

# **FACTIBILIDAD SANITARIA**

---

**ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE COQUIMBO**

**VERSIÓN 05**

## Índice

<b>Índice de tablas.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Factibilidad sanitaria de la localidad de Coquimbo.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Descripción de la infraestructura de servicios sanitarios en la localidad de coquimbo.....</b>	<b>6</b>
3.1. Agua potable y aguas de alcantarillado.....	6
3.2. Proyección de población y vivienda.....	7
3.3. Estudio de demandas de agua potable.....	8
3.3.1. Niveles de pérdidas.....	8
3.3.2. Cobertura.....	8
3.3.3. Dotaciones de consumo adoptadas.....	8
3.3.4. Dotación de producción.....	9
3.3.5. Coeficientes de consumo.....	9
3.3.6. Número de grifos.....	9
3.3.7. Proyección de demanda de agua potable.....	9
3.4. Estimación de infraestructura requerida.....	17
3.4.1. Fuentes.....	17
3.4.2. Volumen de regulación.....	18
3.5. Estimación de caudales de aguas servidas.....	20
3.5.1. Cobertura.....	20
3.5.2. Caudal medio de aguas servidas.....	20
3.5.3. Coeficiente de recuperación.....	20
3.5.4. Caudal máximo instantáneo.....	20
3.5.5. Caudal de infiltración en las redes de aguas servidas.....	21
3.5.6. Caudales de aguas lluvias.....	21
3.5.7. Proyección de carga orgánica (Kg DBO5/día).....	21
3.5.8. Proyección de caudales totales de aguas servidas.....	21
3.5.9. Estimación de infraestructura requerida.....	23
3.5.10. Planta de tratamiento preliminar de aguas servidas.....	23
3.6. Conclusiones.....	23
<b>4. Factibilidad sanitaria de la localidad de Tongoy y Guanaqueros.....</b>	<b>24</b>

<b>5. Descripción de la infraestructura de servicios sanitarios en la localidad de Tongoy y Guanaqueros.....</b>	<b>25</b>
5.1. Agua potable y aguas de alcantarillado .....	25
5.2. Proyección de población y vivienda.....	25
5.3. Estudio de demandas de agua potable .....	26
5.3.1. Niveles de pérdidas .....	27
5.3.2. Cobertura .....	27
5.3.3. Dotaciones de consumo adoptadas.....	27
5.3.4. Dotación de producción .....	29
5.3.5. Coeficientes de consumo.....	29
5.3.6. Número de grifos .....	29
5.3.7. Proyección de demanda de agua potable .....	29
5.4. Estimación de infraestructura requerida .....	35
5.4.1. Fuentes .....	35
5.4.2. Volumen de regulación .....	36
5.5. Estimación de caudales de aguas servidas.....	37
5.5.1. Cobertura .....	38
5.5.2. Caudal medio de aguas servidas.....	38
5.5.3. Coeficiente de recuperación .....	38
5.5.4. Caudal máximo instantáneo .....	38
5.5.5. Caudal de infiltración en las redes de aguas servidas.....	38
5.5.6. Caudales de aguas lluvias .....	38
5.5.7. Proyección de carga orgánica (Kg DBO5/día).....	38
5.5.8. Proyección de caudales totales de aguas servidas .....	39
5.6. Estimación de infraestructura requerida .....	41
5.6.1. Localidad de Tongoy .....	41
5.6.2. Localidad de Guanaqueros.....	42
5.7. Conclusiones .....	43

## Índice de tablas

<b>Tabla 3-1:</b> Proyección de población por viviendas escenario 3 y cabida máxima para la localidad de Coquimbo (Se aplica simultáneamente que varían las tasas de ocupación y densidad).....	8
<b>Tabla 3-2:</b> Número de grifos de incendio en uso simultáneo. Fuente: NCh691 de 98. ....	9
<b>Tabla 3-3:</b> Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Coquimbo (Incluye población 52 bis).....	10
<b>Tabla 3-4:</b> Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de La Serena (Incluye población 52 bis).....	11
<b>Tabla 3-5:</b> Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Algarrobito.....	12
<b>Tabla 3-6:</b> Proyección de los caudales de agua potable sistema Coquimbo-La Serena-Algarrobito (Incluye población 52 bis).....	13
<b>Tabla 3-7:</b> Proyección de caudales de agua por sector (año 2032, Plan de Desarrollo). (Incluye población 52 bis).....	14
<b>Tabla 3-8:</b> Proyección de caudales de agua por sector (Cabida Máxima). (Incluye población 52 bis).....	15
<b>Tabla 3-9:</b> Demanda de volumen de regulación año 2032. Plan de Desarrollo. ....	16
<b>Tabla 3-10:</b> Volumen de regulación disponible por redistribución de clientes y nuevas obras.....	17
<b>Tabla 3-11:</b> Demanda de la fuente. ....	18
<b>Tabla 3-12:</b> Demanda de volumen de regulación (Cabida máxima).....	19
<b>Tabla 3-13:</b> Estimación de requerimientos de regulación.....	19
<b>Tabla 3-14:</b> Proyección de caudales de aguas servidas y carga orgánica para la localidad de Coquimbo. ....	22
<b>Tabla 3-15:</b> Oferta y demanda de la planta de tratamiento preliminar de la localidad de Coquimbo. ....	23
<b>Tabla 3-16:</b> Límites en los principales parámetros de tratamiento. Fuente: Decreto Supremo MISEGPRES N°90/00.....	23
<b>Tabla 5-1:</b> Proyección de población por viviendas escenario 3 y cabida máxima para la localidad de Tongoy y Guanaqueros (Se aplica simultáneamente que varían las tasas de ocupación y densidad). ....	26
<b>Tabla 5-2:</b> Relación entre la población punta y no punta para la localidad de Tongoy. ....	28
<b>Tabla 5-3:</b> Relación entre la población punta y no punta para la localidad de Guanaqueros.....	28
<b>Tabla 5-4:</b> Número de grifos de incendio en uso simultáneo. Fuente: NCh691 de 98. ....	29
<b>Tabla 5-5:</b> Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Tongoy (Incluye población 52 bis). ....	30
<b>Tabla 5-6:</b> Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Guanaqueros (Incluye población 52 bis).....	31

<b>Tabla 5-7:</b> Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Andacollo (Incluye población 52 bis).....	32
<b>Tabla 5-8:</b> Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de El Peñón (Incluye población 52 bis).....	33
<b>Tabla 5-9:</b> Proyección de los caudales de agua potable para el sistema Andacollo, Tongoy y Guanaqueros (Incluye población 52 bis). ....	34
<b>Tabla 5-10:</b> Demanda desde la fuente. ....	35
<b>Tabla 5-11:</b> Demanda de volumen de regulación para la localidad de Tongoy.....	36
<b>Tabla 5-12:</b> Análisis de requerimientos de volumen de regulación para la localidad de Tongoy. ....	36
<b>Tabla 5-13:</b> Demanda de volumen de regulación para la localidad de Guanaqueros.....	37
<b>Tabla 5-14:</b> Análisis de requerimientos de volumen de regulación para la localidad de Guanaqueros.....	37
<b>Tabla 5-15:</b> Proyección de caudales de aguas servidas y carga orgánica para la localidad de Tongoy.....	40
<b>Tabla 5-16:</b> Proyección de caudales de aguas servidas y carga orgánica para la localidad de Guanaqueros.....	41
<b>Tabla 5-17:</b> Demanda en las plantas elevadoras de aguas servidas de Tongoy.....	41
<b>Tabla 5-18:</b> Demanda en la planta de tratamiento de Tongoy. ....	41
<b>Tabla 5-19:</b> Límites en los principales parámetros de tratamiento. Fuente: Decreto Supremo MISEGPRES N°90/00.....	42
<b>Tabla 5-20:</b> Demanda en las plantas elevadoras de aguas servidas de Guanaqueros. ....	42
<b>Tabla 5-21:</b> Demanda en la planta de tratamiento de Guanaqueros.....	43

## 1. Introducción

Existe a nivel mundial la convicción a partir de una serie de investigaciones asociadas al cambio climático y la preocupación de organizaciones no gubernamentales y gubernamentales, que el problema asociado a los nuevos recursos hídricos será creciente y cada vez alcanzará mayor importancia, transformándose en una crisis mundial si no se proponen cambios radicales a la forma de utilizar los recursos disponibles. A partir de lo señalado, es necesario considerar los Planes Reguladores, que los concesionarios de los nuevos sectores a incluir en el límite urbano propuesto realicen los estudios necesarios que permitan garantizar el uso sustentable del recurso hídrico a nivel de cuenca.

Los recursos hídricos son especialmente sensibles a la intensidad de la explotación que se haga con ellos y de las condiciones climatológicas y de recarga anual que se presente en la zona. Por ello, se requiere estar en constante investigación respecto a su comportamiento, debiendo tener en consideración la intensidad de explotación que se hará de los recursos hídricos disponibles y las condiciones climatológicas; e incorporando en sus estudios la recarga que requiere hacer el sistema, la cual tendrá que ser equivalente al uso que requiera realizar para abastecer a los nuevos sectores a incorporar.

## 2. Factibilidad sanitaria de la localidad de Coquimbo

El presente estudio corresponde al estudio de Factibilidad Sanitaria, dando con ello cumplimiento a las disposiciones que la Ley de Urbanismo y Construcción (LGUC) y su ordenanza (OGUC) definen para la elaboración de un PRC. Tal como indica el Artículo 42 de la LGUC y el artículo 2.1.10 de la OGUC, uno de los requerimientos en el proceso de formulación y/o modificación de un PRC, requiere de la elaboración de un Estudio de Factibilidad *“para ampliar o dotar de agua potable y alcantarillado de aguas servidas y de aguas lluvias cuando corresponda, en relación con el crecimiento urbano proyectado”*. Asimismo, la Circular DDU 227 de fecha 1 de diciembre de 2009, indica que dicho Estudio *“contiene los aspectos técnicos que acreditan que en el territorio sujeto a regulación es factible ampliar dicha dotación existente, o dotar de agua potable o alcantarillado a sectores que actualmente no cuenten con esa dotación. Ello en relación con el crecimiento urbano proyectado por el PRC o su modificación”*.

## 3. Descripción de la infraestructura de servicios sanitarios en la localidad de coquimbo

En el presente capítulo se describen los sistemas existentes de agua potable y alcantarillado de aguas servidas para la localidad de Coquimbo. Se describen las características de los servicios identificados a partir de la recopilación de antecedentes desarrollados por las instituciones relacionadas. Los estudios principales son el presente estudio de Actualización del Plan de desarrollo de la Comuna de Coquimbo, la actualización del plan de desarrollo de los servicios de agua potable y alcantarillado de la concesión de Aguas del Valle S.A. en el sistema de Coquimbo-La Serena para el período correspondiente a los años 2018-2032.

### 3.1. Agua potable y aguas de alcantarillado

La ciudad de Coquimbo, corresponde a un sistema de agua potable urbano desde el punto de vista de abastecimiento de agua potable. La principal fuente de abastecimiento del sistema de Coquimbo-La Serena corresponde a la captación superficial del río Elqui ubicada en el sector Las Rojas. Las aguas superficiales son captadas por medio de una compuerta lateral ubicada junto a una canalización construida a un costado del río en su ribera sur, desde donde las aguas son trasladadas por un canal abierto hasta la planta de tratamiento. La captación cuenta con un caudal de explotación de 1.472,46 lts/s.

El sistema presenta una única planta de tratamiento de agua potable y corresponde a la planta ubicada en el sector Las Rojas. El caudal de diseño de la planta alcanza los 750 lts/s, el caudal máximo de la captación en el río Elqui es de 1.000 lts/s y los derechos de agua corresponden a un caudal equivalente de 1.451,30 lts/s (acciones en río Elqui), lo que permite satisfacer parte importante de la demanda del sistema Coquimbo-La Serena.

El sistema además cuenta con captaciones subterráneas, la mayoría de ellas ubicadas en La Serena.

La alimentación de Coquimbo y La Serena desde el sector Las Rojas se realiza por medio de dos acueductos y una tubería en presión, cuyo trayecto se extiende hasta el sector Lazareto. Desde este punto nacen dos alimentadoras las cuales abastecen el sector Las Compañías y dos alimentadoras que abastecen todo el sector sur de La Serena y la localidad de Coquimbo.

El sistema Coquimbo-La Serena cuenta con 28 estanques de regulación, que abastecen a los distintos sectores de cada localidad, y dos estanques de acumulación en el sector de Lazareto, que son empleados como sentinas de la planta elevadora ubicada en el sector con el mismo nombre.

La mayoría de estanques son semienterrados, sin embargo, debido a la expansión de la demanda hacia los sectores más altos, la empresa ha debido operar estanques elevados o copas, en orden de satisfacer los requerimientos de presión. En algunos casos, incluso, se ha dispuesto de sistemas de presurización hidroneumáticos para cumplir con esta exigencia.

La red de alcantarillado del sistema Coquimbo-La Serena se divide en la red que descarga por el emisario submarino La Serena y la red que descarga en el emisario submarino Coquimbo.

Existen dos plantas de tratamiento preliminar consistentes en rejillas y desarenación, denominadas La Serena y Coquimbo, las que son capaces de tratar 950 y 1.250 lts/s, respectivamente.

Las aguas servidas tratadas en la planta de Coquimbo confluyen en un emisario submarino de HDPE de 900 mm de diámetro y 937 m de longitud.

### 3.2. Proyección de población y vivienda

La factibilidad de servicios para las áreas delimitadas por los instrumentos de planificación, deben considerar los requerimientos para satisfacer las necesidades de las estimaciones de población. En este sentido interesa determinar cuál es la población esperada en el área propuesta y las bases de diseño definidas en el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

La proyección de vivienda y población para la localidad de Coquimbo, empleando como referencia lo recogido en las proyecciones de vivienda y población son (La estimación de cabida máxima para la ciudad de Coquimbo que es la cantidad de población máxima que podría soportar como crecimiento la ciudad, es de 411.200 habitantes, que corresponde a un total de 102.800 viviendas ocupadas, lo que supera la proyección de población por vivienda estimada para el escenario 3:

Viviendas censadas en Coquimbo					
Año	Viviendas	Ocupación	Viviendas ocupadas	Población	Hab/Viv. Ocu.
2.017	76.337	85,40%	65.192	204.068	3,1
2.030	93.735	85,40%	80.050	256.159	3,2
2.040	100.599	85,40%	85.911	292.099	3,4
2.050	100.599	90,00%	89.578	322.479	3,6
Cabida Máxima	102.800	100,00%	102.800	411.200	4,0

**Tabla 3-1:** Proyección de población por viviendas escenario 3 y cabida máxima para la localidad de Coquimbo (Se aplica simultáneamente que varían las tasas de ocupación y densidad).

De acuerdo con las estimaciones realizadas en el estudio de Factibilidad Sanitaria, se indica la proyección de población de viviendas, considerando la proyección de población de la empresa hasta el año 2032 y un crecimiento lineal entre la población de dicho año y la población estimada en el escenario 3 del estudio de actualización del Plan Regulador para el año 2050.

La proyección realizada con motivo de este estudio, supone la densificación de las superficies disponibles de acuerdo a la proposición del Plan Regulador, con una tasa de crecimiento lineal indicado en la tabla anterior.

### 3.3. Estudio de demandas de agua potable

En este capítulo se va a determinar las necesidades de la población urbana estimada, para dimensionar las obras y cubrir las variaciones de consumo con proyección en el año 2050 y, adicionalmente, se ha estimado también para la cabida máxima. La estimación de los consumos, gastos medios y máximos que se requerirán, se realizó a partir de los antecedentes del Plan de Desarrollo vigente.

Las proyecciones futuras de la dotación de consumo se efectuaron considerando el mejoramiento del servicio y la extensión de las nuevas áreas contempladas en el Límite Urbano propuesto. Se va a considerar como representativo para la situación del área urbana propuesta, los valores presentados en el Plan de Desarrollo vigente.

#### 3.3.1. Niveles de pérdidas

Se considerarán las pérdidas propuestas en el Plan de Desarrollo de servicios de AP y AS del sistema Coquimbo-La Serena, se considerará un valor constante de un 29,00% para el horizonte de previsión.

#### 3.3.2. Cobertura

En el cuadro 3.5.1. del Plan de Desarrollo se señala una cobertura de un 100% durante todo el horizonte de Plan de Desarrollo, por lo que se considerará este valor para el horizonte de previsión de este estudio.

#### 3.3.3. Dotaciones de consumo adoptadas

Al igual que en el apartado anterior, en el cuadro 3.5.1. del Plan de Desarrollo se adoptaron los valores de dotaciones de consumo, con un valor variable correspondiente a 167,26 lts/hab/día en 2017 hasta un valor de 154,93 lts/hab/día para 2032.



### 3.3.4. Dotación de producción

La dotación a nivel de producción de agua potable se calculará según se indica en la formulación siguiente:

$$\text{Dotación de producción} = \frac{\text{Dotación de consumo}}{(1 - \%Pérdidas)}$$

### 3.3.5. Coeficientes de consumo

Para la estimación de los caudales máximos de agua potable, se considerará un factor del día de máximo consumo (FDMC) de 1,34 y un factor de la hora de máximo consumo (FHMC) de 1,50.

### 3.3.6. Número de grifos

Para determinar el volumen de incendio, se emplea la NCh691 de 98, considerando una duración del incendio de dos horas y grifos de 16 lts/s de 100 mm de diámetro, según la NCh1646. La norma determina el número de grifos en uso simultáneo, así como los diámetros y capacidades según los rangos de población, la cantidad de grifos requerida se detalla a continuación:

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

**Tabla 3-2:** Número de grifos de incendio en uso simultáneo. Fuente: NCh691 de 98.

### 3.3.7. Proyección de demanda de agua potable

En la tabla *Tabla 3-3: Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Coquimbo (Incluye población 52 bis)*. Se presenta la proyección de demanda de agua potable de la localidad de Coquimbo.

Las pérdidas del sistema de agua potable se presentan a nivel global, debido a que el sistema actual de medición de la localidad no permite su desagregación en etapas de distribución y producción.

Para la estimación de la dotación se ha empleado el Plan de Desarrollo de AP y AS para el sistema Coquimbo-La Serena.

Se debe tomar en cuenta que la proyección de demanda para el caso de la localidad de Coquimbo, responde a la proyección de crecimiento poblacional y sobre un análisis de cabida máxima del instrumento de Planificación Comunal, lo que podría arrojar un incremento importante de la demanda como se muestra a continuación:

Año	Población			Dotación Consumo (lts/hab/día)	%Pérdidas Producción + Distribución	Dotación Producción (lts/hab/día)	Caudales de producción (l/s)		
	Total	Cobertura (%)	Población abastecida				Qmed	Qmáx. diario	Qmáx. Horario
2017	204068	100.00%	204068	167.26	29.00%	235.58	556.41	745.59	1118.38
2018	208075	100.00%	208075	165.84	29.00%	233.58	562.52	753.78	1130.66
2019	212082	100.00%	212082	164.61	29.00%	231.85	569.10	762.59	1143.89
2020	216089	100.00%	216089	163.41	29.00%	230.15	575.62	771.34	1157.01
2021	220096	100.00%	220096	162.61	29.00%	229.03	583.43	781.79	1172.69
2022	224103	100.00%	224103	161.84	29.00%	227.94	591.24	792.26	1188.39
2023	228110	100.00%	228110	161.08	29.00%	226.87	598.98	802.64	1203.95
2024	232117	100.00%	232117	160.34	29.00%	225.83	606.70	812.98	1219.47
2025	236124	100.00%	236124	159.62	29.00%	224.82	614.41	823.30	1234.96
2026	240131	100.00%	240131	158.92	29.00%	223.83	622.09	833.60	1250.41
2027	244138	100.00%	244138	158.22	29.00%	222.85	629.69	843.78	1265.67
2028	248145	100.00%	248145	157.54	29.00%	221.89	637.27	853.94	1280.92
2029	252152	100.00%	252152	156.88	29.00%	220.96	644.85	864.10	1296.15
2030	256159	100.00%	256159	156.22	29.00%	220.03	652.34	874.14	1311.20
2031	259753	100.00%	259753	155.57	29.00%	219.11	658.74	882.71	1324.07
2032	263347	100.00%	263347	154.93	29.00%	218.21	665.11	891.24	1336.87
2033	266941	100.00%	266941	154.93	29.00%	218.21	674.18	903.41	1355.11
2034	270535	100.00%	270535	154.93	29.00%	218.21	683.26	915.57	1373.36
2035	274129	100.00%	274129	154.93	29.00%	218.21	692.34	927.73	1391.60
2036	277723	100.00%	277723	154.93	29.00%	218.21	701.42	939.90	1409.84
2037	281317	100.00%	281317	154.93	29.00%	218.21	710.49	952.06	1428.09
2038	284911	100.00%	284911	154.93	29.00%	218.21	719.57	964.22	1446.33
2039	288505	100.00%	288505	154.93	29.00%	218.21	728.65	976.39	1464.58
2040	292099	100.00%	292099	154.93	29.00%	218.21	737.72	988.55	1482.82
2041	295137	100.00%	295137	154.93	29.00%	218.21	745.40	998.83	1498.25
2042	298175	100.00%	298175	154.93	29.00%	218.21	753.07	1009.11	1513.67
2043	301213	100.00%	301213	154.93	29.00%	218.21	760.74	1019.39	1529.09
2044	304251	100.00%	304251	154.93	29.00%	218.21	768.41	1029.68	1544.51
2045	307289	100.00%	307289	154.93	29.00%	218.21	776.09	1039.96	1559.93
2046	310327	100.00%	310327	154.93	29.00%	218.21	783.76	1050.24	1575.36
2047	313365	100.00%	313365	154.93	29.00%	218.21	791.43	1060.52	1590.78
2048	316403	100.00%	316403	154.93	29.00%	218.21	799.11	1070.80	1606.20
2049	319441	100.00%	319441	154.93	29.00%	218.21	806.78	1081.08	1621.62
2050	322479	100.00%	322479	154.93	29.00%	218.21	814.45	1091.36	1637.05
Cabida Máxima	411200	100.00%	411200	154.93	29.00%	218.21	1038.52	1391.62	2087.43

**Tabla 3-3:** Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Coquimbo (Incluye población 52 bis).

Año	Población			Dotación Consumo (lts/hab/día)	%Pérdidas Producción + Distribución	Dotación Producción (lts/hab/día)	Caudales de producción (l/s)		
	Total	Cobertura (%)	Población abastecida				Qmed	Qmáx. diario	Qmáx. Horario
2017	205131	100.00%	205131	198.41	25.10%	264.90	628.93	817.60	1226.40
2018	210421	100.00%	210421	198.52	25.10%	265.05	645.50	839.15	1258.73
2019	215848	100.00%	215848	198.86	25.10%	265.50	663.28	862.27	1293.40
2020	221416	100.00%	221416	199.17	25.10%	265.91	681.46	885.89	1328.84
2021	226884	100.00%	226884	199.25	25.10%	266.02	698.56	908.13	1362.20
2022	232362	100.00%	232362	199.31	25.10%	266.10	715.65	930.34	1395.51
2023	237843	100.00%	237843	199.34	25.10%	266.14	732.64	952.43	1428.64
2024	243325	100.00%	243325	199.35	25.10%	266.15	749.56	974.43	1461.65
2025	248806	100.00%	248806	199.35	25.10%	266.15	766.45	996.38	1494.57
2026	254282	100.00%	254282	199.32	25.10%	266.11	783.20	1018.16	1527.23
2027	259752	100.00%	259752	199.28	25.10%	266.06	799.88	1039.85	1559.77
2028	265216	100.00%	265216	199.23	25.10%	265.99	816.51	1061.46	1592.18
2029	270671	100.00%	270671	199.16	25.10%	265.90	833.01	1082.91	1624.36
2030	276117	100.00%	276117	199.08	25.10%	265.79	849.43	1104.25	1656.38
2031	281554	100.00%	281554	198.98	25.10%	265.66	865.72	1125.43	1688.15
2032	286980	100.00%	286980	198.87	25.10%	265.51	881.91	1146.49	1719.73
2033	292271	100.00%	292271	198.76	25.10%	265.37	897.67	1166.98	1750.47
2034	297705	100.00%	297705	198.76	25.10%	265.37	914.36	1188.67	1783.01
2035	303139	100.00%	303139	198.76	25.10%	265.37	931.05	1210.37	1815.56
2036	308573	100.00%	308573	198.76	25.10%	265.37	947.74	1232.07	1848.10
2037	314007	100.00%	314007	198.76	25.10%	265.37	964.43	1253.76	1880.65
2038	319441	100.00%	319441	198.76	25.10%	265.37	981.12	1275.46	1913.19
2039	324875	100.00%	324875	198.76	25.10%	265.37	997.81	1297.16	1945.74
2040	330309	100.00%	330309	198.76	25.10%	265.37	1014.50	1318.85	1978.28
2041	335743	100.00%	335743	198.76	25.10%	265.37	1031.19	1340.55	2010.83
2042	341176	100.00%	341176	198.76	25.10%	265.37	1047.88	1362.25	2043.37
2043	346610	100.00%	346610	198.76	25.10%	265.37	1064.57	1383.94	2075.92
2044	352044	100.00%	352044	198.76	25.10%	265.37	1081.26	1405.64	2108.46
2045	357478	100.00%	357478	198.76	25.10%	265.37	1097.95	1427.34	2141.01
2046	362912	100.00%	362912	198.76	25.10%	265.37	1114.64	1449.03	2173.55
2047	368346	100.00%	368346	198.76	25.10%	265.37	1131.33	1470.73	2206.09
2048	373780	100.00%	373780	198.76	25.10%	265.37	1148.02	1492.43	2238.64
2049	379214	100.00%	379214	198.76	25.10%	265.37	1164.71	1514.12	2271.18
2050	384648	100.00%	384648	198.76	25.10%	265.37	1181.40	1535.82	2303.73

**Tabla 3-4:** Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de La Serena (Incluye población 52 bis).

Año	Población			Dotación Consumo (lts/hab/día)	%Pérdidas Producción + Distribución	Dotación Producción (lts/hab/día)	Caudales de producción (l/s)		
	Total	Cobertura (%)	Población abastecida				Qmed	Qmáx. diario	Qmáx. Horario
2017	918	100.00%	918	206.32	25.12%	275.53	2.93	3.81	5.71
2018	941	100.00%	941	206.25	25.12%	275.44	3.00	3.90	5.85
2019	966	100.00%	966	206.44	25.12%	275.69	3.08	4.01	6.01
2020	991	100.00%	991	206.62	25.12%	275.93	3.16	4.11	6.17
2021	1015	100.00%	1015	206.56	25.12%	275.85	3.24	4.21	6.32
2022	1040	100.00%	1040	206.47	25.12%	275.73	3.32	4.31	6.47
2023	1064	100.00%	1064	206.37	25.12%	275.60	3.39	4.41	6.62
2024	1089	100.00%	1089	206.25	25.12%	275.44	3.47	4.51	6.77
2025	1113	100.00%	1113	206.11	25.12%	275.25	3.55	4.61	6.91
2026	1138	100.00%	1138	205.96	25.12%	275.05	3.62	4.71	7.06
2027	1162	100.00%	1162	205.8	25.12%	274.84	3.70	4.81	7.21
2028	1187	100.00%	1187	205.63	25.12%	274.61	3.77	4.90	7.36
2029	1211	100.00%	1211	205.44	25.12%	274.36	3.85	5.00	7.50
2030	1236	100.00%	1236	205.25	25.12%	274.11	3.92	5.10	7.65
2031	1260	100.00%	1260	205.04	25.12%	273.82	3.99	5.19	7.79
2032	1284	100.00%	1284	204.83	25.12%	273.54	4.07	5.28	7.93
2033	1308	100.00%	1308	204.62	25.12%	273.26	4.14	5.38	8.07
2034	1332	100.00%	1332	204.62	25.12%	273.26	4.21	5.48	8.21
2035	1356	100.00%	1356	204.62	25.12%	273.26	4.29	5.58	8.36
2036	1380	100.00%	1380	204.62	25.12%	273.26	4.36	5.67	8.51
2037	1404	100.00%	1404	204.62	25.12%	273.26	4.44	5.77	8.66
2038	1428	100.00%	1428	204.62	25.12%	273.26	4.52	5.87	8.81
2039	1452	100.00%	1452	204.62	25.12%	273.26	4.59	5.97	8.96
2040	1476	100.00%	1476	204.62	25.12%	273.26	4.67	6.07	9.10
2041	1500	100.00%	1500	204.62	25.12%	273.26	4.74	6.17	9.25
2042	1524	100.00%	1524	204.62	25.12%	273.26	4.82	6.27	9.40
2043	1548	100.00%	1548	204.62	25.12%	273.26	4.90	6.36	9.55
2044	1572	100.00%	1572	204.62	25.12%	273.26	4.97	6.46	9.70
2045	1596	100.00%	1596	204.62	25.12%	273.26	5.05	6.56	9.84
2046	1620	100.00%	1620	204.62	25.12%	273.26	5.12	6.66	9.99
2047	1644	100.00%	1644	204.62	25.12%	273.26	5.20	6.76	10.14
2048	1668	100.00%	1668	204.62	25.12%	273.26	5.28	6.86	10.29
2049	1692	100.00%	1692	204.62	25.12%	273.26	5.35	6.96	10.44
2050	1716	100.00%	1716	204.62	25.12%	273.26	5.43	7.06	10.58

**Tabla 3-5:** Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Algarrobito.

Año	Población			Dotación Consumo (lts/hab/día)	%Pérdidas Producción + Distribución	Dotación Producción (lts/hab/día)	Caudales de producción (l/s)		
	Total	Cobertura (%)	Población abastecida				Qmed	Qmáx. diario	Qmáx. Horario
2017	410117	100.00%	410117	182.93	27.04%	250.73	1190.13	1567.40	2351.09
2018	419437	100.00%	419437	182.33	27.03%	249.88	1213.07	1597.61	2396.41
2019	428896	100.00%	428896	181.94	27.03%	249.33	1237.70	1630.05	2445.08
2020	438496	100.00%	438496	181.56	27.02%	248.79	1262.67	1662.94	2494.41
2021	447995	100.00%	447995	181.27	27.02%	248.36	1287.80	1696.03	2544.05
2022	457505	100.00%	457505	180.97	27.01%	247.94	1312.90	1729.09	2593.64
2023	467017	100.00%	467017	180.67	27.00%	247.51	1337.85	1761.95	2642.92
2024	476531	100.00%	476531	180.36	27.00%	247.07	1362.71	1794.69	2692.03
2025	486043	100.00%	486043	180.06	26.99%	246.65	1387.50	1827.34	2741.01
2026	495551	100.00%	495551	179.76	26.99%	246.21	1412.15	1859.80	2789.70
2027	505052	100.00%	505052	179.45	26.99%	245.77	1436.64	1892.05	2838.08
2028	514548	100.00%	514548	179.14	26.98%	245.33	1461.05	1924.21	2886.31
2029	524034	100.00%	524034	178.83	26.98%	244.89	1485.34	1956.19	2934.29
2030	533512	100.00%	533512	178.52	26.97%	244.45	1509.46	1987.95	2981.93
2031	542567	100.00%	542567	178.21	26.97%	244.02	1532.35	2018.10	3027.15
2032	551611	100.00%	551611	177.91	26.96%	243.58	1555.11	2048.08	3072.12
2033	560520	100.00%	560520	177.90	26.96%	243.56	1580.07	2080.96	3121.44
2034	569572	100.00%	569572	177.96	26.95%	243.62	1605.98	2115.08	3172.61
2035	578624	100.00%	578624	178.01	26.95%	243.67	1631.89	2149.20	3223.79
2036	587676	100.00%	587676	178.06	26.94%	243.73	1657.79	2183.32	3274.97
2037	596728	100.00%	596728	178.11	26.94%	243.78	1683.70	2217.44	3326.15
2038	605780	100.00%	605780	178.16	26.93%	243.83	1709.61	2251.55	3377.33
2039	614832	100.00%	614832	178.21	26.93%	243.89	1735.52	2285.67	3428.51
2040	623884	100.00%	623884	178.25	26.93%	243.93	1761.42	2319.79	3479.69
2041	632380	100.00%	632380	178.32	26.92%	244.00	1785.92	2352.06	3528.09
2042	640875	100.00%	640875	178.38	26.91%	244.07	1810.42	2384.32	3576.48
2043	649371	100.00%	649371	178.44	26.91%	244.14	1834.92	2416.58	3624.88
2044	657867	100.00%	657867	178.50	26.90%	244.20	1859.41	2448.85	3673.27
2045	666363	100.00%	666363	178.56	26.90%	244.27	1883.91	2481.11	3721.67
2046	674859	100.00%	674859	178.62	26.89%	244.33	1908.41	2513.37	3770.06
2047	683355	100.00%	683355	178.68	26.89%	244.39	1932.91	2545.64	3818.46
2048	691851	100.00%	691851	178.73	26.88%	244.45	1957.40	2577.90	3866.85
2049	700347	100.00%	700347	178.78	26.88%	244.50	1981.90	2610.16	3915.24
2050	708843	100.00%	708843	178.83	26.87%	244.56	2006.40	2642.43	3963.64
Cabida Máxima	797564	100.00%	797564	176.18	27.11%	241.70	2231.17	2989.77	4484.66

**Tabla 3-6:** Proyección de los caudales de agua potable sistema Coquimbo-La Serena-Algarrobito (Incluye población 52 bis).

Para estimar los requerimientos de volumen de regulación de cada sector de estanque para la localidad de Coquimbo se determinó, primeramente, la demanda de cada sector, para el año 2032, respecto a la población y la distribución definida en el Plan de Desarrollo vigente, con las respectivas consideraciones señaladas en el estudio indicado.

Una vez definida las bases de cálculo por cada sector, se distribuye la población tanto de la cabida máxima como de la proyección de la población por vivienda para el escenario 3 del Plan Regulador, en cada sector utilizando la misma proporción de población que se recoge en el Plan de Desarrollo, determinando de esta forma los requerimientos.

Para obtener los caudales máximos diarios de cada sector se ha mantenido constante la pérdida definida en el Plan de Desarrollo y se modificó la dotación de consumo tal que se obtuvieron los caudales de producción, declarados en el estudio de referencia.

Sector	Población (hab)			Dotación Consumo (l/hab/día)	%Pérdidas Producción + Distribución	Caudales de producción (l/s)		
	Total	Cobertura (%)	Población Abastecida			Qmed	Qmáx. diario	Qmáx. Horario
Bosque San Carlos	35288	100.00%	35288	113.10	29.00%	65.06	87.18	130.78
Edmundo Gálvez N°1 y N°2	33445	100.00%	33445	175.54	29.00%	95.70	128.24	192.36
La Cantera (Peñuelas)	29495	100.00%	29495	164.62	29.00%	79.15	106.06	159.09
Julio González (San Juan)	11324	100.00%	11324	168.42	29.00%	31.09	41.66	62.49
Julio González (Copa)	25018	100.00%	25018	132.88	29.00%	54.19	72.62	108.93
Punta Mira	26861	100.00%	26861	120.34	29.00%	52.70	70.61	105.92
Balmaceda N°1, N°2 y N°3	55303	100.00%	55303	157.52	29.00%	142.01	190.29	285.44
Arturo Godoy N°1 y N°2	6057	100.00%	6057	129.61	29.00%	12.80	17.15	25.72
Presurizadora El Jockey	263	100.00%	263	87.52	29.00%	0.38	0.50	0.76
Presurizadora El Calvario	1053	100.00%	1053	111.60	29.00%	1.92	2.57	3.85
La Herradura Alto	5267	100.00%	5267	209.01	29.00%	17.95	24.05	36.07
El Jockey	10797	100.00%	10797	111.29	29.00%	19.59	26.25	39.37
PEAP Peñuelas	13694	100.00%	13694	137.29	29.00%	30.65	41.07	61.60
Booster Herradura Oriente	1053	100.00%	1053	209.43	29.00%	3.60	4.82	7.23
Recinto Penitenciario	8690	100.00%	8690	189.11	29.00%	26.79	35.90	53.85
<b>TOTAL</b>	<b>263347</b>	<b>100.00%</b>	<b>263347</b>	<b>147.58</b>	<b>29.00%</b>	<b>633.57</b>	<b>848.98</b>	<b>1273.47</b>

**Tabla 3-7:** Proyección de caudales de agua por sector (año 2032, Plan de Desarrollo). (Incluye población 52 bis).

Estanque	Población (hab)			Dotación Consumo (l/hab/día)	%Pérdidas Producción + Distribución	Caudales de producción (l/s)		
	Total	Cobertura (%)	Población Abastecida			Qmed	Qmáx. diario	Qmáx. Horario
Bosque San Carlos	55100	100.00%	55100	113.10	29.00%	101.59	136.13	204.20
Edmundo Gálvez N°1 y N°2	51811	100.00%	51811	175.54	29.00%	148.26	198.66	298.00
La Cantera (Peñuelas)	46054	100.00%	46054	164.62	29.00%	123.59	165.61	248.41
Julio González (San Juan)	17681	100.00%	17681	168.42	29.00%	48.54	65.05	97.57
Julio González (Copa)	39064	100.00%	39064	132.88	29.00%	84.62	113.39	170.09
Punta Mira	41942	100.00%	41942	120.34	29.00%	82.28	110.26	165.39
Balmaceda N°1, N°2 y N°3	86352	100.00%	86352	157.52	29.00%	221.74	297.13	445.70
Arturo Godoy N°1 y N°2	9457	100.00%	9457	129.61	29.00%	19.98	26.77	40.16
Presurizadora El Jockey	411	100.00%	411	87.52	29.00%	0.59	0.79	1.18
Presurizadora El Calvario	1644	100.00%	1644	111.60	29.00%	2.99	4.01	6.01
La Herradura Alto	8224	100.00%	8224	209.01	29.00%	28.02	37.55	56.32
El Jockey	16859	100.00%	16859	111.29	29.00%	30.59	40.99	61.48
PEAP Peñuelas	21382	100.00%	21382	137.29	29.00%	47.85	64.12	96.18
Booster Herradura Oriente	1644	100.00%	1644	209.43	29.00%	5.61	7.52	11.28
Recinto Penitenciario	13569	100.00%	13569	121.12	29.00%	26.79	35.90	53.85
TOTAL	411200	100.00%	520736	145.16	29.00%	973.04	1303.88	1955.82

**Tabla 3-8:** Proyección de caudales de agua por sector (Cabida Máxima). (Incluye población 52 bis).

El PRC es un instrumento de planificación en el cual se adoptará un volumen de regulación de un 15% del caudal máximo diario (de acuerdo a lo señalado en el Plan de Desarrollo) y los grifos requeridos según la Norma NCh691 de 98, funcionando durante dos horas. Además, se recoge en la norma que, los estanques, han de tener un volumen de seguridad entre el volumen de incendio y 2 horas del caudal máximo diario.

Estanques	Población	Qmáx. Diario (lts/s)	Volumen de regulación (m <sup>3</sup> )			
	Total		Regulación	Incendio	Seguridad	Total
Bosque San Carlos	43979	109	1413	346	785	2197
Edmundo Gálvez N°1 y N°2	42136	164	2127	346	1182	3309
La Cantera (Peñuelas)	43189	156	2022	346	1123	3145
Julio González (San Juan)	11324	42	540	346	300	840
Julio González (Copa)	25018	73	941	346	523	1464
Punta Mira	26861	71	915	346	508	1424
Balmaceda N°1, N°2 y N°3	55303	190	2466	346	1370	3836
Arturo Godoy N°1 y N°2	6057	17	222	346	123	346
La Herradura Alto	6320	29	376	346	209	585
El Jockey	12114	30	389	230	216	605

**Tabla 3-9:** Demanda de volumen de regulación año 2032. Plan de Desarrollo.



Estanques	Población	Volumen de regulación (m³)			Detalle situación con proyecto Plan de Desarrollo Año 2032
	Total	Demanda total	Capacidad Existente	Balance sin proyecto	
Bosque San Carlos	43979	2197	1500	-697	A partir del año 2019, traspaso de clientes al estanque San Ramón (V=2000 m³), disminuyendo la demanda del estanque. 2026 y 2027 construcción San Ramón N°2 (V=300 m³)
Edmundo Gálvez N°1 y N°2	42136	3309	2700	-609	Resectorización 2017 (Traspaso clientes desde los estanques Santa Lucía y Edmundo Gálvez a estanque Peñuelas) Resectorización 2027 (Construcción Edmundo Gálvez N°3)
La Cantera (Peñuelas)	43189	3145	4000	855	Traspaso de clientes 2017 (Traspaso desde el estanque Santa Lucía y Edmundo Gálvez a estanque Peñuelas por regulación)
Julio González (San Juan)	11324	840	2000	1160	Estanque semienterrado (SE)
Julio González (Copa)	25018	1464	1500	36	El estanque Julio González (SE) incluye el volumen de emergencia de este estanque
Punta Mira	26861	1424	1000	-424	Nuevo estanque Punta Mira (2500 m³) entre los años 2017 y 2018
Balmaceda N°1, N°2 y N°3	55303	3836	9000	5164	Resectorización 2017
Arturo Godoy N°1 y N°2	6057	346	1250	904	No hay déficit
La Herradura Alto	6320	585	1000	415	Traspaso de clientes 2017 (Traspaso de Balmaceda a Herradura Alto. Recibe 396 habitantes y 1.5 lts/s)
El Jockey	12114	605	1000	395	No hay déficit

**Tabla 3-10:** Volumen de regulación disponible por redistribución de clientes y nuevas obras.

### 3.4. Estimación de infraestructura requerida

La distribución de caudales a nivel de nodos de la red dependerá básicamente del desarrollo de la población a lo largo del territorio y, por tanto, de la ubicación de los nuevos consumos sobre la red ya existente.

#### 3.4.1. Fuentes

Para poder abastecer la demanda generada de la cabida máxima, la fuente requiere contar con el caudal máximo diario de consumo, el cual se ha obtenido anteriormente y tiene un valor de 3.303,69 lts/s, y los derechos, según el Plan de Desarrollo vigente son:

- Oferta (Año 2.018) {
  - Q explotación: 1.706 lts/s
  - Q máximo: 3.218,7 lts/s
  - Q derechos de agua: 3.180 lts/s
  
- Oferta (Año 2.022) {
  - Q explotación: 1.846 lts/s
  - Q máximo: 3.318,7 lts/s
  - Q derechos de agua: 3.280 lts/s
  
- Oferta (Año 2.032) {
  - Q explotación: 2.246 lts/s
  - Q máximo: 3.718,7 lts/s
  - Q derechos de agua: 3.318 lts/s

Para estimar el caudal requerido en fuente para abastecer la demanda de la cabida máxima se compara con el caudal real que tiene un valor de 2.246 lts/s, cuyo valor se ha obtenido del Plan de Desarrollo vigente. Junto con esto, se va a considerar la oferta adicional que proporcionará la construcción de una planta desalinizadora de agua de mar para el sistema Coquimbo-La Serena prevista para el año 2024 y posee un caudal de 400 lts/s.

Año	Población total (habitantes)	Cobertura (%)	Oferta (lts/s)	Demanda Qmáxd (lts/s)	Superávit/déficit (lts/s)
Cabida máxima	797.564	100.00%	2.246	2.989,77	-743,77

Tabla 3-11: Demanda de la fuente.

Del análisis anteriormente realizado del sistema de producción, se concluye que se requiere una capacidad adicional de 695,93 lts/s, considerando solo el abastecimiento, para abastecer la demanda correspondiente a la cabida máxima, a partir de los caudales reales obtenidos en las fuentes superficiales y subterráneas, cuyo déficit se estima que bajará debido a la implementación de la desaladora consultada en 2024. Para el resto de la infraestructura se va a considerar únicamente el balance realizado para la ciudad de Coquimbo.

### 3.4.2. Volumen de regulación

Se ha realizado un análisis de la oferta y la demanda de agua potable a futuro y, además, se planteó la infraestructura que será necesaria implantar para satisfacer la demanda, obteniendo de esta forma varios requerimientos globales de producción y demanda para el período de estudio. De esta forma, para la estimación de la infraestructura necesaria, se ha considerado la capacidad del estanque disponible por sector con mayor superávit disponible a partir de la situación con proyecto definida en el Plan de Desarrollo vigente. La demanda de volumen de regulación para la población proyectada será de:

Estanques	Población	Qmáx. Diario (lts/s)	Volumen de regulación (m³)			
	Total		Regulación	Incendio	Seguridad	Total
Bosque San Carlos	68669	170	2203	346	1224	3427
Edmundo Gálvez N°1 y N°2	51811	199	2579	346	1433	4012
La Cantera (Peñuelas)	67436	243	3149	346	1750	4899
Julio González (San Juan)	17681	66	855	346	475	1331
Julio González (Copa)	39064	114	1477	346	821	2298
Punta Mira	41942	111	1439	346	799	2238
Balmaceda N°1, N°2 y N°3	86352	298	3862	346	2146	6008
Arturo Godoy N°1 y N°2	9457	27	350	346	194	544
La Herradura Alto	9868	46	596	346	331	927
El Jockey	18914	47	609	230	338	948

**Tabla 3-12:** Demanda de volumen de regulación (Cabida máxima).

Estanques	Población (hab.)	Capacidad (m³)	Demanda (m³)	Superávit/déficit (m³)
Bosque San Carlos	69479	1500	3427	-1927
Edmundo Gálvez N°1 y N°2	50036	2700	4012	-1312
La Cantera (Peñuelas)	64729	4000	4899	-899
Julio González (San Juan)	16680	2000	1331	669
Julio González (Copa)	37329	1500	2298	-798
Punta Mira	40109	1000	2238	-1238
Balmaceda N°1, N°2 y N°3	82996	9000	6008	2992
Arturo Godoy N°1 y N°2	8737	1250	544	706
La Herradura Alto	9135	1000	927	73
El Jockey	17875	1000	948	52
Total	397105	24950	26631	-1681

**Tabla 3-13:** Estimación de requerimientos de regulación.

Por lo tanto, con los resultados obtenidos, se requieren refuerzos en los volúmenes de regulación por 1.681 m<sup>3</sup>, ya que el volumen disponible asciende hasta los 24.950 m<sup>3</sup> no permite abastecer la demanda considerando la cabida máxima obtenida de 26.631 m<sup>3</sup>. La distribución de las demandas deberá realizarse conforme vaya evolucionando el crecimiento de la ciudad.

### 3.5. Estimación de caudales de aguas servidas

La red de alcantarillado del sistema Coquimbo-La Serena se divide en la red que descarga por el emisario submarino La Serena y la red que descarga por el emisario submarino La Serena y la red que descarga en el emisario submarino Coquimbo.

Las pendientes del sistema presentan dos condiciones características. Los colectores que transportan las aguas desde la parte alta hacia los emisarios costeros presentan fuertes pendientes, mientras que los colectores que se desplazan de norte a sur y viceversa y los colectores que se emplazan en la meseta de la localidad, alcanzan pendientes pequeñas.

Existen dos plantas de tratamiento preliminar consistentes en rejillas y desarenación denominadas La Serena y Coquimbo, las que son capaces de tratar 950 y 1.250 lts/s respectivamente.

Las aguas servidas tratadas en la planta La Serena confluyen en el emisario submarino La Serena de HDPE de 900 mm de diámetro y 1.695 m de longitud, el que se divide en dos ramales de HDPE de 900 mm de diámetro y 937 m de longitud.

La red de recolección de Coquimbo, La Serena y Algarrobito consisten aproximadamente 1096 km de tuberías.

#### 3.5.1. Cobertura

Se van a considerar los valores establecidos en el Plan de Desarrollo vigente, cuyo valor es de 99,06% para 2015 y un valor del 100% para 2032.

#### 3.5.2. Caudal medio de aguas servidas

Para obtener el caudal medio de aguas servidas se va a emplear la siguiente formulación:

$$Q_{medAS} = Q_{medAP}(\text{consumo}) * R \left[ \frac{lts}{s} \right]$$

#### 3.5.3. Coeficiente de recuperación

El valor del coeficiente de recuperación es el empleado en el Plan de Desarrollo vigente, R = 0,80.

#### 3.5.4. Caudal máximo instantáneo

En el cálculo de los caudales máximos horarios, se considera para poblaciones mayores o iguales a 1000 habitantes el coeficiente de Harmon, según indica la NCh1.015 de 98, para las poblaciones menores a 100 habitantes, la tabla de la Boston Society of Civil Engineers (BSCE) y, para poblaciones intermedias, una interpolación lineal entre ambos valores.

La fórmula de Harmon es la siguiente:

$$Q_{máxAS} = H * Q_{med} \left[ \frac{lts}{s} \right]$$

donde el coeficiente de Harmon se obtiene como:

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

y donde P es la población en miles de habitantes.

### 3.5.5. Caudal de infiltración en las redes de aguas servidas

En el Plan de Desarrollo vigente no se consideran caudales de infiltración.

### 3.5.6. Caudales de aguas lluvias

En el Plan de Desarrollo vigente no se tienen en cuenta los aportes de aguas lluvias para el diseño, puesto que las lluvias en la región no son significativas en el periodo estival que corresponde al periodo de mayor demanda para las redes de recolección, por tanto, las nuevas redes deberán considerarse como sistemas separados y estancos.

### 3.5.7. Proyección de carga orgánica (Kg DBO5/día)

Se consideran en la proyección de carga orgánica para cada sistema de valores establecidos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Para el caso de la localidad de Coquimbo se tiene un valor de 32,1 gr DBO5/hab/día.

### 3.5.8. Proyección de caudales totales de aguas servidas

A continuación, se van a obtener la variación de caudales que transportarán las redes de alcantarillado, de acuerdo a los caudales anteriormente calculados:

Año	Población			Dotación Consumo (lts/hab/día)	Caudales de aguas servidas (lts/s)			Carga Proyectada (KgDBO5/día)
	Total	Cobertura (%)	Población Abastecida		Coeficiente de recuperación = 0,80			
					Qmed	Harmon	Qmáx Horario	
2017	204068	99.14%	202313	167.26	313.32	1.77	554.03	6494.25
2018	208075	99.21%	206431	165.84	316.99	1.76	558.60	6626.44
2019	212082	99.27%	210534	164.61	320.89	1.76	563.59	6758.14
2020	216089	99.33%	214641	163.41	324.76	1.75	568.55	6889.98
2021	220096	99.39%	218753	162.61	329.37	1.75	574.76	7021.98
2022	224103	99.45%	222870	161.84	333.98	1.74	580.99	7154.14
2023	228110	99.51%	226992	161.08	338.55	1.73	587.15	7286.45
2024	232117	99.57%	231119	160.34	343.13	1.73	593.29	7418.92
2025	236124	99.63%	235250	159.62	347.69	1.72	599.41	7551.54
2026	240131	99.68%	239363	158.92	352.22	1.72	605.46	7683.54
2027	244138	99.74%	243503	158.22	356.73	1.71	611.48	7816.45
2028	248145	99.79%	247624	157.54	361.21	1.71	617.44	7948.73
2029	252152	99.84%	251749	156.88	365.69	1.70	623.39	8081.13
2030	256159	99.90%	255903	156.22	370.16	1.70	629.31	8214.48
2031	259753	99.95%	259623	155.57	373.98	1.70	634.29	8333.90
2032	263347	100.00%	263347	154.93	377.78	1.69	639.25	8453.44
2033	266941	100.00%	266941	154.93	382.94	1.69	646.53	8568.81
2034	270535	100.00%	270535	154.93	388.09	1.68	653.81	8684.17
2035	274129	100.00%	274129	154.93	393.25	1.68	661.07	8799.54
2036	277723	100.00%	277723	154.93	398.40	1.68	668.31	8914.91
2037	281317	100.00%	281317	154.93	403.56	1.67	675.55	9030.28
2038	284911	100.00%	284911	154.93	408.72	1.67	682.77	9145.64
2039	288505	100.00%	288505	154.93	413.87	1.67	689.98	9261.01
2040	292099	100.00%	292099	154.93	419.03	1.66	697.17	9376.38
2041	295137	100.00%	295137	154.93	423.38	1.66	703.25	9473.90
2042	298175	100.00%	298175	154.93	427.74	1.66	709.32	9571.42
2043	301213	100.00%	301213	154.93	432.10	1.66	715.37	9668.94
2044	304251	100.00%	304251	154.93	436.46	1.65	721.42	9766.46
2045	307289	100.00%	307289	154.93	440.82	1.65	727.47	9863.98
2046	310327	100.00%	310327	154.93	445.18	1.65	733.50	9961.50
2047	313365	100.00%	313365	154.93	449.53	1.65	739.53	10059.02
2048	316403	100.00%	316403	154.93	453.89	1.64	745.55	10156.54
2049	319441	100.00%	319441	154.93	458.25	1.64	751.56	10254.06
2050	322479	100.00%	322479	154.93	462.61	1.64	757.56	10351.58
Cabida Máxima	411200	100.00%	411200	154.93	589.88	1.58	930.04	13199.52

**Tabla 3-14:** Proyección de caudales de aguas servidas y carga orgánica para la localidad de Coquimbo.

### 3.5.9. Estimación de infraestructura requerida

En este capítulo se define la necesidad de infraestructura para poder cubrir el total de la demanda obtenida para la cabida máxima. El concesionario interesado ha de hacerse cargo de todos los procesos y, en relación al financiamiento de las obras requeridas a las áreas de expansión urbanas, se estipula en la ley que ha de ser cargo de las propias entidades urbanizadoras.

### 3.5.10. Planta de tratamiento preliminar de aguas servidas

La localidad de Coquimbo, como se ha mencionado al principio del capítulo referente a las aguas servidas, cuenta con una planta de tratamiento preliminar de aguas servidas de rejillas y desarenación con un caudal máximo de tratamiento de 1250 l/s y un emisario submarino.

Año	Población total (hab)	Cobertura (%)	Oferta (lts/s)	Demanda Q <sub>máx</sub> horario (lts/s)	Superávit/déficit (lts/s)
Cabida máxima	411.200	100.00%	1.250	902,97	319,96

**Tabla 3-15:** Oferta y demanda de la planta de tratamiento preliminar de la localidad de Coquimbo.

Con el resultado obtenido, se observa que la planta de tratamiento preliminar es suficiente para tratar el caudal de aguas servidas.

Las características del efluente de la planta deberán cumplir con las exigencias establecidas en el Decreto Supremo MINSEGPRES N°90 con fecha 07/03/2001, que marca el límite máximo de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de aguas marinos fuera de la zona de protección litoral.

Parámetros	Límite máximo
DBO5 (mg/l)	35*
SS (mg/l)	80*
NTK (mg/l)	50
Coliformes fecales (N°/100 ml)	1000
Aceites y grasas (mg/l)	20
F total (mg/l)	10
pH (adimensional)	6 - 8,5
Temperatura (°C)	35
Hidrocarburos (mg/l)	10

**Tabla 3-16:** Límites en los principales parámetros de tratamiento. Fuente: Decreto Supremo MISEGPRES N°90/00

### 3.6. Conclusiones

Del análisis realizado anteriormente, se puede extraer que, las mayores inversiones se han de realizar para el sistema de agua potable. Las obras requeridas en el sistema de agua potable según los resultados obtenidos son:

- Se ha de aumentar el abastecimiento desde la fuente, debido a que, se requiere una capacidad adicional de 743,77 lts/s, para poder satisfacer las necesidades surgidas del escenario de cabida

máxima, a partir de los caudales reales obtenidos en las fuentes superficiales y subterráneas. Dicho déficit se considerará inferior si se tiene en consideración los futuros aportes (400 lts/s) de las instalaciones de desalinización para el horizonte de 2024.

- Se ha de ampliar la red de distribución para cubrir las demandas de cabida máxima. El desarrollo de esta red se hará en consonancia con el crecimiento de la localidad.
- Se ha de disponer de estanques de forma que se consiga satisfacer el volumen adicional requerido de 1.681 m<sup>3</sup>.

En relación a la circular DDU 227 con fecha de 1 de diciembre de 2009 si bien la norma establece el requisito de este estudio, esta ha sido superada por cambios experimentados principalmente en la Ley General de Servicios Sanitarios. Siendo ello así, el cumplimiento de la consulta previa al servicio sanitario correspondiente de la región quedará supeditado en muchos casos a que el territorio normado por el PRC o su modificación, se encuentre incluido en el territorio operacional de la respectiva empresa sanitaria (Aguas del Valle S.A.).

En atención de lo anterior y para dar cumplimiento a dicha exigencia, es dable señalar que en aquellos casos en que el territorio sujeto a regulación se encuentre fuera del territorio operacional de la respectiva empresa sanitaria, y, que se requiera por tanto dotarlo de agua potable o alcantarillado, el requisito de la consulta previa del estudio de factibilidad para dotar de agua potable o alcantarillado al territorio sujeto a regulación, puede ser cumplimentado consultando directamente a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, quien se pronunciará respecto a la factibilidad técnica de dotar a esos territorios de agua potable y alcantarillado, conforme a lo previsto en la Ley General de Servicios Sanitarios.

Con respecto a las aguas servidas, con la planta de tratamiento preliminar se considera suficiente para satisfacer la demanda de la misma en el escenario de cabida máxima. Será necesario considerar las redes requeridas para cubrir la demanda requerida en este escenario, por tanto, el mayor monto de inversión que se requiere para dotar de infraestructura a la nueva cabida estimada provendrá de aquellos usuarios interesados en adquirir propiedades en las ya establecidas nuevas áreas de crecimiento, como las que ya habitan en las áreas consolidadas ya que la tarifa es única para todos los clientes que pertenecen a las localidades que forman el grupo tarifario.

Todo el estudio de factibilidad sanitaria para la localidad de Coquimbo se ha fundamentado sobre el Plan de Desarrollo vigente para el sistema Coquimbo-La Serena.

#### 4. Factibilidad sanitaria de la localidad de Tongoy y Guanaqueros

El presente estudio corresponde al estudio de Factibilidad Sanitaria, dando con ello cumplimiento a las disposiciones que la Ley de Urbanismo y Construcción (LGUC) y su ordenanza (OGUC) definen para la elaboración de un PRC. Tal como indica el Artículo 42 de la LGUC y el artículo 2.1.10 de la OGUC, uno de los requerimientos en el proceso de formulación y/o modificación de un PRC, requiere de la elaboración de un Estudio de Factibilidad *“para ampliar o dotar de agua potable y alcantarillado de aguas servidas y de aguas lluvias cuando corresponda, en relación con el crecimiento urbano proyectado”*. Asimismo, la Circular DDU 227 de fecha 1 de diciembre de 2009, indica que dicho Estudio *“contiene los aspectos técnicos que acreditan que en el territorio sujeto a regulación es factible ampliar dicha dotación existente, o dotar de agua potable o alcantarillado a sectores que actualmente no cuenten con esa dotación. Ello en relación con el crecimiento urbano proyectado por el PRC o su modificación”*.



## 5. Descripción de la infraestructura de servicios sanitarios en la localidad de Tongoy y Guanaqueros

En el presente capítulo se describen los sistemas existentes de agua potable y alcantarillado de aguas servidas para la localidad de Coquimbo. Se describen las características de los servicios identificados a partir de la recopilación de antecedentes desarrollados por las instituciones relacionadas. Los estudios principales son el presente estudio de Actualización del Plan de desarrollo de la Comuna de Coquimbo, la actualización del plan de desarrollo de los servicios de agua potable y alcantarillado de la concesión de Aguas del Valle S.A. en el sistema de Andacollo, Tongoy y Guanaqueros para el período correspondiente a los años 2018-2032.

### 5.1. Agua potable y aguas de alcantarillado

El sistema de producción que abastece las localidades de Andacollo (El Peñón), Tongoy y Guanaqueros está conformado por 6 pozos, los cuales presentan en conjunto una capacidad de explotación de 191 lts/s.

Desde la batería de pozos las aguas son impulsadas hasta los dos estanques ubicados en el Recinto El Peñón de 200 m<sup>3</sup> cada uno.

Las aguas que abastecen a las localidades de Tongoy y Guanaqueros, se les aplica un tratamiento químico de cloro y flúor antes de llegar al estanque de Guanaqueros.

Las localidades de Tongoy y Guanaqueros, su abastecimiento se realiza a través de una aducción compuesta por asbesto cemento, acero y PVC, con una longitud total de 21.465 m y con diámetros comprendidos entre 450 y 500 mm hasta el estanque de Guanaqueros (1.500 m<sup>3</sup>). El estanque de Guanaqueros alimenta la localidad de Guanaqueros por medio de una matriz de PVC de 315 mm y HDPE de 355 mm, con una longitud total de 4.140m. La localidad de Tongoy se abastece desde las aguas elevadas desde el estanque de Guanaqueros hasta el recinto Bachelet, en el cual existen dos estanques (1000 m<sup>3</sup> y 500 m<sup>3</sup>).

La red de distribución de Tongoy consiste de aproximadamente 36,9 km de tuberías. La red de distribución de Guanaqueros consiste en aproximadamente 33,8 km de tuberías.

El sistema de alcantarillado de la localidad de Tongoy fue construido en el año 2000. Las aguas servidas de la red alcantarillado de Tongoy son recolectadas por medio de tres plantas elevadoras y sus respectivas impulsiones hasta la planta de tratamiento. La planta de tratamiento es del tipo lodos activados y cuenta con una capacidad para tratar un caudal máximo horario de 126 lts/s, desde donde las aguas tratadas son entregadas para de riego al sector de Puerto Velero y Hacienda el Tangué. Las aguas tratadas no utilizadas para riego son descargadas en la quebrada El Almendro.

El sistema de alcantarillado de la localidad de Guanaqueros fue construido en el año 2000. Las aguas servidas de la red de alcantarillado de Guanaqueros son recolectadas por medio de plantas elevadoras y sus respectivas impulsiones hasta la planta de tratamiento. La planta de tratamiento es del tipo lodos activados y cuenta con una capacidad para tratar un caudal máximo horario 125 lts/s, desde donde las aguas tratadas son entregadas para riego.

La red de recolección de Tongoy consiste de aproximadamente 24,0 km de tuberías. La red de recolección de Guanaqueros consiste en aproximadamente 12,9 km de tuberías.

### 5.2. Proyección de población y vivienda

La factibilidad de servicios para las áreas delimitadas por los instrumentos de planificación, deben considerar los requerimientos para satisfacer las necesidades de las estimaciones de población. En este sentido interesa

determinar cuál es la población esperada en el área propuesta y las bases de diseño definidas en el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

Nombre de la localidad	Viviendas censadas en Tongoy y Guanaqueros					
	Año	Viviendas	Ocupación	Viviendas ocupadas	Población	Hab/Viv. Ocu.
Tongoy	2.017	2.600	65.50%	1.703	5.552	3,3
	2.030	3.054	70.00%	2.138	6.969	3,3
	2.040	3.054	76.50%	2.337	7.947	3,4
	2.050	3.054	79.80%	2.437	8.774	3,6
	Cabida Máxima	24.534	100.00%	24.534	98.134	4,0
Guanaqueros	2.017	1.892	32.40%	613	1.762	2,9
	2.030	1.892	36.50%	691	2.212	3,2
	2.040	1.892	39.20%	742	2.522	3,4
	2.050	1.892	40.90%	773	2.784	3,6
	Cabida Máxima	11.447	100.00%	11.447	45.788	4,0

**Tabla 5-1:** Proyección de población por viviendas escenario 3 y cabida máxima para la localidad de Tongoy y Guanaqueros (Se aplica simultáneamente que varían las tasas de ocupación y densidad).

En la tabla *Tabla 5-1: Proyección de población por viviendas escenario 3 y cabida máxima para la localidad de Tongoy y Guanaqueros (Se aplica simultáneamente que varían las tasas de ocupación y densidad)*. Se indica la proyección de población y viviendas que servirán para fundamentar el estudio de factibilidad, de acuerdo a las estimaciones que se han realizado en el estudio del PRC, para el escenario 3. La proyección realizada con motivo de este estudio supone la densificación de las superficies disponibles de acuerdo a la proposición del PRC.

La cabida total de población proyectada en un escenario de máxima ocupación del Plan alcanzaría a 98.134 habitantes nuevos, lo que representa un incremento excesivo en relación a la población existente, 5.552 habitantes. Se debe tener en consideración que gran parte de extensión se desarrolla densidades de consideradas como alta.

Es importante destacar que la localidad de Tongoy, presenta una alta tasa de segunda vivienda (desocupada) que repercute directamente en la demanda estacional y en la ocupación del centro poblado.

Guanaqueros, al igual que Tongoy, orbita sobre la actividad turística y presenta una alta tasa de viviendas desocupadas (segunda vivienda). De acuerdo con las normas urbanísticas propuestas, el PRC podría generar en un escenario de máxima ocupación de 45.788 hab, lo que equivale a 11.447 viviendas, parámetros que se alejan de las estimaciones de crecimiento del escenario número 3 que es de 2.784 habitantes (2050).

### 5.3. Estudio de demandas de agua potable

En este capítulo se va a determinar las necesidades de la población urbana estimada, para dimensionar las obras y cubrir las variaciones de consumo con proyección en el año 2050 y, adicionalmente, se ha estimado también para la cabida máxima. La estimación de los consumos, gastos medios y máximos que se requerirán, se realizó a partir de los antecedentes del Plan de Desarrollo vigente.

Las proyecciones futuras de la dotación de consumo se efectuaron considerando el mejoramiento del servicio y la extensión de las nuevas áreas contempladas en el Límite Urbano propuesto. Se va a considerar como representativo para la situación del área urbana propuesta, los valores presentados en el Plan de Desarrollo vigente.

En el caso de las localidades de Tongoy y Guanaqueros, por corresponder estas ciudades con alta variación de población en periodo estival se considera para el cálculo de la población media de diseño, ocho meses de población no punta y cuatro meses de población punta.

El sistema actual abastece a las localidades de Andacollo (El Peñón), Tongoy y Guanaqueros, por lo que para el análisis de la factibilidad sanitaria y, por tanto, los requerimientos de infraestructura, se han considerado las localidades de Andacollo y El Peñón, las proyecciones de población en el Plan de Desarrollo vigente y se proyectó usando la misma tasa para el horizonte de 2050.

Para dar a conocer las proyecciones totales se incluyen a modo informativo las proyecciones de las localidades de Andacollo y El Peñón, sin embargo, no se indican las bases de diseño para estas entidades, únicamente se van a mostrar para Tongoy y Guanaqueros.

#### 5.3.1. Niveles de pérdidas

Se considerarán las pérdidas propuestas en el Plan de Desarrollo de servicios de AP y AS del sistema Andacollo, Tongoy y Guanaqueros, se considerará un valor constante de las pérdidas para el horizonte de previsión:

- Tongoy: 33,33%
- Guanaqueros: 27,70%

#### 5.3.2. Cobertura

En el cuadro 3.5.2. y 3.5.3. del Plan de Desarrollo se señala una cobertura de un 100% durante todo el horizonte de Plan de Desarrollo tanto para la localidad de Tongoy como para la localidad de Guanaqueros, por lo que se considerará este valor para el horizonte de previsión de este estudio.

#### 5.3.3. Dotaciones de consumo adoptadas

Al igual que en el apartado anterior, en el cuadro 3.5.2. y 3.5.3. del Plan de Desarrollo se adoptaron los valores de dotaciones de consumo, con un valor variable correspondiente a 221,20 lts/hab/día en 2017 hasta un valor de 217,85 lts/hab/día para 2032 para la localidad de Tongoy y un valor variable correspondiente a 194,97 lts/hab/día en 2017 hasta un valor de 255,90 lts/hab/día para 2032 para la localidad de Guanaqueros.

Año	Población			Relación PP/PnP
	PnP	PP	Pmedia	
2017	5552	8016	7648	1.44
2018	5661	8079	7760	1.43
2019	5770	8131	7868	1.41
2020	5879	8197	7982	1.39
2021	5988	8267	8097	1.38
2022	6097	8344	8215	1.37
2023	6206	8419	8333	1.36
2024	6315	8498	8451	1.35
2025	6424	8576	8570	1.34
2026	6533	8656	8689	1.32
2027	6642	9049	8933	1.36
2028	6751	8817	8928	1.31
2029	6860	8901	9048	1.30
2030	6969	8982	9168	1.29
2031	7066.8	9052	9274	1.28
2032	7164.6	9121	9380	1.27

**Tabla 5-2:** Relación entre la población punta y no punta para la localidad de Tongoy.

Año	Población			Relación PP/PnP
	PnP	PP	Pmedia	
2017	1762	3849	2949	2.18
2018	1797	3900	2997	2.17
2019	1831	3956	3047	2.16
2020	1866	4013	3098	2.15
2021	1900	4066	3147	2.14
2022	1935	4120	3196	2.13
2023	1970	4171	3244	2.12
2024	2004	4223	3293	2.11
2025	2039	4276	3342	2.10
2026	2074	4326	3389	2.09
2027	2108	4376	3437	2.08
2028	2143	4428	3485	2.07
2029	2177	4477	3533	2.06
2030	2212	4527	3580	2.05
2031	2243	4570	3622	2.04
2032	2274	4611	3664	2.03

**Tabla 5-3:** Relación entre la población punta y no punta para la localidad de Guanaqueros.

#### 5.3.4. Dotación de producción

La dotación a nivel de producción de agua potable se calculará según se indica en la formulación siguiente:

$$\text{Dotación de producción} = \frac{\text{Dotación de consumo}}{(1 - \%Pérdidas)}$$

#### 5.3.5. Coeficientes de consumo

Para la estimación de los caudales máximos de agua potable, se considerará un factor del día de máximo consumo (FDMC) de 1,97 y un factor de la hora de máximo consumo (FHMC) de 1,50 para la localidad de Tongoy y un factor del día de máximo consumo (FDMC) de 2,79 y un factor de la hora de máximo consumo (FHMC) de 1,50 para la localidad de Guanaqueros.

#### 5.3.6. Número de grifos

Para determinar el volumen de incendio, se emplea la NCh691 de 98, considerando una duración del incendio de dos horas y grifos de 16 lts/s de 100 mm de diámetro, según la NCh1646. La norma determina el número de grifos en uso simultáneo, así como los diámetros y capacidades según los rangos de población, la cantidad de grifos requerida se detalla a continuación:

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

**Tabla 5-4:** Número de grifos de incendio en uso simultáneo. Fuente: NCh691 de 98.

#### 5.3.7. Proyección de demanda de agua potable

En la tabla *Tabla 5-5: Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Tongoy (Incluye población 52 bis)*. y *Tabla 5-6: Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Guanaqueros (Incluye población 52 bis)*. Se presenta la proyección de demanda de agua potable de la localidad de Tongoy y Guanaqueros respectivamente.

Las pérdidas del sistema de agua potable se presentan a nivel global, debido a que el sistema actual de medición de la localidad no permite su desagregación en etapas de distribución y producción.

Para la estimación de la dotación se ha empleado el Plan de Desarrollo de AP y AS para el sistema Andacollo, Tongoy y Guanaqueros.

Se debe tomar en cuenta que la proyección de demanda para el caso de la localidad de Andacollo y El Peñón, responde a la proyección de crecimiento poblacional y no sobre un análisis de cabida máxima del instrumento de Planificación Comunal, lo que podría arrojar un incremento importante de la demanda.

Años	Población					Dotación Consumo Media (lts/hab/día)	Pérdidas (%)	Dotación Producción Media (lts/hab/día)	Caudales de producción media (lts/s)		
	Total			Cobertura (%)	Población Abastecida				Qmed	Qmáx diario	Qmáx horario
	No punta	Punta	Media								
2017	5552	8016	7648	100.00%	7648	229.28	33.00%	342.21	30.29	59.68	89.51
2018	5661	8079	7760	100.00%	7760	229.59	33.00%	342.67	30.78	60.63	90.95
2019	5770	8131	7868	100.00%	7868	228.96	33.00%	341.73	31.12	61.31	91.96
2020	5879	8197	7982	100.00%	7982	227.78	33.00%	339.97	31.41	61.87	92.81
2021	5988	8267	8097	100.00%	8097	226.78	33.00%	338.48	31.72	62.49	93.74
2022	6097	8344	8215	100.00%	8215	225.83	33.00%	337.06	32.05	63.14	94.70
2023	6206	8419	8333	100.00%	8333	224.94	33.00%	335.73	32.38	63.79	95.68
2024	6315	8498	8451	100.00%	8451	224.02	33.00%	334.36	32.70	64.43	96.64
2025	6424	8576	8570	100.00%	8570	223.25	33.00%	333.21	33.05	65.11	97.66
2026	6533	8656	8689	100.00%	8689	222.44	33.00%	332.00	33.39	65.77	98.66
2027	6642	9049	8933	100.00%	8933	221.65	33.00%	330.82	34.20	67.38	101.07
2028	6751	8817	8928	100.00%	8928	220.88	33.00%	329.67	34.06	67.11	100.66
2029	6860	8901	9048	100.00%	9048	220.11	33.00%	328.52	34.41	67.78	101.67
2030	6969	8982	9168	100.00%	9168	219.35	33.00%	327.39	34.74	68.44	102.66
2031	7067	9052	9274	100.00%	9274	218.60	33.00%	326.27	35.02	68.99	103.49
2032	7165	9121	9380	100.00%	9380	217.85	33.00%	325.15	35.30	69.54	104.31
2033	7262	9245	9508	100.00%	9508	217.85	33.00%	325.15	35.78	70.49	105.74
2034	7360	9370	9636	100.00%	9636	217.85	33.00%	325.15	36.26	71.44	107.16
2035	7458	9494	9764	100.00%	9764	217.85	33.00%	325.15	36.75	72.39	108.58
2036	7556	9619	9892	100.00%	9892	217.85	33.00%	325.15	37.23	73.34	110.01
2037	7654	9743	10020	100.00%	10020	217.85	33.00%	325.15	37.71	74.29	111.43
2038	7751	9868	10148	100.00%	10148	217.85	33.00%	325.15	38.19	75.24	112.85
2039	7849	9992	10276	100.00%	10276	217.85	33.00%	325.15	38.67	76.19	114.28
2040	7947	10117	10404	100.00%	10404	217.85	33.00%	325.15	39.15	77.14	115.70
2041	8030	10222	10513	100.00%	10513	217.85	33.00%	325.15	39.56	77.94	116.91
2042	8112	10328	10621	100.00%	10621	217.85	33.00%	325.15	39.97	78.74	118.11
2043	8195	10433	10729	100.00%	10729	217.85	33.00%	325.15	40.38	79.54	119.31
2044	8278	10538	10837	100.00%	10837	217.85	33.00%	325.15	40.78	80.35	120.52
2045	8361	10643	10946	100.00%	10946	217.85	33.00%	325.15	41.19	81.15	121.72
2046	8443	10749	11054	100.00%	11054	217.85	33.00%	325.15	41.60	81.95	122.93
2047	8526	10854	11162	100.00%	11162	217.85	33.00%	325.15	42.01	82.75	124.13
2048	8609	10959	11271	100.00%	11271	217.85	33.00%	325.15	42.41	83.56	125.34
2049	8691	11065	11379	100.00%	11379	217.85	33.00%	325.15	42.82	84.36	126.54
2050	8774	11170	11487	100.00%	11487	217.85	33.00%	325.15	43.23	85.16	127.74
Cabida Máxima	98134	98134	98134	100.00%	98134	217.85	33.00%	369.15	329.32	727.54	1091.30

**Tabla 5-5:** Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Tongoy (Incluye población 52 bis).

Años	Población					Dotación Consumo Media (lts/hab/día)	Pérdidas (%)	Dotación Producción Media (lts/hab/día)	Caudales de producción media (lts/s)		
	Total			Cobertura (%)	Población Abastecida				Qmed	Qmáx diario	Qmáx horario
	No punta	Punta	Media								
2017	1762	3849	2949	100.00%	2949	194.79	27.70%	269.42	9.20	25.66	38.49
2018	1797	3900	2997	100.00%	2997	200.35	27.70%	277.11	9.61	26.82	40.23
2019	1831	3956	3047	100.00%	3047	205.13	27.70%	283.72	10.01	27.92	41.88
2020	1866	4013	3098	100.00%	3098	209.72	27.70%	290.07	10.40	29.02	43.52
2021	1900	4066	3147	100.00%	3147	214.24	27.70%	296.32	10.79	30.11	45.16
2022	1935	4120	3196	100.00%	3196	218.58	27.70%	302.32	11.18	31.20	46.80
2023	1970	4171	3244	100.00%	3244	222.78	27.70%	308.13	11.57	32.28	48.42
2024	2004	4223	3293	100.00%	3293	226.84	27.70%	313.75	11.96	33.36	50.04
2025	2039	4276	3342	100.00%	3342	230.73	27.70%	319.13	12.34	34.43	51.65
2026	2074	4326	3389	100.00%	3389	234.63	27.70%	324.52	12.73	35.52	53.28
2027	2108	4376	3437	100.00%	3437	238.37	27.70%	329.70	13.12	36.59	54.89
2028	2143	4428	3485	100.00%	3485	242.03	27.70%	334.76	13.50	37.68	56.51
2029	2177	4477	3533	100.00%	3533	245.61	27.70%	339.71	13.89	38.75	58.13
2030	2212	4527	3580	100.00%	3580	249.11	27.70%	344.55	14.28	39.83	59.75
2031	2243	4570	3622	100.00%	3622	252.54	27.70%	349.29	14.64	40.86	61.29
2032	2274	4611	3664	100.00%	3664	255.90	27.70%	353.94	15.01	41.87	62.81
2033	2305	4674	3713	100.00%	3713	255.90	27.70%	353.94	15.21	42.44	63.66
2034	2336	4736	3763	100.00%	3763	255.90	27.70%	353.94	15.42	43.01	64.52
2035	2367	4799	3813	100.00%	3813	255.90	27.70%	353.94	15.62	43.58	65.38
2036	2398	4862	3863	100.00%	3863	255.90	27.70%	353.94	15.83	44.15	66.23
2037	2429	4925	3913	100.00%	3913	255.90	27.70%	353.94	16.03	44.73	67.09
2038	2460	4988	3963	100.00%	3963	255.90	27.70%	353.94	16.24	45.30	67.94
2039	2491	5051	4013	100.00%	4013	255.90	27.70%	353.94	16.44	45.87	68.80
2040	2522	5114	4063	100.00%	4063	255.90	27.70%	353.94	16.64	46.44	69.66
2041	2548	5167	4105	100.00%	4105	255.90	27.70%	353.94	16.82	46.92	70.38
2042	2574	5220	4147	100.00%	4147	255.90	27.70%	353.94	16.99	47.40	71.10
2043	2601	5273	4190	100.00%	4190	255.90	27.70%	353.94	17.16	47.89	71.83
2044	2627	5326	4232	100.00%	4232	255.90	27.70%	353.94	17.34	48.37	72.55
2045	2653	5379	4274	100.00%	4274	255.90	27.70%	353.94	17.51	48.85	73.28
2046	2679	5432	4316	100.00%	4316	255.90	27.70%	353.94	17.68	49.33	74.00
2047	2705	5485	4359	100.00%	4359	255.90	27.70%	353.94	17.85	49.81	74.72
2048	2732	5539	4401	100.00%	4401	255.90	27.70%	353.94	18.03	50.30	75.45
2049	2758	5592	4443	100.00%	4443	255.90	27.70%	353.94	18.20	50.78	76.17
2050	2784	5645	4485	100.00%	4485	255.90	27.70%	353.94	18.37	51.26	76.89
Cabida Máxima	45788	45788	45788	100.00%	45788	255.90	27.70%	353.94	187.57	523.33	784.99

**Tabla 5-6:** Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Guanaqueros (Incluye población 52 bis).

Años	Población			Dotación Consumo Media (lts/hab/día)	Pérdidas (%)	Dotación Producción Media (lts/hab/día)	Caudales de producción media (lts/s)		
	Total	Cobertura (%)	Población Abastecida				Qmed	Qmáx diario	Qmáx horario
2018	9625	100.00%	9625	202.61	9.60%	224.13	24.97	33.71	50.56
2019	9652	100.00%	9652	209.27	9.60%	231.49	25.86	34.91	52.37
2020	9679	100.00%	9679	215.89	9.60%	238.82	26.75	36.12	54.18
2021	9747	100.00%	9747	221.53	9.60%	245.06	27.65	37.32	55.98
2022	9816	100.00%	9816	227.09	9.60%	251.21	28.54	38.53	57.79
2023	9884	100.00%	9884	232.57	9.60%	257.27	29.43	39.73	59.60
2024	9953	100.00%	9953	237.97	9.60%	263.24	30.32	40.94	61.41
2025	10022	100.00%	10022	243.30	9.60%	269.14	31.22	42.15	63.22
2026	10091	100.00%	10091	248.55	9.60%	274.94	32.11	43.35	65.03
2027	10160	100.00%	10160	253.72	9.60%	280.66	33.00	44.56	66.83
2028	10229	100.00%	10229	258.83	9.60%	286.32	33.90	45.76	68.64
2029	10298	100.00%	10298	263.86	9.60%	291.88	34.79	46.97	70.45
2030	10368	100.00%	10368	268.83	9.60%	297.38	35.69	48.18	72.26
2031	10437	100.00%	10437	273.73	9.60%	302.80	36.58	49.38	74.07
2032	10506	100.00%	10506	278.56	9.60%	308.14	37.47	50.58	75.88
2033	10575	100.00%	10575	278.56	9.60%	308.14	37.72	50.92	76.37
2034	10644	100.00%	10644	278.56	9.60%	308.14	37.96	51.25	76.87
2035	10713	100.00%	10713	278.56	9.60%	308.14	38.21	51.58	77.37
2036	10782	100.00%	10782	278.56	9.60%	308.14	38.45	51.91	77.87
2037	10851	100.00%	10851	278.56	9.60%	308.14	38.70	52.24	78.37
2038	10920	100.00%	10920	278.56	9.60%	308.14	38.95	52.58	78.86
2039	10989	100.00%	10989	278.56	9.60%	308.14	39.19	52.91	79.36
2040	11058	100.00%	11058	278.56	9.60%	308.14	39.44	53.24	79.86
2041	11127	100.00%	11127	278.56	9.60%	308.14	39.68	53.57	80.36
2042	11196	100.00%	11196	278.56	9.60%	308.14	39.93	53.91	80.86
2043	11265	100.00%	11265	278.56	9.60%	308.14	40.18	54.24	81.36
2044	11334	100.00%	11334	278.56	9.60%	308.14	40.42	54.57	81.85
2045	11403	100.00%	11403	278.56	9.60%	308.14	40.67	54.90	82.35
2046	11472	100.00%	11472	278.56	9.60%	308.14	40.91	55.23	82.85
2047	11541	100.00%	11541	278.56	9.60%	308.14	41.16	55.57	83.35
2048	11610	100.00%	11610	278.56	9.60%	308.14	41.41	55.90	83.85
2049	11679	100.00%	11679	278.56	9.60%	308.14	41.65	56.23	84.35
2050	11748	100.00%	11748	278.56	9.60%	308.14	41.90	56.56	84.84

**Tabla 5-7:** Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de Andacollo (Incluye población 52 bis).



Años	Población			Dotación Consumo Media (lts/hab/día)	Pérdidas (%)	Dotación Producción Media (lts/hab/día)	Caudales de producción media (lts/s)		
	Total	Cobertura (%)	Población Abastecida				Qmed	Qmáx diario	Qmáx horario
2018	556	100.00%	556	239.35	9.60%	264.77	1.70	2.30	3.45
2019	557	100.00%	557	247.22	9.60%	273.47	1.76	2.38	3.57
2020	559	100.00%	559	255.04	9.60%	282.12	1.83	2.46	3.70
2021	563	100.00%	563	261.71	9.60%	289.50	1.89	2.55	3.82
2022	567	100.00%	567	268.28	9.60%	296.77	1.95	2.63	3.94
2023	571	100.00%	571	274.75	9.60%	303.93	2.01	2.71	4.07
2024	575	100.00%	575	281.13	9.60%	310.98	2.07	2.79	4.19
2025	579	100.00%	579	287.42	9.60%	317.94	2.13	2.88	4.31
2026	583	100.00%	583	293.62	9.60%	324.80	2.19	2.96	4.44
2027	587	100.00%	587	299.74	9.60%	331.57	2.25	3.04	4.56
2028	590	100.00%	590	305.77	9.60%	338.24	2.31	3.12	4.68
2029	594	100.00%	594	311.71	9.60%	344.81	2.37	3.20	4.80
2030	598	100.00%	598	317.58	9.60%	351.31	2.43	3.28	4.92
2031	602	100.00%	602	323.37	9.60%	357.71	2.49	3.36	5.05
2032	606	100.00%	606	329.08	9.60%	364.03	2.55	3.45	5.17
2033	610	100.00%	610	329.08	9.60%	364.03	2.57	3.47	5.20
2034	614	100.00%	614	329.08	9.60%	364.03	2.59	3.49	5.24
2035	618	100.00%	618	329.08	9.60%	364.03	2.60	3.52	5.27
2036	622	100.00%	622	329.08	9.60%	364.03	2.62	3.54	5.31
2037	626	100.00%	626	329.08	9.60%	364.03	2.64	3.56	5.34
2038	630	100.00%	630	329.08	9.60%	364.03	2.65	3.58	5.38
2039	634	100.00%	634	329.08	9.60%	364.03	2.67	3.61	5.41
2040	638	100.00%	638	329.08	9.60%	364.03	2.69	3.63	5.44
2041	642	100.00%	642	329.08	9.60%	364.03	2.70	3.65	5.48
2042	646	100.00%	646	329.08	9.60%	364.03	2.72	3.67	5.51
2043	650	100.00%	650	329.08	9.60%	364.03	2.74	3.70	5.55
2044	654	100.00%	654	329.08	9.60%	364.03	2.76	3.72	5.58
2045	658	100.00%	658	329.08	9.60%	364.03	2.77	3.74	5.61
2046	662	100.00%	662	329.08	9.60%	364.03	2.79	3.77	5.65
2047	666	100.00%	666	329.08	9.60%	364.03	2.81	3.79	5.68
2048	670	100.00%	670	329.08	9.60%	364.03	2.82	3.81	5.72
2049	674	100.00%	674	329.08	9.60%	364.03	2.84	3.83	5.75
2050	678	100.00%	678	329.08	9.60%	364.03	2.86	3.86	5.78

**Tabla 5-8:** Proyección de los caudales de agua potable para la localidad de El Peñón (Incluye población 52 bis).

Años	Población			Dotación Consumo Media (lts/hab/día)	Pérdidas (%)	Dotación Producción Media (lts/hab/día)	Caudales de producción media (lts/s)		
	Media	Cobertura (%)	Población Abastecida				Qmed	Qmáx diario	Qmáx horario
2018	20939	100.00%	20939	223.83	20.86%	282.84	68.55	122.42	183.63
2019	21125	100.00%	21125	227.85	20.93%	288.16	70.45	126.02	189.03
2020	21318	100.00%	21318	231.59	20.99%	293.12	72.32	129.56	194.34
2021	21554	100.00%	21554	234.85	21.03%	297.41	74.19	133.04	199.56
2022	21794	100.00%	21794	238.04	21.07%	301.60	76.08	136.55	204.82
2023	22032	100.00%	22032	241.17	21.12%	305.73	77.96	140.06	210.09
2024	22272	100.00%	22272	244.21	21.16%	309.73	79.84	143.57	215.35
2025	22512	100.00%	22512	247.22	21.19%	313.71	81.74	147.11	220.67
2026	22752	100.00%	22752	250.17	21.23%	317.60	83.63	150.65	225.97
2027	23117	100.00%	23117	252.86	21.33%	321.44	86.00	155.12	232.68
2028	23232	100.00%	23232	255.85	21.31%	325.12	87.42	157.73	236.60
2029	23473	100.00%	23473	258.59	21.34%	328.76	89.32	161.28	241.93
2030	23714	100.00%	23714	261.28	21.38%	332.34	91.22	164.84	247.25
2031	23935	100.00%	23935	263.95	21.41%	335.84	93.04	168.23	252.34
2032	24156	100.00%	24156	266.56	21.43%	339.27	94.85	171.60	257.40
2033	24407	100.00%	24407	266.41	21.47%	339.25	95.83	173.52	260.28
2034	24658	100.00%	24658	266.27	21.51%	339.23	96.81	175.43	263.15
2035	24909	100.00%	24909	266.14	21.54%	339.22	97.79	177.35	266.02
2036	25159	100.00%	25159	266.00	21.58%	339.20	98.77	179.26	268.89
2037	25410	100.00%	25410	265.87	21.61%	339.18	99.75	181.18	271.77
2038	25661	100.00%	25661	265.74	21.65%	339.16	100.73	183.09	274.64
2039	25912	100.00%	25912	265.61	21.68%	339.15	101.71	185.01	277.51
2040	26163	100.00%	26163	265.49	21.72%	339.13	102.70	186.92	280.39
2041	26387	100.00%	26387	265.40	21.74%	339.12	103.57	188.60	282.91
2042	26610	100.00%	26610	265.32	21.76%	339.11	104.44	190.28	285.43
2043	26834	100.00%	26834	265.24	21.78%	339.10	105.32	191.96	287.95
2044	27057	100.00%	27057	265.16	21.80%	339.09	106.19	193.64	290.47
2045	27281	100.00%	27281	265.08	21.82%	339.08	107.06	195.32	292.99
2046	27504	100.00%	27504	265.00	21.84%	339.07	107.94	197.00	295.51
2047	27728	100.00%	27728	264.92	21.87%	339.06	108.81	198.69	298.03
2048	27951	100.00%	27951	264.85	21.89%	339.05	109.69	200.37	300.55
2049	28175	100.00%	28175	264.77	21.90%	339.04	110.56	202.05	303.07
2050	28398	100.00%	28398	264.70	21.92%	339.03	111.43	203.73	305.59
Cabida Máxima	156348	100.00%	156348	264.70	21.92%	339.03	613.50	1325.70	1988.55

**Tabla 5-9:** Proyección de los caudales de agua potable para el sistema Andacollo, Tongoy y Guanaqueros (Incluye población 52 bis).

#### 5.4. Estimación de infraestructura requerida

El servicio de agua potable es en conjunto para las 4 localidades (Andacollo, Guanaqueros, Tongoy y El Peñón). Como se ha mencionado en la introducción, el sistema consiste en una batería de pozos que impulsa el agua hacia dos estanques ubicados en el Recinto El Peñón de 200 m<sup>3</sup> cada uno. El conjunto de los pozos presenta una capacidad de explotación de 191 lts/s.

El estanque de Guanaqueros alimenta a la localidad de Guanaqueros y posee una capacidad de 1.500 m<sup>3</sup>, La localidad de Tongoy se abastece desde las aguas elevadas desde el estanque de Guanaqueros hasta el recinto Bachelet en el cual existen dos estanques (1.000 m<sup>3</sup> y 500 m<sup>3</sup>).

##### 5.4.1. Fuentes

La fuente existente y proyectadas en el Plan de desarrollo abastecerán las localidades de Andacollo, El Peñón, Tongoy y Guanaqueros, por lo que se va a requerir abastecer, para el horizonte de 2.050, el caudal máximo diario anteriormente calculado y cuyo valor es de 203,73 lts/s y para la cabida máxima es de 1.325,70 lts/s, cuyos valores han sido obtenidos a partir de las proyecciones realizadas en el PRC y de las aplicaciones de las bases de diseño del Plan de Desarrollo Vigente, cuyo plan señala que para el horizonte de 2032, se tiene un caudal máximo de consumo de 199,90 lts/s.

Actualmente existen derechos inscritos por 50 lts/s desde los pozos N°1, 2 y 3 interiores; 100 lts/s desde el pozo Pan de Azúcar N°1 y también 100 lts/s desde el pozo Pan de Azúcar N°2; 6 lts/s desde el pozo El Peñón; 40 lts/s desde el pozo N°1 Sur; 36 lts/s desde el pozo N°3 Sur y, por último, 22,8 lts/s desde el pozo Cuenca Lagunillas. Además, para 2025, se incorpora una nueva captación, de un nuevo sondaje proyectado con una capacidad de abastecimiento de 30 lts/s. La oferta, sin proyecto, según los derechos de agua inscritos es de 354,80 lts/s, según el Plan de Desarrollo Vigente, el máximo potencial de producción en su condición futura, será de 384,80 lts/s con el nuevo sondaje proyectado.

Año	Población total (hab)	Cobertura (%)	Oferta (lts/s)	Demanda Qmáxd (lts/s)	Superávit/déficit (lts/s)
2.017	20.749	100.00%	354,80	118,56	236,24
2.020	21.318	100.00%	354,80	129,56	225,24
2.030	23.714	100.00%	384,80	164,84	219,96
2.040	26.163	100.00%	384,80	186,92	197,88
2.050	28.398	100.00%	384,80	203,73	181,07
Cabida Máxima	156.348	100.00%	384,80	1.325,70	-940,90

Tabla 5-10: Demanda desde la fuente.

Se concluye, por tanto, con los resultados obtenidos en el análisis anterior que, la fuente, requiere una capacidad adicional en la fuente para abastecer la demanda equivalente a la cabida máxima, ya que se tiene una capacidad máxima para abastecer una población de 53.638 habitantes. Se requiere, por tanto, emplear nuevas fuentes para poder satisfacer los requerimientos obtenidos para la cabida máxima, cuyo valor asciende hasta los 940,90 lts/s.

### 5.4.2. Volumen de regulación

Se ha realizado un análisis de la oferta y la demanda de agua potable a futuro y, además, se planteó la infraestructura que será necesaria implantar para satisfacer la demanda, obteniendo de esta forma varios requerimientos globales de producción y demanda para el período de estudio. De esta forma, para la estimación de la infraestructura necesaria, se ha considerado la capacidad del estanque disponible por sector con mayor superávit disponible a partir de la situación con proyecto definida en el Plan de Desarrollo vigente.

El PRC es un instrumento de planificación en el cual se adoptará un volumen de regulación de un 15% del caudal máximo diario (de acuerdo a lo señalado en el Plan de Desarrollo) y los grifos requeridos según la Norma NCh691 de 98, funcionando durante dos horas. Además, se recoge en la norma que, los estanques, han de tener un volumen de seguridad entre el volumen de incendio y 2 horas del caudal máximo diario. Se considerará un grifo en Guanaqueros y dos en la localidad de Tongoy, sin embargo, se considerará, para la cabida máxima, tres grifos para la localidad de Guanaqueros y cinco para la localidad de Tongoy.

La demanda de volumen de regulación para la población proyectada, en la localidad de Tongoy será de:

Año	Población media	Volumen de regulación (m <sup>3</sup> )			
		Consumo	Incendio	Seguridad	Total
2.017	5552	774	230	430	1204
2.020	5879	802	230	446	1248
2.030	6969	887	230	493	1380
2.040	7947	1000	230	556	1556
2.050	8774	1104	230	614	1718
Cabida Máxima	98134	9429	576	5239	14668

**Tabla 5-11:** Demanda de volumen de regulación para la localidad de Tongoy.

Año	Población media	Oferta (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Superávit/Déficit (m <sup>3</sup> )
2.017	5552	1500	1204	296
2.020	5879	1500	1248	252
2.030	6969	1500	1380	120
2.040	7947	1500	1556	-56
2.050	8774	1500	1718	-218
Cabida Máxima	98134	1500	14668	-13168

**Tabla 5-12:** Análisis de requerimientos de volumen de regulación para la localidad de Tongoy.

De acuerdo al análisis realizado anteriormente, los estanques de la localidad de Tongoy requieren un refuerzo de un estanque adicional de 300 m<sup>3</sup> para abastecer la demanda de todo el horizonte de previsión, sin embargo, para la cabida máxima, se va a requerir la construcción de dos estanques de 8.000 y 5.500 m<sup>3</sup>.

Para la localidad de Guanaqueros, la demanda de volumen de regulación para la población proyectada será de:

Año	Población media	Volumen de regulación (m <sup>3</sup> )			
		Consumo	Incendio	Seguridad	Total
2.017	1762	333	115	185	518
2.020	1866	377	115	209	586
2.030	2212	517	115	287	804
2.040	2522	602	115	335	937
2.050	2784	665	115	370	1035
Cabida Máxima	45788	6783	346	3768	10551

**Tabla 5-13:** Demanda de volumen de regulación para la localidad de Guanaqueros.

Año	Población media	Oferta (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Superávit/Déficit (m <sup>3</sup> )
2.017	1762	1500	518	982
2.020	1866	1500	586	914
2.030	2212	1500	804	696
2.040	2522	1500	937	563
2.050	2784	1500	1035	465
Cabida Máxima	45788	1500	10551	-9051

**Tabla 5-14:** Análisis de requerimientos de volumen de regulación para la localidad de Guanaqueros.

De acuerdo al análisis realizado anteriormente, el estanque de la localidad de Guanaqueros no necesita de infraestructuras adicionales para abastecer la demanda de todo el horizonte de previsión, sin embargo, para la cabida máxima, se va a requerir la construcción de un estanque de 9.500 m<sup>3</sup>.

### 5.5. Estimación de caudales de aguas servidas

El sistema de alcantarillado de la localidad de Tongoy fue construido en el año 2.000. Las aguas servidas de la red de alcantarillado de Tongoy son recolectadas por medio de tres plantas elevadoras y sus respectivas impulsiones hasta la planta de tratamiento. La planta de tratamiento es del tipo lodos activados y cuenta con una capacidad para tratar el caudal máximo horario de 126 lts/s, desde donde las aguas tratadas son entregadas para el riego al sector de Puerto Veleró y Hacienda el Tangué. Las aguas tratadas no utilizadas para riego son descargadas en la quebrada El Almendro.

El sistema de alcantarillado de la localidad de Guanaqueros fue construido en el año 2.000. Las aguas servidas de la red de alcantarillado de Guanaqueros son recolectadas por medio de plantas elevadoras y sus respectivas impulsiones hasta la planta de tratamiento. La planta de tratamiento es del tipo lodos activados y cuenta con una capacidad para tratar un caudal máximo horario de 125 lts/s, desde donde las aguas tratadas son tratadas para riego.

La red de recolección de Tongoy consiste aproximadamente de 24 km de tuberías mientras que la de Guanaqueros cuenta con aproximadamente 12,9 km de tuberías.

#### 5.5.1. Cobertura

Se van a considerar los valores establecidos en el Plan de Desarrollo vigente, cuyo valor es de 83,14% para 2015 y un valor del 95% para 2032 para la localidad de Tongoy y una cobertura también variable de 37,5% para 2015 y un valor del 70% para 2032 para la localidad de Guanaqueros.

#### 5.5.2. Caudal medio de aguas servidas

Para obtener el caudal medio de aguas servidas se va a emplear la siguiente formulación:

$$Q_{medAS} = Q_{medAP}(\text{consumo}) * R \left[ \frac{lbs}{s} \right]$$

#### 5.5.3. Coeficiente de recuperación

El valor del coeficiente de recuperación es el empleado en el Plan de Desarrollo vigente,  $R = 0,80$ .

#### 5.5.4. Caudal máximo instantáneo

En el cálculo de los caudales máximos horarios, se considera para poblaciones mayores o iguales a 1000 habitantes el coeficiente de Harmon, según indica la NCh1.015 de 98, para las poblaciones menores a 100 habitantes, la tabla de la Boston Society of Civil Engineers (BSCE) y, para poblaciones intermedias, una interpolación lineal entre ambos valores.

La fórmula de Harmon es la siguiente:

$$Q_{máxAS} = H * Q_{med} \left[ \frac{lbs}{s} \right]$$

donde el coeficiente de Harmon se obtiene como:

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

y donde P es la población en miles de habitantes.

#### 5.5.5. Caudal de infiltración en las redes de aguas servidas

En el Plan de Desarrollo vigente no se consideran caudales de infiltración.

#### 5.5.6. Caudales de aguas lluvias

En el Plan de Desarrollo vigente no se tienen en cuenta los aportes de aguas lluvias para el diseño, puesto que las lluvias en la región no son significativas en el periodo estival que corresponde al periodo de mayor demanda para las redes de recolección, por tanto, las nuevas redes deberán considerarse como sistemas separados y estancos.

#### 5.5.7. Proyección de carga orgánica (Kg DBO5/día)

Se consideran en la proyección de carga orgánica para cada sistema de valores establecidos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Para el caso de la localidad de Tongoy se tiene un valor de 38,8 gr DBO5/hab/día y para la localidad de Guanaqueros se tiene un valor de 53,2 gr DBO5/hab/día.

### 5.5.8. Proyección de caudales totales de aguas servidas

A continuación, se van a obtener la variación de caudales que transportarán las redes de alcantarillado, de acuerdo a los caudales anteriormente calculados:

Años	Población			Dotación Consumo Punta (lts/hab/día)	Coficiente de recuperación = 0,80			Carga Proyectada (KgDBO5/día)
	Total (población punta)	Cobertura (%)	Población saneada punta		Caudales de aguas servidas (lts/s)			
					Qmed	Harmon	Qmáx horario	
2017	8016	83.94%	6729	175.88	16.32	1.15	18.76	311.02
2018	8079	84.68%	6841	176.53	16.51	1.15	18.97	313.47
2019	8131	85.41%	6945	176.43	16.60	1.15	19.07	315.48
2020	8197	86.15%	7062	175.87	16.69	1.15	19.16	318.05
2021	8267	86.89%	7183	175.42	16.79	1.15	19.26	320.77
2022	8344	87.63%	7312	175.01	16.90	1.15	19.38	323.73
2023	8419	88.36%	7439	174.60	17.01	1.15	19.50	326.67
2024	8498	89.10%	7571	174.21	17.13	1.15	19.63	329.71
2025	8576	89.94%	7714	173.83	17.25	1.14	19.76	332.76
2026	8656	90.58%	7840	173.45	17.38	1.14	19.88	335.84
2027	9049	91.31%	8263	173.07	18.13	1.14	20.69	351.10
2028	8817	92.05%	8116	172.69	17.62	1.14	20.14	342.10
2029	8901	92.79%	8259	172.31	17.75	1.14	20.28	345.36
2030	8982	93.53%	8401	171.92	17.87	1.14	20.41	348.50
2031	9052	94.26%	8532	171.53	17.97	1.14	20.51	351.20
2032	9121	95.00%	8665	171.13	18.07	1.14	20.61	353.89
2033	9245	95.00%	8783	171.13	18.31	1.14	20.87	358.72
2034	9370	95.00%	8901	171.13	18.56	1.14	21.14	363.55
2035	9494	95.00%	9020	171.13	18.81	1.14	21.40	368.38
2036	9619	95.00%	9138	171.13	19.05	1.14	21.67	373.22
2037	9743	95.00%	9256	171.13	19.30	1.14	21.93	378.05
2038	9868	95.00%	9375	171.13	19.55	1.14	22.19	382.88
2039	9992	95.00%	9493	171.13	19.79	1.13	22.46	387.71
2040	10117	95.00%	9611	171.13	20.04	1.13	22.72	392.54
2041	10222	95.00%	9711	171.13	20.25	1.13	22.94	396.62
2042	10328	95.00%	9811	171.13	20.46	1.13	23.17	400.71
2043	10433	95.00%	9911	171.13	20.66	1.13	23.39	404.79
2044	10538	95.00%	10011	171.13	20.87	1.13	23.61	408.88
2045	10643	95.00%	10111	171.13	21.08	1.13	23.84	412.96
2046	10749	95.00%	10211	171.13	21.29	1.13	24.06	417.05
2047	10854	95.00%	10311	171.13	21.50	1.13	24.28	421.13
2048	10959	95.00%	10411	171.13	21.71	1.13	24.50	425.22
2049	11065	95.00%	10511	171.13	21.92	1.13	24.73	429.30

2050	11170	95.00%	10611	171.13	22.12	1.13	24.95	433.39
Cabida Máxima	98134	95.00%	93227	171.13	194.37	1.04	202.95	3807.60

**Tabla 5-15:** Proyección de caudales de aguas servidas y carga orgánica para la localidad de Tongoy.

Años	Población			Dotación Consumo Punta (lts/hab/día)	Caudales de aguas servidas (lts/s)			Carga Proyectada (KgDBO5/día)
	Total (población punta)	Cobertura (%)	Población saneada punta		Coficiente de recuperación = 0,80			
					Qmed	Harmon	Qmáx horario	
2017	3849	39.90%	1536	164.27	7.32	1.21	8.87	204.79
2018	3900	41.90%	1634	167.35	7.55	1.21	9.15	207.50
2019	3956	43.90%	1737	170.02	7.79	1.21	9.41	210.47
2020	4013	45.90%	1842	172.72	8.02	1.21	9.69	213.48
2021	4066	47.90%	1948	175.50	8.26	1.21	9.97	216.30
2022	4120	49.90%	2056	178.26	8.50	1.21	10.24	219.16
2023	4171	51.90%	2165	181.00	8.74	1.20	10.52	221.92
2024	4223	53.90%	2276	183.72	8.98	1.20	10.80	224.66
2025	4276	55.90%	2390	186.42	9.23	1.20	11.09	227.48
2026	4326	58.00%	2509	189.09	9.47	1.20	11.37	230.15
2027	4376	60.00%	2626	191.75	9.71	1.20	11.65	232.81
2028	4428	62.00%	2745	194.38	9.96	1.20	11.94	235.55
2029	4477	64.00%	2865	196.99	10.21	1.20	12.22	238.19
2030	4527	66.00%	2988	199.58	10.46	1.20	12.51	240.81
2031	4570	68.00%	3108	202.14	10.69	1.20	12.78	243.12
2032	4611	70.00%	3228	204.69	10.92	1.19	13.05	245.29
2033	4674	70.00%	3272	204.69	11.07	1.19	13.21	248.64
2034	4736	70.00%	3316	204.69	11.22	1.19	13.38	251.98
2035	4799	70.00%	3360	204.69	11.37	1.19	13.54	255.32
2036	4862	70.00%	3404	204.69	11.52	1.19	13.71	258.67
2037	4925	70.00%	3448	204.69	11.67	1.19	13.87	262.01
2038	4988	70.00%	3492	204.69	11.82	1.19	14.03	265.36
2039	5051	70.00%	3536	204.69	11.97	1.19	14.20	268.70
2040	5114	70.00%	3580	204.69	12.11	1.19	14.36	272.04
2041	5167	70.00%	3617	204.69	12.24	1.18	14.50	274.87
2042	5220	70.00%	3654	204.69	12.37	1.18	14.64	277.70
2043	5273	70.00%	3691	204.69	12.49	1.18	14.77	280.52
2044	5326	70.00%	3728	204.69	12.62	1.18	14.91	283.35
2045	5379	70.00%	3765	204.69	12.74	1.18	15.05	286.17
2046	5432	70.00%	3803	204.69	12.87	1.18	15.19	289.00
2047	5485	70.00%	3840	204.69	13.00	1.18	15.33	291.83
2048	5539	70.00%	3877	204.69	13.12	1.18	15.46	294.65
2049	5592	70.00%	3914	204.69	13.25	1.18	15.60	297.48



2050	5645	70.00%	3951	204.69	13.37	1.18	15.74	300.30
Cabida Máxima	45788	70.00%	32052	204.69	108.48	1.06	115.44	2435.92

**Tabla 5-16:** Proyección de caudales de aguas servidas y carga orgánica para la localidad de Guanaqueros.

## 5.6. Estimación de infraestructura requerida

En este capítulo se define la necesidad de infraestructura para poder cubrir el total de la demanda obtenida para la cabida máxima. El concesionario interesado ha de hacerse cargo de todos los procesos y, en relación al financiamiento de las obras requeridas a las áreas de expansión urbanas, se estipula en la ley que ha de ser cargo de las propias entidades urbanizadoras.

El sistema de recolección y evacuación de aguas servidas está separado por lo que se analizará de forma independiente.

### 5.6.1. Localidad de Tongoy

La localidad de Tongoy recolecta las aguas servidas por medio de tres plantas elevadoras y sus respectivas impulsiones hasta la planta de tratamiento, la cual cuenta con una capacidad para tratar un caudal máximo horario de 126 lts/s.

Las plantas elevadoras (PEAS) de Tongoy N°1, N°2 y N°3 tienen actualmente una capacidad de producción de 22,8 lts/s, 19,1 lts/s y 56,4 lts/s respectivamente. La planta elevadora de Tongoy N°3 es aquella que se conecta a la planta de tratamiento.

Año	Población Total	Cobertura (%)	Oferta (lts/s)	Demanda Q <sub>máx h.</sub> (lts/s)	Superávit/Déficit (lts/s)
2.017	8016	83.94%	56.4	18.76	37.64
2.020	8197	86.15%	56.4	19.16	37.24
2.030	8982	93.53%	56.4	20.41	35.99
2.040	10117	95.00%	56.4	22.72	33.68
2.050	11170	95.00%	56.4	24.95	31.45
Cabida máxima	98134	95.00%	56.4	202.95	-146.55

**Tabla 5-17:** Demanda en las plantas elevadoras de aguas servidas de Tongoy.

Año	Población Total	Cobertura (%)	Oferta (lts/s)	Demanda Q <sub>máx h.</sub> (lts/s)	Superávit/Déficit (lts/s)
2.017	8016	83.94%	126	18.76	107.24
2.020	8197	86.15%	126	19.16	106.84
2.030	8982	93.53%	126	20.41	105.59
2.040	10117	95.00%	126	22.72	103.28
2.050	11170	95.00%	126	24.95	101.05
Cabida máxima	98134	95.00%	126	202.95	-76.95

**Tabla 5-18:** Demanda en la planta de tratamiento de Tongoy.

Con respecto al análisis realizado anteriormente, el sistema de tratamiento existente es capaz de cubrir la demanda para el horizonte de previsión del estudio, pero, para el escenario de cabida máxima, hay que reforzar las plantas elevadoras de aguas servidas con equipos que sean capaz de elevar hasta 147 lts/s adicionales a los actuales y una planta de tratamiento capaz de tratar un caudal adicional de 77 lts/.

Las características del efluente de la planta deberán cumplir con lo exigido en el Decreto Supremo MISEGPRES N°90/00.

Parámetros	Límite máximo
DBO5 (mg/l)	35*
SS (mg/l)	80*
NTK (mg/l)	50
Coliformes fecales (N°/100 ml)	1000
Aceites y grasas (mg/l)	20
F total (mg/l)	10
pH (adimensional)	6 - 8,5
Temperatura (°C)	35
Hidrocarburos (mg/l)	10

**Tabla 5-19:** Límites en los principales parámetros de tratamiento. Fuente: Decreto Supremo MISEGPRES N°90/00

\* Para los residuos líquidos provenientes de plantas de tratamientos de aguas servidas domésticas, no se considerará el contenido en algas.

### 5.6.2. Localidad de Guanaqueros

La localidad de Guanaqueros recolecta las aguas servidas por medio de tres plantas elevadoras y sus respectivas impulsiones hasta la planta de tratamiento, la cual cuenta con una capacidad para tratar un caudal máximo horario de 125 lts/s.

Las plantas elevadoras (PEAS) de Guanaqueros N°1, N°2 y N°3 tienen actualmente una capacidad de producción de 33,6 lts/s, 27,4 lts/s y 69,8 lts/s respectivamente. La planta elevadora de Guanaqueros N°3 es aquella que se conecta a la planta de tratamiento.

Año	Población Total	Cobertura (%)	Oferta (lts/s)	Demanda Q <sub>máx h.</sub> (lts/s)	Superávit/Déficit (lts/s)
2.017	3849	39.90%	69.8	8.87	60.93
2.020	4013	45.90%	69.8	9.69	60.11
2.030	4527	66.00%	69.8	12.51	57.29
2.040	5114	70.00%	69.8	14.36	55.44
2.050	5645	70.00%	69.8	15.74	54.06
Cabida máxima	45788	70.00%	69.8	115.44	-45.64

**Tabla 5-20:** Demanda en las plantas elevadoras de aguas servidas de Guanaqueros.

Año	Población Total	Cobertura (%)	Oferta (lts/s)	Demanda Q <sub>máx h.</sub> (lts/s)	Superávit/Déficit (lts/s)
2.017	3849	39.90%	125	8.87	116.13
2.020	4013	45.90%	125	9.69	115.31
2.030	4527	66.00%	125	12.51	112.49
2.040	5114	70.00%	125	14.36	110.64
2.050	5645	70.00%	125	15.74	109.26
Cabida máxima	45570	70.00%	125	115.44	9.56

**Tabla 5-21:** Demanda en la planta de tratamiento de Guanaqueros.

Con respecto al análisis realizado anteriormente, la planta de tratamiento existente es capaz de cubrir la demanda para el horizonte de previsión del estudio y para el escenario de cabida máxima, por lo que no es necesario reforzar los sistemas existentes, sin embargo, se necesita reforzar las plantas elevadoras con equipos que sean capaces de elevar hasta un caudal de 45,64 lts/s adicionales.

## 5.7. Conclusiones

En el Plan de Desarrollo vigente se recogen una serie de actuaciones adoptadas para satisfacer, un programa de inversiones y un cronograma de obras. Es posible señalar que la inversión requerida para abastecer la población estimada por el PRC, puesto que estaría considerada por la empresa sanitaria en su cronograma de inversiones.

### Etapa de producción

El monto total para el sistema de producción del sistema Andacollo, Tongoy, Guanaqueros y El Peñón es de 129.161 UF, donde las principales obras planificadas son:

- Grupos Electrógenos.
- Estudio de grandes conducciones. Aducción Guanaqueros-Tongoy.
- Ampliación PEAP 1, 2 y 6.
- Ampliación EEAP Intermedia.
- Planta para abatir nitratos.
- Estudio de Ingeniería construcción para la habilitación de 1 sondaje.

### **Localidad de Tongoy**

#### Etapa de distribución

El monto total para el sistema de distribución de la localidad de Tongoy es de 2.117 UF, donde las principales obras planificadas son:

- Mejoramiento AP sector Estanque Bachelet.

### **Localidad de Guanaqueros**

#### Etapa de distribución

El monto total para el sistema de distribución de la localidad de Guanaqueros es de 12.804 UF, donde las principales obras planificadas son:

- Mejoramientos AP sector Estanque Guanaqueros Etapa I, II y III
- Reposición de redes AP
- Instalación de Equipos de Telemetría

#### Etapa de recolección

El monto total para el sistema de distribución de la localidad de Guanaqueros es de 5.109 UF, donde las principales obras planificadas son:

- Ampliación PEAS N°2 Guanaqueros

#### Etapa de disposición

El monto total para el sistema de distribución de la localidad de Guanaqueros es de 39 UF, donde las principales obras planificadas son:

- Cumplimiento DS4

Las inversiones que requiere el sistema de producción de agua potable, corresponden a un sistema único (Andacollo, Tongoy, Guanaqueros y El Peñón). La fuente existente tiene la capacidad máxima para abastecer a una población aproximada de 53.638 habitantes, que es muy superior a la población proyectada en el PRC, sin embargo, no es suficiente para abastecer en el escenario de cabida máxima.

En relación a la circular DDU 227 con fecha de 1 de diciembre de 2009 si bien la norma establece el requisito de este estudio, esta ha sido superada por cambios experimentados principalmente en la Ley General de Servicios Sanitarios. Siendo ello así, el cumplimiento de la consulta previa al servicio sanitario correspondiente de la región quedará supeditado en muchos casos a que el territorio normado por el PRC o su modificación, se encuentre incluido en el territorio operacional de la respectiva empresa sanitaria (Aguas del Valle S.A.).

En atención de lo anterior y para dar cumplimiento a dicha exigencia, es dable señalar que en aquellos casos en que el territorio sujeto a regulación se encuentre fuera del territorio operacional de la respectiva empresa sanitaria, y, que se requiera por tanto dotarlo de agua potable o alcantarillado, el requisito de la consulta previa del estudio de factibilidad para dotar de agua potable o alcantarillado al territorio sujeto a regulación, puede ser cumplimentado consultando directamente a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, quien se pronunciará respecto a la factibilidad técnica de dotar a esos territorios de agua potable y alcantarillado, conforme a lo previsto en la Ley General de Servicios Sanitarios.

La fuente de abastecimiento existente y proyectadas en el Plan de Desarrollo vigente que abastecerán las localidades de Andacollo, Tongoy, Guanaqueros y El Peñón, requieren abastecer para el horizonte para el que se ha proyectado en este estudio, un caudal máximo diario de consumo correspondiente a 203,70 lts/s y, para el escenario de cabida máxima, se requiere abastecer un caudal máximo de 1.325,70 lts/s. Los derechos futuros alcanzan los 384,40 lts/s.

Del análisis de seguridad del sistema de producción, se concluye que se requiere una capacidad adicional de la fuente para abastecer la demanda equivalente al escenario de cabida máxima. La fuente tiene, como se ha mencionado anteriormente, capacidad para abastecer aproximadamente a 53.638 habitantes. Se requiere utilizar nuevas fuentes para abastecer los requerimientos de la cabida máxima considerando nuevas fuentes y cuyo valor asciende a los 940,90 lts/s.

Con respecto a los cálculos realizados para los estanques existentes en la localidad de Tongoy, se ha concluido que se requiere un refuerzo de 300 m<sup>3</sup> adicionales para abastecer a la demanda de todo el horizonte de previsión, pero, sin embargo, se requiere de la construcción de un estanque de 8.000 m<sup>3</sup> y de 5.500 m<sup>3</sup> adicionales.

Para la localidad de Guanaqueros, permiten cubrir la demanda para el horizonte de previsión recogido en el estudio, pero se requiere un estanque de 9.500 m<sup>3</sup> para poder cubrir toda la demanda generada en un escenario de cabida máxima.

Con respecto a las obras de alcantarillado, se van a requerir las siguientes infraestructuras:

Con respecto a la localidad de Tongoy, para el horizonte de previsión, se cubre la demanda tanto para las plantas elevadoras como para las plantas de tratamiento, sin embargo, para el escenario de cabida máxima, se requiere reforzar la planta elevadora con un equipo que sea capaz de elevar hasta 147 lts/s y un apoyo adicional a la planta de tratamiento que sea capaz de tratar un caudal adicional de 77 lts/s.

Para la localidad de Guanaqueros, la planta de tratamiento de aguas servidas existente es capaz de cubrir, tanto para la demanda en el horizonte de previsión como en el escenario de cabida máxima, el caudal de aguas servidas, sin embargo, se necesita reforzar la planta elevadora con equipos que permitan impulsar hasta un caudal de 45,64 lts/s adicionales.