

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL

**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE
REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES CASO APLICADO A PAN DE AZÚCAR**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

AUTOR

CONSTANZA PAOLA ROSALES REVELLO

PROFESOR GUÍA

FRANCISCO OMAR LAGOS PERALTA

PROFESOR CORREFERENTE

LIONEL ANDRÉS VALENZUELA OYANEDER

SANTIAGO, JULIO DEL 2018

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a mis padres por la oportunidad que me dieron desde pequeña mediante la mejor educación que podían optar a darme, sin sus esfuerzos no habría podido llegar al lugar donde estoy parada hoy en día. Los amo, y no está de más decir que estoy y estaré siempre agradecida por todo lo que me dieron desde que supieron de mi venida.

Luego, mi más sincero agradecimiento al profesor Francisco Lagos, persona crucial para llevar a cabo esta memoria. Gracias por su confianza, paciencia, cariño, aliento, dedicación y sobre todo, por la constante motivación para finalizar esta etapa de mi vida a la cual me negué durante mucho tiempo a finalizar.

Agradezco también a mis compañeros de carrera, a mis amigos y profesores, haciendo énfasis en mis compañeros de estudio y de vida, sin ellos no hubiera sido capaz de finalizar este proceso universitario de manera exitosa.

ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	1
2	INTRODUCCIÓN.....	3
3	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
4	OBJETIVOS.....	9
4.1	Objetivo General.....	9
4.2	Objetivos Específicos.....	9
5	ALCANCES.....	10
5.1	Evaluación del Proyecto.....	10
5.2	Aguas Grises.....	10
5.3	Horizonte de Estudio.....	11
5.4	Efectos.....	11
5.5	Mejoras.....	11
6	MARCO TEÓRICO.....	13
6.1	Contexto Internacional.....	13
6.2	Consumo de Agua Potable Internacional.....	13
6.3	Consumo de Agua Potable en Chile.....	15
6.4	Consumo de Agua Potable en la Región Metropolitana.....	16
6.5	Medidas tomadas en Chile.....	16

6.5.1	Concientizar a los Consumidores sobre su Consumo de Agua Potable.....	17
6.5.2	Desarrollo de Política de Planificación para el Desarrollo Sustentable	19
6.6	Consumo de agua potable en los hogares con y sin jardín.....	20
6.7	Cuáles son las Aguas Grises.....	21
6.8	Reutilización de Aguas Grises	21
6.9	¿Por qué Aguas Grises?.....	23
6.10	Contaminantes Presentes en las Aguas Grises	23
6.11	Modelo de Reutilización de Aguas Grises	24
6.12	Factibilidad del proyecto de Reutilización de Aguas Grises en la Zona Oriente de la Región Metropolitana.....	26
6.13	Cómo favorecería a consumidores de la Zona Oriente de la Región Metropolitana el modelo de reutilización de aguas grises	30
7	METODOLOGÍA.....	32
7.1	Recopilación de Información Relevante	32
7.2	Criterio de Aprobación para la Ejecución del Proyecto	33
7.3	Consumo de Agua Potable en Colina.....	34
7.4	Prototipo de Viviendas en Pan de Azúcar.....	34
7.5	Estimación de Costos	35
7.6	Estimación de Beneficios (Enfoque Privado)	38
7.7	VAN Privado.....	44

7.8	Efectividad del proyecto.....	45
7.9	Eficiencia del proyecto.....	46
8	RESULTADOS	48
9	ANALISIS DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES	49
10	DISCUSIÓN	52
11	LIMITACIONES	54
12	REFERENCIAS.....	55
13	ANEXOS	59
13.1	Proyecto Inicial de Reglamento sobre Condiciones Sanitarias Básicas para la Reutilización de Aguas Grises (No vigente).....	59
13.1.1	Título I: Disposiciones Generales	59
13.1.2	Título II: Del diseño.....	63
13.1.3	Título III: De la operación.....	67
13.1.4	Título IV: Del reuso y la calidad de las aguas grises tratadas.....	71
13.1.5	Título V: Del monitoreo y control	74
13.1.6	Título VI: De las sanciones y procedimientos	75
13.1.7	Título Final.....	75
13.2	Proyecto de Ley Núm. 21.075: sobre la Regulación de la Recolección, Reutilización y Disposición de Aguas Grises (No vigente).....	76

1 RESUMEN EJECUTIVO

De acuerdo con la situación actual del planeta, se está atravesando por una escasez hídrica de la cual Chile no se encuentra exceptuada. En el caso particular de Chile, ha quedado en evidencia durante los últimos años tal escasez producida tanto por la disminución de lluvias en gran parte de su territorio, como también por el constante aumento de demanda de tal recurso. Existen distintas maneras de disminuir el consumo de agua potable, donde la reutilización de aguas grises es una.

A pesar de la escasez que se vive en el país, gran parte de la población no tiene conocimiento que el agua es un bien escaso, lo que genera que se acentúe aún más su condición, catalogándose este uso como un derroche de agua potable. Ante esto, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) ha realizado múltiples llamados a hacer un uso responsable del agua, disminuyendo el actual consumo mediante acciones como: mejorar el sistema en los hogares, realizar duchas más cortas, no barrer con el agua, no dejar el agua corriendo mientras se lavan los dientes, reutilizar el agua en actividades como lavado, riego, llenado de escusados, entre otros. Esto con el fin de colaborar con el medio ambiente.

A pesar de la disminución en el impacto ambiental que conlleva la aplicación de sistemas de reutilización de aguas grises, el presente trabajo de título tiene como objetivo determinar si la aplicación de estos sistemas (plantas de tratamiento) son convenientes económicamente o no para aquellas viviendas que las instalen.

Para determinar si el proyecto es conveniente económicamente, se realiza una evaluación económica con enfoque costo – beneficio tras la aplicación del sistema de reutilización de aguas

grises en aquellos hogares con el mayor consumo diario per cápita, lo cual según estudios de la SISS corresponde a los habitantes del sector Pan de Azúcar, Colina.

Durante la elaboración del presente trabajo se realizó distintas investigaciones sobre los siguientes temas: la legislación para edificación en el sector determinado, consumo diario de agua potable en las distintas viviendas, empresas que comercializan el agua potable en tal zona para determinar los beneficios económicos tras la aplicación del sistema, plantas de tratamiento de aguas grises, legislación chilena para la reutilización de aguas grises, actividad para reutilización del agua tratada, entre otros.

La metodología utilizada en el presente trabajo es evaluación privada del proyecto, mediante la utilización del indicador VAN. Con esta base, se determina finalmente la viabilidad económica de la aplicación de plantas tratadoras de aguas grises en los hogares de Pan de Azúcar los cuales permitan reutilizar las aguas tratadas en la actividad que se estime conveniente (en este caso a riego), además, se determina la efectividad y la eficiencia del proyecto.

2 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación es una investigación la cual tiene como objetivo evaluar económicamente la implementación de pequeños estanques de reutilización de aguas grises en las viviendas para así en lugar de desechar tales aguas tras su primer uso, tratarlas y luego destinarlas a distintas actividades.

Gran parte del consumo de agua en los hogares con jardín corresponde a riego, actividad que se realiza con agua potable, sin necesidad de que esto sea así. Ante esto se propone la implementación de estanques los cuales tratan el agua que ingresa, dejándola inocua para actividades las cuales no correspondan a consumo personal, dado que en tal caso es necesario otro tipo de tratamiento al que se encuentra en estudio.

El agua que ingresa a esta pequeña planta o estanque, deben ser aguas grises, es decir, agua proveniente del lavado de loza, de la ducha, del lavado de manos, y distintas fuentes las cuales no tengan contacto con materia fecal. Así estas aguas entran en la planta, tienen los tratamientos correspondientes, para luego almacenarse y ser distribuida a la actividad que se estime conveniente.

De esta manera no se desechan aguas las cuales se encuentran casi limpias, generando distintos beneficios tanto económicos como ecológicos dado que es posible reducir el consumo de agua potable al reutilizar aguas grises las cuales antiguamente eran vertidas en el desagüe.

El ideal es que estas aguas tratadas sean reutilizadas en distintas actividades que no sean para consumo personal, por ejemplo, lavado de automóviles, lavado de ropa, riego, llenado de escusados.

Es importante destacar que el consumo promedio de agua de los chilenos se encuentra muy por sobre de lo que realmente deberían consumir. Entiéndase consumir no como beber, sino también como el uso de este recurso para el lavado de dientes, loza, ropa, duchas, riego, consumo propio, entre otros.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef) proponen que se requieren 20 litros diarios de agua potable para cubrir las necesidades más básicas; según la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) una persona debe usar aproximadamente 60 litros diarios para cubrir sus necesidades básicas; finalmente La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) recomienda que la utilización de agua potable no debe sobrepasar los 100 litros diarios por persona.

Según información del Gobierno de Chile (Programa Explora CONICYT) los mayores consumos de agua potable diarios por persona se encuentran en la Región Metropolitana, en particular, en Santiago, con valores que oscilan los 140 litros. Dado a esto, el presente proyecto tiene su ubicación en tal región.

Este trabajo presenta distintas secciones o capítulos, inicialmente se presenta el problema de investigación, donde se aborda información a grandes rasgos relacionada al tema.

En la siguiente sección se abordan los distintos objetivos que se desean alcanzar.

Posteriormente se encuentran los alcances del proyecto, seguidos del marco teórico donde se contextualiza al lector sobre la finalidad de este proyecto.

Luego se encuentra la metodología del proyecto y sus resultados.

Finalmente se cierra con el análisis de resultados y recomendaciones, discusión, limitaciones, referencias y anexos correspondientes a la investigación que se requirió para la realización de este trabajo.

3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Hoy en día es posible observar que existe conciencia en cuanto al impacto que los seres humanos realizamos en el entorno. Esto genera que al nombrar la expresión “problema ambiental” a gran parte de la población se le vendrá a la mente cosas como destrucción de la capa de ozono, contaminación del aire, calentamiento global, derroche de recursos naturales, playas tapizadas con residuos de productos humanos, entre otros.

Desde hace años atrás Chile se encuentra atravesando una gran sequía, la cual parece ser un problema mayor, de carácter no sólo ambiental, sino también social y económico (Hajek & Di Castri, 1975; Meteochile, 2017; ONEMI, 2008). Cabe destacar que esta sequía no ocurre sólo en Chile, sino que es a nivel mundial (Fundación AQUAE, 2017).

Por un lado, según el Centro de Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente de la Universidad de Chile “El aporte desde la economía del estudio de los recursos naturales y del medio ambiente es promover ciertas formas de desarrollo sustentable, además de cuantificar los beneficios y costos de políticas y daños ambientales” (CENRE, SF).

Además, entre 2002 y 2009 Chile estuvo desarrollando Políticas de Planificación de Educación para el Desarrollo Sustentable con el fin de complementar la educación actual con educación ambiental, destinado a la formación de una ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle habilidades y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre los seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante (Chile Desarrollo Sustentable, 2011).

Con esto último, se busca formar generaciones proactivas en cuanto al cuidado del medio ambiente. Sin embargo, mediante la educación ambiental es posible llegar a los colegiales, quedando gran parte de la población sin tal educación, por lo que se debieron realizar distintas medidas y anuncios con tal de concientizar a las personas.

En búsqueda de concientizar a la población en cuanto al derroche existente de recursos naturales, en 2015, el Ministro de Agricultura llama a los chilenos a invertir en la acumulación de agua, debido a la gran sequía por la que se está pasando, y por el frente de desertificación que se veía en camino; esto debido a la escasez hídrica por la que atraviesa el país (Furche, 2015).

Además, en 2009, la correspondiente Superintendente de Servicios Sanitarios, Magaly Espinosa, da a conocer información sobre el existente derroche de agua en el país, afirmando que los chilenos incurren en gastos de agua mayores a los que realmente requieren para satisfacer sus necesidades; a su vez se lanzaron campañas para concientizar a los consumidores sobre su sobreconsumo y de la necesidad de ahorrar este recurso (SISS, 2009).

Según cifras oficiales de Naciones Unidas, cualquier persona requiere un mínimo de 60 litros diarios para la satisfacción de las necesidades básicas; luego, mediante distintos estudios realizados, la SISS definió distintos rangos de consumo como consumo responsable y como consumo no responsable, correspondiendo a un consumo responsable de agua potable a valores entre 0 y 100 litros diarios por persona (SISS, 2009).

A pesar del conocimiento en cuanto al consumo de agua potable, según información brindada por el Gobierno de Chile, el promedio de consumo diario por persona en el país es de 140 litros aproximadamente, con valores que oscilan entre 110 y 170 litros diarios, dependiendo de la estación del año. Cabe destacar que a pesar de que menos del 50% de la población del país

se encuentra en la Región Metropolitana, más del 52% del agua distribuida por las empresas es consumida en tal región (SISS, 2016). Además, tal región posee los valores más altos en cuanto a consumo diario por persona, con valores que ascienden a los 1.120 litros en Colina (CONICYT, 2009).

En España el consumo medio de agua por persona es de 137 litros en un día (INE, 2012), cifra similar a la de Chile, donde se realizaron medidas buscando disminuir tal consumo. Por otro lado, en México, tras la sequía existente y de la imposibilidad de algunos habitantes de obtener abastecimiento de agua potable, el gobierno mexicano ha debido realizar distintas medidas, como el incentivo a que habitantes capten agua de lluvia (Comisión Nacional del Agua, 2017).

Esto último refleja que el combate con el mal uso del agua no es solo en Chile, sino que es posible encontrarlo en distintas naciones del mundo. En México es posible ver un combate mediante captación de agua lluvia, mientras que en España es mediante llamados a un mejor uso del agua potable.

Por otro lado, es importante destacar que, el consumo de agua en cada país aumenta debido al aumento de población, urbanización, regularización sobre tópicos de comida y energía, y procesos macroeconómicos (UNESCO, 2015). Esto genera que, mientras se combate como país por disminuir el consumo medio de agua, existen variables tanto endógenas como exógenas las cuales aumentan el consumo de este recurso natural.

Luego de tal información es posible preguntarse ¿por qué los mayores consumos de agua potable se encuentran en la Región Metropolitana? ¿es posible disminuir tales consumos sin necesidad de incurrir en grandes gastos? ¿la población está dispuesta a disminuir su consumo de agua potable? ¿es viable económicamente un sistema que ayude a disminuir el consumo del agua?.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Con el fin de disminuir el consumo de agua potable existente en la Región Metropolitana, mediante una evaluación económica demostrar (o refutar) que la aplicación de un sistema de reutilización de aguas grises puede beneficiar a las familias en el sector que se estime conveniente.

4.2 Objetivos Específicos

- Para que el proyecto sea conveniente, definir dónde es óptimo aplicarlo mediante un análisis del consumo de agua potable en Chile
- A través del análisis de la distribución de agua potable determinar si existe relación entre el consumo y la superficie de la propiedad para fijar la actividad donde podría reutilizarse el agua
- Determinar la variación del volumen de agua potable utilizada una vez instalado el sistema, para cumplir con el llamado a un consumo responsable y consciente.

5 ALCANCES

5.1 Evaluación del Proyecto

El presente estudio busca disminuir el consumo de agua potable mediante la aplicación de un sistema que permite reutilizar las aguas grises propias de cada hogar. Para lograrlo es importante instalar este sistema llamado estación depuradora de agua, o bien, fosas sépticas. Esta estación corresponde a un estanque pequeño el cual contiene en su interior distintos sistemas que logran depurar el agua y dejarla apta para otras actividades, además de almacenarla y permitir utilizarla en la actividad que se estime conveniente en el hogar donde se implemente. Para instalar tal estación se requiere de mano de obra para realizar todas las modificaciones que se requieran.

Para determinar que la aplicación de un sistema de depuración de agua sea o no beneficioso para las familias, se evaluará el proyecto de manera privada mediante el uso del Valor Actual Neto (VAN) con un enfoque costo-beneficio.

5.2 Aguas Grises

Dado que el recurso natural en cuestión es el agua (potable), se busca disminuir su consumo, reemplazando por aguas grises tratadas el agua potable utilizada en ciertas actividades las cuales no requieren necesariamente de agua potable. Estas actividades pueden ser el lavado de automóviles, llenado de escusados, riego.

Entiéndase aguas grises como las aguas residuales de duchas, lavado de manos, lavado de vajilla entre otras aguas casi limpias las cuales no poseen desechos fecales.

5.3 Horizonte de Estudio

A pesar de que el sistema de reutilización de aguas grises que se utiliza en el estudio tiene una vida útil de 30 años, se realiza la evaluación económica del proyecto con un horizonte de valoración correspondiente a 10 años dado que el estudio propone un escenario pesimista, donde los consumidores son impacientes y desean tener resultados de la manera más inmediata posible.

5.4 Efectos

Mediante la realización del proyecto se busca disminuir el consumo de agua potable, especialmente en aquellos hogares donde el consumo es altamente no responsable, para así no desperdiciar aguas casi limpias que son desechadas día tras día en todos los hogares siendo que podrían utilizarse en distintas tareas.

5.5 Mejoras

Se busca en primera instancia analizar el consumo de agua potable, para luego disminuirla de manera óptima, reutilizando las aguas que por muchos años han sido desechadas. La primera mejora será la disminución del consumo de agua potable de aquellos que realicen el proyecto, luego, ayudará al entorno y medio ambiente dado que se dejará de derrochar el agua potable y todo el trabajo de potabilización que esta conlleva.

El ideal es que cada habitante del sector en cuestión se posicione dentro del rango de consumo responsable de agua potable con valores inferiores a los 100 litros diarios por persona,

no obstante, el disminuir el consumo de agua potable de manera significativa es considerado una mejora, dado que el actual consumo es muy alto en comparación al que debería ser.

Una mejora esperada es que al disminuir el consumo de agua potable, disminuya el valor a pagar por consumo de tal agua, es decir, se espera que exista un beneficio económico al momento de utilizar la estación depuradora el cual se debe determinar.

6 MARCO TEÓRICO

6.1 Contexto Internacional

Hoy en día el planeta se encuentra atravesando una gran sequía, llegando a ser catalogada como desertificación en algunas zonas. Ante esto la ONU (S.F.) declaró el 17 de junio el Día Mundial para Combatir la Desertificación y la Sequía donde se busca concientizar y promover la aplicación de la Convención de Naciones Unidas para Combatir la Desertificación. Cabe destacar que esta última mediante la colaboración de otras dos convenciones (Convención sobre la Diversidad Biológica y Convención Marco sobre el Cambio Climático) buscan abordar sus complejos desafíos de manera integral y haciendo el mejor uso posible de los recursos naturales.

Según datos de la Fundación AQUAE (2017) y estudios realizados por Hajek & Di Castri (1975) esta sequía y los efectos que esta conlleva, los encuentran en distintas partes del mundo, y comprende efectos no solo ambientales, sino también sociales y económicos.

6.2 Consumo de Agua Potable Internacional

Según datos de la OMS recopilados por la SISS (2009) cualquier persona requiere mínimo 60 litros diarios para satisfacer sus necesidades básicas.

Según estudios realizados en Chile por la SISS (2009), se considera un uso responsable del agua potable para personas las cuales consuman de manera diaria entre 0 y 100 litros; corroborando así la información brindada por la OMS (S.F.) donde afirma que son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para garantizar que se cubran las necesidades básicas y que no surjan grandes amenazas para la salud.

“Una persona gasta al día 142 litros de agua al día” (Fundación AQUAE, 2015). A su vez, según datos y cifras de la OMS (2017), en 2015, el 71% de la población mundial utilizaba un servicio de suministro de agua potable gestionado de forma segura.

Ante la información recién detallada, es posible afirmar que el 29% de la población mundial no posee un servicio de suministro de agua potable gestionado de manera segura. Esto genera que la media de 142 litros diarios por habitante, de manera real, sea aún más elevado, ya que el 29% de la población tiene un consumo igual a cero, disminuyendo de forma notoria el consumo diario por persona.

Con esta información es posible afirmar que, como media mundial, los habitantes tienen un consumo no responsable de agua potable ya que como promedio mundial diario se consumen 142 litros mientras que la máxima catalogada como responsable es de 100, estos son 42 litros extras a la máxima, equivalente a un sobreconsumo de 42% a nivel mundial. Cabe destacar que este valor es menor al que realmente debiera ser dado a que incluye a un 29% de la población del mundo la cual tiene un consumo igual a cero.

“América Latina es la región del mundo más rica en agua potable por habitante. El subcontinente posee más del 30% de este recurso a nivel mundial y, sin embargo, la mitad de sus habitantes, 300 millones, tiene acceso a un agua de mala calidad o carece de suministro periódico” (Ferrovial, 2015).

Según la información brindada por Ferrovia, en América Latina a pesar de poseer gran parte del recurso natural a nivel mundial, la mitad de su población no tiene acceso a esta; razón por la cual es posible preguntarse sobre el uso de este recurso en la zona; es decir, si existe o no derroche de agua potable.

6.3 Consumo de Agua Potable en Chile

“Sumando las comidas y bebidas que ingerimos y las distintas actividades que realizamos cada día, el consumo diario de agua de un chileno promedio asciende a 125-200 litros” (Gobierno de Chile, 2015).

Según cifras entregadas por la SISS (2016) en relación con las coberturas y facturaciones, hoy en día, son abastecidas el 99,92% de la población chilena con agua potable, correspondiente a 17.337.785 habitantes, donde aproximadamente el 47% de tal población se ubica en la Región Metropolitana, y el otro 53% a lo largo de Chile. A pesar de que menos del 50% de la población se encuentra en la Región Metropolitana, más del 52% del agua potable distribuida por las empresas es consumida en tal región.

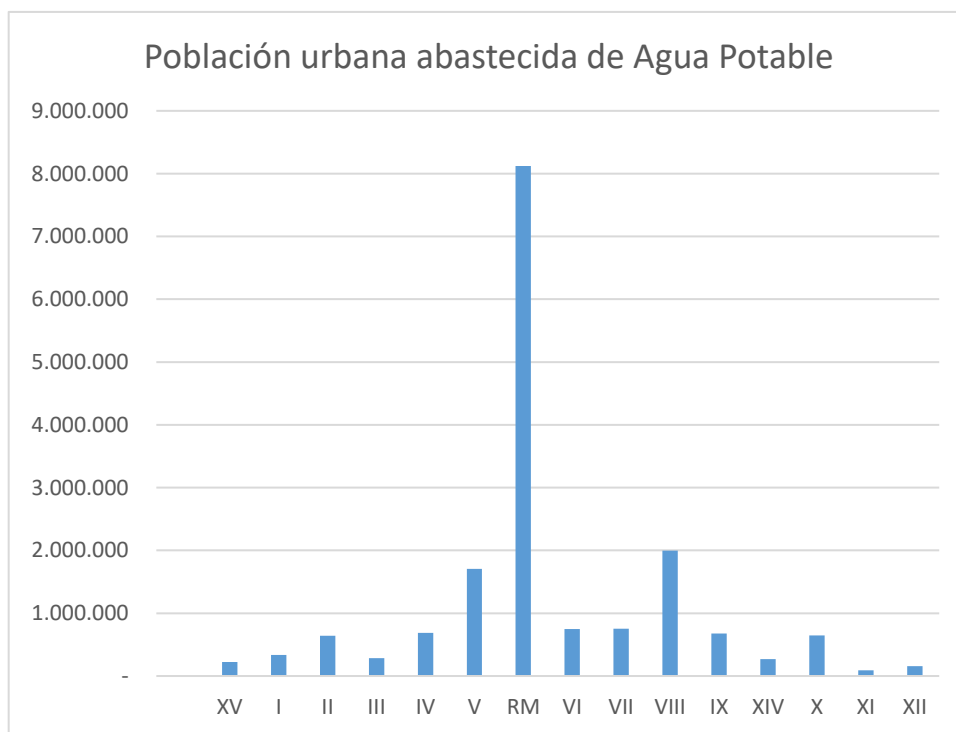


Ilustración 1: Distribución del agua potable en Chile. Elaboración propia.

6.4 Consumo de Agua Potable en la Región Metropolitana

Siendo la cifra de Chile un promedio diario entre 125 y 200 litros por persona, “esta cifra se eleva hasta más de 600 litros donde el consumo per cápita es más alto, en el sector oriente de la capital” (Gobierno de Chile, 2015).

Según información brindada por el Programa Explora CONICYT del Gobierno de Chile (CONICYT, 2009), en la Región Metropolitana de Chile, los promedios de consumo diario de agua potable por persona más altos se encuentran en la zona oriente, donde el mayor consumo se encuentra en Colina, sector Pan de Azúcar, con un valor de 1.120 litros; luego Las Condes, sector Villa los Domínicos, con 939 litros; seguido por Colina, sector Chicureo, con 705 litros; y finalmente Lo Barnechea, sectores Los Trapenses y Valle Escondido, con 677 y 601 litros, respectivamente.

“Del 100% de agua potable que nos suministran las compañías, (con coste elevado y al alza por ser potables), únicamente el 55% es destinado a usos en los que es obligatoria la potabilidad, siendo el resto (45%) usos en los que la potabilidad no sería necesaria o no tan estrictamente” (Bernejo, D., 2012).

A pesar de tales costes del agua potable, en el sector Pan de Azúcar existen aproximadamente 250 viviendas unifamiliares, donde cada uno de sus habitantes tiene un consumo promedio diario de 1.120 litros, cifra máxima nacional.

6.5 Medidas tomadas en Chile

Se han tomado dos grandes medidas respecto al derroche de agua potable en el país, estas son primero la concientización a los consumidores sobre su consumo de agua potable, luego, el

desarrollo de una Política de Planificación para el Desarrollo Sustentable. A continuación, se detalla cada uno.

6.5.1 Concientizar a los Consumidores sobre su Consumo de Agua Potable

Ante valores tan superiores al mencionado por la OMS, la superintendente Magaly Espinosa señaló que se realizó un estudio para determinar si el consumo de agua potable por parte de la población se enmarca en lo que se califica como consumo responsable o si las prácticas de los clientes apuntan a un uso poco racional de este vital líquido (SISS, 2009).

Según datos entregados por la SISS (2009), mediante el estudio se realizaron 3 rangos de consumos:

- **Entre 0 y 100 litros diarios por persona:** corresponden a un uso responsable.
- **Entre 100 y 200 litros diarios por persona:** corresponden a un consumo no responsable, pero que es posible corregirlo mediante cambios mínimos en los hábitos.
- **Entre 200 y 300 (o más) litros diarios por persona:** corresponde a un consumo no responsable, donde son necesarios cambios profundos de hábitos de los consumidores.

A continuación, se presenta el cuadro de consumo diario por habitante realizado por la SISS en 2009.

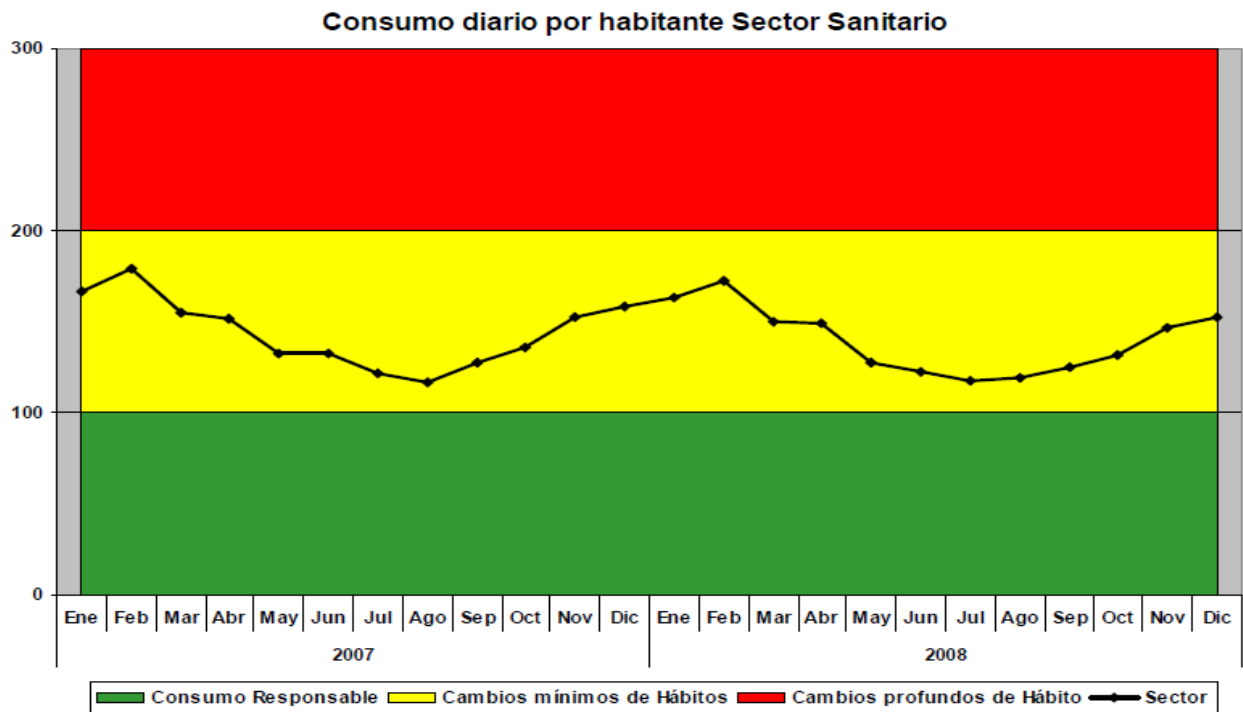


Ilustración 2: Consumo promedio diario por habitante en Chile. Elaborado por SISS.

Según la ilustración 2, en promedio los chilenos tienen un consumo el cual se posiciona dentro del rango 100-200 litros diarios, el cual es considerado como no responsable pero que puede ser mejorado con cambios mínimos en los hábitos. Ante esto es necesario estudiar el consumo de agua potable de las actividades que realizan los chilenos en su vida cotidiana tales como lavado de loza, duchas, riego, lavado de manos, vaciado de escusado, lavado de ropa, etcétera.

Mediante estudios y cálculos realizados por el Gobierno de Chile (2015) se obtuvieron las siguientes cifras para aquellas actividades, donde se puede observar que consumen más agua de la que se cree.

- Lavado de manos: 12 litros por minuto.

- Ducha: 60 litros en una ducha de 5 minutos.
- Vaciado de escusados “nuevos”: entre 6 y 10 litros.
- Vaciado de escusados “antiguos”: entre 18 y 22 litros.
- Uso de lavadora: hasta 285 litros por lavado completo.
- Lavado de loza a mano: 60 litros en 5 minutos.
- Riego con manguera: 120 litros de agua en 10 minutos de riego.

6.5.2 Desarrollo de Política de Planificación para el Desarrollo Sustentable

Entre 2002 y 2009 Chile estuvo desarrollando Políticas de Planificación de Educación para el Desarrollo Sustentable, “destinado a la formación de una ciudadanía que conozca los valores, aclare conceptos y desarrolle habilidades y las actividades necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante” (Gobierno de Chile, 2013).

De esta manera el Gobierno de Chile busca generar en los menores conocimiento sobre el daño que se puede causar en el medio ambiente al hacer mal uso de los recursos naturales, creándolos así conscientes del posible daño, y por lo tanto más responsables en cuanto al consumo de tales recursos.

Esta medida al buscar generar conciencia y valores en los niños, para que se vea el efecto de manera cuantificable es necesario el paso de varios años, ya que tales niños con valores sustentables serán entonces los clientes directos de las distribuidoras de agua potable, e incentivarán a sus respectivas familias a seguir los mismos pasos, es decir, con un consumo responsable.

6.6 Consumo de agua potable en los hogares con y sin jardín

Según datos obtenidos desde Fundación AQUAE (2015) los usos principales del agua potable en viviendas sin jardín corresponden aproximadamente a un 34% en ducha, 21% en el inodoro, 18% en el lavabo; consumiendo finalmente un 73% del consumo total sólo en el cuarto del baño.

Tanto en el caso de viviendas con jardín como en aquellas sin jardín, existen volúmenes similares consumidos en el cuarto del baño, sin embargo, es posible observar un consumo mayor en aquellos hogares con jardín principalmente por la necesidad de riego, la cual se realiza con agua potable.

En casos de viviendas con jardín, los porcentajes mencionados anteriormente disminuyen de manera significativa, y mantienen las proporciones entre ellas. Esta disminución porcentual se debe a la utilización de agua potable para riego, la cual toma un rol fundamental al momento de calcular el consumo de agua potable en los hogares con jardín. Según información brindada por la SISS (2015) al regar 10 minutos con manguera se utilizan 120 litros, corroborando que el consumo de agua es claramente mayor en hogares con jardín en comparación a aquellos sin jardín, y que aquel aumento será proporcional con la superficie del jardín.

Según información brindada por el Instituto Tecnológico de Torreón (2008) suponiendo que los jardines están compuestos sólo por pasto, al día en meses de verano se requieren mínimo 8 litros de agua por metro cuadrado de pasto. Mientras que en invierno esta cifra disminuye levemente. En el caso de existir árboles de tamaño mediano con una copa de 3 metros, éstos requieren entre 60 y 100 litros diarios.

De esta manera es posible afirmar nuevamente que hogares que tienen jardín requieren de mayor cantidad de agua potable, para así mantener viva la flora deseada. Así mismo lo informa David Bernejo (2012) al mencionar que el consumo de agua potable se dispara en viviendas unifamiliares donde se dispone de jardín.

6.7 Cuáles son las Aguas Grises

“En un contexto familiar, las aguas grises son las aguas sobrantes de baños, regaderas, lavabos y lavadoras solamente. Algunas definiciones de las aguas grises incluyen el agua de la pileta de la cocina” (Wikipedia, S.F.).

Según se menciona en el Proyecto de Reglamento de Aguas Grises del Ministerio de Salud de Chile, “las aguas grises son aquellas aguas provenientes de las tinas, duchas, lavamanos, lavaplatos, máquinas lavavajillas y lavadoras de ropa” (Ministerio de Salud de Chile, 2018).

Las aguas grises también son llamadas aguas residuales domésticas. A diferencia de las aguas negras, las aguas grises no poseen bacterias fecales.

6.8 Reutilización de Aguas Grises

“Existen alternativas para la eliminación de aguas grises las cuales permiten el uso eficiente del agua, estas consisten principalmente en el riego de plantas y parques” (Duttle, Marsha, 1990). Es importante destacar que las plantas pueden utilizar contaminantes de las aguas grises como nutrientes en su crecimiento (contaminantes como partículas de comida o de detergentes). Sin embargo, hay residuos como sal, cloro y algunos jabones que pueden ser tóxicos para las plantas

cuando no son diluidos, es decir, al ser diluidos en el agua (aguas grises) van perdiendo su toxicidad, y pueden ser utilizados en distintas plantas, juncos, o pastos.

“Los pioneros en la depuración fueron los israelíes, que llevan más de 15 años investigando sistemas de reaprovechamiento. Sin embargo, cuando no son tratadas no pueden utilizarse para la descarga del excusado ya que generan malos olores y manchas si se dejan más de un día” (Wikipedia, S.F.).

“En cualquier sistema de aguas grises, es esencial no poner nada tóxico en el desagüe, evitando blanqueadores, sales de baño, colorantes artificiales, productos de limpieza y otros productos que pudieran contener boro (que es tóxico para las plantas en niveles altos). Es importante utilizar productos naturales como jabones biodegradables cuyos ingredientes no dañan las plantas. Detergentes en polvo y algunos detergentes líquidos, son a base de sodio, que puede inhibir la germinación de semillas y destruir la estructura de los suelos mediante la dispersión de arcilla” (Wikipedia, S.F.)

Cabe destacar que, se entiende como desarrollo sostenible a aquel desarrollo el cual permite compatibilizar el uso de recursos con la conservación de los ecosistemas de donde se extraen y en donde se utilizan. Así, en el caso del recurso natural del agua, al reutilizar las aguas grises (inicialmente agua potable), se busca optimizar el uso de este bien, previendo una disminución de su consumo, dado a su reutilización en actividades como riego, llenado de inodoro u otros.

En el caso particular de Chile, un sistema de reutilización de aguas grises se define como un “conjunto de instalaciones destinadas a la recolección, tratamiento, almacenamiento y conducción de las aguas grises para su uso en la alternativa de reutilización que se proyecte”. Además, estos sistemas “deberán considerar la reutilización de las aguas grises generadas en

lavamanos, duchas, tinas y lavadoras de ropa, excluyendo las aguas grises generadas en lavaplatos y maquinas lavavajillas” (Ministerio de Salud de Chile, 2018).

6.9 ¿Por qué Aguas Grises?

Dado que el agua es considerada un recurso escaso además de vital para el ser humano, en primera instancia, cualquier acción que haga posible reducir el consumo se considera como justificado. Luego, es importante tener en cuenta que las aguas grises son aguas las cuales mediante sencillos tratamientos se logran resultados altamente efectivos para su reutilización, sin causar males en el ser humano ni su entorno.

6.10 Contaminantes Presentes en las Aguas Grises

A diferencia del agua potable suministrada por las distintas empresas distribuidoras de agua, la cual cumple con las distintas normas de la SISS, las aguas grises poseen ciertos contaminantes los cuales pueden afectar a la salud humana. Respecto a tales contaminantes, es posible clasificarlos de las siguientes dos maneras:

- **Contaminantes químicos:** corresponde a ciertos herbicidas, insecticidas, sales minerales como nitratos, nitritos, mercurio, arsénicos, además de elementos radioactivos como estroncio o cesio, compuestos orgánicos y otros más generados por actividades humanas como abonos o medicamentos. Estos contaminantes al encontrarse diluidos no atentan contra la salud del ser humano.
- **Contaminantes microbiológicos:** corresponde a microorganismos patógenos para el ser humano. Para destruir tales gérmenes se le añade al agua un biocida en

cantidades suficientes. También se emplea cloro en plantas potabilizadoras y ozono en el agua envasada.

6.11 Modelo de Reutilización de Aguas Grises

En base a información brindada por Metertech (S.F.), empresa argentina de soluciones ambientales, en medio de la búsqueda de poder reutilizar aguas grises tanto en riego como en llenado de estanques de inodoro, y otros, se diseña una pequeña planta de tratamientos de aguas grises en base a las necesidades de ahorro y preservación del agua. Estas plantas pueden ser de uso residencial, comercial e industrial, ya que posee distintas capacidades, bajos costos de operación y bajos costos de mantenimiento a pesar de ser capaz de depurar el agua.

El método que describe Metertech está compuesto por 3 sistemas, el de retención de sólidos, el de tratamiento biológico, y el de filtrado con autolimpieza automática. Todos estos totalmente programables según el consumo esperado, y un sistema de desinfección el cual garantiza la reutilización de las aguas tratadas. Sin embargo, existen ciertas diferencias entre el sistema necesario en Argentina y en Chile, principalmente porque en el país trasandino se encuentra permitido reutilizar todas las aguas residuales, incluyendo las aguas negras que contienen materias fecales, mientras que en Chile se encuentra prohibido reutilizar aguas provenientes del lavaplatos y del inodoro, requiriendo a su vez un sistema más simple que aquel ofrecido y descrito por Metertech.

En el caso particular de Chile, es posible utilizar plantas tratadoras de aguas grises más simples y económicas que aquellas ofrecidas por Metertech, siendo suficiente con productos de

Bioplastic conocidos como Fosas Sépticas, las cuales cuentan con la certificación y permisos exigidos por el Gobierno de Chile.

El óptimo es ubicar la planta enterrada, evitando la exposición a las bajas temperaturas en invierno y a las altas temperaturas en verano, disminuyendo su deterioro en lo largo del tiempo.

Cabe destacar que la capacidad de la planta se escoge de acuerdo con los consumos de las viviendas, locales, entre otros. En el caso de viviendas plurifamiliares estas plantas son de mayor capacidad y tienen la estructura que se encuentra en la imagen del costado.

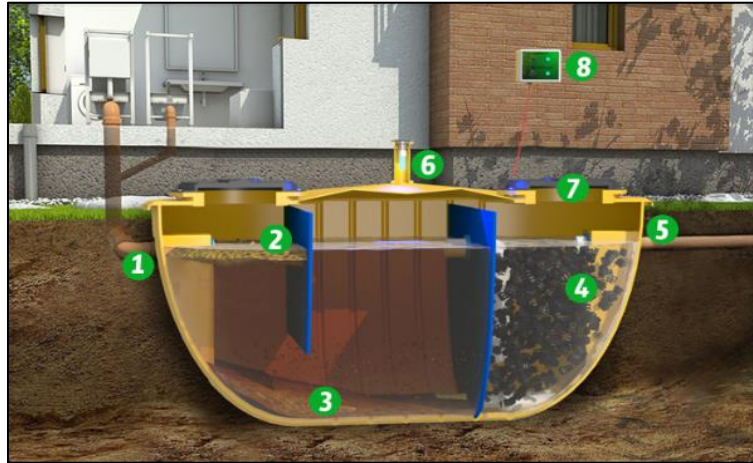


Ilustración 3: Diseño planta tratadora de aguas grises. Elaborado por NYF.

Dentro de la Ilustración 3 es posible observar una Fosa Séptica donde se enumeran distintas secciones las cuales realizan actividades con distintas finalidades. El punto número 1 corresponde a la entrada de aguas grises domésticas en la planta, en el sector número 2 se separan las aguas de las grasas, luego en el punto 3 se encuentra la sedimentación eliminando los sólidos que podrían encontrarse, posteriormente pasa el agua a una digestión anaeróbica (punto 4) donde se descomponen distintos materiales biodegradables que podrían presentarse en las aguas grises, para así estar lista para su reutilización y salir por el punto 5. Además, existe un sistema de eliminación

de olores el cual corresponde al punto 6, un cuadro de control (punto 8) y una boca de inspección u operación (punto 7).

En el caso de viviendas unifamiliares este sistema es más reducido, no obstante, posee todos los puntos mencionados anteriormente, y logra los mismos resultados que la planta más grande, siendo la única diferencia la capacidad de agua tratada.

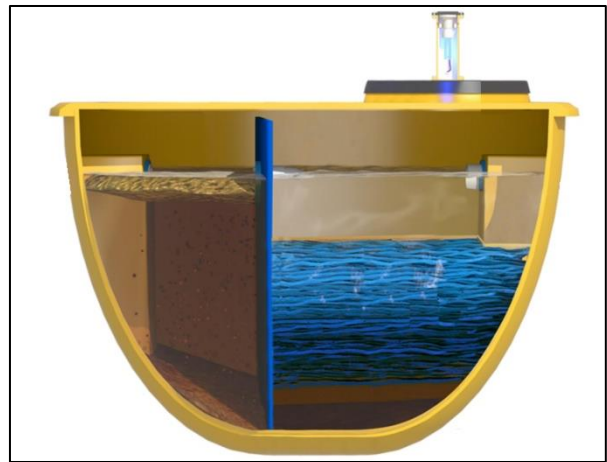


Ilustración 4: Diseño planta tratadora de aguas grises de 1.000 litros. Elaborada por NYF.

6.12 Factibilidad del proyecto de Reutilización de Aguas Grises en la Zona Oriente de la Región Metropolitana

Entiéndase como Zona Oriente de la Región Metropolitana como el conjunto de las siguientes comunas: Colina, Huechuraba, La Reina, Las Condes, Lo Barnechea, Ñuñoa, Providencia y Vitacura.

- **Factibilidad Económica:** al aplicarse el proyecto en la zona oriente, según datos entregados por Adimark (2003), se trata de clientes con el mayor poder adquisitivo del país, correspondientes mayormente a los estratos A, B, C. Esto se traduce en posibles clientes con un alto poder adquisitivo, por lo que les es posible invertir en el proyecto para reutilización de las aguas. Para que sea el proyecto una inversión interesante para tales, es necesario realizar un análisis de costo-beneficio, donde si el cliente sabe que sus beneficios serán mayores que los costos asociados, entonces

existirá factibilidad económica. Este análisis se llevará a cabo en las secciones Metodología, Resultados y Conclusiones.

- **Factibilidad Comercial:** tal como se menciona en el Programa Santiago Recicla del Ministerio del Medio Ambiente (2017) hoy en día existe conciencia social en gran parte de la población, lo cual es observable mediante el aumento de personas que reciclan desde sus hogares, que compran y utilizan bolsas de género en lugar de bolsas plástico que regalan los supermercados. Esto último corrobora que las personas están dispuestas a pagar más con tal de ayudar con el medio ambiente. Por lo tanto, al existir tal responsabilidad social por parte de los habitantes, al darles la opción de un proyecto el cual además de ayudar al entorno reutilizando aguas grises, le reducirán costos relacionados al agua potable, las personas debieran tomar tal oportunidad de desarrollo del proyecto, existiendo demanda de plantas tratadoras en el mercado actual y futuro. Al realizar el proyecto como privado, es óptimo adquirir una planta lista para solo instalar y utilizar, y no realizarla de manera particular, ya que al realizarla de manera particular al finalizarla se debe obtener permiso del Ministerio de Salud el cual apruebe el sistema y la calidad del agua resultante, mientras que al comprarla lista éstas se encuentran ya certificadas. El detalle de los costos se detalla en las secciones que se encuentran a continuación.
- **Factibilidad Humana:** dado a que ya existen modelos para plantas de reutilización de aguas grises, para llevar a cabo el proyecto es necesario de personal capacitado para instalar la planta y dejarla en funcionamiento. Dependiendo de cuántos trabajadores se encuentren disponibles, se estima la duración de instalación de la

planta. Mínimo se requieren de dos personas con conocimientos en el tema, los cuales correspondan a operarios certificados por la empresa que instale la planta.

- **Factibilidad Técnica:** sin grandes dificultades es posible encontrar al equipo que pueda llevar a cabo el proyecto; existen diversas formas de obtener la planta e instalarla. La planta se puede encontrar fácilmente en los locales Hidrocentro ubicado en La Reina, INPROSANH ubicado en Maipú, Bioplastic ubicado en Calera de Tango, o cualquier Construmart, Sodimac o Easy a lo largo del país. Existiendo así manera de llevar a cabo el proyecto sin inconvenientes.
- **Factibilidad Ambiental:** al ser un proyecto el cual busca colaborar con el medio ambiente mediante la aplicación de una planta la cual ya posee los permisos y certificados del Gobierno de Chile, existe totalmente factibilidad ambiental, dado que dentro de los objetivos del proyecto se encuentra disminuir el impacto ecológico mediante la reducción del uso del agua potable a través de la reutilización de las aguas grises generadas en los hogares. Es importante destacar que las aguas resultantes no son dañinas para el ser humano ni para el entorno.
- **Factibilidad Legal:** existen tres variables las cuales son vitales en el ámbito legal, éstas son: ubicación y fuente de aguas grises de la planta, actividad donde se reutilizará el agua tratada, y finalmente, aprobación de parte del Gobierno de Chile donde se apruebe la calidad del agua resultante. Dado que el proyecto se realiza en su totalidad dentro de la vivienda de los clientes con aguas residuales no provenientes del inodoro ni del lavaplatos, además de ser su agua será tratada en una Fosa Bioplastic y el agua no será comercializada ni utilizada para fines donde es imprescindible que sea agua potable, en cuanto al ámbito legal no existen

inconvenientes, ya que las plantas en cuestión se encuentran certificadas y aprobadas por el Ministerio de Salud. Cabe destacar que en el presente proyecto se siguieron las distintas exigencias presentes en los Proyectos de Ley de Regulación de reutilización de aguas grises la cual se encuentra completa en el Anexo 13.1 y 13.2.

- **Factibilidad Temporal:** el proyecto en sí es simple, y su instalación no debe durar más de una semana, donde se entierra la planta y se realizan las conexiones necesarias para su apropiada instalación y utilización. Para definir plazos es importante saber las características de la vivienda donde éste se implementará, dónde será redirigirá el agua, y cómo. Con esas preguntas resueltas, el ingeniero a cargo estima los plazos con una holgura de aproximadamente una semana, así en caso de encontrarse con inconvenientes o de necesidad de realizar distintas modificaciones, no sobrepasar la fecha de entrega.

Al existir factibilidad ambiental y legal, los puntos más importantes son los de factibilidad económica y comercial. Al tratarse de clientes de estratos socioeconómicos más altos, de existir estas factibilidades, el proyecto se llevará a cabo en gran parte de la Zona Oriente de la Región Metropolitana, especialmente en aquellos sectores donde el consumo diario de agua potable por persona sea extremadamente alto como lo es en el sector Pan de Azúcar.

Dado que en la Zona Oriente se encuentran las familias más adineradas con casas con más metros cuadrados per cápita, incluyendo jardín según estudios entregados por Adimark, al ofrecer la planta de reutilización de aguas grises, tales posibles clientes la deberían llevar a cabo dado que además de disminuir los costos correspondientes al agua potable, estarán colaborando con el medio ambiente, disminuyendo el impacto que realiza el ser humano en su entorno.

6.13 Cómo favorecería a consumidores de la Zona Oriente de la Región Metropolitana el modelo de reutilización de aguas grises

Primero es importante destacar que dentro del listado de los seis sectores con mayor consumo de agua potable per cápita diario, dos de ellos se encuentran en Colina, con valores de 1.120 litros en sector Pan de Azúcar, y 705 litros en Chicureo.

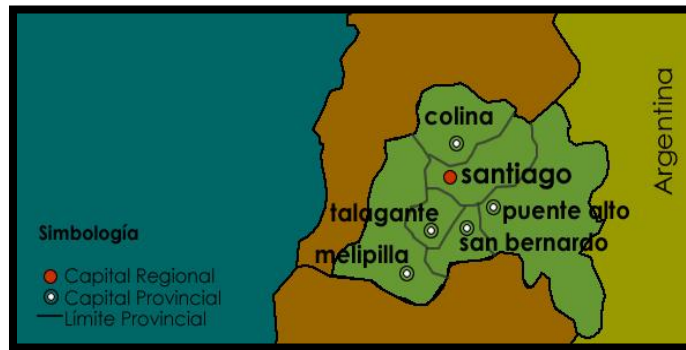


Ilustración 5: Mapa Región Metropolitana. Elaborada por escolares.net.

Dado que los mayores valores de consumo per cápita al día se encuentra en Colina (1.120 y 705 litros en sector Pan de Azúcar y Chicureo, respectivamente), se estima conveniente conocer el tipo de viviendas que se encuentra en el sector Pan de Azúcar, ya que es aquel con el mayor valor a nivel nacional.

Según información obtenida desde el Diario Oficial (2010), los hogares de Pan de Azúcar deben tener un tamaño predial mínimo de 300 m², con un coeficiente de ocupación de suelo de 0,4; es decir, el 60% del espacio corresponderá a jardín y antejardín. Como mínimo, cada hogar del sector Pan de Azúcar tendrá 180 m² correspondientes a jardín.

Dado a que el consumo mínimo de un metro cuadrado de jardín corresponde a 8 litros diarios (en caso de que exista sólo pasto, flora con la menor necesidad hídrica), y suponiendo que los hogares de Pan de Azúcar tienen sólo 180 m² de jardín, entonces habrá un consumo mínimo

de aproximadamente 1.440 litros al día destinados a riego, equivalente a 43,2 m³ mensuales por vivienda.

Debido al elevado valor mínimo requerido en riego en el sector Pan de Azúcar, al realizar la planta de tratamiento y almacenamiento de aguas grises, será posible destinar tales aguas al riego solamente. De esta manera, en caso óptimo se disminuirá en 43,2 m³ el consumo de agua potable por hogar, disminuyendo a su vez el impacto del ser humano en el entorno, dejando de derrochar el recurso hídrico.

7 METODOLOGÍA

El proyecto se evaluará económicamente mediante el enfoque de análisis de costo beneficio generado al efectuar la planta de tratamiento de aguas grises. Para esto se determinará en primera instancia el costo económico de realizar el proyecto, seguido por la valoración económica de los beneficios asociados a la disminución del consumo de agua potable. De esta manera se realizará posteriormente el cálculo del VAN, para determinar si el proyecto es beneficioso económicamente o no para aquellas familias que instalen el sistema de depuración de aguas grises (fosas sépticas).

Cabe destacar que la presente evaluación se lleva a cabo en la comuna de Colina, especialmente en la zona Pan de Azúcar. En la Ilustración 6 que se encuentra al costado derecho, se presenta un mapa con todas las comunas de la Región Metropolitana obtenido desde Datos Geográficos del Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (2013), destacándose la comuna en cuestión.



Ilustración 6: Mapa Región Metropolitana con énfasis en Colina. Elaboración propia en base a imagen del Gobierno Regional Metropolitano.

7.1 Recopilación de Información Relevante

Desde la SISS es posible encontrar múltiple información sobre el uso de agua potable en cada una de las regiones y comunas del país, el consumo per cápita de tal recurso, la normativa

existente sobre el saneamiento del agua, estudios sobre el consumo de agua potable en distintas actividades que se realizan diariamente, normativa de tarifas de empresas sanitarias, entre otras.

Por otro lado, es posible encontrar múltiples modelos para tratar las aguas grises y reutilizarlas, no obstante, se define como óptimo aquellas plantas listas para instalar, las cuales ya cuentan con la certificación y permisos que el Ministerio de Salud del Gobierno de Chile establece como necesarios, en el presente estudio se utilizan las fosas sépticas Bioplastic.

Dado que dentro de Chile Colina es la comuna con valores más altos en cuanto al consumo de agua potable diario per cápita, se evaluará el proyecto como si se aplicara en tal comuna, específicamente en el sector Pan de Azúcar, sector con el mayor consumo per cápita diario en el país con un valor de 1.120 litros.

7.2 Criterio de Aprobación para la Ejecución del Proyecto

Para determinar si la ejecución del proyecto es conveniente económicamente, se utilizará el método de VAN Privado. Además, se determinará también su efectividad y eficiencia. A continuación, se detallan los distintos criterios.

- **VAN Privado (Valor Actual Neto):** método para determinar si la realización del proyecto es conveniente económicamente o no mediante la comparación entre costos y beneficios, descontándose a una tasa de mercado determinada y con un horizonte temporal determinado. Se considera un proyecto privado como conveniente si $VAN_{privado}$ es un valor mayor o igual a cero.
- **Efectividad al Ejecutar el Proyecto:** cuantifica el cambio del indicador (consumo per cápita de agua potable) desde su punto inicial al final. Es decir, corresponde a

la variación de consumo per cápita de agua potable diario una vez realizado el proyecto.

- **Eficiencia del Proyecto:** precisa los beneficios en base a los costos en un momento determinado, es decir, indica los beneficios obtenidos en cada periodo en relación con los costos que se incurrieron en tal periodo. Estos beneficios se valorarán mediante las tarifas que existan en tal zona.

7.3 Consumo de Agua Potable en Colina

El consumo per cápita de agua potable en Colina es variado dependiendo del sector del que se hable. En el caso particular de Pan de Azúcar, donde existen aproximadamente 250 viviendas unifamiliares, es posible encontrar el consumo per cápita diario más alto del país, por lo que el proyecto tiene lugar en tal sector.

7.4 Prototipo de Viviendas en Pan de Azúcar

En el plan regulador comunal de Colina se indican las distintas normas en cuanto a tamaños mínimos de predio, coeficientes de constructibilidad, de ocupación de suelo, y otras las cuales no son de mayor relevancia para el presente estudio como densidad bruta máxima, altura máxima, rasante, y otras.

En el caso particular del sector Pan de Azúcar es posible observar que las viviendas corresponden a viviendas unifamiliares, con jardín delantero y trasero, con un tamaño predial mínimo de 300 metros cuadrados, donde puede ocuparse sólo el 40% de tal paño para edificación, por lo que el 60% del terreno corresponde jardín tanto delantero como trasero; por lo tanto, cada

vivienda del sector posee mínimo 180 m² de jardín. Para efectos del estudio se considera que el jardín se compone solo de pasto, vegetación la cual requiere el menor consumo de agua. Esto con el fin de posicionarse en el peor escenario posible, donde el consumo de agua potable de los jardines es el menor que podría existir, pudiendo ser el derroche del recurso hídrico no solo en jardín como supone el estudio, sino en otras actividades.

Al existir al menos 180 m² correspondientes a jardín en los hogares de Pan de Azúcar, el consumo mínimo de agua al día para la mantención de tal es de 1.440 litros, valor obtenido como el producto entre la superficie de jardín, con el consumo mínimo requerido por un metro cuadrado de pasto (8 litros diarios). Esto al multiplicarse por los 30 días de cada mes, genera un consumo de 43,2 m³ mensuales destinados a riego, actividad la cual no requiere obligatoriamente de agua potable. Cabe mencionar que estos 43,2 m³ mensuales se convierten en 518,4 m³ anual.

7.5 Estimación de Costos

Existen dos grandes ítems de costos, el primero es la inversión inicial el cual corresponde a los costos tanto de adquisición como instalación y puesta en marcha. El segundo costo es correspondiente a aquellos gastos necesarios para el funcionamiento de la planta, esto se traduce en mantención y químicos necesarios para la limpieza de las aguas grises. A continuación, se presentan los distintos costos asociados al proyecto de reutilización de aguas grises.

- **Inversión inicial:** adquisición de la planta tratadora de aguas grises. Para efectos del estudio la planta será un modelo el cual se comercializa en Chile como Fosa Séptica, y es posible encontrarlo en distintas tiendas de hogar y construcción, tales como Sodimac, Easy, Construmart, entre otras. Estas fosas corresponden a una

cápsula la cual en su interior realiza todas las tareas necesarias para tratar las aguas residuales domésticas, cumpliendo a su vez con las normas de aguas para riego, por lo que posterior a la adquisición solo es necesaria la instalación, lo que corresponde a la confección del agujero donde será posicionada la planta, y la realización de conexiones tanto eléctricas como de cañerías entre la planta y la fuente de aguas grises y hacia el destino que se estime conveniente, en el presente estudio se destinará a riego. A continuación, se encuentra el modelo que ocupará el proyecto.



Ilustración 7: Diseño planta tratadora de aguas grises. Elaborado por NYF.

Esta planta es capaz de separar las aguas de las grasas, elimina los sólidos que podrían encontrarse, elimina olores, descompone materiales biodegradables para así dejar el agua lista para su reutilización. Además, al adquirirla en grandes tiendas como Sodimac es posible obtener garantía no solo por el producto, sino también de su instalación en el caso de contratarla con ellos, asimismo con las distintas empresas que ofrecen el producto con instalación.

Cabe destacar que esta planta no es la única forma de limpiar las aguas grises y probablemente tampoco es la de menor costo, sin embargo, fue escogida para simplicidad del estudio dado a tratarse del sistema con los menores costos operacionales en el mercado.

Dado que en el caso en estudio existe sólo 180 m² de jardín, con un consumo de agua de 1.440 litros al día, se considera como óptima la instalación de una fosa séptica de volumen 2.000 litros, con una capacidad de tratar 1.600 litros al día (Bioplastic, S.F.).

Dicha fosa al ser adquirida en Homecenter Sodimac tiene un valor de \$292.990, a la cual al sumarle la instalación puede aumentar su valor considerablemente dependiendo de las acciones y modificaciones necesarias para dejar la planta puesta en marcha, esta suma puede elevarse a valores mayores de \$900.000 en caso de existir múltiples inconvenientes y arreglos necesarios para su instalación. Por lo tanto, el valor final de la fosa instalada podría sobrepasar los \$1.192.990. No obstante, es posible adquirir con instalación mediante INPROSANH por un valor final de \$1.150.000.

Dentro de sus características se encuentra una vida útil mayor a 30 años, y posee los costos de “mantención” más bajos (NYF, SF).

- **Costos de funcionamiento:** corresponde a la adquisición de los químicos necesarios para la limpieza de las aguas grises, es decir, es un costo variable, donde se verá en aumento de manera proporcional según aumente el volumen tratado. En el caso de la fosa séptica Bioplastic en estudio, este costo se traduce en la

adquisición de Biodyne, del cual se requiere 1 litro para la limpieza de 100 m³ de agua, es decir, 1 litro de Biodyne cada 100.000 litros de agua tratada. Tal químico se vende en formatos de botella de 1 litro por un valor de \$4.445, lo cual al prorratearlo en los 100.000 litros donde se utilizará, corresponde a un costo operacional de \$0,04445 por litro.

De esta manera se tienen los siguientes costos:

$$\text{Inversión inicial} = \$1.150.000$$

$$\text{Costos por litro} = \$0,04445 * \text{litro}$$

Dado que en mantención del jardín (riego de pasto) se considera necesario un mínimo 1.440 litros al día, los costos por litro al año son los siguientes.

$$\text{Costos anuales} = \$0,04445_{\text{pesos/litro}} * 1.440_{\text{litros/día}} * 365_{\text{días/año}}$$

$$\text{Costos anuales} = \$23.363$$

7.6 Estimación de Beneficios (Enfoque Privado)

Mediante la aplicación del proyecto es posible encontrar beneficios económicos los cuales corresponden a la disminución del consumo de agua potable. En el caso de aquellos que viven en Colina sector Pan de Azúcar, fue necesario encontrar a su abastecedor de agua potable, para así ver sus tarifas y calcular el valor que los clientes de la compañía deben costear. En el sector existe un solo distribuidor de agua potable el cual corresponde a Sembcorp Aguas Santiago y posee siguientes tarifas:

Empresa		SEMBCORP AGUAS SANTIAGO
Sector		Pan de Azúcar y sectores B1, C y D
Cargo fijo por cliente		\$ 1.220,00
Agua potable NO PUNTA	\$/m ³	\$ 219,03
Alcantarillado con Tratamiento	\$/m ³	\$ 435,66
Agua potable PUNTA	\$/m ³	\$ 219,03
Sobreconsumo Agua Potable PUNTA	\$/m ³	\$ 379,30
Tratamiento Aguas Servidas	\$/m ³	\$ 1.221,81
Grifos públicos		\$ 1.556

Tabla 1: Tarifa agua potable de Sembcorp Aguas Santiago. Obtenido desde SISS.

De esta manera, los costos correspondientes a consumo de agua potable en el sector de Pan de Azúcar están bajo las tarifas de la empresa Sembcorp Aguas Santiago. El sistema de tarifa para tales consumidores tiene la siguiente modalidad:

- **Periodo No Punta:**

$$\text{Cargo} = \text{Cargo fijo por cliente} + M^3 \text{consumido}$$

$$* (\$ \text{ Agua potable no punta} + \$ \text{ Alcantarillado}$$

$$+ \$ \text{ Tratamiento de aguas servidas}) + \text{Grifos públicos}$$

- **Periodo Punta:**

$$\text{Cargo} = \text{Cargo fijo por cliente} + M^3 \text{Sobreconsumo} * \$ \text{ Sobreconsumo}$$

$$+ M^3 \text{consumido} < M^3 \text{Sobreconsumo}$$

$$* (\$ \text{ Agua potable no punta} + \$ \text{ Alcantarillado}$$

$$+ \$ \text{ Tratamiento de aguas servidas}) + \text{Grifos públicos}$$

Sin embargo, para simplicidad del estudio se considerará sólo la modalidad de tarifa del periodo no punta, es decir, no se considerará el sobreconsumo de agua potable a la hora de generar el cargo por consumo de agua potable.

Posteriormente, se calcula el consumo de M^3 promedio en los hogares de Pan de Azúcar el cual corresponde al siguiente, teniendo en cuenta que cada persona utiliza 1.120 litros al día.

$$1.120 \text{ litros} \rightarrow M^3 \text{ consumo diario por persona} = 1,12 \rightarrow 33,6 M^3 \text{ al mes por persona}$$

De esta manera, el consumo mensual en agua potable en cada hogar de Pan de Azúcar será dependiente de la cantidad de integrantes que el hogar posea, mediante el siguiente cálculo de M^3 :

$$\text{Consumo del hogar mensual} = N^\circ \text{ de personas en el hogar} * M^3 \text{ consumo mensual por persona}$$

Así, finalmente el cargo por agua potable se verá de la siguiente manera; siempre con relación a la cantidad de integrantes de la vivienda.

$$\begin{aligned} \text{Cargo} = & \text{Cargo fijo por cliente} + N^\circ \text{ de personas en el hogar} * M^3 \text{ consumo por persona al mes} \\ & * (\text{Agua potable no punta} + \text{Alcantarillado con Tratamiento de aguas servidas}) \\ & + \text{Grifos públicos} \end{aligned}$$

Para efectos del trabajo se realizaron los cálculos correspondientes a costos de agua potable para los escenarios de hogares con 1, 2, 3, 4, 5, y 6 integrantes, donde cada integrante tiene un consumo diario de 1.120 litros. Se detallan a continuación.

		Litros diarios consumidos por hogar	M ³ diarios consumidos por hogar	M ³ mensual consumidos por hogar	Total mensual a pagar por hogar
N° Personas por hogar	1	1.120	1,12	33,6	\$ 24.774
N° Personas por hogar	2	2.240	2,24	67,2	\$ 46.771
N° Personas por hogar	3	3.360	3,36	100,8	\$ 68.769
N° Personas por hogar	4	4.480	4,48	134,4	\$ 90.766
N° Personas por hogar	5	5.600	5,6	168	\$ 112.764
N° Personas por hogar	6	6.720	6,72	201,6	\$ 134.762

Tabla 2: Consumo de agua potable en Pan de Azúcar. Elaboración propia.

Dado que para los 6 casos recién expuestos el jardín mínimo al que se enfrenta en el sector posee un total de 180 m², equivalente a 1.440 litros diarios solo a riego (43,2 m³ de agua mensual), al tener la planta una cobertura de hasta 1.600 litros, esta producirá en todo momento el máximo que le sea posible con el fin de reutilizar las aguas para riego en su totalidad.

Es importante destacar que máximo el 10% del agua potable consumida en los hogares con jardín es utilizada en la cocina, para consumo o en el escusado, por lo que en el estudio no es posible reutilizarla; por lo tanto, del 90% del agua restante es posible reducir tal consumo a la mitad en el caso de reutilizar todas las aguas manipuladas.

Para definir el Ahorro Anual en M³, es necesario realizar distintos cálculos los cuales se encuentran a continuación, todos según corresponde los integrantes por vivienda.

- **M³ Anual Calculado por Hogar:**

$$1,12_{m^3/día} * 30_{días/mes} * 12_{mes/año} * Q_{integrantes}$$

- **M³ Máximo para Reutilizar, sin escusado ni cocina:**

$$M^3 \text{ Anual Calculado por Hogar} * 90\%$$

- **M³ Consumidos reutilizando la totalidad del agua:** en el caso óptimo, se podría llegar a disminuir el consumo de agua potable a la mitad debido a que toda el agua potable entrante al hogar (descontando WC y Cocina), podría tratarse y reutilizarse en riego u otras actividades.

$$M^3 \text{ Máximo para reutilizar} * 50\%$$

- **M³ Anual para riego:**

$$\frac{300m^2 \text{ terreno mínimo} * 60\% \text{ jardín} * 8 \text{ litros/día} * 30 \text{ día/mes} * 12 \text{ meses/año}}{1.000 \text{ litros/m}^3} = 518,40 \text{ m}^3$$

- **M³ Anual Tratados para riego:** corresponde al menor valor entre “M³ Consumidos reutilizando la totalidad del agua” y “M³ Anual para riego”. Esto debido a que en el estudio la reutilización es netamente para riego, y a su vez, no es posible reutilizar más agua que la que se ha comprado a la empresa distribuidora de agua potable.

$$\text{Mín}\{M^3 \text{ Consumidos reutilizando la totalidad del agua}; M^3 \text{ Anual para riego}\}$$

- **M³ Comprados Anual:** corresponde al volumen de agua potable que se deberá comprar en el hogar. En caso de reutilizarse aguas grises para riego entonces tal

volumen disminuirá en tal cantidad, sin embargo, si no se reutilizan, entonces el volumen a comprar es el mismo que el necesario en el hogar.

$$M^3 \text{ Anual necesario por hogar} - M^3 \text{ Tratados para riego anual}$$

- **Ahorro Anual (M³):**

$$M^3 \text{ Tratados para riego anual}$$

- **Ahorro Anual (\$):**

$$[\$ \text{ Agua potable no punta} + \$ \text{ Alcantarillado con tratamiento}]$$

$$* \text{ Ahorro Anual}(m^3)$$

		M3 Anual calculado por hogar	M3 Anual Tratados para riego	M3 Anual Comprados	Ahorro Anual (M3)	Ahorro Anual (\$)
Nº Personas por hogar	1	403,2	181,44	221,76	181,44	\$ 118.787
Nº Personas por hogar	2	806,4	362,88	443,52	362,88	\$ 237.574
Nº Personas por hogar	3	1209,6	518,4	691,2	518,4	\$ 339.391
Nº Personas por hogar	4	1612,8	518,4	1094,4	518,4	\$ 339.391
Nº Personas por hogar	5	2016	518,4	1497,6	518,4	\$ 339.391
Nº Personas por hogar	6	2419,2	518,4	1900,8	518,4	\$ 339.391

Tabla 3: Ahorro (beneficio) tras aplicar la planta de reutilización de aguas grises. Elaboración propia.

En el caso particular de viviendas con solo 1 o 2 integrantes es posible observar que el volumen ahorrado de agua potable es menor a la ideal, siendo la ideal la totalidad del agua requerida para riego (518,4 m³), mientras que en viviendas con 3 o más integrantes es posible realizar riego sólo con aguas reutilizadas, lo que se traduce en un ahorro anual de 518,4 m³.

7.7 VAN Privado

Para valorar el proyecto de manera privada se realizó el cálculo del $VAN_{privado}$ mediante las siguientes fórmulas.

$$VAN_p = -Inversión\ Inicial + \sum_{a=1}^{10} \frac{Beneficio_i}{Tasa\ de\ descuento}$$

$$Beneficio_i = Ahorro_{anual} - Costos_{anuales}$$

Mediante el ahorro de agua potable al ejecutar el proyecto, es posible disminuir el consumo de la siguiente manera en cada una de las viviendas unifamiliares. A continuación, se presenta el beneficio en metros cúbicos y en costo monetario según las tarifas existentes en la zona. Cabe destacar que se considera el aumento de las tarifas de aproximadamente un 0,67% en base a las variaciones históricas en las tarifas.

Cantidad de integrantes por vivienda	Ahorro anual (M3)	Año 1 actual 2018	Año 2 2019	Año 3 2020	Año 4 2021	Año 5 2022	Año 6 2023	Año 7 2024	Año 8 2025	Año 9 2026	Año 10 2027
1	181,44	\$ 118.787	\$ 119.388	\$ 119.932	\$ 120.476	\$ 121.020	\$ 121.565	\$ 122.109	\$ 122.653	\$ 123.379	\$ 124.105
2	362,88	\$ 237.574	\$ 238.775	\$ 239.864	\$ 240.952	\$ 242.041	\$ 243.130	\$ 244.218	\$ 245.307	\$ 246.758	\$ 248.210
3	518,4	\$ 339.391	\$ 341.107	\$ 342.662	\$ 344.218	\$ 345.773	\$ 347.328	\$ 348.883	\$ 350.438	\$ 352.512	\$ 354.586
4	518,4	\$ 339.391	\$ 341.107	\$ 342.662	\$ 344.218	\$ 345.773	\$ 347.328	\$ 348.883	\$ 350.438	\$ 352.512	\$ 354.586
5	518,4	\$ 339.391	\$ 341.107	\$ 342.662	\$ 344.218	\$ 345.773	\$ 347.328	\$ 348.883	\$ 350.438	\$ 352.512	\$ 354.586
6	518,4	\$ 339.391	\$ 341.107	\$ 342.662	\$ 344.218	\$ 345.773	\$ 347.328	\$ 348.883	\$ 350.438	\$ 352.512	\$ 354.586

Tabla 4: Ahorro (beneficio) tras aplicar la planta tratadora de aguas grises. Elaboración propia.

Por otro lado, se encuentran también los costos asociados a la reutilización de las aguas grises, en este caso en particular corresponde netamente al uso del líquido Biodyne, el cual tiene un costo de \$0,0445 por litro tratado, es decir, \$44,45 por metro cúbico tratado. A continuación, se presentan tales costos asociados contabilizando una presunta inflación.

Cantidad de integrantes por vivienda	Ahorro anual (M3)	Año 1 actual 2018	Año 2 2019	Año 3 2020	Año 4 2021	Año 5 2022	Año 6 2023	Año 7 2024	Año 8 2025	Año 9 2026	Año 10 2027
1	181,44	\$ 8.065	\$ 8.307	\$ 8.556	\$ 8.813	\$ 9.077	\$ 9.350	\$ 9.630	\$ 9.919	\$ 10.217	\$ 10.523
2	362,88	\$ 16.130	\$ 16.614	\$ 17.112	\$ 17.626	\$ 18.154	\$ 18.699	\$ 19.260	\$ 19.838	\$ 20.433	\$ 21.046
3	518,4	\$ 23.043	\$ 23.734	\$ 24.446	\$ 25.180	\$ 25.935	\$ 26.713	\$ 27.514	\$ 28.340	\$ 29.190	\$ 30.066
4	518,4	\$ 23.043	\$ 23.734	\$ 24.446	\$ 25.180	\$ 25.935	\$ 26.713	\$ 27.514	\$ 28.340	\$ 29.190	\$ 30.066
5	518,4	\$ 23.043	\$ 23.734	\$ 24.446	\$ 25.180	\$ 25.935	\$ 26.713	\$ 27.514	\$ 28.340	\$ 29.190	\$ 30.066
6	518,4	\$ 23.043	\$ 23.734	\$ 24.446	\$ 25.180	\$ 25.935	\$ 26.713	\$ 27.514	\$ 28.340	\$ 29.190	\$ 30.066

Tabla 5: Costos anuales tras aplicar la planta tratadora de aguas grises. Elaboración propia.

De esta manera es posible calcular los beneficios para cada una de las viviendas descritas anteriormente. Se presenta la tabla con los beneficios anuales (beneficios – costos) para cada una de ellas.

Cantidad de integrantes por vivienda	Año 1 actual 2018	Año 2 2019	Año 3 2020	Año 4 2021	Año 5 2022	Año 6 2023	Año 7 2024	Año 8 2025	Año 9 2026	Año 10 2027
1	\$ 110.722	\$ 111.081	\$ 111.376	\$ 111.663	\$ 111.943	\$ 112.215	\$ 112.479	\$ 112.734	\$ 113.163	\$ 113.582
2	\$ 221.444	\$ 222.161	\$ 222.751	\$ 223.327	\$ 223.886	\$ 224.430	\$ 224.958	\$ 225.469	\$ 226.325	\$ 227.164
3	\$ 316.348	\$ 317.373	\$ 318.216	\$ 319.038	\$ 319.838	\$ 320.615	\$ 321.369	\$ 322.099	\$ 323.322	\$ 324.520
4	\$ 316.348	\$ 317.373	\$ 318.216	\$ 319.038	\$ 319.838	\$ 320.615	\$ 321.369	\$ 322.099	\$ 323.322	\$ 324.520
5	\$ 316.348	\$ 317.373	\$ 318.216	\$ 319.038	\$ 319.838	\$ 320.615	\$ 321.369	\$ 322.099	\$ 323.322	\$ 324.520
6	\$ 316.348	\$ 317.373	\$ 318.216	\$ 319.038	\$ 319.838	\$ 320.615	\$ 321.369	\$ 322.099	\$ 323.322	\$ 324.520

Tabla 6: Beneficios (ahorro - costo) anuales tras aplicar la planta tratadora de aguas grises. Elaboración propia.

7.8 Efectividad del proyecto

Actualmente, cada persona que vive en el sector Pan de Azúcar consume 1.120 litros al día, lo que se traduce en 403,2 m³ consumidos de manera anual por cada uno de ellos. Tal como se mencionó anteriormente, al momento de aplicar la planta tratadora de aguas grises, del agua total comprada a las empresas distribuidoras de agua es posible reutilizar el 90%, existiendo una pérdida o consumo personal del 10% entre aguas negras (con microorganismos fecales) y lavado de platos a mano, de esa manera, si se reutiliza la mayor cantidad de agua potable es posible

disminuir tal consumo (90%) a su mitad; información la cual es corroborada por el Gobierno de Chile al mencionar que mediante actividades de reutilización del agua es posible disminuir el consumo hasta en un 45%.

En el caso particular del presente proyecto, el agua tratada será reutilizada en riego, por lo que al existir un volumen mínimo de riego de 518,4m³, se obtienen los siguientes resultados al reutilizar las aguas grises domésticas en riego.

Tal como se mencionó anteriormente, los M³ Anual Ahorrados (tratador para riego) corresponde a la menor cifra entre el 45% del consumo anual calculado por hogar sin planta, y los 518,4 m³ necesarios en riego.

Cantidad de integrantes por vivienda	M3 Anual Consumido Inicialmente	M3 Anual Comprados Post Planta	Ahorro Anual (M3)
1	403,2	221,76	181,44
2	806,4	443,52	362,88
3	1209,6	691,2	518,4
4	1612,8	1094,4	518,4
5	2016	1497,6	518,4
6	2419,2	1900,8	518,4

Tabla 7: Variación del consumo de agua potable tras la aplicación de la planta. Elaboración propia.

7.9 Eficiencia del proyecto

$$Eficiencia = \frac{Beneficio_i}{Costo_i}$$

En el caso en estudio, es posible calcular la eficiencia según la fórmula recién expuesta, donde se considera eficiente al existir un resultado mayor a 1 en el periodo i, ya que esto se traduce en beneficios mayores a los costos asociados para lograr tal beneficio. Mientras mayor sea el valor obtenido, entonces más eficiente es el proyecto. A continuación, se presenta la eficiencia para los distintos periodos y para las distintas cantidades de integrantes en cada vivienda.

Cantidad de integrantes por vivienda	Año 1 actual 2018	Año 2 2019	Año 3 2020	Año 4 2021	Año 5 2022	Año 6 2023	Año 7 2024	Año 8 2025	Año 9 2026	Año 10 2027
1	14,73	14,37	14,02	13,67	13,33	13,00	12,68	12,37	12,08	11,79
2	14,73	14,37	14,02	13,67	13,33	13,00	12,68	12,37	12,08	11,79
3	14,73	14,37	14,02	13,67	13,33	13,00	12,68	12,37	12,08	11,79
4	14,73	14,37	14,02	13,67	13,33	13,00	12,68	12,37	12,08	11,79
5	14,73	14,37	14,02	13,67	13,33	13,00	12,68	12,37	12,08	11,79
6	14,73	14,37	14,02	13,67	13,33	13,00	12,68	12,37	12,08	11,79

Tabla 8: Índices de eficiencia de la planta. Elaboración propia.

8 RESULTADOS

Al momento de determinar el VAN del proyecto para las viviendas unifamiliares con distintas cantidades de integrantes, se utilizan los beneficios (beneficios_i – costos_i) anuales descontados a una tasa anual pesimista del 10%. A continuación, se presenta la tabla correspondiente al cálculo de tales beneficios descontados.

Cantidad de integrantes por vivienda	Inversión inicial	Año 1 actual 2018	Año 2 2019	Año 3 2020	Año 4 2021	Año 5 2022	Año 6 2023	Año 7 2024	Año 8 2025	Año 9 2026	Año 10 2027
1	\$-1.150.000	\$ 110.722	\$ 100.982	\$ 92.046	\$ 83.894	\$ 76.459	\$ 69.677	\$ 63.492	\$ 57.851	\$ 52.791	\$ 48.170
2	\$-1.150.000	\$ 221.444	\$ 201.965	\$ 184.092	\$ 167.789	\$ 152.917	\$ 139.354	\$ 126.983	\$ 115.701	\$ 105.582	\$ 96.340
3	\$-1.150.000	\$ 316.348	\$ 288.521	\$ 262.989	\$ 239.698	\$ 218.454	\$ 199.077	\$ 181.404	\$ 165.287	\$ 150.832	\$ 137.628
4	\$-1.150.000	\$ 316.348	\$ 288.521	\$ 262.989	\$ 239.698	\$ 218.454	\$ 199.077	\$ 181.404	\$ 165.287	\$ 150.832	\$ 137.628
5	\$-1.150.000	\$ 316.348	\$ 288.521	\$ 262.989	\$ 239.698	\$ 218.454	\$ 199.077	\$ 181.404	\$ 165.287	\$ 150.832	\$ 137.628
6	\$-1.150.000	\$ 316.348	\$ 288.521	\$ 262.989	\$ 239.698	\$ 218.454	\$ 199.077	\$ 181.404	\$ 165.287	\$ 150.832	\$ 137.628

Tabla 9: Flujos anuales descontados a tasa del 10% tras la aplicación de la planta. Elaboración propia.

Posteriormente se procede a calcular el VAN actualizado para cada una de las posibles viviendas mediante los valores previamente expuestos.

Cantidad de integrantes por vivienda	VAN
1	\$ -393.917
2	\$ 362.167
3	\$ 1.010.238
4	\$ 1.010.238
5	\$ 1.010.238
6	\$ 1.010.238

Tabla 10: VAN del proyecto en los distintos escenarios posibles. Elaboración propia.

9 ANALISIS DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

En cuanto a la efectividad del proyecto, es posible afirmar que en todos los casos se puede observar una disminución notoria en el volumen de agua potable a comprar. Esta variación es equivalente a la cantidad de metros cúbicos reutilizados en riego, por lo que el volumen reutilizado en riego deja de ser necesario comprarlo a la empresa distribuidora de agua potable, en este caso, Sembcorp Aguas Santiago.

En los casos de hogares con 1 y 2 integrantes la variación del volumen de agua potable comprada es menor a aquellas viviendas con 3 o más integrantes. Esto debido a que en viviendas del primer tipo no es suficiente el volumen de agua a reutilizar para cubrir el riego necesario, por lo que se debe ocupar agua potable comprada para riego. Sin embargo, para aquellos hogares con 3 o más integrantes, la cantidad de aguas grises a tratar les es suficiente para cubrir de manera total el riego de su jardín, no existiendo la necesidad de comprar agua potable para riego, cosa que no ocurre en hogares con menos integrantes.

De esta manera, el proyecto es efectivo en todos los escenarios, ya que logra disminuir el volumen de agua potable a comprar en las distintas viviendas unifamiliares.

En relación con la eficiencia del proyecto, al visualizar la Tabla 8 es posible observar altos valores en cada uno de los periodos, por lo que se considera que el proyecto es eficiente. Esto se debe principalmente a que los costos asociados son muy bajos en el proyecto, lo cual es una de las mayores cualidades de la planta del presente estudio, además, los beneficios obtenidos son altos, logrando ser altamente eficiente.

Finalmente, respecto al cálculo del VAN, es posible afirmar que a la mayoría de las familias que viven en el sector Pan de Azúcar les es conveniente realizar el proyecto dado que para todas aquellas viviendas unifamiliares con dos o más integrantes el VAN siempre es mayor a cero, siendo el proyecto viable económicamente para aquellas familias. Por otro lado, para aquellas viviendas con sólo un integrante, este proyecto no parece ser una buena alternativa, no obstante, si se busca simplemente ayudar con el medio ambiente a pesar de los costos asociados, cualquier vivienda debería instalar la planta dado a la gran efectividad del proyecto, logrando disminuir notoriamente el volumen consumido de agua potable.

Se recomienda dar a conocer esta alternativa a aquellos que se encuentran en la zona, ya que además de contribuir con el medio ambiente, es una buena opción económicamente hablando.

Para el caso de aquellos clientes que deseen aplicar el proyecto, se considera razonable hacerles saber el payback actualizado del proyecto, ya que así tendrán una idea clara del momento donde su inversión comenzará a realizar frutos económicos, es decir, desde qué momento su inversión comienza a ser rentable. Cabe mencionar que el proyecto se actualizó a una tasa del 10%, considerando un escenario totalmente pesimista. A continuación, se presenta la tabla con el payback actualizado.

Cantidad de integrantes por vivienda	PAYBACK
1	27
2	7
3	5
4	5
5	5
6	5

Tabla 11: Payback del proyecto. Elaboración propia.

Ante esta información, es posible acervar que para viviendas con 2 integrantes, comenzarán a ver reflejada su inversión dentro del séptimo año, por lo que si aquellos consideran cambiarse de vivienda en un periodo menor a 7 años, entonces no les es conveniente realizar el proyecto, ya que su horizonte de tiempo es menor al que se presenta en el proyecto. Por otro lado, si no existen planes de cambiarse en al menos 7 años, entonces es totalmente conveniente realizar el proyecto.

Para aquellas viviendas con 3 o más integrantes su payback es dos años antes que aquellos donde se encuentran solo 2 integrantes, por lo que si estas familias tienen planes de cambio de vivienda en el corto plazo (menor a 5 años) no les sería útil la realización del proyecto, mientras que para aquellos que no tienen intenciones de cambiarse de vivienda, les sería conveniente la realización sin lugar a duda.

Dado que el proyecto no es rentable para las viviendas con un solo integrante, su payback no se encuentra dentro del periodo de 10 años de permanencia (correspondiente al horizonte temporal del proyecto), por lo que para este proyecto ser rentable para aquellos hogares debe evaluarse con un horizonte mínimo de 27 años.

Es importante mencionar que la planta de reutilización de aguas grises domésticas que se presenta en el proyecto tiene una vida útil de 30 años, y a su vez, tiene los menores costos de operación existentes en el mercado. Además, tiene un sistema simple para que todas las personas puedan utilizarla sin mayores inconvenientes ni molestias.

10 DISCUSIÓN

El presente estudio se realizó con los valores más pesimistas que se podrían encontrar en el mercado existente en el sector de Pan de Azúcar. Esto debido a que se quería demostrar que a pesar de encontrarse en los peores escenarios posibles, era un proyecto viable. Dado a esto se puede corroborar que para viviendas con dos o más integrantes es un proyecto totalmente viable, sin embargo, en el caso de haber un solo habitante se obtuvo como resultado que no era un buen proyecto. Esto último puede quedar para un siguiente estudio, dado que es posible llegar a hacer viable el proyecto en tal caso mediante una planta de menor costo, cambiando la tasa de descuento pesimista o simplemente cambiando el horizonte de tiempo.

Por otro lado, al tratarse de un proyecto el cual busca ayudar al medio ambiente, se podrían tomar en cuenta los beneficios sociales tras la aplicación del sistema de reutilización de aguas grises domésticas, es decir, cuantificar de manera económica la disminución en el impacto al medio ambiente, aumentando así los beneficios del proyecto, convirtiéndose en un proyecto viable probablemente para todos los escenarios.

En el caso de desear realizar el proyecto de otra manera, es decir, con otro proveedor o con otra empresa a cargo de la instalación, pero manteniendo el horizonte de tiempo de 10 años y la tasa de descuento del 10%, será necesario considerar el valor de la inversión inicial, es decir, el valor de la planta y de la instalación para su puesta en marcha. Ante esto, para que sea un proyecto rentable, cabe recordar que el VAN debe ser mayor o igual a cero, por lo que las viviendas no deberán sobrepasar los siguientes valores a la hora de crear el presupuesto para la aplicación de una planta tratadora de aguas grises domésticas para reutilizar en riego.

Cantidad de integrantes por vivienda	Inversión inicial máxima
1	\$ 756.084
2	\$ 1.512.167
3	\$ 2.160.239
4	\$ 2.160.239
5	\$ 2.160.239
6	\$ 2.160.239

Tabla 12: Inversión inicial máxima donde el proyecto es rentable. Elaboración propia.

De esta manera, aquellas viviendas que deseen aplicar una planta que trate las aguas grises domésticas, todas aquellas que tengan un costo menor a los indicados en la tabla 12 serán viables en un horizonte de 10 años.

11 LIMITACIONES

Una limitación clara del estudio es que se sigue el dato de consumo personal de agua potable de 1.120 litros diarios en el sector Pan de Azúcar como un dato duro, es decir, como si este no variara, sin embargo, este es sólo un promedio para los habitantes del sector, donde algunos consumen más y otros menos, habiendo además picos mayores en verano y menores en invierno. De esta manera, es posible que para ciertas viviendas con la misma cantidad de integrantes, el proyecto sea mucho más viable que para otras, esto puede deberse a distintas maneras de riego, o distintas necesidades de agua para riego, donde habrá viviendas sólo con pasto y piedras las cuales requieren la menor cantidad de agua, y otras con árboles frutales u otras plantas las cuales requieran de mayor cantidad de agua para sobrevivir.

Además, al consumir 1.120 litros diarios cada persona, se traduce en 403 metros cúbicos al año consumidos por cada habitante, a su vez, al existir un mínimo de 180 m² en jardín (pasto), se considera que sólo en riego se requiere de 518 m³ de manera anual. Por lo tanto, es posible suponer que en el sector no existen viviendas unifamiliares donde haya un solo integrante, dado que el agua consumida es mucho menor al volumen necesario solo en riego.

12 REFERENCIAS

- Adimark (2003) *Mapa socioeconómico de Chile*. Rescatado de http://www.adimark.cl/medios/estudios/Mapa_Socioeconomico_de_Chile.pdf. Chile.
- Bernejo, David (2012) *Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: depuradoras naturales como alternativa sostenible*. España.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2018) *Proyecto de Ley Núm. 21.075. Regula la Recolección, Reutilización y Disposición de Aguas Grises*. Rescatado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1115066>. Chile.
- BIOPLASTIC (S.F.) *Fosas Sépticas Horizontales*. Rescatado de <http://www.bioplastic.cl/index.php/tipo-de-solucion/tratamiento-de-aguas-servidas/fosas-septicas-horizontales>. Chile.
- CENRE (SF) *Centros de Estudio*. Universidad de Chile, Chile. Rescatado de <http://www.uchile.cl/portal/investigacion/centros-y-programas/centros-de-estudio/57814/centro-de-economia-de-los-recursos-naturales-y-el-medio-ambiente>
- Chile Desarrollo Sustentable (2011) Rescatado de <http://www.chiledesarrollosustentable.cl/desarrollo-sustentable/ministerio-de-medio-ambiente/educacion-ambiental-ministerio-de-medio-ambiente/%C2%BFque-es-la-educacion-ambiental/>
- Comisión Nacional del Agua (2017) *Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnias en Zonas Rurales*. Gobierno de México. México.
- CONICYT (2009) *Consumo de agua potable en Chile*. Programa EXPLORA CONICYT.

Diario Oficial (2010) Artículo 4.2.14. *Usos de suelo correspondientes a Santa Elena, Santa Filomena, Chicureo y Chamisero - Pan de Azúcar*. Rescatado de <http://www.diariooficial.interior.gob.cl/media/2010/03/26/do-20100326.pdf>. Chile.

Duttle, Marsha (1990) *NM State greywater advice*. USA.

Ferrovial (2015) *¿Sabes cuántos litros de agua necesita una persona al día?*.

Fundación AQUAE (2015) *El uso de agua en el hogar*. La Fundación del Agua.

Fundación AQUAE (2015) *¿Sabes cuánta agua consumes a diario?*- La Fundación del Agua.

Fundación AQUAE (2017). *1.100 millones de personas en el mundo sufren estrés hídrico*. Datos del Agua, La Fundación del Agua.

Furche, C. (2015) Entrevista CNN Chile. Rescatado de <http://www.cnnchile.com/noticia/2015/03/22/ministro-de-agricultura-por-sequia-tenemos-que-invertir-mas-y-rapidamente-en-acumulacion-de-agua>

Gobierno de Chile (2013) *Ley N°19.300, sobre bases generales del medio ambiente*. Título I Disposiciones Generales. Artículos del E al H.

Gobierno de Chile (2015) *Cuidemos el agua: Cifras y recomendaciones*. Rescatado de <http://www.gob.cl/cuidemos-el-agua/>

Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (2013) *Datos Geográficos*. Rescatado de <https://www.gobiernosantiago.cl/datos-geograficos>. Chile

Hajek, E. & Di Castri, F. (1975) *Bioclimatografía de Chile*. Chile

INE (2012) *Comunas: Evolución de algunos indicadores demográficos 2002-2020*. Instituto Nacional de Estadística. Chile.

INE (2012) *Notas de Prensa*. Instituto Nacional de Estadística. Rescatado de <http://www.ine.es/prensa/np934.pdf>. España.

Instituto Tecnológico de Torreón (2008) Rescatado de <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/359447.cuanta-agua-necesita-su-jardin-agropecuaria.html>. México.

OMS (S.F.) *El derecho humano al agua y al saneamiento*. Organización Mundial de la Salud.

OMS (2017) *Datos y cifras*. Agua, Centro de prensa. Rescatado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>. Organización Mundial de la Salud.

ONEMI (2008) *Informe actualizado sequía febrero 2008*. Chile.

Meteochile (2017) Rescatado de <http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaLaSequiaChile.pdf>. Chile.

Metertech (S.F.) *Tratamientos de aguas grises para reuso*. Argentina.

Ministerio de Salud de Chile (2018) *Reglamento Aguas Grises*. Rescatado de <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/Reglamento-Aguas-Gris.pdf>. Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2017) *Programa Santiago Recicla*. Rescatado de <http://www.santiagorecicla.cl/santiago-recicla/programa-santiago-recicla>. Chile.

NYF (S.F.) *PTAR compacta para depuración de aguas residuales domésticas*. PTAR BIOBAF Tratamiento de aguas residuales domésticas. Rescatado de <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/ptar-biobaf#biobaf>. Colombia.

ONU (S.F.) *Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*. Organización de las Naciones Unidas.

SSIS (2009) *Manual para el consumo responsable de agua potable*. Superintendencia de Servicios Sanitarios del Gobierno de Chile. Chile.

SSIS (2009) *SISS da a conocer nivel de consumo de agua potable en el país*. Superintendencia de Servicios Sanitarios del Gobierno de Chile. Chile.

SSIS (2016) *Boletín de Facturación Diciembre 2016*. Superintendencia de Servicios Sanitarios del Gobierno de Chile. Chile.

SSIS (2016) *Coberturas año 2016*. Superintendencia de Servicios Sanitarios del Gobierno de Chile. Chile.

UNESCO (2015) *Water for a sustainable world*. The United Nations World Water Development Report 2015.

Wikipedia (S.F.) *Aguas Grises*. Definición.

13 ANEXOS

13.1 Proyecto Inicial de Reglamento sobre Condiciones Sanitarias Básicas para la Reutilización de Aguas Grises (No vigente)

13.1.1 Título I: Disposiciones Generales

Artículo 1°. El presente reglamento establece las condiciones sanitarias que deberán cumplir el diseño y la operación de los sistemas destinados a la reutilización de aguas grises, ya sea que éstos se ubiquen dentro o fuera de las áreas operacionales de las empresas sanitarias.

Artículo 2°. Corresponde a las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud, en sus respectivas jurisdicciones, aprobar y autorizar los proyectos de reutilización de aguas grises, fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento y las del Código Sanitario en estas materias, todo ello de acuerdo con las normas e instrucciones generales que imparta el Ministerio de Salud. Lo anterior es sin perjuicio de las atribuciones de la Superintendencia del Medio Ambiente cuando corresponda.

Artículo 3°. Para los efectos de este reglamento la reutilización de aguas grises deberá realizarse dentro de los deslindes de la propiedad en que se generan, ya sea que ésta sea de carácter público o privado y que se conformen sistemas individuales o colectivos.

Artículo 4°. Será responsabilidad del propietario o poseedor o mero tenedor de la vivienda o de la instalación en la que se proyecte un sistema de reutilización de aguas grises, según corresponda, cumplir con las disposiciones señaladas en el presente Reglamento. En el caso de los sistemas de reutilización correspondientes a edificios afectos a la Ley de Copropiedad, será

responsabilidad del representante de los copropietarios cumplir con las disposiciones de este Reglamento.

Artículo 5º. Para efectos del presente reglamento, las expresiones que aquí se indican tendrán el significado que a continuación se señala:

Aguas Grises: aguas servidas provenientes de las tinas, duchas, lavamanos, lavaplatos, máquinas lavavajillas y lavadoras de ropa. Se excluyen las aguas negras.

Aguas Negras: aguas servidas provenientes de inodoros y urinarios, que contienen materia fecal y/u orina.

Aguas Servidas: aguas residuales que resultan del uso doméstico, contaminadas principalmente con materia fecal y orina. Están compuestas de aguas grises y aguas negras.

Autoridad Sanitaria: Secretaría Regional Ministerial de Salud.

Riego subsuperficial: aplicación del agua al cultivo por debajo de la superficie del terreno, lo más cercano a la zona radicular de las plantas.

Riego superficial: aplicación del agua a la superficie del terreno en el que se encuentra el cultivo objeto del riego, por gravedad. Para efectos de este reglamento, se debe evitar la inundación del terreno por períodos que excedan al necesario para las labores de riego.

Sistema de Reutilización de Aguas Grises: conjunto de instalaciones destinadas a la recolección, tratamiento, almacenamiento y conducción de las aguas grises para su uso en la alternativa de reutilización que se proyecte. Además, incluye instalaciones para el uso de las aguas grises tratadas, el cual debe cumplir con la calidad definida en el presente reglamento según el uso previsto.

Vivienda individual: Construcción de uso habitacional destinada a la residencia de una familia para la que se construirá un sistema de reutilización de aguas grises.

Artículo 6º. Para los efectos de la aplicación de este reglamento, los sistemas de reutilización de aguas grises deberán considerar la reutilización sólo de las aguas grises generadas en lavamanos, duchas, tinas y lavadoras de ropa, excluyendo las aguas grises generadas en lavaplatos y máquinas lavavajillas.

Artículo 7º. Todo sistema de reutilización de aguas grises deberá contar con un proyecto aprobado por la Secretaría Regional Ministerial de Salud (SEREMI), el que deberá ser elaborado por un profesional del área de la ingeniería, en cuyo ámbito de competencias se incluya el tratamiento de aguas. Además, toda modificación relevante que se realice sobre éste y que afecte la calidad de las aguas tratadas, el sistema de tratamiento y/o las condiciones de reúso, deberá contar con la aprobación de dicha Autoridad Sanitaria.

En aquellos casos en que el sistema de reutilización de aguas grises, sea parte de un proyecto que deba ser ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, la Autoridad Sanitaria otorgará la aprobación del proyecto de reutilización de aguas grises una vez que, habiendo sido obtenida la respectiva Resolución de Calificación Ambiental y cumplidas las exigencias ambientales relativas al sistema de aguas grises, se constate el cabal cumplimiento de las disposiciones sanitarias del presente reglamento.

Artículo 8º. El proyecto del sistema de reutilización de aguas grises deberá contener al menos lo siguiente:

- a. Memoria técnica y planos del proyecto que describan el diseño del sistema, esto es, la recolección y el tratamiento de las aguas grises crudas, y la conducción y

reutilización de las aguas grises tratadas, además de la forma en que se dará cumplimiento a las especificaciones de este reglamento. Se deben incluir también la calidad del agua cruda, la que deberá ser verificada al momento de tramitar la autorización de funcionamiento del sistema, las bases de cálculo y criterios de diseño del sistema que justifiquen técnicamente su dimensionamiento.

- b. Cálculo del volumen de aguas grises generado por el sistema de reutilización en un determinado periodo de tiempo y del volumen de agua requerido en el mismo periodo de tiempo, según sea el uso previsto.
- c. Manual de operación del sistema conforme a lo que establece el artículo 24° de este reglamento.
- d. Definición de los parámetros de control del sistema de tratamiento que permitan verificar su adecuado funcionamiento.
- e. Copia del título profesional del responsable del diseño del sistema de reutilización de aguas grises, que acredite su competencia técnica.
- f. Contenidos de la capacitación de los operadores del sistema e identificación del relator, con el objeto de cumplir con las exigencias del artículo 25° de este reglamento.
- g. Para el caso de proyectos de reutilización de aguas grises de viviendas individuales, el proyecto deberá contener lo señalado en los literales a; b; c; d y e de este artículo.

Artículo 9. Una vez emitida la resolución de aprobación de proyecto y luego de ejecutada la obra, previo a la entrada en funcionamiento del sistema de reutilización de aguas grises, éste deberá contar con autorización sanitaria de funcionamiento otorgada por la respectiva SEREMI de Salud.

Artículo 10°. Todo sistema de reutilización de aguas grises deberá garantizar a través de su diseño, construcción y operación que se minimizará la exposición de la población a dichas aguas durante su conducción, tratamiento, almacenamiento y reutilización. Así mismo, el diseño y operación deberá contemplar las medidas necesarias para evitar emanación de olores molestos y escurrimientos no controlados.

13.1.2 Título II: Del diseño

Artículo 11°. El proyecto del sistema de reutilización de aguas grises deberá contemplar descargas de aguas grises con y sin tratamiento a la red de alcantarillado domiciliaria, ya sea que este a su vez descargue a la red pública o a un sistema de alcantarillado particular, para estos efectos se deberán incluir los dispositivos necesarios para desviar las aguas grises hacia la red de alcantarillado. Estas descargas servirán para evacuar el sistema en las siguientes situaciones

- a. Para realizar las labores de limpieza de las unidades de la planta de tratamiento o de los estanques de almacenamiento.
- b. En caso de generación de aguas grises por sobre el volumen requerido para el uso previsto.
- c. En caso de la ocurrencia de eventos que puedan afectar la calidad de las aguas tratadas u otras contingencias que imposibiliten el tratamiento o su reutilización en la forma prevista.
- d. En caso de que se supere el tiempo máximo de almacenamiento de las aguas grises tratadas.

- e. En caso de interrupciones en la operación de la planta de tratamiento por períodos prolongados, que obligue a evacuar el sistema para evitar la generación de focos de insalubridad por acumulación de aguas grises.
- f. En caso de que no sea necesario su uso en riego, cuando este sea el uso previsto.
- g. En otros casos debidamente justificados.

Artículo 12°. Las descargas a la red de alcantarillado deberán ser de preferencia gravitacionales. En caso de que, por características de la construcción éstas sean por impulsión, el sistema deberá estar conectado a un equipo de generación eléctrica auxiliar para garantizar su funcionamiento permanente.

Artículo 13°. En los puntos de descarga de aguas grises a la red de alcantarillado, se deberán implementar dispositivos que eviten la entrada de aguas negras al sistema de aguas grises, para prevenir la contaminación de este sistema con materia fecal.

Artículo 14°. El sistema de reutilización de aguas grises deberá ser totalmente independiente del sistema de agua potable, cualquiera sea su tipo, para evitar su contaminación y el deterioro de la calidad del agua potable.

De igual forma el sistema de reutilización de aguas grises deberá ser independiente del sistema de recolección de aguas lluvias.

Artículo 15°. Las tuberías de aguas grises crudas y tratadas deberán ser de color morado, para diferenciarlas de las tuberías de agua potable, de aguas negras y de los demás sistemas de tuberías.

Artículo 16°. En atravesos y paralelismos de tuberías de agua potable y de aguas grises con y sin tratamiento, las cañerías de aguas grises deberán instalarse siempre bajo las tuberías de distribución de agua potable.

Así mismo, en atravesos y paralelismos de tuberías de aguas negras y de aguas grises con y sin tratamiento, las cañerías de aguas grises deberán instalarse siempre sobre las tuberías de aguas negras.

Artículo 17°. La planta de tratamiento de aguas grises podrá contemplar entre sus unidades un estanque de homogeneización, para amortiguar las variaciones de caudal y concentración que se producen en las aguas grises generadas durante el período de 24 horas. Dicho estanque deberá estar ubicado en el lugar de emplazamiento de la planta de tratamiento de aguas grises y para los efectos de este reglamento, no será considerado estanque de almacenamiento si no que parte de las unidades de tratamiento.

En ningún caso deberán almacenarse aguas grises sin tratamiento.

Artículo 18°. La planta de tratamiento de aguas grises y los estanques de almacenamiento de aguas tratadas deberán estar provistos de dispositivos de protección, tales como rejas, barreras, casetas, mallas u otros, para evitar el contacto de personas ajenas a la operación del sistema con la planta de tratamiento y con las aguas grises con y sin tratamiento. Así mismo, estos dispositivos de protección deberán evitar el contacto de los animales con las aguas grises con y sin tratamiento.

Además, los estanques de almacenamiento de aguas grises tratadas, con excepción de aquellos pertenecientes a viviendas individuales, deberán estar señalizados con un letrero visible a una distancia de 10 m, que indique **“CONTIENE AGUAS GRISES – AGUA NO POTABLE”**.

Artículo 19°. Las válvulas de suministro de aguas grises tratadas de los sistemas de riego, deberán ubicarse en casetas cerradas con llave, para impedir el libre acceso de las personas ajenas a su operación.

Artículo 20°. Las casetas señaladas en el artículo precedente, así como los inodoros y urinarios donde se reutilicen aguas grises tratadas, a excepción de los pertenecientes a viviendas individuales, deberán estar señalizados con letreros visibles a una distancia de 10 m, que indiquen **“RIEGO CON AGUAS GRISES TRATADAS – AGUA NO POTABLE”** e **“INODOROS Y URINARIOS FUNCIONAN CON AGUAS GRISES TRATADAS – AGUA NO POTABLE”**, según corresponda.

Artículo 21°. Los estanques de almacenamiento de aguas grises tratadas deberán cumplir con las siguientes condiciones, además de aquellas señaladas en el artículo 18° de este reglamento:

- a. Capacidad adecuada para mantener los volúmenes de agua requeridos para el correcto funcionamiento del sistema de reúso proyectado.
- b. Contar con tapa que permita el cierre del estanque y evite el ingreso de insectos y roedores.
- c. Estar provistos de ducto de ventilación protegido para evitar el ingreso de vectores como insectos y roedores. En caso de estanques ubicados al interior de una edificación, el ducto de ventilación deberá evacuar los gases hacia el exterior y deberá proyectarse por sobre el nivel de la edificación sobresaliente 60 cm.
- d. Contar con un rebosadero y desagüe de fondo conectados a la red de alcantarillado, para evitar rebases de aguas grises tratadas desde los estanques.

- e. Contar con suministro de agua potable para realizar las labores de limpieza de los estanques de almacenamiento.
- f. Todo estanque de almacenamiento de aguas grises tratadas de establecimientos que reutilicen las aguas grises en la recarga de inodoros y/o urinarios, en caso de una disminución en la generación de aguas grises, deberán contar con sistema que permita el llenado de éstos con agua potable, para asegurar el volumen requerido para el uso previsto. El llenado de los estanques con agua potable siempre deberá realizarse por sobre el nivel de rebase de éste, para evitar la contaminación del agua potable con aguas grises.

Artículo 22°. Para la reutilización de aguas grises en riego subsuperficial, el diseño del sistema de riego deberá contemplar una profundidad mínima de inyección del agua de 15 cm., medido desde la superficie del terreno, profundidad que deberá mantenerse en el tiempo. Además, deberá determinarse la demanda de agua de riego tal que no se generen en la superficie de riego inundaciones ni escurrimientos fuera de los deslindes del área regada.

Artículo 23°. Las aguas grises tratadas no deberán almacenarse por períodos de tiempo superiores a las 48 hrs.

13.1.3 Título III: De la operación

Artículo 24°. Todo sistema de reutilización de aguas grises deberá contar con un Manual de Operación que deberá ser implementado por el operador para asegurar su adecuado funcionamiento, el que deberá contemplar al menos los siguientes aspectos:

1. Para el caso de proyectos de viviendas individuales:

- a. Procedimiento que describa las operaciones que debe llevar a cabo el propietario para el buen funcionamiento del sistema de aguas grises, que incluya: operación normal (recolección, tratamiento y reúso), limpieza del sistema y descarga de aguas grises al alcantarillado.
- b. Procedimientos para la mantención preventiva del sistema, al objeto de prevenir problemas en el tratamiento de las aguas grises, filtración de tuberías, olores molestos, presencia de vectores, otros.

2. Para el caso de otras instalaciones individuales y sistemas colectivos:

- a. Procedimientos para la operación del sistema, considerando recolección, tratamiento y reúso.
- b. Procedimiento para la operación de los dispositivos de evacuación de las aguas grises hacia la red de alcantarillado.
- c. Definición de los parámetros de control del sistema de tratamiento que permitan verificar y monitorear su adecuado funcionamiento.
- d. Guía de mantención preventiva del sistema.
- e. Guía para la resolución de problemas frecuentes del sistema.
- f. Guía de acciones a realizar ante períodos prolongados de baja o nula utilización del sistema, por ejemplo, durante período de vacaciones.
- g. Procedimiento para el control de la calidad del efluente de acuerdo a lo estipulado en el título V de este reglamento.
- h. Plan de contingencias, que debe contemplar la adopción de medidas en caso de eventos que puedan generar riesgos sanitarios, tales como calidad deficiente del efluente de la

planta de tratamiento, falta de desinfección cuando corresponda, derrames de aguas grises con o sin tratamiento, olores, proliferación de vectores, entre otros.

Artículo 25°. El personal encargado de la operación y mantención de los sistemas de reutilización de aguas grises, a excepción de los correspondientes a viviendas individuales, deberá estar capacitado en las labores que realiza; esta capacitación debe contemplar a lo menos lo siguiente:

- a. Manual de Operación del sistema conforme a los contenidos que establece el artículo 24° precedente.
- b. Programa de control de la calidad del efluente conforme a lo estipulado en el título V de este reglamento.
- c. Riesgos para la salud de la población asociados al manejo inadecuado de las aguas grises.

El registro de la realización de esta capacitación y su aprobación por parte de los participantes deberá ser presentada a la Autoridad Sanitaria al momento de tramitar la solicitud de autorización sanitaria de funcionamiento del sistema de aguas grises. Dicho registro deberá contener:

- a. Nombre completo y RUT de las personas capacitadas.
- b. Temario de la capacitación.
- c. Lista asistencia de los participantes.
- d. Sistema de evaluación de la capacitación, el que deberá considerar un porcentaje mínimo para su aprobación de 80%.

Artículo 26°. Los estanques de almacenamiento de aguas grises tratadas deberán ser limpiados al menos una vez al año, procurando eliminar toda el agua almacenada, residuos y adherencias.

Adicionalmente se deberán limpiar los estanques de almacenamiento de aguas grises tratadas en caso de que se vea deteriorada la calidad del agua depurada. De la misma forma se deberá eliminar toda el agua almacenada, residuos y adherencias.

Artículo 27°. En aquellos artefactos sanitarios cuyas aguas grises vayan a ser reutilizadas, no deberán verse sustancias que puedan afectar la calidad de las aguas grises a tratar, ni la calidad sanitaria del efluente, al punto de interferir con el reúso o que ponga en riesgo la salud de las personas.

Artículo 28°. En la operación de los sistemas de riego con aguas grises tratadas, deberá evitarse la sobresaturación del terreno, así como también el estancamiento de éstas en la superficie y su escurrimiento fuera del área regada.

En ningún caso el volumen diario de agua aplicada al suelo para el riego podrá superar la capacidad de infiltración del terreno, para lo que se deberá considerar, además, la superficie de riego y el tiempo de duración de la faena.

Artículo 29°. En caso de que la operación de la planta de tratamiento sea interrumpida por períodos de tiempo superiores a 48 horas, se deberá proceder a la evacuación de las aguas grises acumuladas en las distintas unidades de la planta de tratamiento.

Se exceptuarán de cumplir esta medida los sistemas en base a tratamiento biológico, en cuyo caso se deberán vaciar todas las unidades de tratamiento a excepción del reactor biológico,

el que deberá mantenerse con el sistema de aireación funcionando, mientras permanezca detenida la planta.

En caso de tiempos prolongados de detención, en los que no sea posible mantener el sistema de aireación funcionando, se deberá proceder a la evacuación de las aguas grises contenidas en el reactor biológico.

Artículo 30°. Los lodos que se generen en el tratamiento de las aguas grises deberán eliminarse a través de la red de alcantarillado de la instalación, a menos que por la cantidad y tipo de lodos generados, deban manejarse como residuos sólidos, cuestión que será evaluada por la autoridad sanitaria durante la tramitación de la aprobación de proyecto y la autorización de funcionamiento.

13.1.4 Título IV: Del reúso y la calidad de las aguas grises tratadas

Artículo 31°. Los efluentes provenientes de los sistemas de reutilización de aguas grises sólo podrán ser destinados a los siguientes usos:

- a. **Urbanos:** Esta categoría incluye la recarga de inodoros y urinarios y el riego de jardines privados.
- b. **Riego áreas recreativas y de servicios:** Esta categoría incluye el riego de áreas verdes con libre acceso al público como, por ejemplo, parques, áreas verdes de establecimientos educacionales, cementerios parque, campos deportivos, entre otras.

- c. **Riego ornamental:** Esta categoría incluye el riego de áreas verdes y jardines ornamentales con fines exclusivamente estéticos y de decoración, sin acceso al público.
- d. **Industriales:** Esta categoría incluye el uso en todo tipo de procesos industriales a excepción de los destinados a la fabricación de productos alimenticios, el uso en torres de refrigeración y en condensadores evaporativos.

Artículo 32°. No podrán utilizarse aguas grises en el riego de cultivos vegetales y frutos que crezcan a ras de suelo y que suelen consumirse crudos, ni para la producción de agua potable de consumo humano.

Artículo 33°. El sistema de tratamiento de aguas grises a utilizar debe ser acorde al origen y calidad de éstas, y a la calidad que debe alcanzarse según el uso previsto.

Artículo 34°. Para la reutilización de aguas grises en el riego de jardines de viviendas individuales, se deberán considerar sólo las aguas grises generadas en lavamanos, tinas y duchas.

Artículo 35°. En las tablas siguientes se define la calidad de las aguas grises tratadas para cada uno de los usos definidos en el artículo 31° de este reglamento.

Tabla N° 1
Usos urbanos.

Parámetro	Unidad	Límite máximo
DBO ₅	mg/l	10
SST	mg/l	10
CF	UFC/100 ml	10
Turbiedad	UNT	5
Cloro libre residual	mg/l	$0,5 \leq X \leq 2$

Tabla N° 2
Riego áreas recreativas y de servicios

Parámetro	Unidad	Límite máximo	
		Riego superficial	Riego subsuperficial
DBO ₅	mg/l	30	240
SST	mg/l	30	140
CF	UFC/100 ml	200	1000
Cloro libre residual	mg/l	0,5 ≤ X < 2	----
Turbiedad	UNT	10	----

Tabla N° 3
Riego ornamental.

Parámetro	Unidad	Límite máximo
DBO ₅	mg/l	70
SST	mg/l	70
CF	UFC/100 ml	1000
Turbiedad	UNT	30

Artículo 36°. Para la utilización de aguas grises tratadas en procesos industriales, la autoridad sanitaria fijará las condiciones que deberá cumplir el sistema de reutilización, tal que las aguas grises tratadas y su calidad, no pongan en riesgo la salud de los trabajadores.

Artículo 37°. Las áreas recreativas y de servicios regadas con aguas grises tratadas deberán estar señalizadas con letreros visibles a una distancia de 10 m., que señalen “**AREA VERDE REGADA CON AGUAS GRISES TRATADAS – AGUA NO POTABLE**”, y estar ubicados en la periferia de la zona regada.

Artículo 38°. Las áreas recreativas y de servicios sólo podrán ser regadas durante el período de tiempo que permanezcan cerradas al público o en ausencia de público y de trabajadores, a objeto de evitar la exposición de las personas a las aguas grises durante las faenas de riego.

Artículo 39°. Las áreas verdes ornamentales regadas con aguas grises tratadas deberán estar cerradas con barreras físicas que impidan el acceso del público. El riego de estas áreas deberá realizarse en ausencia de trabajadores.

Artículo 40. En las labores de riego en general, en ningún caso podrá utilizarse riego por aspersión ni difusores, u otro sistema que pueda producir aerosoles del agua gris tratada o dispersión aérea del agua de riego.

13.1.5 Título V: Del monitoreo y control

Artículo 41°. Todo sistema de reutilización de aguas grises a excepción de los correspondientes a viviendas individuales deberá contar con registro y seguimiento de los resultados de los análisis de autocontrol de la calidad del efluente generado y de los parámetros de control del sistema de tratamiento, según las definiciones del proyecto.

Artículo 42°. La frecuencia de los monitoreos de autocontrol y el tipo de muestra se determinará de acuerdo al volumen diario de aguas grises tratadas generadas, conforme se indica en la siguiente tabla:

Tabla N° 4:
Frecuencia y tipo de muestreo para monitoreos de autocontrol

Caudal de descarga (m ³ /día)	Tipo de muestra	Frecuencia de muestreo
≤ 14	Puntual	Trimestral
> 14	Compuesta	Mensual

El muestreo de los parámetros cloro libre residual y coliformes fecales siempre será de tipo puntual.

Los resultados de los análisis de control deberán mantenerse ordenados y disponibles para cuando sean requeridos por los organismos fiscalizadores.

Artículo 43°. Las mediciones de cloro libre residual en viviendas individuales que proyecten reutilización de aguas grises deberán realizarse con una frecuencia semanal.

Las demás instalaciones que de acuerdo con el uso proyectado de aguas grises deban controlar cloro libre residual en el efluente, deberán realizar mediciones diarias y mantener registro ordenado del seguimiento realizado, el que deberá estar disponible para los organismos fiscalizadores cuando lo requieran.

Artículo 44°. El muestreo y análisis de las muestras de los monitoreos de autocontrol deberán ser realizados por laboratorios de ensayo acreditados en el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización, según la norma Chilena Oficial NCh-ISO 17025 Of 2005 “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración”, o la que la reemplace.

Los análisis de las muestras de los monitoreos de autocontrol deberán realizarse según las metodologías definidas en la serie de Normas Chilena Oficiales NCh 2313 “Aguas Residuales – Métodos de Análisis”, según corresponda y en el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, última versión para los parámetros turbiedad y cloro libre residual.

13.1.6 Título VI: De las sanciones y procedimientos

Artículo 45°. Las infracciones a las disposiciones del presente reglamento serán sancionadas por las Autoridades Sanitarias Regionales, previa instrucción del respectivo sumario sanitario, en conformidad con lo establecido en el Libro Décimo del Código Sanitario, sin perjuicio de las facultades que, en esta materia, le compete a la Superintendencia del Medio Ambiente.

13.1.7 Título Final

Artículo 46°. El presente reglamento entrará en vigencia 180 días después de su publicación en el Diario Oficial.

13.2 Proyecto de Ley Núm. 21.075: sobre la Regulación de la Recolección, Reutilización y Disposición de Aguas Grises (No vigente)

Teniendo presente que el H. Congreso Nacional ha dado su aprobación al proyecto de ley iniciado en moción de los Honorables senadores señoras Adriana Muñoz D'Albora e Isabel Allende Bussi y señores Alejandro Guillier Álvarez, Antonio Horvath Kiss y Baldo Prokurica Prokurica, Proyecto de ley:

"Artículo 1.- La presente ley establece y regula los sistemas de reutilización de las aguas grises, aplicable a áreas urbanas y rurales.

Artículo 2.- Para los efectos de lo previsto en esta ley se entenderá por:

- a) **"Aguas grises"**: aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras.
- b) **"Aguas grises tratadas"**: aquellas que se han sometido a los procesos de tratamiento requeridos para el uso previsto.
- c) **"Aguas negras"**: aguas residuales que contienen excretas.
- d) **"Aguas residuales"**: aquellas que se descargan después de haber sido utilizadas en un proceso o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para dicho proceso.

- e) "**Aguas servidas domésticas**": aguas residuales que contienen los desechos de una edificación, compuestas por aguas grises y aguas negras.
- f) "**Aportante**": inmueble edificado del cual provienen las aguas grises para su tratamiento y posterior uso.
- g) "**Instalación domiciliaria de alcantarillado de aguas grises**": obras necesarias para evacuar las aguas grises de un inmueble, desde las tinas de baño, duchas, lavaderos y lavatorios y otros, hasta la planta domiciliaria de tratamiento de aguas grises o hasta la última cámara del sistema de recolección domiciliaria de aguas grises, según corresponda. En caso de que estas instalaciones cuenten con una conexión a la red pública de alcantarillado, se entenderá que también forman parte de las instalaciones domiciliarias de alcantarillado de aguas servidas, sin afectar el descuento establecido en el artículo 13.
- h) "**Planta de tratamiento de aguas grises**": instalaciones y equipamiento destinados al proceso de depuración de éstas, con el objeto de alcanzar los estándares exigidos para su reutilización.
- i) "**Red pública de recolección de aguas grises**": aquellas instalaciones operadas y administradas por el responsable del servicio público de recolección de aguas grises, a las que se empalman las instalaciones domiciliarias de aguas grises.
- j) "**Redes privadas de recolección de aguas grises**": aquella parte de la instalación domiciliaria de alcantarillado de aguas grises ubicadas aguas arriba de la planta de tratamiento de aguas grises o de la última cámara de la red domiciliaria de alcantarillado de aguas grises, según corresponda, y que sirve a más de un inmueble edificado

- k) **"Reutilización de aguas grises"**: la aplicación de aquellas, una vez que se han sometido al tratamiento exigido para el uso autorizado.
- l) **"Sistemas de interés público"**: aquellos que satisfacen un interés de esta especie por servir al riego de áreas verdes, parques o centros deportivos públicos, admitidos por el instrumento de planificación territorial aplicable y, en su caso, por el proyecto de urbanización. Asimismo, deben ser de propiedad o administración municipal, del Servicio de Vivienda y Urbanización o de cualquier otro órgano de la Administración del Estado.

También tendrán el carácter de sistemas de interés público aquellos cuya finalidad sea la recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises generadas por establecimientos educacionales públicos o en que las aguas grises tratadas se destinen al riego o a cualquier otro destino autorizado que beneficie a un establecimiento educacional público.

Tendrán asimismo el carácter de sistemas de interés público aquellos que, siendo calificados como tales por el órgano administrativo competente, se destinen a la protección, preservación y/o conservación de Áreas Protegidas, con el objeto de asegurar la diversidad biológica, salvaguardar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental. De todas formas, podrán tener la calificación de interés público los sistemas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises que, sin estar destinados a un Área Protegida específica, igualmente contribuyan a la conservación y sustentabilidad ambiental, de acuerdo con lo establecido en el numeral 5 del artículo 8.

Para efectos de materializar la conexión a que se refiere el numeral 6 del artículo 3, los concesionarios de servicios sanitarios de recolección de aguas servidas estarán obligados a prestar

estos servicios dentro de su territorio operacional cuando sea solicitado para un sistema de interés público. La solicitud de conexión y los servicios de recolección se realizarán en los términos de la Ley General de Servicios Sanitarios, contenida en el decreto con fuerza de ley N° 382, del Ministerio de Obras Públicas, de 1988, la ley N° 18.902 y demás normas relacionadas con los servicios sanitarios.

Los inmuebles que servirán como afluentes de un sistema de tratamiento de aguas grises de interés público estarán definidos en el proyecto de urbanización que servirá de base a la licitación pública que contempla el artículo 5.

- m) **"Sistema de reutilización de aguas grises"**: conjunto de instalaciones destinadas a la recolección, tratamiento, almacenamiento y conducción de las aguas grises para su uso en la alternativa de reutilización que se proyecte. Incluye, además, instalaciones para el uso del efluente tratado, el cual debe cumplir con la calidad para el uso previsto definida en la reglamentación. Las plantas de tratamiento de aguas grises se entenderán admitidas como uso de suelo para efectos de su emplazamiento, debiendo respetar las condiciones que al efecto establezca la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- n) **"Sistemas de reutilización de aguas grises domiciliarios"**: aquellos en que se aprovechan estas aguas al interior del inmueble en que se producen y tratan, para los fines que se autorizan.
- o) **ñ) "Sistemas de reutilización de aguas grises domiciliarios colectivos"**: aquellos en que se aprovechan estas aguas que se producen y tratan al interior de un edificio o conjunto de edificaciones que conforman un condominio o comunidad.
- p) **"Superintendencia"**: Superintendencia de Servicios Sanitarios.

- q) **"Titular de la autorización"**: persona natural o jurídica que obtiene de la autoridad sanitaria la autorización necesaria para la instalación de un sistema de reutilización de aguas grises y se hace responsable ante ella de su funcionamiento, según los fines autorizados.
- r) **"Usuario del agua gris tratada"**: persona natural o jurídica que utiliza el agua gris tratada para el uso previsto.

Artículo 3.- Los sistemas de reutilización de aguas grises deberán contar con aprobación de proyecto y autorización de funcionamiento de la autoridad sanitaria regional respectiva. La solicitud de aprobación de proyecto deberá contener, a lo menos, los siguientes antecedentes:

- 1.- La identificación del peticionario.
- 2.- La individualización precisa del lugar, área o áreas donde tendrá lugar la reutilización.
- 3.- El nombre o identificación del operador si fuera un sistema de tratamiento domiciliario.
- 4.- La indicación clara y precisa de los fines que se dará a las aguas grises tratadas.
- 5.- El sistema de tratamiento a emplear.
- 6.- La acreditación del hecho de contar con conexión a la red pública de alcantarillado, cuando éste exista, o con un sistema particular de aguas servidas, sea este individual o colectivo.

El Ministerio de Salud dictará un reglamento que contendrá las condiciones sanitarias que deberán cumplir los sistemas de reutilización de aguas grises, el que establecerá los requisitos o

antecedentes adicionales que se deberán acompañar a las solicitudes de aprobación del proyecto y autorización de funcionamiento, según corresponda, tomando en especial consideración su aplicación tanto para área urbana como rural.

Respecto de las solicitudes, la autoridad requerida se pronunciará de conformidad a lo establecido en el artículo 7° del Código Sanitario.

Artículo 4.- La resolución que autorice el sistema de reutilización de aguas grises considerará, entre otros, los siguientes aspectos:

- 1.- La identificación del titular a cargo del sistema.
- 2.- La individualización precisa del lugar, área o áreas donde tendrá lugar la reutilización.
- 3.- El sistema de tratamiento a emplear.
- 4.- El plazo por el cual se otorga la autorización, de conformidad a lo dispuesto en el artículo 7° del Código Sanitario.
- 5.- La identificación de los fines a los que se podrán destinar las aguas grises tratadas y los estándares que se deberán cumplir, según esos mismos fines.
- 6.- La identificación de la concesionaria de servicios sanitarios o el sistema particular de aguas servidas con el que se mantendrá la conexión a la red de alcantarillado, cuando éste exista, o con un sistema particular de aguas servidas, sea éste individual o colectivo.
- 7.- Su aplicación en área urbana o rural.

La resolución de la autoridad sanitaria que otorgue la autorización de funcionamiento deberá ser publicada por el titular en extracto en un diario de circulación regional o comunal,

correspondiente al lugar donde se encuentre el inmueble o área verde, parque, centro deportivo o recreativo en que opera, dentro de los 15 días siguientes a su notificación. Además, dentro de 30 días contados desde la fecha de dicha publicación, el titular deberá inscribir la resolución en un registro que, para tal efecto, llevará la Superintendencia.

Con todo, la autoridad sanitaria, en el caso de pequeños volúmenes de agua tratada, podrá eximir al titular del requisito de publicación mencionado en el inciso precedente.

La autorización de funcionamiento para los sistemas domiciliarios tendrá la duración a que se refiere el artículo 7° del Código Sanitario, sin perjuicio de que se disponga la clausura del respectivo sistema por la autoridad sanitaria en caso de incumplimiento de la autorización y sus fines.

Artículo 5.- Los sistemas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises para fines de interés público que excedan el ámbito domiciliario podrán ser de iniciativa municipal, del Servicio de Vivienda y Urbanización o de otro órgano de la Administración del Estado con competencia sobre el territorio, los establecimientos o respecto de las materias en que incida la declaración. Dichas entidades podrán licitar directamente o solicitar a la Superintendencia que realice la licitación pública para la recolección, tratamiento y reutilización de estas aguas. La gestión de estos servicios se otorgará por un plazo determinado, de acuerdo al interés público comprometido y la magnitud de las inversiones según se defina en las bases de licitación. Adjudicada la licitación, el adjudicatario deberá obtener la aprobación del proyecto y la autorización de funcionamiento de dicho sistema de la respectiva autoridad sanitaria. La autorización de funcionamiento de los sistemas de interés público quedará sometida a los artículos 7° bis, 9°, 9° bis, 40, 42, 43, 44, 45 y 46 de la Ley General de Servicios Sanitarios,

contenida en el decreto con fuerza de ley N° 382, del Ministerio de Obras Públicas, promulgado el año 1988 y publicado el año 1989, para lo cual la Superintendencia tendrá las atribuciones fiscalizadoras, interpretativas y demás que le confiere el decreto con fuerza de ley N° 382, ya referido, la ley N° 18.902 y demás normas relacionadas con los servicios sanitarios, velando por que se cumpla con los parámetros exigidos y autorizados por la autoridad sanitaria, según sus fines. Podrá ser considerado como un criterio de adjudicación el precio a cobrar a los usuarios del agua gris tratada que define esta ley.

El adjudicatario de la recolección, tratamiento y reutilización de las aguas grises deberá convenir con los usuarios los términos y condiciones bajo los cuales se proveerá el servicio según sus fines autorizados, lo que será informado a la Superintendencia, al igual que toda modificación que se realice al mencionado convenio. Los términos de este convenio deberán, en todo caso, ceñirse a las condiciones consideradas para el cálculo del precio.

Si alguno de los órganos del Estado mencionados en el inciso primero decide realizar directamente la licitación del sistema, podrá ser asesorado o coadyuvado por la Superintendencia en dicho procedimiento.

Artículo 6.- Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo anterior, las autoridades propenderán, en el ámbito de sus competencias, al desarrollo de estudios de factibilidad de implementación de sistemas de recolección y disposición de aguas grises en los instrumentos de planificación territorial.

En especial, se promoverá la implementación de sistemas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises en la habilitación de servicios públicos, construcción de

establecimientos educacionales, proyectos de conjuntos de viviendas, terminales de buses urbanos, rurales y suburbanos.

Artículo 7.- Las aguas grises deberán conducirse independientemente de las aguas negras, para su posterior tratamiento y reutilización.

Las aguas grises podrán ser tratadas y reutilizadas dentro de la vivienda, establecimiento o inmueble del aportante o, alternativamente, ser descargadas a la red de recolección de un sistema domiciliario colectivo o de un sistema de interés público.

El sistema de reutilización de aguas grises debe mantener operativa una conexión a un servicio público de recolección de aguas servidas o un sistema particular de aguas servidas para permitir su evacuación en caso de falla, emergencia u otra situación en que no se requiera para su reutilización.

Artículo 8.- El reglamento establecerá el destino que podrá darse a las aguas grises tratadas, los que podrán ser:

- 1.- **Urbanos.** En esta categoría se incluyen el riego de jardines o descarga de aparatos sanitarios.
- 2.- **Recreativos.** Esta categoría incluye el riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.
- 3.- **Ornamentales.** En esta categoría se incluyen las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
- 4.- **Industriales.** Incluye el uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.

5.- **Ambientales.** Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental.

Artículo 9.- Se prohíbe la reutilización de aguas grises tratadas para los siguientes usos:

- 1.- Consumo humano y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas que crecen a ras de suelo y suelen ser consumidas crudas por las personas, o que sirvan de alimento a animales que pueden transmitir afecciones a la salud humana.
- 2.- Procesos productivos de la industria alimenticia.
- 3.- Uso en establecimientos de salud en general.
- 4.- Cultivo acuícola de moluscos filtradores.
- 5.- Uso en piletas, piscinas y balnearios.
- 6.- Uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- 7.- Uso en fuentes o piletas ornamentales en que exista riesgo de contacto del agua con las personas.
- 8.- Cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere riesgoso para la salud.

Artículo 10.- El reglamento establecerá los requisitos que deberá cumplir el sistema de reutilización de aguas grises para cada uso autorizado, así como las calidades específicas del efluente tratado y las exigencias de control de su funcionamiento.

El agua gris tratada que se destine a varios usos autorizados deberá cumplir los requisitos para el uso más exigente de éstos.

Asimismo, el reglamento podrá establecer las protecciones y señalética a utilizar, tanto en los espacios destinados al tratamiento de las aguas como en los sitios o artefactos donde éstas se utilicen, advirtiendo su condición.

Artículo 11.- Las autoridades competentes podrán elaborar programas educativos y de capacitación sobre el sistema de reutilización de aguas grises, así como diseñar e implementar estrategias de comunicación y sensibilización en la materia.

Artículo 12.- El titular de la autorización de funcionamiento del sistema de reutilización de aguas grises será responsable de la calidad del agua tratada y de su control desde la separación y hasta su reutilización para los usos autorizados, así como también de la operación y mantención del sistema de tratamiento y de reutilización de las aguas grises tratadas.

En caso de incumplimiento de esta ley o de la Ley General de Servicios Sanitarios, contenida en el decreto con fuerza de ley N° 382, del Ministerio de Obras Públicas, promulgado el año 1988 y publicado el año 1989, según corresponda, se aplicarán las sanciones administrativas que este cuerpo legal o el Libro X del Código Sanitario contemplen, sin perjuicio de la responsabilidad civil y penal a que haya lugar por los daños de cualquier naturaleza provocados por el sistema de reutilización de aguas grises.

Corresponderá a la autoridad sanitaria y a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, dentro de sus respectivas competencias, la fiscalización de las disposiciones que comprende la presente ley.

La autoridad sanitaria podrá cancelar la autorización de funcionamiento de los sistemas de interés público cuando los titulares no se ajusten a sus términos, conforme a lo dispuesto en el artículo 174 del Código Sanitario.

El que descargue sustancias químicas o cualquier otra que ponga en peligro la salud de las personas o afecte gravemente el funcionamiento de sistemas de recolección y tratamiento de las aguas grises, sea éste domiciliario o público, o que afecte su destino autorizado, será penado en conformidad con el inciso primero del artículo 315 del Código Penal.

En el caso de viviendas nuevas que cuenten con un sistema de reutilización de aguas grises, será aplicable lo dispuesto en el artículo 18 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, contenida en el decreto con fuerza de ley N° 458, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, promulgado el año 1975 y publicado el año 1976.

Artículo 13.- Incorpórese en el inciso segundo del artículo 6° del decreto con fuerza de ley N° 70, del Ministerio y Obras Públicas, promulgado y publicado el año 1988, que contiene la Ley de Tarifas de los Servicios Sanitarios, la siguiente oración final: "Deberá considerarse el menor costo que exista en cada etapa producto de la recolección, tratamiento y disposición separada de las aguas grises, para lo cual los procesos de fijación de tarifas deberán determinar un factor de descuento que dé cuenta del menor uso de las redes y sistemas de recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas."

Artículo 14.- La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones establecerá las edificaciones en que será obligatorio contar con sistemas de reutilización de aguas grises. Dicha determinación tendrá por finalidad asegurar la utilización eficiente de los recursos hídricos en estos proyectos y se hará en consideración a la ubicación geográfica, déficit de recursos hídricos, carga de ocupación o uso potencial de agua.

Artículo transitorio.- Las modificaciones a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones a que se refiere esta ley deberán hacerse en el plazo de un año contado desde su

publicación en el Diario Oficial y no podrá exceptuarse a las unidades no habitacionales de cinco mil metros cuadrados o más."

Y por cuanto he tenido a bien aprobarlo y sancionarlo; por tanto promúlguese y llévese a efecto como Ley de la República.

Santiago, 1 de febrero de 2018.- MICHELLE BACHELET JERIA, Presidenta de la República.- Alberto Undurraga Vicuña, Ministro de Obras Públicas.- Mario Fernández Baeza, Ministro del Interior y Seguridad Pública.- Carmen Castillo Taucher, Ministra de Salud.- Paulina Saball Astaburuaga, Ministra de Vivienda y Urbanismo.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento.- Saluda Atte. a Ud., Ximena Pérez Muñoz, Subsecretaria de Obras Públicas Subrogante.