de residuos sólidos
- Bodega de almacenamiento temporal de residuos peligrosos
- Bodega de sustancias peligrosas
- Estacionamientos
- Zona de lavado de camiones mixer
- Grupo electrógeno

La localización de las 9 instalaciones de faena a lo largo del proyecto se puede apreciar en la Tabla 8-1, donde se indica la ubicación y superficie de cada una de ellas.

Tabla 8-1 Instalaciones de Faena

Tramo	IF	Superficie (ha)	Coordenadas WGS84	
			Norte (m)	Este (m)
1	1A	1	264040	5808990
	1B	1	258740	5816551
	1C	1	241979	5836010
	1D	1	253930	5863924
	1E	1	249922	5917737
	1F	1	271496	5986750
	1G	1	290162	6031731
	1H	1	297116	6107251
	1I	1	304660	6140507

9 Expropiaciones



Las áreas de expropiación se determinaron utilizando la faja de expropiación para las diferentes secciones del canal en cada uno de los tramos más un 10% de holgura. Las áreas de expropiación fueron discretizadas por tramo y región, y se presentan en la Tabla 9-1.

Tabla 9-1 Área de Expropiación

Tramo	Región	Superficie por Región (ha)	Superficie Total (ha)
1	VIII	1531	3203
	VII	1670	
	VI	1,8	