



INFORME ETAPA 4

PROYECTO

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR COMUNAL DE PUTAENDO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SANITARIA

VERSIÓN 02

SEPTIEMBRE 2022



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SANITARIA

TABLA DE CONTENIDOS

FACTIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA – PROYECTO.....	4
III.1 Coberturas actuales de Agua Potable Urbana y Rural	4
III.1.1.- Servicio Urbano de Agua Potable de Putaendo.	4
III.2 Servicios Rurales de Agua Potable (APR) en la comuna de Putaendo.	11
III.3 Coberturas de Alcantarillado Urbano y Rural.	14
III.3.1.- Servicio Urbano de Alcantarillado de Putaendo.	15
III.3.2.- Servicios Rurales de Alcantarillado en la comuna de Putaendo.....	18
III.4 Planes de Expansión de Servicios Sanitarios.....	19
III.5 Disponibilidad Hídrica.....	20
III.6 Análisis de la planificación del PRC y efecto en la Infraestructura Sanitaria.....	22
III.6.1.- Proyecciones de población esperable.....	22
III.7 Factibilidad Técnica de los servicios de agua potable.	25
III.7.1.- Factibilidad del Servicio de agua potable concesionado en Putaendo.....	25
III.7.2.- Factibilidad Servicios de agua potable no concesionados en Putaendo.....	28
III.8 Factibilidad Técnica de los servicios de alcantarillado.....	36
III.8.1.- Factibilidad Técnica del servicio de alcantarillado concesionado en Putaendo. 36	
III.8.2.- Factibilidad Técnica de servicios de alcantarillado no concesionados.....	37
III.9 Síntesis de Factibilidad Técnica de los servicios sanitarios.....	37

FACTIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA – PROYECTO.

Se analiza en esta etapa de anteproyecto la propuesta urbanística de actualización del Plan Regulador y sus consecuencias sobre la condición presente y futura esperable de la infraestructura de agua potable y alcantarillado sanitario en las localidades con población concentrada en áreas urbanas y en áreas rurales potencialmente urbanas en la comuna de Putaendo, evaluando los efectos posibles de la planificación de Actualización del Plan Regulador Comuna de Putaendo sobre su desempeño. Para esto se revisa la información disponible sobre tendencias locales de crecimiento poblacional histórico y su relación con las cabidas máximas admisibles previstas, y las consecuencias resultantes sobre el equipamiento de los servicios sanitarios existentes, con énfasis en las capacidades de la infraestructura ya disponible, la planificada, y la carente.

Para este trabajo se cuenta con la siguiente información de base:

- Propuesta de trabajo de SURPLAN para la comuna.
- Anteproyecto de SURPLAN para PRC de la comuna.
- Diagnóstico de Infraestructura Sanitaria (Rev. Sept. 2019)
- Actualización Plan de Desarrollo 2015 – Sistema Putaendo -. ESVAL.
- Ley General de Servicios Sanitarios, DFL MOP 382 (Ley Sanitaria)
- Plano Regulador Comunal vigente (1984).
- Información de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.
- Información de la DOH sobre sistemas de Agua Potable Rural (APR).
- GOOGLE EARTH.
- Información de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN)
- ORD MINVU 617 de 12 de octubre de 2010.
- Actualización PLADECO Comuna de Putaendo. Sur Profesionales. 2015.

III.1 Coberturas actuales de Agua Potable Urbana y Rural

III.1.1.- Servicio Urbano de Agua Potable de Putaendo.

Es un sistema concesionado a la empresa ESVAL S.A. conforme a la Ley Sanitaria (DFL MOP 382/88), y por tanto ha de cumplir, entre otros, los estándares de servicio público de agua potable según NCh 691, y de calidad potable según NCh 409, lo que es fiscalizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS. Así, ha de actualizarse quinquenalmente su Plan de Desarrollo (PD), confrontando sus capacidades de infraestructura con las proyecciones de demandas de servicio para los siguientes quince años y definir obras que subsanen eventuales déficits esperables para los primeros cinco años. El área de concesión, que se encuentra resumida en página siguiente (Figura III-17) y que se detalla en su formato original en anexo, tal como figura en forma ampliada en planos del PD 2015 aún vigente en enero de 2021 (pues su actualización para 2020-2035 no está aprobada por la SISS) y comprende 721.56 Hás en Putaendo; la Figura III-18 en página subsiguiente resume la configuración esquemática del sistema de agua potable con su esquema operativo de producción y distribución, tal como figura en el Plan de Desarrollo de ESVAL S.A vigente; el esquema original está con todo detalle en Anexo. La Figura III-19 muestra el emplazamiento de las obras singulares de producción y distribución de agua potable en la localidad, cuyo detalle está disponible en anexo a escala ampliada tal como se presenta en los documentos del PD disponible para consulta pública en la SISS (Moneda 673).

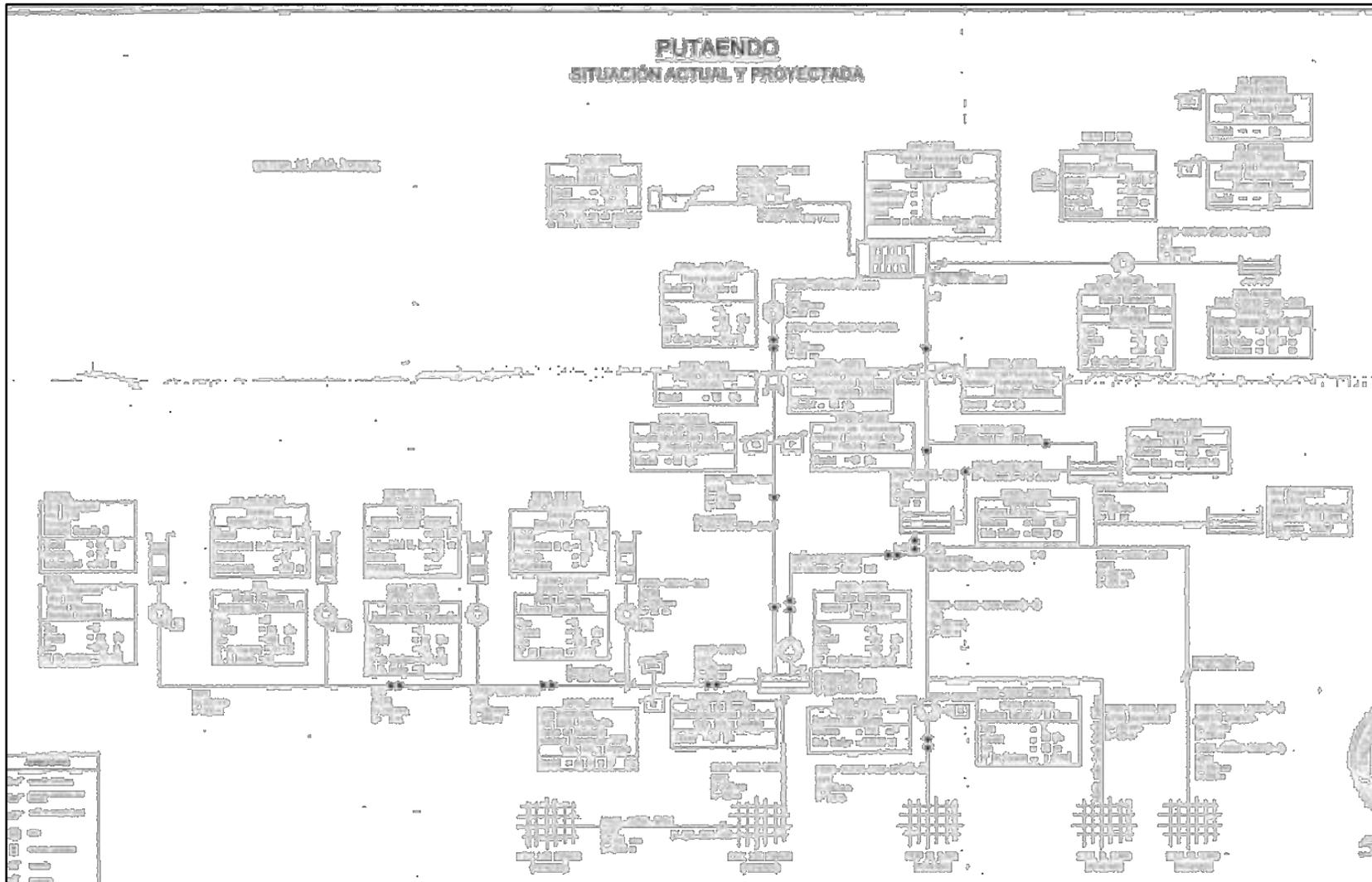
Figura III-17.
Territorio Operacional (TO) concesionado a ESVAL en Putaendo.



Fuente: PD ESVAL 2015. (Muestra L.U. en 2015).

Nota: esta imagen es referencial y se encuentra en su original a escala completa en anexo.

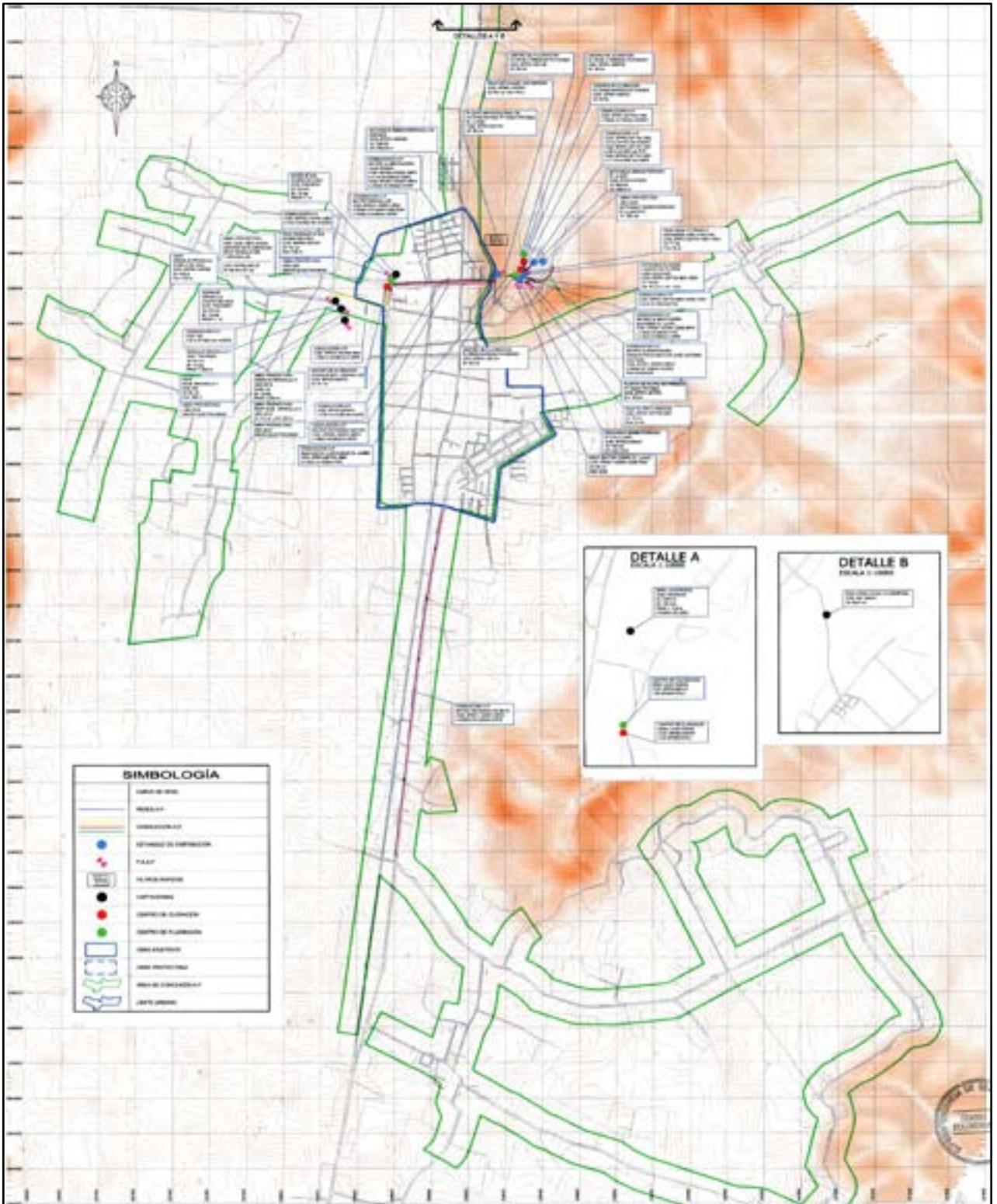
Figura III-18. Esquema del Sistema de Agua Potable de Putaendo.



Fuente: PD ESVAL 2015.

Nota: esta imagen es referencial y se encuentra en su original a escala completa en anexo, con buena legibilidad de sus detalles.

Figura III-19. Emplazamiento de la infraestructura del Sistema de Agua Potable.



Fuente: PD ESVAL 2015. (Muestra L.U. en 2015).

Nota: esta imagen es referencial y se encuentra en su original a escala completa en anexo.

Producción.

De acuerdo con lo establecido en el PD para 2015 a 2030, Putaendo cuenta con derechos por 45 l/s para captación de agua superficial sobre el Canal La Compañía, cuya producción requiere tratamiento de filtración y desinfección para calificar como agua potable, más una captación con derechos sobre el canal El Pueblo y captación en dren Juan Rozas, ambas en desuso; se suman cuatro captaciones subterráneas (! en Figura III-19) en rellenos de arrastre fluvial del río Putaendo, los que se caracterizan por su gran profundidad y buena permeabilidad y productividad. Su detalle figura en la Tabla 1 en página subsiguiente.

Figura III-20. Canales Compañía y El Pueblo con captaciones para Agua Potable.



Fuente: Estudio Hidrológico Fuentes Superficiales Putaendo-GCF Ingenieros

Las captaciones en canal El Pueblo y en dren están fuera de servicio, ya que la operación con aguas superficiales o sub superficiales someras requiere de filtración y cloración para desinfección, más fluoruración. La captación en Canal La Compañía entrega solo 26.6 l/s debido a las pérdidas en su trazado, y debe cesar su operación cada vez que el canal es objeto de mantenimiento anual; por lo tanto son esenciales los 94 l/s de las fuentes subterráneas, con menores exigencias operativas y mayor seguridad de continuidad. La producción cuenta con un estanque de acumulación de agua filtrada, de 10 m³, originalmente para retro lavado de los filtros, el que cuenta con alimentación mediante planta elevadora asociada.

Si bien tanto la producción de los sondajes en servicio como la de agua filtrada desde el Canal La Compañía son descargadas mediante sus respectivas bombas impulsoras hasta el estanque los Espinos para abastecer el plan de la ciudad, se requiere una segunda elevación para alimentar los estanques del recinto El Llano, que surten los sectores más elevados y distantes de la ciudad.

La información del PD indica que se cuenta con una capacidad operativa de producción de 120 l/s efectivos y los derechos de agua otorgados totalizan 237 l/s. La calidad del suministro conforma los requisitos de la norma NCh 409 para agua potable.

La proyección de ESVAL S.A. para 2030 es de 9384 habitantes servidos por el sistema concesionado, más 159 habitantes rurales acogidos al Art. 52 bis de la ley sanitaria, con una alta dotación de 249.3 (l/hab/día); se cuenta con 100% de cobertura espacial y demanda de producción de día de máximo consumo de 80.7 l/s; esta demanda incluye un desproporcionado 54.4% de pérdidas en todo el período, que es inaceptable en zonas de escasez hídrica.

Distribución.

La etapa de distribución del sistema presentaba tres estanques existentes más uno comprometido para ser construido en el año 2018, El Llano N°3; todos están emplazados en cerros aledaños, son de hormigón armado y del tipo semienterrado. Se cuenta así con 1950 m³ de volumen de almacenamiento.

La red estaba compuesta en 2014 por 56.5 km de red, mayoritariamente (38%) de PVC, y con 26% de cañerías de asbesto cemento; este material, hoy descontinuada su producción, claramente está con su vida útil sobrepasada, y bien puede ser en buena parte la fuente de las elevadas pérdidas señaladas de 54.4% entre producción y consumo; este nivel de pérdidas es excesivo y desproporcionado en zonas semiáridas, su producción requiere un exceso de energía eléctrica y despilfarro del recurso hídrico. Si se rebajase a un nivel razonable de 20% estas pérdidas, se requeriría producir solo 53 l/s en 2030. Otro indicador deficiente es la presencia de más de 9 km de cañerías en red de menos de 75 mm de diámetro, actualmente excluidas en sistemas urbanos. Se complementa esta red con 8 plantas reductoras de presión que, si bien apuntan a reducir roturas y pérdidas, incurren en ineficiencias al disipar energía, pues toda el agua producida es bombeada en sus orígenes, y no parece razonable esta necesidad de reducir presiones. El Cronograma de obras del PD, modificado en 2018, incluye un necesario mejoramiento de la red de distribución.

La red surtía en 2014 a 3376 arranques domiciliarios, que representan 16.7 m de red por arranque, en el rango de baja densidad para localidades urbanas. La cobertura espacial de agua potable es 100%.

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR COMUNAL DE PUTAENDO

Tabla 1. Fuentes de Agua Potable de Putaendo (Q en l/s)

FUENTE	CAPTACION	TIPO	Q DISEÑO	Q PRODUCCION	Q DERECHOS	PROFUNDIDAD (m)	N. ESTATICO (m)	LONGITUD (m)
CANAL	LA COMPAÑÍA	SUPERFICIAL	45.0	26,6	45			
CANAL	EL PUEBLO	SUPERFICIAL		0	5.3 ACCIONES			
DREN	JUAN ROZAS	SUBTERRANEA		0	3.68			200
SONDAJE	SONDAJE	N° 626	12	0	12	131	113.3	
SONDAJE	SONDAJE	GRANALLA 1	45	0	132	183		
SONDAJE	SONDAJE	GRANALLA 2	75	54,03	53	250	149.5	
SONDAJE	SONDAJE	GRANALLA 3	40	40	40			
SUMAS				120,63	237			

Tabla 2. Estanques de regulación.

ESTANQUE	TIPO	MATERIAL	VOLUMEN (M3)	COTA RADIER	COTA AGUA MAX
LOS ESPINOS	SEMIENTERRADO	H. ARMADO	750	838.6	843.6
EL LLANO	SEMIENTERRADO	H. ARMADO	300	896.6	899
EL LLANO N°2	SEMIENTERRADO	H. ARMADO	150	901.8	904.1
EL LLANO N°3	SEMIENTERRADO	H. ARMADO	750	S/I	S/I

Tabla 3. Plantas Elevadoras.

PLANTA ELEVADORA	Q DISEÑO (l/s)	Q ACTUAL (l/s)	ALTURA ELEVACION (m.c.a.)
LOS ESPINOS	60	60	69
CERRO EL LLANO	15	15	33

Tabla 4. Red de Distribución.

MATERIAL	ASB. CEMENTO	PVC	ACERO	HDPE	FIERRO FUNDIDO	TOTAL
LONGITUD	14618	21501	3702	16105	591	56517
%	26%	38%	7%	28%	1%	100%
D<75 mm	7960	1152				9112
%	87%	13%	0%	0%	0%	100%

Fuente: PD ESVAL 2015.

III.2 Servicios Rurales de Agua Potable (APR) en la comuna de Putaendo.

Según información de la DOH, la comuna cuenta con siete sistemas de APR:

- Casablanca (*)
- **Las Coimas (La Ermita-Las Coimas-El Encón)**
- Piguchén
- Población Hidalgo
- **Quebrada de Herrera (*)**
- **Rinconada de Guzmanes (Guzmanes) (*)**
- Los Patos

(*): Han tenido ampliación reciente del Servicio de APR.

Se recurre a lo señalado en PLADECO de Putaendo solo para detallar el emplazamiento de estos 7 sistemas de APR sobre imagen de Google Earth; la información actualizada de su cobertura está siendo obtenida a través de la DOH.

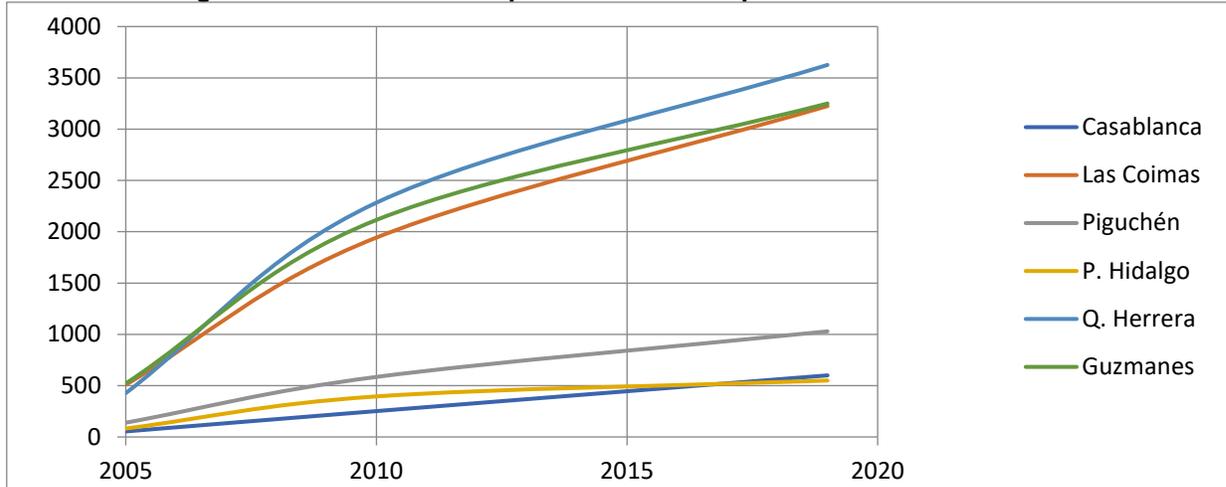
Figura III-21. Ubicación de Sistemas de APR.



Fuente: GOOGLE EARTH-PLADECO

Las características de los servicios de APR se resumen en la Tabla 5 siguiente, donde cabe destacar Quebrada de Herrera, Los Guzmanes y Las Coimas por el número de arranques y el tamaño de la población servida, lo que evidencia su potencial para devenir en urbanos. Estos tres sistemas de APR suman una población rural comparable con la urbana de la ciudad de Putaendo.

Figura III-22. Evolución de población servida por sistemas de APR



Fuente: DOH.

La fuente de agua de los sistemas de APR es el curso superficial del valle del río Putaendo y sus canales, más el acuífero en sus rellenos, el que según la DGA cuenta con una oferta de 720 l/s y asegura su disponibilidad actual, la que por cierto deberá incrementarse en gran medida con la reciente puesta en servicio del riego a partir de la entrada en operación del embalse Chacrillas (noviembre de 2018). A fines de noviembre de 2020 el volumen embalsado era de 11.5 millones de metros cúbicos, según información de la Junta de Vigilancia del río Putaendo, con aporte de 1.6 m³/s al valle, considerando 0.29 m³/s de filtraciones.

Tabla 5. Servicios de APR en la comuna de Putaendo.

Nombre	Fuente de suministro	Tipo	Año puesta en marcha	Año 2019		Año 2010		Año 2005	
				N° Arranques	Población estimada	N° Arranques	Población estimada	N° Arranques	Población estimada
Casablanca	Estero Chalaco	Comité	1996	97	600	69	252	330	54
Las Coimas	Sondaje	Comité	1984	645	3225	532	1943	2161	509
Piguchén	Estero La Clara	Comité	1988	210	1029	160	585	665	139
P. Hidalgo	Estero La Clara	Comité	1999	115	550	108	395	395	82
Quebrada de Herrera	Sondaje	Comité	1979	740	3626	625	2283	2789	427
Guzmanes	Sondaje +canal	Comité	1984	329	3250	579	2115	2530	521
Los Patos	Estero Chalaco	Comité	2011	29	160				

Fuente: PLADECO-DOH.

Los sistemas de APR en Los Patos y Casablanca han experimentado deficiencias derivadas de su fuente de captación de aguas desde el estero Chalaco, que al tener turbiedades excesivas ha

derivado en insuficiencia del sistema de tratamiento para cumplir con NCh 409 de agua potable; estas situaciones requirieron intervenciones para una adecuada conservación del sistema de producción. La solución apropiada es el suministro directo con aguas claras desde el cercano embalse Chacrillas, hoy en operación.

En general los abastecimientos desde esteros son frágiles ante las consecuencias del cambio climático; el aporte de vertientes depende de la recarga por lluvias de las napas subterráneas que las alimentan, y las soluciones de emergencia mediante camiones aljibe tienen un muy alto costo y, técnicamente, no aportan agua potable por el manejo que intermedia desde los sistemas productivos para llegar a los usuarios finales. En el caso de suministro desde canal se tiene la necesidad de cortes de servicio para mantención anual periódica, más la dificultad de las pérdidas propias de estos cursos de agua.

Los abastecimientos idealmente seguros en calidad y cantidad son las captaciones subterráneas mediante pozos profundos, las que se favorecen por la buena productividad del acuífero del río Putaendo; si bien el cambio climático tiene efecto generalizados en disminución de aportes de lluvias y desde glaciares, que importan un descenso de nivel en las napas de agua subterránea por menor recarga de acuíferos, en la comuna se presenta condiciones favorables para eventuales profundizaciones de los sondajes de captación, y se prevé que la puesta en servicio del embalse Chacrillas con mejoría en riego ha de propender a una mejor estabilidad futura de esos niveles.

III.3.1.- Servicio Urbano de Alcantarillado de Putaendo.

El sistema de alcantarillado urbano en la comuna de Putaendo es parte de la concesión sanitaria de ESVAL, y tiene su esquema y emplazamientos detallados en las figuras siguientes, los que están representados en forma detallada en planos del PD vigente; se caracteriza por una red principal de recolección Central, de operación gravitacional, que es complementada por dos sectores con elevación mecánica que le son tributarios: Hospital, que sirve el extremo oriental de la ciudad, y Los Alerces en el centro sur. Estos dos sectores, que son exteriores al Límite Urbano vigente, ahora son incluidos en este proyecto de PRC.

Recolección.

La infraestructura de recolección mostraba en 2014 que se tenía 2059 uniones domiciliarias (UD), que incluyen los 62 clientes rurales acogidos al Art 52 bis y externos al TO concesionado; a partir de un 62% de cobertura espacial entonces, la proyección estima llegar a 70.5% para el año 2030.

Tabla III-6. Composición de la red de recolección de aguas servidas.

MATERIAL	CEMENTO COMPRIMIDO	PVC	ACERO	HORMIGON	HDPE	TOTAL
LONGITUD	11135	5370	166	268	800	17739
%	63%	30%	1%	2%	5%	100%

Fuente: PD ESVAL

Los sectores al oriente del área central no tienen la cota de terreno suficiente para descargar gravitacionalmente a la red gravitacional Central, y recurren a elevación mecánica y conducciones en presión con 839 m de trazados; solo la planta Putaendo asociada al hospital, de mayor capacidad, dispone de generador eléctrico de respaldo para dar continuidad de servicio.

Tabla III-7. Elevación mecánica en red (PEAS).

PLANTAS ELEVADORAS DE A.S.	CAUDAL (l/s)	ALTURA ELEVACION (m.c.a.)
PUTAENDO(HOSPITAL)	36	31.3
LOS ALERCES	5	9.7

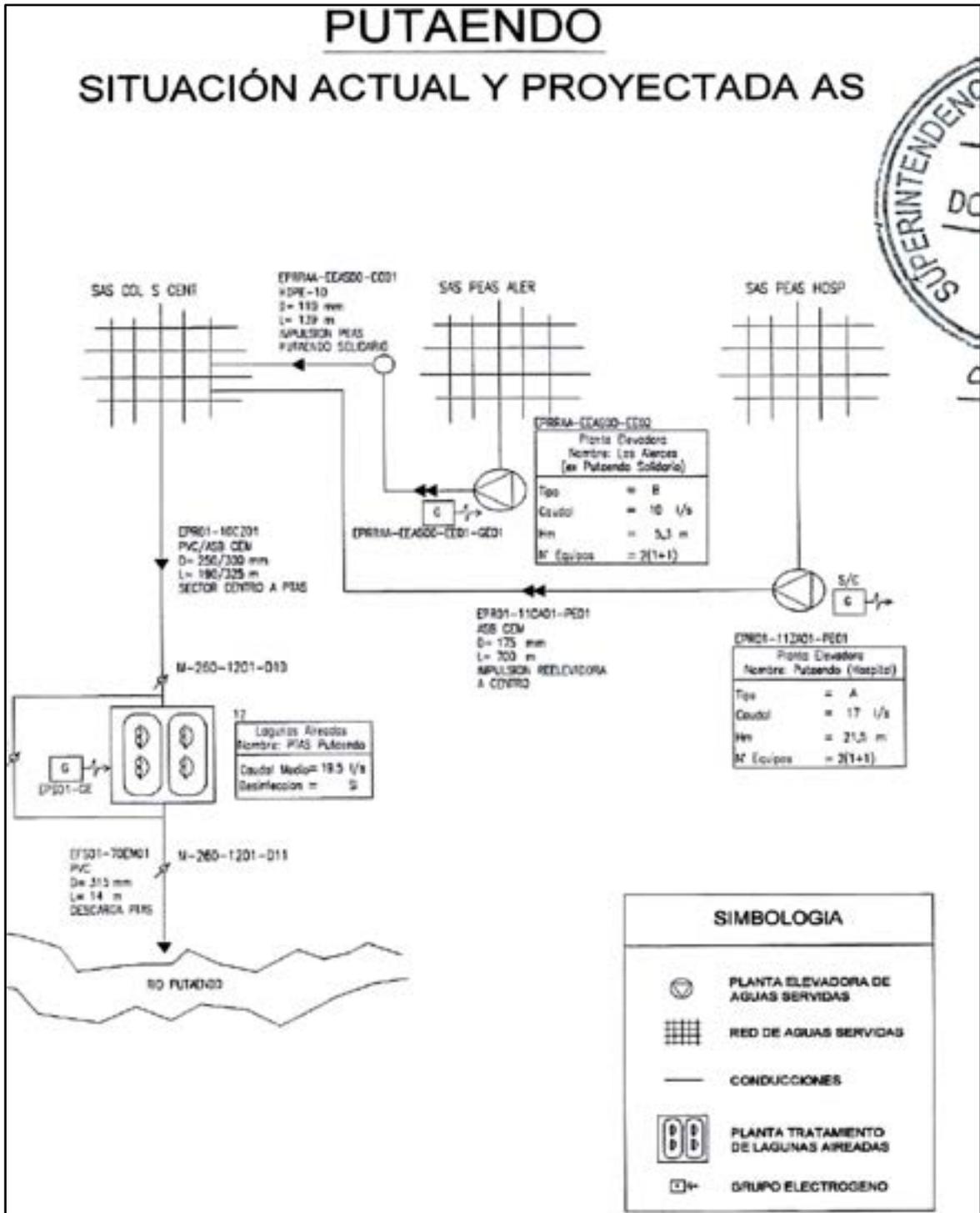
Fuente: PD ESVAL

Disposición.

Las aguas recolectadas son conducidas al recinto de la planta de tratamiento biológico emplazada al sur poniente de la ciudad y colindante con el cauce del río, del que está protegida frente a crecidas por defensas fluviales. Su funcionamiento es mediante lagunas aireadas, su capacidad es de 19.5 l/s, y la descarga hacia el río tiene solo 14 m de longitud.

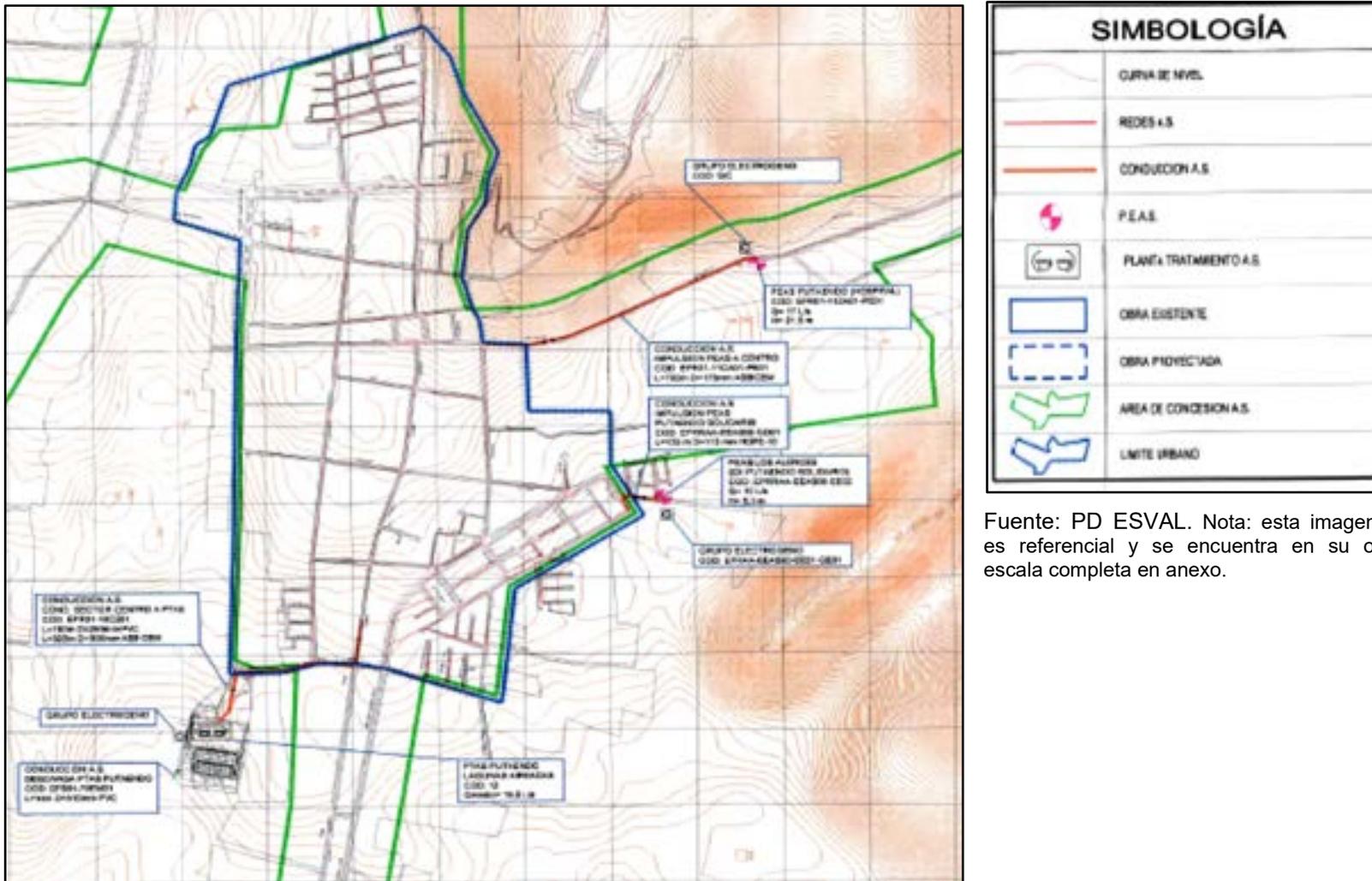
El cumplimiento de la norma del DS 90 – Tabla 1, de tratamiento y descarga de la planta, indica 100% de cumplimiento en 2017 y hasta octubre de 2020, según reporta la SISS.

Figura III-24. Esquema lineal de la Infraestructura de alcantarillado en Putaendo.



Fuente: PD ESVAL 2015

Figura III-25. Sinopsis de la Infraestructura comunal de alcantarillado.



Fuente: PD ESVAL. Nota: esta imagen editada es referencial y se encuentra en su original a escala completa en anexo.

Figura III-26. Emplazamiento de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.



Fuente: GOOGLE EARTH

III.3.2.- Servicios Rurales de Alcantarillado en la comuna de Putaendo.

El Catastro del año 2012 para el sector rural de la Unidad de Saneamiento Sanitario de la SUBDERE del Ministerio del Interior no reportaba soluciones de alcantarillado rural en la comuna de Putaendo; en cambio la versión actualizada del PLADECO

señala que se dispone de diseños de instalación de estos servicios de alcantarillado en Quebrada de Herrera, Las Coimas y Rinconada de Guzmanes, y en condición de entrar servicio en Piguchén, Rinconada de Silva y Granalla.

La importancia de este avance en soluciones de alcantarillado está en que hay un crecimiento significativo de la población rural de la comuna, y las soluciones tradicionales de eliminación de las aguas residuales en fosas sépticas, pozos negros y cursos de agua se hacen impracticables y sanitariamente inadecuadas con la mayor concentración de población y menores superficies prediales que estos crecimientos implican, llegando a ser un obstáculo para sostener la demanda de nuevas poblaciones con densidades más elevadas.

La perspectiva de mediano y corto plazo es que la implementación del Reglamento de la ley 20998 de servicios sanitarios rurales pondrá a disposición de la DOH los instrumentos administrativos, técnicos y financieros para reducir la brecha que se ha generado por el buen éxito de los programas de APR que han favorecido el crecimiento de las localidades rurales una vez que cuentan agua potable, pero que han carecido de soluciones de alcantarillado acordes con ese crecimiento.

III.4 Planes de Expansión de Servicios Sanitarios

En conformidad con la Ley Sanitaria, los servicios sanitarios concesionados deben evaluar cada cinco años la evolución de las demandas probables en su Territorio Operacional (TO) y contrastarlas con las capacidades de servicio de su infraestructura en un horizonte de 15 años; en caso de detectarse situaciones deficitarias, ha de planificarse las obras necesarias para sobrellevar las carencias previsibles, y establecer un calendario de ejecución de obras que deban entrar en servicio en el primer quinquenio del período de análisis, cuyo cumplimiento es vigilado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). La revisión de 2014 del PD ha modificado en 2018 su Cronograma de Obras, apuntó a las siguientes obras y la oportunidad de su ejecución y puesta en servicio:

- Construcción y Habilitación de sondaje Granallas N°3, Q=40 l/s, en 2018.
- Rehabilitación sondaje Granallas N°1, Q=40 l/s, en 2018.
- Mejoramiento de redes de distribución con cañería de HDPE, de 2018 a 2030.
- Construcción estanque El Llano N°3 de 750 m³, en 2017.
- Mejoramiento de red de recolección de alcantarillado, en 2023.

Si bien el crecimiento esperado de la población urbana es muy moderado, las obras reseñadas apuntan a fortalecer la infraestructura de servicio, y se agrega a esto el mejoramiento de la disponibilidad hídrica en el valle con la puesta en operación del riego gracias al embalse Chacrillas, con el doble beneficio de dar mayor seguridad a los escurrimientos superficiales y a la consecuente mayor recarga del acuífero, y de amortiguar eventos de crecidas.

Debe destacarse que este valle del río Putaendo ha sido marcadamente afectado por los trastornos resultantes del cambio climático, cuyos cambios más notorios son la menor cantidad de nieve y lluvia en las precipitaciones anuales, por tormentas menos frecuentes y de menor duración, pero de mayores intensidades y concentradas en breves períodos; es así que el embalse Chacrillas ha llegado oportunamente para neutralizar de manera importante estos efectos adversos; otro factor de importancia es el incremento en la tasa de deshielo de los glaciares cordilleranos en las cabeceras de la cuenca del río Putaendo.

Se concluye que la factibilidad técnica de servicio de la infraestructura de agua potable será particularmente reforzada con la operación del embalse, y no se tiene impedimentos

técnicos para que la infraestructura de aguas servidas siga prestando su servicio en forma eficiente.

Las áreas urbanas no incluidas en el TO escapan a la responsabilidad de los concesionarios de prestación obligatoria de los servicios sanitarios, y en estos casos son los interesados en los desarrollos urbanos quienes han de abordar la provisión de agua potable y alcantarillado, para lo cual se cuenta con las siguientes posibilidades:

- Gestionar la expansión del TO concesionado más próximo, intercediendo ante la empresa respectiva.
- Solicitar la licitación de nueva concesión sanitaria a la SISS en el área de interés.
- Desarrollar sistemas de agua potable y alcantarillado particular según las disposiciones de la autoridad de salud regional.

Para las áreas rurales que ya cuentan con servicios de APR la inclusión de nuevos sectores queda sujeta a la decisión de la administración local del servicio, la que puede requerir el concurso de la DOH del MOP para eventuales expansiones de la infraestructura necesaria para atender los nuevos territorios o su densificación. En ciertos casos se podrá requerir servicio desde la concesión más próxima mediante el Art 52 bis de la ley sanitaria bajo la modalidad no regulada de la prestación, y en estos casos se queda al arbitrio del concesionario el tarifado a aplicar.

III.5 Disponibilidad Hídrica.

Según información de la DGA y CNR, la disponibilidad histórica de agua superficial en el río Putaendo indica:

- Caudal medio anual: 8.39 m³/s (DGA, 2004) – 6.34 m³/s (CNR, 2003)
- Caudal de verano (octubre a marzo), probabilidad 50%: 8.43 m³/s
- Caudal de verano (octubre a marzo), probabilidad 85%: 3.66 m³/s

En cuanto a recursos superficiales, la oferta disponible en 2003 según la CNR alcanzaba a 0.72 m³/s.

Dado que la demanda de agua por parte de la ciudad de Putaendo no excede en ningún caso de 100 l/s en el largo plazo, y asumiendo que en ese mismo plazo la creciente población rural pudiese llegar a esa misma demanda, los 200 l/s estimables son una muy mínima parte de las disponibilidades hoy existentes, esto como resultado de estudios basados en las estadísticas hidrológicas del pasado siglo XX, y no habría riesgo para su disponibilidad, más aún si se tiene la seguridad adicional del embalse Chacrillas.

Sin embargo, debe considerarse que los sistemas de agua potable de la comuna de Putaendo se surten de las fuentes superficiales abastecidas por el río Putaendo más su red de canales de riego, y las fuentes de captaciones subterráneas habilitadas en el relleno fluvial de ese curso. Las aguas tienen origen mixto pluvial y níveo, lo que les imparte cierta irregularidad en caudales a lo largo de años hidrológicamente normales. Ahora es evidente que a partir del año 2000 la zona central de Chile viene experimentando un período con una marcada reducción de precipitaciones líquidas y sólidas que ha redundado en un creciente déficit de disponibilidades de agua desde ambas fuentes. Este fenómeno bien podría ser circunstancial y recuperarse la normalidad en algún tiempo, o ser de carácter permanente, como sería el caso si se confirma la tendencia de “Cambio Climático” en desarrollo; este cambio tendría su origen en el calentamiento global de la atmósfera y los mares por el desbalance y aumento de gases con efecto invernadero (CO₂, CH₄), con incremento de la cubierta de nubes en zonas tropicales y su posterior avance hacia latitudes sub tropicales, con mayores

precipitaciones y liberación de aire cálido y seco que asciende para descender posteriormente sobre las fajas desérticas en torno a los trópicos de Capricornio por el sur y de Cáncer por el norte. En general, se desplazarían así hacia los polos los diferentes ciclos de circulación de la atmósfera, y en el caso chileno se traduciría en el avance hacia el sur de la desertificación en la zona central.

Los efectos de esta sequía son notables para Putaendo, con una disminución significativa de la escorrentía superficial en sectores del río Putaendo que surte demandas de regadío agrícola y agua potable consuntivas, y recarga del acuífero; en cuanto a las aguas subterráneas, son objeto de extracciones de regadío agrícola y agua potable, y se verifica que ha sido necesario perforar nuevos pozos de ESVAL hasta 250 m de profundidad en vez de los 130 m del primer sondaje en servicio.

El descenso de nivel estático trae aparejado que las captaciones ven incrementadas sus alturas geométricas de elevación, e inversamente disminuido el caudal de bombeo obtenible para un mismo equipo. Se agrega a esto que al disminuir el espesor del acuífero aumenta la posibilidad de interferencia entre captaciones, incrementando los descensos de nivel dinámico por sobre los estáticos. Así, pozos de menor profundidad de perforación han quedado inoperantes.

Las medidas adoptadas han paliado hasta ahora la situación de escasez, sin afectar mayormente la disponibilidad para agua potable, en parte beneficiadas por el emplazamiento de las captaciones del río Putaendo en su curso superior. En lo inmediato se tiene en plena operación el embalse Chacrillas, actualmente en torno a un 30% de la capacidad final de llenado con 30 Hm³ gracias a los deshielos de 2018-2020, y por lo tanto se dispondrá de elevada regularización de los flujos en río y sus canales derivados, asegurando la disponibilidad a largo plazo para todas las demandas con derechos constituidos, y aportando plena factibilidad a las demandas de agua potable en particular. Debe tenerse en cuenta que el caudal ecológico que se descarga es de 560 l/s, con prioridad sobre las demandas de regadío, con lo que se sostiene en buena medida las extracciones subterráneas para uso potable, siempre y cuando se tenga estrecha vigilancia sobre el uso de captaciones subterráneas existentes para otros fines.

Debe hacerse notar que la demanda de agua potable tiene mínimo impacto en el empleo global de los recursos hídricos: asumiendo que se destine un 70% en lo agropecuario y forestal, un 20% en industria, y un 10% de la disponibilidad total para consumo humano, aproximadamente el 80% de este último uso es devuelto a cauces como aguas servidas tratadas o al subsuelo mediante infiltración desde sistemas individuales de tratamiento con disposición sub superficial, resultando así una huella hídrica efectiva del orden del solo 2%. Esto, no resaltado debidamente, debe ser considerado al asignar prioridades en la asignación de este recurso limitado.

Finalmente, no puede descartarse que en caso extremo de crisis hídrica en el valle del río Aconcagua, Putaendo bien pudiera integrarse a una solución para la cuenca que recurra a abastecer con agua de mar desalinizada que comprenda desde Con Con hasta Los Andes, evitando afectar las demandas agrícolas e industriales, y más bien sumando en alguna medida nuevos recursos con alta seguridad.

III.6 Análisis de la planificación del PRC y efecto en la Infraestructura Sanitaria.

La planificación de este PRC se aplica a las actuales localidades urbanas de Putaendo y Rinconada de Silva, más el sector de Las Coimas, hoy rural que pasa a ser urbano. Las directivas de esta planificación tienen implicancias en las infraestructuras de agua potable y alcantarillado, pues es necesario establecer la factibilidad de que la aplicación de esas directivas sea compatible con la disponibilidad de las capacidades de servicio de esos servicios sanitarios.

Figura III-27. Localidades sujetas a la planificación urbana.



Fuente: este Anteproyecto de PRC.

III.6.1.- Proyecciones de población esperable.

Una primera consideración es la disponibilidad de superficies asignadas para uso habitacional en estas áreas urbanas, con sus respectivas densidades máximas de ocupación, lo que, considerando sus superficies delimitadas, conduce a estimar la cabida máxima posible admisible y la probable según limitaciones prácticas, lo que a su vez debe ser contrastado con las tendencias históricas de crecimiento y su proyección en el tiempo, para determinar con ello el impacto esperable en los servicios sanitarios

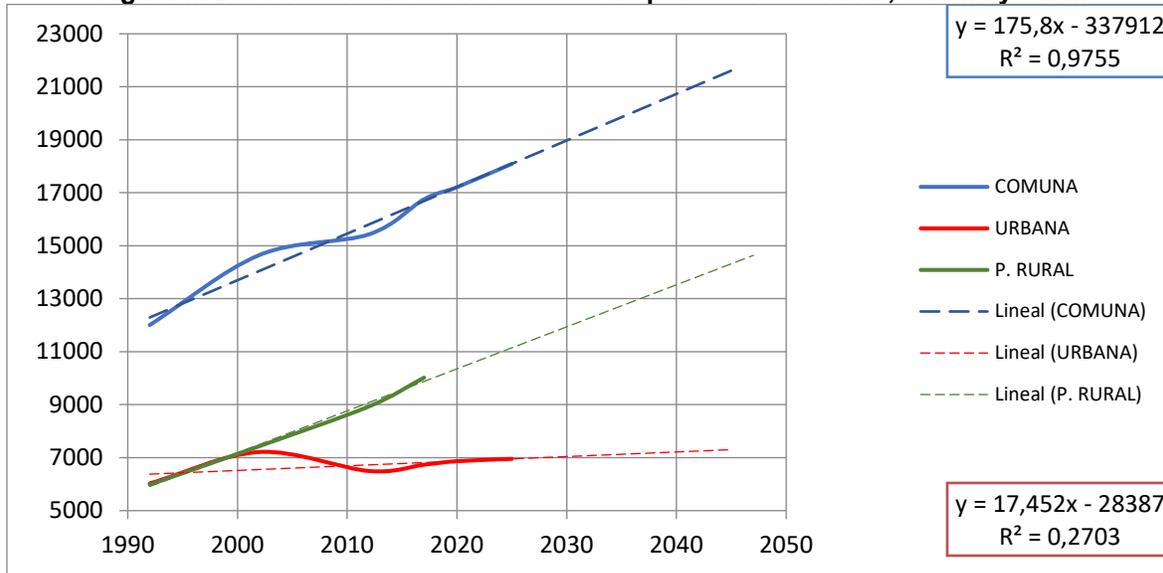
Información censal. Se resume la estadística de censos desde 1992 a 2017 en la comuna, desglosada en población urbana y rural, y se acompaña las extrapolaciones lineales de sus tendencias hacia el año 2050, más su gráfica respectiva.

Tabla III-8. Datos censales de la comuna de Putaendo y sus proyecciones.

AÑO CENSO	1982	1992	2002	2012	2017		
P COMUNA	9302	12006	14649	15432	16754		
P URBANA		6027	7214	6495	6734		
P. RURAL		5979	7435	8937	10020		
% URB/COMUNAL		50%	49%	42%	40%		
AÑO	P. COMUNA	P. URBANA	P. RURAL	AÑO	P. COMUNA	P. URBANA	P. RURAL
1992	12006	6027	5979	2030	18971	7041	11930
2002	14649	7214	7435	2035	19851	7128	12723
2012	15432	6495	8937	2040	20732	7215	13516
2017	16754	6734	10020	2045	21612	7302	14309
2020	17211	6867	10344	2050	22492	7390	15102
2025	18091	6954	11137				

Fuente: INE más elaboración propia.

Figura III-28. Tendencias de crecimiento de población comunal, urbana y rural.



Fuente: INE más elaboración propia.

Es necesario interpretar tanto los datos censales como su tendencia de largo plazo: lo referido a población urbana en el INE comprende esencialmente el área central de la ciudad, básicamente delimitada por el Límite Urbano vigente desde 1984, que corresponde a un sector antiguo y muy consolidado, y que excluye el entorno inmediato y sus alrededores que han recibido buena parte de la expansión poblacional más reciente. Esto explicaría el escaso crecimiento poblacional urbano mostrado, del orden de 18 habitantes por año según tendencia, y el explosivo crecimiento en el área “rural” que muestra 10 veces mayor tasa de crecimiento.

Lo anterior es ratificado con la información de la DOH en 2019 para los sistemas de APR, que ratifican que el crecimiento acelerado en las localidades que cuentan con ese servicio, que prácticamente se cuadruplica en solo 15 años:

Tabla III-9. Estadística de población comunal servida por APR: 2005 - 2019.

Año	Casablanca	Las Coimas	Piguchén	P. Hidalgo	Q. Herrera	Guzmanes	Los Patos	TOTALES
2005	54	509	139	82	427	521		3737
2010	252	1943	585	395	2283	2115		9583
2014	276	2128	640	432	2500	2316	160	10466
2019	441	2903	1112	599	4086	3236	293	12670

Fuente: DOH/MOP.

Para este estudio de PRC es relevante la localidad de Las Coimas, por ser objeto de paso de rural a urbano; su tendencia es de aumentar en 160 habitantes por año, y así podría apuntar a llegar a 8000 habitantes en 2050.

En consideración a los análisis presentados, se postula que la relación efectiva entre la población asentada en espacios urbanos de la comuna respecto del total de la población comunal se mantendrá a futura en el orden del 40% reflejado en el Censo de 2017, y su radicación ocurrirá, al menos en el corto y mediano plazo en los sectores representados en la Figura III-27: Putaendo y Rinconada de Silva conexos, y Las Coimas; no se descarta que en plazos más extendidos puedan incorporarse como urbanas otras localidades rurales que evidencian rápido crecimiento. Si se acoge la hipótesis de que solo un 40% de

la población comunal se radicaría en áreas urbanas, podría tenerse que del total esperable de 22492 habitantes estimados a 2050 habría 8997 personas en lo que hoy es el reducido sector urbano, y que actualmente está principalmente en el sector céntrico de Putaendo, y 13495 en la actual ruralidad, pero de los cuales a futuro aproximadamente 5000 correspondientes a Las Coimas devendrían en urbanos; por cierto esto puede tener otra configuración a partir de la vigencia de la actualización de este PRC en ejecución y su nueva planificación espacial.

Capacidad límite de población en áreas habitacionales planificadas. En esta etapa de Anteproyecto se ha definido uso habitacional en diversas zonas del área urbana y establecido sus capacidades máximas admisibles para su densificación en términos de habitantes por hectárea; la capacidad teórica de máxima ocupación resulta del producto de esas densidades máximas por las respectivas áreas totales asignadas para uso residencial. La tabla a continuación muestra ese cálculo, más la resultante de aplicar un factor de probable grado de ocupación efectiva, de 80% en este caso.

Tabla III-10a. Cabida máxima de habitantes: Putaendo-Rinconada de Silva.

Zonas	Clasificación de Zonas Habitacionales	Superficie total cada zona	Densidad Máxima	Población Saturación	Población Probable
		(Hás)	(Hab/Há)	(Habitantes)	(Habitantes)
ZCB	Zona calle Brasil	17.557	80	1405	1124
ZCL	Zona Centralidad Local	9.401	114	1072	858
ZR1	Zona Residencial mayor densidad	91.525	200	18306	14645
ZR3	Zona Residencial menor densidad	3.493	40	140	112
ZR4	Zona Residencial muy baja densidad	7.957	20	160	128
ZT-AA	Sub zona Avenida Alessandri	3.949	80	316	253
ZT-BC	Sub zona borde cerro	3.095	40	124	100
ZT-CC	Sub zona calle Comercio	15.939	80	1276	1021
ZT-Ch	Sub zona Chacabuco	7.292	80	584	468
ZT-ExE	Sub zona ex estación	4.945	80	396	317
ZT-P SM a	Sub zona Portales-San Martín a	7.445	80	596	477
ZT-T SM b	Sub zona Portales-San Martín b	4.117	80	330	264
ZT-S	Sub zona Sarmiento	6.704	80	537	430
ZT-TN	Sub zona de transición norte	2.608	200	522	418
	Totales Putaendo-Rinconada de Silva	186.027		25764	20615

Tabla III-10b. Cabida máxima de habitantes: Las Coimas.

Zonas	Clasificación de Zonas Habitacionales	Superficie total cada zona	Densidad Máxima	Población Saturación	Población Probable
	Las Coimas	(Hás)	(Hab/Há)	(Habitantes)	(Habitantes)
ZR1	Zona Residencial mayor densidad	4.333	200	867	694
ZR2a	Zona Residencial media densidad a	5.030	150	754	604
ZR2b	Zona Residencial media densidad b	4.131	150	620	496
ZR3	Zona Residencial menor densidad	11.517	40	461	369
ZCL	Zona Centralidad Local	4.825	114	550	440
	Totales Las Coimas	29.835		3251	2602

Fuente: Este Anteproyecto PRC más elaboración propia.

Dada la estructura consolidada del emplazamiento definitivo de estas zonas de uso habitacional, puede asignarse que los 22492 habitantes totales probables en la comuna hacia 2050 dispondrán de espacios habitables con capacidad para acoger unos 29015 habitantes con 100% de saturación, y 23217 con 80% de ocupación efectiva, lo que les aseguraría una amplia disponibilidad; esto, a su vez, daría cuenta de que la ruralidad actual tiene también disponibilidad para asentarse en zonas urbanas, como ya es el caso de Las Coimas y su incorporación significativa al espacio urbano.

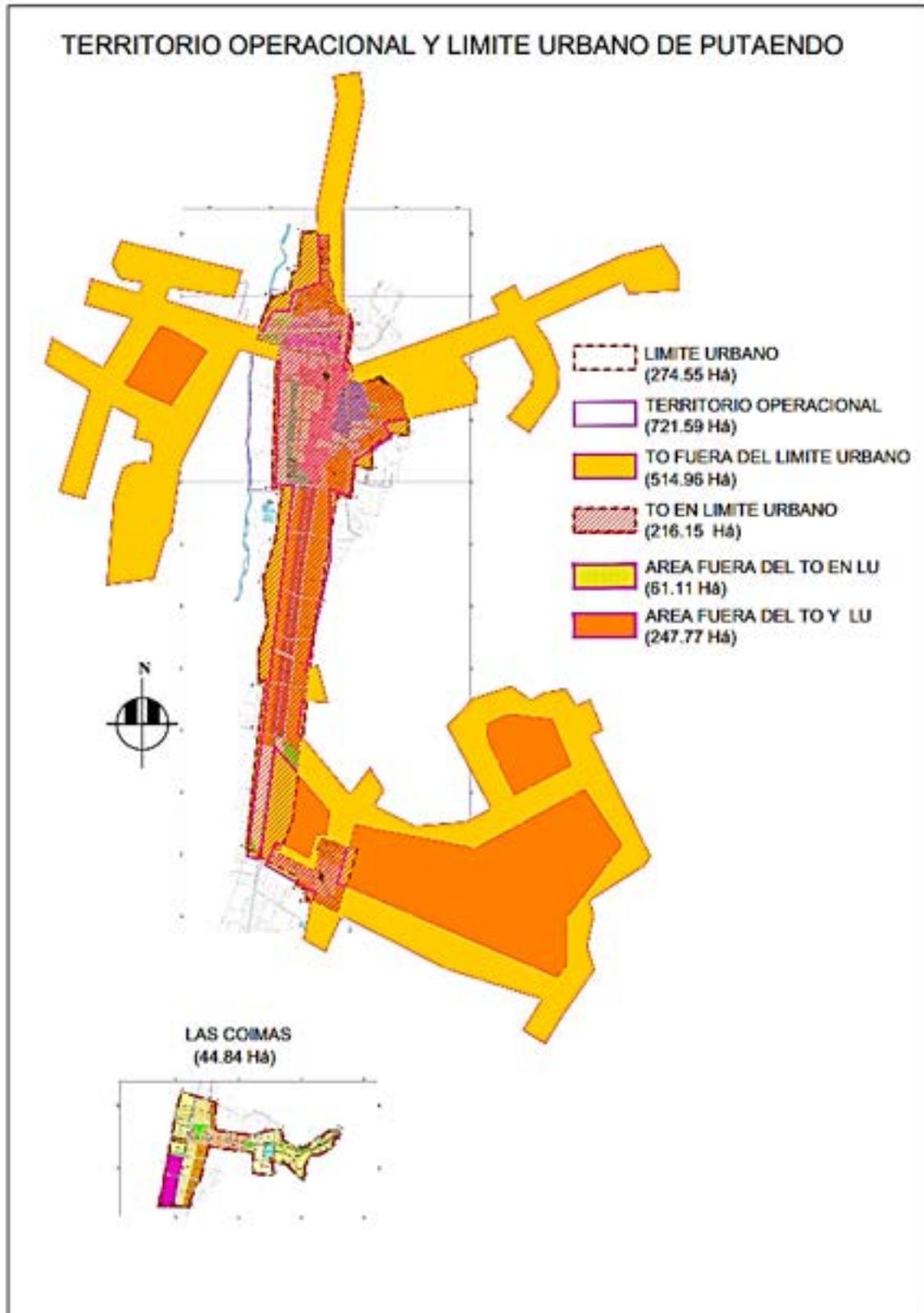
III.7 Factibilidad Técnica de los servicios de agua potable.

La factibilidad técnica para sistemas de agua potable tiene distinta condición según corresponda a territorio acogido a servicios urbanos concesionados según la Ley Sanitaria (DFL MOP 382 de 1980), o territorios no concesionados, servidos ya sea por sistemas de Agua Potable Rural (APR) según normativa de la DOH/MOP o por servicios particulares según reglamentación del MINSAL. En la comuna de Putaendo se tiene concesión sanitaria en la ciudad de Putaendo y sistemas de APR en Casablanca, Las Coimas, Piguchén, Población Hidalgo, Quebrada de Herrera, Rinconada de Guzmanes y Los Patos.

III.7.1.- Factibilidad del Servicio de agua potable concesionado en Putaendo

La figura a continuación muestra la extensión total de la concesión sanitaria de ESVAL (TO) en la comuna, con 721.59 Hás, que incluye 216.15 Hás de las 274.6 Hás del LU proyectado para Putaendo y Rinconada de Silva, dejando 61.21Hás urbanas fuera del TO; es notable que el TO incluye 514.96 Hás bajo concesión que en rigor serían de carácter rural y con servicio de acuerdo al Art. 52bis de la Ley Sanitaria.

Figura III-29. Relación entre Límite Urbano (LU) proyectado y concesión sanitaria (TO).



Fuente: Este Anteproyecto PRC más PD Putaendo/ESVAL.

La Ley Sanitaria impone la obligación del concesionario de dar pleno servicio al interior del TO, lo que en principio otorga plena factibilidad técnica de suministro en las 731.11 Hás enmarcadas en línea rosada y color ocre; se incluye así la mayor parte del área urbana aquí planificada, pues solo se excluyen 61.27 Hás, las que comprenden en buena parte áreas verdes. El no cumplimiento de esta obligación expone al concesionario a sanciones diversas, incluso pecuniarias, y en caso de grave recurrencia se permite que el fiscalizador, la SISS, ponga término a la concesión y ejecute las onerosas garantías de respaldo de la concesión

El compromiso de servicio es respaldado cada cinco años en las sucesivas actualizaciones del Plan de Desarrollo que ha de presentar a la SISS, con horizonte de análisis de 15 años y compromiso de ejecución en los primeros cinco años de las obras que aseguren la disponibilidad de agua; el Cuadro 4-5 del PD vigente para 2015-2030 resume esta programación de demandas esperables.

Cuadro 4-5: Proyección de demanda AP dentro del territorio operacional y clientes 52 Bis

Año	Población Total en T.O. Hab.	Cobertura AP %	Población Abast Hab.	Índice Habit. Habit./Hábit.	Clientes N°	Dotaciones de Consumo		Caudales de Consumo			Pérdidas Prod + Distrib %	Caudales de Producción		
						Población l/hab/día	Clientes m ³ /cl/mes	Qmedio l/s	Q max diario l/s	Q max horario l/s		Q medio l/s	Q max diario l/s	Q max horario l/s
2015	8.669	99,8%	8.647	2,66	3.490	229,8	17,3	23,0	30,7	46,0	54,4%	60,5	67,4	101,0
2016	8.735	99,8%	8.718	2,64	3.544	230,9	17,3	23,3	31,1	46,6	54,4%	61,1	68,2	102,4
2017	8.799	99,9%	8.788	2,62	3.599	232,0	17,2	23,6	31,5	47,2	54,4%	61,8	69,1	103,7
2018	8.851	99,9%	8.855	2,60	3.653	233,2	17,2	23,9	31,9	47,8	54,4%	62,5	70,0	105,0
2019	8.921	100,0%	8.921	2,58	3.708	234,4	17,2	24,2	32,3	48,4	54,4%	63,1	70,9	106,4
2020	8.984	100,0%	8.984	2,56	3.762	235,7	17,1	24,5	32,7	49,1	54,4%	63,8	71,8	107,7
2021	9.046	100,0%	9.046	2,54	3.817	237,0	17,1	24,8	33,1	49,7	54,4%	64,5	72,7	109,0
2022	9.107	100,0%	9.107	2,52	3.871	238,3	17,0	25,1	33,5	50,3	54,4%	65,1	73,6	110,3
2023	9.166	100,0%	9.166	2,50	3.926	239,6	17,0	25,4	33,9	50,9	54,4%	65,8	74,4	111,7
2024	9.224	100,0%	9.224	2,48	3.980	240,9	17,0	25,7	34,3	51,5	54,4%	66,5	75,3	113,0
2025	9.280	100,0%	9.280	2,47	4.035	242,2	16,9	26,0	34,7	52,1	54,4%	67,1	76,2	114,3
2026	9.335	100,0%	9.335	2,45	4.090	243,6	16,9	26,3	35,1	52,7	54,4%	67,8	77,1	115,7
2027	9.389	100,0%	9.389	2,43	4.144	245,0	16,9	26,6	35,5	53,3	54,4%	68,4	78,0	117,0
2028	9.442	100,0%	9.442	2,41	4.199	246,4	16,9	26,9	35,9	53,9	54,4%	69,1	78,9	118,3
2029	9.493	100,0%	9.493	2,39	4.253	247,8	16,8	27,2	36,3	54,5	54,4%	69,8	79,8	119,6
2030	9.544	100,0%	9.544	2,38	4.308	249,3	16,8	27,5	36,7	55,1	54,4%	70,4	80,7	121,0

Notas: 1.- Incluye clientes 52 bis.

Si bien esta proyección de demandas debe ser reemplazada por la nueva versión del PD 2020-2035, puede entenderse que la demanda de 9544 habitantes prevista para 2030 sería cubierta en 2018 con las obras de los sondajes Granallas N°3 y N°1, que llevan la capacidad de producción a 80 l/s; es sorprendente que se persiste en la mantención del nivel de pérdidas en 54.4% durante 15 años, pues es impensable no reducir esa cifra a un nivel perfectamente alcanzable para sistemas con producción básicamente desde sondajes, del orden de 15% o menos. Es también notable el incremento de la dotación de consumo desde 229.8 l/hab./día a 249.3. En todo caso, si se llevase las pérdidas a 15%, la demanda de producción sería rebajada a 60 l/s para 2030, o bien, con 80 l/s disponibles se podría abastecer a 12800 habitantes en el TO. Si se considera que se mantiene un crecimiento lineal de población en el TO entre 2030 y 2050, se tendría entonces una población servida del orden de solo 10800 habitantes, por lo que sería suficiente la capacidad disponible, incluso con eventuales cambios menores de la configuración de la concesión. Esto implica que las áreas definidas urbanas en este Anteproyecto e incluidas en el TO, una parte menor en el total de la concesión, podrán estar cubiertas plenamente en sus demandas de agua potable en el largo plazo.

La disponibilidad de agua es la componente más crítica para la factibilidad técnica que se considera, y se considera suficientemente asegurada por la Ley Sanitaria más mejoras en la disponibilidad hídrica en el valle del río Putaendo gracias a la operación del embalse Chacrilla, que asegura como mínimo la descarga del caudal ecológico (620 l/s) suficiente para la recarga inmediata del acuífero; otros factores de menor ponderación son las obras

ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR COMUNAL DE PUTAENDO

Tabla III-11. Resumen de la información de APR en 2019 por la DOH.

Nombre del Sistema	N° de Captaciones	UTM Norte WGS 84	UTM Este WGS 84	Caudales de producción (l/s)	Tiene sistema de elevación	Longitud de redes (m)	Tipo de estanque	Volumen estanque (m3)	N° de Arranques	Población estimada (N°)	Factibilidades pendientes
CASABLANCA	2	6402905	351642	0	No	2500	semienterrado	35	98	441	
		6402663	351036	0							
LAS COIMAS	2	6385330	338466	9.4	Sí	20000	semienterrados	80	645	2903	134
		6384909	337988	0				20			
PIGUCHÉN	1	6401987	351415	0	No	5000	elevado	25	247	1112	
							elevado	45			
POBLACIÓN HIDALGO	1	6401982	351429	0	No	11000	elevado	25	133	599	
							elevado	10			
QUEBRADA DE HERRERA	2	6386359	336768	13	Sí	20000	elevado	60	908	4086	
		6386339	336768	0			elevado	60			
RINCONADA DE GUZMANES	2	6391297	338296	8.75	Sí	30000	elevado	10	719	3236	192
				0			elevado	50			
		6393337	338398	0			elevado	20			
				0			elevado	5			
LOS PATOS	1	6404566	351623	0	No	4000	elevado	25	65	293	

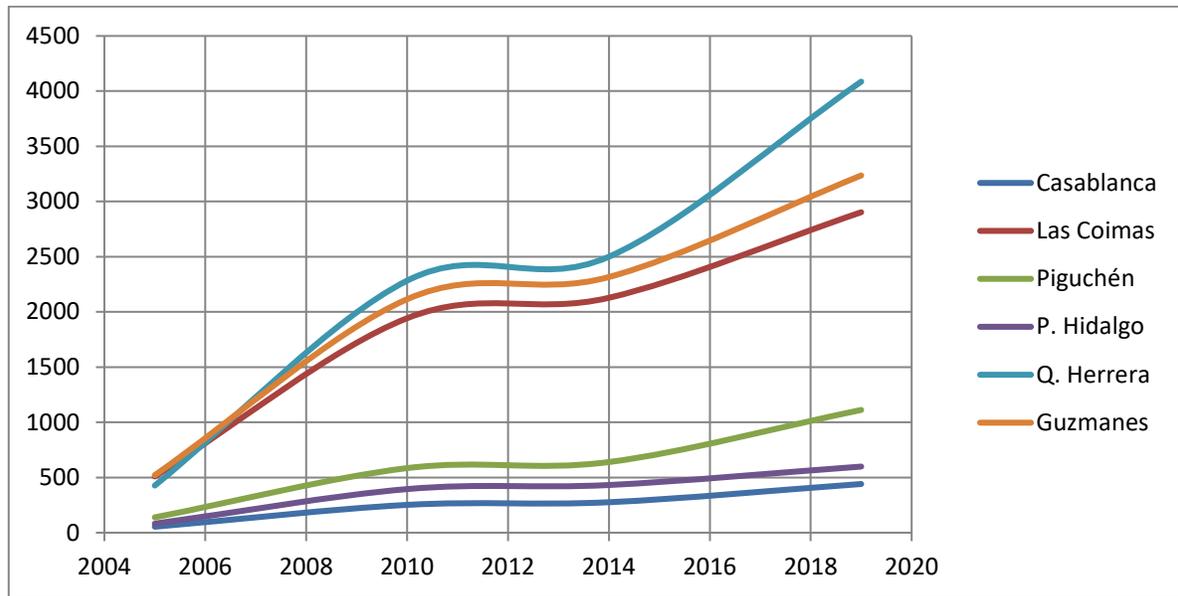
Fuente: DOH - MOP

Tabla III-12. Evolución de la población en localidades con APR: 2005-2019.

Año	Casablanca	Las Coimas	Piguchén	P. Hidalgo	Q. Herrera	Guzmanes	Los Patos	TOTALES
2005	54	509	139	82	427	521		3737
2010	252	1943	585	395	2283	2115		9583
2014	276	2128	640	432	2500	2316	160	10466
2019	441	2903	1112	599	4086	3236	293	12670

Fuente: DOH - MOP

Figura III-31. Gráfico de evolución de población en sistemas APR: 2005-2019



Fuente: DOH/MOP más elaboración propia.

Se analiza brevemente la condición general de estos sistemas de APR, con mayor énfasis en los tres de mayor envergadura, y especial atención a Las Coimas por ser definido como urbano en este Anteproyecto de PRC.

APR Casablanca. Esta pequeña comunidad tuvo abastecimiento gravitacional con captación en el estero Chalaco, afectado por turbiedades y escasa seguridad hidrológica, por lo que debió recurrir a bastecimiento con camiones aljibe; está en desarrollo el cambio a captar aguas claras del embalse Chacrillas, con filtración y desinfección para tener un suministro seguro, lo que entregaría pleno y seguro abastecimiento; estanque y redes son más a que suficientes para el servicio.

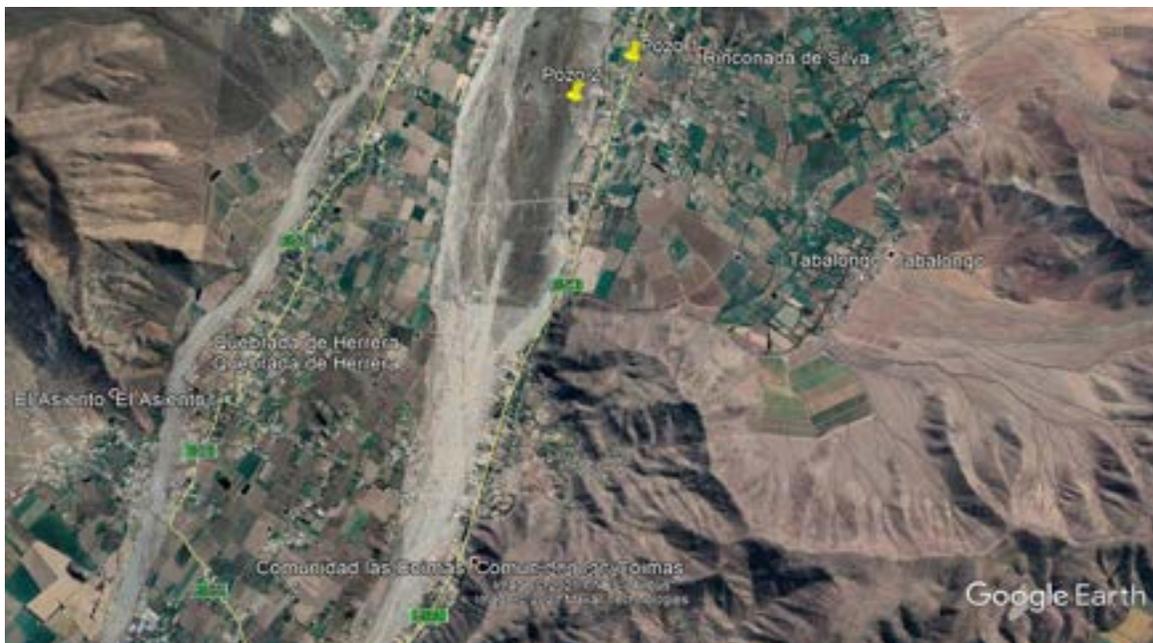
APR Las Coimas. Tiene dos sondajes de captación que han sido afectados por el desdenso del nivel freático en el valle del río Putaendo, y que solo con la profundización del emplazamiento de la bomba en pozo 2 desde 140 a 150 m en el pozo de 165 m se logró producir 14.9 l/s, salvando una situación que requirió soporte con camiones aljibe para los 2903 habitantes surtidos con 645 arranques domiciliarios, y que además presenta 134 solicitudes de nuevos empalmes (21% de incremento potencial); sin embargo, dada la inoperancia del pozo 1, ese pozo debe bombear 24 horas/día, y sin respaldo para

mantención o caso de falla, y resulta insuficiente para abastecer una series de sectores asociados, como La Cancha, Puente El Olivo, Riesco, entre otros. Se estima a lo menos que se requiere producir 20 l/s y tener otra fuente disponible permanentemente. En caso de conectarse los 134 arranques en espera, la población a servir llegaría a $779 \times 4.5 (\text{hab/arranque}) = 3506$ habitantes, con una demanda de producción de 28 l/s en 24 horas o, idealmente, 42 l/s en 16 horas diarias de operación. Dado que se ha estimado un potencial de crecimiento tendencial del orden de 8000 habitantes en el largo plazo (2050), habrá de tener en consideración una visión de futuro en cualquier iniciativa de mejoramiento. El hecho de que esta localidad está prevista para devenir en urbana, hace imperioso hacer presente que, en tal caso, ha de evolucionarse desde la normativa técnica del Plan Nacional de Agua Potable Rural a las mayores exigencias de la Norma NCh 691 para servicios urbanos de agua potable bajo concesión sanitaria, que en síntesis requiere:

- Captaciones con seguridad hidrológica 90% en fuentes superficiales, y respaldo de 80% adicional en captaciones subterráneas, para el caudal de demanda de día de máximo consumo.
- Volúmenes de estanque que incluyan, además del 15% del volumen de consumo diario de regulación, 2 horas de consumo de incendio (16 l/s) o, alternativamente, 2 horas de seguridad de suministro ante falla de la producción.
- La presión en redes de distribución ha de enmarcarse en un mínimo de 15 m.c.a. y un máximo de 70 m.c.a., lo que puede requerir reprogramación de los estanques.
- Las redes de distribución, hoy con alrededor de 20 km., deben tener diámetro mínimo de 100 mm y capacidad de portear caudal de incendio a grifos espaciados conforme a norma. Solo excepcionalmente se puede emplear diámetros menores, pero siempre de 75 mm o mayores.

Es necesario entonces que, para asegurar la factibilidad técnica de este sistema de agua potable tipificado como urbano, sea abordado un estudio de mejoramiento integral que resuelva las actuales deficiencias recurrentes y adecúe la infraestructura para cumplir las normas de servicio urbano.

Figura III-32. APR Las Coimas y su entorno.



Fuente: Google Earth – DOH/MOP.

APR Piguchén. Esta localidad pequeña de 1112 habitantes está emplazada en la ribera oriental del río Putaendo, tiene una infraestructura satisfactoria, con 5 km. de redes y dos estanques elevados que le aportan 70 m³ de capacidad, y 247 arranques domiciliarios; solo tiene programadas mantenciones rutinarias.



APR Población Hidalgo. Se ubica aguas debajo de confluencia de la quebrada El Espino con el río Putaendo. Con 133 arranques domiciliarios y 599 habitantes servidos, cuenta con 11 km de conducciones y red, pues se abastece desde fuente superficial en dicha quebrada distante, y tiene dos estanques elevados que suman 35 m³ de capacidad. Su operación es satisfactoria, y solo registra planificación de la mantención regular de sus instalaciones.

APR Quebrada de Herrera. Es el mayor sistema de APR en la comuna; registra 908 arranques domiciliarios que sirven a 4086 habitantes, Tiene dos sondajes profundos como fuentes de captación, de los cuales solo uno está en servicio, aportando 13 l/s, y con entrega a dos estanques elevados inmediatos a los pozos que totalizan 120 m³ de capacidad. La red de distribución tiene 20 km de desarrollo, y si bien su crecimiento poblacional ha sido elevado, no se reportan dificultades de servicio y no se estiman estudios u obras de mejoramiento en un futuro cercano. En todo caso, la recomendación de regularización de la segunda captación es más que apropiada para un sistema de esta magnitud.

Figura III-33. APR Quebrada de Herrera / recinto de captación y estanques.



Fuente: Google Earth

Figura III-34. Recinto de Captación y Estanques.



Fuente: Google Earth

APR Rinconada de Guzmán. Con una población servida de 3236 habitantes y 719 arranques, registra una demanda de 192 nuevas conexiones pendientes, lo que representaría un 27% de crecimiento, sobrepasando de 4000 habitantes. La infraestructura de producción tiene 2 sondajes de captación, de los cuales solo uno opera, entregando 8.75 l/s a cuatro estanques elevados, uno de ellos adyacente a la captación del pozo 2:



Fuente: Google Earth

Pese a que no se reportan programaciones de obras de mejoramiento en el corto plazo, se aprecia una clara estrechez de capacidad de producción y fragilidad de servicio al no tenerse una unidad de producción de respaldo; se da cuenta de deficiencias de presión en sectores de la red, lo que apuntaría a la necesidad de mejorar la capacidad de estanques, 85 m³ hoy, y de la red de distribución. Esto resulta del avance del área poblada en la falda de los cerros circundantes, lo que ya sobrepasa la cota 900 m.s.n.m.

Figura III-35. APR y Captaciones 1 y 2 de Rinconada de Guzmán.



Fuente: Google Earth

Figura III-36. Captación en Pozo 2 y estanque elevado de Rinconada de Guzmán.



Fuente: Google Earth

APR Los Patos. Es el más reciente sistema de APR en la comuna, y se desarrolla aguas abajo de la confluencia del estero Chalaco y el río Putaendo; su fuente de abastecimiento original es captación de aguas del estero Chalaco, la que presenta problemas de turbiedad y de irregularidad de caudal, lo que afecta al sistema de filtración. Cuenta con 45 arranques domiciliarios que abastecen a 293 habitantes, conectados a 4 km de conducciones. Un estanque elevado de 25 m³ provee la regulación necesaria. Las dificultades en el suministro llevaron a proyectar un mejoramiento del sistema, “Diseño de aducción Chacrillas y mejoramiento APR Casablanca y APR Los Patos – Comuna de Putaendo”, el que una vez construido podrá asegurar una correcta operación.

Figura III-37. Emplazamiento de APR Los Patos y Captación en Estero Chalaco.



Fuente: Google Earth

Se puede resumir que, salvo lo expuesto para Las Coimas y las complejidades de su potencial paso a localidad urbana concesionada mediante la Ley Sanitaria, los otros seis sistemas de APR tienen factibilidad técnica apropiada para seguir operando con la participación conjunta de la DOH y ESVAL en la asesoría y apoyo a los seis Comités de APR y la única Cooperativa en Rinconada de Guzmán.

III.8 Factibilidad Técnica de los servicios de alcantarillado.

Tal como en el caso de los sistemas de agua potable, se distingue entre servicios bajo concesión sanitaria de recolección y tratamiento más disposición de las aguas servidas, en este caso aplicable solo a la ciudad de Putaendo, y los sistemas rurales no acogidos a la Ley Sanitaria.

III.8.1.- Factibilidad Técnica del servicio de alcantarillado concesionado en Putaendo.

Por lo dispuesto en la Ley Sanitaria, el TO de la concesión de alcantarillado ha de ser coincidente con el de la concesión de agua potable, y por lo tanto aplica aquí lo establecido precedentemente sobre la extensión territorial bajo la responsabilidad de prestación de servicio del concesionario, ESVAL, con cobertura sobre 731.11 Hás; para los efectos de este estudio de PRC, es relevante que las 216.15 Hás. ya definidas como urbanas y que están dentro de ese TO tienen su factibilidad técnica de servicio respaldadas por esa Ley y la respectiva fiscalización de su cumplimiento por parte de la SISS. El retazo de 61.27 Hás. urbanas no incluidas en ese TO está conformado en su mayor parte por áreas verdes.

Según el PD de ESVAL, la cobertura de servicio era de 62% en 2015, y la meta para 2030 es 70.5%, como se señala en su Cuadro 4-8 inserto, lo que contrasta con el 100% actual para agua potable. Este déficit se explica por los sectores periféricos del TO carentes de redes de recolección, tales como las extensiones y ramificaciones de agua potable hacia Rinconada de Silva y sectores intermedios, y hacia Granalla en la ribera opuesta del río.

Cuadro 4-8: Proyección de demanda AS dentro del territorio operacional y clientes 52 Bis

Año	AGUAS SERVIDAS DOMESTICAS									Q Infil (l/s)	Q A Lluv (l/s)	TOTAL		Carga proy kgDDO5 / día
	Población Total en T.O (Hab)	Cobertura AS (%)	Población Sanitada AS (Hab)	Clientes Sanitados AS (clientes)	Dotación		Coeficiente de Recuperación = 0,8					Q Medio Total (l/s)	Q Max. Horario (l/s)	
					l/hab/día	m3/ci/mes	Medio (l/s)	Coef. Harmon	Max Hor (l/s)					
2015	8.665	62,0%	5.368	2.165	231,3	17,4	11,5	3,41	40,0	0,8	0,0	12,3	40,8	294
2016	8.721	62,9%	5.483	2.227	231,2	17,3	11,3	3,46	40,6	0,8	0,0	12,6	41,5	300
2017	8.786	63,7%	5.596	2.291	231,1	17,2	12,0	3,45	41,3	0,8	0,0	12,8	42,1	306
2018	8.848	64,6%	5.712	2.355	231,0	17,0	12,2	3,44	42,0	0,8	0,0	13,0	42,8	313
2019	8.908	65,4%	5.826	2.420	230,9	16,9	12,5	3,42	42,6	0,8	0,0	13,3	43,5	319
2020	8.971	66,3%	5.944	2.488	230,8	16,8	12,7	3,41	43,3	0,8	0,0	13,5	44,1	325
2021	9.033	67,1%	6.061	2.556	230,7	16,8	12,9	3,40	44,0	0,8	0,0	13,8	44,8	332
2022	9.094	67,9%	6.179	2.626	230,5	16,5	13,2	3,39	44,7	0,8	0,0	14,0	45,5	338
2023	9.153	68,8%	6.297	2.696	230,4	16,4	13,4	3,37	45,3	0,8	0,0	14,3	46,2	345
2024	9.211	69,6%	6.415	2.767	230,2	16,2	13,7	3,36	46,0	0,8	0,0	14,5	46,8	351
2025	9.268	70,5%	6.533	2.840	230,0	16,1	13,9	3,35	46,6	0,8	0,0	14,7	47,5	358
2026	9.323	70,5%	6.572	2.878	231,8	16,1	14,1	3,35	47,2	0,8	0,0	14,9	48,0	360
2027	9.377	70,5%	6.609	2.916	233,5	16,1	14,3	3,34	47,7	0,8	0,0	15,1	48,6	367
2028	9.429	70,5%	6.645	2.954	235,3	16,1	14,5	3,34	48,3	0,8	0,0	15,3	49,1	364
2029	9.481	70,5%	6.681	2.992	237,0	16,1	14,7	3,33	48,9	0,8	0,0	15,5	49,7	366
2030	9.532	70,5%	6.716	3.031	238,8	16,1	14,9	3,33	49,4	0,8	0,0	15,7	50,2	368

Notas: 1.- Incluye clientes 52 Bis.

Aunque la concesión obliga a que se provea de servicio en cualquier punto que se urbanice y construya sus redes dentro del TO, una cortapisa importante es la carencia de la infraestructura de base para conducir y hacer converger los caudales de aguas servidas hacia la red central de recolección y su traslado hasta el sistema de tratamiento y disposición final; el concesionario tiene la facultad de solicitar aportes a los interesados en las ampliaciones de servicio para financiar los costos de las obras generales requeridas

para esas soluciones, tales como plantas elevadoras, impulsiones, sistema de tratamiento y emisarios. Estos aportes son posteriormente reembolsables con diferentes mecanismos, pero imponen una barrera financiera de entrada a los usuarios. Técnicamente no hay una dificultad que impida la materialización de la incorporación de nuevos sectores al sistema, y sería solo de ese orden financiero para las inversiones; sí ha de tenerse presente que la planificación de las obras considere horizontes de diseño de largo plazo.

En relación con las áreas comprendidas en el Límite Urbano proyectado, las carencias se presentan en los sectores emplazados al sur del territorio que tributa a la planta elevadora Los Alerces existente, y se extienden hasta Las Coimas a lo largo de la Ruta E-71. En este caso la factibilidad técnica está dada por el requerimiento de proyecto y construcción de una planta elevadora e impulsión con descarga posible a la planta de tratamiento existente, salvaguardando las exigencias ambientales aplicables; las soluciones de ingeniería están disponibles para ello, haciéndose hincapié en el cuidado de que estas plantas elevadoras e impulsiones de baja altura de elevación y longitud importante requieren resolver adecuadamente las condiciones de golpe de ariete; esta prevención es de orden general para situaciones similares en el resto del TO.

III.8.2.- Factibilidad Técnica de servicios de alcantarillado no concesionados.

Se consideran por orden de importancia las tres localidades principales, Quebrada de Herrera, Rinconada de Guzmán y Las Coimas; las dos primeras están separadas por solo 7 km, por lo que se aprecia como solución eficiente la unificación de las redes y la construcción de una única planta de tratamiento. Para Las Coimas habrá de concentrarse el total de las áreas tributarias en la planta elevadora ya descrita como necesaria para el área incluida dentro del LU proyectado. Todo esto es plenamente factible con la técnica de ingeniería disponible, y podrá ser abordado para Quebrada de Herrera y Rinconada de Guzmán por la naciente Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la DOH una vez que su reglamentación sea aplicada.

Las otras cuatro localidades rurales de menor relevancia, en el orden de 1000 habitantes o menos, y dependiendo de la concentración espacial de las viviendas, (idealmente con 800 m² de terreno o más por vivienda), se prestan para mantener soluciones individuales de fosas sépticas más pozos o drenes de infiltración al subsuelo; en el caso de recintos tales como escuelas, postas médicas, casinos y similares con mayor consumo de agua, es apropiada la consideración de soluciones con tratamiento y reuso de las aguas grises. Es esencial favorecer la restitución de las aguas servidas tratadas al recurso hídrico.

III.9 Síntesis de Factibilidad Técnica de los servicios sanitarios.

Se ha presentado los argumentos que demuestran que los recursos técnicos que provee el estado del arte de la Ingeniería Sanitaria y las disciplinas que le son concurrentes, así como la normativa legal pertinente, son suficientes para proveer soluciones adecuadas de saneamiento en agua potable y alcantarillado a los territorios comprendidos en el LU planificado en este proyecto de PRC; la materialización de estos proyectos dependerá de la aplicación y resolución de factores administrativos, financieros y de políticas sectoriales del caso.



Fernando Hidalgo T.
Ingeniero Civil U de Chile