



PLAN REGULADOR COMUNAL DE O’HIGGINS:
ETAPA II

Región de Aysén

Etapa V: Fase Aprobación: Consulta Pública y Conclusión de Anteproyecto

Estudio de Factibilidad Sanitaria



JULIO, 2026

Índice

1 Introducción 5

 1.1 Objetivos 5

 1.2 Área de estudio 5

 1.3 Alcances y limitaciones 6

2 Marco legal 7

3 Descripción General 9

 3.1 Aspectos Comunes 9

 3.2 Sistema de agua potable (AP)..... 10

 3.3 Sistema de aguas servidas (AS) 13

 3.4 Áreas de expansión urbana..... 16

4 Análisis de la estructura sanitaria existente 17

 4.1 Sistema de agua potable (AP)..... 17

 4.2 Recolección y conducción de AS..... 19

5 Estimación Poblacional..... 22

 5.1 Demanda de servicios sanitarios 22

6 Estudio de Demanda de AP 24

7 Estudio Caudales de AS 27

8 Conclusiones 32

9 Bibliografía..... 34

 Anexos..... 35

Índice de Figuras

Figura 1.1. Ubicación del proyecto.	6
Figura 3.1. Esquema de funcionamiento del APR Villa O'Higgins.	10
Figura 3.2. Trazado de la red APR Villa O'Higgins.	12
Figura 3.3. Esquema de funcionamiento de la PTAS de Villa O'Higgins.	13
Figura 3.4. Trazado de la red de alcantarillado Villa O'Higgins.	15
Figura 3.5. Topografía y áreas de expansión urbanas.	16
Figura 4.1. Instalaciones de filtración y cloración del APR Villa O'Higgins.	18
Figura 4.2. Estanques de regulación del APR Villa O'Higgins, localizados en Cerro Santiago.	19
Figura 4.3. Reactores de la PTAS de Villa O'Higgins.	21
Figura 5.1. Crecimiento poblacional proyectado entre años 2002 y 2034.	23
Figura 7.1. Esquema para determinar la capacidad de porteo del colector.	29

Índice de Tablas

Tabla 4.1. Parámetros de diseño de la PTAS.	20
Tabla 5.1. Estimación de población en Villa O'Higgins.	22
Tabla 5.2. Proyecciones poblacionales en Villa O'Higgins.	23
Tabla 6.1. Caudales proyectados en Villa O'Higgins.	25
Tabla 6.2. Caudales de porteo en APR de Villa O'Higgins.	26
Tabla 6.3. Comparación de caudales diarios vs. la capacidad de porteo en APR de Villa O'Higgins.	26
Tabla 6.4. Comparación de caudales horarios vs. la capacidad de porteo en APR de Villa O'Higgins.	26
Tabla 6.5. Volumen de estanque requerido en APR de Villa O'Higgins.	27
Tabla 7.1. Caudales máximos horarios para el sistema de AS de Villa O'Higgins.	28
Tabla 7.2. Caudal máximo de porteo en sistema de impulsión de AS de Villa O'Higgins.	28
Tabla 7.3. Caudal máximo de porteo en sistema de impulsión de AS de Villa O'Higgins.	30
Tabla 7.4. Caudal máximo de porteo en sistema de AS de Villa O'Higgins.	31

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 42 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y el Artículo 2.1.10 de su Ordenanza General, un requerimiento fundamental en el proceso de formulación o modificación de un Plan Regulador Comunal (PRC) es la elaboración de un Estudio de Factibilidad Sanitaria. Este estudio tiene por finalidad evaluar la posibilidad técnica de ampliar o dotar de servicios de agua potable, alcantarillado de aguas servidas y, cuando corresponda, drenaje de aguas lluvias, en función del crecimiento urbano proyectado.

La Circular DDU N°227 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo complementa este requerimiento, indicando que el Estudio de Factibilidad Sanitaria debe contener los aspectos técnicos que acrediten que, en el territorio sujeto a regulación, es factible ampliar la dotación existente o incorporar servicios sanitarios en sectores que actualmente no cuentan con ellos, en coherencia con las proyecciones del PRC.

En el caso de Villa O'Higgins, comuna ubicada en la Región de Aysén, el presente estudio se desarrolla en un contexto rural, con cobertura sanitaria parcial y operada por comunidades de Agua Potable Rural (APR).

En este marco, los objetivos específicos del estudio son:

1. Diagnosticar la situación sanitaria actual de Villa O'Higgins, considerando cobertura, capacidad instalada, estado de infraestructura y modelo de operación.
2. Evaluar la disponibilidad y calidad de fuentes de abastecimiento de agua potable.
3. Evaluar la red de alcantarillado y la capacidad de tratamiento de su PTAS.
4. Establecer un diagnóstico para la implementación de infraestructura sanitaria en las zonas de expansión urbana propuestas por el PRC.

1.2 ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde al área urbana y de expansión delimitada por el Plan Regulador Comunal (PRC) de O'Higgins, ubicada en la comuna homónima, en la Región de Aysén. Este territorio se caracteriza por su baja densidad poblacional y su emplazamiento en un entorno de alta fragilidad ambiental, donde se identifican cuerpos de agua (rio Mayer y Mosco), humedales y zonas de conservación. La localidad se sitúa sobre una planicie fluvial circundada por cordones montañosos, lo que genera restricciones naturales para el desarrollo urbano y la implementación de infraestructura sanitaria.

El diagnóstico territorial contenido en el PRC comunal, evidencia una estructura urbana compacta, con sectores consolidados y otros en proceso de densificación. La proyección de crecimiento urbano dirige la expansión hacia áreas que requieren evaluación técnica para su habilitación sanitaria. Dichas zonas presentan desafíos vinculados a la topografía, el clima frío y húmedo y la limitada capacidad de las redes existentes, operadas por el sistema de Agua Potable Rural (APR) de la comuna. La factibilidad de implementar servicios sanitarios estará supeditada a soluciones compatibles con la normativa vigente.

A continuación, en la **Figura 1.1** se presenta la ubicación del proyecto y su entorno rodeado de ríos bosques, glaciares, lagos y montañas.



Figura 1.1. Ubicación del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que no se incluyen dentro del área de estudio a las localidades de Candelario Mancilla y Puerto Bahía Bahamondez, puesto que de acuerdo con la información de la Secretaría Comunal de Planificación de O’Higgins estos sectores no cuentan con factibilidad técnica de conexión a la Red Pública de Alcantarillado ni de dotación de servicio de Agua Potable Rural, toda vez que no existe en el sector suministro, instalaciones ni redes públicas de los servicios antes mencionados, administrados por el municipio ni comité de agua potable rural. En tanto, en dichas localidades solo es factible la ejecución de proyectos sanitarios y obtener resolución sanitaria mediante la tramitación de soluciones domiciliarias particulares según la normativa vigente, gestionadas directamente a través de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales dependiente de la Dirección de Obras Hidráulicas (se incluyen certificados como anexo).

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

El estudio pretende realizar un diagnóstico general de las condiciones actuales del sistema sanitario de Villa O’Higgins para lo cual se cuenta principalmente con los antecedentes del Plan Regulador Comunal en elaboración y el estudio de Factibilidad Sanitaria realizado por la consultora Pulso en el año 2022. En cuanto a sus limitaciones se tiene la falta disponibilidad de información detallada y actualizada del sistema de agua potable rural de la comuna.

2 MARCO LEGAL

A fines de 2020 entró en vigor la Ley 20.998 de Servicios Sanitarios Rurales¹ (SSR), orientada a regular los más de 2.500 comités y cooperativas de SSR del país², que establece una modificación sustancial en la forma de administración y gestión de los actuales SSR, así como el rol que ha desarrollado el MOP en el programa a través de la DOH. La ley reconoce el rol de las comunidades como operadores directos del servicio y fortaleciendo el apoyo estatal en infraestructura, fiscalización y asistencia técnica. A partir de noviembre del 2020, todos los SSR del país están bajo tutela de MOP.

En lo esencial, los principales cambios legislativos son los siguientes³⁴:

- Establece el rol del Estado como proveedor de la infraestructura, ejecutando obras para servicios existentes y nuevos.
- Además de velar por el abastecimiento de agua potable, el MOP deberá abordar el saneamiento de aguas servidas en zonas rurales.
- Reconoce a todas las organizaciones sociales que presten un servicio sin fines de lucro y hayan recibido un aporte del Estado -hoy, cooperativas y comités de SSR encargados de tareas como cloración del agua, cobro por el servicio y adquisición de insumos- como los encargados de la administración y operación de los servicios. Para ello, pasarán a ser Licenciarios por plazo indefinido, deberán inscribirse en el Registro administrado por el MOP y cumplir ciertos requisitos y obligaciones en materias contables, operacionales y administrativas.
- El MOP entregará la licencia a los comités y cooperativas, autorizándolos para proveer los servicios de agua potable y saneamiento en un área geográfica delimitada. También deberá mantener un registro público de los operadores de SSR, con las licencias y la información relevante de cada servicio y que todos los comités y cooperativas existentes deberán inscribirse en el plazo de 2 años.
- Crea la nueva Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales dependiente de la DOH con nuevas funciones, debiendo asumir las tareas de asesoría a la administración y operación de los SSR, la gestión de proyectos de inversión en forma directa o contratación de terceros y la ejecución de la política de asistencia y promoción de las organizaciones sociales, capacitando, apoyando, asistiendo y asesorando a los SSR en el proceso de implementación de la Ley.
- Se constituye un Consejo Consultivo nacional y también consejos regionales para que la Subdirección consulte respecto de las políticas de asesoría y asistencia.

La Superintendencia de Sistemas Sanitarios (SISS) deberá ejercer labores de fiscalización y fijar las tarifas para todos los sistemas de SSR.

¹ Promulgada el 22 de mayo de 2020, publicada el 19 de octubre de 2020 y actualizada el 19 de enero de 2021. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1150724>.

² Los APR pasan a llamarse SSR (Servicios Sanitarios Rurales).

³ <https://www.adprensa.cl/economia/nueva-ley-20-998-sobre-servicios-sanitarios-rurales-entra-en-vigencia-a-partir-del-2-de-noviembre/>.

⁴ <http://www.doh.cl/SSR/index.html>.

Algunos instrumentos adicionales que presentan importancia para el desarrollo de la zona — en el ámbito de los servicios de agua potable y/o aguas servidas— son las que se presentan a continuación:

- DFL N° 458 de 1976 — Ley General de Urbanismo y Construcciones.
- D.S. 47 de 1992 — Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Ley 19.300 — Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- Ley 21.078 — Sobre Transparencia del Mercado de Suelo e Impuesto al Aumento de Valor por Ampliación del Límite Urbano.
- Ley 20.958 — Establece Un Sistema de Aportes al Espacio Público.
- Ley 21.450 — Sobre Integración Social en la Planificación Urbana, Gestión del Suelo y Plan de Emergencia Habitacional.
- Circulares de la División de Desarrollo Urbano (DDU).
- Norma Chilena NCh 691 — Agua Potable — Producción, conducción, almacenamiento y distribución — Requisitos de diseño.
- DS 90/2000 — Norma de Emisión Para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.
- Criterios de Diseño de Agua Potable Rural, versión mayo 2023, Dirección de Obras Hidráulicas (DOH).

3 DESCRIPCIÓN GENERAL

El presente capítulo se completa en base a lo expuesto en el Plan Regulador Comunal de O'Higgins (PRCO), etapa II versión julio 2024 y el estudio de factibilidad sanitaria realizado por la consultora Pulso Spa el año 2022. Los estudios son complementados por testimonios de distintas organizaciones e instituciones de la región de Aysén, la comuna de O'Higgins y el Comité de Agua Potable Rural (APR).

3.1 ASPECTOS COMUNES

La localidad de Villa O'Higgins se abastece de agua potable a través de una captación superficial, la cual es sometida a tratamiento y posterior distribución gravitacional. El sistema cuenta con recolección de aguas servidas, una planta elevadora de aguas servidas (PEAS) y una planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de lodos activados, descargando el efluente tratado al río Mayer.

El comité de APR inició sus operaciones en 1995, contando con personalidad jurídica⁵. Dicha entidad opera como una organización sin fines de lucro, y las tarifas del servicio son definidas mediante asamblea de socios. Hasta 2022, la tarifa consistía en un costo variable de \$500/m³, más un cargo fijo de \$3.000, no se dispone de información actualizada al respecto. Adicionalmente, existen subsidios disponibles para los socios que los requieran.

En relación con el saneamiento de aguas servidas, este sistema es administrado por la municipalidad, sin cobro de tarifa a la población. Adicionalmente, la empresa Aguas Patagonia mantuvo un convenio con la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP) para la asesoría técnica a los comités de agua potable rural de la región, acuerdo que finalizó en noviembre de 2021.

No se cuenta con la información asociada a facturación y medición de caudales de producción del APR, por lo que para la evaluación del sistema se utilizan valores referenciales y recomendaciones presentes en los manuales de diseño de sistemas de agua potable.

Según la información disponible al año 2022 los derechos de agua no se encontraban constituidos a favor del comité de APR, lo que implica que la seguridad del sistema no está garantizada. Por otro lado, la Municipalidad dispone de derechos de agua no consuntivos, por lo que resulta necesario regularizar la situación de los derechos de agua correspondientes al comité para tener derechos consuntivos sobre la fuente y con un caudal acorde a los requerimientos de la comunidad.

⁵ RUT N° 74.609.500-7. Dirección: Lago Christie 230, Villa O'Higgins. Teléfono: 56-67-2431881. Contacto: Minna Álvarez, administradora. 9 77032994.

3.2 SISTEMA DE AGUA POTABLE (AP)

Según la información recopilada por Pulso, hasta el 2022 la red contaba con 340 arranques, con 10 casas no conectadas al sistema producto de su ubicación. A continuación, en el esquema de la **Figura 3.1** se resume el sistema de agua potable rural de Villa O’Higgins.

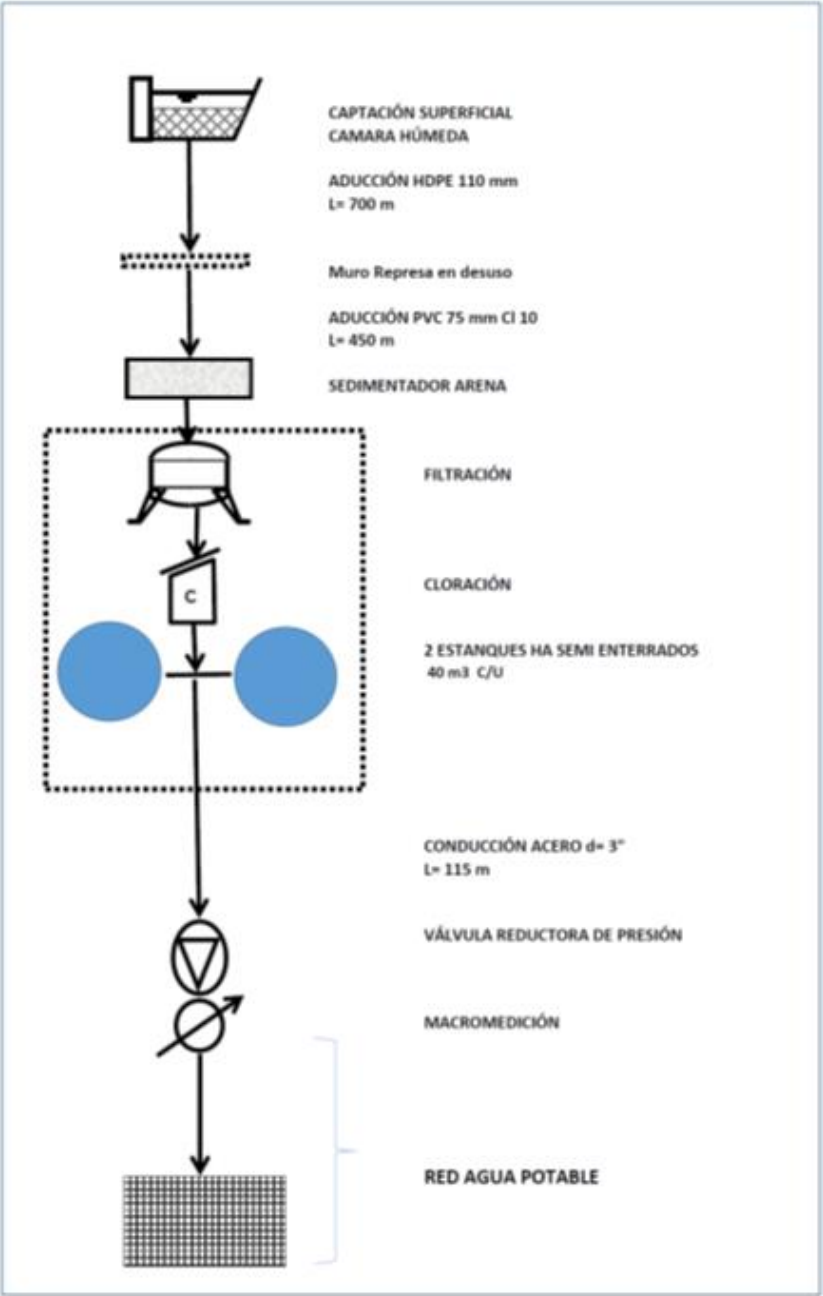


Figura 3.1. Esquema de funcionamiento del APR Villa O’Higgins.
Fuente: Estudio de Factibilidad Sanitaria, Pulso Spa. (2022).

En la **Figura 3.2** se presenta el plano de agua potable con las principales obras asociadas. La captación de agua cruda, representada por una línea segmentada verde, se ubica en la falda del Cerro Santiago en el sector nororiente de Villa O'Higgins.

Posteriormente, al ingresar el agua a la red de agua potable —representada mediante una línea de cadena azul— esta es conducida hacia la planta de tratamiento, indicada con un rectángulo rojo.

Una vez tratada, el agua es distribuida a los sectores que cuentan con acceso al servicio, incluyendo las viviendas en la zona de características urbanas —principalmente en torno a la Plaza Cívica—, los hogares del sector rural ubicados al sur de la Villa O'Higgins y cerca del estadio comunal, y los establecimientos públicos y privados existentes dentro de la zona poblada.

En particular, la red abastece a las viviendas ubicadas al oriente del aeródromo, cubriendo un sector que se extiende desde la calle Camino Cementerio, al norte de la ciudad, hasta las viviendas situadas al sur del aeródromo, en la Ruta X-91.

Asimismo, se abastecen diversos establecimientos públicos y comunitarios, tales como la Municipalidad —ubicada al este de la Plaza Cívica— y el Estadio Villa O'Higgins, ubicado en la zona suroriente de Villa O'Higgins.

En contraste, ninguna de las viviendas ubicadas al poniente del aeródromo se encuentra conectada a la red de agua potable.

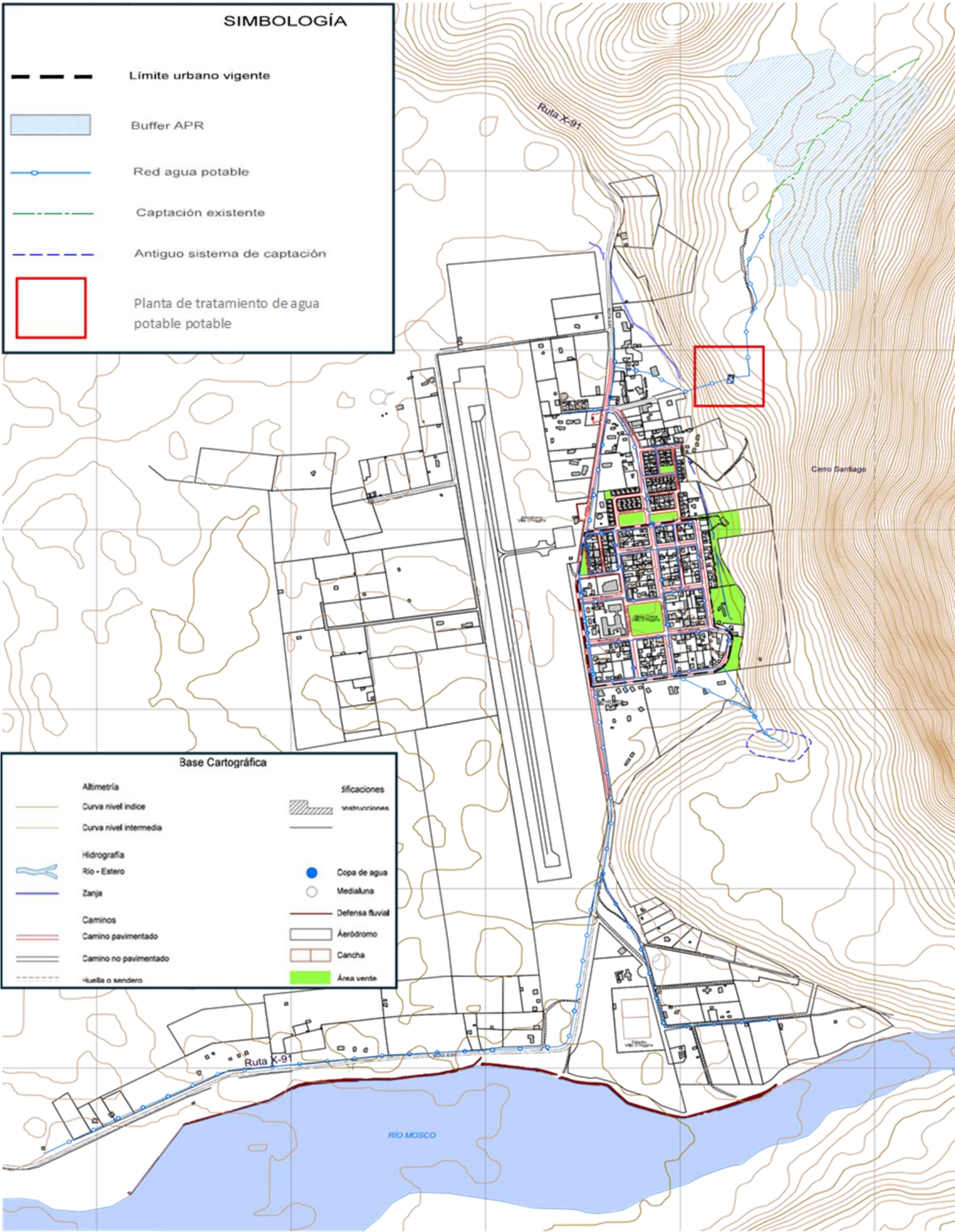


Figura 3.2. Trazado de la red APR Villa O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia.

3.3 SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS (AS)

Villa O'Higgins dispone de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) basada en lodos activados, operativa desde 2017. La ejecución del proyecto de saneamiento fue financiada por el Gobierno Regional a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). Al momento de realizar el estudio de factibilidad del año 2022, no se contaba con informes técnicos ni diagnósticos sobre su funcionamiento, debido a la reciente puesta en marcha del sistema.

En la **Figura 3.3** se presenta un esquema que muestra el funcionamiento del sistema de recolección y tratamiento de aguas servidas.

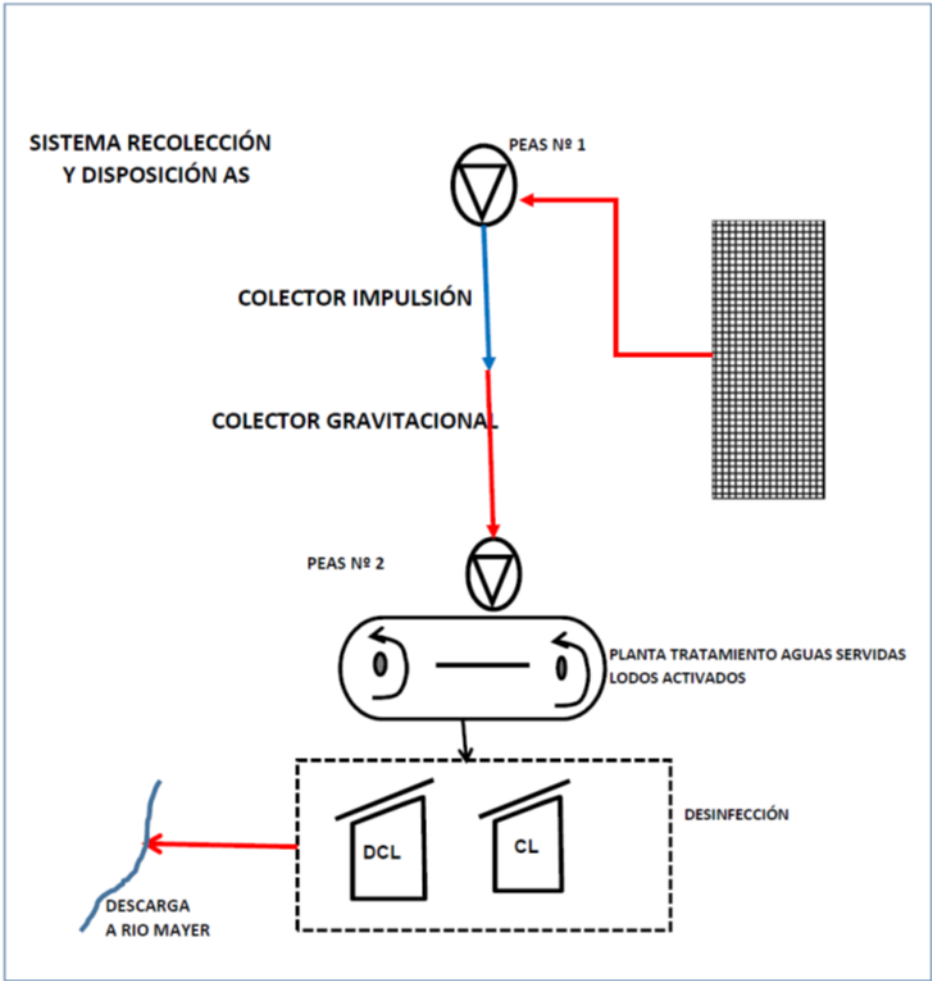


Figura 3.3. Esquema de funcionamiento de la PTAS de Villa O'Higgins.
Fuente: Estudio de Factibilidad Sanitaria, Pulso Spa. (2022).

En la **Figura 3.4.** se presenta el trazado de la red de alcantarillado. En la figura se representa la red de alcantarillado, trazada con líneas de cadena rojas.

Las aguas servidas del sector de características urbanas (alrededor de la plaza) son conducidas por gravedad hasta la Planta Elevadora de Aguas Servidas N°1 (PEAS 1), ubicada al norte del aeródromo, en la calle Camino Cementerio. Desde allí, las aguas son transportadas hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), situada sobre la Ruta X-91, al surponiente

de la villa, al norte del río Mosco y al este del río Mayer, donde finalmente se efectúa la descarga de los efluentes tratados.

El recorrido entre la PEAS 1 y la PTAS se divide en dos tramos. El primero corresponde a un tramo de impulsión, necesario debido al aumento de la cota del terreno inmediatamente al sur de la PEAS 1. Este se extiende hasta la intersección de la Ruta X-91 con el camino Las Chacras. En este punto se ubica una cámara donde las aguas impulsadas se unen con las aguas servidas procedentes del sector sur de Villa O'Higgins (en los alrededores del estadio comunal).

A partir de dicha cámara comienza el segundo tramo, que funciona por gravedad hasta llegar a las bombas de impulsión de la PEAS 2, las cuales elevan finalmente las aguas hacia la PTAS.

En la zona de características urbanas ubicada al este del aeródromo, la mayoría de las viviendas cuenta con conexión a la red de alcantarillado. No obstante, existen algunas excepciones, ya sea por falta de financiamiento o de disponibilidad de instaladores sanitarios. Asimismo, ciertos recintos públicos, como y el terminal de buses o el estadio comunal, aún no se encuentran conectados al sistema, aunque existe factibilidad para hacerlo.

Al igual que para los servicios de agua potable, los hogares ubicados al oeste del aeródromo no cuentan con redes de aguas servidas.

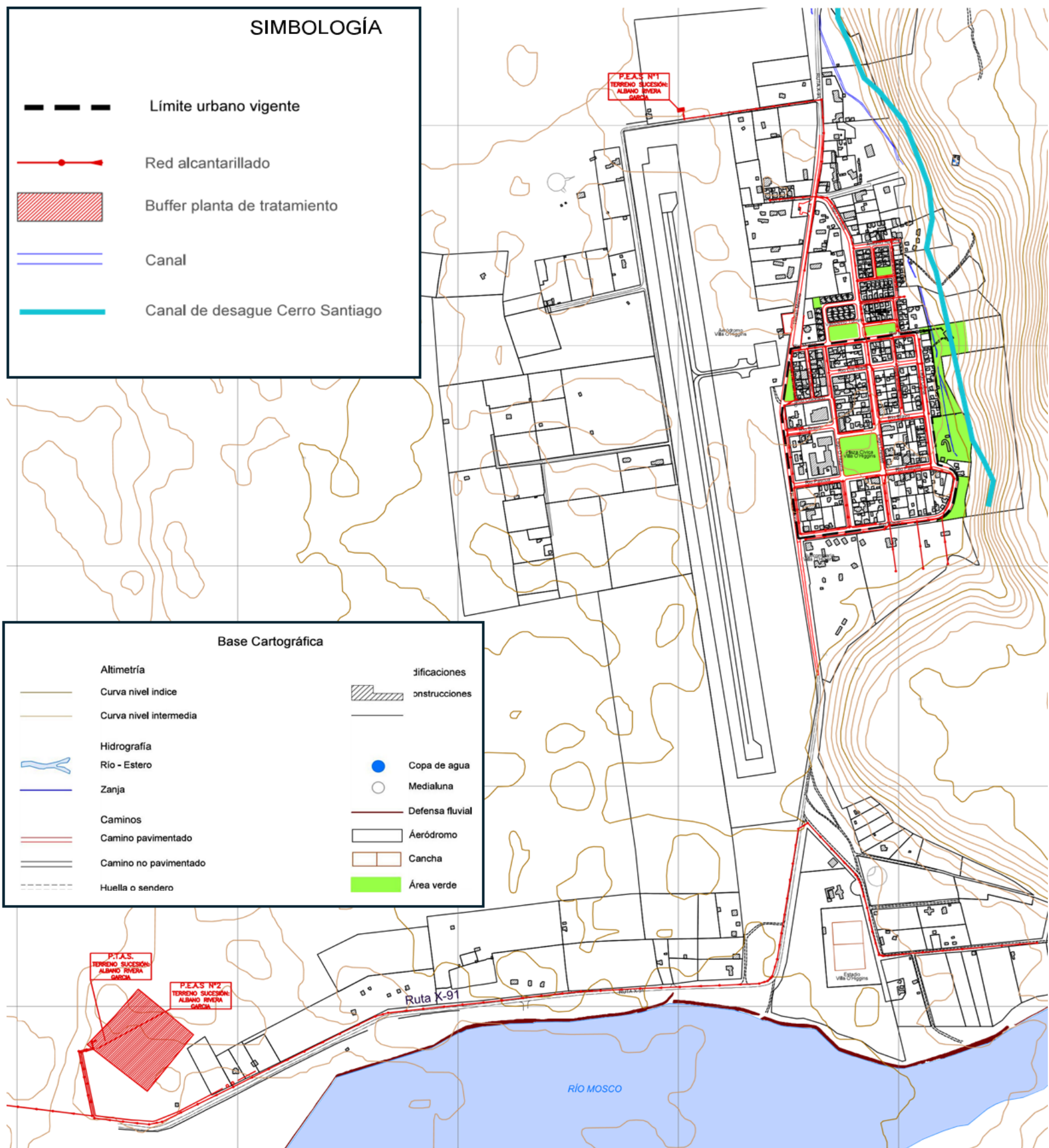


Figura 3.4. Trazado de la red de alcantarillado Villa O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia.

3.4 ÁREAS DE EXPANSIÓN URBANA

En la **Figura 5.1** se presenta una vista en planta de los terrenos donde se emplaza el área urbana actual de Villa O'Higgins y los terrenos en los que se proyecta albergar la expansión urbana futura. Considerando los elementos naturales que rodean la villa y condicionan su crecimiento, el área de expansión urbana preferente se encuentra al lado oeste de la urbanización actual, y al costado poniente del aeropuerto. Esta nueva zona urbanizable y la ya existente comparten la característica de ser un terreno llano con baja variación de su elevación. Las condiciones del terreno llano permiten una distribución homogénea de las presiones en la red de agua potable, alejando la necesidad de plantas presurizadoras. Respecto a la red de AS se debe evaluar si la nueva urbanización descargara sus aguas a la PEAS o directamente a la PTAS, ambas opciones son factibles de acuerdo con el terreno llano, aunque se debe considerar que el terreno tiene una leve pendiente hacia el norte donde se encuentra la PEAS, por lo que dirigir las aguas gravitacionalmente a la PTAS podría requerir la excavación de zanjas de mayor profundidad para cumplir con las pendientes.

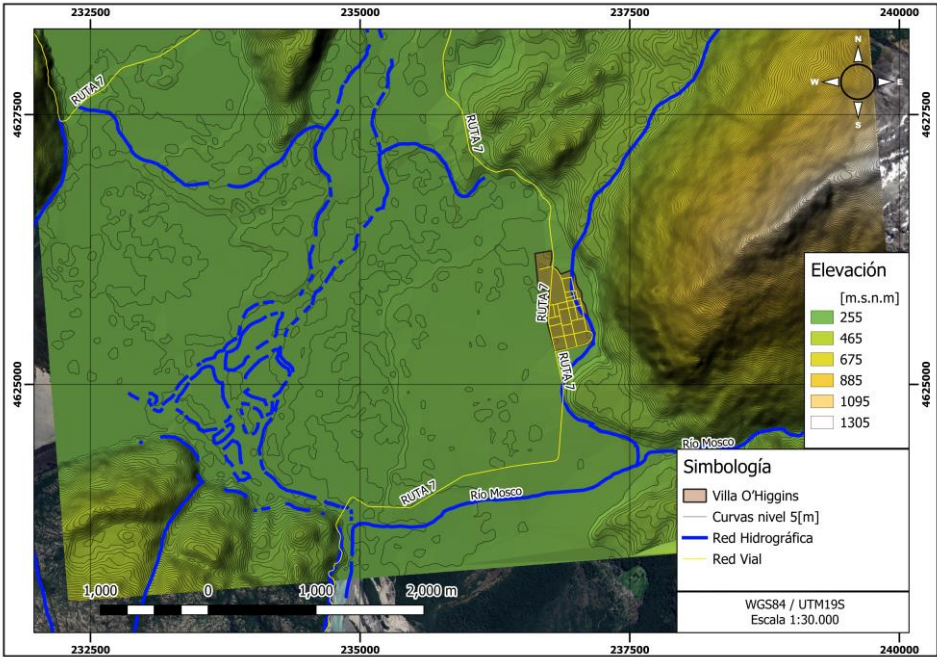


Figura 3.5. Topografía y áreas de expansión urbanas.
Fuente: Elaboración propia.

4 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA SANITARIA EXISTENTE

4.1 SISTEMA DE AGUA POTABLE (AP)

4.1.1 Captación

El sistema de AP realiza la captación de agua cruda mediante la recolección de aguas superficiales provenientes de vertientes ubicadas en las laderas de cerros boscosos cercanos, al nor-este de la Villa, las que dan origen a un arroyo donde se encuentra la captación construida en hormigón.

En la zona de captación se dispone de una cámara húmeda equipada con malla plástica —utilizada para mitigar el efecto de oxidación—, apoyada sobre rejas diseñadas para impedir el ingreso de material grueso y hojas.

A partir de la cámara húmeda se extiende una tubería de aducción de polietileno de alta densidad (HDPE) de 110 [mm] de diámetro hasta las cercanías de un tranque de acumulación de agua que se encuentra en desuso. Este primer tramo de la aducción cuenta con una longitud de 700 [m] y, según información proporcionada por la administración de APR, presenta filtraciones relevantes.

Desde el muro del tranque en desuso hasta las unidades de producción de agua potable, existe otra aducción de 450 m de PVC de 75 [mm] y clasificación CI 10.

El arroyo ni la cuenca que lo contiene han sido estudiados hidrológicamente por lo que no existen registros temporales de los caudales, ni estos han sido analizados estadísticamente ni se han realizado aforos. Dada esta situación no existe certeza de la seguridad de la fuente de abastecimiento, salvo que conforme a lo señalado por la administración del APR, desde la puesta en marcha del sistema no se han registrado períodos de sequía ni de caudales insuficientes para la provisión de agua al APR.

4.1.2 Tratamiento de AP

Las aguas captadas en el arroyo son conducidas hacia el recinto de tratamiento donde son filtradas cloradas y almacenadas en dos estanques para su posterior distribución.

Sedimentación de arena y limos

Después de la aducción, se lleva a cabo la extracción de material particulado utilizando un desarenador, donde el material se elimina por sedimentación. Posteriormente, el agua se transporta mediante una tubería de HDPE para continuar con los procesos requeridos por la normativa de producción de agua potable.

Filtración y desinfección

Para la producción de agua potable se cuenta con un filtro para el abatimiento de turbiedad, mientras que para la desinfección se cuenta con un equipo dosificador de hipoclorito de calcio. El emplazamiento en el que se encuentran estas instalaciones puede encontrarse en la **Figura 4.1**.



Figura 4.1. Instalaciones de filtración y cloración del APR Villa O'Higgins.
Fuente: Estudio de Factibilidad Sanitaria, Pulso Spa. (2022).

4.1.3 Regulación

El sistema cuenta con dos estanques semienterrados de hormigón, de 40 [m³] cada uno. Estos se encuentran emplazados en el mismo recinto cerrado en que se encuentran las casetas de filtración y cloración. El segundo estanque fue incluido al sistema en el año 2016.

La elevación del radier de ambos estanques se sitúa en 323,35 [m.s.n.m], mientras que la cota de losa alcanza los 326,06 [m.s.n.m].

El terreno en que se emplazan los estanques es de carácter privado, aunque existe un compromiso con el dueño —firmado hace cerca de 30 años— por el uso del terreno. Para contribuir con la seguridad y permanencia del servicio es necesario regularizar la situación del terreno donde se emplazan los estanques, ya sea mediante compra, o por servidumbre legalmente establecida. La **Figura 4.2** muestra el emplazamiento de los estanques de regulación.



Figura 4.2. Estanques de regulación del APR Villa O'Higgins, localizados en Cerro Santiago.

Fuente: Estudio de Factibilidad Sanitaria, Pulso Spa. (2022).

4.1.4 Conducción

La tubería que va desde el estanque hasta la válvula reductora de presión es de acero galvanizado, tiene un diámetro de 3 pulgadas y una longitud de 115 [m]. La diferencia de altura a lo largo de esta conducción es de 59 [m], dado la diferencia de niveles del tramo debe ser verificada su resistencia al golpe de ariete y utilizar elementos de protección si corresponde. Según lo señalado por Aguas Patagonia en el informe realizado durante el periodo de convenio de asesoría técnica, para mejorar la red se requiere una re-sectorización, lo que contempla el reemplazo y colocación de válvulas, así como revisar los desagües de la red existente.

Válvula reductora de presiones

Debido a la alta pendiente existente entre la salida del estanque y el inicio de la red de agua potable, se instaló una válvula reductora de presión ajustada a aproximadamente 45 [m.c.a]. Así, en el punto más bajo de la red, que se sitúa a una elevación de 259 [m.s.n.m], se estima una presión de 20 [m.c.a]. Esta condición coincide con la información proporcionada por la administración, que indica que —hasta la realización del estudio— no se han registrado presiones inferiores a 15 [m.c.a], cumpliendo con lo estipulado en la norma NCh 691.

Mediciones

Existe un flujómetro digital para la macro medición de los caudales de producción, se encuentra ubicado a la salida de los estanques de regulación. La información que se encontró en formato digital al 202 era de los últimos 5 años, anteriormente se registraba la información de forma manual. Para el desarrollo del estudio no se cuenta con información de macro medición a la salida de los estanques ni de micro medición en los arranques domiciliarios.

4.2 RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN DE AS

La red de alcantarillado —de 6.000 [m] de longitud total— está compuesta por tuberías de HDPE de diámetro nominal (DN) 110 [mm]. Las aguas servidas de la zona urbana se conducen gravitacionalmente hasta una planta elevadora de aguas servidas (PEAS 1) ubicada al costado norte del aeródromo, donde son impulsadas en presión a través de una tubería de HDPE PN

10, con diámetro nominal de 200 [mm], a lo largo de un tramo de 1.929 [m]. La segunda parte del colector hasta la PTAS se transporta por gravedad en una tubería de HDPE PN 10 con diámetro nominal de 200 [mm], en un tramo de 2.528 [m].

Hasta el año 2022, existían 225 conexiones de unión domiciliaria (UD), lo que representa un porcentaje de conexión cercano del 75% del total de viviendas en la localidad. La falta de conexión de muchas viviendas se debe o la ausencia de financiamiento, por la escasez de instaladores sanitarios en la zona o no eran factibles debido a las condiciones topográficas del terreno. Además, algunos edificios públicos como el terminal de buses o el estadio comunal continúan usando sistemas propios de descarga por lo que no se encuentran conectados a la red de aguas servidas.

Según antecedentes, se estima pertinente efectuar un levantamiento de las instalaciones públicas y privadas que no forman parte del sistema, con el objetivo de identificar soluciones integrales y analizar alternativas de apoyo financiero para su conexión.

En cuanto a las obstrucciones que se han presentado en la red de alcantarillado, estas se han resuelto mediante el uso de varillas por parte del personal que también apoya la gestión de la PTAS. Se han identificado zonas con incidencias recurrentes de bloqueo, específicamente en el camino al cementerio y la calle Lago Cristi.

Hasta la ejecución del estudio, no se habían planificado proyectos futuros orientados a modificar, ampliar o generar un levantamiento de información para la red de alcantarillado.

4.2.1 Disposición de AS

El proyecto de planta de tratamiento de aguas servidas fue elaborado en 2016 y finalizada su construcción en 2017. Para la elaboración del estudio realizado por Pulso se dispuso de la Memoria de Cálculo utilizada para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), la cual indica las principales características de la planta.

El tratamiento de las aguas servidas en Villa O'Higgins es mediante Lodos Activados con modalidad de aireación convencional, el cual consiste en un tratamiento biológico de las aguas, el cual está diseñado para el cumplimiento de la Tabla N°1 del DS90/2000, sobre límites máximos de descarga de residuos líquidos de agua a cuerpos fluviales (ver Anexo A), ya que la descarga de residuos se realiza hacia el río Mayer.

La descarga al río Mayer utiliza una tubería de HDPE PN 10 con DN de 200 [mm] y se extiende a lo largo de 413 [m]. El proceso seleccionado, de tipo aeróbico, resulta eficaz en la reducción de sólidos disueltos y en la eliminación de materia orgánica. Asimismo, minimiza la generación de olores y la generación de lodos a extraer de la planta.

Las características principales de la PTAS son presentadas en la **Tabla 4.1**.

Tabla 4.1. Parámetros de diseño de la PTAS.
Fuente: Pulso Spa (2022).

Parámetro	Valor
Población de Diseño	1400 personas
Dotación considerada	170 [l/hab/día]
Concentración DBO ₅	250 [mg DBO ₅ /L]
Caudal medio diario	240 [m³/d]
Caudal máximo horario	30 [m³/hr]
Carga DBO ₅	60 kg [DBO ₅ /d]

La planta cuenta con 3 reactores capaces de tratar 3,3 [m³/hr] cada uno, que en total cubren los 240 [m³/día] de diseño. En la **Figura 4.3** se presentan los tres reactores de la PTAS.



Figura 4.3. Reactores de la PTAS de Villa O'Higgins.
Fuente: Estudio de Factibilidad Sanitaria, Pulso Spa. (2022).

De acuerdo con el estudio de Factibilidad Sanitaria, en enero de 2022 la capacidad de la PTAS era de 4,5 [m³/hr], lo que representa aproximadamente la mitad de la capacidad de la PTAS y equivalente al tratamiento de aguas servidas para 850 personas. Esta baja en la capacidad de tratamiento se explica porque a la fecha sólo 2 de los 3 reactores se encontraban en funcionamiento, información que no ha sido actualizada a la fecha de este estudio.

En cuanto al control de la operación de las PTAS, existen registros y análisis respecto a:

- Limpieza de los canastillos de la PEAS 2 y de la entrada a la PTAS, lo que se registra de manera semanal.
- Caudales de entrada al sistema, los que se miden 4 veces al día, 2 en la mañana y 2 en la tarde.
- Cloro libre en la descarga, considerando que la PTAS cuenta con un clorador y con un declarador antes del vertimiento de sus aguas.
- Eficiencia del sedimentador, verificando calidad del lodo, mediante uso de Cono Imhoff.

Si bien Pulso menciona la existencia de un medidor de oxígeno disuelto, este se encontraba defectuoso, lo cual impidió el levantamiento de datos de los años 2021 y 2022.

La medición de DBO5 no se realiza en el lugar debido a la falta de capacidades instaladas, y la recolección de muestras adicionales se ve limitada por cuestiones logísticas. En consecuencia, para este parámetro, se toman dos muestras anuales antes de la descarga al río Mayer, las cuales se envían a Coyhaique para su análisis.

En el estudio se reporta la ausencia de un laboratorio destinado al análisis permanente de las variables requeridas para evaluar el desempeño de la PTAS.

En cuanto a los lodos generados por la PTAS, una vez estabilizados, son sometidos a procesos de digestión y prensado antes de ser destinados al relleno sanitario. Posteriormente, se emplean en la construcción de celdas de cobertura al mezclarse con tierra. Los lodos enviados

al relleno sanitario presentan un 4% de humedad, cumpliendo con la normativa aplicable para poblaciones de menos de 25.000 habitantes.

5 ESTIMACIÓN POBLACIONAL

5.1 DEMANDA DE SERVICIOS SANITARIOS

La estimación de la demanda actual y futura se fundamenta en la información proveniente del estudio de población y el Estudio de Factibilidad Sanitaria de 2022, así como en datos disponibles en línea, especialmente aquellos relacionados con las mediciones poblacionales, los que fueron obtenidos a partir de los Censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) los años 2017 y 2024. La demanda presente luego es extrapolada al año 2045, con tal de determinar las capacidades de abastecimiento del sistema en el futuro con un horizonte de 20 años.

El Estudio de Factibilidad Sanitaria 2022 menciona que durante el verano de 2022 el sistema fue capaz de satisfacer la totalidad de la demanda de la zona, incluyendo a la población flotante, cuya cifra se estima en 1.500 personas.

El Censo de 2017, cuenta con proyecciones poblacionales para el periodo 2002 – 2035, las cuales son utilizadas para extrapolar la demanda futura al año 2045.

En primer lugar, dado que los Censos proporcionan datos sobre la población total de la comuna de O'Higgins, pero no específicamente de la Villa O'Higgins, es necesario realizar una estimación para esta última. Como referencia, el capítulo de análisis demográfico ofrece una desagregación de la población comunal por asentamiento, registrando que en 2017 la Villa O'Higgins concentraba el 84% del total de habitantes de la comuna. Ante la ausencia de un desglose correspondiente al año 2024, se opta por mantener dicha proporción. Considerando este criterio, se observa en la **Tabla 5.1** que la estimación de habitantes para la Villa O'Higgins en 2024 asciende a 544 personas.

Tabla 5.1. Estimación de población en Villa O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia.

Nivel [-]	Habitantes 2017 [hab]	Habitantes 2024 [hab]	Tasa de crecimiento [%]
Comunal	625	647	0,50
Villa O'Higgins	523	545	0,59

El Censo 2017 describe las proyecciones de crecimiento poblacional y de tasa de crecimiento poblacional que se muestran en la **Figura 5.1**. De ella se puede desprender que para el periodo 2017-2024 el crecimiento poblacional estimado es de un 0,74% anual, al pasar de 641 a 675 habitantes de la comuna en dicho periodo. Sin embargo, los datos reales a nivel comunal sugieren un crecimiento anual incluso menor (ver **Tabla 5.1**).

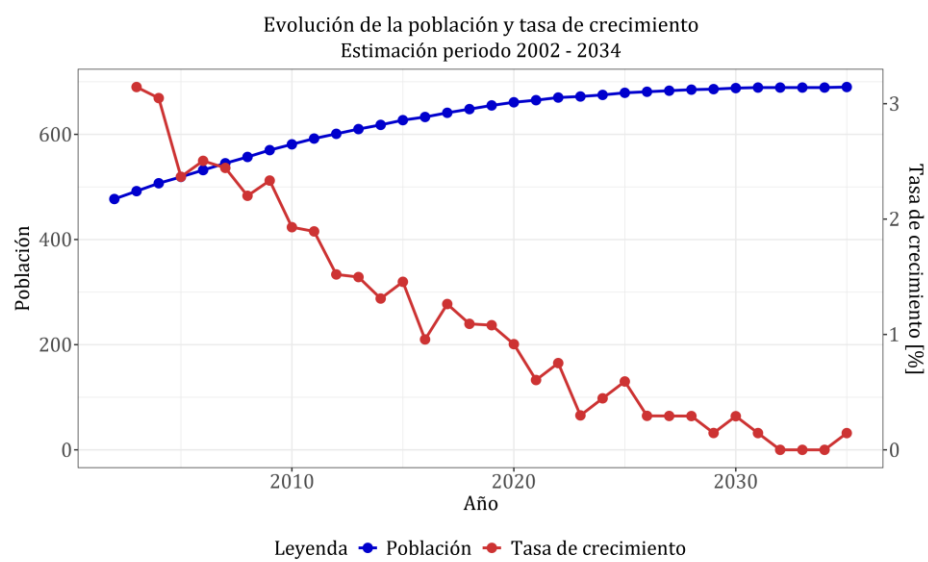


Figura 5.1. Crecimiento poblacional proyectado entre años 2002 y 2034.
Fuente: Elaboración propia a partir de proyecciones poblacionales del Censo 2017.

Dado que los escenarios proyectados no abarcan el año 2045, resulta necesario definir un enfoque para extrapolar la población de la zona. Si se prolonga la tendencia observada en la **Figura 5.1** más allá de 2034, la proyección podría significar una subestimación de la población futura, ya que implicaría un estancamiento —o incluso una disminución— de la población de Villa O’Higgins.

Por esta razón, se opta por considerar como escenario base la continuidad de la tasa de crecimiento promedio observada en el periodo 2017–2034, equivalente a 0,74% anual. En paralelo, se incorpora un escenario optimista en el que la población crece a una tasa constante del 3% anual entre 2024 y 2045, en concordancia con lo planteado en el PRCOH. Finalmente, se incluye el supuesto de una población flotante, durante los meses de verano, equivalente a 1,15 veces los habitantes de Villa O’Higgins.

En consecuencia, las poblaciones estimadas para los distintos periodos son las presentes en la **Tabla 5.2**. El valor total de población es el caso más desfavorable y por ende el considerado para el diseño.

Tabla 5.2. Proyecciones poblacionales en Villa O’Higgins.
Fuente: Elaboración propia a partir del PRCO y Censos poblacionales 2017 y 2024.

Tipo de población	Habitantes 2024	Habitantes 2045 (Conservador)	Habitantes 2045 (Optimista)
[-]	[hab]	[hab]	[%]
Habitantes	545	636	1.014
Flotante	627	732	1.166
Total	1.172	1.368	2.180

6 ESTUDIO DE DEMANDA DE AP

Dado que no se cuenta con información sobre facturación ni con registros de caudales medidos, se adoptaron como referencia los valores definidos en el manual “Criterios de Diseño de Agua Potable Rural” (versión 2023), elaborado por la DOH. Estos parámetros corresponden a dotaciones, pérdidas y coeficientes asociados al cálculo de caudales, bajo los siguientes supuestos:

- Dotación: 150 [L/hab/día].
- Pérdidas de agua en producción y redes: 30% del caudal total.
- Factor del Día de Máximo Consumo (FDMC): 1,5.
- Factor Máximo Horario (FMH): 1,5.
- Dado que no se cuenta con el porcentaje de cobertura del sistema de AP, se considera una cobertura del 100%, ya que para efectos del diseño es un caso más conservador.

Con lo anterior, se procede a calcular el caudal medio diario como indica la Ecuación 6-1:

$$Q_{md} = D.p \cdot Pob \cdot Cob. \qquad \text{Ecuación 6-1}$$

Donde:

Q_{md} : Caudal Medio Diario.

$D.p$: Dotación poblacional.

$Pob.$: Población total.

$Cob.$: Cobertura anual.

Luego, el caudal máximo diario viene dado por lo expuesto en la Ecuación 6-2.

$$Q_{máxd} = FDMC \cdot Q_{md} \qquad \text{Ecuación 6-2}$$

Donde:

$Q_{máxd}$: Caudal Máximo Diario.

$FDMC$: Factor del Día de Máximo Consumo.

Mientras que el caudal máximo horario se calcula como se presenta en la Ecuación 6-3.

$$Q_{máxh} = FHMC \cdot Q_{máxd} \qquad \text{Ecuación 6-3}$$

Donde:

$Q_{máxh}$: Caudal Máximo Horario.

$FHMC$: Factor de la hora de Máximo Consumo.

Finalmente, el caudal, considerando las pérdidas en la producción y redes se calcula como:

$$Q^*_{máxh} = \frac{Q_{máxh}}{1 - P} \qquad \text{Ecuación 6-4}$$

Donde:

$Q^*_{máxh}$: Caudal Máximo Horario considerando pérdidas en la red.

P : Pérdidas de caudal en la producción y redes.

A partir de lo expuesto anteriormente, se tiene un resumen de los caudales en la **Tabla 6.1**

Tabla 6.1. Caudales proyectados en Villa O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia a partir de Censos poblacionales 2017 y 2024.

Escenarios de proyección de demanda	Población	Caudal Medio	Caudal Medio con pérdidas	Caudal Máximo Diario	Caudal Máximo Horario
[-]	[hab]	[L/s]	[L/s]	[L/s]	[L/s]
2024	1172	2,0	2,9	4,4	6,5
2045 INE	1368	2,4	3,4	5,1	7,6
2045 optimista	2180	3,8	5,4	8,1	12,2

Conducciones

Las principales tuberías de transporte en el sistema de AP son las mencionadas en la Sección 4.1, donde se estipulan tuberías de HDPE de DN 110 [mm]; PVC de DN 75 [mm] y Acero de 3 pulgadas. En particular, el diseño se realiza considerando que las tuberías deben ser capaces de conducir el caudal máximo diario.

Este caudal es calculado considerando una estimación de las pérdidas de carga que ocurren en la tubería. En particular, para las pérdidas friccionales se emplea la ecuación de Hazel-Williams, mientras que para la singulares se asume que equivalen a un 10% de las pérdidas friccionales. Por lo tanto, las pérdidas totales son, aproximadamente 1,1 veces las pérdidas friccionales.

La ecuación de Hazel-Williams viene dada por la siguiente expresión:

$$H_f = 10,67 \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}}$$

Ecuación 6-5

Donde:

- H_f : Pérdidas de carga friccionales, en [m].
- Q : Caudal, en [m³/s].
- C : Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams, en [-]
- L : Longitud de la tubería, en [m]
- D : Diámetro interno de la tubería, en [mm]

Entonces, para determinar el caudal de porteo, se debe despejar Q de la Ecuación 6-5. La **Tabla 6.2** muestra un resumen del caudal de porteo de cada tramo del sistema de AP.

Tabla 6.2. Caudales de porteo en APR de Villa O’Higgins.
Fuente: Elaboración propia a partir del PRCOH y Censos poblacionales 2017 y 2024.

Tubería	L	Diámetro	Espesor	Diámetro interno	C	Elevación Inicial	Elevación Final	ΔH	H _f	Caudal de Porteo
[-]	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[-]	[m.s.n.m]	[m.s.n.m]	[m]	[m]	[L/s]
Aducción HDPE PN 10	700	110	6,6	0,0968	150	348,2	340	8,2	7,45	7,75
Aducción PVC CI 10	450	75	3,9	0,0672	150	339	328	11	10,00	4,41
Conducción Acero 3"	115	88,9	3,2	0,0825	100	323	264	59	53,64	26,10

Luego, al comparar los caudales máximos diarios en el sistema de aducción con los caudales de porteo se tiene la **Tabla 6.3**, de la cual se desprende que —considerando el supuesto de demanda diaria de 150 [L/hab/día]— la aducción de PVC funciona al límite de su capacidad el día de mayor demanda, incluso en la situación presente. Para las condiciones futuras, sólo en la proyección optimista la tubería de HDPE no es capaz de transportar el caudal máximo diario.

Tabla 6.3. Comparación de caudales diarios vs. la capacidad de porteo en APR de Villa O’Higgins.

Fuente: Elaboración propia a partir del PRCOH y Censos poblacionales 2017 y 2024.

Escenarios de proyección de demanda	Q máximo diario	Aducción HDPE PN 10	Aducción PVC CI 10	Conducción Acero 3"	Capacidad Aducción HDPE PN 10	Capacidad Aducción PVC CI 10	Capacidad Conducción Acero 3"
	[L/s]	[L/s]	[L/s]	[L/s]	[%]	[%]	[%]
2024	4,4	7,75	4,41	26,10	56%	99%	17%
2045 INE	5,1	7,75	4,41	26,10	66%	115%	20%
2045 optimista	8,1	7,75	4,41	26,10	105%	184%	31%

En el caso del cálculo para el caudal máximo horario, aplicable en la red de conducción, la **Tabla 6.4** muestra que la tubería de acero no presenta problemas en ninguno de los escenarios.

Tabla 6.4. Comparación de caudales horarios vs. la capacidad de porteo en APR de Villa O’Higgins.

Fuente: Elaboración propia a partir del PRCOH y Censos poblacionales 2017 y 2024.

Escenarios de proyección de demanda	Q máximo horario	Aducción HDPE PN 10	Aducción PVC CI 10	Conducción Acero 3"	Capacidad Aducción HDPE PN 10	Capacidad Aducción PVC CI 10	Capacidad Conducción Acero 3"
	[L/s]	[L/s]	[L/s]	[L/s]	[%]	[%]	[%]
2024	6,5	7,75	4,41	26,10	84%	148%	25%
2045 INE	7,6	7,75	4,41	26,10	99%	173%	29%
2045 optimista	12,2	7,75	4,41	26,10	157%	276%	47%

Si bien a priori se sugiere realizar cambios en el sistema —como, por ejemplo, agregar otra tubería de PVC paralela o aumentar el diámetro de esta—, es necesario recalcar que el análisis anterior corresponde a una aproximación, y que en la práctica es necesario determinar constantes y dotaciones a partir de los datos reales del APR.

Estanques

En términos generales, el manual “Criterios de Diseño de Agua Potable Rural” considera 2 variables para el cálculo del volumen que deben tener los estanques del APR: Volumen de regulación y Volumen de Incendio, aunque para el caso de los APR con menos de 600 arranques este último no se considera.

El volumen de regulación se determina en función del día de máximo consumo, correspondiendo a un 20% del volumen producido en dicha jornada. En consecuencia, los volúmenes estimados para los escenarios presentes y futuros se resumen en la **Tabla 6.5**.

Tabla 6.5. Volumen de estanque requerido en APR de Villa O’Higgins.
Fuente: Elaboración propia a partir del PRCOH y Censos poblacionales 2017 y 2024.

Escenarios de proyección de demanda	Q máximo diario [L/s]	Volumen estanque requerido [m³]	Oferta Estanques [m³]	Déficit [m³]	Capacidad de oferta [%]
2024	4,4	75,3	80	4,7	106%
2045 INE	5,1	88,0	80	-8,0	91%
2045 optimista	8,1	140,1	80	-60,1	57%

De la tabla, y considerando los dos estanques de 40 [m³] existentes en la condición actual se concluye que, en cualquiera de las proyecciones futuras, la capacidad de almacenamiento actual resulta insuficiente para cubrir las necesidades de regulación.

Sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento comprende procesos de filtración y cloración. El análisis de las unidades de filtración requiere la obtención de información técnica específica para estimar su capacidad, considerando los caudales de entrada y los modos de operación adecuados para el retrolavado. Esta información no se encuentra disponible para su análisis.

Red de AP

De acuerdo con lo señalado por Pulso, la información actualmente disponible es parcial, y requiere actualizarse. Asimismo, se ha reportado la modernización de redes mediante el reemplazo de tramos de tuberías de 50 [mm], las cuales no están contempladas por la normativa vigente, dado que el diámetro mínimo establecido por el manual de criterios de diseño es de 63 [mm].

7 ESTUDIO CAUDALES DE AS

Para el caso del sistema de tratamiento de aguas servidas, el análisis está enfocado en los colectores. Para esto, se considera la dotación mencionada de 150 [L/hab/día], y se calcula el caudal máximo diario con el factor de Harmon, dado que la población de diseño, para cualquier escenario, supera los 1.000 habitantes. La fórmula del coeficiente de Harmon se presenta en la Ecuación 7-1.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Ecuación 7-1

Donde:

- M

:

Factor de Harmon, en [-].
- P

:

Población, en miles.

Se adopta un coeficiente de recuperación de 0,8. Dicho valor indica que el 80% del volumen total de agua consumida se dispone al sistema de alcantarillado. Ante estas condiciones, el caudal medio diario se calcula mediante la expresión planteada en la Ecuación 7-2.

$$Q_{md} = D.p \cdot Pob \cdot R$$

Ecuación 7-2

Donde:

- R

:

Factor de recuperación [-].

Finalmente, el caudal máximo diario viene dado por la expresión

$$Q_{máxh} = M \cdot Q_{md}$$

Ecuación 7-3

En base a las ecuaciones anteriores, los caudales calculados para el año 2024 y las predicciones futuras son las presentes en la **Tabla 7.1**.

Tabla 7.1. Caudales máximos horarios para el sistema de AS de Villa O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia a partir de Censos poblacionales 2017 y 2024.

Escenarios de proyección de demanda	Población [hab]	Dotación [L/hab/día]	Q Medio Diario [L/s]	M de Harmon [-]	Q Máximo Horario [L/s]
2024	1.172	150	1,6	3,75	6,1
2045 INE	1.368	150	1,9	3,71	7,0
2045 optimista	2.180	150	3,0	3,56	10,8

Similar a lo planteado en la sección 0, se puede determinar la capacidad de porteo de las tuberías. Para el caso de la impulsión de AS desde la PEAS —a lo largo de una tubería de 1.929 [m]—, el caudal de porteo se presenta en la **Tabla 7.2**. En ella se muestra que la capacidad máxima de porteo es superior al caudal determinado.

Tabla 7.2. Caudal máximo de porteo en sistema de impulsión de AS de Villa O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia a partir del PRCOH y Censos poblacionales 2017 y 2024.

Tubería [-]	L [m]	Diámetro exterior [mm]	Diámetro interior [mm]	C [-]	Cota final [m.s.n.m]	Cota inicial [m.s.n.m]	dH [m]	Hf [m]	Capacidad Máxima de Porteo [L/s]
COLECTOR PRESURIZADO HDPE PN 10	1929	200	0,1762	150	277	263,5	13,5	12,3	28,33

Posterior a la impulsión, el colector opera de manera gravitacional hasta llegar a las PTAS; asimismo, el afluente de la PTAS se transporta mediante una tubería que descarga en el río

Mayer. En ambos casos, las capacidades de porteo cumplen con la demanda de aguas servidas, como se muestra en la **Tabla 7.3**. Dado que el flujo es gravitacional, la capacidad de porteo se determinó considerando que la altura de escurrimiento en régimen normal no supere el 70% del diámetro.

Para determinar los valores de la **Tabla 7.3**, se utiliza el esquema de la **Figura 7.1**

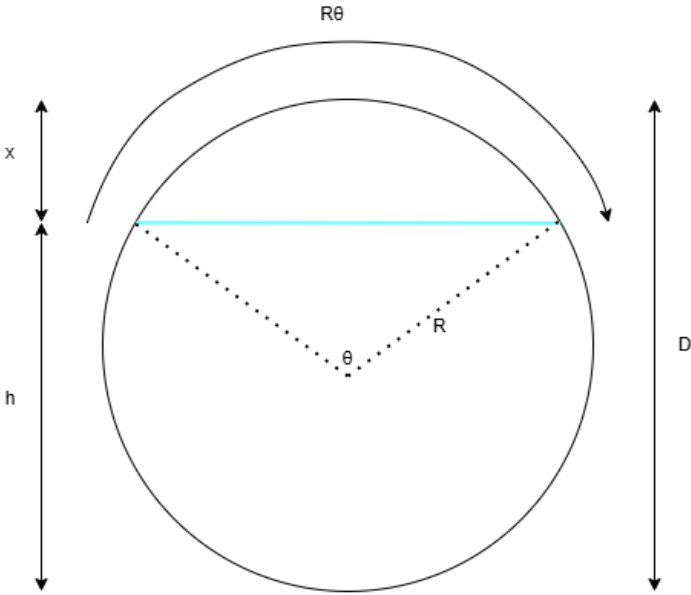


Figura 7.1. Esquema para determinar la capacidad de porteo del colector.
Fuente: Elaboración propia.

En base a los parámetros de la figura anterior, determinar el perímetro mojado en la alcantarilla como:

$$\chi = \pi D - R\theta \tag{Ecuación 7-4}$$

Donde:

- χ : Perímetro mojado, en [m].
- D : Diámetro de la alcantarilla, en [m].
- R : Radio de la alcantarilla, en [m].
- θ : Ángulo interior, en [rads].

El valor de θ , en tanto, se determina según lo expresado en la Ecuación 7-5

$$\theta = 2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{D - R - x}{R} \right) \tag{Ecuación 7-5}$$

Donde:

- x : Diferencia entre la altura del agua y el diámetro [m].

En cuanto al área en la cual se desarrolla el flujo, esta viene dada por la Ecuación 7-5, la cual corresponde al cálculo del área del segmento circular. En términos geométricos, este procedimiento equivale a restar el área del sector de circunferencia al área de la circunferencia total, y posteriormente adicionar el área del triángulo definido por el radio y el ángulo θ .

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\theta D^2}{8} + (D - R - x)^2 \cdot \tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \tag{Ecuación 7-6}$$

Donde:

A : Área de escurrimiento [m²].

Luego, se determina el radio hidráulico mediante el cociente entre el área de escurrimiento y el perímetro mojado. Entonces, se determina el caudal a una altura normal mediante la fórmula de Manning, dada por

$$Q = \frac{AR_h^{2/3}}{n} \sqrt{i}$$

Ecuación 7-7

Donde:

- R_h

: Radio hidráulico [m].
- n

: Número de Manning-
- i

Pendiente de la tubería [m/m]

Al aplicar este procedimiento se genera la **Tabla 7.3**, a partir de la cual se tiene que, en cualquier tramo, independiente de la condición futura que se considere, la capacidad del colector es superior al caudal de diseño, por lo que para las condiciones estudiadas este no debería presentar fallos.

Tabla 7.3. Caudal máximo de porteo en sistema de impulsión de AS de Villa O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia a partir Censos poblacionales 2017 y 2024.

Colector y Descarga	Tramos	L	Cota inicial	Cota Final	Diámetro exterior	Diámetro interno	Pendiente	n	Capacidad del colector (h = 0.7D)
[-]	[m]	[mm]	[mm]	[-]	[m.s.n.m]	[m.s.n.m]	[m]	[m]	[L/s]
COLECTOR GRAVITACIONAL HDPE PN 10	Tramo 1	351	277	274	0,2	0,1762	0,0085	0,013	18,1
	Tramo 2	857	274	266	0,2	0,1762	0,01	0,013	19,6
	Tramo 3	587	266	260	0,2	0,1762	0,0102	0,013	19,8
	Tramo 3	587	266	260	0,2	0,1762	0,0102	0,013	19,8
	Tramo 5 Llegada a PTAS	146	259	258,5	0,2	0,1762	0,0034	0,013	11,4
	Long. total	2528							
DESCARGA A RIO MAYER HDPE PN 10	Tramo 1	310	258,5	257	0,2	0,1762	0,0048	0,013	13,6
	Tramo 2	103	257	256	0,201	0,1762	0,0097	0,013	19,3

Colector y Descarga	Tramos	L	Cota inicial	Cota Final	Diámetro exterior	Diámetro interno	Pendiente	n	Capacidad del colector (h = 0.7D)
[-]	[m]	[mm]	[mm]	[-]	[m.s.n.m]	[m.s.n.m]	[m]	[m]	[L/s]
	Long. total	413							

En la **Tabla 7.4** se presentan la comparativa de los caudales máximos horarios previstos en el sistema de aguas servidas en comparación con los caudales de diseño de la PTAS, se obtiene que para el escenario futuro optimista la planta alcanza el límite de su capacidad.

Tabla 7.4. Caudal máximo de porteo en sistema de AS de Villa O’Higgins.
Fuente: Elaboración propia.

Escenarios de proyección de demanda	Población	Q Medio Diario	Q Máximo Horario	Balance c/r a Q máximo horario	Capacidad Hidráulica
	[hab]	[L/s]	[L/s]	Ll/s]	
2024	1.172	1,6	6,1	4,7	57%
2045 INE	1.368	1,9	7,0	3,7	65%
2045 optimista	2.180	3,0	10,8	0,0	100%
Condiciones de diseño PTAS	1.400	2,8	10,8		

La comparación realizada considera que la PTAS está operativa al 100%, por lo cual ante eventos de falla en los sistemas se producirán periodos con menor capacidad de tratamiento donde los caudales entrantes podrán superar la capacidad de la planta, situación que debe ser evaluada pudiendo implementar un aumento de la capacidad de la planta para tener capacidad de respuesta incluso en situación de falla o mantención.

8 CONCLUSIONES

En base al análisis del sistema sanitario existente en Villa O'Higgins y su capacidad para satisfacer la demanda de agua potable y el saneamiento de aguas servidas se tienen las siguientes conclusiones.

Se requiere la caracterización hidrológica de la fuente con fines de asegurar la disponibilidad hídrica futura, si no se confirma la capacidad de la fuente para dar seguridad a la captación se deben estudiar fuentes alternativas, ya sean superficiales o subterráneas. Respecto titularidad del recurso, se requiere la adquisición por parte del comité de los derechos consuntivos sobre la fuente en cantidad suficiente para satisfacer la demanda.

Se identificó la necesidad de diseño y actualización de las obras de captación, en los antecedentes se encuentra un proyecto del año 2021 para estos fines que tuvo el financiamiento, pero no se ejecutó. El tramo con resultados más deficientes es la tubería de PVC de la aducción la cual no es capaz de conducir los caudales requeridos en los escenarios futuros.

El sistema de tratamiento de agua potable no presenta problemas de funcionamiento, el cual tiene una importante componente de operación manual en la limpieza de sedimentadores y mallas. No se cuenta con información detallada de estos sistemas para una evaluación en profundidad, tampoco se cuenta con la medición del cloro residual dentro de la red de distribución. Se recomienda regularizar los recintos de acuerdo con normativa vigente.

El sistema de regulación consistente en dos estanques de 40 [m³] presentan un volumen inferior al requerido en periodos futuros, el volumen requerido se definió como un 20% del caudal diario y no se considera volumen de incendio dado el número de arranques del sistema, aun así, se requiere la verificación de disponibilidad de conexión storz para los bomberos contigua al estanque o en la matriz según un criterio de accesibilidad. Respecto al emplazamiento de estos sistemas se requiere la regularización del acuerdo de uso existente.

La red sanitaria de AP opera de manera funcional, aunque carece de mediciones que permitan comprobar su rendimiento hidráulico. Es necesario conformar una base de datos de micro medición o facturación para estimar las pérdidas y consumos reales. También se contempla mejorar la sectorización y el funcionamiento global del sistema en etapas futuras. Finalmente, se evalúa la posibilidad de proyectar un nuevo sistema APR o ampliar el actual en el sector norte, donde existe demanda por acceso a servicios básicos.

El sistema de aguas servidas funciona sin déficit operativo, aunque aún falta conectar a cerca del 30 % de los usuarios. Según datos del 2022, la Planta de Tratamiento presenta fallas técnicas que limitan su capacidad al 50% por fallas en el sistema de aireación y bombeo, mientras que el ingreso de aguas lluvias —por roturas y cámaras en zonas bajas— afecta negativamente el rendimiento del sistema. Se recomienda implementar un sistema de drenaje pluvial, al menos en las áreas identificadas como inundables, para evitar su ingreso al sistema de AS y preservar la eficiencia sanitaria del sistema.

En relación con lo anterior, se propone desarrollar un estudio integral de drenaje de aguas lluvias que combine medidas estructurales, no estructurales y soluciones basadas en la naturaleza, con el fin de evitar el ingreso de escorrentías al sistema de alcantarillado sanitario y preservar su capacidad hidráulica. Este estudio debe incluir la evaluación del escurrimiento superficial a través de las calles, su interacción con cámaras y colectores, y la identificación de puntos bajos o zonas inundables mediante antecedentes del diseño vial, levantamiento topográfico, análisis de pendientes y modelación hidrológica e hidráulica.

Como medidas de manejo, se recomienda restablecer y proteger la red de drenaje natural, implementar canales o zanjas perimetrales al pueblo para interceptar aportes externos, y habilitar zanjas de infiltración, cunetas verdes o pequeños jardines de lluvia en sectores donde se acumula agua, favoreciendo la infiltración y reduciendo caudales hacia la red sanitaria. Las aguas captadas deberán ser conducidas hacia cauces naturales, verificando previamente que no exista riesgo de contaminación. Complementariamente, se sugiere sellar cámaras de inspección y revisar conexiones en mal estado para minimizar infiltraciones y aportes no deseados al alcantarillado. Estas acciones permitirán reducir el riesgo de inundaciones locales y mejorar la resiliencia frente a eventos climáticos.

La evaluación de medidas como las señaladas anteriormente se pueden dar a través de la medición de indicadores como la reducción del caudal de infiltración al sistema sanitario, la medición respecto de eventos de sobrecarga o rebalse y mediante el monitoreo de la capacidad operativa de la planta de tratamiento de aguas servidas.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Consultora Pulso Spa. (2022). Estudio de factibilidad sanitaria para Villa O'Higgins. Informe técnico encargado por la Ilustre Municipalidad de O'Higgins.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas. (2023). Manual de proyectos de agua potable rural: Criterios de diseño (Edición mayo 2023). Gobierno de Chile.
- Instituto Nacional de Normalización. (2015). NCh691:2015. Conducción, regulación y distribución de agua potable – Requisitos generales. Santiago, Chile: INN.
- Ministerio de Salud. (s.f.). Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado (RIDDA). Santiago, Chile.
- Ilustre Municipalidad de O'Higgins. (s.f.). Plan Regulador Comunal de Villa O'Higgins – Etapa 2: Diagnóstico y tendencias (Punto V). Documento técnico preliminar.

Anexos

Anexo A. Norma DS90/2000..... 36

Certificados Factibilidad Sanitaria en Candelario Mancilla y Puerto Bahía Bahamondez 38

Anexo A. NORMA DS90/2000

Tabla N° A.1. Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua superficiales.

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Límite máximo permitido
Aceites y grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	5
Arsénico	mg/L	As	0,5
Boro	mg/L	B	0,75
Cadmio	mg/L	Cd	0,01
Cianuro	mg/L	CN-	0,2
Cloruro	mg/L	Cl-	400
Cobre Total	mg/L	Cu	1
Coliformes Fecales o Termotoletantes	NMP/100ml	Coli/100 ml	1000
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0,005
DBO5	mg O ₂ /L	DBO5	35
Fósforo	mg/L	P	10
Fluoruro	mg/L	F-	1,5
Hidrocarburos Fijos	mg/L	HF	10
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	5
Manganeso	mg/L	Mn	0,3
Mercurio	mg/L	Hg	0,001
Molibdeno	mg/L	Mo	1
Níquel	mg/L	Ni	0,2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	50
Pentaclorofenol	mg/L	C6OHCl5	0,009
pH	-	pH	6,0 – 8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,05
Poder Esoumógeno	mm	PE	7

Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80
Sulfatos	mg/L	SO42-	1000
Sulfuros	mg/L		1
Temperatura	°C	S2-	35
Tetracloroetano	mg/L	T°	0,04
Tolueno	mg/L	C2Cl4	0,7
Triclorometano	mg/L	C6H5CH3	0,2
Xileno	mg/L	C6H4C2H6	0,5
Zinc	mg/L	Zn	3

CERTIFICADOS FACTIBILIDAD SANITARIA EN
CANDELARIO MANCILLA Y PUERTO BAHÍA BAHAMONDEZ

CERTIFICADO SECPLAN

Villa O'Higgins

La I. Municipalidad de O'Higgins a través de su Inspector Técnico de Obras de SECPLAN, representado por don Luis Pérez Bahamondez, certifica que:

El Sector denominado Candelario Mansilla, ubicado en el Lago OHiggins, **No cuenta con factibilidad técnica de conexión a la Red Pública de Alcantarillado ni de dotación de servicio Agua Potable Rural**, toda vez que no existe en el sector suministro, instalaciones ni redes publicas de los servicios antes mencionados, administrados por el municipio ni comité de agua potable rural, siendo solo factible ejecutar proyectos sanitarios y obtener resolución sanitaria mediante la tramitación de soluciones domiciliarias particulares según la normativa vigente, gestionadas directamente en La Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales (SSR), dependiente de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

El presente certificado se extiende para ser presentado para los fines que se estime conveniente



Firmado por:
Luis Hans Pérez Bahamóndez
Inspector Técnico de Obras
Fecha: 13-04-2026 16:13 CLT
Municipalidad de O'higgins

CERTIFICADO SECPLAN

Villa O'Higgins

La I. Municipalidad de O'Higgins a través de su Inspector Técnico de Obras de SECPLAN, representado por don Luis Pérez Bahamondez, certifica que:

El Sector denominado Puerto Bahía Bahamondez, distante 7 kilómetros aproximados del área urbana de Villa O'Higgins, **No cuenta con factibilidad técnica de conexión a la Red Pública de Alcantarillado ni de dotación de servicio Agua Potable Rural**, toda vez que no existe en el sector suministro, instalaciones ni redes públicas de los servicios antes mencionados, administrados por el municipio ni comité de agua potable rural, siendo solo factible ejecutar proyectos sanitarios y obtener resolución sanitaria mediante la tramitación de soluciones domiciliarias particulares según la normativa vigente, gestionadas directamente en La Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales (SSR), dependiente de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

El presente certificado se extiende para ser presentado para los fines que se estime conveniente

O'Higgins
MUNICIPALIDAD



Firmado por:
Luis Hans Pérez Bahamóndez
Inspector Técnico de Obras
Fecha: 13-04-2026 16:14 CLT
Municipalidad de O'higgins