



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

**ANALISIS OPERACIONAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE PRODUCCION
DEL LITORAL NORTE, V REGIÓN**

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

PEDRO ESTEBAN OLIVARES LANAS

PROFESOR GUÍA:
GERARDO AHUMADA THEODULOZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
FERNANDO HIDALGO
JAIME QUEZADA

SANTIAGO DE CHILE
JUNIO 2008

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

**ANALISIS OPERACIONAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE PRODUCCION
DEL LITORAL NORTE, V REGIÓN**

PEDRO ESTEBAN OLIVARES LANAS

COMISION EXAMINADORA	CALIFICACIONES		
	NOTA (Nº)	(Letras)	FIRMA
PROFESOR GUIA			
SR. GERARDO AHUMADA TH.	_____	_____	_____
PROFESOR CO-GUIA			
SR. FERNANDO HIDALGO	_____	_____	_____
PROFESOR INTEGRANTE			
SR. JAIME QUEZADA	_____	_____	_____
NOTA FINAL EXAMEN DE TITULO	_____	_____	_____

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

SANTIAGO DE CHILE
JUNIO 2008

**RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: PEDRO OLIVARES LANAS
FECHA: 30/06/2008
PROFESOR GUIA: GERARDO AHUMADA TH.**

**ANALISIS OPERACIONAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE PRODUCCION
DEL LITORAL NORTE, V REGIÓN**

Contar con fuentes seguras de agua para la potabilización, es importante para el desarrollo de los asentamientos humanos, de modo que optimizar la producción y la distribución de este recurso, ya no contiene solo una componente económica sino también social, dando vida a los diseños de ingeniería al asegurar el abastecimiento a la población.

Específicamente, en esta memoria se modela el Sistema de Distribución de Producción del Litoral Norte, V Región, utilizando el programa WATERCAD, además de proponer recomendaciones de operación para una situación normal y para casos eventuales o de emergencia.

Para ello fue necesario recopilar los antecedentes catastrales de todos los componentes existentes en este sistema, información acerca de la calidad de las aguas en las captaciones existentes, así como las demandas en las distintas localidades que lo conforman.

Luego se incorporan a la modelación, tanto fuentes de La Ligua, del Litoral Norte propiamente tal, y del río Aconcagua en Concón. O sea, se considera tanto la conducción El Traro por el norte como la conducción Concón por el sur, que permiten abastecer a todo el Litoral Norte.

Finalmente con el análisis de los resultados del modelo, se puede concluir que el abastecimiento de todo el sistema es mucho más seguro utilizando la conducción Concón-La Laguna, considerando además que el río Aconcagua representa una fuente hidrológica mucho más segura que el río La Ligua.

AGRADECIMIENTOS

Mirando hacia el comienzo de mi carrera, no puedo olvidar que Cristo ha sido mi fiel compañero de estudio, y puedo decir que bien han valido la pena tantas horas dedicado a enseñar a niños y jóvenes lo inmenso del amor de Dios, sacrificando por ello horas de sueño para el buen rendimiento en mis ramos durante toda mi carrera. Pero sin duda todo se ve recompensado al saber que he crecido en conocimientos en el área Hidráulica tanto como mi alma ha crecido en acercamiento a Dios, haciendo de mi una persona de bien.

Agradezco a todos quienes me han apoyado durante tantos años de estudio:

- A mis padres que lo dieron todo para que pudiese ser profesional.
- A mis hermanos por su preocupación y apoyo (sobretudo por tantas veces en que me fueron a buscar a la universidad de madrugada).
- A mi novia Alejandra por su amor incondicional que me llevó a seguir siempre adelante, especialmente en los momentos más difíciles.
- A toda mi familia y amigos por sus deseos de éxito.
- Al Padre Cristián Hodge, quien me ha acompañado espiritualmente desde el comienzo de mi carrera.
- A mis amigos de IFARLE que hasta el último momento estuvieron preocupados por la finalización de mis estudios.
- A IFARLE 2 por toda la ayuda prestada y en especial por sus deseos de que al fin concluya esta memoria.
- A Oscar Silva por toda la paciencia y ayuda que tuvo para permitir la realización y conclusión este informe.
- A Alberto Faiguenbaum por su constante preocupación por que terminara de una buena vez esta memoria.
- A Gerardo A. y Ximena Vargas por toda la ayuda prestada.
- A Manuel R. por sus retos para que terminara luego.
- Y a todos aquellos que con su preocupación y amistad desearon siempre que pudiese llegar a ser un Ingeniero.

¡Totus tuus!

A mis Padres que lo dieron todo para por fin ser Ingeniero.

A Jesús por maría

INDICE DE CONTENIDOS

ITEM	TITULO	PAGINA
I.	CAPITULO 1: INTRODUCCION.....	2
I.1.	INTRODUCCION.....	2
I.2.	MOTIVACION.....	4
I.3.	OBJETIVOS.....	5
I.4.	METODOLOGIA.....	6
I.5.	RESULTADOS ESPERADOS.....	7
II.	CAPITULO 2: DESCRIPCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	9
II.1.	UBICACIÓN ZONA EN ESTUDIO.....	9
II.2.	SISTEMA DE PRODUCCION LA LIGUA.....	11
II.2.1.	PLANTA AGUAS CLARAS / PATAGUAL.....	11
II.2.2.	PLANTA GOENECHEA.....	12
II.2.3.	PLANTA QUINQUIMO.....	12
II.2.4.	PLANTA QUINQUIMO 2.....	13
II.3.	SISTEMA DE PRODUCCION LITORAL NORTE.....	15
II.3.1.	LOCALIDADES ABASTECIDAS POR LA ADUCCION EL TRARO-ZAPALLAR Y FUENTES LOCALES.....	15
II.3.2.	SISTEMA PUCHUNCAVÍ.....	19
II.3.3.	SISTEMA RITOQUE / QUINTERO.....	20
II.4.	SISTEMA DE PRODUCCIÓN CONCÓN.....	21
II.4.1.	TRAMO CONCÓN-QUINTERO.....	23
II.4.1.1.	PLANTA ELEVADORA Nº 1.....	24
II.4.1.2.	IMPULSION Nº 1.....	25
II.4.1.3.	ESTANQUE DE CARGA Nº 1.....	26
II.4.1.4.	ADUCCION SANTA JULIA.....	27
II.4.1.5.	DERIVACION QUINTERO.....	28
II.4.2.	TRAMO QUINTERO-HORCON.....	30
II.4.2.1.	CONDUCCION QUINTERO-VENTANAS.....	30
II.4.2.2.	CONDUCCION VENTANAS-HORCÓN.....	32
II.4.2.3.	DERIVACION VENTANAS.....	33
II.4.2.4.	DERIVACION HORCON.....	34
II.4.2.5.	ESTANQUE VENTANAS.....	34
II.4.2.6.	ESTANQUE HORCON.....	36
II.4.3.	TRAMO HORCON-LA LAGUNA.....	37
II.4.3.1.	ADUCCIÓN Nº 1.....	38
II.4.3.2.	PLANTA ELEVADORA Nº 2 (PEAP Nº2).....	39
II.4.3.3.	IMPULSION Nº 2.....	40
II.4.3.4.	ESTANQUE DE CARGA Nº 2.....	41
II.4.3.5.	ADUCCION Nº 2.....	42
II.4.3.6.	INTERCONEXION LA LAGUNA.....	42
II.4.3.7.	TRAMO CUMMINS.....	44
II.4.3.8.	DERIVACION MAITENCILLO.....	44
II.4.3.9.	ESTANQUE MAITENCILLO.....	46
II.4.3.10.	OTRAS DERIVACIONES MENORES.....	46
III.	CAPITULO 3: SEGURIDAD HIDROLÓGICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS EN LAS FUENTES.....	48
III.1.	GENERALIDADES.....	48
III.1.1.	INTRODUCCION.....	48
III.1.2.	HIDROGRAFIA DE LA REGION.....	49
III.1.3.	SECTORES ACUIFEROS DE LAS CUENCAS COSTERAS NORTE.....	50
III.2.	DISPONIBILIDAD LITORAL NORTE.....	53
III.2.1.	INTRODUCCION.....	53
III.2.2.	FUENTES CON RESTRICCIÓN.....	55

III.2.3.	<i>FUENTES SIN RESTRICCIÓN</i>	57
III.3.	DERECHOS DE AGUA.....	59
III.3.1.	<i>Situación Legal en Cuencas de Interés</i>	59
IV.	CAPITULO 4: MODELACION DEL SISTEMA LITORAL NORTE.	62
IV.1.	INTRODUCCION.....	62
IV.2.	DEFINICION DE ALTERNATIVAS.....	63
IV.2.1.	<i>ALTERNATIVA N° 1: Abastecimiento desde La Ligua</i>	63
IV.2.2.	<i>ALTERNATIVA N° 2: Abastecimiento desde Concón</i>	65
IV.3.	DEFINICION DE ESCENARIOS DE DEMANDA.....	67
IV.4.	CALCULO DE CAUDALES PARA LOS DISTINTOS ESCENARIOS DE DEMANDA.....	68
IV.5.	PARAMETROS HIDRAULICOS DEL MODELO.....	76
IV.6.	RESULTADOS DEL MODELO COMPUTACIONAL.....	78
IV.6.1.	<i>ALTERNATIVA N° 1</i>	78
IV.6.2.	<i>ALTERNATIVA N° 2</i>	79
V.	CAPITULO 5: RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN.	83
V.1.	INTRODUCCION.....	83
V.2.	VALVULAS EN LA CONDUCCION.....	83
V.3.	OPERACION NORMAL.....	87
V.4.	OPERACIONES DE EMERGENCIA O EVENTUALES.....	94
V.4.1.	<i>OPERACIONES GENERALES</i>	94
V.4.1.1.	FALLA PEAP UBICADA DENTRO DE RECINTOS.....	94
V.4.1.2.	MANTENCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO DURANTE LA OPERACIÓN DE LA PEAP.....	94
V.4.1.3.	AISLACIÓN COMPLETA DE UNA PEAP.....	95
V.4.1.4.	UTILIZACION DEL BY-PASS EN UN ESTANQUE.....	97
V.4.1.5.	DESAGÜE DE UN ESTANQUE.....	97
V.4.1.6.	ROTURA EN CRUCE VIAL O FERREO DE LA CONDUCCION.....	99
V.4.1.7.	DESAGÜE DE UNA IMPULSION.....	99
V.4.1.8.	MANTENCIÓN O FALLA EN ESTANQUES ANTIGOLPE DE ARIETE.....	101
V.4.1.9.	OPERACIÓN SISTEMA ANTIRETORNO.....	102
V.4.1.10.	OPERACIÓN SISTEMA ANTIROTURA.....	102
V.4.1.11.	CIERRE (O APERTURA) DE VÁLVULAS DE DERIVACIONES.....	103
V.4.1.12.	FALLA VÁLVULA DE CONTROL DE NIVEL DE UN ESTANQUE (NO CIERRA).....	104
V.4.1.13.	FALLA VÁLVULA DE CONTROL DE NIVEL DE UN ESTANQUE (NO ABRE).....	104
V.4.1.14.	MANTENCIÓN VÁLVULA REDUCTORA EN ESTACIONES REDUCTORAS DE PRESION (ERP).....	105
V.4.2.	<i>OPERACIONES PARTICULARES DE IMPORTANCIA</i>	106
V.4.2.1.	FALLA DEL SISTEMA DE DETENCIÓN DE BOMBAS POR NIVELES EN EL ESTANQUE N°2.....	106
V.4.2.2.	OPERACIÓN DE BY-PASS DEL ESTANQUE DE CARGA N°2.....	106
V.4.2.3.	CIERRE VÁLVULA DE SALIDA ESTANQUE DE CARGA N° 2.....	107
V.4.2.4.	OPERACIÓN DEL DESAGÜE DEL TRAMO CUMMINS.....	108
V.4.2.5.	OPERACIÓN CÁMARAS DE VÁLVULAS DE ATRAVIESO QUEBRADA.....	109
V.4.2.6.	MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN PLANTA RITOQUE.....	109
V.4.2.7.	OPERACIÓN DEL BY-PASS DE LA PEAP CONCON.....	110
V.4.2.8.	BOOSTER VICUÑA.....	112
V.4.3.	<i>CONSIDERACIONES GENERALES</i>	113
VI.	CAPITULO 6: CONCLUSION	115
	BIBLIOGRAFIA	119

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. División Política de la V Región.	10
Ilustración 2. Trazado en Planta Sistema La Ligua, sector La ligua.....	14
Ilustración 3. Trazado en Planta Sistema La Ligua, sector Quinquimo.	14
Ilustración 4. El Tranque de Papudo.	16
Ilustración 5. Sector La Laguna.	18
Ilustración 6. Trazado en Planta Impulsión N° 1.....	26
Ilustración 7. Planta trazado Aducción Santa Julia.....	29
Ilustración 8. Planta trazado Conducción Quintero-Ventanas.....	31
Ilustración 9. Planta trazado Conducción Ventanas-Horcón (Hasta Ruta F-152)	33
Ilustración 10. Estanque Ventanas.....	35
Ilustración 11. Estanque Horcon.....	36
Ilustración 12. Planta trazado Derivación Horcón y Aducción N° 1.	38
Ilustración 13. Planta trazado Impulsión N° 2.....	40
Ilustración 14. Planta trazado Aducción N° 2.	43
Ilustración 15. Planta trazado Aducción N° 2.	45
Ilustración 16. Identificación de Cuencas Costeras Norte en V Región. ^[1]	51
Ilustración 17. PEAP El Traro.....	96
Ilustración 18. Planta Catapilco.	96
Ilustración 19. Cámara de Válvulas de Salida del Estanque de Carga N° 2.	98
Ilustración 20. Construcción del Estanque Maitencillo.	98
Ilustración 21. Construcción Atraveso Río Aconcagua.....	100
Ilustración 22. Atraveso bajo Estero Santa Julia.	101
Ilustración 23. Instalación Estanque Hidroball en PEAP N° 2.	103
Ilustración 24. Instalación Conducción Quintero-Ventanas.....	104
Ilustración 25. Estanque de Carga N° 2.	108
Ilustración 26. Planta Ritoque.....	110

INDICE DE CUADROS

Cuadro II.1. Derivaciones Futuras en la Conducción.	46
Cuadro III.1. Cantidad y Tipos de Captaciones en cada Fuente. ^[2]	54
Cuadro III.2. Caudal de Extracción Recomendado por Planta (Fuentes con Restricción). ^[2]	56
Cuadro III.3. Caudal Disponible Fuentes Sin Restricción. ^[2]	57
Cuadro III.4. Caudal Disponible Fuentes Sin Restricción. ^[2]	58
Cuadro III.5. Resumen Situación en Zona Litoral Norte. ^[2]	60
Cuadro IV.1. Nodos con Consumo en Modelo Computacional. Alternativa N° 1.	68
Cuadro IV.2. Nodos con Consumo en Modelo Computacional. Alternativa N° 2.	69
Cuadro IV.3. Nodos con Consumo Máximo Diario.	70
Cuadro IV.4. Nodos con Consumo Máximo Horario.	71
Cuadro IV.5. Procedencia de la Información.	72
Cuadro IV.6. Caudales de Localidades con Datos P.D.	72
Cuadro IV.7. Relación porcentual entre Periodo no Punta y Punta de los datos obtenidos de la SISS.	73
Cuadro IV.8. Caudales de Localidades con Datos de Proyecto.	73
Cuadro IV.9. Relación Porcentual entre Estanques de Distribución en Zapallar.	74
Cuadro IV.10. Relación Porcentual entre Estanques de Distribución en Cachagua.	74
Cuadro IV.11. Relación Porcentual entre Estanques de Distribución en Quintero.	74
Cuadro IV.12. Caudales en Nodos con Consumo de Alternativa N° 1.	75
Cuadro IV.13. Caudales en Nodos con Consumo de Alternativa N° 2.	75
Cuadro IV.14. Coeficientes de Hazen-William.	76
Cuadro IV.15. Eficiencia Motobombas.	77
Cuadro V.1. Válvulas en la Conducción El Traro.	84
Cuadro V.2. Válvulas en la Conducción Concón-La Laguna.	85
Cuadro V.3. Válvulas en la Conducción Concón-La Laguna (Continuación).	86
Cuadro V.4. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO	87

Cuadro V.5. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO	88
Cuadro V.6. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO	89
Cuadro V.7. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO	90
Cuadro V.8. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO	91
Cuadro V.9. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO	92
Cuadro V.10. COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL PARA ABASTECIMIENTO DESDE LA LIGUA.....	93
Cuadro V.11. COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL PARA ABASTECIMIENTO DESDE CONCON.....	93
Cuadro V.12. ESTADO DE ELEMENTOS AL UTILIZAR EL BY-PASS DE LA PEAP CONCON	111

CAPITULO I

INTRODUCCION

I. CAPITULO 1: INTRODUCCION

I.1. INTRODUCCION.

En general, se denomina agua potable a la tratada para su consumo humano según estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales, y según la OMS, es aquella que asegure su inocuidad mediante la eliminación o la reducción a una concentración mínima de los componentes peligrosos para la salud.

Nadie puede negar la importancia que tiene para la salud humana la potabilización del agua, por ello es que en Chile se trata de que toda la población cuente con agua potable, ya sea a través de ayudas gubernamentales como el Agua Potable Rural (APR) ó a través de empresas privadas o públicas que abastecen a las ciudades de nuestro país.

En la V Región de Valparaíso, la principal empresa encargada de la prestación de servicios sanitarios es ESVAL S.A, la cual abastece a 52 localidades de la V Región y que en la actualidad está desarrollando diversos proyectos de saneamiento y potabilización, destacándose aquellos en desarrollo en las localidades costeras del norte de la región, que pertenecen a las Provincias de Petorca y Valparaíso. En las citadas provincias es donde se centrará esta memoria, abordando específicamente la operación del sistema de distribución de producción del Litoral Norte.

El Sistema Litoral Norte comprende las localidades de: Papudo, Zapallar, Cachagua, La Laguna, Puchuncaví y Quintero. Adicionalmente, para efectos de esta memoria, se incluirá el abastecimiento de Maitencillo y loteos entre Quintero y Concón, que no pertenecen al área de concesión de ESVAL S.A. pero que serían factibles de alimentar desde este sistema.

Siendo el litoral una zona turística, de gran afluencia de población durante el verano y de gran proyección inmobiliaria, ESVAL S.A., en conocimiento de las dificultades de abastecimiento de agua potable en la época de verano, está desarrollando un proyecto de conducción de Agua Potable desde Concón hasta Zapallar, del cual ya está construido el tramo desde Concón a La Laguna, incluyendo un sector denominado Tramo Cummins que va desde La Laguna hacia el norte, en el sector de los condominios Costa Cachagua, Cantagua y Pinares de Cachagua.

El comportamiento del sistema Litoral Norte (incluyendo la conducción descrita anteriormente) ante distintos escenarios de demanda y el análisis de alternativas de abastecimiento del sistema, ya sea desde el sur (Concón) o desde el norte (La Ligua), será el tema de esta memoria.

Particular atención tendrá el sector de La Laguna, en el cual se produce una situación de reversibilidad del flujo, puesto que en dicha zona se ubican dos estanques de almacenamiento que son alimentados desde el norte y que actualmente también pueden ser alimentados desde el sur. Lo anterior permite abastecer de agua potable a los particulares ubicados entre La Laguna y Cachagua tanto desde la cuenca del Río La Ligua (norte) como desde la cuenca del Río Aconcagua (sur).

En este estudio se pretende modelar el Sistema Litoral Norte utilizando el programa WATERCAD, optimizando el abastecimiento del sistema y realizando recomendaciones de operación para una situación normal y para casos eventuales y de emergencia en el sistema.

I.2. MOTIVACION.

El agua hoy en día se ha convertido en un elemento escaso y más aún si se desea encontrar libre de contaminación, ya sea natural o antropogénica. Es así como la potabilización del agua es fundamental para evitar que la población mundial muera por enfermedades que se transmiten a través de aguas contaminadas.

En la actualidad, Chile a tomado conciencia de la importancia de que todos sus habitantes dispongan de agua potable, por lo que las empresas sanitarias están constantemente desarrollando proyectos de abastecimiento de agua potable en lugares donde aún no existe.

Se ha escogido como base de esta memoria el Sistema Litoral Norte debido a su gran envergadura y la importancia que tiene en la zona costera de la V Región como centro de veraneo, además del gran crecimiento inmobiliario que ha tenido en los últimos años.

La construcción de la conducción de agua potable Concón-Zapallar, desarrollada por Esva S.A., es un hito que lleva consigo no solo un estudio hidráulico para verificar la disponibilidad de agua en la zona, sino también entrega una componente social importante, debido a la necesidad de agua potable que tienen las personas de esa zona.

Lo anterior da una gran importancia al desarrollo de esta memoria, pues asegurar el agua bajo distintos escenarios de demanda, es relevante no solo para un óptimo funcionamiento de la conducción, sino que además tiene un valor agregado debido a las expectativas sociales que hay en el proyecto.

I.3. OBJETIVOS.

Objetivo General

“Modelar el comportamiento del Sistema Litoral Norte frente a diferentes condiciones de demanda y operación.”

Objetivos Específicos

- 1) Realizar una descripción actual y futura del Sistema Litoral Norte, estableciendo todas las componentes operativas en la actualidad (estanques, plantas elevadoras, válvulas en la línea, etc.) y las que se proyectan a futuro.

- 2) Analizar las demandas presentes y futuras del Sistema Litoral Norte.

- 3) Establecer un modelo hidráulico, utilizando para ello un programa computacional (WATERCAD) que simule la operación del Sistema Litoral Norte para distintos cortes de tiempo.

- 4) Realizar recomendaciones sobre la operación del Sistema Litoral Norte, optimizando su funcionamiento en operación normal y para casos de emergencia.

I.4. METODOLOGIA.

- Descripción actual y futura del Sistema Litoral Norte.

Primero se describe la ubicación geográfica del Sistema Litoral Norte, señalando las localidades más importantes, así como las provincias y comunas involucradas.

Se realiza un resumen de las componentes hidráulicas más relevantes como estanques y estaciones elevadoras de agua potable.

- Análisis de las demandas presentes y futuras del Sistema Litoral Norte.

A partir de informes existentes, se obtienen las demandas presentes y futuras en toda el Sistema Litoral Norte, por lo que se analizará su variación en distintos periodos de tiempo y se creará un diagrama unilineal para facilitar la etapa de modelación del sistema.

- Establecimiento de un modelo que simule la operación del Sistema Litoral Norte para distintos cortes de tiempo.

Con las demandas conocidas y el diagrama unilineal establecido, se modela el Sistema Litoral Norte en el programa WATERCAD, señalando sus componentes hidráulicas más relevantes y creando nodos de consumo que representen de la mejor manera posible la situación general del sistema.

- Realizar recomendaciones sobre la operación del Sistema Litoral Norte, optimizando su funcionamiento en operación normal y para casos de emergencia.

Utilizando el modelo computacional se verifica la situación actual y futura del Sistema Litoral Norte, lo que permite realizar recomendaciones de operación y optimización del sistema, especialmente en el sector de La Laguna.

I.5. RESULTADOS ESPERADOS.

- Catastro y diagnostico hidráulico de instalaciones existentes.
- Establecer un modelo de optimización del Sistema Litoral Norte y realizar observaciones a la operación en dicho sector.
- Establecer recomendaciones de operación para una situación normal, eventualidades y casos de emergencia en el Sistema Litoral Norte.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

II. CAPITULO 2: DESCRIPCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

II.1. UBICACIÓN ZONA EN ESTUDIO.

La zona en estudio se ubica en la V Región de Valparaíso y es una de las quince regiones en las que se encuentra dividido Chile. Limita al norte con la IV Región de Coquimbo, al sureste con la Región Metropolitana de Santiago, al sur con la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, al este con la República Argentina y al oeste con el Océano Pacífico.

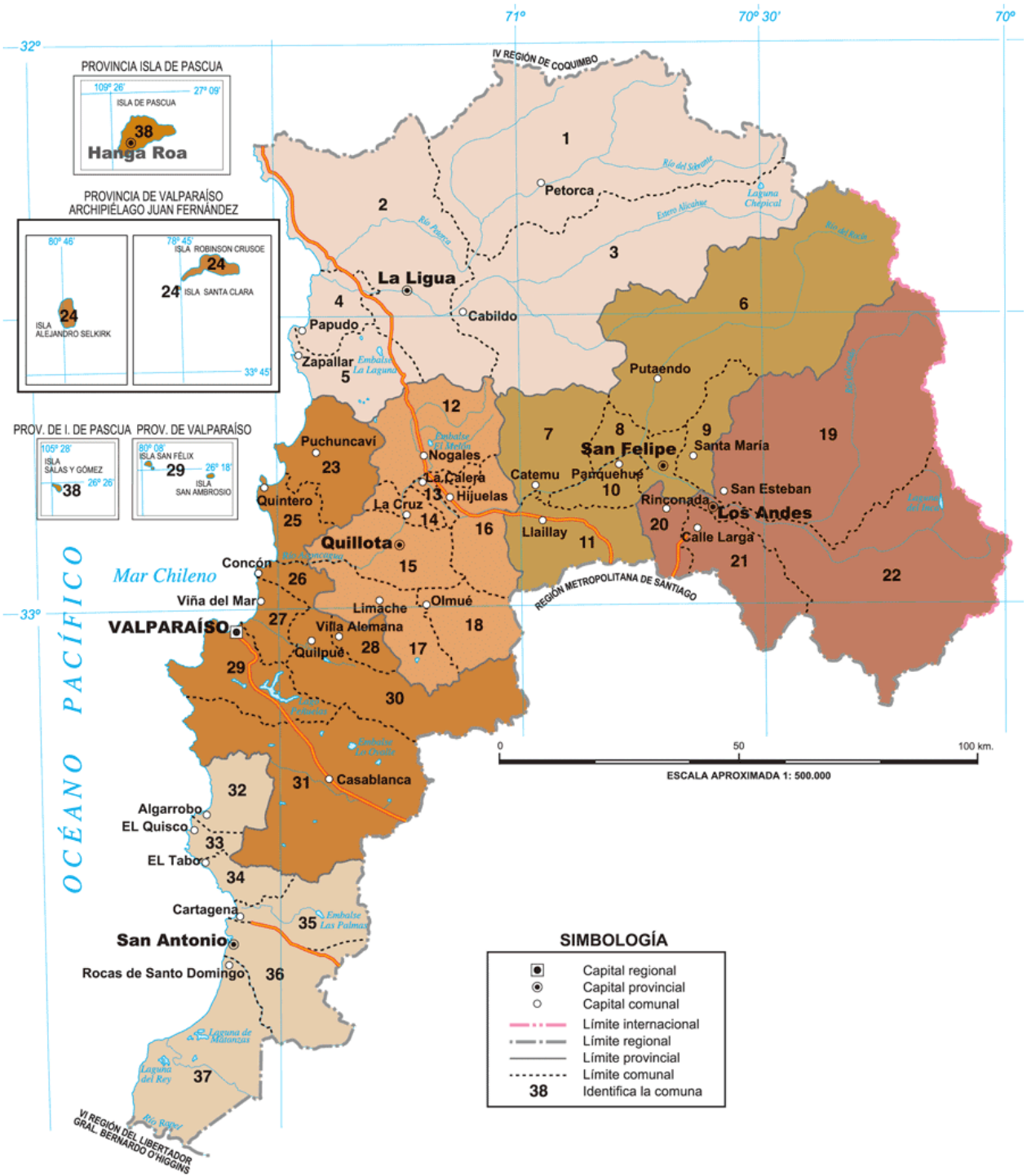
Cuenta con una superficie de 16.396,1 [Km²] y una población estimada al año 2006 de 1.682.005 habitantes. La región está compuesta por las provincias de Isla de Pascua, Los Andes, Petorca, Quillota, San Antonio, San Felipe de Aconcagua y Valparaíso y la capital regional es la ciudad de Valparaíso, sede del Congreso Nacional de Chile.

La región incluye los territorios del denominado Chile insular, dentro de los que se encuentran el Archipiélago Juan Fernández, las Islas Desventuradas y las islas polinésicas de Isla de Pascua (o Rapa Nui) y la isla Sala y Gómez. Existen 38 comunas distribuidas en todas las provincias.

ESVAL S.A. es la empresa encargada de abastecer de agua potable a gran parte de la V Región. La empresa ha dividido su accionar en el Litoral en tres zonas: Litoral Norte Gran Valparaíso y Litoral Sur.

El Sistema Litoral Norte comprende las comunas de: Quintero, Puchuncaví (pertenecientes a la Provincia de Valparaíso), Zapallar y Papudo (pertenecientes a la Provincia de Petorca). Adicionalmente abarca a la comuna de Concón en donde se emplaza el sistema productivo.

Ilustración 1. División Política de la V Región.



II.2. SISTEMA DE PRODUCCION LA LIGUA.

En este estudio se considerará el sistema de producción de La Ligua, pues el excedente de este sistema se conduce en la actualidad a parte del sistema Litoral Norte. Cabe destacar que de este sistema solo nos interesa su conexión con el Litoral Norte, por lo que se describirá someramente su sistema de producción.

El Sistema La Ligua abastece a las localidades de La Ligua, Placilla, La Chimba, Quínquimo y Pullalli, y consta de los siguientes sistemas de producción:

1. Planta Aguas Claras / Patagual
2. Planta Goenechea
3. Planta Quinquimo
4. Planta Quinquimo 2

II.2.1. PLANTA AGUAS CLARAS / PATAGUAL.

Se ubica en el sector nor-oriental de la ciudad de La Ligua y posee siete fuentes individuales, de las cuales sólo cinco se encuentran actualmente en uso.

Los pozos y sondajes de la Planta Aguas Claras depositan el agua captada en un estanque de acumulación de 50 [m³] de capacidad, ubicado al interior de la planta. Luego, el agua es clorada y fluorada, para ser impulsada a los estanques Bajo (Nº1) y Medio (Nº2), que satisfacen la demanda de agua potable de los sectores bajo y medio de La Ligua. Finalmente desde el estanque Nº2 se reeleva agua hacia el estanque Alto (Nº3), que abastece la red alta de La Ligua.

El agua de esta planta está totalmente destinada al consumo en la ciudad de La Ligua.

II.2.2. PLANTA GOENECHEA.

Esta planta se ubica en el sector norte de la ciudad de La Ligua, en el extremo norte de calle Goenechea en la ciudad de La Ligua.

Consta de dos drenes y dos norias que abastecen los sectores de El Arrayán y El Rayado de La Ligua, además de Placilla, La Chimba y Quinquimo Oriente. El agua es conducida a un estanque de acumulación de hormigón armado de 100 [m³] de capacidad; luego es clorada, fluorada e impulsada al estanque El Rayado, desde donde abastece el sector denominado El Rayado y las localidades de Placilla, La Chimba, Quinquimo Oriente y Jaruro.

Desde el Estanque El Rayado también se eleva agua hacia el estanque El Arrayán, el cual abastece el sector del mismo nombre. El caudal sobrante producido es entregado al estanque Quinquimo.

II.2.3. PLANTA QUINQUIMO.

Se encuentra ubicada entre las localidades de Placilla y Quinquimo. Esta planta fue construida para enviar agua potable, en su mayor proporción, al sector de Papudo. Su capacidad es de 25 [l/s] de producción. La planta cuenta con tres sondajes, y por su mala calidad en cuanto a manganeso se utiliza permanganato para precipitar el manganeso y posteriormente se utilizan filtros Green Sand.

El agua, luego de ser clorada y tratada, es conducida a dos estanques de acumulación de fibra de vidrio de 75 [m³] de capacidad cada uno. Posteriormente se adiciona flúor y finalmente se eleva al estanque Quinquimo (o Placilla), desde donde se abastecen los sectores de Pullalli y Quinquimo Poniente.

El exceso de agua es conducido hasta el estanque de acumulación de la planta el Traro, de 27 [m³] de capacidad, desde donde es impulsada al estanque Papudo.

II.2.4. PLANTA QUINQUIMO 2.

Tiene capacidad instalada de 15 [l/s] y el tratamiento para sus aguas es similar al de la planta Quinquimo. Consta de 4 fuentes independientes, cuyas aguas son conducidas hasta un estanque de acumulación de 100 [m³] de capacidad. Luego de este estanque, existe una planta elevadora y el agua es clorada, fluorada y sometida a una filtración en presión con flocodencatación, para abatir el fierro – manganeso. Luego el agua es acumulada en otro estanque de 100 [m³] de capacidad y de allí es impulsada hacia la conducción que va desde el estanque Quinquimo a la planta El Traro.

Ilustración 2. Trazado en Planta Sistema La Liga, sector La liga.

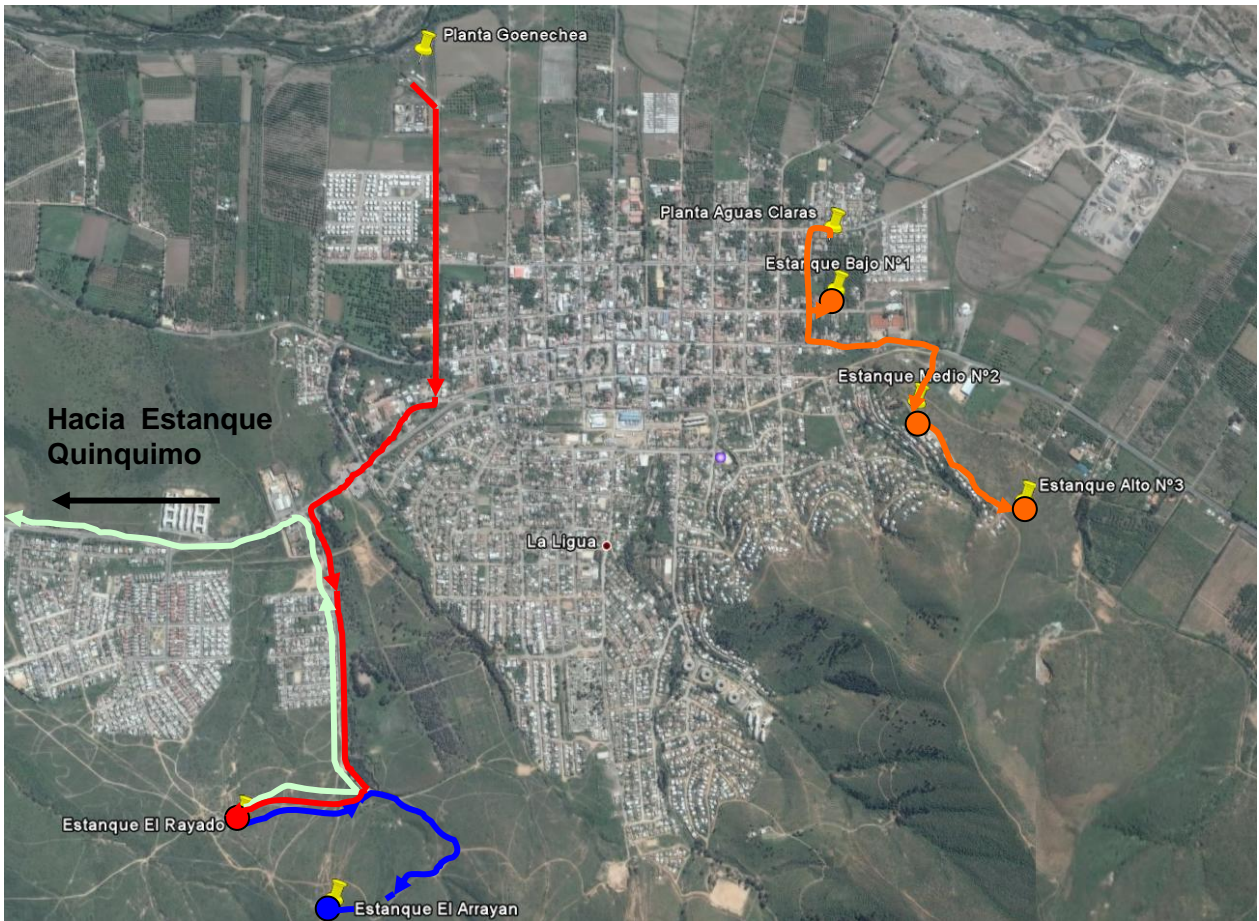


Ilustración 3. Trazado en Planta Sistema La Liga, sector Quinquimo.



Nota: los trazados son estimativos, de acuerdo con la información con la que se cuenta.

II.3. SISTEMA DE PRODUCCION LITORAL NORTE.

El sistema Litoral Norte contiene a los siguientes sistemas independientes:

- Localidades abastecidas por la Aducción El Traro-Zapallar y fuentes locales.
- Sistema Puchuncaví.
- Sistema Ritoque / Quintero.

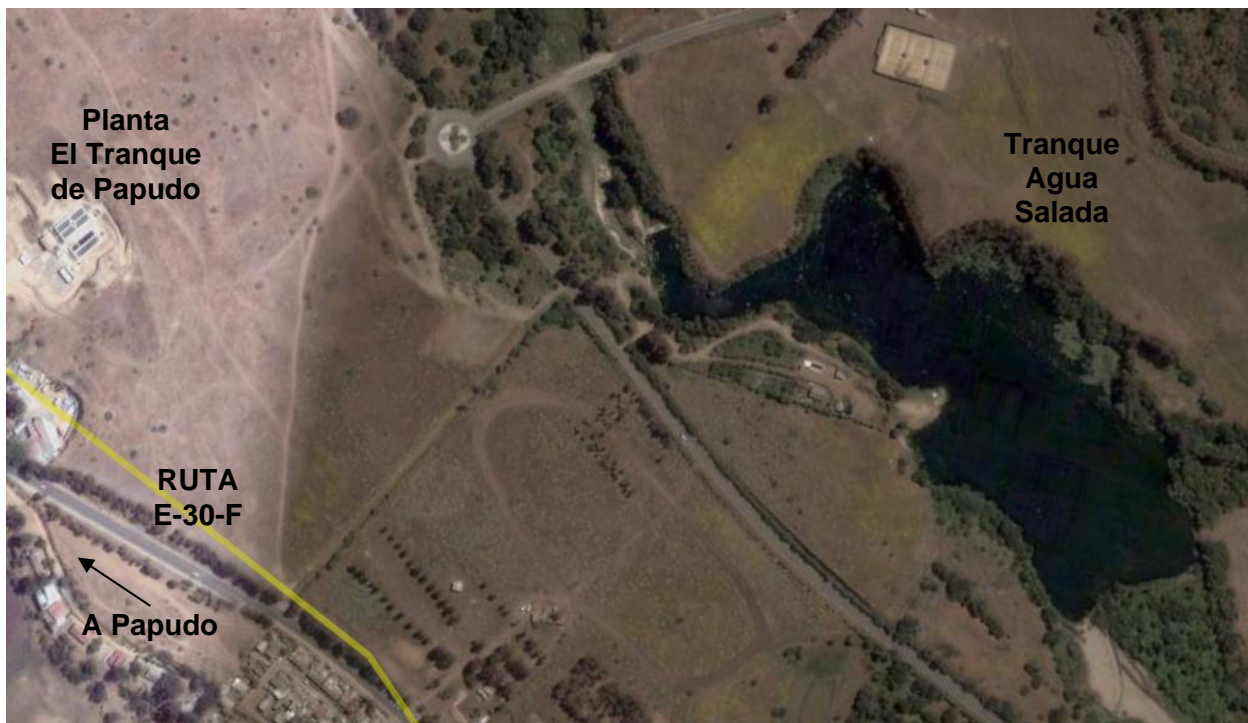
II.3.1. LOCALIDADES ABASTECIDAS POR LA ADUCCION EL TRARO-ZAPALLAR Y FUENTES LOCALES.

Desde La Ligua, las aguas excedentes del Estanque Quinquimo y de la Planta Quinquimo 2, son llevadas al Estanque de Acumulación El Traro de 27 [m³]. Luego desde la Planta el Traro, el agua es elevada hacia el Estanque de Carga El Traro de 10 [m³], desde donde nace la Conducción El Traro que alimenta el Estanque Compax en Papudo.

La comuna de Papudo se abastece desde el Estanque Compax de 2.000 [m³], el que es alimentado por la conducción El Traro y por la Planta El Tranque de Papudo, ubicada al costado del tranque Agua Salada, en el sector oriente de la localidad.

El tranque Agua Salada corresponde a un embalse artificial que se ubica en la quebrada Agua Salada, que dista unos 4 a 5 [Km] al oriente del balneario de Papudo, aprovechando la cuenca del estero. El eje de la presa se encuentra a unos 800 [m] al poniente de esta vía y está materializada en una pantalla delgada de 4,6 [m] de altura máxima con una extensión en su coronamiento de 25 [m]. Según los antecedentes de ESVAL S.A., la capacidad de este embalse es de unos 115.000 [m³].

Ilustración 4. El Tranque de Papudo.



El sistema de producción El Tranque, consiste básicamente en un conjunto de drenes ubicados bajo un tranque artificial que se alimenta de las aguas lluvias sobre la cuenca del estero Agua Salada y de una entrada al tranque por un afluente conocido como El Tigre, que proviene de la captación de una vertiente ubicada a 3.000 [m] del tranque y aporta 5,5 [l/s].

El agua captada por los drenes presenta exceso de Fierro y Manganeso, por lo que es tratada por filtros y conducida a un estanque de acumulación de 30 [m³] de capacidad. Luego el agua es clorada, fluorada y es impulsada hasta el estanque Compax que abastece a la comuna de Papudo.

El excedente de agua del Estanque Compax de Papudo se impulsa por medio de la Planta elevadora Papudo, a través de la conducción Papudo-Zapallar. El agua llega hasta el estanque Zapallar Bajo de 750 [m³], que abastece la parte baja de la comuna de Zapallar.

Desde el Estanque Zapallar bajo, y a través de una reelevadora, se llena el estanque Zapallar Medio de 500 [m³]; a su vez con otra reelevadora se llena el Estanque Zapallar Alto de 300 [m³] desde el estanque medio. Los nombres de los estanques concuerdan con el sector al que abastecen en la comuna de Zapallar.

Además de la reelevadora hacia el estanque Zapallar Medio, a la salida del Estanque Zapallar Bajo esta la Planta Elevadora Zapallar que conduce el agua hacia el sector de Cachagua. Sin embargo esta bomba no es capaz de elevar el agua hasta el estanque en Cachagua, por lo que existe la Planta elevadora booster El Pangué que permite llevar el agua hasta el estanque Cachagua Bajo de 320 [m³] (que abastece la parte Baja de Cachagua) y la conducción hacia La Laguna.

Desde el Estanque Cachagua Bajo, se eleva agua hacia el Estanque Cachagua Alto de 450 [m³] que abastece la zona alta de Cachagua.

Desde el estanque Cachagua Alto, la conducción Catapilco-Cachagua conduce el excedente de agua hacia los estanques Canela (también denominado La Laguna) y Catapilco a través de la Reelevadora Booster Vicuña, ubicada antes del comienzo del paralelismo de la conducción con la Ruta E-30-F, en el comienzo de los terrenos del Sr. Cummins, cerca del Condominio Cantagua por el norte. Los estanques mencionados anteriormente están ubicados en el sector de La Laguna y son de 300 [m³] y 100 [m³] respectivamente.

El estanque Catapilco funciona como estanque de cola, es decir, una vez lleno utiliza la misma conducción que lo alimenta para distribuir el agua para consumo. Esto implica que la conducción Catapilco-Cachagua permite la reversibilidad del flujo hasta el estanque Zapallar Bajo (donde nace esta conducción), y provoca un aumento de

presión en la zona de Cachagua, por lo que existe una válvula reductora de presión entre la reelevadora Cachagua y la reelevadora El Pangué.

Además de la alimentación proveniente de Cachagua, el Estanque Catapilco también es alimentado desde la Planta de Tratamiento de agua Potable Catapilco, ubicada al costado sur del lecho del estero Catapilco, unos 3 [Km] al oriente de la localidad de La Laguna. La planta Catapilco cuenta con cuatro drenes y una malla de punteras, los que se ubican próximos al estero Catapilco.

El agua presenta mala calidad físico-química por lo que recibe tratamiento antes de ser conducida a un estanque de acumulación de agua filtrada de 50 [m³] de capacidad. Luego el agua es clorada, fluorada y es impulsada ya sea al estanque de cola Catapilco, o bien, directamente a la interconexión que alimenta la localidad de La Laguna. Las localidades de Zapallar y Cachagua se alimentan, exclusivamente, de la interconexión.

Ilustración 5. Sector La Laguna.



II.3.2. SISTEMA PUCHUNCAVÍ.

La Planta de tratamiento de Agua Potable se ubica al norte de la localidad de Puchuncaví y cuenta con tres sondajes junto al estero Puchuncaví. Además, se encuentra en operación un nuevo pozo, con el fin de alimentar la parte alta de Puchuncaví.

La calidad del agua es definida como buena. Si bien existe tratamiento con filtros tipo Green Sand, no es necesario su uso.

Actualmente, los tres sondajes antiguos producen agua que es clorada, fluorada y transportada hasta el estanque El Alambre (también llamado Estanque Bajo de Puchuncaví) de 180 m³, desde donde se abastece el sector de Puchuncaví.

Por otro lado, el sondaje recientemente construido (pozo N°4), produce agua que es clorada, fluorada y conducida hasta una sentina de aspiración de 50 [m³] de capacidad. Desde dicha sentina el agua se puede derivar al sector de Puchuncaví; o bien, puede ser impulsada a través de la Planta Diego de Almagro, hasta el estanque La Virgen (también denominado Estanque Alto de Puchuncaví) de 200 [m³], desde donde se abastece el sector de Cruz del Llano.

II.3.3. SISTEMA RITOQUE / QUINTERO.

La planta de producción de agua potable de Ritoque se encuentra ubicada unos 3 [Km] al sur de la localidad de Quintero, en el sector de las Dunas de Ritoque y abastece de agua para consumo humano a la localidad de Quintero. Esta planta está compuesta por varios sistemas de mallas de punteras ubicadas cerca de la línea de la costa.

La información disponible indica que las captaciones en la Planta Ritoque son usadas en forma alternada para reducir los problemas de calidad de las aguas subterráneas relacionadas con la presencia de cloruros debido a la cercanía al mar

Fuera de las captaciones incluidas en la Planta Ritoque, se incluyen dos captaciones no habilitadas, ubicadas en las cercanías de Quintero (Pozo noria Valle Alegre y Pozo noria Santa Julia).

Las aguas de todas las fuentes citadas conducen su producción hacia un estanque semienterrado de 500 m³ de capacidad, ubicado en el mismo recinto que funciona como estanque de acumulación. Luego el agua es clorada, fluorada e impulsada hasta el estanque Victoria en Quintero.

Para alimentar toda la localidad de Quintero, además del Estanque Victoria existen otros 4 estanques distribuidos en dos recintos independientes que abastecen la parte sur y norte de la localidad.

Los estanques elevados Peninsular Bajo de 350 [m³] y Peninsular Alto de 300 m³ abastecen la zona norte de Quintero. El Estanque semienterrado La Cruz Bajo de 500 [m³] y el Estanque elevado La Cruz Alto de 650 [m³] abastecen la parte sur de la localidad.

Los cuatro estanques descritos anteriormente se abastecen desde el Estanque Victoria, desde allí se eleva agua independientemente hacia los estanques La Cruz Bajo y Peninsular Bajo, los cuales a su vez elevan nuevamente el agua hacia los estanques La Cruz Alto y Peninsular Alto, respectivamente.

II.4. SISTEMA DE PRODUCCIÓN CONCÓN.

Esta planta se ubica cercana a la desembocadura del Río Aconcagua, en la localidad de Concón. Capta superficialmente las aguas del río a través de una bocatoma, para luego elevar las aguas hacia el inicio de la línea de tratamiento, por medio de una tubería de acero de diámetro 700 [mm]. También cuenta con un sistema dren (Dren Colmo) que se encuentra ubicado bajo el lecho del río Aconcagua, aproximadamente en la confluencia de este y el Estero Limache, unos 6 km al oriente de la desembocadura del río Aconcagua, en Concón.

La planta esta emplazada en una superficie aproximada de 27.000 [m²]

Las aguas del río son potabilizadas a través de Tratamiento Convencional para luego ser depositadas en un estanque de almacenamiento de 1.000 [m³] de capacidad. Esta fuente posee una excelente disponibilidad de recurso hídrico, por lo que se considera parte importante de esta memoria.

ESVAL S.A. ha construido una conducción desde la planta de tratamiento del sistema Concón hasta el sector de Cachagua, con el objeto de complementar las demandas de las localidades del Sistema Litoral Norte hasta Zapallar. De acuerdo con el “Estudio de Disponibilidad de Recursos Hídricos Dren Colmo” desarrollado por AC Ingenieros

Consultores en el año 2002, ESVAL S.A. solicitó derechos a la DGA por 650 [l/s] sobre aguas subterráneas del río Aconcagua, en el sector de Colmo, aguas arriba de la localidad de Concón.

Por resolución DGA V región N° 0129 del 3 de diciembre de 2002 se constituyeron derechos de uso de aprovechamiento consuntivo, de ejercicio permanente y continuo por un caudal de 415 [l/s]. Sin embargo, en dicha resolución también se establece que el titular del derecho de aprovechamiento, en este caso ESVAL, debería dejar pasar un caudal superficial de 3.685 [l/s]. En la práctica ello implica que en años de probabilidad de excedencia mayor o iguales a 90%, ESVAL S.A. no puede ejercer su derecho.

Una vez teniendo disponibilidad de agua, se diseña y construye una conducción para abastecer a los sistemas de agua potable del sector costero de la Comuna de Puchuncaví y Zapallar, principalmente las localidades de Ventana, La Greda, Horcón, Campiche, Puchuncaví, El Paso, Rungue, Maitencillo, La Laguna, Cachagua y Zapallar. Además de lo anterior, se contempla la entrega de agua potable a la Comuna de Quintero (Quintero y Loncura), el abastecimiento a proyectos inmobiliarios e industrias de la zona, considerando las factibilidades solicitadas, y la conexión e integración, logrando un sistema interconectado de la conducción que irá desde la captación del río Aconcagua hasta la conducción Catapilco-Cachagua en Zapallar.

El trazado adoptado para esta conducción, emplea como eje principal a la Ruta F-30-E y otros caminos secundarios en torno a ésta. La conducción fue construida por tramos a partir del año 2003, hasta ser finalizada recientemente en Febrero del 2008. Los tramos se describen a continuación:

1. Tramo Concón-Quintero, construido en el año 2003.
2. Tramo Quintero-Horcón, construido el año 2006.
3. Tramo Horcón La Laguna, construido el año 2007. Incluye Tramo Cummins.

II.4.1. TRAMO CONCÓN-QUINTERO.

Este tramo cuenta principalmente con las siguientes obras:

- i. Planta Elevadora N°1
- ii. Impulsión N°1
- iii. Estanque de Carga N°1
- iv. Aducción Santa Julia
- v. Derivación Quintero

II.4.1.1. PLANTA ELEVADORA Nº 1.

La PEAP estará ubicada dentro del recinto de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de ESVAL S.A. en Concón, que se emplaza en la ribera sur del río Aconcagua, distante alrededor de 2 [Km] de su desembocadura al mar. La planta elevadora esta inserta en el sector nor-poniente de la Planta Concón y consta de una batería de 5 (sistema 4+1) bombas de pozo profundo de eje vertical, que aspiran desde cilindros de acero dispuestos para cada equipo y las correspondientes interconexiones hidráulicas. Las aguas son sacadas desde el estanque de acumulación de 1000 [m³] ubicado en la planta.

Las aguas elevadas se impulsan hasta el Estanque de Carga Nº1, proyectado en el cerro mirador de Quintero. Los cilindros metálicos en que se disponen las bombas se alimentan desde el estanque enterrado existente de 1.000 [m³], ubicado dentro del recinto de Concón, y previo paso por una cámara de válvulas destinada al corte de flujo hacia cada bomba independientemente.

A un costado de la PEAP, en la línea de impulsión se considera un estanque Hidroball para el control del golpe de ariete de 6 [m³].

Las interconexiones entre la PEAP y la impulsión se consideran en acero de diámetro 500 [mm] PN25, apta para soportar los transientes a que estará sometida la impulsión.

Una tubería de by-pass entre la impulsión Eduardo Aguirre (ubicada aguas arriba de la Planta Concón) y la Impulsión Nº1 aprovecha los recursos en exceso, en algunas épocas del año, en los estanques Eduardo Aguirre (ubicados a mayor cota que el Estanque de Carga Nº1 proyectado y aguas arriba de la Planta Concón). El by-pass tendrá un diámetro de 660 [mm].

II.4.1.2. IMPULSION N° 1.

La Impulsión N°1 (también denominada Impulsión Concón) consiste en una tubería de acero ASTM A36, diámetro 660,4 [mm], en espesores que van desde los 9 [mm] a los 5 [mm], obedeciendo a los requerimientos de presión a que está sometida la tubería, producto del golpe de ariete al detenerse los equipos de bombeo de la PEAP N°1.

El trazado para la impulsión contempla una longitud total de 4.756 [m], desarrollándose entre la planta elevadora dentro del recinto de ESVAL S.A. en Concón y el sector denominado cerro Mirador de Quintero (Estanque de Carga N°1).

Luego de atravesar el río Aconcagua, la impulsión se desarrolla paralela a la línea férrea costera, atravesándola para seguir hacia el norte a través de una servidumbre de paso por terrenos particulares. En el trayecto por la servidumbre, debe atravesar la Ruta F-240 en Concón y el estero Santa Adela.

El cruce del río es en cañería de acero ASTM A36 de 762 [mm] de diámetro exterior y 10 [mm] de espesor, con recubrimiento interior de mortero y exterior de hormigón, para dar una mayor capacidad hidráulica a este tramo, dada la dificultad de ampliar esta obra en el futuro y tener una mayor seguridad estructural.

Para abastecer algunos loteos en el tramo en que se desarrolla la impulsión, se cuenta con una tubería de retorno (desde el Estanque de Carga N°1) de HDPE y diámetro nominal 160 [mm], de los cuales 2.856 [m] son en PN10 y 500 [m] en PN12,5.

Cabe señalar, que en la línea la impulsión cuenta con dos estanques One-Way (o unidireccionales) en los puntos más problemáticos, ya que el estanque Hidroball ubicado en la planta Concón no es suficiente para controlar el golpe de ariete (un estanque más grande es más costoso y ocuparía espacio no disponible en la planta).

II.4.1.3. ESTANQUE DE CARGA Nº 1.

El Estanque de Carga Nº1 está ubicado en el loteo habitacional del Cerro Mirador de Quintero cercano a la Localidad de Las Ramaditas. Al Estanque ingresa la Impulsión Nº1 con un diámetro de 660,4 [mm] que se reduce a 500 [mm] y sale la Aducción Nº1 en diámetro de 660,4 [mm]. Las interconexiones se ubican dentro de una cámara de hormigón armado de dimensiones adecuadas para alojar las interconexiones hidráulicas.

Ilustración 6. Trazado en Planta Impulsión Nº 1.



II.4.1.4. ADUCCION SANTA JULIA.

La Aducción Santa Julia consiste en una tubería que en un primer tramo es de HDPE PE100, con un diámetro de 710 [mm] (PN6), y luego en Acero ASTM A36 de diámetro 660,4 [mm], en espesores de 5 y 6 [mm], obedeciendo a los requerimientos de presión a que esta sometida la tubería.

La tubería inicia en el Estanque de Carga N°1 y continúa por terrenos particulares y caminos particulares hasta el acceso a la localidad de Quintero, completando una longitud total de 11.198 [m].

El primer tramo va desde el estanque hasta la Derivación Mantagua; este sub-tramo se desarrolla en HDPE de diámetro 710 [mm] y acero diámetro 660,4 [mm]. El tramo 2 comprendido entre la Derivación a Mantagua y la Derivación a Quintero (fin de la Aducción N°1), también se desarrolla en acero diámetro 660,4 [mm] y cuenta con los atraviesos de los Esteros Mantagua (Las Majadillas) y el Santa Julia; además en su parte final, el trazado va por la faja de Vialidad de la Ruta F-30-E (185 [m]).

Cabe destacar que la Derivación Mantagua aún no está habilitada y solo corresponde a una cámara de válvula que sale de la conducción principal en diámetro de 250 [mm], ubicada al sur del Estero Las Majadillas.

Existen además otras tres derivaciones denominadas N°1, N°3 y N°4 (Mantagua sería la N°2), correspondientes a una válvula de diámetro 200 [mm], y ubicadas en el metraje 2.483, 5.909,15 y 9.201,53, respectivamente, de la aducción.

II.4.1.5. DERIVACION QUINTERO.

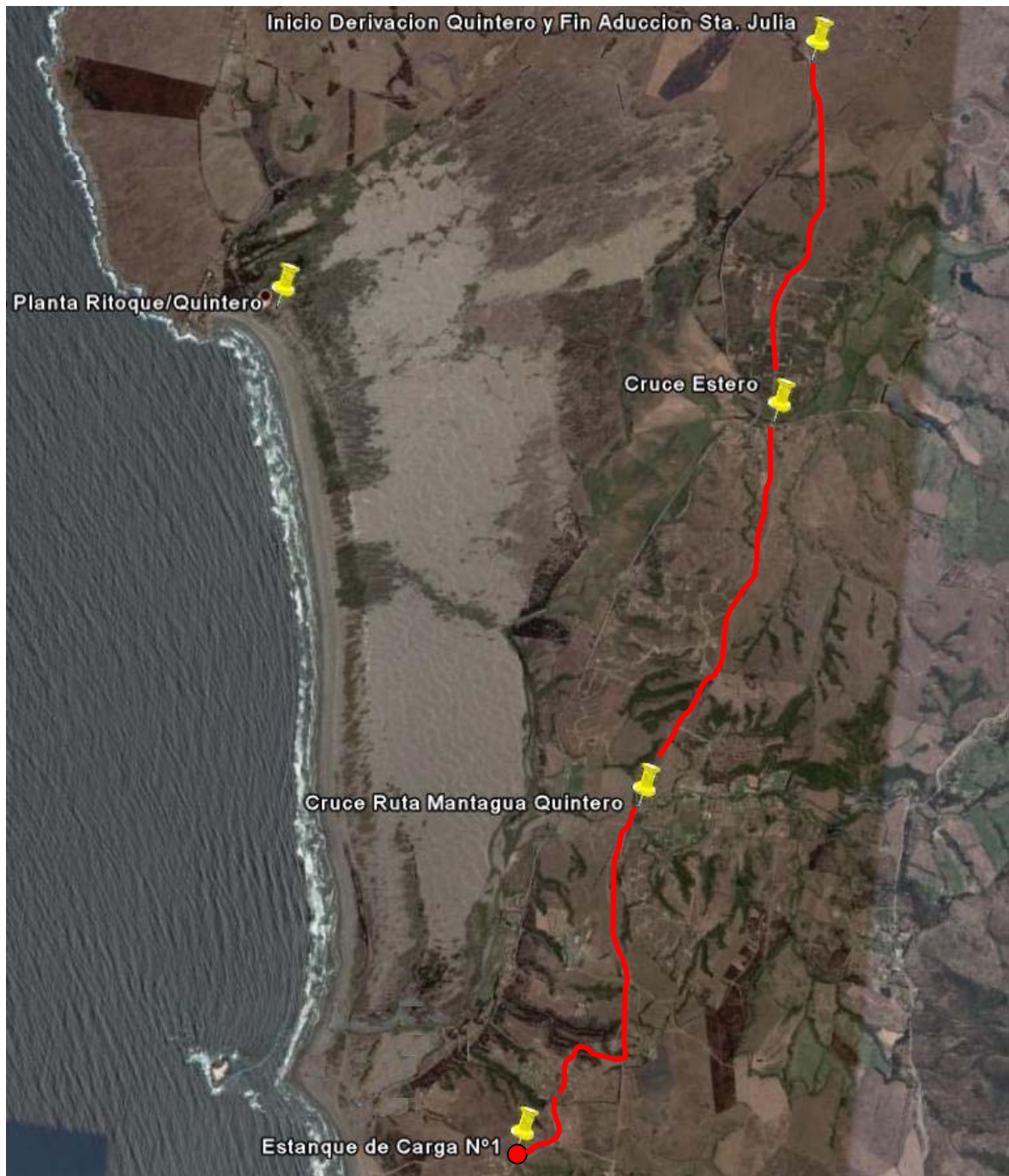
La derivación a Quintero consiste en una tubería en aducción de HDPE PE100 en diámetros de 400 [mm] (PN10) y 355 [mm] (PN12,5 y PN16).

Nace inmediatamente finalizada la Aducción Santa Julia, en la intersección de las rutas F-30-E y F-210. Su trazado considera el cruce de la Ruta F-30-E hacia el poniente, para luego ocupar el costado sur de la faja fiscal de la Ruta F-210 (Acceso a Quintero), hasta ingresar al sector urbano de la comuna de Quintero, definido por el punto de cruce con la vía férrea. En el trayecto por la ruta de acceso a Quintero, existe una derivación destinada al sector de Loncura, y que en la actualidad consta solo de una válvula de diámetro 200 [mm].

En el sector urbano, la tubería continúa por la Ruta F-210, hasta llegar a la ciudad de Quintero, donde ingresa en dirección norte por el costado oriente de la calle Viña del Mar, hasta llegar a la calle Salas. Desde aquí, la tubería se orientaría hacia el poniente, empleando el costado norte (sin pavimento) de la calle Salas. Posteriormente, al llegar a la calle Dagoberto Godoy, el ducto cambia de orientación siguiendo hacia el norte, por el lado oriente de dicha calle y luego por su continuación, denominada Dr. Borocua, hasta llegar a la intersección con Av. Argentina. Desde este punto, la tubería cambia de sentido continuando hacia el poniente por la vereda sur de dicha avenida, hasta llegar al punto de ingreso al recinto del Estanque Victoria perteneciente a ESVAL S.A.

En este último tramo, previo a la llegada al Estanque Victoria, se contempla una reducción de la tubería a un diámetro de 300 [mm].

Ilustración 7. Planta trazado Aducción Santa Julia.



En toda la conducción Concón-Quintero, la presión nominal de las tuberías obedece a las diferencias de presiones producto de considerar un estanque elevado futuro en el cerro Mirador de Quintero (junto al Estanque de carga N°1) para los caudales del año 2028.

II.4.2. TRAMO QUINTERO-HORCON.

Este tramo cuenta principalmente con las siguientes obras:

- i. Conducción Quintero-Ventanas (parte de la conducción principal a Zapallar)
- ii. Conducción Ventanas-Horcón (parte de la conducción principal a Zapallar)
- iii. Derivación Ventanas
- iv. Derivación Horcón
- v. Estanque Ventanas
- vi. Estanque Horcón

II.4.2.1. CONDUCCION QUINTERO-VENTANAS.

Es la continuación de la Aducción Santa Julia, por lo que nace en el punto de inicio de la derivación a Quintero (aproximadamente en la intersección de las Rutas F-30-E y F-210).

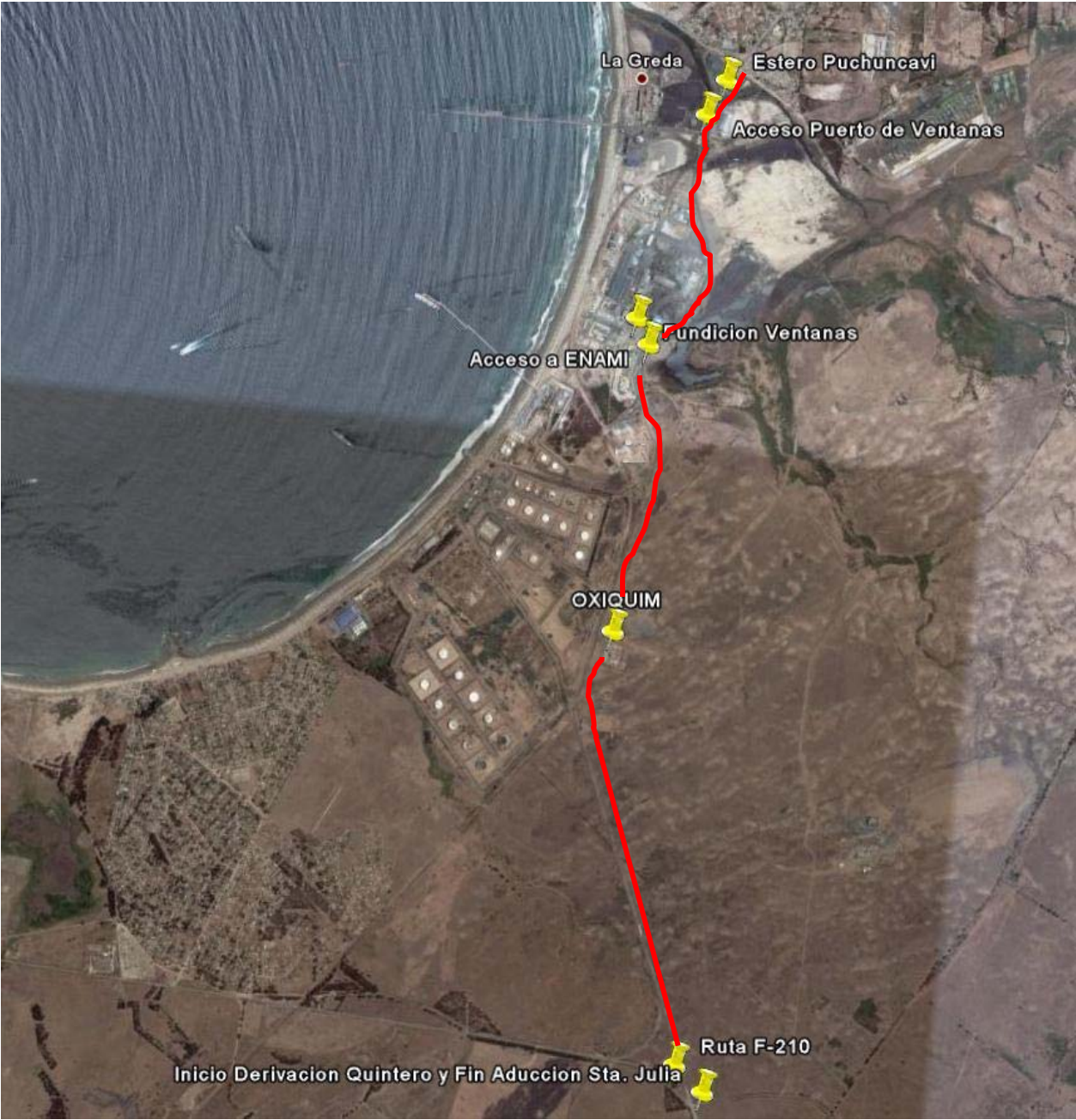
La tubería va por el costado oriente de la Ruta F-30-E y emplea inicialmente servidumbres de paso, con el objeto de evitar interferencias con oleoductos de propiedad de ENAP Refinería (Ex RPC). La servidumbre por terrenos privados, es paralela al costado oriente de la ruta F-30-E (con un largo de 2.455 [m]), extendiéndose entre el camino de acceso a Valle Alegre y el Cruce las Garzas, aproximadamente.

El segundo tramo emplea el costado oriente de la faja fiscal de la Ruta F-30-E y se extiende entre el Cruce las Garzas y el acceso a Ventanas (con un largo de 4.050 [m]).

En este tramo se presentan diversas interferencias con oleoductos, el atraveso al

Estero Puchuncaví y el paso nivel de la línea férrea en el sector de la chimenea de ENAP en Ventanas.

Ilustración 8. Planta trazado Conducción Quintero-Ventanas



II.4.2.2. CONDUCCION VENTANAS-HORCÓN.

Al termino de la conducción Quintero-Ventanas, la tubería atraviesa la Ruta F-30-E en el Kilómetro 55,76 inmediatamente al norte del Estero Puchuncaví, y prosigue hacia el norte empleando el costado poniente de la faja fiscal de esta ruta, extendiéndose hasta la intersección con la calle Los Castaños (aproximadamente 250 [m] al norte de la intersección de la Ruta F-30-E con el acceso a Ventanas), que conduce a poblaciones y loteos interiores ubicados en el sector alto de la localidad de Ventanas. La tubería continúa por esta calle hasta llegar al camino de uso público conocido como Lagunillas, donde nace la derivación Ventanas.

El ducto continúa por el Camino Lagunillas hasta su término y accede a la Ruta F-152 que lleva a Horcón (aproximadamente 500 [m] al poniente de la intersección con la Ruta F-30-E), a través de predios particulares, constituyendo una servidumbre de paso de aproximadamente 300 [m] de longitud. Terminada dicha servidumbre de paso, en la intersección con la Ruta F-152, se cuenta con una válvula de diámetro 200 [mm], como alternativa para el abastecimiento de Campiche (actualmente no está definida la forma de abastecer Campiche).

Luego se empleará el costado sur de la faja fiscal de la Ruta F-152, hasta llegar a la intersección con calle Los Pescadores. En este punto se da inicio a la Derivación Horcón y termina este tramo de la conducción principal.

Ilustración 9. Planta trazado Conducción Ventanas-Horcón (Hasta Ruta F-152)



II.4.2.3. DERIVACION VENTANAS.

Tiene su origen en la intersección de las calles Los Castaños y Camino a Lagunillas. Se desarrolla hacia el norponiente, por calles interiores, en una longitud de 425 [m], hasta un costado de los estanques APR existentes, que abastecen el sector alto de Ventanas. La tubería de esta derivación es de HDPE PE100 PN12,5 y diámetro nominal 160 [mm], y está destinada a abastecer el Estanque Ventanas.

II.4.2.4. DERIVACION HORCON.

Tiene su inicio en la Ruta F-152, en la intersección con calle Los Pescadores. Se desarrolla por el costado sur de la Ruta, hasta llegar a la entrada al recinto del estanque Horcón. Para acceder al recinto, la tubería abandona la faja fiscal de la Ruta F-152 (aproximadamente 2.850 [m] al poniente de la intersección con la Ruta F-30-E) por una servidumbre de paso para los últimos 180 [m] de trazado.

La tubería de esta derivación es de Acero con revestimiento interior en mortero cemento de espesor 8 [mm] y exterior en bitumen ASTM A36. La tubería de acero es de diámetro exterior 355,6 [mm] y espesor 4 [mm].

II.4.2.5. ESTANQUE VENTANAS.

El recinto para este estanque se ubica contiguo a los estanques de 90 [m³] y 50 [m³], que abastecen de agua potable a la parte alta de Ventanas.

Teniendo en consideración que parte de la localidad se abastece desde el estanque elevado existente en el sector, el estanque Ventanas cuenta con una matriz para alimentar dicho estanque existente.

El estanque existente tiene una capacidad de 60 [m³] y 11 [m] de altura, medidos con respecto al punto más bajo de la cubeta. El nivel de aguas máximas del estanque Ventanas se ubica en la cota 73,6 [msnm] y la altura del estanque al punto más bajo de la cubeta es de 15 [m] y de 21,1 [m] con respecto al punto más alto.

El estanque a la salida cuenta con tres conexiones, una para la futura matriz Ventanas en diámetro 250 [mm], otra para la conexión con el estanque existente en diámetro 200

[mm] y la última para la futura matriz La Greda en diámetro 150 [mm], que alimentará dicho sector.

Ilustración 10. Estanque Ventanas.



II.4.2.6. ESTANQUE HORCON

El recinto para este estanque se ubica en un lugar vecino al estanque de agua potable perteneciente a la Cooperativa de Agua Potable de Horcón, y corresponde a un estanque semienterrado de 500 [m³] de capacidad. El nivel de aguas máximas esta en la cota 83,6 [msnm].

El estanque a la salida cuenta con dos conexiones, una para la futura matriz Horcón en diámetro 250 [mm] y otra para la futura conexión a Campiche en diámetro 110 [mm].

Ilustración 11. Estanque Horcon.



II.4.3. TRAMO HORCON-LA LAGUNA.

Este tramo cuenta principalmente con las siguientes obras:

- i. Aducción N°1
- ii. Planta Elevadora N°2
- iii. Impulsión N°2
- iv. Estanque de Carga N°2
- v. Aducción N°2
- vi. Tramo Cummins
- vii. Derivación Maitencillo
- viii. Estanque de Distribución Maitencillo
- ix. Otras Derivaciones Menores

II.4.3.1. ADUCCIÓN N° 1.

Corresponde a la prolongación de la conducción Ventanas-Horcón, iniciando en el punto de entrega de la Derivación Horcón. Luego el trazado atraviesa la Ruta F-152 y se desvía hacia el poniente en una longitud aproximada de 1.700 [m], empleando la faja de uso público del camino Los Pescadores. En este punto dobla hacia el norte, entrando a terreno particular donde aproximadamente a 90 [m] luego del ingreso, se encuentra la PEAP N°2.

La tubería tiene un diámetro exterior de 457,2 [mm] revestido interiormente en mortero cemento, y exteriormente en bitumen.

Ilustración 12. Planta trazado Derivación Horcón y Aducción N° 1.



II.4.3.2. PLANTA ELEVADORA N° 2 (PEAP N°2).

La Estación Elevadora N° 2 impulsa agua potable hacia el Estanque de Carga N° 2, ubicado en el Cerro Divisadero de Puchuncaví.

Ubicada a 90 [m] de iniciado el tramo de servidumbre de la Aducción N° 1 (al Norte luego de abandonar el Camino Los Pescadores)

Considera un sistema tipo booster, con bombas de pozo profundo y variador de frecuencia, en configuración sistema 2+1 (dos bombas en operación y 1 bomba en reserva).

Las bombas se ubican aproximadamente en la cota 53,00 [msnm] y son alimentadas desde el Estanque de Carga N° 1, ubicado en el cerro mirador de Quintero. Las aguas elevadas son conducidas por la Impulsión N° 2, hasta el Estanque de Carga N° 2.

Las bombas están inmersas dentro de una camisa de acero de 600 [mm] de diámetro y de 6 [m] de profundidad, alimentadas inferiormente por una tubería de 250 [mm].

Además cuenta con un sistema de protección contra el golpe de ariete, compuesto por un estanque hidroneumático tipo Hidroball de 6,5 [m³]. Adicionalmente a lo anterior, se cuenta con una válvula anticipadora de golpe de ariete, seteada a la abertura a los 175 [mca]. Lo anterior de modo de controlar de mejor manera el golpe positivo.

II.4.3.3. IMPULSION N° 2.

La Impulsión N° 2 tiene una longitud aproximada de 5.911 [m], y descarga en el Estanque de Carga N° 2.

A partir de la PEAP N° 2 la impulsión va hacia el norte y seguidamente al nor-oriente, internándose por servidumbres en predios particulares (siendo el principal predio el llamado Tirilluca) hasta llegar al recinto del Estanque de Carga N° 2.

Ilustración 13. Planta trazado Impulsión N° 2



II.4.3.4. ESTANQUE DE CARGA N° 2.

El estanque de carga proyectado, consiste en un estanque cilíndrico dispuesto en superficie, de hormigón armado y de 500 [m³] de capacidad, con su respectiva cámara de válvulas para alojar en su interior las interconexiones hidráulicas del sistema.

El recinto consta de una superficie de 60 x 40 [m]. Dispone además en su interior de una caseta para Tablero de control y generador, además de una caseta para el sistema de cloración. El recinto cuenta con espacio suficiente para la instalación a futuro de un eventual nuevo estanque de carga en el recinto, considerando las rasantes de proyecto y la existencia de una faja de servidumbre de 20 [m] de ancho de propiedad de CGE, por donde se encuentra el trazado de una línea de alta tensión de 110 [kV].

Por otra parte, la Aducción N° 2 y la Impulsión N° 2 se interconectan entre sí a través de un by-pass de 400 [mm] de diámetro, con el objeto de atenuar las sobrepresiones y depresiones producidas por fenómenos impermanentes. El by-pass, además está provisto de una válvula de retención, con el objeto de evitar el refluo en condiciones de operación normal del sistema; también se considera un by-pass adicional en esta válvula de retención, con el objeto de vaciar el primer tramo de la Impulsión N°2, a través del último desagüe proyectado en la Aducción N° 1.

II.4.3.5. ADUCCION N° 2.

La Aducción N° 2 tiene una longitud total de 6.997 [m]. Y nace en el Estanque de Carga N° 2, bajando luego por una faja de servidumbre hasta acceder al camino vecinal de uso público “El Médano - Los Comunes”, bordeando el costado exterior del condominio Las Hermanas. Desde este punto continúa hacia el norte hasta la intersección con el camino de acceso a la localidad de Lomas Blancas (Km 0,350 - Ruta F-128), continuando posteriormente paralelo a este, hasta acceder a la faja fiscal de la Ruta F-30-E (Km 42,300), por donde prosigue por el costado poniente de esta ruta hasta la localidad de La Laguna de Zapallar, en el cruce de la Ruta F-30-E y la Ruta hacia Catapilco.

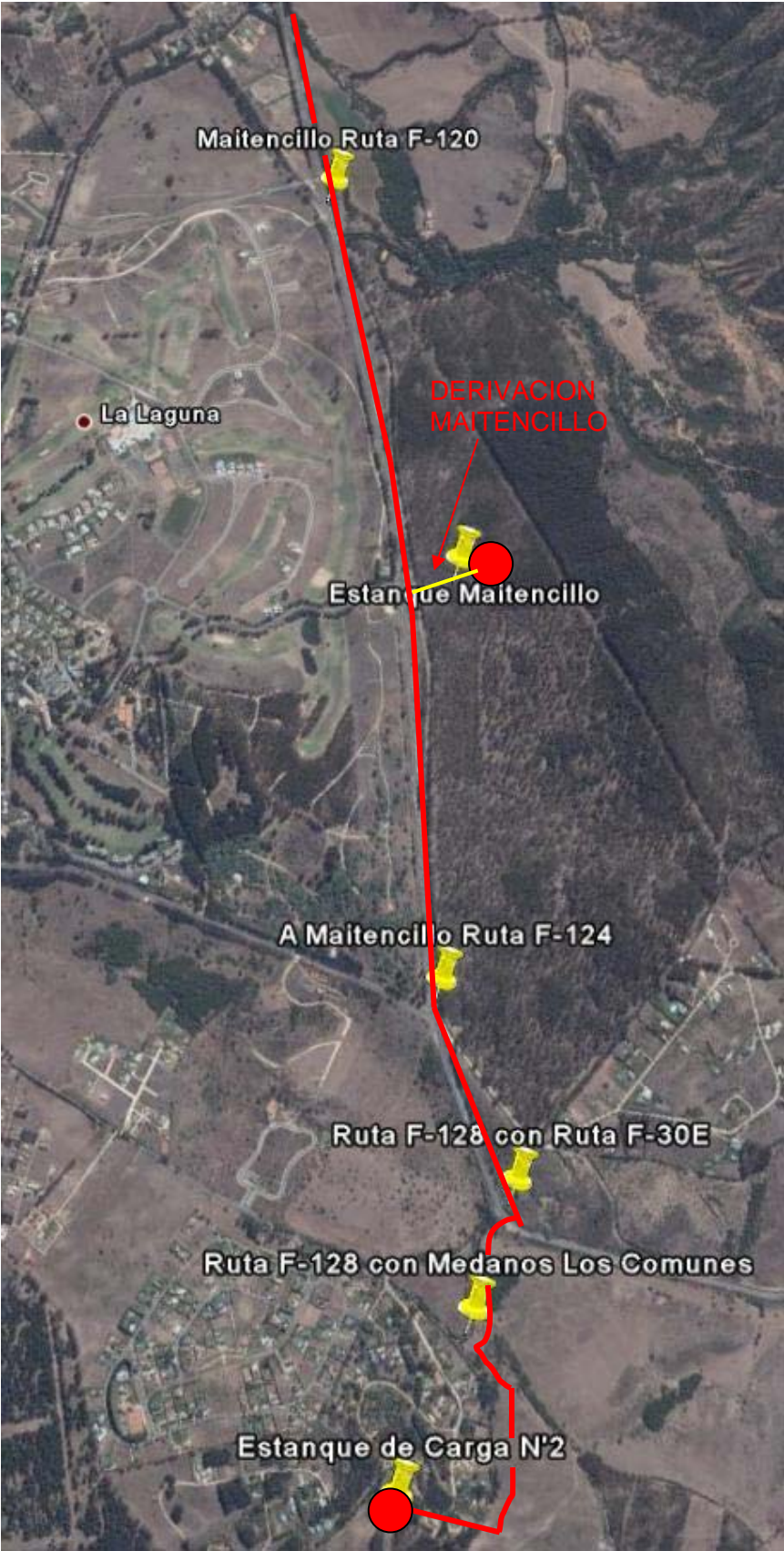
La conducción tiene cuatro atravesos de caminos (accesos norte, centro y sur a Maitencillo, y acceso al condominio Marbella), más el cruce del estero Catapilco.

II.4.3.6. INTERCONEXION LA LAGUNA.

Al final de la Aducción N° 2, existe una interconexión para alimentar los estanques La Laguna y Catapilco a través de la antigua conducción de asbesto cemento Catapilco-Cachagua (diámetro 250 [mm]). Dicha conexión cuenta con una válvula reductora de presión, puesto que las presiones por la conducción Concón-La Laguna romperían la antigua conducción de asbesto.

Además existen dos válvulas de corta, correspondientes al atraveso de la Ruta F-30-E, que se debe realizar para la conexión de ambas conducciones.

Ilustración 14. Planta trazado Aducción N° 2.



II.4.3.7. TRAMO CUMMINS.

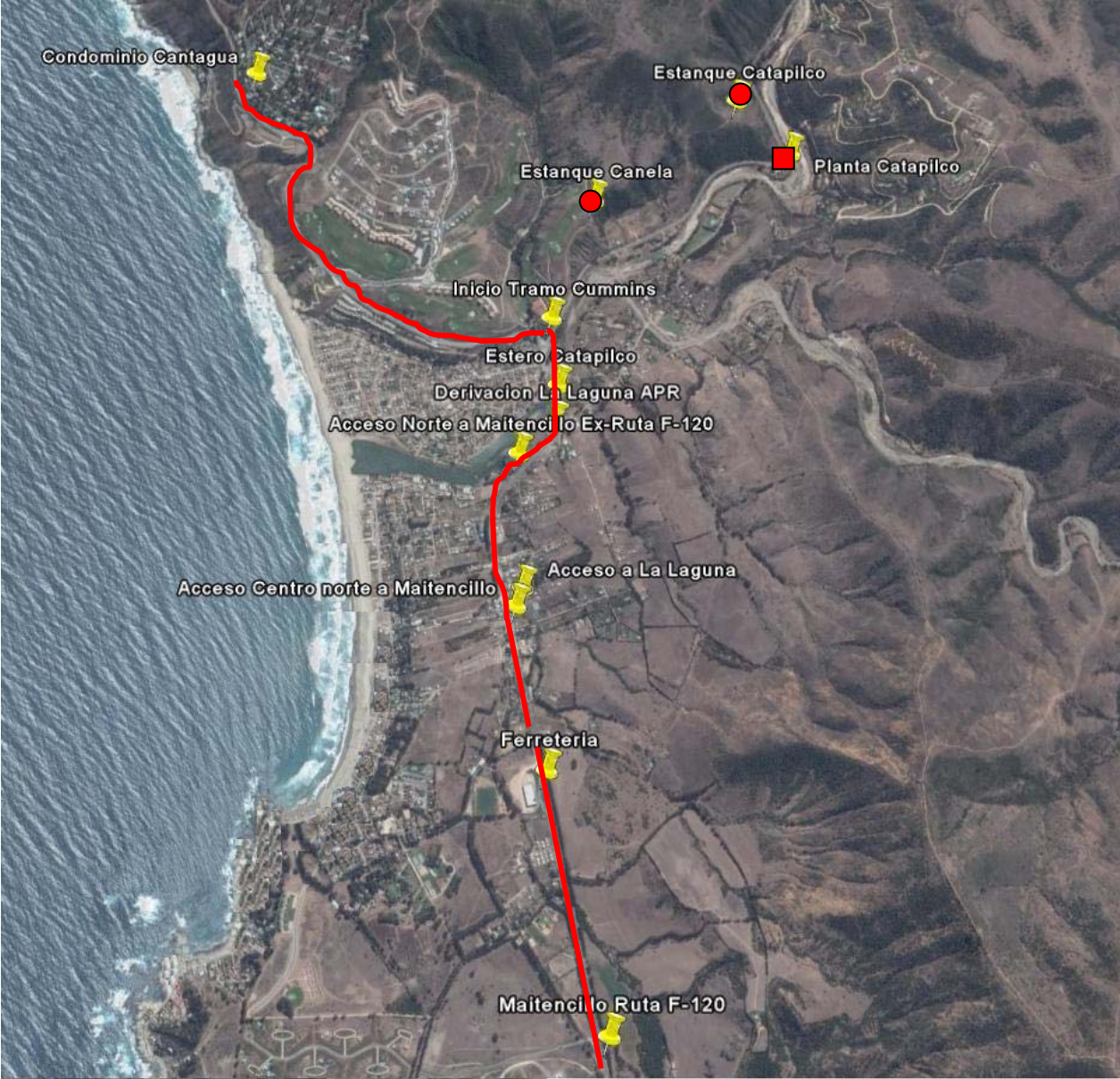
El tramo Cummins se extiende en dirección norte por la faja fiscal de la Ruta E-30-F, desde la Derivación La Laguna hasta una cámara de válvulas, ubicada 2.020 [m] aproximadamente aguas abajo del punto inicial, frente al Condominio Cantagua. Dicha cámara de válvulas se encuentra al costado oriente de la ruta, y permite la conexión a la conducción Catapilco – Cachagua existente.

La tubería, en toda su longitud, se desarrolla por el lado continental de la ruta. A lo largo de su trazado existen derivaciones para las conexiones de los condominios Costa Cachagua y Costa Cantagua, además de las derivaciones Cummins y Pinares de Cantagua, ambas con estaciones reductoras de presión.

II.4.3.8. DERIVACION MAITENCILLO.

Ubicada en el kilómetro 40.758, esta derivación atraviesa la Ruta F-30-E desde la Aducción N° 2 hacia el Estanque Maitencillo, al cual alimenta. Es una tubería de HDPE PE100 PN10 de diámetro nominal 250 [mm] que está destinada a abastecer al Estanque Maitencillo.

Ilustración 15. Planta trazado Aducción Nº 2.



II.4.3.9. ESTANQUE MAITENCILLO.

Para abastecer a la localidad de Maitencillo, existe el Estanque de Distribución de 1000 [m³] de capacidad, desde donde se podrá abastecer distintas localidades en forma gravitacional. Si bien el estanque ya esta construido, recién se encuentra en etapa de Licitación la construcción de la red de agua potable y matriz de la localidad de Maitencillo, por lo que este estanque aún no está en funcionamiento.

El estanque se ubica en torno a la cota 100 [msnm], aproximadamente a 100 [m] del acceso a Marbella, en un terreno ubicado al costado oriente de la Ruta F-30-E.

II.4.3.10. OTRAS DERIVACIONES MENORES.

Consisten en derivaciones de la conducción principal que aún no están en funcionamiento y que hoy corresponden solo a cámaras de válvulas para futuras conexiones. A continuación se presenta un cuadro resumen con dichas derivaciones.

Cuadro II.1. Derivaciones Futuras en la Conducción.

Tramo	Derivación	φ Nominal [mm]	PN
IMPULSION N°2	Tirilluca	250	25
	Tirilluca 2	250	16
ADUCCION N°2	Maitencillo Sur	250	10
	Maitencillo	250	10
	Maitencillo Centro Norte	250	25
	La Laguna APR	100	25
TRAMO CUMMINS	Costa Cachagua	200	16
	Cummins	100	10
	Condominio Cantagua	200	10
	Pinares de Cachagua	150	10

En el caso de Condominio Cantagua y costa Cachagua, corresponden a cámaras de válvula, mientras que para Cummins y Pinares de Cachagua son cámaras con válvula reductora de presión.

CAPITULO III

SEGURIDAD HIDROLÓGICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS EN LAS FUENTES

III. CAPITULO 3: SEGURIDAD HIDROLÓGICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS EN LAS FUENTES.

III.1. GENERALIDADES.

III.1.1. INTRODUCCION.

La región de Valparaíso presenta un clima templado mediterráneo, pero con algunas variaciones. Así como la aridez se presenta hacia el norte del río Aconcagua, es más húmedo o mediterráneo costero en el litoral y frío de altura hacia la Cordillera.

El Sistema Litoral Norte, tiene un régimen hidrológico de carácter pluvial, donde el 90% de la precipitación total se concentra entre los meses de Mayo a Septiembre, oscilando entre 250 y 450 [mm] anuales (precipitación media anual) que van incrementándose de norte a sur. El aporte superficial a las cuencas es escaso y a su vez se encuentra generalmente comprometido en los usos actuales, es decir, agotados para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento. Por otro lado, una situación similar se presenta con los recursos subterráneos, de acuerdo con el estudio “Informe de Zonificación Hidrogeológica para las regiones Metropolitana y V”.^[1]

La zona estudiada consta de una serie de cuencas que fundamentalmente tienen su nacimiento en la vertiente occidental de Cordillera de la Costa o en estribaciones transversales a ella. La red de drenaje está conformada principalmente por esteros como el Papudo, Catapilco, Puchuncaví, y Pucalán, entre otros. Además se debe señalar la existencia de sectores inmediatamente adyacentes a la costa, comprendidos entre el litoral y las divisorias de agua de las cuencas de los esteros antes mencionados, en los cuales la red de drenaje constituye esteros y quebradas de muy corto desarrollo, que alcanzan el mar en forma individual y que, en estricto rigor, cada uno de ellos conforma una pequeña cuenca.

III.1.2. HIDROGRAFIA DE LA REGION.

La parte norte está dominada por tres ríos exorreicos, de régimen pluvio-nival: Petorca, La Ligua y Aconcagua. Al sur de la región están las desembocaduras de los ríos Maipo y Rapel.

El río Petorca tiene una cuenca de, aproximadamente, 2.700 [Km²] y 72 [Km] de extensión. Nace en la localidad de Chicolco, producto de la unión de los cursos de los ríos Pedernal, que viene del norte, y Sobrante, que viene del oeste. Junto al río La Ligua, el Petorca desemboca al sur de la playa de Pichicuy junto a las dunas de Longotoma.

Por otro lado la cuenca del río La Ligua drena una superficie de 2.000 [Km²]. Se forma cerca del pueblo de Cabildo, de la confluencia del río Alicahue y el estero Cajón de Los Ángeles. Su cauce recorre 44 [Km] hasta desembocar en el mar, junto al río Petorca, al sur de Pichicuy.

El río Aconcagua, el más grande de los cauces exorreicos nacientes en la región, tiene una superficie de 7.200 [Km²]. Su régimen hidrológico es de carácter pluvio-nival, con mayores caudales durante la época invernal. Nace de la unión de los ríos Juncal, que proviene del este, y Blanco, que llega desde el sureste. A 15 [Km] de su origen, el Aconcagua recibe el aporte del río Colorado, y 4 [Km] después, el del río Putaendo. Además, recibe el aporte de varios esteros, como el Riecillo, Vilcuya, Pocuro, Quilpué, Catemu, Los Loros, El Cobre, San Isidro y Limache. Recorre 142 [Km] hasta desembocar en el mar, al norte de la ciudad de Concón.

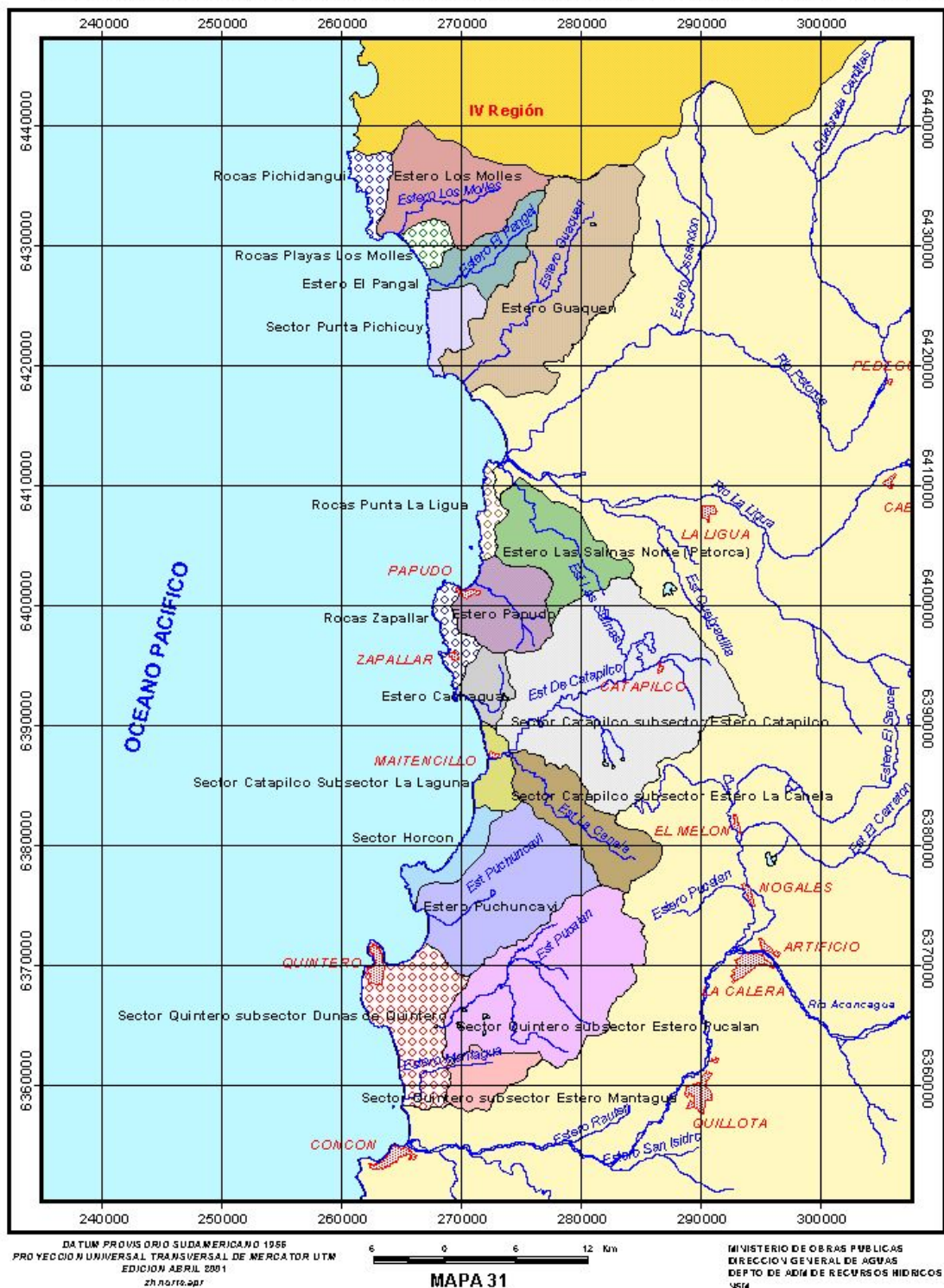
III.1.3. SECTORES ACUIFEROS DE LAS CUENCAS COSTERAS NORTE.

Las Cuencas Costeras Norte de la V Región corresponden a todos los sectores ubicados al norte del Río Aconcagua. Se encuentran divididas en 19 sectores^[1], los que se muestran en la Ilustración 16. De norte a sur se pueden identificar los siguientes sectores:

- 1) Rocas Pichidanguí
- 2) Estero Los Molles
- 3) Rocas Playa Los Molles
- 4) Estero El Pangal
- 5) Sector Punta Pichicuy
- 6) Estero Guaquén
- 7) Rocas Punta La Ligua
- 8) Estero Las Salinas Norte
- 9) Estero Papudo
- 10) Rocas Zapallar
- 11) Estero Cachagua
- 12) Sector Catapilco subsector Estero Catapilco
- 13) Sector Catapilco subsector La Laguna
- 14) Sector Catapilco subsector Estero La Canela
- 15) Sector Horcón
- 16) Estero Puchuncaví
- 17) Sector Quintero subsector Dunas de Quintero
- 18) Sector Quintero subsector Estero Pucalán
- 19) Sector Quintero subsector Estero Mantagua

Ilustración 16. Identificación de Cuencas Costeras Norte en V Región. [1]

ZONIFICACION HIDROGEOLOGICA DE LAS CUENCAS COSTERAS NORTE. V REGION



Las dunas de Ritoque, Papudo y Loncura corresponden a dunas activas, cuyos depósitos se producen por la acción del viento, que moviliza las arenas de las playas y las deposita con granulométrica homogeneidad. Ellas presentan una buena permeabilidad, atractivas como unidad hidrogeológica cuando aumentan las condiciones de saturación. Es así como las dunas de Ritoque constituyen una fuente de abastecimiento de agua para Quintero, donde actualmente se utiliza un sistema de punteras. Sin embargo, se analiza muy bien el sistema Ritoque, particularmente porque se localiza en una cuenca con marcada variación estacional y que por su cercanía a la línea de la costa existe evidencia sobre la existencia de problemas de calidad en alguna de estas fuentes.

Las dunas estabilizadas se presentan como depósitos de arenas consolidadas, generalmente con una cubierta vegetal de gramíneas o de matorral bajo costero. Las dunas antiguas de Cachagua-La Laguna, Maitencillo-Quintero y Concón-Reñaca, en la actualidad no reciben ningún aporte de arenas, presentando una morfología de colina suave y con escaso escurrimiento superficial, debido a su alta permeabilidad. Reconociéndose espesores de hasta 70 [m] para Cachagua-La Laguna

En los sectores de Catapilco subsector Estero La Canela y Estero Puchuncaví se reconoce material piroclástico, de granulometría fina a gruesa sin alteración.

III.2. DISPONIBILIDAD LITORAL NORTE.

III.2.1. INTRODUCCION

La disponibilidad de agua a nivel de captaciones es función de diferentes factores como son: la disponibilidad hidrogeológica e hidrológica, la infraestructura de regulación a nivel de la cuenca, la factibilidad legal de disponer de derechos de agua otorgados por los organismos correspondientes (DGA), etc. Algunos de estos factores son los que se considerarán para clasificar las fuentes del sistema en estudio de acuerdo a su disponibilidad.

Además, de acuerdo con el Código de Aguas, para determinar la capacidad del acuífero se deberá distinguir si la fuente se encuentra o no sometida a algún tipo de restricción o prohibición, por lo cual se distinguen dos tipos de fuentes:

1. **FUENTES CON RESTRICCIÓN**: fuentes que presentan problemas de calidad de las aguas, los cuales se ven agravados debido a su explotación (Fuentes Tipo III).
2. **FUENTES SIN RESTRICCIÓN**: fuentes que no presentan problemas de calidad de las aguas para los niveles de extracción a los que se ven sometidos (Fuentes Tipo I y Tipo II).

Cuadro III.1. Cantidad y Tipos de Captaciones en cada Fuente. [2]

PLANTA	NORIAS	PUNTERAS	DRENES	SONDAJES	FUENTES SUPERFICIALES	TOTAL FUENTES
AGUAS CLARAS	4	0	1	2	0	7
GOENECHEA	2	0	2	0	0	4
QUÍNQUIMO 1	0	0	1	3	0	4
QUÍNQUIMO 2	0	0	0	4	0	4
EL TRANQUE	0	1	3	0	3	7
CATAPILCO	1	1	4	0	0	6
PUCHUNCAVÍ	0	0	0	4	0	4
RITOQUE	3	5	0	0	0	8
OTRAS FUENTES	1	4	0	0	0	5
CONCÓN	0	0	0	0	1	1
TOTAL	11	11	11	13	4	50

Existe también otra subdivisión, de acuerdo con la disponibilidad del recurso en el tiempo:

- a) FUENTE PERMANENTE: Las fuentes permanentes disponen de recursos seguros cuya utilización se recomienda ya que tanto la cantidad como la calidad del recurso se mantendrán en el mediano o largo plazo. En el caso de estas fuentes “permanentes” se recomienda mantener un control estricto de la producción, tanto en lo que se refiere a aspectos de cantidad (caudales, horas de funcionamiento, volúmenes de producción, control de niveles estáticos y dinámicos), así como también de la calidad del agua. En estas fuentes se dispone de recurso hídrico todo el año.

b) **FUENTE DE RESPALDO**: En el caso de las fuentes de “respaldo” se considera que debido al bajo respaldo hidrológico de la fuente o debido a que se visualizan cambios negativos en la calidad del recurso en el corto/mediano plazo es preferible mantener esta fuente como una alternativa secundaria y abastecer la demanda a través de un sistema principal más seguro del cual se disponga. En el caso de estas fuentes también se recomienda la mantención de programas de seguimiento de niveles de agua subterránea y calidad adecuados para permitir su evaluación futura, y determinar si vale la pena mantenerlas en esta categoría, pasarlas a la categoría de fuentes permanentes o eliminarlas del sistema. En general, son fuentes que se recomienda usar de manera estacional ó en casos de emergencia.

III.2.2. FUENTES CON RESTRICCIÓN.

Para catalogar las fuentes descritas en esta memoria, se utiliza el estudio hidrogeológico denominado “Diagnóstico de la Calidad y Capacidad de Fuentes para el Sistema La Ligua – Litoral Norte” ^[2], en el que se analizan una a una las fuentes del sistema que presentan problemas de calidad de agua, con el fin de definir la disponibilidad de agua que no ponga en peligro la calidad del acuífero. Como resultado de este análisis se ha llegado a definir una serie de caudales de extracción recomendados, los que son en general menores a los derechos de agua que disponen las distintas fuentes. Esta situación no es contradictoria por cuanto para la asignación de derechos de aprovechamiento se utilizan entre otros los denominados factores de uso, los que dan cuenta de la utilización real de una captación por parte del usuario. Asimismo, en algunos casos el uso intensivo de los acuíferos ha evidenciado que la

disponibilidad de agua en períodos de sequía no es la que se estimó al momento de realizar la asignación de los derechos de aprovechamiento, de tal manera que para efectos de su uso seguro se debe extraer una cantidad menor a la otorgada.

Cuadro III.2. Caudal de Extracción Recomendado por Planta (Fuentes con Restricción). ^[2]

Planta o Fuente	Caudal de Extracción Recomendado [l/s]	Caudal Derechos Otorgados [l/s]	Categoría	Justificación
El Tranque	20	105,6	RESPALDO	Bajo respaldo Hidrológico. Hierro y Manganeseo exceden la NCh. 409/1.Of.2005
Catapilco	5	95,5	RESPALDO	Caudal recomendado insuficiente para abastecer demanda de La Laguna (7,1 [l/s])
				DGA otorgó caudal por medio de pruebas de bombeo donde la "Recarga artificial" del acuífero, era inducida por la misma agua extraída del bombeo.
				Captaciones someras, por lo que existe alto riesgo de interferencias en las pruebas de bombeo con recursos superficiales cercanos.
				Evidencia de contaminación por cloruros y sulfatos, lo que indica Intrusión Salina, haciendo a la Planta vulnerable a explotaciones intensivas.
Ritoque	27	87	PERMANENTE	Elevadas concentraciones de cloruros (superiores a los permitidos por la antigua NCh. 409/1,Of.84, aunque bajo el límite de la actual NCh. 409/1.Of.2005) en algunas captaciones existentes. Esto indica un alta vulnerabilidad a la Intrusión Salina.
				Existen dos captaciones que no presentan problemas de calidad, y en conjunto entregan 22 [l/s]
				Antes de la habilitación de la conducción Concón-La Laguna, ESVAL S.A. debía comprar agua a terceros, aunque solo en forma temporal y no continua. (30 [l/s] de buena calidad).
				Sector Dunas de Ritoque se encuentra sin disponibilidad para nuevas captaciones.
				El estudio hidrológico ⁽¹¹⁾ , recomienda terminar con la explotación del acuífero y dejar que los mecanismos de recarga natural permitan renovar los recursos subterráneos con aguas de mejor calidad.

III.2.3. FUENTES SIN RESTRICCIÓN.

Se han considerado como fuentes sin restricción todas aquellas fuentes existentes que no hayan presentado problemas de calidad de aguas para los niveles de extracción realizados hasta la fecha. Para todas estas fuentes se considerará que la disponibilidad es igual a los derechos consuntivos, permanentes y continuos que ha otorgado la Dirección General de Aguas y que se presentan en la siguiente tabla III-3.

Cuadro III.3. Caudal Disponible Fuentes Sin Restricción. ^[2]

Planta o Fuente	Caudal de Extracción Recomendado [l/s]	Caudal Derechos Otorgados [l/s]	Justificación
Aguas Claras	10	74	Según estudio hidrológico ⁽¹¹⁾ , la cuenca del Río La ligua cuenta con un reducido respaldo hidrológico y escasa capacidad de regulación de los rellenos acuíferos que contienen al embalse subterráneo. Según estudio hidrológico ⁽¹¹⁾ , se verifica la dependencia de los caudales de explotación de las condiciones hidrológicas de la zona de recarga, lo que se traduce en un caudal sostenible no mayor a 20 [l/s].
Goenechea	100	145	Las captaciones de esta Planta se comportan mejor que las de Aguas Claras en los últimos periodos de sequía, por lo que se recomienda un uso más intensivo de las captaciones de este recinto. Según estudio hidrológico ⁽¹¹⁾ , se estima que en función del tipo de material de relleno existente en la zona de estudio, el caudal de explotación segura debe ser muy inferior a la capacidad de explotación del sistema. En particular para los drenes existentes en la Planta Goenechea se recomienda la realización de una prueba de bombeo para verificar el potencial de extracción de agua subterránea y las depresiones admisibles del nivel freático.
Quínquimo 1	20	75,5	Según estudio hidrológico ⁽¹¹⁾ , el sondaje 645 es la principal fuente de abastecimiento en esta planta, con un caudal de producción promedio en el año 2001 de 8,4 [l/s] y en el año 2002 de 5,2 [l/s]. La producción de los sondajes 644 y 646 es menor, correspondiendo a 2,6 y 2,5 [l/s], respectivamente, durante el año 2002. El agua presenta en general problemas con manganeso.
Quínquimo 2	30	144	Según estudio hidrológico ⁽¹¹⁾ , presenta características similares a la Planta Quínquimo I (debido a su cercanía), teniendo también problemas de agua con manganeso.

Cuadro III.4. Caudal Disponible Fuentes Sin Restricción. [2]

Planta o Fuente	Caudal de Extracción Recomendado [l/s]	Caudal Derechos Otorgados [l/s]	Justificación
Puchuncaví	9	9,7	<p>Según estudio hidrológico ⁽¹¹⁾, debido a la cercanía de los pozos 2 y 3, se ha comprobado que existe interferencia. Además la calidad del agua es definida como buena, y aunque existe tratamiento con filtros tipo Green Sand, no es necesario su uso.</p> <p>Según estudio hidrológico ⁽¹¹⁾, los pozos presentan bajo rendimiento con grandes depresiones para caudales relativamente pequeños. Esto se debe a que el sistema acuífero presenta altos contenidos de finos (arcillas y limos).</p>
Concón		>200	<p>El sistema Concón realiza tratamiento del agua, para abatir turbiedad, fierro y manganeso. La calidad de las aguas de esta fuente es catalogada como buena y cuenta con la mayor cantidad de recurso disponible para la explotación, tanto por los caudales actuales, como por los otorgados como derechos por la DGA.</p> <p>Según estudio hidrológico ⁽¹¹⁾, en años de probabilidad de excedencia del 90% en el río Aconcagua, el caudal de extracción desde el Dren Colmo es "cero" entre los meses de Noviembre y Mayo, debido a que el río portea un caudal inferior a 3 [m³/s]. De esta manera, y de acuerdo a la forma en la que fueron otorgados estos derechos de aprovechamiento, se puede extraer agua de esta captación sólo si se dejan pasar por el río los dicho caudal de porteo.</p>

III.3. DERECHOS DE AGUA.

De acuerdo a la metodología descrita en el estudio sobre disponibilidad de agua en los distintos cauces y acuíferos de la V Región ^[1], se tiene el caudal sustentable para cada acuífero y los derechos de aprovechamiento factibles de constituir en carácter de permanentes y definitivos por sectores. Cabe señalar que estos resultados corresponden a los caudales estimados como recarga media anual para cada sector, y su comparación con la demanda al 31 de marzo del año 2001.

Es importante resaltar que tal como se indica en el Cuadro III-4, los derechos de aprovechamiento concedidos en las diferentes cuencas supera a la recarga promedio anual en cada una de ellas. Este hecho es consistente con los criterios de asignación de derechos de agua que utiliza la Dirección General de Aguas que incluyen los denominados factores de uso, esto es que porcentaje del derecho asignado es utilizado en términos promedio por cada usuario. Debido a esta situación no es posible considerar el derecho de aprovechamiento otorgado por la DGA como la producción potencial de una captación.

III.3.1. Situación Legal en Cuencas de Interés

En resumen se tiene la siguiente situación legal en términos de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la zona de estudio. Se ha incluido además la categoría en la que se encuentra el acuífero del sector de La Ligua.

Cuadro III.5. Resumen Situación en Zona Litoral Norte. ^[2]

SECTOR	CAUDAL RECARGA MEDIA ANUAL [l/s]	DERECHOS CONCEDIDOS AL 31 de DICIEMBRE 2003 [l/s]	SITUACION DERECHOS AGUAS SUBTERRÁNEAS
LA LIGUA	-	-	Sin Disponibilidad Zona de Restricción en Trámite
Estero Papudo	24,00	97,17	Sin Disponibilidad
Rocas Zapallar	0,00	13,44	Con Disponibilidad
Estero Cachagua	9,00	65,70	Sin Disponibilidad
Sector Catapilco Subsector Estero Catapilco	140,00	321,88	Con Disponibilidad
Sector Catapilco Subsector La Laguna	9,00	115,00	Sin Disponibilidad
Sector Catapilco Subsector Estero La Canela	35,00	33,10	Con Disponibilidad
Estero Puchuncaví	66,00	184,24	Sin Disponibilidad
Sector Quintero Subsector Estero Pucalán	92,00	118,00	Con Disponibilidad
Sector Quintero Subsector Dunas de Quintero	163,00	331,82	Sin Disponibilidad
Sector Quintero Subsector Estero Mantagua	15,00	20,70	Con Disponibilidad

CAPITULO IV

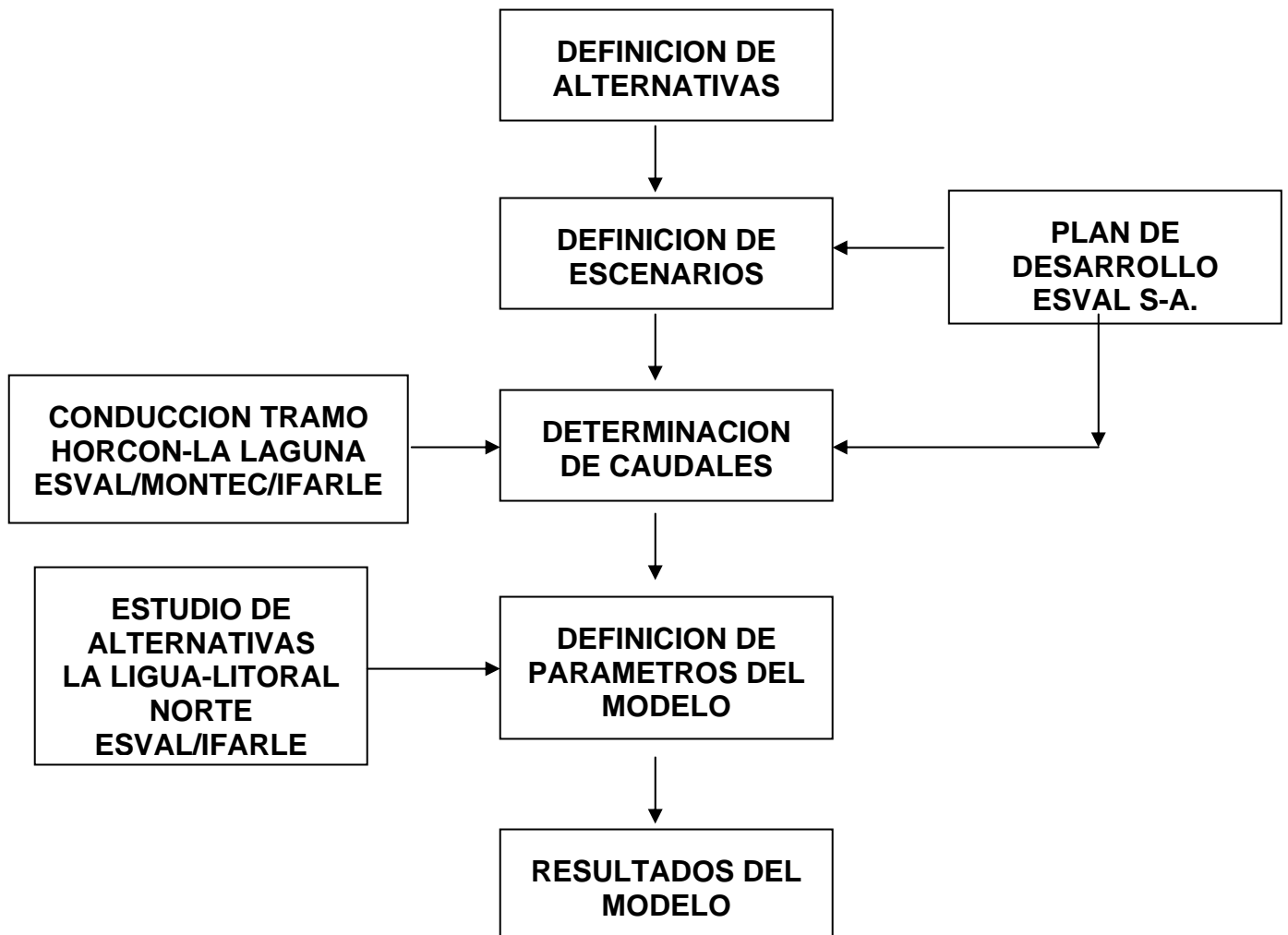
MODELACION DEL SISTEMA LITORAL NORTE

IV. CAPITULO 4: MODELACION DEL SISTEMA LITORAL NORTE.

IV.1. INTRODUCCION.

La creación de un modelo hidráulico para el Sistema de Producción y Distribución Litoral Norte, V Región, es el principal objetivo de esta memoria y se lleva a cabo gracias a la recopilación de antecedentes presentada en los capítulos anteriores.

Para la realización del modelo, es necesario tomar en consideración los planes de desarrollo que tenga ESVAL S.A. para los próximos años, además de otras fuentes bibliográficas relevantes que se presentan en el siguiente diagrama de flujo.



En el presente capítulo se muestra la definición de alternativas y escenarios a considerar, la proyección de caudales y los principales resultados que se obtienen a partir de la modelación realizada en WATERCAD.

IV.2. DEFINICION DE ALTERNATIVAS.

Utilizando la información del capítulo II y III, junto con el Anexo I, se construye la parte física del modelo (cotas, largos y material de tuberías, válvulas, bombas, etc).

Gracias a la recientemente finalizada construcción de la conducción desde Horcón hasta el condominio Cantagua (tramo final de la conducción Concón-La Laguna), el Sistema Litoral Norte permite que el tramo comprendido entre Cachagua y La Laguna pueda ser abastecido tanto desde La Ligua (a través de la conducción El Traro) como desde la Planta de Agua Potable en Concón (a través de la conducción Concón-La Laguna). Lo anterior nos lleva a definir dos alternativas para el abastecimiento del sistema.

IV.2.1. ALTERNATIVA N° 1: Abastecimiento desde La Ligua.

Esta alternativa supone que el tramo Cachagua-La Laguna es alimentado desde La Ligua a través de la conducción El Traro, hasta el estanque Catapilco en el sector de La Laguna.

Sabemos que el caudal que pasa por la conducción El Traro proviene de los excedentes de las Plantas de Agua Potable Goenechea, Quinquimo I y de la producción total de la Planta Quinquimo II (la cual aporta directamente a la conducción El Traro). Debido a lo anterior, en el caso de Goenechea y Quinquimo I, se debe modelar el

abastecimiento de algunos sectores de La Ligua (Estanques El Arrayán y El Rayado, desde Goenechea) y Quinquimo (Estanque Quinquimo, con excedentes desde Estanque El Arrayán y Planta Quinquimo I), aumentando la cantidad de estanques y nodos de consumo, al integrar a la ciudad de La Ligua como parte del modelo.

Con el aumento de información a recopilar, el modelo es más complejo y se escapa de la zona a estudiar en esta memoria. Para evitar analizar el Sistema La Ligua, se decide eliminar la Planta Goenechea como fuente de abastecimiento al Sistema Litoral Norte, compensado por la eliminación de los puntos de consumo Pullaly y Quinquimo Poniente desde el Estanque Quinquimo; de este modo la totalidad de la producción de agua potable de las plantas Quinquimo I y II pasa a la conducción El Traro, evitando así incluir al Sistema La Ligua (que puede ser analizado en un futuro estudio) en los análisis de esta memoria.

Debido a las restricciones enunciadas en el capítulo anterior para la Planta El Tranque en Papudo, y a que según información entregada por ESVAL S.A. esta planta no siempre aporta caudal en la época de verano, no será considerada dentro del análisis, aún cuando puede ser utilizada solo como planta de apoyo. Lo mismo sucede con la Planta Catapilco en La Laguna, la cual a pesar de tener buena calidad en sus aguas, tiene un bajo caudal aportante, por lo que solo se recomienda como planta de apoyo en casos de emergencia.

Esta alternativa esta contenida en el modelo en WATERCAD llamado Litoral-Norte-Actual, presentado en el Anexo III.

IV.2.2. ALTERNATIVA N° 2: Abastecimiento desde Concón.

Esta alternativa supone que el tramo La Laguna-Cachagua es alimentado desde Concón a través de la conducción Concón-La Laguna, hasta el estanque Cachagua Bajo en la localidad del mismo nombre.

En teoría se podría conducir agua hasta Papudo, pero requiere de equipamiento que actualmente no existe en la conducción. Por otro lado, el Plan de Desarrollo de ESVAL S.A. considera habilitar la conducción proveniente desde Concón hasta Zapallar recién en el año 2014, dejando a la localidad de Papudo abastecida desde El Traro. Por lo anterior no se considera el tramo entre Cachagua y Papudo dentro de esta alternativa.

Además de la fuente de producción de Concón, en esta alternativa se considera la Planta de Ritoque en Quintero, aunque no con toda su capacidad. En primer lugar no se considera el caudal aportante por los sistemas de terceros de la malla N°5 y N°6, pues con la construcción de la derivación Quintero esta agua comprada a terceros (30 [l/s]) ya no es necesaria. También se deja fuera de servicio el pozo hincado N° 4, por encontrarse lejos del recinto Ritoque y ser objeto constante del robo de los cables que dan energía a la bomba.

Con esto la Planta Ritoque queda aportando actualmente entre 27 y 30 [l/s] con planes a ser expandido a 50 [l/s]. Los caudales actuales de explotación en Ritoque dejan los valores de cloruros bajo el nivel permitido por la Norma de calidad de agua (NCh 409/1.Of.2005), aunque se sigue monitoreando su calidad.

En el caso de Puchuncaví, en la actualidad sigue funcionando como un Sistema independiente de la conducción Concón-La Laguna, por lo que no se considera dentro del análisis de las demandas del Sistema Litoral Norte, aún cuando a futuro podría integrarse al sistema.

Al igual que en la alternativa N° 1, la Planta Catapilco no se considera en el modelo.

Por otra parte, sabemos que desde el Estanque de Carga N° 1 hacia la Planta Concón, existe una tubería de retorno que alimenta las localidades en dicho tramo; sin embargo, no están definidos los puntos finales de consumo, ni sus potenciales demandas, por lo que esta tubería no se considera en el modelo.

Igual situación ocurre en los casos de las derivaciones N° 1, N° 3 y N° 4 de la Aducción Santa Julia, las cuales a la fecha no tienen demanda, por lo que no se consideran en el modelo. Así mismo, la Derivación Loncura no se considera en el modelo, puesto que esta localidad se alimenta desde el estanque La Cruz Bajo y se preveé que esta situación se mantenga en el futuro.

Debido a que no hay claridad con respecto a la forma en que se abastecerán las localidades de Campiche y la Greda, estas se consideran a partir del año 2018, integrando sus demandas al nodo Ventanas del modelo. Debido a esto, la derivación Campiche ubicada en el tramo Ventanas-Horcón de la conducción Concón-La laguna, no se considera en el modelo.

Por último, la derivación Pinares de Cachagua, no se considera en el modelo, debido al desconocimiento de su demanda y a que su modelación implica agregar nodos innecesarios (como una reductora de presión).

Esta alternativa esta contenida en el modelo en WATERCAD llamado Concón-Cachagua, presentado en el Anexo III.

IV.3. DEFINICION DE ESCENARIOS DE DEMANDA.

Utilizando los datos de demanda obtenidos de los Planes de Desarrollo de ESVAL, disponibles en la Superintendencia de Servicios Sanitarios (en adelante SISS), para cada localidad del Sistema Litoral Norte y del Sistema La Ligua, además de los caudales establecidos por ESVAL S.A. para cada derivación de la conducción Concón-La Laguna; se establecen 6 escenarios de demanda a analizar para cada alternativa descrita.

De acuerdo a los datos obtenidos de caudal (presentados en el Anexo II), se tienen 8 meses en el año en que la población de las localidades del Litoral Norte corresponde a quienes viven permanentemente en la zona, tiempo al que se le denomina Período no Punta. Los restantes 4 meses corresponden al período de verano, donde los diversos condominios y balnearios de la zona son invadidos por miles de veraneantes que provocan un gran aumento del consumo de agua en el Litoral Norte; a este período de crecimiento poblacional se le denomina Período Punta.

Los caudales obtenidos del Plan de Desarrollo (P.D.) llegan hasta el año 2019, por lo que finalmente se adoptan como caudales a utilizar, los valores del año actual (2008) y en un período de diez años más, es decir, 2018. Por lo tanto el Período Incremental será el correspondiente al 25% de aumento del caudal del año 2018 (período de previsión), esto debido a que los proyectos de Ingeniería de detalles para los distintos tramos de la conducción Concón-La Laguna consideran una situación futura en que el caudal es incrementado en un 25% con respecto al período de previsión.

Considerando la variable estacional de los caudales y los tres periodos descritos anteriormente se definen seis escenarios de demanda que se describen a continuación:

- a) ESCENARIO N° 1: Caudales en Periodo no Punta para el año 2008.
- b) ESCENARIO N° 2: Caudales en Periodo Punta para el año 2008.
- c) ESCENARIO N° 3: Caudales en Periodo no Punta para el año 2018.
- d) ESCENARIO N° 4: Caudales en Periodo Punta para el año 2018.
- e) ESCENARIO N° 5: Caudales en Periodo no Punta para etapa Incremental.
- f) ESCENARIO N° 6: Caudales en Periodo Punta para etapa Incremental.

IV.4. CALCULO DE CAUDALES PARA LOS DISTINTOS ESCENARIOS DE DEMANDA.

En el modelo realizado en WATERCAD, se han definido los siguientes nodos con consumo:

Cuadro IV.1. Nodos con Consumo en Modelo Computacional. Alternativa N° 1.

Label	Cota [m]
Cachagua Alto	60,00
Cachagua Bajo	0
Cantagua	85,97
Costa Cachagua	53,45
Derivación Cummins	77,58
J-39	2,00
J-100	16
J-103	16
J-132	50
J-133	20
J-134	170
J-135	140
La Laguna	0
Papudo	5
Tramo Cummins	5,58
Zapallar Alto	120
Zapallar Bajo	0
Zapallar Medio	70

Los nodos en rojo corresponden a un consumo operacional de 5%, valor establecido normalmente para consumos de operación que existen en una Planta de Tratamiento. En este caso, J-100 y J-103 equivalen a los consumos operacionales en Quinquimo I y Quinquimo II, respectivamente.

Para la alternativa N° 2, J-1 y J-1a representan los consumos operacionales en la Planta Concón y Planta Ritoque de Quintero, respectivamente.

Como todas estas localidades se encuentran en la zona costera, la cota mínima en redes para cada localidad, se ha definido igual a cero.

Cuadro IV.2. Nodos con Consumo en Modelo Computacional. Alternativa N° 2.

Label	Cota [m]
Cachagua Alto	60
Cachagua Bajo	0
Cantagua	85,97
Costa Cachagua	53,45
Derivación Cummins	77,58
Horcon	0
J-1	4,7
J-1a	4,5
J-19	50
J-39	2
La Laguna	0,00
La Laguna APR	5,29
Loncura	0
Maitencillo	98,54
Maitencillo Centro Norte	8,23
Maitencillo Sur	109,56
Mantagua	6,16
Quintero Alto-Norte	60
Quintero Alto-Sur	60,00
Quintero Centro-Bajo	0
Quintero Medio-Norte	0
Quintero Medio-Sur	0,00
Tirilluca	42,22
Tirilluca 2	58,01
Tramo Cummins	5,58
Ventanas	0

A los nodos de consumo que corresponden a redes, se les asigna su respectivo caudal máximo horario (Q_{MAX_H}); mientras que a los nodos de consumo que corresponden a derivaciones y matrices que aún no están en funcionamiento, se les asigna su respectivo caudal máximo diario (Q_{MAX_D}).

Dentro de las válvulas de salida del Estanque Ventanas, existen dos derivaciones futuras, destinadas originalmente a las localidades de La Greda y Campiche. Como no se sabe como serán estas futuras derivaciones (longitud de tuberías, estanque de regulación en cada localidad, posibles plantas elevadoras, etc) no son consideradas dentro del modelo como aportes a los caudales del nodo Ventanas para el período 2008 (se consideran como aportes a la demanda de este nodo para el Período 2018 e Incremental).

Cuadro IV.3. Nodos con Consumo Máximo Diario.

NODO DE CONSUMO	Q_{MAX_D}	Q_{MAX_H}	JUSTIFICACION
Cantagua	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
Costa Cachagua	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
Derivación Cummins	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
La Laguna APR	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
Maitencillo	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
Maitencillo Centro Norte	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
Maitencillo Sur	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
Tirilluca	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
Tirilluca 2	OK	-	Corresponde a válvula de derivación en la conducción principal, aún no se construye red domiciliaria para esta derivación.
Ventanas	OK	-	Corresponde a un trasvasije de caudal desde el Estanque Ventanas a un estanque contiguo perteneciente al comité de agua potable de Ventanas.

Cuadro IV.4. Nodos con Consumo Máximo Horario.

NODO DE CONSUMO	Q _{MAX_D}	Q _{MAX_H}	JUSTIFICACION
Horcón	-	OK	En el corto Plazo el Estanque Horcón operará hacia el balneario del mismo nombre.
Cachagua Alto	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Cachagua Bajo	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
J-19	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
J-39	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
La Laguna	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Mantagua	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Quintero Alto-Norte	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Quintero Alto-Sur	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Quintero Centro-Bajo	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Quintero Medio-Norte	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Quintero Medio-Sur	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
J-132	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
J-133	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
J-134	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
J-135	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Papudo	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Zapallar Alto	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Zapallar Bajo	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Zapallar Medio	-	OK	Nodo de matriz que abastece a red domiciliaria.
Tramo Cummins	-	-	Corresponde a nodo de unión entre Tramo Cummins, Aducción N°2 y conducción Catapilco-Cachagua.

Los Planes de Desarrollo proporcionan una completa información de población y caudales que incluyen los caudales máximos diarios y horarios para cada localidad.

Sin embargo, existen algunos nodos del modelo computacional que no cuentan con información tan detallada como la presentada en dichos informes, y que son obtenidos del proyecto de Ingeniería Básica “Diseño y Construcción. Conducción Agua Potable. Tramo Horcón – La Laguna” y corresponden solo a caudales máximos diarios.

Por esta razón se debe hacer algunas consideraciones para obtener la información necesaria para correr el modelo.

Cuadro IV.5. Procedencia de la Información.

Localidades con Datos de la SISS	Localidades con Datos de Proyecto
Quintero	Quintero
Puchuncaví	Puchuncaví
La Laguna	La Laguna
Cachagua	Cachagua
Zapallar	Zapallar
Franja Costera Papudo-Zapallar	La Greda
Papudo	Campinche APR
Placilla-Quinquimo	Ventanas
La Ligua	Maitencillo
	Proyectos Mantagua
	Horcón y Vecinos
	Tirilluca
	Costa Cachagua
	Cantagua

Los caudales obtenidos desde los Planes de Desarrollo ^[3] al ^[11], se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro IV.6. Caudales de Localidades con Datos P.D.

Localidad	Actual		10 Años		Incremental	
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
	PnoP [l/s]	PP [l/s]	PnoP [l/s]	PP [l/s]	PnoP [l/s]	PP [l/s]
Quintero	127,79	188,14	143,26	210,92	179,07	263,65
Puchuncaví	15,07	16,91	19,02	21,34	23,78	26,68
La Laguna	9,46	21,54	13,29	30,28	16,61	37,85
Cachagua	41,39	92,14	48,97	109,03	61,21	136,29
Zapallar	54,16	105,48	75,97	147,94	94,96	184,93
Franja Costera Papudo-Zapallar	0,89	1,99	3,52	7,83	4,40	9,79
Papudo	44,34	98,60	48,05	106,86	60,06	133,57
Placilla-Quinquimo	15,66	20,27	16,15	20,89	20,18	26,11
La Ligua	84,14	98,14	94,07	109,68	117,58	137,10

Para el caso de los caudales obtenidos del proyecto (caudales en Periodo Punta) ^[16], es necesario estimar los caudales en Periodo no Punta. Primero se establece una relación porcentual entre los caudales punta y no punta de los datos del P.D., y se utiliza este porcentaje para determinar los caudales no punta de los caudales obtenidos del proyecto. Para ello se usan los porcentajes de la zona más cercana a la localidad de los datos de proyecto.

Cuadro IV.7. Relación porcentual entre Periodo no Punta y Punta de los datos obtenidos de la SISS.

Localidad	Actual % PnoP/PP [%]	10 Años % PnoP/PP [%]	Incremental % PnoP/PP [%]
Quintero	67,92%	67,92%	67,92%
Puchuncaví	89,14%	89,14%	89,14%
La Laguna	43,91%	43,89%	43,89%
Cachagua	44,92%	44,91%	44,91%
Zapallar	51,35%	51,35%	51,35%
Franja Costera Papudo-Zapallar	44,80%	44,98%	44,98%
Papudo	44,97%	44,97%	44,97%
Placilla-Quinquimo	77,26%	77,29%	77,29%
La Ligua	85,73%	85,76%	85,76%

Cuadro IV.8. Caudales de Localidades con Datos de Proyecto.

LOCALIDAD	Actual		10 Años		Incremental	
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
	PnoP [l/s]	PP [l/s]	PnoP [l/s]	PP [l/s]	PnoP [l/s]	PP [l/s]
Quintero	48,56	71,5	67,65	99,6	84,56	124,50
Puchuncaví	6,33	7,1	8,11	9,1	10,14	11,38
La Laguna	3,07	7	4,48	10,2	5,60	12,75
Cachagua	14,10	31,4	15,45	34,4	19,31	43,00
Zapallar	20,95	40,8	22,70	44,2	28,37	55,25
Subtotal	107,18	157,8	134,14	197,5	167,68	246,88
La Greda	3,33	4,9	4,14	6,1	5,18	7,63
Campinche APR	0,88	1,3	1,22	1,8	1,53	2,25
Subtotal	4,21	6,2	5,37	7,9	6,71	9,88
Ventanas	5,30	7,8	6,66	9,8	8,32	12,25
Subtotal	5,30	7,8	6,66	9,8	8,32	12,25
Maitencillo	18,34	27	30,56	45	38,21	56,25
Subtotal	18,34	27	30,56	45	38,21	56,25
Proyectos Mantagua	8,01	11,8	27,64	40,7	34,55	50,88
Horcón y Vecinos	27,24	40,1	35,66	52,5	44,57	65,63
Tirilluca	0,00	0	9,64	14,2	12,06	17,75
Costa Cachagua	3,87	5,7	4,41	6,5	5,52	8,13
Cantagua	1,49	2,2	2,65	3,9	3,31	4,88
Subtotal	40,62	59,8	80,01	117,8	100,01	147,25
Total	175,65	258,6	256,74	378	320,93	472,50

Los caudales del cuadro anterior son máximos diarios, como en el caso de Horcón se dijo que utilizaríamos caudales máximos horarios, el factor de conversión a utilizar será el mismo que para los datos obtenidos de la SISS, es decir:

$$Q_{MaxH} = 1,5 * Q_{MaxD}$$

Con los caudales definidos para cada localidad del modelo computacional, se puede dividir el caudal de algunas localidades en los centros de consumos correspondientes, como es el caso de Zapallar (3 estanques de distribución), Cachagua (2 estanques de distribución) y Quintero (5 estanques de distribución). Se calcula el porcentaje que cada estanque abastece, suponiendo que el volumen de cada estanque es lineal con respecto a la cantidad de población a la que debe abastecer.

Cuadro IV.9. Relación Porcentual entre Estanques de Distribución en Zapallar.

Estanque	V [m3]	% V	% V a Usar
Zapallar Bajo	750	48,39%	48,00%
Zapallar Medio	500	32,26%	33,00%
Zapallar Alto	300	19,35%	19,00%
Total	1.550		

Cuadro IV.10. Relación Porcentual entre Estanques de Distribución en Cachagua.

Estanque	V [m3]	% V	% V a Usar
Cachagua Bajo	320	41,56%	42,00%
Cachagua Alto	450	58,44%	58,00%
Total	770		

Cuadro IV.11. Relación Porcentual entre Estanques de Distribución en Quintero.

Estanque	V [m3]	% V	% V a Usar
Victoria	1.000	42,42%	42,00%
La Cruz Bajo	500	23,64%	24,00%
La Cruz Alto	650	9,96%	10,00%
Peninsular Bajo	350	13,72%	14,00%
Peninsular Alto	300	10,27%	10,00%
	2.800		

Finalmente se tienen los caudales a utilizar para cada nodo con consumo en cada alternativa y escenario.

Cuadro IV.12. Caudales en Nodos con Consumo de Alternativa N° 1.

Label	Cota [m]	Actual		10 Años		Incremental	
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
		PnoP [l/s]	PP [l/s]	PnoP [l/s]	PP [l/s]	PnoP [l/s]	PP [l/s]
Cachagua Alto	60,00	24,00	53,44	28,40	63,24	35,50	79,05
Cachagua Bajo	0	17,38	38,70	20,57	45,79	25,71	57,24
Cantagua	85,97	1,49	2,20	2,65	3,90	3,31	4,88
Costa Cachagua	53,45	3,87	5,70	4,41	6,50	5,52	8,13
Derivación Cummins	77,58	0,00	0,00	1,32	1,95	1,66	2,44
J-39	2,00	4,73	10,77	6,64	15,14	8,31	18,92
J-100	16	3,89	8,19	4,95	10,36	6,19	12,95
J-103	16	3,89	8,19	4,95	10,36	6,19	12,95
J-132	50	0,45	1,00	1,76	3,91	2,20	4,89
J-133	20	0,45	1,00	1,76	3,91	2,20	4,89
J-134	170	2,60	5,06	3,65	7,10	4,56	8,88
J-135	140	5,20	10,13	7,29	14,20	9,12	17,75
La Laguna	0	4,73	10,77	6,64	15,14	8,31	18,92
Papudo	5	44,34	98,60	48,05	106,86	60,06	133,57
Tramo Cummins	5,58	0	0	0	0	0,00	0,00
Zapallar Alto	120	18,20	35,44	25,52	49,71	31,91	62,14
Zapallar Bajo	0	17,87	34,81	25,07	48,82	31,34	61,03
Zapallar Medio	70	10,29	20,04	14,43	28,11	18,04	35,14
		155,61	327,65	198,18	414,29	247,73	517,87

Para el estanque Zapallar alto, existen tres nodos con consumo, J-134, J-135 y Zapallar Alto, cada uno asignado con 20%, 30% y 50% del caudal estimado para el estanque Zapallar Alto, respectivamente.

Cuadro IV.13. Caudales en Nodos con Consumo de Alternativa N° 2.

Label	Cota [m]	Actual		10 Años		Incremental	
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
		PnoP [l/s]	PP [l/s]	PnoP [l/s]	PP [l/s]	PnoP [l/s]	PP [l/s]
Cachagua Alto	60	24,00	53,44	28,40	63,24	35,50	79,05
Cachagua Bajo	0	17,38	38,70	20,57	45,79	25,71	57,24
Cantagua	85,97	1,49	2,20	2,65	3,90	3,31	4,88
Costa Cachagua	53,45	3,87	5,70	4,41	6,50	5,52	8,13
Derivación Cummins	77,58	0	0	1,32	1,95	1,66	2,44
Horcon	0	40,86	60,15	53,49	78,75	66,86	98,44
J-1	4,7	11,91	19,47	17,43	28,10	21,79	35,12
J-1a	4,5	6,39	9,41	7,16	10,55	8,95	13,18
J-19	50	7,55	11,12	8,47	12,46	10,58	15,58
J-39	2	4,73	10,77	6,64	15,14	8,31	18,92
La Laguna	0,00	4,73	10,77	6,64	15,14	8,31	18,92
La Laguna APR	5,29	0	0	1,33	3,03	1,66	3,78
Loncura	0	7,55	11,12	8,47	12,46	10,58	15,58
Maitencillo	98,54	0	0	10,19	15,00	12,74	18,75
Maitencillo Centro Norte	8,23	0	0	10,19	15,00	12,74	18,75
Maitencillo Sur	109,56	0	0	10,19	15,00	12,74	18,75
Mantagua	6,16	8,01	11,80	27,64	40,70	34,55	50,88
Quintero Alto-Norte	60	12,72	18,73	14,26	21,00	17,83	26,25
Quintero Alto-Sur	60,00	13,13	19,33	14,72	21,67	18,40	27,08
Quintero Centro-Bajo	0	54,20	79,80	60,76	89,46	75,95	111,83
Quintero Medio-Norte	0	15,10	22,24	16,93	24,93	21,16	31,16
Quintero Medio-Sur	0,00	17,53	25,81	19,65	28,93	24,56	36,17
Tirilluca	42,22	0	0	4,82	7,10	6,03	8,88
Tirilluca 2	58,01	0	0	4,82	7,10	6,03	8,88
Tramo Cummins	5,58	0	0	0	0	0,00	0,00
Ventanas	0	5,30	7,80	12,02	17,70	15,03	22,13
		238,17	389,47	348,59	561,96	435,74	702,45

IV.5. PARAMETROS HIDRAULICOS DEL MODELO.

Para la modelación en WATERCAD, se utiliza la fórmula de Hazen-William para el cálculo de las pérdidas friccionales.

De acuerdo a valores típicos usados en proyectos de ingeniería, se adoptan los valores hidráulicos siguientes.

Cuadro IV.14. Coeficientes de Hazen-William.

Material	Coficiente Hazen-Williams
Acero	130
Asbesto Cemento	140
HDPE	145
PVC	145

En el caso de las pérdidas singulares, éstas solo se adoptan en las válvulas reductoras de presión consideradas en el sistema y en la tubería de ingreso al estanque La Laguna, esto porque debido a que no están actualmente en funcionamiento todos los componentes del sistema Concón-La Laguna, el caudal que ingresa por dicha tubería es mayor al de diseño que permite que la antigua conducción Catapilco-Cachagua (la cual está conectada a la conducción Concón-La Laguna en el nodo denominado Tramo Cummins) llene tanto el estanque La Laguna como el estanque Catapilco. Debido a lo anterior el agua no era capaz de llegar hasta el estanque Catapilco, que aunque actualmente no esta en funcionamiento, podría usarse para abastecer de agua a localidades cercanas a Catapilco.

La solución para el problema anterior fue instalar una placa orificio a la llegada del estanque La Laguna, para que se produzca una gran pérdida singular y así permitir que no todo el caudal que va por la conducción Catapilco Cachagua pase al estanque La Laguna, sino que también permita el ingreso de caudal al estanque Catapilco. La

representación de esta pérdida en el modelo corresponde a un $k_s = 0,39$ (dado por WATERCAD para una válvula) multiplicado por 50.500, lo que se asimila a la pérdida que la placa orificio produce ($k_{total} = 19.695$).

Una última consideración, tiene que ver con la operación de la derivación Maitencillo y el Estanque Maitencillo. Este estanque fue diseñado para abastecer a la zona de Maitencillo y los condominios ubicados entre la Ruta F-128 y La Laguna (Marbella, Lomas Blancas, entre otros).

Considerando que en la actualidad la localidad de Maitencillo no pertenece al territorio operacional ESVAL S.A. y no está definida su incorporación, se considerará a la derivación y estanque Maitencillo dentro del modelo, manteniendo para todos los escenarios de demanda, el Estanque Maitencillo siempre lleno.

Para las motobombas^[17] se adoptan las eficiencias presentadas en el cuadro siguiente:

Cuadro IV.15. Eficiencia Motobombas.

Tipo de Bomba	Eficiencia Bomba	Eficiencia Motor
Sumergible	76%	84%
Eje Horizontal	75%	84%

IV.6. RESULTADOS DEL MODELO COMPUTACIONAL.

IV.6.1. ALTERNATIVA N° 1.

De acuerdo con información obtenida del Departamento de Operaciones de ESVAL S.A. ^[18], la booster El Pangue cumple solo la función de aumentar la capacidad de conducción del tramo Zapallar-La Laguna, de 30 [l/s] en la Planta Zapallar a 40 [l/s] en El Pangue. Esto se verificó en el modelo eliminando la booster El Pangue, donde se aprecia una disminución del caudal de la Planta elevadora El Pangue del orden de 10 [l/s] (ver archivo "Litoral-Norte-Actual-SB").

La booster El Pangue solo opera en Periodo Punta donde es necesario aumentar el caudal para abastecer la zona de La Laguna (desde Zapallar) y condominios Cantagua y Costa Cachagua. En términos operacionales tenemos dos alternativas para aumentar la eficiencia del sistema, primero se podría cambiar la bomba en Zapallar (agregando un variador de frecuencia) y eliminar la booster El Pangue para un abastecimiento desde La Ligua. Sin embargo, la bomba booster tiene la ventaja que puede operar en ambos sentidos, para lo cual es necesario cambiar el piping de la booster El Pangue y así poder elevar agua hacia Zapallar desde la conducción Concón-La Laguna, constituyendo esta solución la segunda alternativa.

En la conducción Cachagua-La Laguna existe un punto alto en la ruta E-30-F (cota 125 [msnm]) que tiene presión negativa a partir del Período Punta del 2018, lo que provocaría cavitación para dicho escenario en este punto. Si para entonces se sigue alimentando La Laguna desde La Ligua, se debe cambiar la booster Vicuña, aumentando su capacidad.

En los tramos de: 300 [mm] entre Quinquimo II y el Estanque de Acumulación El Traro, y 150 [mm] entre Zapallar y Cachagua, se registran velocidades de 2,3 [m/s] las cuales,

si bien son altas, no son tan elevadas como para justificar un cambio de diámetro en dichos tramos.

Por otro lado, de acuerdo al modelo, en la actualidad (período Punta 2008) se registran velocidades de 3 [m/s] en el abastecimiento a Zapallar Alto (matriz del estanque Zapallar Alto), por lo que se recomienda reemplazar este tramo por una tubería de 250 [mm], diámetro que permite obtener velocidades menores a 2 [m/s] para el Periodo Incremental.

Otras dos matrices que se deben cambiar actualmente, de acuerdo a la modelación, son las matrices del estanque Compax de Papudo y la del estanque Zapallar Bajo, por tuberías de 400 [mm] y 250 [mm], respectivamente, obteniendo velocidades menores a 2 [m/s] para el periodo Punta Incremental.

Para el Periodo incremental es necesario cambiar la matriz de alimentación del Estanque Cachagua Alto, por una tubería de 250 [mm].

IV.6.2. ALTERNATIVA N° 2.

Si se considera dentro del modelo la booster Vicuña, se tiene el abastecimiento a La Laguna, desde La Ligua como desde Concón (gracias a que dicha booster cuenta con el piping que le permite elevar agua de norte a sur, y el paso de agua desde Catapilco a Cachagua). Sin embargo, el modelo computacional no permite la reversibilidad de flujo en una bomba, por ello, la solución más sencilla es crear un archivo (llamado "Concón-Cachagua-SB") donde la booster Vicuña se modela como un nodo y no como una bomba booster.

En el caso en que se considera la booster Vicuña, desde Cachagua se aportan 24 [l/s] para el Periodo no Punta 2008 y 15 [l/s] para el Periodo Punta Incremental, mientras que desde el Estanque de Carga Nº 2 se aportan 17 [l/s] para el Periodo no Punta 2008 y 26 [l/s] para el Periodo Punta Incremental.

Para el Periodo no Punta 2008, se registran velocidades de 2,8 [m/s] en la derivación Ventanas, lo cual se debe a un exceso de caudal que pasa a esta derivación producto de la ausencia de algunos puntos de consumo que se consideran en el diseño original de la conducción Concón-La Laguna, como es el caso de Puchuncaví y loteos ubicados en la zona entre Concón y Quintero. Cuando el sistema opere tal y como fue diseñado, se obtendrán velocidades razonables en la derivación Ventana, mientras tanto, se pueden controlar estas velocidades, produciendo una pérdida singular importante al estrangular la válvula de entrada al estanque.

Para el Periodo Punta 2008, el modelo registra problemas serios con la presión en Quintero Centro Bajo (-33 [msnm]), pero esto se debe principalmente a que se requiere mayor detalle de las redes de distribución en el modelo, lo cual escapa al horizonte global de análisis (conducción Concón-La Laguna), dejando esta situación para un estudio dedicado solo al caso particular de la ciudad de Quintero, siendo necesario para ello especificar puntos de consumo, largos de tuberías de distribución, etc.

También se registra un leve problema de presión negativa en la parte alta de Loncura (-1,3 [mca]) para el periodo Punta incremental, pero que probablemente se deba al mismo problema de imprecisión que el caso anterior, obteniendo resultados más exactos al analizar el sistema Quintero, individualmente.

Al igual que en la alternativa Nº 1, para el Periodo incremental es necesario cambiar la matriz de alimentación del Estanque Cachagua Alto, por una tubería de 250 [mm].

Cabe mencionar que se contaba con información del piping de las bombas en Concón, por lo que se incluyeron en el modelo, es por ello que las tuberías aguas arriba y abajo de la PEAP Concón registran velocidades de 7,64 [m/s], pues el diámetro es menos de la mitad que el diámetro inicial de la conducción Concón-La Laguna.

Salvo lo mencionado anteriormente, el sistema recientemente terminado (con la incorporación del tramo Horcón-La Laguna) Concón- La Laguna no presenta problemas, por lo que es posible abastecer La Laguna desde Concón.

Al utilizar el modelo sin la booster Vicuña, se abastece completamente desde Concón hasta Cachagua. En este caso, solo se registra el mismo problema de impresión en Quintero, que en el caso anterior.

Además, se registran velocidades de 5,9 [m/s] en el tramo que une los estanques Cachagua Alto y Bajo, debido a que pasa un mayor caudal desde Concón que en dirección inversa (desde La Ligua, usando la PEAP Cachagua Alto). Esto se soluciona cambiando dicho tramo por una tubería de diámetro 250 [mm].

En general, podemos decir que el abastecimiento desde Concón es más seguro hidrológicamente (como se vio en el capítulo III), pues se deben conducir, de acuerdo al modelo, 406,7 [l/s] caudal que es posible cubrir desde Concón. Además se generan pocos problemas en las conducciones, principalmente por ser nuevas y estar recientemente en uso.

CAPITULO V

RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN

V. CAPITULO 5: RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN.

V.1. INTRODUCCION.

En general, en todo proyecto de conducción de agua potable o plantas de tratamiento, se debe realizar un manual de operación en condiciones normales, en la que se describen la forma de uso de todos los componentes existentes, como operación de válvulas en estanques para su llenado y vaciado, o en el caso de plantas de tratamiento, configuración de equipos y rangos de uso, así como su tiempo de reposición.

Sin embargo, existen eventualidades que escapan a las condiciones normales en que la obra funciona, por lo que también se deben incluir recomendaciones para casos eventuales y de emergencia más probables. En este caso se analizará (dentro de las múltiples eventualidades que pueden ocurrir) la operación del sistema, con todos sus componentes, para operación normal y para casos eventuales y de emergencia, realizando recomendaciones de operación al respecto.

V.2. VALVULAS EN LA CONDUCCION.

Se cuenta con una buena información de las válvulas existentes en la conducción Concón- La Laguna, no así en la conducción desde La Ligua. Sin embargo, se utilizará la información encontrada para analizar situaciones de emergencia en ambas conducciones.

En las siguientes tablas se resume la información disponible para las válvulas en el sistema ^[12] al ^[14] y ^[17], colocando la distancia acumulada por tramos.

Cuadro V.1. Válvulas en la Conducción El Traro.

Tramo	Tipo de Válvula	Distancia Acumulada en el Tramo [m]
QUINQUIMO - PEAP EL TRARO	Corta N°1	229,75
	Desagüe N°1	989,75
	Corta N°2	1.561,75
	Corta N°3	1.584,75
	Corta N°4	1.589,75
	Corta N°5	1.669,75
	Corta N°6	2.264,75
PEAP EL TRARO - PAPUDO	Corta N°7	2.319,75
	Desagüe N°1	1.295,00
	Desagüe N°2	4.210,00
	Desagüe N°3	6.360,00
	Corta N°1	6.365,00
	Corta N°2	6.490,00
	Desagüe N°4	8.440,00
	Corta N°3	9.780,00
	Corta N°4	9.805,00
	Desagüe N°5	9.807,00
	Reductora N°1	10.830,00
	Desagüe N°6	11.380,00
	Desagüe N°7	11.980,00
	Corta N°5	12.220,00
	Corta N°6	12.955,00
	Corta N°7	13.810,00
	Desagüe N°8	13.812,00
	Corta N°8	13.840,00
	Desagüe N°9	14.120,00
	Desagüe N°10	14.955,00
Corta N°9	15.710,00	
Corta N°10	15.720,00	

Para el caso de la conducción entre Papudo y Cantagua, no se tiene información sobre sus desagües y válvulas, pero se asume que deben tener por lo menos un desagüe en cada tramo hidráulico existente (entre dos puntos de control como bombas y estanques, y entre dos puntos altos).

Cuadro V.2. Válvulas en la Conducción Concón-La Laguna.

Tramo	Tipo de Válvula	Distancia Acumulada en el Tramo [m]
IMPULSION Nº1	Desagüe Nº1	568,27
	Corta Nº1	735,36
	Desagüe Nº2	867,98
	Desagüe Nº3	1537,37
	Corta Nº2	1.674,45
	Desagüe Nº4	2.213,23
	Desagüe Nº5	3.503,75
	Desagüe Nº6	4.196,64
ADUCION SANTA JULIA	Desagüe Nº1	933,00
	Desagüe Nº2	1.234,30
	Desagüe Nº3	1.417,44
	Desagüe Nº4	1.584,70
	Desagüe Nº5	1.789,40
	Desagüe Nº6	1.924,00
	Desagüe Nº7	2.213,20
	Derivación Nº1	2.483,00
	Desagüe Nº8	3.138,10
	Corta Nº1	3.763,00
	Mantagua	3.930,00
	Desagüe Nº9	3.951,00
	Retención Nº1	4.200,00
	Corta Nº2	4.225,00
	Alivio Nº1	4.366,56
	Desagüe Nº10	4.797,10
	Derivación Nº3	5.909,15
	Desagüe Nº11	6.592,20
	Corta Nº3	7.769,20
	Desagüe Nº12	7.825,50
Retención Nº2	7.975,00	
Corta Nº4	7.988,00	
Alivio Nº2	8.119,10	
Derivación Nº4	9.201,53	
Desagüe Nº13	9.257,80	
Desagüe Nº14	9.953,00	
Desagüe Nº15	10.129,00	
Desagüe Nº16	10.510,00	
	Quintero	11.170,00
DERIVACION QUINTERO	Corta Nº2	24,00
	Desagüe Nº1	615,56
	Corta Nº1	2.417,78
	Corta Nº2	2.488,63
	Desagüe Nº2	3.050,94
	Loncura	3.447,02
	Desagüe Nº3	4.168,28
	Desagüe Nº4	5.021,84
Desagüe Nº5	5.462,05	
Desagüe Nº6	6.431,05	
QUINTERO VENTANAS	Desagüe Nº1	-8,80
	Corta Nº1	0,00
	Corta Nº2	18,86
	Desagüe Nº2	734,64
	Desagüe Nº3	1.030,48
	Desagüe Nº4	1.463,14
	Desagüe Nº5	1.887,19
	Desagüe Nº6	2.375,61
	Desagüe Nº7	2.799,45
	Desagüe Nº8	3.165,02
	Desagüe Nº9	4.290,89
	Desagüe Nº10	4.593,00
	Desagüe Nº11	4.807,49
	Corta Nº3	4.826,62
Corta Nº4	4.858,88	
Desagüe Nº12	5.680,22	
Corta Nº5	5.768,81	
Corta Nº6	5.867,95	
Desagüe Nº13	6.179,42	

Cuadro V.3. Válvulas en la Conducción Concón-La Laguna (Continuación).

Tramo	Tipo de Válvula	Distancia Acumulada en el Tramo [m]
VENTANAS HORCON	Corta N°1	6.257,43
	Corta N°2	6.306,43
	Desagüe N°1	6.306,43
	Corta N°3	6.419,12
	Corta N°4	6.526,75
	Desagüe N°2	6.526,75
	Ventanas	7.440,18
	Desagüe N°3	7.529,09
	Desagüe N°4	7.847,50
	Desagüe N°5	8.007,50
	Desagüe N°6	8.306,22
	Desagüe N°7	8.570,87
	Campiche	8.577,00
	Desagüe N°8	9.311,54
	Desagüe N°9	9.488,09
Desagüe N°10	9.972,21	
	Corta N°5	10.092,83
DERIVACION VENTANAS	Corta N°1	0,00
	Desagüe N°1	217,55
DERIVACION HORCON	Corta N°1	0,00
	Desagüe N°1	54,21
ADUCCION N°1	Desagüe N°1	1.671,77
IMPULSION N°2	Desagüe N°1	453,25
	Desagüe N°2	1.340,17
	Tirilluca	1.349,87
	Desagüe N°3	3.048,06
	Tirilluca 2	3.474,47
ADUCCION N°2	Desagüe N°1	1.092,69
	Maitencillo Sur	1.530,08
	Corta N°3	1.565,57
	Corta N°4	1.604,95
	Desagüe N°2	2.363,65
	Maitencillo	2.592,82
	Corta N°5	2.680,14
	Corta N°6	2.712,25
	Desagüe N°3	2.761,20
	Corta N°7	3.769,69
	Corta N°8	3.794,51
	Desagüe N°4	4.405,84
	Desagüe N°5	5.279,33
	Maitencillo	5.503,02
	Centro Norte	
	Corta N°9	5.519,35
	Corta N°10	5.548,75
Desagüe N°6	6.143,92	
Corta N°11	6.231,13	
Corta N°12	6.294,20	
La Laguna APR	6.452,05	
Desagüe N°7	6.655,80	
Corta N°13	6.914,83	
TRAMO CUMMINS	Corta N°1	0,00
	Costa Cachagua	1.028,62
	Cummins	1545,42
	Corta N°2	1.692,93
	Corta N°3	1.761,35
Costa Cantagua		1.892,01
	Corta N°4	2.037,78
INTERCONEXION LA LAGUNA	Reductora N°1	4,00
	Corta N°1	10,30
	Corta N°2	62,54

V.3. OPERACION NORMAL.

A continuación se presenta el estado de los distintos componentes que conforman el sistema Litoral Norte, en condiciones de operación normal. Para ello, se supone que se esta en periodo no punta (se abastece la demanda de la población residente), por lo cual es más eficiente alimentar la localidad de La Laguna desde La Ligua y la conducción Concón-La Laguna alimente a las localidades hacia el sur de La Laguna.

Cuadro V.4. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO

TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
QUINQUIMO - PEAP EL TRARO	MED QT-01	ON
	VALV QT-01	ON
	VALV QT-02	ON
	VALV QT-03	ON
	VALV QT-04	ON
	VALV QT-05	ON
	VALV QT-06	ON
	VALV QT-07	ON
	VALV QT-08	ON
	VALV QT-09	ON
	VALV QT-10	ON
	VALV QT-11	ON
	DES QT-01	OFF
PEAP EL TRARO PAPUDO	DES TP-01	OFF
	DES TP-02	OFF
	VALV TP-01	ON
	VALV TP-02	ON
	DES TP-03	OFF
	DES TP-04	OFF
	VALV TP-03	ON
	VALV TP-04	ON
	REDUC TP-01	ON
	DES TP-05	OFF
	DES TP-06	OFF
	VALV TP-05	ON
	VALV TP-06	ON
	VALV TP-07	ON
	DES TP-07	OFF
	VALV TP-08	ON
	DES TP-08	OFF
	DES TP-09	OFF
VALV TP-09	ON	
VALV TP-10	ON	

Cuadro V.5. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO

TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
PAPUDO - CONDOMINIO CANTAGUA	VALV TPC-01	ON
	VALV TPC-02	ON
	VALV TPC-03	ON
	VALV TPC-04	ON
	VALV TPC-05	ON
	VALV TPC-06	ON
	VALV TPC-07	ON
	VALV TPC-08	ON
	VALV TPC-09	ON
	VALV TPC-10	ON
	VALV TPC-11	ON
	VALV TPC-12	ON
	VALV TPC-13	ON
	VALV TPC-14	ON
	VALV TPC-15	ON
	VALV TPC-16	ON
	VALV TPC-17	ON
	DES TPC-01	OFF
	DES TPC-02	OFF
	DES TPC-03	OFF
	BOM TPC-01	ON
	BOM TPC-02	ON
	BOM TPC-03	ON
	BOM TPC-04	ON
	BOM TPC-05	OFF
	BOM TPC-06	ON
	BOM TPC-07	ON
PEAP CONCON	VALV PL-01	ON
	VALV PL-02	ON
	VALV PL-03	ON
	VALV PL-04	ON
	VALV PL-05	ON
	VALV PL-06	ON
	VALV PL-07	ON
	VALV PL-08	ON
	VALV PL-09	ON
	VALV PL-10	ON
	VALV PL-11	ON
	VALV PL-12	OFF
	VALV PL-13	ON
	VALV PL-14	OFF
	VALV PL-15	OFF
	VALV PL-16	ON
	VALV PL-17	ON
	BOM PL-01	ON
	BOM PL-02	ON
	BOM PL-03	ON
	BOM PL-04	ON
	BOM PL-05	ON
	RET PL-01	ON
	RET PL-02	ON
	RET PL-03	ON
	RET PL-04	ON
	RET PL-05	ON
	RET PL-06	ON
	RET PL-07	ON
	RET PL-08	ON
RET PL-09	ON	
RET PL-10	ON	

Cuadro V.6. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO

TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
IMPULSION N°1	DES IMP_1-01	OFF
	VALV IMP_01-1	ON
	DES IMP_1-02	OFF
	DES IMP_1-03	OFF
	VALV IMP_01-2	ON
	ONE WAY IMP_1-01	ON
	DES IMP_1-04	OFF
	ONE WAY IMP_1-02	ON
	DES IMP_1-05	OFF
	DES IMP_1-06	OFF
ESTANQUE DE CARGA N°1 (MIRADOR)	VALV EC_01	ON
	VALV EC_02	ON
	VALV EC_03	OFF
	VALV EC_04	OFF
	VALV EC_05	OFF
	MED EC_1-01	ON
ADUCCION SANTA JULIA	DES SJ-01	OFF
	DES SJ-02	OFF
	DES SJ-03	OFF
	DES SJ-04	OFF
	DES SJ-05	OFF
	DES SJ-06	OFF
	DERIV SJ-01	OFF
	DES SJ-07	OFF
	DES SJ-08	OFF
	ANTIROT SJ-01	ON
	DERIV SJ-02	OFF
	DES SJ-09	OFF
	ANTIRET SJ-01	ON
	VALV SJ-01	ON
	ALIV SJ-01	ON
	DES SJ-10	OFF
	DERIV SJ-03	OFF
	DES SJ-11	OFF
	ANTIROT SJ-02	ON
	DES SJ-12	OFF
	ANTIRET SJ-02	ON
	VALV SJ-02	ON
	ALIV SJ-02	ON
	DERIV SJ-04	OFF
	DES SJ-13	OFF
	DES SJ-14	OFF
DES SJ-15	OFF	
DES SJ-16	OFF	
DERIV SJ-05	ON	

Cuadro V.7. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO

TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
DERIVACION QUINTERO	VALV QUI-01	ON
	DES QUI-01	OFF
	VALV QUI-02	ON
	VALV QUI-03	ON
	DES QUI-02	OFF
	DES QUI-03	OFF
	DES QUI-04	OFF
ESTANQUE VICTORIA	DES QUI-05	OFF
	DES QUI-06	OFF
	VALV EV-01	ON
	VALV EV-02	OFF
	VALV EV-03	ON
	VALV EV-04	ON
	VALV EV-05	ON
	VALV EV-06	ON
	VALV EV-07	OFF
	VALV EV-08	ON
	VALV EV-09	ON
	VALV EV-10	ON
	VALV EV-11	ON
	VALV EV-12	OFF
	VALV EV-13	ON
	VALV EV-14	ON
	VALV EV-15	OFF
	VALV EV-16	ON
	VALV EV-17	ON
	VALV EV-18	OFF
	VALV EV-19	ON
VALV EV-20	ON	
VALV EV-21	OFF	
VALV_C EV-01	ON	
MED EV-01	ON	
MED EV-02	ON	
MED EV-03	ON	
VENTOSA EV-01	ON	
QUINTERO VENTANAS	DES QV-01	OFF
	VALV QV-01	ON
	VALV QV-02	ON
	DES QV-02	OFF
	DES QV-03	OFF
	DES QV-04	OFF
	DES QV-05	OFF
	DES QV-06	OFF
	DES QV-07	OFF
	DES QV-08	OFF
	DES QV-09	OFF
	DES QV-10	OFF
	DES QV-11	OFF
VALV QV-03	ON	
VALV QV-04	ON	
DES QV-12	OFF	
VALV QV-05	ON	
VALV QV-06	ON	
DES QV-13	OFF	
VENTANAS HORCON	VALV VH-01	ON
	DES VH-01	OFF
	VALV VH-02	ON
	VALV VH-03	ON
	VALV VH-04	ON
	DES VH-02	OFF
	DERIV VH-01	OFF
	DES VH-03	OFF
	DES VH-04	OFF
	DES VH-05	OFF
DES VH-06	OFF	
DES VH-07	OFF	
DERIV VH-02	OFF	
DES VH-08	OFF	
DES VH-09	OFF	
DES VH-10	OFF	

Cuadro V.8. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO

TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
DERIVACION VENTANAS	VALV VENT-01	ON
	DES VENT-01	OFF
DERIVACION HORCON	VALV HOR-01	ON
	DES HOR-01	OFF
ESTANQUE VENTANAS	VALV E_VENT-01	OFF
	VALV E_VENT-02	ON
	VALV E_VENT-03	ON
	VALV E_VENT-04	ON
	VALV E_VENT-05	OFF
	VALV E_VENT-06	OFF
	VALV E_VENT-07	ON
	VALV E_VENT-08	OFF
	VALV E_VENT-09	OFF
	VALV E_VENT-10	ON
	VALV_C E_VENT-01	ON
	VENTOSA E_VENT-01	ON
	MED E_VENT-01	ON
	MED E_VENT-02	ON
MED E_VENT-03	ON	
MED E_VENT-04	ON	
ESTANQUE HORCON	VALV E_HOR-01	ON
	VALV E_HOR-02	OFF
	VALV E_HOR-03	ON
	VALV E_HOR-04	OFF
	VALV E_HOR-05	OFF
	VALV E_HOR-06	ON
	VALV E_HOR-07	ON
	VALV E_HOR-08	OFF
	VALV_C E_HOR-01	ON
	VENTOSA E_HOR-01	ON
	MED E_HOR-01	ON
MED E_HOR-02	ON	
MED E_HOR-03	ON	
ADUCCION Nº1	VALV AD_1-01	ON
	DES AD_1-01	OFF
PEAP Nº2	VALV PE-01	ON
	VALV PE-02	ON
	VALV PE-03	ON
	VALV PE-04	ON
	VALV PE-05	ON
	VALV PE-06	ON
	VALV PE-07	ON
	VALV PE-08	OFF
	VALV PE-09	ON
	VALV PE-10	ON
	VALV PE-11	ON
	VALV PE-12	ON
	RET PE-01	ON
	RET PE-02	ON
	RET PE-03	ON
	RET PE-04	ON
	RET PE-05	ON
	RET PE-06	ON
RET PE-07	ON	
VENTOSA PE-01	ON	
VENTOSA PE-02	ON	
ALIV PE-01	ON	
MED PE-01	ON	
IMPULSION Nº2	DES IMP_2-01	OFF
	DES IMP_2-02	OFF
	DERIV IMP_2-01	OFF
	DES IMP_2-03	OFF
	DERIV IMP_2-02	OFF
ESTANQUE DE CARGA Nº2 (LOMAS BLANCAS)	VALV EC_2-01	ON
	VALV EC_2-02	OFF
	VALV EC_2-03	OFF
	VALV EC_2-04	OFF
	VALV_E EC_2-01	ON
	MED EC_2-01	ON
	MED EC_2-02	ON
VENTOSA EC_2-01	ON	

Cuadro V.9. ESTADO DE COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL DE INVIERNO

TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
ADUCCION N°2	DES AD_2-01	OFF
	DERIV AD_2-01	OFF
	VALV AD_2-01	ON
	VALV AD_2-02	ON
	DES AD_2-02	OFF
	DERIV AD_2-02	OFF
	VALV AD_2-03	ON
	VALV AD_2-04	ON
	DES AD_2-03	OFF
	VALV AD_2-05	ON
	VALV AD_2-06	ON
	DES AD_2-04	OFF
	DES AD_2-05	OFF
	DERIV AD_2-03	OFF
	VALV AD_2-07	ON
	VALV AD_2-08	ON
	DES AD_2-06	OFF
VALV AD_2-09	ON	
VALV AD_2-10	ON	
DERIV AD_2-04	OFF	
DES AD_2-07	OFF	
VALV AD_2-11	OFF	
ESTANQUE MAITENCILLO	VALV MAI-01	ON
	VALV MAI-02	ON
	VALV MAI-03	ON
	VALV MAI-04	OFF
	VALV MAI-05	OFF
	VALV MAI-06	OFF
	VALV MAI-07	OFF
	MED MAI-01	ON
	VENTOSA MAI-01	ON
VALV_C MAI-01	ON	
TRAMO CUMMINS	VALV TC-01	ON
	DERIV TC-01	ON
	DERIV TC-02	ON
	REDUC TC-01	ON
	VALV TC-02	ON
	VALV TC-03	ON
	DERIV TC-03	ON
	VALV TC-04	ON
	DERIV TC-04	ON
REDUC TC-02	ON	
INTERCONEXION LA LAGUNA	VALV IL-01	ON
	REDUC IL-01	ON
	VALV IL-02	ON
ESTANQUE CANELA (LA LAGUNA)	VALV E_CAN-01	ON
	VALV E_CAN-02	OFF
	VALV E_CAN-03	ON
	VALV E_CAN-04	OFF
	VALV E_CAN-05	ON
	MED E_CAN-01	ON
	MED E_CAN-02	ON
	VALV_C E_CAN-01	ON
ESTANQUE CATAPILCO	VALV E_CAT-01	ON
	VALV E_CAT-02	OFF
	VALV E_CAT-03	ON
	VALV E_CAT-04	ON
	VALV E_CAT-05	OFF
	VALV E_CAT-06	ON
	VALV E_CAT-07	OFF
	VALV E_CAT-08	OFF
	VALV E_CAT-09	OFF
	VALV_C E_CAT-01	ON
PLANTA CATAPILCO	VALV PC-01	ON

(*)

(*)

(**)

(**)

Nota: (*) Derivación N°2 y Reductora de Presión N°2 corresponden a la Derivación Cummins.

(**) Derivación N°4 y Reductora de Presión N°4 corresponden a la Derivación Pinares de Cantagua.

Por otra parte, la configuración general del sistema no cambia entre el periodo punta y no punta excepto en el sector de La Laguna, donde existen dos posibles configuraciones que permiten la alimentación del sector desde La Ligua o desde Concón. Durante el verano, es más óptimo abastecer a La Laguna, Tramo Cummins y Cachagua desde Concón, sobretodo en épocas de sequía (dada la seguridad hidrológica que tiene el Río Aconcagua).

Cuadro V.10. COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL PARA ABASTECIMIENTO DESDE LA LIGUA

INVIERNO		
TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
ADUCCION N°2	VALV AD_2-11	OFF
TRAMO CUMMINS	VALV TC-01	ON
INTERCONEXION LA LAGUNA	VALV IL-01	ON
	REDUC IL-01	ON
	VALV IL-02	ON
TRAMO PAPUDO- CONDOMINIO CANTAGUA	BOM TPC-05	OFF
	BOM TPC-06	ON
	BOM TPC-07	ON

Cuadro V.11. COMPONENTES EN OPERACIÓN NORMAL PARA ABASTECIMIENTO DESDE CONCON

VERANO		
TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
ADUCCION N°2	VALV AD_2-11	ON
TRAMO CUMMINS	VALV TC-01	ON
INTERCONEXION LA LAGUNA	VALV IL-01	ON
	REDUC IL-01	ON
	VALV IL-02	ON
TRAMO PAPUDO- CONDOMINIO CANTAGUA	BOM TPC-05	OFF
	BOM TPC-06	OFF
	BOM TPC-07	OFF

V.4. OPERACIONES DE EMERGENCIA O EVENTUALES.

Las operaciones de emergencia se refieren a todas las actividades que no son consideradas como regulares, es decir, todas aquellas que se originan por maniobras de mantención, reparación o simplemente son ocasionadas por un imprevisto. A continuación se analizará cada componente del sistema para los casos de emergencia o eventuales.

V.4.1. OPERACIONES GENERALES.

V.4.1.1. FALLA PEAP UBICADA DENTRO DE RECINTOS.

Ante una detención de la bomba por una falla eléctrica, el sistema pasa a operar mediante el generador que se encuentra dentro del respectivo recinto de ESVAL S.A. Si los equipos se encontraban en funcionamiento, entra en operación automática el sistema de protección contra golpe de ariete (en general estanque Hidroball).

V.4.1.2. MANTENCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO DURANTE LA OPERACIÓN DE LA PEAP.

En caso que un equipo de bombeo requiera mantención o presente una falla durante la operación de la PEAP, y esto signifique el retiro de la bomba del pozo de aspiración (encamisado), se deberá proceder del siguiente modo: con el equipo de bombeo **DETENIDO**, y una vez que se ASEGURE ELÉCTRICAMENTE QUE EL EQUIPO DE BOMBEO NO ENTRARÁ POR ERROR EN FUNCIONAMIENTO, se debe CERRAR LA VÁLVULA DE CORTA EN LA LINEA DE ALIMENTACIÓN de la bomba afectada, y

posteriormente por seguridad CERRAR LA VÁLVULA DE CORTA DE LA LÍNEA DE DESCARGA del mismo equipo.

Realizado lo anterior, es posible efectuar el desmontaje del equipo de bombeo.

V.4.1.3. AISLACIÓN COMPLETA DE UNA PEAP.

En caso de requerir el aislamiento completo de una estación elevadora dentro de un recinto, se debe proceder de la siguiente manera: primero se debe asegurar que todas las motobombas se encuentran detenidas y completamente desactivadas, luego CERRAR LA VÁLVULA DE CORTA GENERAL, UBICADA AGUAS ABAJO DE LA ESTACIÓN, ante la posibilidad de que exista flujo por la conducción, debido al by-pass automático. El cierre de esta válvula debe ser en un TIEMPO MÍNIMO DE 3 MINUTOS.

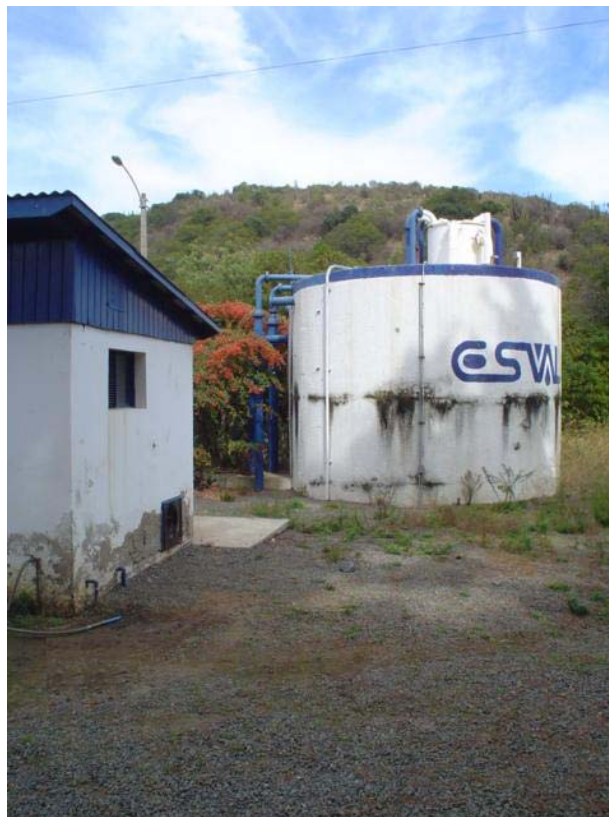
A continuación, se debe CERRAR LA VÁLVULA DE CORTA GENERAL, UBICADA AGUAS ARRIBA DE LA ESTACIÓN DE LA ESTACIÓN.

El orden de cierre de las válvulas del procedimiento anterior, se realiza de modo de evitar que una posible cavitación se produzca en la línea directa de la estación elevadora.

Ilustración 17. PEAP El Traro.



Ilustración 18. Planta Catapilco.



V.4.1.4. UTILIZACION DEL BY-PASS EN UN ESTANQUE.

En todo estanque existe la posibilidad de utilizar un by-pass que haga pasar el agua de llegada del estanque directamente a la tubería de salida (ya sea esta para consumo, hacia una aducción o hacia una bomba de pozo profundo). El by-pass se usa por razones de limpieza o reparación urgente del estanque, donde no se puede cortar el abastecimiento que del estanque hacia aguas abajo.

Para realizar esta operación, se debe **ABRIR LENTAMENTE LA VÁLVULA DE CORTA DE LA LÍNEA DE INTERCONEXIÓN ENTRADA-SALIDA DEL ESTANQUE Y LUEGO CERRAR LAS VÁLVULAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL ESTANQUE.** En lo posible se debe evitar la operación de By-Pass de un estanque, sobretodo donde este se usa solo como regulación entre una impulsión y una aducción, pues puede provocar serios daños la conducción debido al golpe de ariete que eventualmente pudiese producirse.

V.4.1.5. DESAGÜE DE UN ESTANQUE.

Si se requiere el desagüe del estanque, se deben **CERRAR LAS VÁLVULAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL ESTANQUE** y luego **ABRIR LA VÁLVULA DE CORTA DESTINADA AL DESAGÜE.**

La operación de desagüe debe ser supervisada a objeto de evitar que las aguas socaven el terreno en las vecindades de la descarga. Esta operación se puede realizar en conjunto con el by-pass (si así se requiere), pero no se pueden llevar a cabo de forma simultánea, realizando primero la operación de by-pass, para luego desaguar el estanque.

Ilustración 19. Cámara de Válvulas de Salida del Estanque de Carga N° 2.



Ilustración 20. Construcción del Estanque Maitencillo.



V.4.1.6. ROTURA EN CRUCE VIAL O FERREO DE LA CONDUCCION.

En general, en las rutas de tuición de la Dirección de Vialidad, existen válvulas de corta a ambos lados de la ruta en todos los cruces de tubería que se produzcan. En caso de rotura de la conducción en las cercanías de algún cruce, para efectos de su reparación y evitar la socavación de la calzada, se deben CERRAR LAS VÁLVULAS DE CORTA de cada lado de la ruta. A modo de ejemplo, el principal problema que se puede producir en al conducción El Traro, es su rotura en el cruce de la Ruta 5 Norte, en cuyo caso se deben CERRAR LAS VÁLVULAS DE CORTA VALV QT-10 Y VALV QT-11 DEL TRAMO QUINQUIMO-EL TRARO (presentadas en el esquema N° 20 Y 21 del Anexo IV). Estas válvulas cerradas, aíslan el tramo de tubería que cruza por la Ruta 5 y permite que no se vacíe en este punto el agua acumulada en la conducción.

Cabe hacer notar, que si el cruce que presenta roturas corresponde a una impulsión, antes de realizar el procedimiento anterior se deben detener los equipos de bombeo (ver ítem 4.1.5.) para evitar la ocurrencia de un fenómeno de golpe de ariete de proporciones que produzca un mayor daño en la conducción.

V.4.1.7. DESAGÜE DE UNA IMPULSION.

Esta operación puede ser realizada bajo dos condiciones iniciales:

1. Si se encuentra en operación la PEAP.

En este caso se deben detener los equipos de bombeo en el tablero de comandos, o cortar la alimentación al sistema mediante la válvula de corta general del respectivo recinto, lo cual permite, que al bajar la presión en la línea de entrada y los niveles en los cilindros de aspiración, se detienen en forma automática los equipos de bombeo. A continuación, por seguridad, CIERRA LA VÁLVULA DE CORTA DE SALIDA EN CADA BOMBA, para luego ABRIR LA VÁLVULA DE CORTA DE LA CÁMARA DE

DESAGÜE DEL TRAMO DE IMPULSION A DESAGUAR, hasta completar al nivel deseado el vaciado de la tubería de impulsión.

2. El sistema se encuentra operando mediante el by-pass de la PEAP.

En este caso, primero se CIERRA LA VÁLVULA DE ACCIONAMIENTO DEL BY-PASS y a continuación, se procede de igual forma que el caso anterior.

La operación de desagüe debe ser supervisada a objeto de evitar que las aguas socaven el terreno en las vecindades de la descarga.

Ilustración 21. Construcción Atravieso Río Aconcagua.



Ilustración 22. Atravieso bajo Estero Santa Julia.



V.4.1.8. MANTENCIÓN O FALLA EN ESTANQUES ANTIGOLPE DE ARIETE.

Ante cualquier eventualidad que signifique la necesidad de desconectar del SISTEMA PEAP-IMPULSIÓN cualquiera de los estanques One-Way, dicho sistema NO PUEDE ENTRAR EN FUNCIONAMIENTO HASTA VOLVER A ESTAR OPERATIVO EL ESTANQUE ONE-WAY, pues al no existir este tipo de protección, se corre el peligro de provocar serios daños a la conducción debido al fenómeno del golpe de ariete.

V.4.1.9. OPERACIÓN SISTEMA ANTIRETORNO.

Ante alguna rotura de la tubería de la aducción Santa Julia, en una de las dos quebradas principales en que se dispone de un sistema de protección, el sistema antiretorno opera de manera automática, evitando el flujo en reversa de la aducción.

El sistema contiene una válvula de retención (que permite el flujo hacia Quintero), un estanque Hidroball conectado a la aducción y una válvula de mariposa aguas abajo de todo lo anterior. La válvula de corta en la línea de conexión al estanque Hidroball debe estar SIEMPRE ABIERTA, al igual que la válvula de mariposa que se encuentra en la línea principal de la aducción.

V.4.1.10. OPERACIÓN SISTEMA ANTIROTURA.

Al igual que en el punto anterior, el sistema de control de roturas se dispone en las dos principales quebradas que atraviesa la aducción.

El sistema está compuesto por una válvula de mariposa con actuador y un sistema de by-pass, con un medidor de caudal y válvulas de corta aguas arriba y aguas abajo de este. De manera normal, el sistema debe operar con TODAS LAS VALVULAS ABIERTAS.

Ilustración 23. Instalación Estanque Hidroball en PEAP N° 2.



V.4.1.11. CIERRE (O APERTURA) DE VÁLVULAS DE DERIVACIONES.

A lo largo del trazado de la conducción, existen varias derivaciones, las cuales cuentan con cámaras de conexión a la tubería principal, con válvulas de corta y juntas de desmontaje.

En caso de ser necesario cortar el suministro de agua hacia alguna de estas derivaciones, SU RESPECTIVA VÁLVULA DE CORTA DEBE CERRARSE EN UN TIEMPO SUPERIOR A 3 MINUTOS, de modo de no generar transientes hidráulicos de importancia.

Para el caso de aberturas de las válvulas, deben respetarse los mismos tiempos que para el caso de cierre.

V.4.1.12. FALLA VÁLVULA DE CONTROL DE NIVEL DE UN ESTANQUE (NO CIERRA).

En este caso, el estanque continuará su llenado hasta que comience a operar su rebalse.

En estas condiciones se debe CERRAR LA VÁLVULA AGUAS ARRIBA DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE NIVEL. Con esto se corta la alimentación al estanque.

Cuando el nivel del estanque baje nuevamente, se deberá abrir la válvula del by-pass, y así comenzar la operación de llenado manual. Con esta última válvula se deberá controlar la llegada del agua al estanque, hasta habilitar nuevamente la válvula de control de nivel.

V.4.1.13. FALLA VÁLVULA DE CONTROL DE NIVEL DE UN ESTANQUE (NO ABRE).

En caso que la válvula de control de nivel no abra, el estanque se vaciará. En estas condiciones, se deberá ABRIR LA VÁLVULA DEL BY-PASS, de modo de permitir el flujo hacia el estanque a través del by-pass. La operación de alimentación al estanque se deberá continuar manualmente hasta la habilitación de la válvula de control.

Ilustración 24. Instalación Conducción Quintero-Ventanas.



V.4.1.14. MANTENCIÓN VÁLVULA REDUCTORA EN ESTACIONES REDUCTORAS DE PRESION (ERP).

Todos los cierres y aperturas de válvulas que se indican a continuación SE DEBEN REALIZAR EN UN TIEMPO MÍNIMO DE 1 MINUTO.

Cada ERP cuenta con una válvula reductora tanto en su línea principal como en el by-pass. En caso que se requiera la mantención de la válvula reductora principal, se DEBE ABRIR LA VÁLVULA UBICADA EN EL INICIO DE LA LÍNEA DE BY-PASS DE LA REDUCTORA y posteriormente, abrir la válvula AL FINAL DE LA LÍNEA DE BY-PASS DE LA REDUCTORA (válvulas de corta entre la reductora del by-pass). Luego de realizada esta operación, se debe se DEBE CERRAR LA VÁLVULA UBICADA EN EL INICIO DE LA LÍNEA PRINCIPAL DE LA REDUCTORA y posteriormente, cerrar la válvula AL FINAL DE LA LÍNEA PRINCIPAL DE LA REDUCTORA (válvulas de corta entre la reductora principal), con lo que se consigue conducir el flujo a través de la reductora del by-pass.

Aguas abajo de la válvula reductora principal se encuentra una junta de desmontaje, con la cual se consigue el retiro y/o instalación de la reductora.

El sistema operará con la reductora del by-pass mientras se realizan las operaciones de mantención y/o reparación de la reductora de la línea principal. Cuando se vuelva a instalar ésta última reductora, se mantendrá en stand-by hasta que se deba realizar la mantención y/o reparación de la reductora de la línea del by-pass. Con lo anterior se consigue que las reductoras funcionen en un modo 1+1, presentando iguales tiempos de operación y facilitando la programación para las operaciones de mantención.

V.4.2. OPERACIONES PARTICULARES DE IMPORTANCIA.

V.4.2.1. FALLA DEL SISTEMA DE DETENCIÓN DE BOMBAS POR NIVELES EN EL ESTANQUE N°2.

En caso que los equipos de bombeo de la PEAP N° 2 no se detengan ante el aviso de nivel máximo del Estanque de Carga N° 2, dada por los sensores de nivel con los que cuenta este estanque, se dispone de una línea de rebalse que llega directamente a la tubería de Desagüe. Por su característica de operación de emergencia, la línea de rebalse no posee ningún dispositivo de control (como válvulas u otros). La línea de desagüe llega hasta una piscina de infiltración, ubicada en un extremo del recinto.

V.4.2.2. OPERACIÓN DE BY-PASS DEL ESTANQUE DE CARGA N°2.

En este caso la impulsión queda conectada directamente a la tubería de la Aducción N° 2 a través de la habilitación del by-pass, es muy importante destacar que, a pesar de la existencia de este, su accionamiento presenta un riesgo muy importante; la eventual detención de los equipos de bombeo de la PEAP N° 2, significaría un GOLPE DE ARIETE DE PROPORCIONES en lo referente a la subpresión, que se produciría en las tuberías de impulsión y aducción, ya que ambas formarían una sola “gran impulsión”. Sin embargo, para atenuar lo anterior, existe en la línea de by-pass una ventosa trifuncional de 200 [mm], la cual permitiría la entrada de aire al sistema.

Por los motivos anteriormente descritos, no se recomienda el uso del by-pass a menos que sea **ESTRICTAMENTE NECESARIO**. Si de todos modos debiera utilizarse el by-pass del estanque por alguna emergencia, la PEAP N° 2 **SE DEBERÍA OPERAR CON LOS GENERADORES DE EMERGENCIA**, y con **UN SOLO EQUIPO DE BOMBEO EN FUNCIONAMIENTO**, de manera continua, mientras dure la operación de by-pass del Estanque de Carga. Debe tenerse claro que lo anterior es para conseguir que el equipo

de bombeo nunca llegue a detenerse mientras se opera el by-pass (como por ejemplo por un corte de energía eléctrica), lo cual TRAERÍA CONSECUENCIAS GRAVÍSIMAS A LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN Y ADUCCIÓN POR EFECTO DE LAS SUBPRESIONES.

Se recomienda que de ser necesaria esta operación, SEA SUPERVISADA Y CONTROLADA por el ingeniero responsable de las instalaciones.

V.4.2.3. CIERRE VÁLVULA DE SALIDA ESTANQUE DE CARGA Nº 2.

En la tubería de salida del Estanque de Carga existe una válvula de mariposa electroactuada de 400 [mm]. Esta válvula considera su cierre automático, si aún encontrándose en operación 2 equipos en la PEAP Nº 2, el nivel en el Estanque de Carga continúa bajando hasta cierto nivel establecido, activándose el cierre controlado de la válvula, la cual debe ser en un TIEMPO MÍNIMO DE 1 MINUTO. Lo anterior se interpreta como una rotura en la Aducción Nº 2.

Si se activa manualmente el cierre de la válvula VALV_E EC_2-01, ante un aviso de rotura en la Aducción Nº 2, al igual que para el caso anterior, el cierre debe ser en un TIEMPO MINIMO DE 1 MINUTO.

Ilustración 25. Estanque de Carga N° 2.



V.4.2.4. OPERACIÓN DEL DESAGÜE DEL TRAMO CUMMINS.

Ante este tipo de eventualidades, lo primero es el CIERRE DE LA VÁLVULA VALV AD_2-10, en un TIEMPO MÍNIMO DE 2 MINUTOS. A continuación, SE DEBE CERRAR LA VÁLVULA DE CORTA VALV TC-04.

Una vez detenido el sistema, se procede al desagüe de la tubería del Tramo Cummins, mediante la ABERTURA CONTROLADA DE LA VÁLVULA DES AD_2-07, la cual evacua las aguas al Estero Catapilco. Esta operación debe efectuarse cuidando de no erosionar el cause.

Se debe destacar que la operación de desagüe debe ser supervisada por personal de la empresa sanitaria.

V.4.2.5. OPERACIÓN CÁMARAS DE VÁLVULAS DE ATRAVIESO QUEBRADA.

Entre el condominio Costa Cachagua y Condominio Cantagua, existe una quebrada que dispone de dos válvulas de corta (una a cada lado de la quebrada), de diámetro 400 [mm]. Con el objetivo de aislar el tramo de la tubería de la aducción que cruza en forma aérea sobre la quebrada, para labores de reparación de la línea u otras que sean necesarias, SE DEBEN CERRAR LAS VÁLVULAS VALV TC-02 Y VALV TC-03 por separado y en este orden, en UN TIEMPO SUPERIOR A 2 MINUTOS

Previo al accionamiento de las válvulas, es RECOMENDABLE CORTAR LOS SUMINISTROS QUE ENTREGA LA ADUCCION AGUAS ABAJO DEL RESPECTIVO ATRAVIESO, de modo de evitar subpresiones que puedan afectar la línea.

V.4.2.6. MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN PLANTA RITOQUE.

Debido a los problemas de cloruro que afectan a esta planta, se deben TOMAR MUESTRAS DIARIAS DE CADA FUENTE PARA LA MEDICIÓN DE CLORUROS. En caso de que alguna de las fuentes contenga valores sobre la normativa vigente para cloruros (NCh 409/1.Of.2005), se debe detener inmediatamente el uso de dicha fuente y suplir la demanda a través de la derivación Quintero.

Si la contaminación por cloruros persiste en la fuente afectada, se deben realizar operaciones de recuperación de la fuente, ya sea por recuperación pasiva o activa, según el grado de contaminación.

Ilustración 26. Planta Ritoque.



V.4.2.7. OPERACIÓN DEL BY-PASS DE LA PEAP CONCON.

El by-pass de la PEAP Concón consiste en operar la Impulsión Concón como una aducción desde estanque Eduardo Aguirre hacia el Estanque de Carga N° 1.

Inicio de la Operación.

Al operar el by-pass, la PEAP Concón deja de operar. Una vez deshabilitados eléctricamente los equipos de bombeo, se debe CERRAR LA VÁLVULA DE ALIMENTACIÓN DE LAS BOMBAS, que corta el flujo desde el estanque semienterrado de 1.000 [m³]. A continuación, deben CERRARSE LAS VÁLVULAS DE CORTA DE CADA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN A LOS CILINDROS DE ASPIRACIÓN DE LAS BOMBAS, al igual que LAS VÁLVULAS DE CORTA DE CADA LÍNEA DE DESCARGA DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO (Manifold de entrada y salida de las bombas de

diámetro 250 [mm]). Lo anterior se realiza por razones de seguridad, aún cuando existen las válvulas de retención en las bombas.

Con el objeto de eliminar las aguas que se encuentran estancadas en la tubería de By-Pass, se debe ABRIR LA VÁLVULA DE DESAGÜE del by-pass, por aproximadamente 3 minutos, para posteriormente ser cerrada. Ahora se puede ABRIR LA VÁLVULA PRINCIPAL DEL BY-PASS (de diámetro 500 [mm]).

Lo anterior se resume en el siguiente cuadro, que esta referido al esquema N° 1 del Anexo IV.

Cuadro V.12. ESTADO DE ELEMENTOS AL UTILIZAR EL BY-PASS DE LA PEAP CONCON

UTILIZACIÓN DEL BY-PASS		
TRAMO	ELEMENTO	ESTADO
PEAP CONCON	VALV PL-01	OFF
	VALV PL-02	OFF
	VALV PL-03	OFF
	VALV PL-04	OFF
	VALV PL-05	OFF
	VALV PL-06	OFF
	VALV PL-07	OFF
	VALV PL-08	OFF
	VALV PL-09	OFF
	VALV PL-10	OFF
	VALV PL-11	OFF
	VALV PL-12	ON
	VALV PL-13	ON
	VALV PL-14	ON/OFF (*)
	VALV PL-15	OFF
	VALV PL-16	OFF
	VALV PL-17	ON
	BOM PL-01	OFF
	BOM PL-02	OFF
	BOM PL-03	OFF
	BOM PL-04	OFF
	BOM PL-05	OFF
	RET PL-01	OFF
	RET PL-02	OFF
	RET PL-03	OFF
	RET PL-04	OFF
	RET PL-05	OFF
	RET PL-06	OFF
	RET PL-07	OFF
	RET PL-08	OFF
RET PL-09	OFF	
RET PL-10	OFF	

NOTA: (*) Tal como se indica en los párrafos anteriores, el desagüe del By-pass se abre solo para desguar el agua estanca y luego se debe cerrar.

Término de la Operación.

Cuando se disponga terminar con la operación del by-pass, el proceso es exactamente al revés respecto del inicio de la operación. No se considera obviamente la operación de la válvula de desagüe para la línea de by-pass. Se vuelve a la configuración de elementos presentada en el cuadro V-5.

Es recomendable efectuar las mantenciones de los equipos de bombeo en el período en que la PEAP se encontrará fuera de operación.

V.4.2.8. BOOSTER VICUÑA.

Una falla en esta booster, imposibilita a la conducción abastecer a la localidad de La Laguna, desde el norte, por lo que se debe poner en funcionamiento la Planta Catapilco.

Para reemplazar la booster se debe CERRAR LA VÁLVULA DE ENTRADA AL MANIFOLD DE LA BOMBA Y LA VÁLVULA DE SALIDA.

V.4.3. CONSIDERACIONES GENERALES.

- Todo cierre de válvulas en la conducción y en los by-pass, se DEBE EFECTUAR EN UN TIEMPO SUPERIOR A 2 MINUTOS, de modo de no provocar un efecto de golpe de ariete de proporciones.
- Referente al mantenimiento de los equipos, válvulas y piezas con mecanismos, deberá respetarse lo indicado en los catálogos del fabricante de cada uno de ellos.
- Existen secuencias automáticas de control en el caso de situaciones de emergencia, que están integradas en los manuales de operación de los sistemas de telemetría y control.
- Los desagües corresponden en general a sistemas de doble cámara, seca y húmeda, en cuyo caso el vertimiento de aguas debe ser CONTROLADO, de acuerdo a la capacidad de absorción del suelo del sector o a la capacidad del camión limpiafosas si se opta por ir sacando las aguas de la cámara húmeda. En caso de vertimiento en cursos naturales, este debe efectuarse cuidando de no erosionar el cause, y considerando la capacidad de porteo del mismo.
- La operación de desagüe debe ser supervisada por personal de la empresa sanitaria, a objeto de evitar que las aguas socaven el terreno en las vecindades de la descarga en cualquiera de los casos anteriores.

CAPITULO VI

CONCLUSION

VI. CAPITULO 6: CONCLUSION

Si bien el modelo funciona satisfactoriamente, no es menos cierto que este se puede perfeccionar más, recopilando una mayor información de las conducciones (perfiles longitudinales o cotas de los puntos más representativos de cada conducción), sobre todo en la zona entre Papudo y el Condominio Cantagua. También se puede avanzar en la individualización (marca y modelo) de los equipos de bombeo en todas las plantas elevadoras del sistema, pues con esa información se pueden integrar varios puntos de operación para cada bomba, haciendo más real el comportamiento hidráulico del sistema; y de este modo, no tener que ocupar un único punto de operación en las bombas.

Por otra parte, la información de demandas con que se trabajó en esta memoria, si bien no es mala, tampoco es del todo completa, y se hace necesario definir los caudales reales con los que en estos momentos está operando cada punto de consumo y sobretodo verificar cuales son, de todas las derivaciones construidas en la conducción Concón-La laguna, las que efectivamente están en funcionamiento.

Es probable que la situación futura del sistema difiera del modelamiento realizado en esta memoria, principalmente por las siguientes razones:

- Gran crecimiento inmobiliario en la zona entre Horcón y Cachagua, lo que ha provocado que ESVAL S.A. deba construir varias derivaciones que actualmente no funcionan, pero que a largo plazo pueden ser utilizadas.
- Ante el crecimiento inmobiliario, las demandas en período Punta pueden ser muy distintas a las consideradas, y también pueden motivar a ESVAL S.A. a construir nuevas derivaciones y estanques de distribución. A modo de ejemplo, las

derivaciones Tirilluca 2, Maitencillo Sur y Maitencillo Centro Norte, no están consideradas en las demandas de los estudios para la construcción de la conducción Concón-Zapallar. Tampoco dentro de los planes de desarrollo de la SISS, está considerada la localidad de Maitencillo, que actualmente está fuera de la zona de concesión de ESVAL S.A.

- Una vez definidas las próximas zonas a abastecer por parte de ESVAL S.A., se deberán integrar todos los consumos a localidades que no se consideran actualmente en el modelo, como son Puchuncaví, Campiche, Condominio Pinares de Cachagua, loteos en la zona de Mantagua, etc.; lugares de los cuales no se contaba con información de demandas al momento de la realización de este estudio.
- Cambios en equipamiento que se deben realizar en la conducción entre Zapallar y Cachagua, para permitir que el agua desde Concón llegue hasta Zapallar.

Por otra parte, es evidente, a partir del análisis del cuadro III.5, que los derechos de agua otorgados hasta el 31 de Diciembre del 2003, superan (en la mayoría de los casos) ampliamente los caudales de recarga media anual en los distintos sectores del Litoral Norte. Además, de los cuadros III.2 a III.4, se observa que los caudales de extracción recomendados por el estudio hidrológico consultado en esta memoria ^[2], son inferiores a los derechos de agua otorgados por la DGA para las distintas fuentes del sistema La Ligua y del Sistema Litoral Norte.

Sin embargo, al observar la disponibilidad de agua y los derechos otorgados para la captación de agua desde el río Aconcagua (Dren Colmo), se aprecia que existe la

cantidad de recurso acuífero suficiente para abastecer al Sistema Litoral Norte, con muy poca ayuda desde el sistema La Ligua. Lo anterior es confirmado por lo acontecido en el verano del 2008, año de gran sequía en todo el país. Esto hizo que las Plantas de Tratamiento en La Ligua bajaran su producción y por ende los sobrantes que pasaban a la conducción El Traro eran muy inferiores a los que pasan en años normales. De no ser por la puesta en operación de la conducción Concón La Laguna, la zona ente La Laguna y Cachagua hubiese tenido serios problemas de abastecimiento en el período Punta 2008.

Se sabe que en el largo plazo se pretende acondicionar la conducción entre Zapallar y Cachagua, para poder abastecer a Zapallar desde Concón. De acuerdo a la modelación, ante una falla en el sistema El Traro, en la actualidad se tendría un gran déficit de agua en Zapallar y Papudo, puesto que estas localidades no pueden ser alimentadas desde Concón o desde La Laguna (Planta Catapilco), por lo que se podría hacer necesario el abastecimiento desde el sur ante condiciones de emergencia.

Dentro de las variables que influyen en el abastecimiento de Papudo desde el norte, también se debe considerar el costo tanto del acondicionamiento del sistema para que ello fuese posible, como de los costos de producción y conducción del agua proveniente del sur, versus que venga desde La Ligua.

También se registran problemas ante la rotura de la Impulsión Concón o la Impulsión N°2, dado que no existen sistemas de producción pertenecientes a ESVAL S.A. que alimenten los sectores comprendidos entre las aducciones Santa Julia y N°2. En el caso de la aducción Santa Julia no es posible alimentar las derivaciones que hay en ella utilizando es estanque Victoria y la Planta Ritoque, puesto que si bien se puede conducir agua gravitacionalmente hasta algún punto de la aducción Santa Julia, los

sistemas de protección antiretorno y antirotura que posee esta aducción impiden la reversibilidad de flujo en este tramo de la conducción (existencia de válvulas de retención y válvulas con actuador).

Por el lado de la impulsión N°2, la probabilidad de roturas es mayor que en otros tramos debido a las presiones superiores a los 200 [mca] que allí se registran, por ello la única solución ante la ocurrencia de una rotura es coordinar medidas de mitigación para los clientes, a través de camiones aljibes.

Otro punto crítico en la conducción Concon-La Laguna, es el sector denominado Interconexión La Laguna (termino de Aducción N°2), donde también se registran presiones del orden de 200 [mca] en situación nocturna. En caso de roturas de este punto, se deben realizar medidas de mitigación con camiones aljibes a las localidades afectadas (el número de localidades afectadas dependerá si el evento ocurre en verano o invierno).

Ante la existencia de varios tramos críticos en la conducción Concón-La Laguna, se sugiere para un próximo estudio la realización de un modelo predictivo de demanda, para evitar dejar sin abastecimiento a la población y el rebalse de estanques. En esta línea, se recomienda la instalación de un macromedidor en línea aguas abajo del Condominio Cantagua con el fin de detectar roturas en la Aducción N°2 o Tramo Cummins, ya que actualmente se cuenta con la medición en línea del caudal de salida del Estanque de Carga N°2.

BIBLIOGRAFIA

- 1.** Departamento de Administración de Recursos Hídricos.
Informe de Zonificación Hidrogeológica para las Regiones Metropolitana y V.
- 2.** Espinoza, Carlos
Diagnóstico de la Calidad y capacidad de Fuentes para el Sistema La Ligua-Litoral Norte.
- 3.** Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA QUINTERO.

Fuente: SISS.
- 4.** Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA PUCHUNCAVI.

Fuente: SISS.
- 5.** Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA LA LAGUNA.

Fuente: SISS.
- 6.** Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA CACHAGUA.

Fuente: SISS.
- 7.** Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA ZAPALLAR.

Fuente: SISS.
- 8.** Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA FRANJA COSTERA PAPUDO
ZAPALLAR.

Fuente: SISS.
- 9.** Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA PAPUDO.

Fuente: SISS.

- 10.**Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA PLACILLA, LA LIGUA, LA CHIMBA, QUINQUIMO Y PUYAY.
Fuente: SISS.
- 11.**Departamento de Planificación, ESVAL S.A.
Actualización Plan de Desarrollo 2004. SISTEMA LA LIGUA.
Fuente: SISS.
- 12.**ESVAL S.A./Montec/Ifarle
Memoria Proyecto Concón Quintero.
- 13.**ESVAL S.A./Montec/Ifarle
Memoria Proyecto Quintero Horcón.
- 14.**ESVAL S.A./Montec/Ifarle
Memoria Horcón La Laguna.
- 15.**ESVAL S.A./Luis Pérez castro.
Mejoramiento Agua Potable La Laguna.
- 16.**ESVAL S.A./Montec/Ifarle
Memoria Proyecto Concón Zapallar.
- 17.**ESVAL S.A./Montec/Ifarle
Memoria Proyecto Estudio de Alternativas de Modelamiento de Producción Sistema La Ligua – Litoral Norte.
- 18.**Jarpa, Manuel
Departamento de Operaciones ESVAL S.A. Quintero.
- 19.**Google S.A.
Software en red Google Earth.