ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SANITARIA Y AGUAS LLUVIAS

ESTUDIO: "ACTUALIZACIÓN DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE PAPUDO"

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO

Dir: Chorrillos N°9
| PAPUDO | CHILE
Tel +56 33 2 325100

Ing. Roberto Lara

Ingeniero civil, especialista en ingeniería sanitaria y redes públicas

EQUIPO TÉCNICO PERMANENTE

Cargo	Descripción del cargo	Nombre completo
Arquitecto: Jefe de Proyecto	Especialidad en Planificación Urbana Comunal	Pablo Guzmán
Arquitecto o similar	Especialidad en Planificación Urbana Comunal	Daniel Meza
		Arturo Rinaldi
Geógrafo, Cartógrafo, Ingeniero Geomensor o similar	Encargado SIG / Planificación	Fabián Garrido

INDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN 5
2 OBJETIVOS 5
3 COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS 5
3.1 SERVICIO DE AGUA POTABLE 6
3.2 SERVICIO DE ALCANTARILLADO 7
3.3 DIAGNÓSTICO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO 8
3.4 FACTIBILIDAD DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PAPUDO 9
3.5 FACTIBILIDAD DE DOTACIÓN AGUA POTABLE 10
3.5.1 Requerimientos para la Dotación de Servicios 10
3.5.2 Proyección de la Demanda de Alcantarillado de Aguas Servidas 14
3.6 ESTIMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA REQUERIDA 15
3.7 SISTEMA DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PAPUDO 16
3.8 CONCLUSIONES 17
4 SISTEMA DE SERVICIOS SANITARIOS DE PULLALLY 18
4.1 Introducción 18
4.2 Objetivos 18
4.3 COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS 19
4.3.1 SERVICIO DE AGUA POTABLE 19
4.3.2 SERVICIO DE ALCANTARILLADO 20
4.4 DIAGNÓSTICO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO 22
4.5 FACTIBILIDAD DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PULLALLY 23
4.5.1 Población Futura 23
4.5.2 FACTIBILIDAD DE DOTACIÓN DE AGUA POTABLE 24
4.5.3 FACTIBILIDAD DE DOTACIÓN DE ALCANTARILLADO DE AGUAS SERVIDAS 28
4.6 ESTIMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA REQUERIDA 30
4.6.1 Sistema de Agua Potable 30
4.6.2 Sistema de Aguas Servidas 30
5 SISTEMA DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS 31
5.1 PROBLEMAS DETECTADOS EN LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE 32
5.2 TECNICAS ALTERNATIVAS DE CONTROL DE INUNDACIONES 33
5.3 DEFINICION DE FAJAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A SISTEMA DE CANALES Y OBRAS DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS 37
6 CONCLUSIONES 39
7 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 40

CUADROS E ILUSTRACIONES

Ilustración 4.3-1 Territorio operacional interconectado Sistema Pullally-Quinquimo-La Ligua 22

Cuadro 3.1-1 Localidad de Papudo Caudales de Producción de Agua Potable..... 6
Cuadro 3.1-2 Dotación Actual: Año 2016 6
Cuadro 3.1-3 Cobertura de los Servicios de Agua Potable de Papudo Año 2018..... 7
Cuadro 3.2-1 Caudales de Aguas Servidas Actuales y Futuros 7
Cuadro 3.2-2 Cobertura de los Servicios de Alcantarillado de Papudo Año 2018..... 8
Cuadro 3.4-1 Proyecciones de Población y Viviendas principales Año 2017 al 2037 9
Cuadro 3.5-1 Dotaciones y nivel de pérdidas esperadas (l/hab/día) 11
Cuadro 3.5-2 Números de Grifos de Incendio en Uso Simultáneo 13
Cuadro 3.5-3 Proyección de Caudales de Agua Potable, Papudo 13
Cuadro 3.5-4 Proyección de Caudales de Aguas Servidas, Papudo..... 15
Cuadro 4.3-1 Cobertura de los Servicios de Agua Potable Sistema Placilla de La Ligua Año 2018 19
Cuadro 4.3-2 Sistema Placilla de La Ligua. Caudales de Producción de Agua Potable 19
Cuadro 4.3-3 Dotación Actual Sistema Placilla de La Ligua: Año 2018..... 20
Cuadro 4.3-4 Caudales de Aguas Servidas Actuales y Futuros Sistema Placilla La Ligua 20
Cuadro 4.3-5 Cobertura de los Servicios de Alcantarillado de Placilla de La Ligua. Año 2018 21
Cuadro 4.5-1 Proyecciones de Población y Viviendas principales Año 2017 al 2037, Pullally 23
Cuadro 4.5-2 Dotaciones y nivel de pérdidas esperadas (l/hab/día) 25
Cuadro 4.5-3 Números de Grifos de Incendio en Uso Simultáneo 27
Cuadro 4.5-4 Proyección de Caudales de Agua Potable, Pullally 27
Cuadro 4.5-5 Proyección de Caudales de Aguas Servidas, Pullally..... 29

1 INTRODUCCIÓN

En términos de planificación, la comuna de Papudo cuenta con un Plan Regulador Comunal que define el uso del suelo y el límite urbano, publicado en julio del año 1969, modificado en el año 1996 (Seccional Punta Puyai).

En atención a las modificaciones que en materia de planificación se incorporaron en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, se hace necesario abordar nuevamente la Formulación del Plan Regulador Comunal, para la localidad enunciada precedentemente. En ese sentido se requiere reevaluar y ajustar dicha propuesta de planificación a la normativa vigente sobre la materia, incorporando la variable medioambiental en los términos señalados en la Ley 20.417, sobre la Evaluación Ambiental Estratégica de los Instrumentos de Planificación Territorial, para así contar en el corto plazo, con el Plan Regulador Comunal de Papudo aprobado.

2 OBJETIVOS

El objetivo del informe que se entrega seguidamente tiene por finalidad analizar la factibilidad de ampliación o dotación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas en la localidad de Papudo, comuna de Papudo, Región de Valparaíso.

La localidad de Papudo es abastecida de agua potable por la Empresa de Servicios Sanitarios ESVAL S.A. que tiene la concesión de los servicios. El área operativa de la empresa coincide en su mayor parte con la zona urbana de la localidad.

Primeramente, el informe entrega una descripción y diagnóstico de la infraestructura sanitaria con que cuenta la comuna de Papudo en el marco de la “Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo”. En él se describe de una manera general el funcionamiento de los sistemas de producción y distribución de agua potable, y de recolección y disposición final de aguas servidas, para la localidad en cuestión.

La información principal utilizada y analizada en este informe, se encuentra en el documento “Actualización Plan de Desarrollo 2015. Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado, Sistema Papudo”, proporcionado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), el cual satisface las normas exigidas por la SISS y cumple con el objetivo de planificar las inversiones que se deben realizar en el contexto del régimen tarifario vigente.

Las restricciones técnicas al crecimiento de la localidad provienen principalmente de la existencia o no de redes de infraestructura, del soporte de éstas a nuevas demandas y de las posibilidades de dotación de mayores recursos tanto para las áreas consolidadas como para las áreas de extensión.

El Plan Regulador en estudio, ha tomado como base los lineamientos generales y las densidades poblaciones que postulan hacia una mayor densificación y ordenamiento de las áreas consolidadas.

3 COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS

A continuación, se entrega una síntesis de los principales aspectos de la cobertura de servicios sanitarios que realiza la empresa ESVAL S.A. en la localidad de Papudo

3.1 SERVICIO DE AGUA POTABLE

- Producción

De acuerdo a lo indicado en el documento "Actualización Plan de Desarrollo 2015 Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado, Sistema Papudo ESVAL 2015" proporcionado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), el sistema de producción de la localidad de Papudo se encuentra de la localidad de La Laguna, que funciona abasteciéndose desde la planta de Concón, por medio de la conducción Litoral Norte. Además de lo anterior tiene fuentes propias que corresponden a drenes presentes en la planta Tranque Papudo Por otra parte existen las captaciones superficiales Vertiente el Tigre y Tranque Papudo, ubicadas en la planta Tranque Papudo

A la producción de la planta de captación se le aplica un tratamiento químico que consiste en adicionar cloro y flúor. Además de lo anterior, existen filtros en presión en la planta El Tranque Papudo

Cuadro 3.1-1 Localidad de Papudo Caudales de Producción de Agua Potable

Caudal l/s	2016	2020	2030
Medio anual	27,7	31,6	41,4
Máximo diario	66.0	75.3	98.8

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Papudo

- Distribución y Regulación

A nivel de distribución se encuentra el estanque Papudo que es el encargado de regular y abastecer la localidad del mismo nombre con un volumen de regulación de 2.000 m3.

La red de distribución consiste en aproximadamente 26 km de tuberías que cubren el territorio operacional.

- Dotación

La dotación de consumos está en función de la población permanente y el consumo anual, en tanto el Vol Max Mes se determina en función del volumen facturado (anual), el número de clientes y del coeficiente del mes de máximo consumo.

Cuadro 3.1-2 Dotación Actual: Año 2016

Localidad	Superficie (ha)	Población (hab)	Dotación (l/hab/día)	Vol. Max Mes por Cliente (m3/cl/mes)
Papudo	284,8	5.162	308.4	26,7

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Papudo

- Cobertura

De acuerdo a la información proporcionada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, en el Informe Anual de Coberturas Urbanas de Servicios Sanitarios correspondiente al año 2018, la cobertura urbana de agua potable para esta localidad es de un 100 %, lo que se traduce en 5.165 inmuebles conectados con una población urbana estimada de 2.249 habitantes.

La cobertura del servicio de agua potable a la población referida al año 2018, es la que se entrega en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.1-3 Cobertura de los Servicios de Agua Potable de Papudo Año 2018

Empresa	Localidad	Clientes residenciales de agua potable	Total de inmuebles residenciales AP	Población urbana estimada	Población urbana abastecida AP	Cobertura de agua potable
ESVAL S.A.	PAPUDO	5.165	5.165	2.249	2.249	100%

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios 2018

3.2 SERVICIO DE ALCANTARILLADO

El servicio de alcantarillado de aguas servidas que cubre la localidad de Papudo también es administrado por la Empresa de Servicios Sanitarios ESVAL S.A. El Sistema está dividido en plantas de impulsión independientes que llevan las aguas servidas hacia una planta de tratamiento del tipo lodos activados ubicada en el sector Punta Puyai de Papudo Después que las aguas son tratadas, son descargadas por medio de un emisario en el Estero de Agua Salada. Es de hacer notar que gran parte de las aguas tratadas son utilizadas para el riego en áreas verdes y campos deportivos.

- Recolección

El sistema de recolección de aguas servidas de la localidad de está conformado por una red de aproximadamente 16 km que recoge los efluentes del territorio operacional.

- Caudales

En el cuadro siguiente el Caudal Medio Anual de Aguas Servidas considera el coeficiente de recuperación. El caudal Medio Anual Total considera el Coeficiente de Recuperación y los caudales de infiltración y aguas lluvias, en tanto el Máximo Horario a Tratar, por ser la PTAS del tipo Lodos Activados, se considera como caudal a tratar el Caudal Máximo Horario, el cual considera el Coeficiente de Recuperación y los caudales de infiltración y aguas lluvias.

Cuadro 3.2-1 Caudales de Aguas Servidas Actuales y Futuros

Caudal (l/s)	2016	2020	2030
Medio Anual AS	16.2	199	28,4
Medio Anual Total	21.1	24.8	33,4
Máximo Horario a Tratar	50,4	59,3	79.0

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Papudo

- Tratamiento

La planta de tratamiento que sirve a la localidad de Papudo se ubica en Punta Pullay y es del tipo lodos activados como se dijo anteriormente. Actualmente la planta tiene una capacidad de tratamiento máxima horaria de 21.1 l/s, con capacidad de tratar un caudal máximo horario de 79 l/s.

- Disposición

La planta de tratamiento recibe las aguas servidas de Papudo y las descarga por medio de un emisario en el estero Agua Salada, que a su vez las descarga en el Océano Pacifico; no obstante lo anterior, esta descarga en el océano es eventual o por infiltración ya que no existe un caudal constante. De acuerdo a informaciones recabadas, es importante anotar que parte de las condiciones naturales que se conservan en el estero Agua Salada se relacionan con el aporte hídrico proveniente de la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (ESVAL), lo que ha permitido que el estero mantenga un espejo de agua prácticamente permanente, aun en periodos de sequía.

Cuadro 3.2-2 Cobertura de los Servicios de Alcantarillado de Papudo Año 2018

Empresa	Localidad	Clientes residenciales de alcantarillado	Inmuebles residenciales no conectados a la red de alcantarillado	Total de inmuebles residenciales	Población urbana saneada ALC	Cobertura de alcantarillado
			Total			
ESVAL S.A.	PAPUDO	4.623	542	5.165	2.249	89.5%

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. Informe anual de Coberturas de Servicios Sanitarios. 2018

3.3 DIAGNÓSTICO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Según el "Plan de Desarrollo 2015 Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado Sistema Papudo", el balance oferta-demanda realizado presenta déficit en el período de previsión del Plan (2016-2030). El déficit se determinó como la diferencia entre la capacidad de las instalaciones y la capacidad requerida para satisfacer la demanda.

i) Balance Oferta-Demanda de Agua Potable

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2015 del Sistema Papudo, elaborado por ESVAL, el balance oferta-demanda realizado presenta déficit en el período de previsión del Plan (2016-2030). El déficit se determinó como la diferencia entre la capacidad de las instalaciones y la capacidad requerida para satisfacer la demanda.

- Balance Oferta-Demanda de Agua Potable

De acuerdo con et balance oferta-demanda realizado por ESVAL a nivel de la infraestructura de agua potable, se entrega a continuación un resumen de la infraestructura que presenta déficit en el período de previsión:

- Producción: De acuerdo a los balances de oferta-demanda, el sistema presenta déficit, por lo cual, se requieren de inversiones en nuevas obras, tanto PEAP como en macro-conducciones.
- Distribución; De acuerdo a los balances oferta-demanda, se concluye que es necesario reforzar la red de distribución existente en distintos puntos de la localidad.

- Balance Oferta-Demanda de Aguas Servidas

De acuerdo con el balance oferta-demanda realizado a nivel de la infraestructura de aguas servidas, se entrega un resumen de la infraestructura que presenta déficit en el período de previsión.

- Recolección: De acuerdo a los balances de oferta-demanda se concluye que no es necesario reforzar la red de recolección existente.
- Disposición: De acuerdo a los balances de oferta-demanda el sistema presenta déficit, por lo cual, se requieren inversiones en nuevas obras.

3.4 FACTIBILIDAD DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PAPUDO

- Población Futura

La factibilidad de servicios para las áreas delimitadas por los instrumentos de planificación, deben cotejar la información de población residente en las distintas zonas tributarias de los sistemas, con las proyecciones de expansión esperadas. En este contexto interesa determinar cuál es la población esperada en el área propuesta, y el nivel de cobertura existente y proyectada para satisfacer las necesidades de dicha población.

.Se ha propuesto un escenario optimista de crecimiento de la localidad, por lo que se considera como población máxima esperada la población propuesta en las estimaciones realizadas en los capítulos precedentes de este Plan Regulador. Se indica la proyección de población según el escenario optimista escogido por períodos determinado por este estudio. La proyección realizada con motivo de este estudio supone la densificación total de las superficies disponibles

Cuadro 3.4-1 Proyecciones de Población y Viviendas principales Año 2017 al 2037

Año	Población Permanente	Población Flotante	Viviendas
2017	3.700	11.478	**4.747**
2018	3.756	12.071	4.934
2019	3.817	12.671	5.126
2020	3.882	13.284	5.322
2021	3.952	13.908	5.523
2022	4.029	14.540	5.728
2023	4.111	15.181	5.937
2024	4.201	15.828	6.150
2025	4.298	16.481	6.365
2026	4.402	17.137	6.584
2027	4.514	17.794	6.806
2028	4.628	18.451	7.028
2029	4.745	19.106	7.249
2030	4.864	19.757	7.471
2031	4.986	20.402	7.690
2032	5.110	21.039	7.910
2033	5.238	21.666	8.125
2034	5.368	22.281	8.339
2035	5.500	22.881	8.548
2036	5.636	23.465	8.754
2037	5.775	24.030	8.955
Max. proyecto		**39.163**	**9.791**

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 2017 INE

3.5 FACTIBILIDAD DE DOTACIÓN AGUA POTABLE

Los estudios de factibilidad de agua potable y alcantarillado de aguas servidas son uno de los componentes técnicos a evaluar dentro del proyecto del Plan Regulador. Su objetivo principal se basa en el análisis de la situación actual y su proyección respecto a las proposiciones que entregue el Plan Regulador. En una primera etapa se ha abordado la tarea de requerir de las empresas de servicios existentes la información referente a los antecedentes actualizados de los sistemas en operación del área comprendida en el estudio.

En la presente etapa se consulta oficialmente la factibilidad de dotación de Servicios Básicos en función de las densidades habitacionales y poblacionales proyectadas en el Plan Regulador, considerando la situación definida.

3.5.1 Requerimientos para la Dotación de Servicios

a) Cálculo de caudales de agua potable

Para dimensionar las obras y cubrir las variaciones de consumo a lo largo de un período de 20 años, período de validez del PRC; se estimarán los consumos, gastos medios y gastos máximos en el año de inicio del estudio, esto es 2017, para luego proyectarlos.

b) Determinación de la dotación de consumo situación base

Para la estimación de las dotaciones actuales de agua potable, se aplicará la metodología y supuestos que permitan caracterizar la localidad utilizando valores conservadores de características similares en lo relativo al grado de urbanización, características de desarrollo y su potencial respecto a otras localidades.

Con respecto a las pérdidas, se cuenta con antecedentes relativos al sistema Papudo que entrega ESVAL S.A. en su Plan de Desarrollo 2015 que sitúa esta cifra en 33.4%.

En el presente informe se utilizará un nivel de pérdidas algo inferior, equivalente a un 30%, dado que se estima mejoras en la distribución y la producción del sistema.

c) Dotaciones de agua potable futura adoptadas

Las proyecciones futuras de la dotación de consumo se efectuarán considerando los efectos combinados de las políticas tarifarias, el nivel de ingreso de los usuarios, calidad del agua, mejoramiento del servicio y la existencia del servicio de alcantarillado. Se han considerado como representativos de la situación base de proyección, los valores presentados en el Cuadro Nº 3.4-1.

Para efectos del presente estudio se ha adoptado una dotación media de consumo de agua potable de 300 l/hab/día hasta el año 2037, final del período de aplicación del Plan Regulador, considerando la localidad de Pullally en el estudio de demanda. Esta dotación es menor a la estimada por ESVAL en su Plan de Desarrollo del Sistema Papudo (325 l/hab/día en promedio); pero tomando en cuenta los problemas causados por la sequía y consecuentemente la disminución del recurso hídrico, hemos utilizado en los cálculos conservadoramente una dotación menor. De acuerdo a los criterios anteriormente señalados hemos tomado como dotación base para el año 2017, 300 /hab/día. El Cuadro Nº 3.5-1 señala, para cada año, el consumo por habitante esperado.

La proyección realizada con motivo de este estudio supone mantener la tendencia de la proyección lineal con una dotación máxima de consumo, en la situación con proyecto, de 300 l/hab/día en el año 2037.La dotación a nivel de producción se calcula de la siguiente manera:

Dotación de Producción = Dotación de Consumo / (1- %Pérdidas)

Cuadro 3.5-1 Dotaciones y nivel de pérdidas esperadas (l/hab/día)

Año	Proyecciones		
	Nivel de Pérdidas	Situación con proyecto	
		Dotación de consumo (l/hab/día)	Dotación de producción (l/hab/día)
2017	30.0	300	390
2018	30.0	300	390
2019	30.0	300	390
2020	30.0	300	390
2021	30.0	300	390
2022	30.0	300	390
2023	30.0	300	390
2024	30.0	300	390
2025	30.0	300	390
2026	30.0	300	390
2027	30.0	300	390
2028	30.0	300	390
2029	30.0	300	390
2030	30.0	300	390
2031	30.0	300	390
2032	30.0	300	390
2033	30.0	300	390
2034	30.0	300	390
2035	30.0	300	390
2036	30.0	300	390
2037	30.0	300	390

Fuente: Elaboración propia (2017)

d) Coeficientes de gastos máximo diario y horario

Para la estimación de los caudales máximos de agua potable se consideró un factor de modulación de 2.38 (FDMC) y 1.50 (FHMC), de acuerdo a los antecedentes de ESVAL S.A. La situación para el año 2037, para el caudal medio de agua potable será:

i) Gasto medio

$$Q_{med}AP = \frac{Pobl * Dot * C}{86400}(l/s)$$

donde:

Pobl. : Población

Dot. : Dotación de consumo (l/hab/día)

Dotación de producción : Dot/(1-% pérdidas)

C : Cobertura en %.

ii) Gasto máximo diario

$$Q_{\max} Diario = 2.28 * Q_{med} AP(l/s)$$

iii) Gasto máximo horario

$$Q_{\max} Horario = 1.5 * Q_{\max} Diario$$

Los cálculos señalados a continuación corresponden a la situación futura. Se considera una población permanente al año 2037 de 5.775 hab. Con respecto a la población flotante, en el cálculo del gasto medio se consideró que ésta situación se presenta solamente en los meses de enero y febrero, donde la dotación baja a un nivel de aproximadamente 140 l/hab/día.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, se adopta una dotación de consumo máxima esperada al año 2037, de 300 l/hab/día, equivalente a una dotación de producción de 390 l/hab/día, estabilizando el nivel de pérdidas en un 30%, a partir del año 2017.

e) Proyección de dotaciones y coeficientes de gastos

Se analizará a continuación la oferta y demanda a futuro, del sistema de agua potable de Papudo atendido por ESVAL S.A. considerando la normativa que regula los sistemas concesionados. De esta manera, se obtendrán los futuros requerimientos globales de capacidad y demanda para el período en estudio del Plan Regulador.

Al no contar con antecedentes que permitan definir la necesidad en lo relativo al porcentaje de regulación requerido y teniendo en consideración que este Plan Regulador es un instrumento de planificación a nivel de perfil, se adoptará un valor conservador entre un 15% - 20 % del consumo máximo diario, más un grifo funcionando durante dos horas. Es así como, al no contar con antecedentes de las fluctuaciones horarias, en el día de máximo consumo, se adopta como volumen de regulación el 15% del consumo máximo diario.

Además la norma establece que junto con el volumen de regulación y el de incendio, los estanques deben tener una capacidad suficiente para mantener una reserva en caso de emergencias. Por lo tanto y debido a la baja ocurrencia de un corte en la alimentación simultánea con los supuestos incendio, se estima un volumen de reserva equivalente al 10% del caudal máx. diario. Finalmente, se adopta como volumen de regulación el 15% Q. máx. diario, más el máximo valor entre el volumen de incendio y el volumen de reserva.

El volumen de incendio se determina de acuerdo con la demanda y duración del siniestro (Norma NCH 691). Para los efectos de cálculo, debe considerarse a lo menos 2 h de siniestro, con un caudal de 16 l/s en cada grifo de 100 mm de diámetro, según NCh 1646, y el número de grifos en uso simultáneo que indica el cuadro siguiente.

Cuadro 3.5-2 Números de Grifos de Incendio en Uso Simultáneo

Área servida, población en miles de habitantes	Número de grifos en uso simultáneo	Volumen de incendio, mínimo en m³
Hasta 6	1	115
> 6 – 25	2	230
> 25 – 60	3	346
> 60 – 150	5	576
> 150	6	690

Fuente: Elaboración propia en base a Sistema de Información Geográfico de Bomberos de Chile (2017) y Norma Chilena Nº NCh 1646

Cuadro 3.5-3 Proyección de Caudales de Agua Potable, Papudo

PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUA POTABLE													
AÑO	POBLACION			Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas %	Dotación producción (l/hab/día)	Caudales de producción (l/s)			Volumen de regulación (m3)			
	Total	Cobertura %	Población Abastecida				Qmed	Qmax. D	Qmax. H	Consumo	Incendio	Reserva	Total
2017	3700	100	3700	300	30.0	390	16.70	39.75	59.62	515	115	343	630
2018	3756	100	3756	300	30.0	390	16.95	40.35	60.53	523	115	349	638
2019	3817	100	3817	300	30.0	390	17.23	41.01	61.51	531	115	354	646
2020	3882	100	3882	300	30.0	390	17.52	41.70	62.56	540	115	360	655
2021	3952	100	3952	300	30.0	390	17.84	42.46	63.68	550	115	367	665
2022	4029	100	4029	300	30.0	390	18.19	43.28	64.93	561	115	374	676
2023	4111	100	4111	300	30.0	390	18.56	44.16	66.25	572	230	382	802
2024	4201	100	4201	300	30.0	390	18.96	45.13	67.70	585	230	390	815
2025	4298	100	4298	300	30.0	390	19.40	46.17	69.26	598	230	399	828
2026	4402	100	4402	300	30.0	390	19.87	47.29	70.94	613	230	409	843
2027	4514	100	4514	300	30.0	390	20.38	48.49	72.74	628	230	419	858
2028	4628	100	4628	300	30.0	390	20.89	49.72	74.58	644	230	430	874
2029	4745	100	4745	300	30.0	390	21.42	50.98	76.46	661	230	440	891
2030	4864	100	4864	300	30.0	390	21.96	52.25	78.38	677	230	451	907
2031	4986	100	4986	300	30.0	390	22.51	53.56	80.35	694	230	463	924
2032	5110	100	5110	300	30.0	390	23.07	54.90	82.35	711	230	474	941
2033	5238	100	5238	300	30.0	390	23.64	56.27	84.41	729	230	486	959
2034	5368	100	5368	300	30.0	390	24.23	57.67	86.50	747	230	498	977
2035	5500	100	5500	300	30.0	390	24.83	59.09	88.63	766	230	511	996
2036	5636	100	5636	300	30.0	390	25.44	60.55	90.82	785	230	523	1015
2037	5775	100	5775	300	30.0	390	26.07	62.04	93.06	804	230	536	1034

Fuente: Elaboración propia

Es de hacer notar que los datos de proyección de la población de Papudo adoptados por ESVAL S.A., difieren de las proyecciones elaboradas en el presente estudio.

No obstante; lo anterior, considerando que el presente es un estudio de factibilidad, que tiene un horizonte de aplicabilidad de 20 años, los valores aquí obtenidos nos dan una visión bastante aproximada a los valores

obtenidos en el Plan de Desarrollo. Sin embargo, la demanda está sujeta a factores imponderables como son por ejemplo el cambio climático, el aumento o disminución de la población, el agotamiento de las fuentes de abastecimiento, etc.; por lo tanto, los resultados obtenidos deben tomarse sólo como una guía tentativa para un desarrollo urbano de Papudo

3.5.2 Proyección de la Demanda de Alcantarillado de Aguas Servidas

Los caudales de aguas servidas se determinaron considerando los parámetros definidos en el Cuadro N° 3.5-3. Estos caudales sirvieron para determinar los requerimientos de infraestructura de alcantarillado de aguas servidas para la localidad de Papudo

Las redes han sido estudiadas de acuerdo a la dotación futura de agua potable, resumiéndose a continuación la variación de los caudales que portearán las redes de alcantarillado propuestas.

a) Bases de cálculo

Para la estimación de la cobertura se ha supuesto que la empresa concesionaria del servicio atenderá el 95% de la población a partir del año 2025 hasta el final del período de validez del presente PRC. Los caudales fueron estimados de acuerdo a la dotación de consumo futura de agua potable.

Para el cálculo de los caudales se ocuparon las fórmulas de uso habitual.

i) Caudal medio de aguas servidas

$$Q_{med}AS = Q_{med}AP * R$$

Donde:

Dotación de agua potable : 300 l/hab/día

Cobertura red de aguas servidas : Var.

Población asociada (P) : Var.

Coeficiente de recuperación medio (R) :0.8

ii) Caudales máximos instantáneos

$$Q_{\max}AS = H * Q_{med}AS$$

Dónde:

H : Coeficiente de Harmon

$$H = 1 + \frac{14}{(4 + \sqrt{P/1000})}$$

En el cuadro adjunto se muestra el cálculo de caudales de aguas servidas para la localidad de Papudo, proyectado año a año.

Cuadro 3.5-4 Proyección de Caudales de Aguas Servidas, Papudo

PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS												
AÑO	POBLACION			Dotación consumo	Pérdidas	Caudales de consumo AP (l/s)			Caudales de Aguas Servidas (l/s)			
	Total	Cobertura %	Población Abastecida	l/hab/día	%	Qmed	Qmax. D	Qmax. H	Qmed	Harmon	Qmax. Ins	
2017	3700	86.7	3208	300	30.0	11.69	17.54	26.30	8.1	3.42	27.71	
2018	3756	87.7	3294	300	30.0	11.87	17.80	26.70	8.3	3.41	28.37	
2019	3817	88.7	3386	300	30.0	12.06	18.09	27.14	8.6	3.40	29.07	
2020	3882	89.8	3486	300	30.0	12.27	18.40	27.60	8.8	3.39	29.84	
2021	3952	90.8	3588	300	30.0	12.49	18.73	28.10	9.1	3.38	30.62	
2022	4029	91.9	3703	300	30.0	12.73	19.10	28.64	9.4	3.36	31.48	
2023	4111	92.9	3819	300	30.0	12.99	19.48	29.23	9.7	3.35	32.35	
2024	4201	94.0	3949	300	30.0	13.27	19.91	29.87	10.0	3.34	33.32	
2025	4298	95.0	4083	300	30.0	13.58	20.37	30.56	10.3	3.33	34.32	
2026	4402	95.0	4182	300	30.0	13.91	20.86	31.30	10.6	3.32	35.05	
2027	4514	95.0	4288	300	30.0	14.26	21.39	32.09	10.8	3.31	35.84	
2028	4628	95.0	4397	300	30.0	14.62	21.93	32.90	11.1	3.30	36.63	
2029	4745	95.0	4508	300	30.0	14.99	22.49	33.73	11.4	3.29	37.45	
2030	4864	95.0	4621	300	30.0	15.37	23.05	34.58	11.7	3.28	38.27	
2031	4986	95.0	4737	300	30.0	15.75	23.63	35.45	12.0	3.27	39.11	
2032	5110	95.0	4855	300	30.0	16.15	24.22	36.33	12.3	3.26	39.97	
2033	5238	95.0	4976	300	30.0	16.55	24.83	37.24	12.6	3.25	40.84	
2034	5368	95.0	5100	300	30.0	16.96	25.44	38.16	12.9	3.24	41.73	
2035	5500	95.0	5225	300	30.0	17.38	26.07	39.10	13.2	3.23	42.62	
2036	5636	95.0	5354	300	30.0	17.81	26.71	40.07	13.5	3.22	43.54	
2037	5775	95.0	5486	300	30.0	18.25	27.37	41.06	13.9	3.21	44.48	

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.6 ESTIMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA REQUERIDA

Se entrega a continuación una estimación de la infraestructura requerida, según ESVAL en su Plan de Desarrollo 2015, hasta el término de validez del mismo, o sea el año 2030.

a) Sistema de Agua Potable

El análisis de la infraestructura requerida se realizará a nivel global, para la producción, para la red de distribución y para la regulación.

i) Etapa de producción

De acuerdo al balance oferta-demanda, en la etapa de producción ESVAL S.A. se determinó que es necesario la construcción de un sondaje y la instalación de nuevos grupos electrógenos.

ii) Etapa de distribución

En esta etapa la concesionaria tiene planificado dentro de su Plan de Desarrollo, cuyo horizonte de aplicación es hasta el año 2030, reforzar y mejorar la red de distribución existente en distintos puntos de la localidad.

iii) Etapa de regulación

De acuerdo al balance oferta-demanda se observa que es necesario la construcción de un nuevo estanque elevado de 750 m3 para satisfacer las demandas del horizonte de previsión del estudio. La ubicación de éste se definirá en etapas posteriores una vez se vayan desarrollando y consolidado los sectores y con ello se modulen las demandas de agua potable.

b) Sistema de aguas servidas

En lo que respecta a aguas servidas, de acuerdo con el balance oferta-demanda que se entrega en el Plan de Desarrollo de ESVAL S.A., realizado a nivel de infraestructura de aguas servidas, el sistema presenta déficit en el período de previsión.

i) Etapa de recolección

De acuerdo a los balances oferta-demanda realizados por la empresa, se concluye que no es necesario reforzar la red existente

ii) Etapa de disposición

De acuerdo al balance oferta-demanda, se requieren obras a nivel de disposición en PEAS (Planta Elevadora de Aguas Servidas) Limache. El sistema depende solamente de nuevas inversiones; por lo tanto, siempre existe factibilidad de servicios. En el marco del presente estudio de factibilidad se considera que la inversión en infraestructura que desarrollará ESVAL S.A. es suficiente para atender las necesidades de la población hasta el año 2037.

3.7 SISTEMA DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE PAPUDO

De acuerdo a lo establecido en la Ley 19.525, que regula los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, la elaboración de los Planes Maestros es de responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas. En particular, la Ley Nº 19.525 señala que “la planificación, estudio, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias le corresponderá al Ministerio de Obras Públicas”. Por exclusión, esta ley entrega al Ministerio de Vivienda y Urbanismo, la tuición sobre las redes secundarias de las ciudades.

El principal instrumento de planificación a nivel urbano es el Plan Maestro de Aguas Lluvias, estudio que lleva a cabo la DOH, donde se desarrolla un diagnóstico de la infraestructura de evacuación de aguas lluvias existente en las ciudades y se planifican soluciones para evitar inundaciones en ellas. Su objetivo fundamental es elaborar una herramienta de planificación del sistema de evacuación de aguas lluvias de las ciudades de más de 50.000 habitantes, considerando una expansión urbana a 30 años según las regulaciones del año en que dichos planes fueron elaborados. La comuna de Papudo, dada su baja población, no cuenta con un Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias y tampoco se encuentra en los planes de la Dirección de Obras Hidráulicas su estudio.

3.8 CONCLUSIONES

De acuerdo a las proyecciones de población y vivienda desarrolladas en el presente estudio “Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo”, podemos afirmar que las necesidades de agua potable y alcantarillado de la localidad se encuentran cubiertas, según los alcances del documento “Actualización Plan de Desarrollo 2015 Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado. Sistema Papudo. ESVAL S.A.

No obstante, cabe destacar que las proyecciones de población y vivienda entregadas por la empresa sanitaria son mayores a las calculadas en el presente estudio.

Es de hacer notar que los caudales de consumo se estiman para la población permanente en la localidad, por lo que la dotación de consumo para población baja notoriamente; durante los meses de enero y febrero principalmente, debido a la población flotante; sin embargo, esto es transitorio y la empresa concesionaria normalmente adopta las medidas necesarias para abastecer a la localidad de agua potable.

4 SISTEMA DE SERVICIOS SANITARIOS DE PULLALLY

4.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los requerimientos del Estudio:"*Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo*, se ha incorporado la localidad de Pullally.como parte integrante de la Actualización del PRC de Papudo.

La localidad de Pullally corresponde a un sector en área de extensión urbana, de carácter urbano-rural, ubicado aproximadamente a 15 kilómetros al noreste de la localidad de Papudo Tiene una población estimada en 1350 personas, de acuerdo a datos obtenidos de Prodesal Municipalidad de Papudo, y una superficie aproximada de 718 hectáreas destinadas fundamentalmente a la producción agrícola. Pullally se encuentra en el valle del río Ligua (Provincia de Petorca, Región de Valparaíso), más cerca de La Ligua que de Papudo

4.2 OBJETIVOS

El objetivo del informe que se entrega seguidamente tiene por finalidad analizar la factibilidad de ampliación o dotación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas en la localidad de Pullally, comuna de Papudo, Región de Valparaíso.

Primeramente el informe entrega una descripción y diagnóstico de la infraestructura sanitaria con que cuenta la localidad de Pullally en el marco de la "Actualización Plan Regulador Comunal de Papudo". En él se describe de una manera general el funcionamiento de los sistemas de producción y distribución de agua potable, y de recolección y disposición final de aguas servidas, para la localidad en cuestión.

La información principal utilizada y analizada en este informe, se encuentra en el documento de la Empresa de Servicios Sanitarios ESVAL S.A. "Actualización Plan de Desarrollo 2015. Sistema Placilla de La Ligua. Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado", proporcionado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), el cual satisface las normas exigidas por la SISS y cumple con el objetivo de planificar las inversiones que se deben realizar en el contexto del régimen tarifario vigente.

Es de hacer notar que el Sistema Placilla de La Ligua, comprende las localidades de Placilla de La Ligua, Quinquimo, Pullally y La Chimba.

No existe información del sistema de agua potable desagregada por localidades, por lo tanto, las estimaciones de población han sido realizadas considerando que los habitantes de la localidad de Pullally se encuentran ubicados en su totalidad en el área abastecida por el sistema de agua potable concesionado por la Empresa de Servicios Sanitarios ESVAL S.A.

Para efectos del presente informe, hemos estimado que la localidad de Pullally representa aproximadamente el 50% del total de clientes residenciales del Sistema Placilla de La Ligua.

Las restricciones técnicas al crecimiento de la localidad provienen principalmente de la existencia o no de redes de infraestructura, del soporte de éstas a nuevas demandas y de las posibilidades de dotación de mayores recursos tanto para las áreas consolidadas como para las áreas de extensión.

El Plan Regulador en estudio, ha tomado como base los lineamientos generales y las densidades poblaciones que postulan hacia una mayor densificación y ordenamiento de las áreas consolidadas.

4.3 COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS

A continuación, se entrega una síntesis de los principales aspectos de la cobertura de servicios sanitarios que realiza la empresa ESVAL S.A. en la localidad de Pullally por medio del Sistema Placilla de La Ligua.

4.3.1 SERVICIO DE AGUA POTABLE

La localidad cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable que es administrado por ESVAL S.A y forma parte de la concesión de ESVAL denominada "Placilla de La Ligua", que incluye los sectores de Quinquimo, Pullally, Placilla de La Ligua y La Chimba, según delimitación incluida en plano de área de concesión del Anexo XI del Plan de Desarrollo de dicha concesión. El área operativa de la empresa coincide en su mayor parte con la zona urbana de la localidad.de Pullally.

- Cobertura

De acuerdo a la información proporcionada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, en el Informe Anual de Coberturas Urbanas de Servicios Sanitarios correspondiente al año 2018, la cobertura urbana de agua potable para el sistema Placilla La Ligua es de un 97.5%, La cobertura del servicio de agua potable a la población referida al año 2018, es la que se entrega en el cuadro siguiente:

Cuadro 4.3-1 Cobertura de los Servicios de Agua Potable Sistema Placilla de La Ligua Año 2018

Empresa	Localidad	Clientes residenciales de agua potable	Total de inmuebles residenciales AP	Población urbana estimada	Población urbana abastecida AP	Cobertura de agua potable
ESVAL S.A.	Placilla de La Ligua	1.233	1.264	2.572	2.509	97.5%

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. Informe Anual de Coberturas de Servicios Sanitarios 2018

- Producción

De acuerdo a lo indicado en el documento "Actualización Plan de Desarrollo 2015 Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado, Sistema Placilla de La Ligua ESVAL 2015" proporcionado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), el sistema de producción de la localidad de Placilla de La Ligua está conformado por las plantas de captación subterránea Aguas Claras, Goenechea y Quínquimo I, Además de las fuentes antes mencionadas, el sistema es apoyado por aportes desde la Planta de Concón por medio de la conducción Litoral Norte, la cual en su trazado además abastece a las localidades de; Quintero, Puchuncavl, Cachagua, Zapallar, La Laguna, Papudo y La Ligua.

Cuadro 4.3-2 Sistema Placilla de La Ligua. Caudales de Producción de Agua Potable

Caudal l/s	2016	2020	2030
Medio anual	8.8	9.2	10.2
Máximo diario	12.6	13.1	14.5

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Placilla de La Ligua

A la producción de la planta de captación se le aplica un tratamiento químico que consiste en adicionar cloro y flúor. Además, a la producción de la planta Quínquimo I, cuenta con un filtro en presión diseñado para abatir Mn y Fe.

A nivel de distribución el Sistema Placilla de La Ligua es regulada y abastecida desde los estanques El Rayado (2.000 m3) y Quínquimo (300 m3).

- Dotación

La dotación de consumos está en función de la población permanente y el consumo anual, en tanto el Vol Max Mes se determina en función del volumen facturado (anual), el número de clientes y del coeficiente del mes de máximo consumo.

Cuadro 4.3-3 Dotación Actual Sistema Placilla de La Ligua: Año 2018

Localidad	Superficie (ha)	Población (hab)	Dotación (l/hab/día)	Vol. Max Mes por Cliente (m3/cl/mes)
Placilla La Ligua	142.9	3409	169.6	18.05

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Placilla de La Ligua 2015

4.3.2 SERVICIO DE ALCANTARILLADO

El servicio de alcantarillado de aguas servidas que cubre la localidad de Pullally también es administrado por la Empresa de Servicios Sanitarios ESVAL S.A.

El alcantarillado de aguas servidas de la localidad de Pullally se realiza mediante un sistema inaugurado a fines del año 2014 financiado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE), vía Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). El proyecto beneficia a una población estimada de 2.500 personas de esta localidad perteneciente a la comuna de Papudo e implicó una inversión superior a los 1.500 millones de pesos

El Proyecto de alcantarillado contemplaba originalmente la instalación de 439 UD y la unión de 71 fosas a UD. En la actualidad el sistema supera las 600 UD, de acuerdo a informaciones proporcionadas por la SECPLAN de Papudo

El sistema está conectado a la planta de tratamiento Los Maitenes que sirve a las localidades de Pullally, Quinquimo y La Ligua. Esta planta es del tipo lodos activados, ubicada en el sector norte de La Ligua, lugar donde se encuentran las instalaciones de ESVAL. Los efluentes de la PTAS son descargados al río La Ligua.

El sistema de evacuación de aguas servidas cubre las necesidades de aproximadamente el 46%, según la SISS.

Cuadro 4.3-4 Caudales de Aguas Servidas Actuales y Futuros Sistema Placilla La Ligua

Caudal (l/s)	2016	2020	2030
Medio Anual AS	0,5	1,1	2,3
Medio Anual Total	0,5	1.1	2,3
Máximo Horario a Tratar	3,3	4,0	8,4

Fuente: ESVAL Ficha de Antecedentes Técnicos (FAT).- Sistema Placilla de La Ligua 2015

- Recolección

De acuerdo a informaciones extraídas del Plan de Desarrollo ESVAL para el Sistema Placilla de La Ligua. el sistema de recolección de la localidad de Placilla de La Ligua está conformado por una red de aproximadamente 51,55 km que recoge las aguas servidas del territorio operacional (incluye la red de La Ligua).

El sistema de recolección de aguas servidas de la localidad de está conformado por una red de aproximadamente 16 km que recoge los efluentes del territorio operacional.

- Caudales

En el cuadro siguiente el Caudal Medio Anual de Aguas Servidas considera el coeficiente de recuperación. El caudal Medio Anual Total considera el Coeficiente de Recuperación y los caudales de infiltración y aguas lluvias, en tanto el Máximo Horario a Tratar, por ser la PTAS del tipo Lodos Activados, se considera como caudal a tratar el Caudal Máximo Horario, el cual considera el Coeficiente de Recuperación y los caudales de infiltración y aguas lluvias.

Cuadro 4.3-5 Cobertura de los Servicios de Alcantarillado de Placilla de La Ligua. Año 2018

Empresa	Localidad	Clientes residenciales de alcantarillado	Inmuebles residenciales no conectados a la red de alcantarillado	Total de inmuebles residenciales	Población urbana estimada dentro del TO	Población urbana saneada ALC	Cobertura de alcantarillado
			Total				
ESVAL S.A.	Placilla de La Ligua	578	686	1.264	2.572	1.176	45,7%

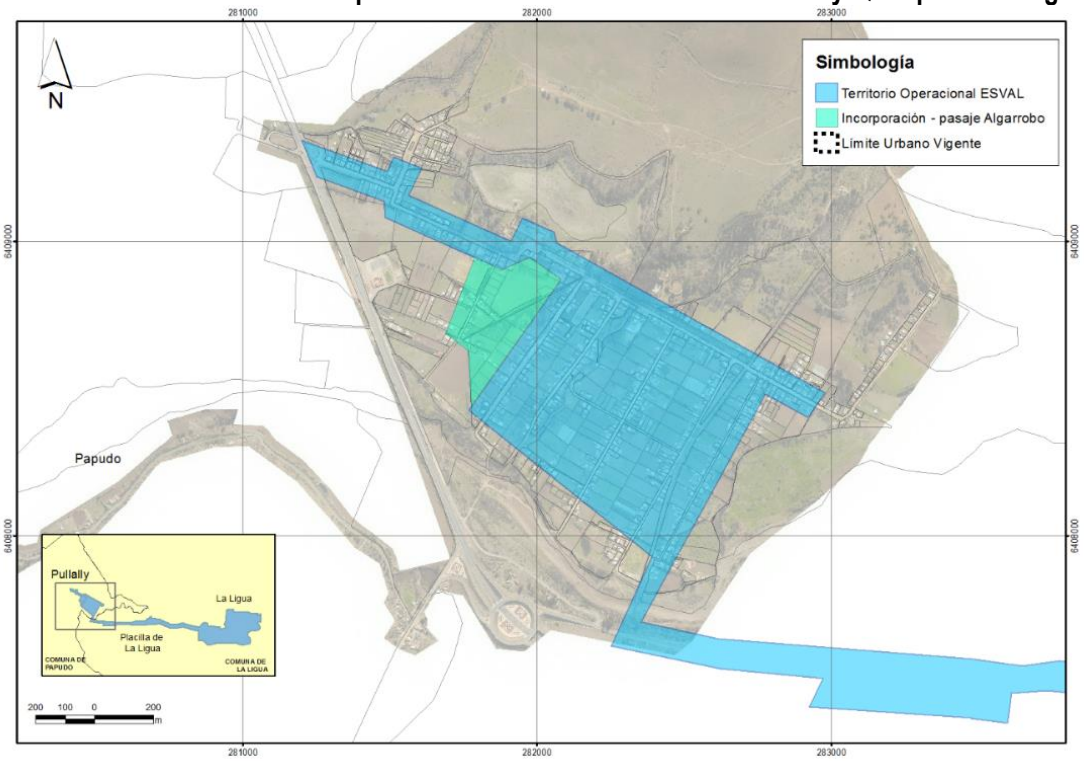
Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. Informe anual de Coberturas de Servicios Sanitarios. 2018

- Disposición

A nivel de disposición se cuenta con la planta de tratamiento llamada Los Maitenes, con capacidad de tratar un caudal máximo horario de 118 L/s, desde donde las aguas tratadas son descargadas finalmente en el río La Ligua.

A continuación, se presenta el plano del área operacional del servicio de abastecimiento de agua potable y alcantarillado de aguas servidas del sistema Pullally-Quinquimo-La Ligua. de acuerdo al Sistema de Información Territorial SISS. Se incluye en el plano el pasaje Algarrobo que no está contemplado en el plano anterior pero que es servido por ESVAL

Ilustración 4.3-1 Territorio operacional interconectado Sistema Pullally-Quinquimo-La Ligua



4.4 DIAGNÓSTICO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Según el "Plan de Desarrollo 2015 Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado Sistema Placilla La Ligua", el balance oferta-demanda realizado presenta déficit en el período de previsión del Plan (2016-2030). El déficit se determinó como la diferencia entre la capacidad de las instalaciones y la capacidad requerida para satisfacer la demanda.

i) Balance Oferta-Demanda de Agua Potable

• Etapa de producción: De acuerdo a los balances de oferta-demanda presentados por ESVAL, el sistema presenta déficit, por lo cual, se requieren de inversiones en nuevas obras, tanto PEAP como en macro-conducciones.

• Etapa de distribución: De acuerdo a los balances de la empresa se concluye de acuerdo a las modelaciones realizadas, que es necesario reforzar la red de distribución existente en distintos puntos de la localidad.

ii) Balance Oferta-Demanda de Aguas Servidas

De acuerdo con el balance oferta-demanda realizado a nivel de la infraestructura de aguas servidas, se entrega a continuación un resumen de la infraestructura que presenta déficit en el período de previsión, desagregado por las siguientes etapas:

• Etapa de recolección: De acuerdo a los balances de oferta-demanda presentados por ESVAL y de acuerdo a las modelaciones realizadas, es necesario reforzar la red de recolección, además de ampliación de PEAS.

• Etapa de disposición: Los balances de oferta-demanda presentados por la empresa, el sistema no presenta déficit, por lo cual, no se requieren nuevas obras.

4.5 FACTIBILIDAD DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PULLALLY

4.5.1 Población Futura

La factibilidad de servicios para las áreas delimitadas por los instrumentos de planificación, deben cotejar la información de población residente en las distintas zonas tributarias de los sistemas, con las proyecciones de expansión esperadas. En este contexto interesa determinar cuál es la población esperada en el área propuesta, y el nivel de cobertura existente y proyectada para satisfacer las necesidades de dicha población.

Se ha propuesto un escenario optimista de crecimiento de la localidad, por lo que se considera como población máxima esperada la población propuesta en las estimaciones realizadas en los capítulos precedentes de este Plan Regulador. Se indica la proyección de población según el escenario optimista escogido por períodos determinado por este estudio. La proyección realizada con motivo de este estudio supone la densificación total de las superficies disponibles.

Cuadro 4.5-1 Proyecciones de Población y Viviendas principales Año 2017 al 2037, Pullally

Año	Población Permanente	Población Flotante	Viviendas
2017	1.708	241	644
2018	1.736	268	660
2019	1.766	300	677
2020	1.798	332	694
2021	1.833	365	713
2022	1.870	398	733
2023	1.911	432	753
2024	1.955	466	774
2025	2.003	500	796
2026	2.055	535	819
2027	2.110	569	842
2028	2.166	604	868
2029	2.224	638	892
2030	2.283	673	917
2031	2.343	707	942
2032	2.404	740	967
2033	2.467	773	993
2034	2.531	805	1.018
2035	2.597	837	1.044
2036	2.664	868	1.070
2037	2.732	898	1.096
Max. proyecto		Total Población	Total Viviendas
		5.634	1.341

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 2017 INE

La población permanente de la localidad alcanzaría los 2.732 habitantes en el horizonte de previsión del Proyecto de Factibilidad de Agua Potable y Alcantarillado al año 2037.

4.5.2 FACTIBILIDAD DE DOTACIÓN DE AGUA POTABLE

Los estudios de factibilidad de dotación de agua potable y alcantarillado de aguas servidas son uno de los componentes técnicos a evaluar dentro del proyecto del Plan Regulador. Su objetivo principal se basa en el análisis de la situación actual y su proyección respecto a las proposiciones que entregue el Plan Regulador. En una primera etapa se ha abordado la tarea de requerir de la empresa de servicios existentes, en este caso ESVAL S.A. la información referente a los antecedentes actualizados de los sistemas en operación del área comprendida en el estudio.

En la presente etapa se consulta oficialmente la factibilidad de dotación de Servicios Básicos en función de las densidades habitacionales y poblacionales proyectadas en el Plan Regulador, considerando la situación definida en la localidad de Pullally.

a) Requerimientos para la Dotación de Servicios

i) Cálculo de Caudales de Agua Potable

Para dimensionar las obras y cubrir las variaciones de consumo a lo largo de un período de 20 años, período de validez del PRC; se estimarán los consumos, gastos medios y gastos máximos en el año de inicio del estudio, esto es 2017, para luego proyectarlos.

ii) Determinación de la Dotación de Consumo Situación Base

Para la estimación de las dotaciones actuales de agua potable, se aplicará la metodología y supuestos que permitan caracterizar la localidad utilizando valores conservadores de características similares en lo relativo al grado de urbanización, características de desarrollo y su potencial respecto a otras localidades.

Con respecto a las pérdidas, se cuenta con antecedentes relativos al sistema Placilla La Ligua que entrega ESVAL S.A. en su Plan de Desarrollo 2015 que sitúa esta cifra en 24.3%, valor que se utilizará en los cálculos futuros.

b) Estudio de Demandas de Agua Potable Futura

i) Dotaciones futuras adoptadas

Las proyecciones futuras de la dotación de consumo se efectuarán considerando los efectos combinados de las políticas tarifarias, el nivel de ingreso de los usuarios, calidad del agua, mejoramiento del servicio y la existencia del servicio de alcantarillado. Se han considerado como representativos de la situación base de proyección, los valores presentados en el Cuadro Nº 4.5.1.

Para efectos del presente estudio se ha adoptado una dotación media de consumo de agua potable de 170.3 l/hab/día en el año 2017, según datos de ESVAL estabilizando el valor en 190l/hab/día desde el año 2031 hasta el año 2037, final del período de aplicación del Plan Regulador. Esta dotación es similar a la estimada por ESVAL en su Plan de Desarrollo del Sistema Placilla La Ligua; pero tomando en cuenta la dotación y de los problemas causados por la sequía y consecuentemente la disminución del recurso hídrico. El Cuadro Nº 3.5-1 señala, para cada año, el consumo por habitante esperado.

La dotación a nivel de producción se calcula de la siguiente manera:

Dotación de Producción = Dotación de Consumo / (1- %Pérdidas)

Cuadro 4.5-2 Dotaciones y nivel de pérdidas esperadas (l/hab/día)

Año	Proyecciones		
	Nivel de Pérdidas	Situación con proyecto	
		Dotación de consumo (l/hab/día)	Dotación de producción (l/hab/día)
2017	24.3	170.3	212
2018	24.3	171.1	213
2019	24.3	171.8	214
2020	24.3	172.5	214
2021	24.3	173.3	215
2022	24.3	174.0	216
2023	24.3	174.8	217
2024	24.3	175.5	218
2025	24.3	176.3	219
2026	24.3	177.1	220
2027	24.3	177.8	221
2028	24.3	178.6	222
2029	24.3	179.4	223
2030	24.3	180.2	224
2031	24.3	190.0	236
2032	24.3	190.0	236
2033	24.3	190.0	236
2034	24.3	190.0	236
2035	24.3	190.0	236
2036	24.3	190.0	236
2037	24.3	190.0	236

Fuente: Elaboración propia

ii) Coeficientes de gastos máximo diario y horario

Para la estimación de los caudales máximos de agua potable se consideró un factor de modulación de 1.42 (FDMC) y 1.50 (FHMC), de acuerdo a los antecedentes de ESVAL S.A. La situación para el año 2037, para el caudal medio de agua potable será:

- Gasto medio

$$Q_{med}AP = \frac{Pobl * Dot * C}{86400}(l/s)$$

dónde:

Pobl. : Población

Dot. : Dotación de consumo (l/hab/día)

Dotación de producción : Dot/(1-% pérdidas)

C : Cobertura en %.

- Gasto máximo diario

$$Q_{\max} Diario = 1.42 * Q_{med} AP(l/s)$$

- Gasto máximo horario

$$Q_{\max} Horario = 1.50 * Q_{\max} Diario$$

Los cálculos señalados a continuación corresponden a la situación futura. Se considera una población permanente al año 2037 de 2732 hab. Con respecto a la población flotante, en el cálculo del gasto medio se consideró que ésta situación se presenta solamente en los meses de enero y febrero, donde la dotación baja a un nivel de aproximadamente 140 l/hab/día.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, se adopta una dotación de consumo máxima esperada al año 2037, de 190 l/hab/día, equivalente a una dotación de producción de 236 l/hab/día, estabilizando el nivel de pérdidas en un 24.3%, a partir del año 2017.

iii) Proyección de dotaciones y coeficientes de gastos

Se analizará a continuación la oferta y demanda a futuro, del sistema de agua potable de Placilla de La Ligua atendido por ESVAL S.A. considerando la normativa que regula los sistemas concesionados. De esta manera, se obtendrán los futuros requerimientos globales de capacidad y demanda para el período en estudio del Plan Regulador.

Al no contar con antecedentes que permitan definir la necesidad en lo relativo al porcentaje de regulación requerido y teniendo en consideración que este Plan Regulador es un instrumento de planificación a nivel de perfil, se adoptará un valor conservador entre un 15% - 20 % del consumo máximo diario, más un grifo funcionando durante dos horas. Es así como, al no contar con antecedentes de las fluctuaciones horarias, en el día de máximo consumo, se adopta como volumen de regulación el 15% del consumo máximo diario.

Además la norma establece que junto con el volumen de regulación y el de incendio, los estanques deben tener una capacidad suficiente para mantener una reserva en caso de emergencias. Por lo tanto y debido a la baja ocurrencia de un corte en la alimentación simultánea con los supuestos incendio, se estima un volumen de reserva equivalente al 10% del caudal máx. diario. Finalmente, se

adopta como volumen de regulación el 15% Q. máx. diario, más el máximo valor entre el volumen de incendio y el volumen de reserva.

El volumen de incendio se determina de acuerdo con la demanda y duración del siniestro (Norma NCH 691). Para los efectos de cálculo, debe considerarse a lo menos 2 h de siniestro, con un caudal de 16 l/s en cada grifo de 100 mm de diámetro, según NCh 1646, y el número de grifos en uso simultáneo que indica el cuadro siguiente.

Cuadro 4.5-3 Números de Grifos de Incendio en Uso Simultáneo

Área servida, población en miles de habitantes	Número de grifos en uso simultáneo	Volumen de incendio, mínimo en m³
Hasta 6	1	115
> 6 – 25	2	230
> 25 – 60	3	346
> 60 – 150	5	576
> 150	6	690

Fuente: Elaboración propia en base a Sistema de Información Geográfico de Bomberos de Chile (2017) y Norma Chilena Nº NCh 1646

Cuadro 4.5-4 Proyección de Caudales de Agua Potable, Pullally

PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUA POTABLE													
AÑO	POBLACION			Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas %	Dotación producción (l/hab/día)	Caudales de producción (l/s)			Volumen de regulación (m3)			
	Total	Cobertura %	Población Abastecida				Qmed	Qmax. D	Qmax. H	Consumo	Incendio	Reserva	Total
2017	1708	100	1708	170.3	24.3	212	4.18	5.94	8.91	77	115	51	192
2018	1736	100	1736	171.1	24.3	213	4.27	6.07	9.10	79	115	52	194
2019	1766	100	1766	171.8	24.3	214	4.36	6.20	9.30	80	115	54	195
2020	1798	100	1798	172.5	24.3	214	4.46	6.34	9.50	82	115	55	197
2021	1833	100	1833	173.3	24.3	215	4.57	6.49	9.73	84	115	56	199
2022	1870	100	1870	174.0	24.3	216	4.68	6.65	9.97	86	115	57	201
2023	1911	100	1911	174.8	24.3	217	4.81	6.82	10.24	88	230	59	318
2024	1955	100	1955	175.5	24.3	218	4.94	7.01	10.51	91	230	61	321
2025	2003	100	2003	176.3	24.3	219	5.08	7.21	10.82	93	230	62	323
2026	2055	100	2055	177.1	24.3	220	5.24	7.43	11.15	96	230	64	326
2027	2110	100	2110	177.8	24.3	221	5.40	7.66	11.50	99	230	66	329
2028	2166	100	2166	178.6	24.3	222	5.57	7.90	11.85	102	230	68	332
2029	2224	100	2224	179.4	24.3	223	5.74	8.15	12.23	106	230	70	336
2030	2283	100	2283	180.2	24.3	224	5.92	8.40	12.61	109	230	73	339
2031	2343	100	2343	190.0	24.3	236	6.40	9.09	13.64	118	230	79	348
2032	2404	100	2404	190.0	24.3	236	6.57	9.33	14.00	121	230	81	351
2033	2467	100	2467	190.0	24.3	236	6.74	9.58	14.36	124	230	83	354
2034	2531	100	2531	190.0	24.3	236	6.92	9.82	14.74	127	230	85	357
2035	2597	100	2597	190.0	24.3	236	7.10	10.08	15.12	131	230	87	361
2036	2664	100	2664	190.0	24.3	236	7.28	10.34	15.51	134	230	89	364
2037	2732	100	2732	190.0	24.3	236	7.47	10.60	15.91	137	230	92	367

Fuente: Elaboración propia

Considerando que el presente es un estudio de factibilidad, que tiene un horizonte de aplicabilidad de 20 años, los valores aquí obtenidos nos dan una visión bastante aproximada a los valores obtenidos en el Plan de Desarrollo de ESVAL. Sin embargo, la demanda está sujeta a factores imponderables como son por ejemplo el cambio climático, el aumento o disminución de la población, el agotamiento de las fuentes de abastecimiento, etc.; por lo tanto, los resultados obtenidos deben tomarse sólo como una guía tentativa para un desarrollo urbano de la localidad de Pullally.

4.5.3 FACTIBILIDAD DE DOTACIÓN DE ALCANTARILLADO DE AGUAS SERVIDAS

Los caudales de aguas servidas se determinaron considerando los parámetros definidos en el Cuadro N°4.5.4 Estos caudales sirvieron para determinar los requerimientos de infraestructura de alcantarillado de aguas servidas para la localidad de Pullally.

Las redes han sido estudiadas de acuerdo a la dotación futura de agua potable, resumiéndose a continuación la variación de los caudales que portearán las redes de alcantarillado propuestas.

a) Bases de Cálculo

Para la estimación de la cobertura se ha supuesto que la empresa concesionaria del servicio atenderá el 100% de la población a partir del año 2028 hasta el final del período de validez del presente PRC. Los caudales fueron estimados de acuerdo a la dotación de consumo futura de agua potable.

Para el cálculo de los caudales se ocuparon las fórmulas de uso habitual.

i) Caudal medio de aguas servidas

$$Q_{med}AS = Q_{med}AP * R$$

Donde:

Dotación de agua potable : 190 l/hab/día

Cobertura red de aguas servidas : Var.

Población asociada (P) : Var.

Coeficiente de recuperación medio (R) : 0.87

ii) Caudales máximos instantáneos

$$Q_{\max}AS = H * Q_{med}AS$$

Donde:

H : Coeficiente de Harmon

$$H = 1 + \frac{14}{(4 + \sqrt{P/1000})}$$

En el cuadro adjunto se muestra el cálculo de caudales de aguas servidas para la localidad de Pullally, proyectado año a año.

Cuadro 4.5-5 Proyección de Caudales de Aguas Servidas, Pullally

PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS												
AÑO	POBLACION			Dotación	Pérdidas	Caudales de consumo AP			Caudales de Aguas Servidas			
	Total	Cobertura %	Población Saneada	Consumo l/hab/día	%	Qmed	Qmax. D	Qmax. H	Qmed	Harmon	Qmax. Ins	
2017	1708	40.0	683	170	24.3	3.17	4.75	7.13	1.1	3.90	4.30	
2018	1736	45.7	793	171	24.3	3.23	4.85	7.28	1.3	3.86	4.97	
2019	1766	50.0	883	172	24.3	3.30	4.96	7.43	1.4	3.83	5.51	
2020	1798	55.0	989	173	24.3	3.38	5.07	7.60	1.6	3.80	6.15	
2021	1833	60.0	1100	173	24.3	3.46	5.19	7.78	1.8	3.77	6.81	
2022	1870	65.0	1216	174	24.3	3.54	5.32	7.97	2.0	3.74	7.50	
2023	1911	70.0	1338	175	24.3	3.64	5.46	8.19	2.2	3.71	8.23	
2024	1955	75.0	1466	176	24.3	3.74	5.60	8.41	2.4	3.69	8.99	
2025	2003	80.0	1602	176	24.3	3.85	5.77	8.65	2.7	3.66	9.79	
2026	2055	85.0	1747	177	24.3	3.96	5.95	8.92	2.9	3.63	10.64	
2027	2110	90.0	1899	178	24.3	4.09	6.13	9.19	3.2	3.60	11.53	
2028	2166	100.0	2166	179	24.3	4.21	6.32	9.48	3.7	3.56	13.04	
2029	2224	100.0	2224	179	24.3	4.35	6.52	9.78	3.8	3.55	13.42	
2030	2283	100.0	2283	180	24.3	4.48	6.72	10.08	3.9	3.54	13.80	
2031	2343	100.0	2343	190	24.3	4.85	7.27	10.91	4.2	3.53	14.89	
2032	2404	100.0	2404	190	24.3	4.97	7.46	11.19	4.3	3.52	15.24	
2033	2467	100.0	2467	190	24.3	5.10	7.66	11.49	4.4	3.51	15.60	
2034	2531	100.0	2531	190	24.3	5.24	7.86	11.78	4.6	3.50	15.97	
2035	2597	100.0	2597	190	24.3	5.37	8.06	12.09	4.7	3.49	16.34	
2036	2664	100.0	2664	190	24.3	5.51	8.27	12.40	4.8	3.49	16.72	
2037	2732	100.0	2732	190	24.3	5.65	8.48	12.72	4.9	3.48	17.10	

Fuente: Elaboración propia

4.6 ESTIMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA REQUERIDA

4.6.1 Sistema de Agua Potable

El análisis de la infraestructura requerida se realizará a nivel global, para la producción, para la red de distribución y para la regulación.

a) Etapa de producción

De acuerdo al balance oferta-demanda, en la etapa de producción ESVAL S.A. se determinó que es necesario la construcción de un sondaje y la instalación de nuevos grupos electrógenos.

b) Etapa de distribución

En esta etapa la concesionaria tiene planificado dentro de su Plan de Desarrollo, cuyo horizonte de aplicación es hasta el año 2030, reforzar y mejorar la red de distribución existente en distintos puntos de la localidad.

c) Etapa de regulación

De acuerdo al balance oferta-demanda se observa que es necesario la construcción de un nuevo estanque elevado de 750 m3 para satisfacer las demandas del horizonte de previsión del estudio. La ubicación de éste se definirá en etapas posteriores una vez se vayan desarrollando y consolidado los sectores y con ello se modulen las demandas de agua potable.

4.6.2 Sistema de Aguas Servidas

En lo que respecta a aguas servidas, de acuerdo con el balance oferta-demanda que se entrega en el Plan de Desarrollo de ESVAL S.A., realizado a nivel de infraestructura de aguas servidas, el sistema presenta déficit en el período de previsión.

a) Etapa de Recolección

De acuerdo a los balances oferta-demanda realizados por la empresa, se concluye que no es necesario reforzar la red existente

b) Etapa de Disposición

De acuerdo al balance oferta-demanda, se requieren obras a nivel de disposición en PEAS (Planta Elevadora de Aguas Servidas) Limache. El sistema depende solamente de nuevas inversiones; por lo tanto, siempre existe factibilidad de servicios. En el marco del presente estudio de factibilidad se considera que la inversión en infraestructura que desarrollará ESVAL S.A. es suficiente para atender las necesidades de la población hasta el año 2037.

5 SISTEMA DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

De acuerdo a lo establecido en la Ley 19.525, que regula los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, la elaboración de los Planes Maestros es de responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas. En particular, la Ley Nº 19.525 señala que "la planificación, estudio, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias le corresponderá al Ministerio de Obras Públicas". Por exclusión, esta ley entrega al Ministerio de Vivienda y Urbanismo, la tuición sobre las redes secundarias de las ciudades.

El principal instrumento de planificación a nivel urbano es el Plan Maestro de Aguas Lluvias, estudio que lleva a cabo la DOH, donde se desarrolla un diagnóstico de la infraestructura de evacuación de aguas lluvias existente en las ciudades y se planifican soluciones para evitar inundaciones en ellas. Su objetivo fundamental es elaborar una herramienta de planificación del sistema de evacuación de aguas lluvias de las ciudades de más de 50.000 habitantes, considerando una expansión urbana a 30 años según las regulaciones del año en que dichos planes fueron elaborados.

Las localidades de Pullally y Papudo incluidas en la comuna del mismo nombre, no cuentan con un Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias y tampoco se encuentra el desarrollo de dichos estudios, en los planes de la Dirección de Obras Hidráulicas.

La comuna se encuentra inserta en un clima caracterizado por la semi-aridez. Desde el punto de vista geomorfológico se distinguen sectores de fuertes pendientes hacia el poniente (bahía de Papudo), con elevaciones máximas por sobre los 590 m en el extremo sur y elevaciones más suaves de hasta 100 m de altura en el sector norte. En ambos casos se favorece con ello, las escorrentías superficiales hacia el océano en forma más acelerada. Sobre estos relieves montañosos se han encausado varios pequeños esteros y quebradas relativamente angostas y poco profundas con escurrimiento intermitente. Los vientos dominantes provienen desde el oeste, registrándose también en invierno vientos violentos del norte causante de las lluvias. En verano se presentan brisas del mar, generalmente después del mediodía.

La red hidrográfica de la comuna de Papudo se enmarca en la zona de los ríos del norte chico, estructurada fundamentalmente por la cuenca del río La Ligua, en su cuenca inferior, algunos tributarios y varias quebradas de escurrimiento intermitente.[1]

Los escurrimientos más locales, están representados por los esteros Talcalan, vertiente norte del río La Ligua, El Maqui y Los Bueyes en Pullally y Las Salinas que tributa al río La Ligua en el sector de Las Salinas, los cuales escurren unos pocos días al año, como efecto de las lluvias invernales. Adicionalmente, se presentan varias quebradas con **escurrimientos esporádicos** que drenan hacia el mar: El Pangue, Cruz de Piedra y Las Cenizas en el sector de Lilen, El Tigre Norte, Agua Saladas, La Peste, Paso del Cautivo, El Francés, La Zanja y Chorrillos en Papudo. La alimentación de estos escurrimientos es exclusivamente pluvial, dependiendo solo de las lluvias invernales, ya que la cordillera de la costa en este sector, no presenta precipitaciones nivales[1].

Las precipitaciones son de origen frontal, avanzando desde el sur en los meses invernales, siendo junio el mes de máxima agua caída. El promedio para una serie de 30 años es superior a 300 milímetros. Durante el periodo comprendido entre los años 1980 y 2010, de acuerdo con los datos recogidos principalmente por la

[1] Recursos naturales comuna de Papudo, Cirén 2021.

Dirección Meteorológica de Chile y la Dirección General de Aguas, indican un registro mínimo de 284 milímetros y un máximo de 386 milímetros de agua caída[1].

La comuna no tiene una problemática de aguas lluvias tradicionales, es decir, asociada a la inundación importantes de calles o casas, como resultado de un escurrimiento de las aguas lluvias a través de las mismas. A esto contribuye tanto la baja intensidad de las precipitaciones, como la alta capacidad de infiltración de la cuenca aportante, sumado además, a la baja frecuencia de los eventos de precipitación y la intermitencia de ellas.

Cabe precisar que en lo relativo a cobertura de redes de aguas lluvias la comuna no cuenta con sistema de alcantarillado de aguas lluvias planificado si no que con sistemas informales como escurrimientos superficiales por calles, canales de riego y acequias que en su paso por las áreas pobladas o en sus alrededores presentan desbordes debido a que su función es conducir las cuotas de riego por lo que en la medida que se van entregando estas cuotas, las dimensiones de los canales disminuyen.

Es decir, la baja intensidad de las lluvias, así como la escasa escorrentía que por las calles se produce, **no ameritan la construcción de sistemas de colectores** en virtud de su alto costo y de los bajos daños, que eventualmente evitarían. Por lo anterior, los proyectos de drenaje requerirán ser desarrollados junto con los proyectos de dotación de alcantarillado de aguas servidas, en la medida de su necesidad.

Entre los factores que explican la ocurrencia de inundaciones focalizadas más recurrentes, se encuentran la geomorfología, donde la pendiente es un elemento primordial, las características de los sedimentos en el entorno del lecho que sufre la crecida, la influencia antrópica en las riberas y otros factores externos como la intensidad de la lluvia, las características hidrológicas y el estado del suelo y la vegetación en la cuenca de drenaje.

5.1 PROBLEMAS DETECTADOS EN LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE

El problema de las inundaciones en las ciudades de Chile es más amplio que el de la simple evacuación de aguas lluvias que precipitan en los suelos urbanos. Las inundaciones pueden tener diferentes causas, muchas de las cuales no aparecen directamente asociadas con las aguas lluvias que precipitan en el lugar inundado. Entre ellas cabe citar las siguientes:

- ✓ Elevación del nivel de la napa sobre la superficie del suelo. Efecto menos frecuente en las ciudades costeras.
- ✓ Desbordes de cauces artificiales, como canales de riego o colectores de todo tipo, que ven superada su capacidad fácilmente tanto por el diseño propio para cumplir su función, al disminuir su sección en la medida que entrega la cuota de riego como producto de obstrucciones por basuras arrojadas por la población a los canales.
- ✓ Acumulación de aguas lluvias en zonas bajas con drenaje insuficiente.
- ✓ Zonas en las cuales se interrumpe el drenaje natural.
- ✓ Diseños de la red vial no compatible con el drenaje natural de algunos sectores.
- ✓ Ingreso de las altas mareas por quebradas y drenajes propios de la ciudad, que contribuyen a provocar inundaciones localizadas.
- ✓ Existencia de calles sin pavimentar, que al no poseer pendientes adecuadas para el drenaje de las aguas lluvias se transforman, ante lluvias de pequeña magnitud, en “barriales” que prácticamente impiden el paso de vehículos y peatones.

- ✓ Existencia de quebradas que drenan sus aguas hacia zonas urbanas. En estos casos las aguas bajan de las quebradas arrastrando importantes cantidades de sedimentos, los cuales se alojan en las zonas más planas produciendo anegamientos.

En muchas ciudades, las inundaciones no se deben a una sola causa específica sino a la combinación de varias de ellas, o coexisten sectores con diferentes tipos de problemas.

5.2 TECNICAS ALTERNATIVAS DE CONTROL DE INUNDACIONES

Por lo anterior, corresponderá a los urbanizadores implementar las soluciones de aguas lluvias en la medida que se urbanicen los distintos sectores de las zonas de extensión. En zonas consolidadas se considera que el estado debería concurrir con fondos para materializar las soluciones a las inundaciones.

El Plan Regulador es un instrumento de planificación y las soluciones que aquí se plantean han sido estudiadas a nivel de perfil, por lo tanto, cada una de las soluciones deberá ser analizada mediante un proyecto de detalle, debidamente aprobado por la autoridad competente, previo a proceder a su construcción.

En este sentido, todas las soluciones pueden ser optimizadas, siempre que se mantenga su concepto general. Se recomienda analizar la posibilidad de que las soluciones sean ejecutadas en forma modular, agregando elementos en la medida que el crecimiento urbano lo exija. Estos aspectos deberán ser contemplados como parte de los diseños, de los proyectos planteados.

Las acciones que se desarrollen para enfrentar los problemas de drenaje de aguas lluvias en los sectores urbanos requieren una gran coherencia y continuidad debida a la intervención de múltiples agentes y a la interacción que presentan las acciones que se pueden plantear. El propio escurrimiento de las aguas sobre la superficie urbana hace que en cada sector se sufran las consecuencias de lo que ocurre aguas arriba y genere, a su vez, obligaciones y efectos hacia aguas abajo. Parece importante, entonces, establecer ciertas normas mínimas para compatibilizar los diferentes desarrollos dentro de un esquema general coherente.

El enfoque moderno de **plan de gestión de las aguas lluvias** debe considerar tres objetivos fundamentales:

- ✓ **Control de crecidas:** el objetivo es proyectar las instalaciones que provean el adecuado almacenamiento y transporte de los caudales máximos y de los volúmenes de escorrentía a medida que la tormenta va ocurriendo.
- ✓ **Control de la calidad del agua**: el objetivo es proveer sistemas a nivel zonal que sean capaces de sanear la primera escorrentía o reducir las cargas de contaminantes al máximo dentro de lo practicable.
- ✓ **Manejo del ecosistema:** el objetivo es desarrollar un sistema regional que proteja el paisaje y que permita el aprovechamiento del recurso hídrico.

En la medida que los caudales empiezan a aumentar y las obras de evacuación a hacerse prohibitivas económicamente al irse incrementando la impermeabilización del suelo, el enfoque tradicional ha evolucionado de modo que el control de la escorrentía se ha transformado en una combinación de ingeniería de almacenamiento y transporte del agua, control de uso del suelo y de gestión del recurso hídrico.

En estas localidades al no haber instrumentos de planificación que regulen el manejo de las aguas lluvias se debe considerar un plan de gestión que a lo menos consideren los siguientes aspectos básicos:

- ✓ Se define la red de drenaje general como los cauces naturales (quebradas) que conforman la cuenca.
- ✓ Se debe respetar el sistema de drenaje natural incluso en sus etapas iniciales, estableciendo para cada sector que se urbanice claramente la forma en que se drenarán los excesos en caso de ocurrir, los que se harán llegar hasta los cauces naturales establecidos y en el caso de Papudo se deberán controlar y gestionar los excesos, tanto en el interior del terreno a urbanizar, descargando directamente a quebradas o al mar según sea el caso.
- ✓ Compromiso de cualquier sector que se urbanice de no generar mayores volúmenes de escorrentía ni mayores caudales máximos que los que se generaban en el sector previamente a la urbanización. Para lograr lo anterior, se recomienda para esta comuna privilegiar soluciones alternativas de infiltración de los caudales de aguas lluvias excedentes a la escorrentía natural del sector.
- ✓ Se deberá mantener la capacidad natural de infiltración y la de amortiguación de crecidas que un determinado sector tenía antes de su urbanización.

Dentro de las recomendaciones se deben citar **medidas no estructurales** que se pueden implementar en forma complementaria a las obras. Será conveniente analizar y poner en práctica, si corresponde, las medidas no estructurales que resulten de mayor relevancia para cada sector en particular. Dicha medidas, de tipo normativo, educativo etc., son de costos relativamente bajos y de alta rentabilidad.

En el caso que las medidas deban ser implementadas por los urbanizadores deberán ser indicadas en los planos de loteo y será requisito para su aprobación. Otras medidas se proponen a implementar a través de la difusión en la comunidad.

Las medidas no estructurales incluyen una variedad de técnicas y prácticas educacionales e institucionales que resulten en cambios conductuales que reduzcan la cantidad de contaminantes que entren al sistema de aguas lluvias y, eventualmente, en los sistemas receptores hacia los cuales drenan. Algunas de ésta prácticas no estructurales tiene que ver con el desarrollo del uso del suelo. Otras se focalizan en educar a la ciudadanía para modificar sus conductas que disminuyan la depositación de contaminantes en los paisajes urbanos accidentales y su transporte incontrolado hacia aguas abajo, y hacer cumplir las ordenanzas que tienden a prevenir este tipo de conductas. Otras tienden a prevenir las conexiones ilícitas de aguas servidas.

Dentro de una gran variedad de medidas, se pueden incluir adicionalmente las siguientes:

Control y uso del suelo: establecimiento de normas que regulen el uso del suelo: estas normas se aplican fundamentalmente a todas las nuevas urbanizaciones y obligan al uso de Técnicas Alternativas que limiten la escorrentía superficial y el traslado de contaminantes aguas abajo en la red con la definición de espacios públicos que pueden ser utilizados para la materialización de algunas de las Técnicas Alternativas, ya sea a nivel local o a nivel comunal. El urbanizador deberá definir **áreas de regulación y control de caudales** de tal forma de **no modificar la escorrentía** que tenía el sector antes de su asentamiento.

Definición de los terrenos que son inundables y el uso que les está permitido. Se deberá establecer las zonas de inundación así como puntos bajos obligados. La vialidad se planificará de tal forma de no dejar pendientes establecidas hacia el fondo pasajes ciegos.

Incluir indicaciones respecto a la existencia de subterráneos, altura mínima de sobrecimientos, etc. Para el diseño de subterráneos se tomarán las precauciones de controlar las aguas lluvias que podrían ingresar e inhabilitar las instalaciones. En el caso de sobrecimientos se propondrán las altura que permitan que las aguas lluvias no ingresen al inmueble para lluvias asociadas a periodos de retorno de **2 años o menores**

previa autorización de la autoridad competente. Correspondiendo al SERVIU Regional la definición de las alturas de sobrecimientos necesarias.

Regulaciones sobre cauces naturales y artificiales: definición y delimitación de cauces naturales o artificiales que actúan como receptores de aguas lluvias. Indicación respecto al límite de prohibición de construcción que a nivel de perfil quedará definida como la línea que define la crecida de cinco años de periodo de retorno en la cual no se podrá hacer uso alguno del suelo más la faja de protección la plataforma de inundación de seguridad para una crecida asociada a 100 años de periodo de retorno. En este último caso podrá utilizarse para fines recreativos la faja comprendida ente la línea que define la crecida de cinco años de periodo y la que define la crecida asociada a 100 años de periodo de retorno. Sin perjuicio que la definición de deslindes en los cauces naturales se fijará a través de la elaboración de un estudio específico realizado por la autoridad competente. Correspondiendo al Ministerio de Obras Públicas su elaboración con los antecedentes aportados por los interesados.

Indicación en planos, difusión a la comunidad que integre las nuevas urbanizaciones y al municipio, de los niveles esperados de agua para crecidas de diferentes periodos de retorno, en los cauces que cruzan el área urbana. Para tales efectos, el urbanizador presentará los estudios pertinentes al Ministerio de Obras Públicas, quien le compete su aprobación.

El cuidado y limpieza de cauces naturales corresponderá tanto al Ministerio de Obras Publicas lo que es cauce que se entenderá por cavidad por donde escurre el agua y por exclusión el resto del terreno al municipio. En los cauces artificiales corresponderá a los propietarios de dichos cauces.

Marco Institucional: el urbanizador deberá elaborar un instructivo que contenga:

- ✓ El reglamento de Aguas Lluvias de las Nuevas Urbanizaciones. En él se definirá la mantención y conservación de las redes.
- ✓ Normativa respecto a la aprobación de proyectos de aguas lluvias, incluyendo Manual de Diseño.
- ✓ Establecimiento de un programa de financiamiento de inversiones en construcción, operación y mantención de sistemas de aguas lluvias.
- ✓ Elaboración y difusión de mapas con indicación de zonas inundables y el riesgo asociado a ellas.
- ✓ Información y difusión de prácticas a nivel del hogar que se refieran básicamente a la minimización de áreas directamente conectadas a la red (ej: bajadas de aguas desde los techos) y a la descarga de elementos contaminantes que son transportados por las aguas lluvias.

Como medidas de gestión los urbanizadores entregarán al municipio, lo siguiente:

- ✓ Medidas de alerta y emergencia
- ✓ Establecimiento de un sistema de monitoreo que permita adelantarse a la ocurrencia de los problemas relacionados con eventos de precipitaciones.
- ✓ Plan de medidas de evacuación de sectores inundados.
- ✓ Plan de medidas de emergencia, frente a situaciones inesperadas o que afecten sensiblemente a la población.

En las áreas consolidadas se propone un plan de:

- ✓ Mantención y limpieza de sumideros y redes de aguas lluvias. Reparación de obras defectuosas.
- ✓ Eliminación de conexiones ilícitas (aguas servidas a colectores separados de aguas lluvias y viceversa).

- ✓ Información y educación permanente a la población
- ✓ Campañas de difusión a través de medios de comunicación en época pre-invernal con recomendaciones prácticas frente a temporales de gran intensidad.

Los urbanizadores desarrollarán los estudios donde se propongan las soluciones más adecuadas según las condiciones geomorfológicas del sector a urbanizar, las características de los suelos y las bases de diseño adoptadas. Los contenidos mínimos de los estudios se resumen a continuación:

- ✓ Estudiar el problema de evacuación y drenaje de aguas lluvias del área y proponer una solución integral considerando medidas estructurales y no estructurales según sea el caso.
- ✓ Proponer, simular, analizar y seleccionar alternativas de solución al problema de evacuación y drenaje para la comuna considerando la cuenca aportante aunque esta exceda los limites comunales.
- ✓ Obtener una priorización de los proyectos de inversión.
- ✓ Definir los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias privilegiando las técnicas alternativas de regulación de caudales. Las que se orientarán a retrasar el ingreso de la crecida máxima hacia aguas abajo y disminuir su magnitud.
- ✓ Definirdel patrón de drenaje antes de la urbanización y después de ella.
- ✓ Determinar la escorrentía de aguas lluvias para distintas magnitudes de eventos hidrológicos, como mínimo, para eventos asociados a periodos de retorno de 2 a 10 años. Estos estudios se refieren a hidrología de la zona, clasificación de suelos y uso actual y futuro del suelo.
- ✓ Catastro y caracterización de la infraestructura existente de aguas lluvias, los canales urbanos, los cauces naturales que atraviesan las áreas pobladas y otras infraestructuras que servían como vías de evacuación de aguas lluvias.
- ✓ Diagnóstico de la situación sin proyecto de los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias y selección de las áreas a sanear.
- ✓ Simulación y dimensionamiento de alternativas a nivel de perfil para las áreas a sanear, definición de costos, el nivel de seguridad requerido y seleccionando la alternativa de solución para cada área a sanear.
- ✓ Verificar la viabilidad de las alternativas seleccionadas, con su correspondiente impacto ambiental, evaluación económica, priorización de obras.
- ✓ Estimar la huella de carbono asociada a cada solución propuesta.
- ✓ El proyecto así definido será presentado a la autoridad competente para su revisión y aprobación.
- ✓ Bases de diseño: Para el diseño de las soluciones de aguas lluvias tanto en áreas consolidadas como zonas de extensión se podrá considerar como referencia el Plan Maestro de Aguas Lluvias Quillota, DOH MOP, sin embargo, el interesado deberá hacer sus propias estimaciones considerando la ubicación geográfica y geomorfología de cada localidad (Papudo y Pullally).
- ✓ Propuestas de medidas de Carácter Local

Las **medidas de carácter local** se refieren exclusivamente a obras y acciones destinadas a enfrentar problemas generados por aguas lluvias que precipitan sobre el mismo lugar urbano de interés. Las obras que se proponen tienden a contribuir a la solución de los problemas generados por las aguas lluvias como soluciones alternativas y complementarias (conocidas como Técnicas Alternativas) a las redes de colectores y de drenaje natural, de manera de colaborar en la solución de los problemas generados por las aguas lluvias mediante la disposición local de los excesos en el mismo sector en que ellos se producen. Los mecanismos de solución son la infiltración y el almacenamiento temporal.

Un objetivo primario a lograr con la materialización de una o varias Técnicas Alternativas es que, una vez urbanizado un sector, debieran generarse volúmenes y gastos máximos de las crecidas de aguas lluvias similares o inferiores a los que ocurren previos a la urbanización. Ello supone recuperar la capacidad de

infiltración y la de amortiguación de crecidas que el sector tenía antes de ser urbanizado, haciéndose cargo de la impermeabilización del terreno.

Las soluciones alternativas a la evacuación directa ponen en juego almacenamientos temporales para restituir los volúmenes con gastos menores una vez que pasan los periodos críticos, o mediante la disminución de los volúmenes de escurrimiento por medio de la infiltración en el suelo.

5.3 DEFINICION DE FAJAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A SISTEMA DE CANALES Y OBRAS DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

En este acápite se resumen los criterios típicos utilizados para definir las fajas requeridas para expropiar o realizar servidumbres de paso en colectores y canales proyectados como parte de la red primaria de aguas lluvias y extractada a partir de los Planes Maestros y de la experiencia en materias de mantención de redes y maquinarias.

Si bien los organismos competentes no tienen un reglamento al respecto los criterios se basan fundamentalmente en la necesidad de mantención futura de la red y en la experiencia práctica obtenida en los sistemas construidos.

Fajas de protección en canales:

En el caso de canales, las fajas de protección lateral requeridas medida desde el borde superior serán de 4 m en un extremo para materializar un camino de mantención y 2 m en el otro extremo que permita construir los cercos necesarios.

En las zonas donde exista vialidad lateral al canal sólo se considera un cerco o barrera de seguridad ubicada a un metro por ambas riberas.

Fajas de protección en cauces naturales:

En el caso de cauces naturales las fajas de protección corresponderán a lo que de acuerdo al Código de Aguas, se considera bien nacional de uso público. Al respecto, es sustentable por cualquier organismo competente definir la faja considerando las características particulares tanto geomorfológicos como hidrológicas de cada cuenca.

Fajas de protección en colectores:

Con respecto a la faja de protección en el emplazamiento de colector, ésta básicamente corresponde a futura mantención y específicamente a la necesidad de tener fácil acceso a las cámaras de inspección. Por lo anterior, se requiere una faja de protección equivalente a (Dext + 4 mts.).

Justificación de los anchos requeridos para mantención

Respecto a los anchos mínimos necesarios utilizados en los caminos laterales a los canales para realizar su limpieza, será aquella que permita el ingreso de la maquinaria que permite su limpieza.

La maquinaria comúnmente utilizada para limpieza de canales es una EXCAVADORA CATERPILAR 110B, de 13 Toneladas, con una capacidad de 0,75 m3, la cual garantiza una profundidad de 4,5 m.

El o los camiones que reciben el material de desecho tienen una capacidad de carga de 20 Ton y su peso de 10 Ton (Tara + Carga = 30 Ton), la cual es repartida en 3 ejes (doble puente trasero).

El ancho mínimo de trabajo que se requiere es de 3 m para avance y/o retroceso más maniobras, pero se especifica 3,5 m por razones de seguridad, además de dejar eventualmente cada 150 m un espacio de 5 m de ancho por 6 m de largo para realizar los retornos.

En el entendido que este Plan Regulador es un instrumento de planificación territorial en fase primera donde sólo se indican las soluciones a nivel de factibilidad se recomienda considerar un ancho típico de 6 m distribuidos como 5 m por un costado y 1 m en el otro. Corresponderá a etapas futuras de diseño definir la necesidad real de faja requerida siendo esta menor o igual la establecida.

Conclusiones y recomendaciones

Los canales de regadío, no se consideran como parte de las soluciones de aguas lluvias, los que en su paso por las áreas consolidadas se recomienda entubarlos para que no desborden de forma incontroladas en las épocas invernales.

Al no estar incluida esta comuna en los planes de inversión de los organismos competentes le corresponderá a los urbanizadores y al municipio hacerse cargo de resolver los problemas de aguas lluvias en las áreas de expansión como en la zona consolidada respectivamente.

La comuna no cuenta con una red estructurarte de colectores primarios sin embargo sus mayores problemas no corresponden a inundaciones o control de las evacuaciones de forma relevante y estructural sino desde la mirada local considerando las pendientes que conducen las aguas desde los cerros que flanquean la comuna y a través de las quebradas que condicen las aguas hacia el área consolidada.

En las soluciones se deberá privilegiar el uso de técnicas alternativas relativas a la regulación de caudales dejando para tales efectos áreas verdes que se podrán, utilizar como zonas recreacionales y de esparcimiento.

6 CONCLUSIONES

De acuerdo a las proyecciones de población y vivienda desarrolladas en el presente estudio "Actualización del Plan Regulador Comunal de Papudo", podemos afirmar que las necesidades de agua potable y alcantarillado de la localidad de Pullally se encuentran cubiertas, según los alcances del documento "Actualización Plan de Desarrollo 2015. Sistema Placilla de La Ligua. Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado. ESVAL S.A.

Según lo indicado anteriormente, no existe información del sistema de agua potable desagregada por localidades, por lo tanto, las estimaciones de población han sido realizadas considerando que los habitantes de la localidad de Pullally se encuentran ubicados en su totalidad en el área abastecida por el sistema de agua potable concesionado por la Empresa de Servicios Sanitarios ESVAL S.A.

Para efectos del presente informe, hemos estimado que la localidad de Pullally representa aproximadamente el 50% del total de clientes residenciales del Sistema Placilla de La Ligua.

Es de hacer notar que los caudales de consumo se estiman para la población permanente en la localidad, por lo que la dotación de consumo para población baja notoriamente; durante los meses de enero y febrero principalmente, debido a la población flotante; sin embargo esto es transitorio y la empresa concesionaria normalmente adopta las medidas necesarias para abastecer a la localidad de agua potable.

7 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Actualización Plan de Desarrollo 2015. Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado. Sistema Papudo ESVAL S.A.,
- Actualización Plan de Desarrollo 2015. Sistema Placilla de La Ligua. Servicio de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado.. ESVAL S.A.,
- Informe de Gestión del Sector Sanitario 2018. Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS),
- Coberturas. 2018 Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS),
- Informes varios obtenidos de internet