



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL**

EFICIENCIA HÍDRICA EN CONJUNTOS DE VIVIENDAS, REUTILIZANDO AGUAS GRISES PARA RIEGO

**Por
Paolo Bustamante Chamorro**

**Tesis para optar al Título de Ingeniero Constructor y Grado Académico de
Licenciado en Ciencias de la Construcción**

Prof. Guía: Javier Hernández Hernández

Junio, 2016

Resumen

En nuestro país, no se incluyen elementos o sistemas de eficiencia hídrica en los conjuntos de viviendas, ya sea elementos tales como grifería eficiente, reutilización de aguas grises, captación de aguas lluvias, etc.

En el año 2013, la Ministra de Obras Públicas del período señalado, indica lo siguiente: “Dada la crisis que está viviendo gran parte de la región de Valparaíso a causa de la sequía hemos decidido decretar la escasez hídrica, pues a través de esta acción la Dirección General de Aguas (DGA) contará con una amplia gama de facultades especiales para enfrentar de mejor manera la sequía, con especial énfasis en el abastecimiento de agua potable”

El manejo de los recursos hídricos en Chile no ha evolucionado paralelamente al consumo del agua que tenemos en el país; se ha explotado de sobremanera con legislaciones que protegen el abastecimiento para las mineras, no así para asegurar la dotación a la población.

Tema no menor, dentro de todo este contexto de disminución del recurso hídrico y la sequía presente en el país, queda al descubierto un problema relacionado al mantenimiento o no existencia de áreas verdes para la población.

Dada la importancia de las áreas verdes para la calidad de vida de la población urbana, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un estándar de 9 m²/habitante como mínimo para un buen desarrollo de la vida.

En esta tesis se estudia la obtención y captación de las aguas grises provenientes del lavamanos y la ducha de un conjunto de viviendas determinada, para luego ser tratadas, distribuidas y usadas para el riego de las áreas verdes del mismo.

El estudio se lleva a cabo con información obtenida in situ en un conjunto de viviendas determinado, para luego, con los datos obtenidos, proyectar los resultados hacia otro conjunto de viviendas de similares características y con esto desarrollar un análisis, el cual me condujo a la proposición de mejoras posibles al proyecto.

Abstract

Our country doesn't consider elements or systems of hydrological efficiency in the dwelling groups, Things such as efficient bathroom fittings, reuse of grey water, catchment of rainwater, etc.

In 2013, The Ministerio de Obras Públicas (The Minister of Public Works) of the mentioned period, states that: "Due to the crisis that the better part of the region of Valparaiso is living because of the drought , we have decided to decree the hydrological scarcity, as through this action the Dirección General de las Aguas, DGA, (General Direction of Water) will count with a wide range of special faculties to confront the drought in a better way, with a special emphasis in the supply of potable water".

The management of the hydrological resources in Chile has not evolved at the same time than the water consume we have in the country; it has been strongly exploited with laws that protect the supplies for the mines, but not to assure the provision for the population.

Not a minor issue, within all this context of reduction of the hydrological resource and the current drought in the country, issues related to the maintenance or the inexistence of green areas for the population.

Due to the importance of the green areas for the life quality of the urban population, the World Health Organization (WHO) recommends a standard of at least 9 m²/inhabitant for a good development of life.

In this thesis is studied the obtaining and catchment of the grey water that comes from the washbasins and showers of a specific group of dwellings, to be treated, distributed and used for the watering of the Green areas of that place.

The study is performed with data obtained in situ in a specific group of dwellings, then with the information obtained, the results are projected to another group of dwellings of similar characteristics and then an analysis is developed, which led me to the proposal of possible improvements to the project.

Índice

1. Antecedentes Generales	9
1.1 Planteamiento del problema	9
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo General	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
1.3 Pregunta de Investigación	12
1.4 Alcances	12
1.5 Metodología de Trabajo	12
1.6 Diseño Experimental	14
1.6.2 Población y Muestra	14
1.6.3 Criterios	15
1.6.4 Caudales	15
2 Marco Teórico	16
2.2 Consumo de agua potable en Chile y la V región	18
2.3 Consumo Doméstico de Agua Potable	19
2.4 Aguas Grises	21
2.4.1 Características de Aguas Grises, según Origen	22
2.4.2 Tratamiento de Aguas Grises	23
2.4.2.1 Sistemas de Tratamientos Primarios	23
2.4.2.2 Sistemas de Tratamientos Secundarios	24
2.5 La reutilización de agua	24
2.6 Agua para riego de áreas verdes	25
3 Elaboración y validez del cuestionario	26
3.1 Descripción del cuestionario	26
3.2 Validez del instrumento	26
3.3 Análisis estadístico del instrumento	27
3.4 Cálculo del Coeficiente de Alfa de Cron Bach	27
4 Población y muestra	28
4.1 Población	28
4.2 Muestra	28
5 Metodología estadística y resultados	30
5.1 Metodología estadística	30

5.2 Resultados	30
5.2.1 Características de la muestra	30
5.2.2 Caudales según actividades de consumo	31
5.2.3 Consumo de agua potable en los artefactos sanitarios	32
5.2.4 Aguas grises disponibles	36
5.2.5 Satisfacción del sistema	37
5.2.6 Análisis para ahorro por conjunto habitacional y por vivienda	38
6 Sistema de reutilización de aguas grises	39
6.1 Descripción del sistema	39
6.2 Obtención y conducción de las aguas grises	39
6.3 Tratamiento de aguas grises	40
6.4 Cámara de acumulación de aguas tratadas para riego	40
6.5 Distribución de las aguas tratadas	41
6.6 Mantenimiento del sistema de reutilización	42
7. Memoria de cálculo de proyecto de sistema particular de aguas grises	43
8. Interpretación de Resultados	45
8.1. Sistema propuesto	45
8.2. Diferencia en inversión inicial a inversión propuesta	45
8.3. Recuperación de inversión	45
8.4 Producción de aguas grises v/s consumo teórico	45
9. Conclusiones y Discusiones	46
9.1. Conclusiones	46
Bibliografía	48
Anexos	49

Listado de gráficos

Gráfico 1.1: Producción de agua potable lago peñuelas.....	9
Gráfico 1.2: Disponibilidad de áreas verdes por habitante en Chile.....	11
Gráfico 2.1: Disponibilidad de agua en Chile por habitante.....	16
Gráfico 2.2: Consumo de agua potable a nivel residencial en Chile.....	18
Gráfico 2.3: Consumo de agua potable a nivel residencial en la V región.....	19
Gráfico 2.4: Aguas servidas según origen.....	21
Gráfico 2.5: Aguas grises según su origen.....	22
Gráfico 5.1: Consumo aseo personal en lavamanos.....	32
Gráfico 5.2: Consumo lavado de dientes en lavamanos.....	33
Gráfico 5.3: Consumo afeitado en el lavamanos.....	34
Gráfico 5.4: Consumo ducha.....	35
Gráfico 5.5: Aguas grises generadas.....	36
Gráfico 5.6: Aguas grises generadas v/s consumo mínimo de agua por cada 6 m².....	37
Gráfico 5.7: Aguas grises generadas v/s consumo en conjunto Alto Los Olivos.....	38

Listado de tablas

Tabla 2.1: Disponibilidad de agua en regiones por habitante.....	17
Tabla 2.2: Indicador de disponibilidad de agua.....	17
Tabla 2.3: Valores típicos de consumos para distintas actividades.....	20
Tabla 3.1: Rango de magnitud coeficiente de alfa cron bach.....	27
Tabla 5.1: Consumo promedio de la muestra	30
Tabla 5.2: Caudales y volúmenes de agua potable según actividades de consumo.....	31
Tabla 5.3: Descripción consumo aseo personal en lavamanos (m³/mes).....	33
Tabla 5.4: Descripción consumo lavado de dientes en lavamanos.....	34
Tabla 5.5: Descripción consumo afeitado en lavamanos (m³/mes).....	35
Tabla 5.6: Descripción consumo ducha (m³/mes).....	36
Tabla 5.7: Descripción aguas grises generadas (m³/mes).....	37
Tabla 6.1: Diámetros de tuberías para la obtención de aguas grises.....	39
Tabla 6.2: Indicaciones obligatorias para cámaras en proyectos de aguas servidas.....	40

Listado de figuras

Figura 1: Plan metodológico.....13

1. Antecedentes Generales

1.1 Planteamiento del problema

La escasez de agua se define como el punto en el que, el impacto agregado de todos los usuarios, bajo determinado orden institucional, afecta al suministro o a la calidad del agua, de forma que la demanda de todos los sectores, incluido el medioambiental, no puede ser completamente satisfecha.

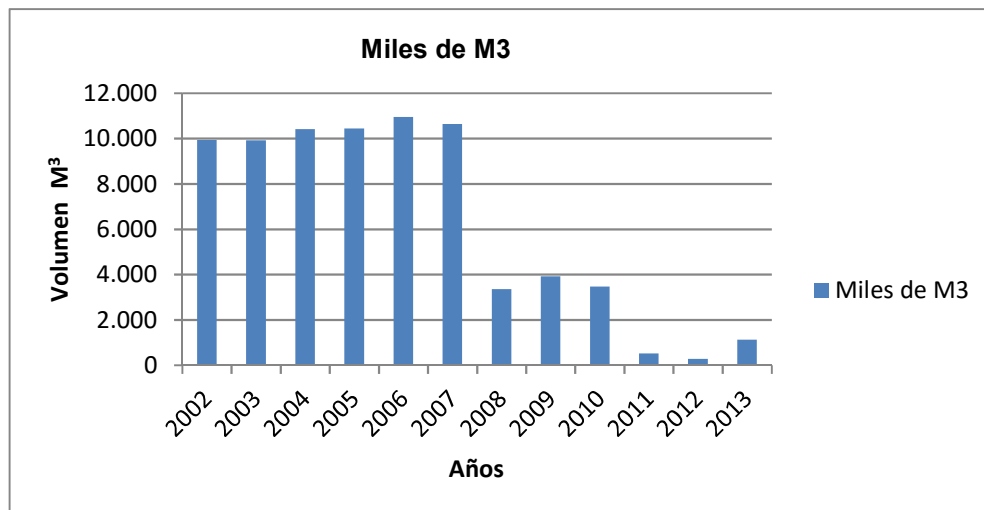
En nuestro país, no se incluyen elementos o sistemas de eficiencia hídrica en los conjuntos de viviendas, ya sea elementos tales como grifería eficiente, reutilización de aguas grises, captación de aguas lluvias, etc.

En términos generales, las aguas necesarias para el abastecimiento de la población y el uso industrial en las ciudades es minoritario frente a otros usos consuntivos. Este uso representa 4% de los usos consuntivos nacionales y corresponde a 4,3 millones de usuarios, de los cuales el 44% está ubicado en la RM y 12% en la ciudad de Valparaíso (región V). Las principales fuentes de abastecimiento son las aguas superficiales con 54% y las aguas subterráneas con 46% (SISS, 2013).

El lago Peñuelas es un embalse artificial, construido entre los años 1895 y 1900, creado por gestión del Presidente de la República, el Sr. Federico Errázuriz, con el objeto principal de abastecer de agua potable a los sectores altos de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. Desde hace varios años, sin embargo, se utiliza sólo como una fuente suplementaria de agua potable, aportando cerca del 10% del agua destinada para el consumo de la ciudad de Valparaíso.

Este lago, utilizado como embalse para producción de agua potable para la ciudad de Valparaíso, es alimentado básicamente por las precipitaciones de su cuenca aportante, mostrando grandes cambios en el volumen embalsado de una estación seca a otra lluviosa. Asimismo, se registran cambios de un año a otro, llegando en años secos a comprometer la decisión de prescindir de esta fuente por parte de las empresas sanitarias, las que deben recurrir a fuentes alternativas.

Gráfico 1.1: Producción de Agua Potable Lago Peñuelas



Fuente: lagopeñuelas.cl

En el año 2013, la Ministra de Obras Públicas del período señalado, indica lo siguiente:

“Dada la crisis que está viviendo gran parte de la región de Valparaíso a causa de la sequía hemos decidido decretar la escasez hídrica, pues a través de esta acción la Dirección General de Aguas (DGA) contará con una amplia gama de facultades especiales para enfrentar de mejor manera la sequía, con especial énfasis en el abastecimiento de agua potable” [1].

Debido a este complejo panorama, se han tomado cartas en el asunto por parte de los distintos gobiernos que han pasado por el país en los últimos años.

“Sólo en la temporada 2012-2013 a la fecha, se han invertido \$9.252 millones en la región de Valparaíso y se proyectan inversiones del orden \$6.415 millones durante las temporadas

2013-2014. Como gobierno entendemos el complejo panorama que enfrentan miles de personas y por ello estamos haciendo todos los esfuerzos posibles para poder reducirlos efectos de la sequía” [2].

En Chile, el recurso hídrico está muy presente desde la X región hacia el sur, en cambio desde la Región Metropolitana hacia el norte este recurso es muy escaso, y es donde más se utiliza debido a la minería y a la agricultura.

“Parece muy interesante pensar que Chile tiene una distribución de agua tan desproporcionada. En el sur de Chile tenemos abundancia, en el norte de Chile tenemos escasez. Si nosotros encontráramos un medio económico y técnicamente factible que nos permita transportar esta agua desde la zona sur al norte, podríamos llegar a transformarnos en un vergel, podríamos disponer de agua para las comunidades y para el desarrollo de las industrias necesarias en la zona” [3].

Ante esta situación adversa han surgido diversas voces proponiendo sistemas para resolver este complejo panorama en el que nos vemos enfrentados como país; por el hecho de tener abundancia en el sur y mucha escasez en el norte; siendo la más recurrente la construcción de una carretera hídrica desde el sur hacia el norte.

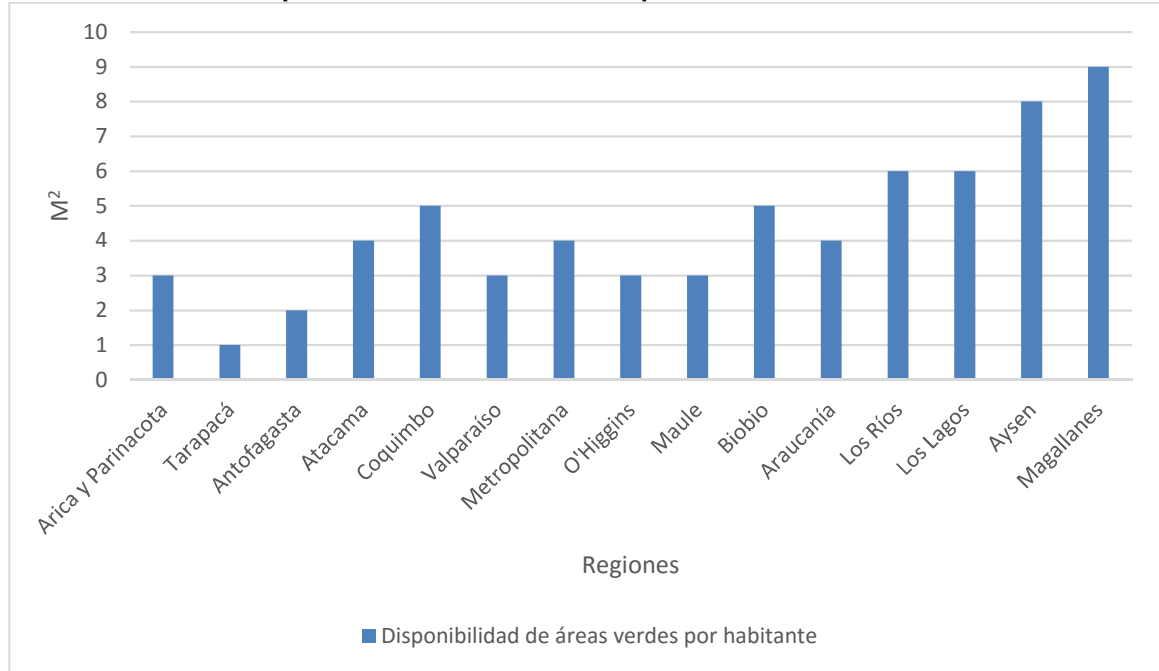
El manejo de los recursos hídricos en Chile no ha evolucionado paralelamente al consumo del agua que tenemos en el país; se ha explotado de sobremanera con legislaciones que protegen el abastecimiento para las mineras, no así para asegurar la dotación a la población.

“Al evaluar una solicitud de derechos de aprovechamiento de aguas, la Dirección General de Aguas no está facultada para denegarla si es que quisiera resguardar las necesidades de consumo doméstico de la población. A los únicos factores que debe atender es que exista disponibilidad suficiente en el respectivo curso de agua y que su otorgamiento sea legalmente procedente” [4].

El término correcto para explicar el colapso hídrico que hoy vive Chile es el de escasez más que el de sequía. Lo que en el país sucede es que la demanda supera con creces la oferta y los derechos otorgados a particulares en muchas partes están muy por sobre la disponibilidad real de agua, lo que ha producido el agotamiento del recurso.

Tema no menor, dentro de todo este contexto de disminución del recurso hídrico y la sequía presente en el país, queda al descubierto un problema relacionado al mantenimiento o no existencia de áreas verdes para la población.

Dada la importancia de las áreas verdes para la calidad de vida de la población urbana, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un estándar de 9 m²/habitante como mínimo para un buen desarrollo de la vida [5].

Gráfico 1.2: Disponibilidad de áreas verdes por habitante en Chile

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2012

La tabla muestra que sólo la Región de Magallanes cumple con el mínimo de 9 m²/habitante de áreas verdes señalado por la OMS, siendo la región de Tarapacá la que presenta un mayor déficit de éstas. Por este motivo se hace imperiosa la necesidad de más y mejores áreas verdes, llevando esto a un mayor gasto de agua potable, la que puede ser suplida con las aguas grises provenientes de las mismas viviendas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la factibilidad que tendría un sistema de reutilización de aguas grises provenientes de conjuntos de viviendas para el uso en sus propias áreas verdes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Cuantificar volúmenes de agua potable de las distintas actividades de consumo realizadas en los artefactos sanitarios de las viviendas de la población "Carlos Condell" de Viña del Mar.
- b) Proponer un sistema de captación, tratamiento y reutilización de las aguas grises para el uso deseado en el conjunto de viviendas "Alto Los Olivos" de Villa Alemana.
- c) Desarrollar una evaluación técnica-económica para el conjunto de viviendas de la incorporación de este sistema de reutilización de aguas grises.

1.3 Pregunta de Investigación

¿Es posible mediante la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises proporcionar agua para el riego de las áreas verdes en los conjuntos de viviendas?

1.4 Alcances

1- El estudio de consumo de agua potable en los artefactos sanitarios se llevará a cabo en el sector de la "Meseta del Gallo", población "Carlos Condell", ubicado en la Región de Valparaíso, en la ciudad de Viña del Mar.

2- El método planteado se centra en la reutilización de aguas grises provenientes del lavamanos y ducha.

3- Se analizarán consumos de agua potable de la población "Carlos Condell" para ser utilizados como referencia a la población por construir "Alto los Olivos".

4- Los caudales de las actividades de consumo de agua potable involucradas en la investigación, serán realizadas in-situ, para posteriormente proyectar los datos a los demás inmuebles del conjunto habitacional.

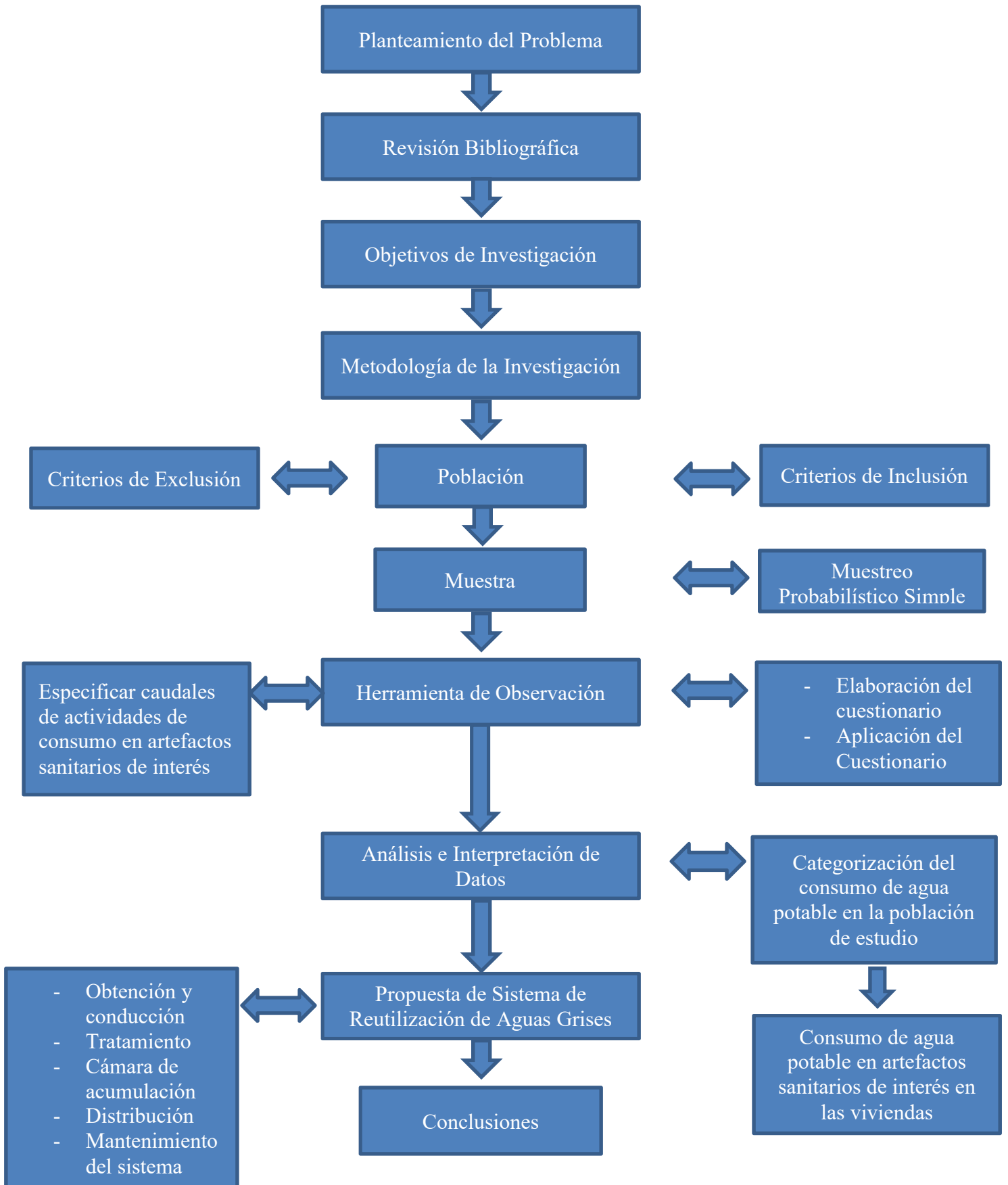
1.5 Metodología de Trabajo

En primer lugar se plantea el problema, el cual se desarrolla en torno a la reutilización de las aguas grises en grupos de viviendas, abarcando toda información que sea aporte respecto al tema y permitir así proporcionar los objetivos que determinen la investigación.

Para la investigación en lo que respecta al consumo de agua potable, es necesario conocer, tanto el caudal que cada artefacto consume, para poder tener un tentativo de aguas grises disponibles, como los hábitos de consumo que tiene la población para cada artefacto en cuestión. Para lograr este último ítem se confeccionará un cuestionario, el cual se aplicará a una muestra representativa de la población escogida. Para el catastro del caudal de cada actividad de consumo propio de las viviendas, se realizarán constantes mediciones en terreno de las actividades de interés.

Con lo observado de las condiciones y demandas de agua potable en cuestión, propias de las viviendas, se propondrá un sistema de reutilización de aguas grises provenientes del lavamanos y ducha, el cual contará con el sistema de tratamiento de aguas grises más apto y económico, para su posterior uso en la implementación y/o mantención de áreas verdes.

Figura 1: Plan metodológico



1.6 Diseño Experimental

1.6.1 Cuestionario

El cuestionario es una herramienta de observación, la que está compuesta por un número de preguntas abiertas, cerradas e intervalares, las que permiten cuantificar y comparar la información necesaria para el estudio.

Se revisarán cuestionarios ya creados para conocer el consumo domiciliario. Algunas referencias de cuestionarios son:

- Cálculo de consumo responsable¹
- Calcula tu consumo de agua²
- Test de consumo responsable de agua³

El cuestionario preliminar será aplicado a una pequeña muestra de población, permitiendo verificar su eficacia, además de conocer aspectos que aportará la misma población, para mejorar su contenido, lenguaje y estructura. El cuestionario será sometido a juicio de expertos en la materia, para posteriormente evaluar la confiabilidad y validez estadística.

El cuestionario tendrá como objetivo conocer información como: consumo de agua potable y hábitos de consumo de agua potable en los artefactos de interés para el estudio, dirigidos a cada habitante de la vivienda social. Con esta información se podrá determinar los caudales que demanda para los habitantes de la vivienda social llevar a cabo las distintas actividades cotidianas que incidan en la toma de datos estadísticos de interés para el estudio, ya sea para la ducha como para el lavamanos, para el posterior análisis del resultado y diseño del estanque acumulador.

1.6.2 Población y Muestra

Para la elección de la población a estudiar se considerarán las siguientes características:

- Vivienda de carácter social tipo A
- Presencia de un solo baño
- Viviendas ubicadas en la zona urbana de la V región

El diseño de estudio será de tipo descriptivo transversal, ya que mide las características y a su vez la prevalencia de la exposición y del efecto de una muestra poblacional en un solo momento temporal.

La muestra se determinará a través de la técnica de muestreo probabilístico simple, en donde cada individuo tiene la misma posibilidad de ser elegido, considerando un margen de error estándar de un 5%.

Para la selección de las viviendas, el muestreo se realiza en forma aleatoria simple, asignándose un número a cada vivienda de la población determinada, luego en forma azarosa, según números sacados de una tómbola se determinaran las viviendas sociales que serán parte de la muestra.

¹ <http://www.siss.gob.cl>

² <http://www.sapasmag.gob.mx>

³ <http://www.chileatiende.cl/fichas/ver/15761>

1.6.3 Criterios

Para la selección de la muestra se deberán cumplir los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión:
 - Vivienda perteneciente al sector denominado “Meseta del Gallo”
 - Grupo familiar acceda a responder el cuestionario
- Criterios de exclusión:
 - Problemas con el suministro de agua potable
 - Ausencia de un adulto para responder
 - Incomprensión del cuestionario

1.6.4 Caudales

Para la estimación del consumo de agua potable en cada artefacto sanitario, es necesario el conocimiento de los caudales de las diversas actividades desarrolladas en éstos, los que están determinados por diversos factores, siendo datos propios de la población en cuestión [6].

Para determinar los caudales de las actividades de consumo de agua potable desarrollada en los artefactos sanitarios de interés para el estudio de la población, debe ser posible acceder a efectuar las experiencias, las que consisten en que se realizarán reiteradas mediciones en distintos momentos a las actividades de consumo relacionadas a estos artefactos a un número de personas.

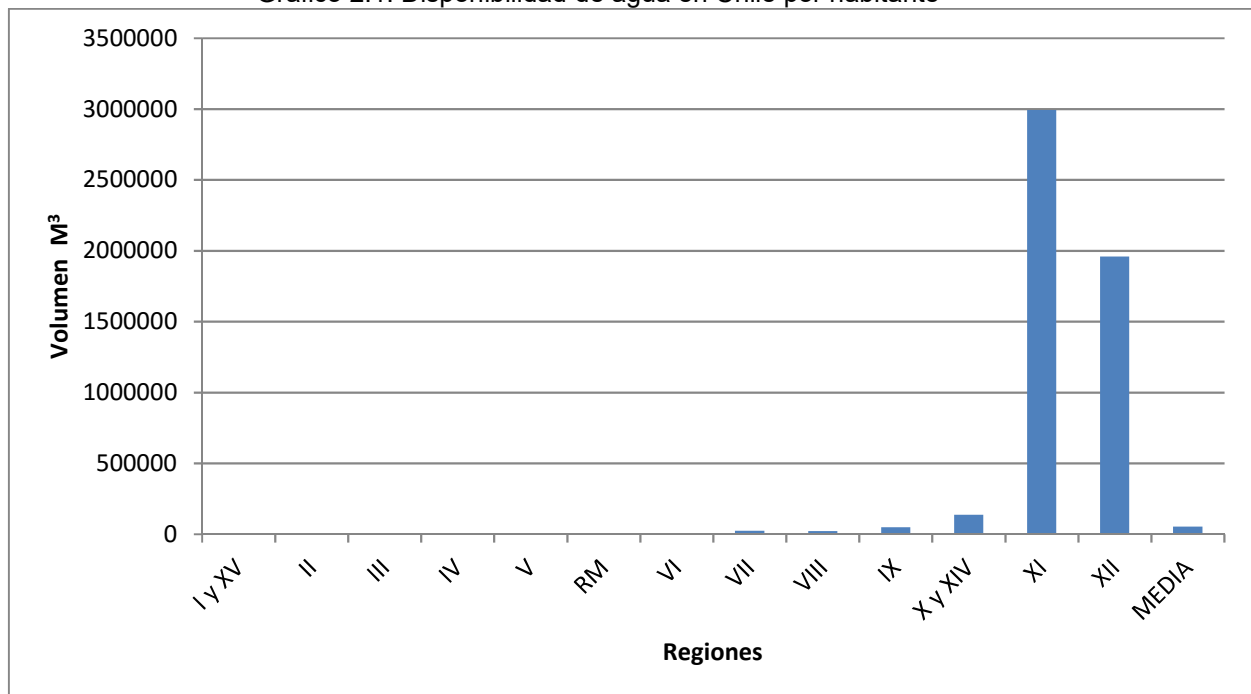
2 Marco Teórico
2.1 Eficiencia Hídrica

La Organización Mundial de la Salud indica que cuatro de cada diez personas en el mundo los afecta la escasez de agua, provocando en casos extremos la utilización de agua contaminada para su consumo. Una de las razones por las cuales se ha llegado a tal punto es la mala gestión de los recursos, con ello el uso y distribución del agua han generado una disminución en la disponibilidad del agua.

En este contexto es importante destacar la implementación de eficiencia hídrica. El concepto de eficiencia hídrica adoptado es aquel que permite el desarrollo o desempeño de cualquier labor, tarea, proceso o resultado utilizando la mínima cantidad de agua sin afectar la calidad de dicha actividad, como una contribución al desarrollo social, cultural, económico y ambientalmente sostenible, traducido en tasas cada vez menores de necesidad y uso del agua [7].

En Chile, la escasez de agua se encuentra presente en algunas regiones del país. En el año 2011, El Banco Mundial presentó el documento “Chile Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos”, en él se establece la disponibilidad de agua superficial y agua subterránea, donde se menciona que la escorrentía media del país es de 53.000 m³/per/año “valor bastante más alto que la media mundial de 6.600 m³/per/año y muy superior al valor de 2.000 m³/per/año considerado internacionalmente como umbral para el desarrollo sostenible” [8]. Sin embargo en el documento también se menciona que esta realidad es muy distinta en el centro y en el norte del país. En el siguiente gráfico se presenta la disponibilidad de agua del país, por regiones.

Gráfico 2.1: Disponibilidad de agua en Chile por habitante



Fuente: INE 2010

Tabla 2.1: Disponibilidad de agua en regiones por habitante

Región	m ³ /per/año
I y XV	854
II	52
III	208
IV	1.020
V	801
RM	525
VI	6.829
VII	23.978
VIII	21.556
IX	49.273
X y XIV	136.207
XI	2.993.535
XII	1.959.036
MEDIA	53.953

Fuente: INE 2010

En la tabla se puede observar que la Región de Valparaíso presenta 801 m³/per/año, cifra que está muy por debajo del promedio del país. Al analizar la situación de la Quinta Región, de acuerdo a los valores críticos establecidos por Falkenmark (1999), la situación en la que se presentan estas regiones, es de extrema escasez.

Tabla 2.2: Indicador de disponibilidad de agua

Grado de disponibilidad	Disponibilidad (m ³ /per/año)
Escasez extrema	Menor que 1000
Escasez crítica	1000 < D < 1700
Disponibilidad baja	1700 < D < 5000
Disponibilidad media	5000 < D < 10000
Disponibilidad alta	D > 10000

Fuente: Falkenmark, 1999

Como vemos en esta tabla, para encontrarse en una escasez extrema, la disponibilidad de agua debe ser menor a los 1.000 m³/per/año, tal como se indica de las regiones de Antofagasta y Atacama. En particular, la región de Atacama se encuentra en un proceso de crecimiento urbano, con ello el incremento de la economía y la población, se traducen en un consumo mayor de agua. El aumento de la población, que conlleva a la creación de nuevas áreas verdes, focos importantes de riego y el mayor consumo de agua por los habitantes hacen que la eficiencia hídrica domiciliar sea una solución factible para enfrentar la escasez de agua.

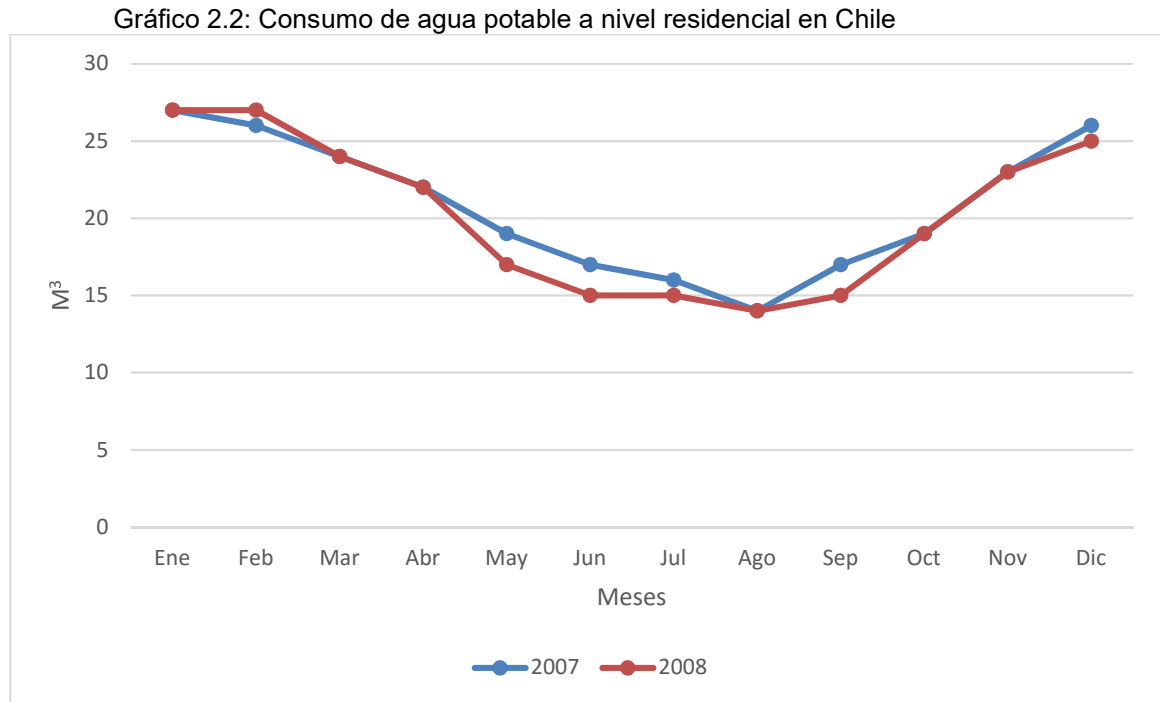
Para enfrentar la problemática de la escasez de agua en Chile, el autor Ricardo Truffello elaboró la propuesta "Sello de Eficiencia Hídrica", en ella se establece la aplicación de requerimientos mínimos de eficiencia hídrica para artefactos, construcciones y/o urbanizaciones. Entre las medidas que se aplican para hacer un uso eficiente del agua se encuentran:

- Disminución en el consumo al interior de la vivienda (utilización de artefactos eficientes).
- Reutilización de Aguas (Grises o Pluviales).

- Eficiencia Hídrica en jardines residenciales (utilización de Paisajismo Xerófito o Nativo, sistemas de riego eficientes, entre otros).
- Hábitos de consumo de agua potable.

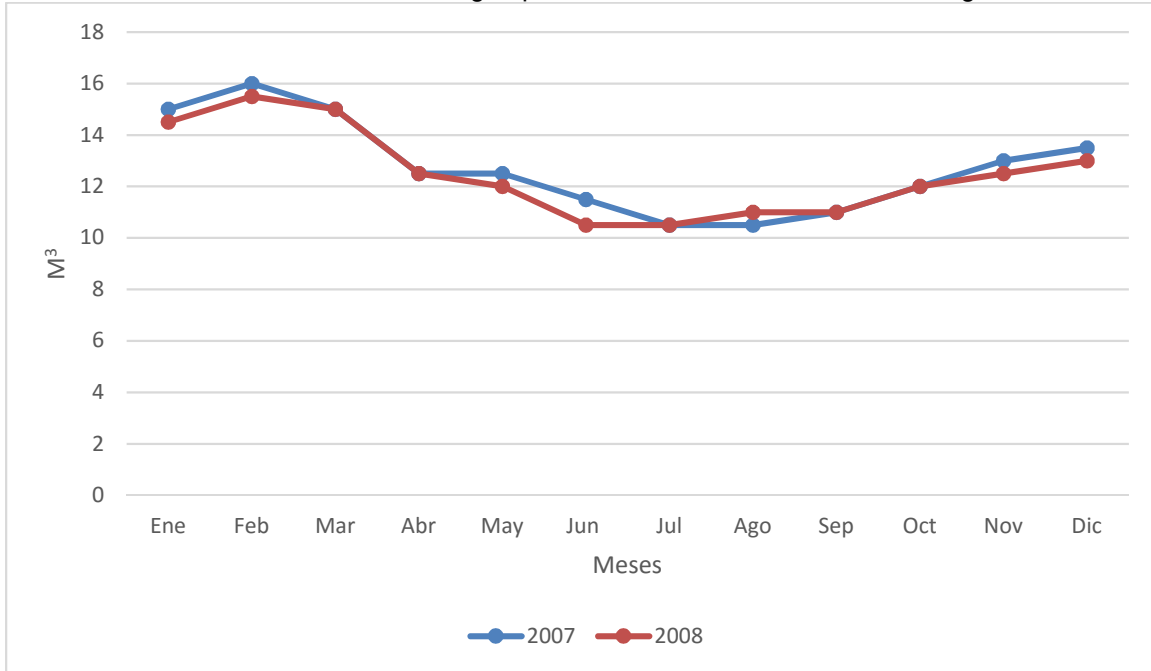
2.2 Consumo de agua potable en Chile y la V región

El consumo a nivel residencial, se debe entender como el total de agua utilizada por la persona en todos los quehaceres diarios, sean ellos para beber, en los alimentos, en higiene u otros, consumo que según la superintendencia de servicios sanitarios concluye que en Chile a nivel del sector oscila entre los 14 m³/mes y 26 m³/mes (SISS 2008), como se observa en el gráfico.



La información presentada por ESVAL, la empresa sanitaria presente en la V región donde abastece aproximadamente a 516.000 clientes, los que consumen un promedio mensual de 7.668.000 m³, considera un consumo estable con las fluctuaciones propias según la época del año en que se consume, estimando un consumo mensual promedio por vivienda abastecida igual a 12 m³/mes; con un máximo mensual de 16 m³/mes en verano y un mínimo de 11 m³/mes en invierno (SISS 2008), como se representa en el gráfico 2.3.

Gráfico 2.3: Consumo de agua potable a nivel residencial en la V Región



Fuente: SISS 2008

La superintendencia clasifica el consumo de agua potable de una vivienda en función de los metros cúbicos consumidos y el número de integrantes que componen un hogar, refiriéndose a un consumo responsable orientado a la contribución social y ecológica. La clasificación corresponde a tres zonas, las que son:

- Zona verde: indica un consumo responsable; (entre 0 y 100 litros diarios)
- Zona amarilla: indica que se pueden efectuar cambios de hábito mínimo para lograr un consumo responsable; (entre 101 y 200 litros diarios)
- Zona roja: indica que se deben hacer cambios de hábito profundos para lograr un consumo responsable; (entre 201 y 300 litros diarios)

La situación de consumo nacional y particularmente en la V Región, en clientes residenciales muestra una conducta que escapa de la zona denominada "consumo responsable", situándose en la zona amarilla del mapa de consumo, es decir, en la zona que indica que se pueden efectuar cambios de hábito mínimo para lograr un consumo responsable, con un consumo promedio per cápita, según ESVAL, de 140 litros diarios, registrando 189 litros en verano y 115 litros en invierno [9].

2.3 Consumo Doméstico de Agua Potable

El consumo doméstico del agua potable comprende el agua abastecida a zonas residenciales, comercios, instituciones y espacios recreacionales, y se mide a partir de contadores individuales. En zonas residenciales el agua que se consume se emplea tanto para usos interiores como exteriores. En el caso de los usos interiores se contempla el agua destinada a beber, higiene, fines culinarios y evacuación de residuos, y para usos exteriores el regado de jardines y áreas verdes además del lavado de vehículos. En cuanto al consumo para usos exteriores, es difícil proporcionar valores típicos pues será muy ligado a la irrigación de espacios verdes.

El consumo de agua potable en una vivienda puede ser variado, y depende de diversos factores que lo afectan, como son:

- **Clima:** factores climáticos tales como las temperaturas y las precipitaciones pueden afectar de manera considerable a los valores de los consumos. Debido fundamentalmente al aumento en las necesidades de riego, el consumo se maximiza en

épocas secas y con altas temperaturas. Los ciclos ecológicos también pueden afectar a los consumos, y son diferentes para las distintas zonas geográficas.

- Densidad: la densidad, en cuanto a la estructura de las viviendas (unifamiliares, comunidades de vecinos y apartamentos), influye tanto en los consumos para uso interior como en los consumos para el uso exterior. Las viviendas unifamiliares suelen tener más aparatos consumidores de agua, como lavadoras y lavavajillas, que los apartamentos. En cambio, las necesidades de agua para consumo exterior suelen ser menores en los bloques de apartamentos y comunidades de vecinos que en las viviendas unifamiliares principalmente a causa de las menores necesidades de riego.
- Nivel económico: el nivel económico y adquisitivo de una comunidad también afecta al consumo de agua, y en consecuencia al caudal de agua residual que genera. El consumo de agua y el caudal de agua residual son mayores cuanto mayor es el nivel de vida, aumento que puede ser debido, en parte, al mayor uso de aparatos que consumen agua como lavadoras o lavavajillas.
- Fiabilidad y calidad del servicio: un servicio de calidad y que sea fiable favorece el consumo de agua. Un servicio pobre, en términos de escasez o falta de presión en periodos secos, de mal sabor o con alto contenido en minerales, puede derivar en un menor consumo.

Por otra parte, de acuerdo a las naciones unidas, la cantidad mínima de agua que requiere una persona diariamente para satisfacer sus necesidades básicas es de 60 litros. Conocer dónde y cuánta agua se consume en forma diaria permite saber si existe un consumo responsable, ya que a partir de esta información se pueden tomar decisiones de ahorro. En aquellos casos en los que no es posible medir directamente los caudales de aguas residuales y no se dispone de series históricas de los mismos, los datos sobre el abastecimiento de agua a la comunidad pueden resultar de gran ayuda para estimar los caudales de aguas residuales.

El consumo de agua potable en una vivienda se distribuye aproximadamente en el 65% del total en el cuarto de baño, el 10% corresponde al consumo de la cocina y un 20% a la lavadora. En la tabla 2.3 se especifican valores típicos de los consumos para algunas aplicaciones y aparatos domésticos, considerando que los valores pueden variar considerablemente, siendo de utilidad en el caso que no se disponga de datos más precisos.

Tabla 2.3: Valores típicos de consumos para distintas actividades

Artefacto	Actividad	Litros
Lavatorio	Aseo personal	2-18
	Lavarse los dientes	2-12
	Afeitado	5-10
Ducha	Aseo personal	60-120

Se entiende por aseo personal al conjunto de actividades higiénicas que se realizan todos los días y que varían en función de las necesidades individuales, para las cuales se consideran el lavado de dientes, lavado de manos y de cara, afeitado y otros aseos personales los que el consumo está determinado según se tenga la llave abierta constantemente o cerrarse cuando no se necesite.

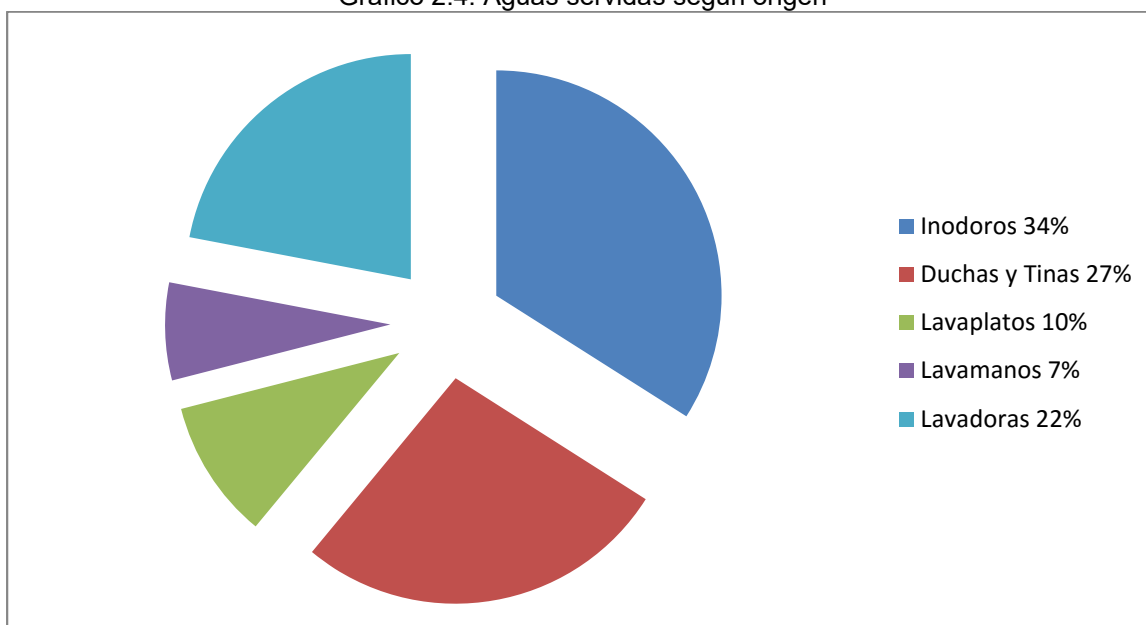
2.4 Aguas Grises

Existen diferentes definiciones para aguas grises. La mayoría coincide en que corresponden a aguas residuales del uso doméstico, exceptuando las provenientes de inodoros y urinarios, llamadas aguas negras; otras definiciones excluyen las aguas provenientes de la cocina. Una subcategoría de aguas grises suelen ser las aguas claras y oscuras, siendo las primeras las provenientes de lavamanos y duchas, y las segundas de lavadoras y lavaplatos.

Estudios realizados en diferentes países indican que el porcentaje de aguas grises, presentes en aguas servidas domésticas, se encontraría entre un 60 y 70%

Composición:

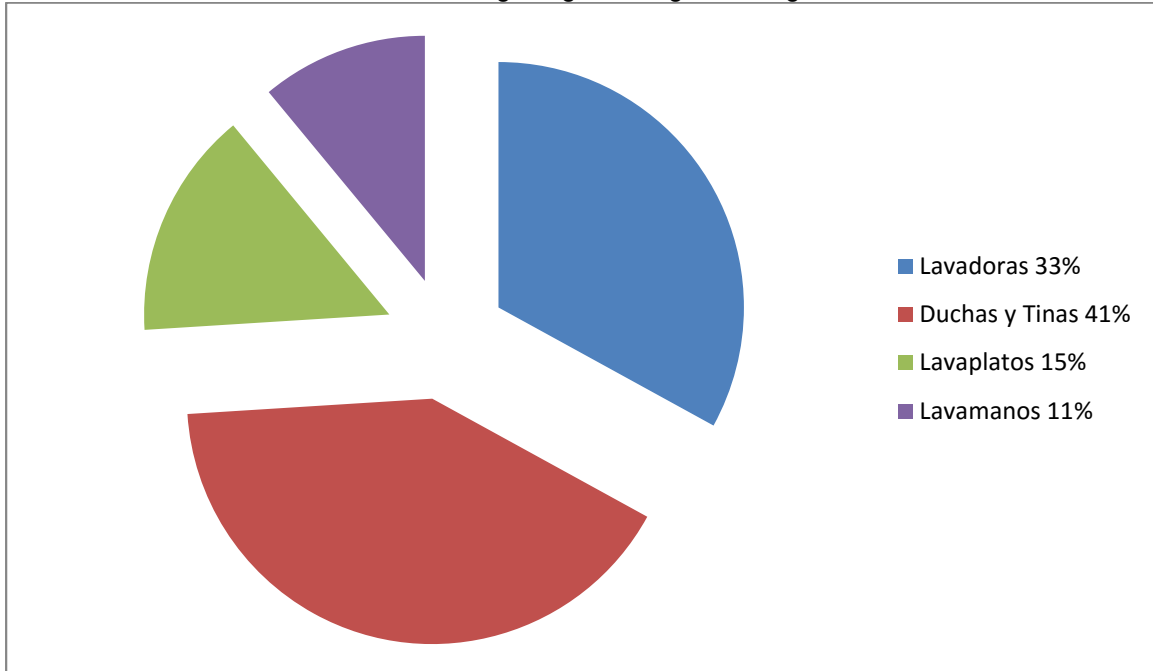
Gráfico 2.4: Aguas servidas según origen



Fuente: Documento "Eficiencia Hídrica" de Rodrigo Trufello⁴

⁴ <http://www.unesco.org.uy>

Gráfico 2.5: Aguas grises según su origen



Fuente: Documento "Eficiencia Hídrica" de Rodrigo Truffello⁵

2.4.1 Características de Aguas Grises, según Origen

- Lavaplatos:
 - Altamente contaminada con partículas de comida, aceites y grasas
 - Cantidades variables de coliformes
 - Generalmente presenta mayor cantidad de SST que las aguas servidas
 - Crecimiento de microorganismos, descomposición rápida, mal olor
 - Contiene detergentes, blanqueadores, espumas
 - Alta demanda de oxígeno
 - Usualmente se considera como agua negra

- Ducha y Lavamanos:
 - Generalmente corresponde al agua menos contaminada (aguas grises claras)
 - Ducha presenta coliformes
 - Puede contener orina, que es estéril en personas sanas, no obstante algunas infecciones en la vejiga pueden hacer que exista presencia de microorganismos, el potencial de estos para sobrevivir y causar infecciones es considerado remoto
 - Contiene pelos y productos de limpieza como jabón, shampoo y pasta de dientes
 - Baja demanda de oxígeno

- Lavadora:
 - Contiene coliformes
 - Contiene detergentes, espumas
 - Alto pH
 - Alta salinidad
 - Alta cantidad de sólidos suspendidos (pelusas), alta turbiedad

- Piscinas:
 - Altas concentraciones de microorganismos

⁵ <http://www.unesco.org.uy>

- Gran presencia de químicos
- Polvo, pelo, pelusas
- Generalmente no se considera esta agua en recuperación de aguas grises, debido al gran volumen evacuado en poco tiempo

2.4.2 Tratamiento de Aguas Grises

Tipos de Tratamiento

Existe una gran variedad de sistemas de tratamiento para recuperar aguas grises. Estos sistemas ocupan procesos que pueden ser de tipo primario, secundario o terciario. Los tratamientos pueden ser químicos, como coagulación y floculación; físicos, como filtración y decantación; biológicos, como lodos activados, filtros biológicos aireados y humedades; y de desinfección, como cloración, ozonificación y radiación UV.

Los tratamientos usados corresponden a los mismos que se aplican para agua potable o aguas servidas. La diferencia está en la composición del agua, que determina el nivel y tipo de tratamiento a ocupar, así por ejemplo, en caso de considerar agua de cocina se debe incluir tratamiento secundario, para producir la degradación de la materia orgánica, o en caso de aguas grises de lavadora, podría ser necesario usar un tratamiento terciario, a fin de disminuir la alta concentración de fósforo. Algunos tratamientos se describen a continuación:

2.4.2.1 Sistemas de Tratamientos Primarios

- **Lagunas de Sedimentación:** es un tratamiento muy simple y de construcción económica, en ellas se genera sedimentación de sólidos y degradación anaeróbica de material orgánico, en general poseen buena capacidad de sedimentación y estabilización. Requieren de menor operación y mantención que los estanques sedimentadores, necesitando generalmente, remoción de lodos sólo 1 o 2 veces por año [10]. Su principal inconveniente es que requieren de gran disponibilidad de terreno, debido a que se diseñan para un alto tiempo de retención. Agregando a esto que para asegurar su operación continua, se requieren por lo menos 2 unidades en paralelo. El sedimento extraído y el líquido efluente, requieren tratamiento adicional.
- **Tanque Séptico:** son muy usados en aguas servidas domésticas, para remover los sólidos de mayor tamaño. Están compuestos por 2 o 3 cámaras, en las cuales el lodo sedimenta y es estabilizado por digestión anaeróbica. El material disuelto y suspendido deja el tanque sin tratamiento. Cada cierto tiempo el lodo debe ser removido mediante bombeo. En estos tanques la demanda química de oxígeno es removida en un 25 a 50% [11].
- **Estanques Sedimentadores:** en ellos se produce decantación de partículas por gravedad. Remueven además una pequeña parte de los microorganismos, por fijación de éstos a las partículas. Para aumentar la remoción de sólidos, se puede agregar coagulantes e inducir a agitación, a fin de formar flocs, permitiendo remover partículas de menor tamaño, mejorando también la remoción de microorganismos.
- **Carbón activado:** es un sólido que tiene dos propiedades que lo han hecho muy útil en el tratamiento de aguas. La primera consiste en la eliminación de todo tipo de contaminantes orgánicos, siendo capaz de dejar el agua prácticamente libre de estos. La segunda, es que destruye el cloro presente en el agua potable. El carbón activado tiene una amplia gama de aplicaciones, donde en el medio líquido destaca la eliminación del olor, color, sustancias químicas, sólidos suspendidos y bacterias, además de la de cloración del agua [12].

Cámara decantadora de sólidos y cortadora de jabón: Hay estudios que han demostrado que las obstrucciones del sistema del alcantarillado son causados generalmente por una acumulación de grasas, aceite y manteca, raíces y la intrusión de desperdicios o una combinación de ambos. Cuando dichos desperdicios se vierten en el desagüe y en las tuberías de la alcantarilla, éste se enfría y se

solidifica restringiendo u obstruyendo el flujo de las aguas residuales. Las obstrucciones de las tuberías reducen la capacidad en el sistema del alcantarillado, pueden dar lugar a derramamientos de las aguas residuales sobre las plantas de alimentación, causar mal olor y promover la proliferación de vectores sanitarios. En Chile la nueva Reglamentación en materia de contaminación, obliga a todos los sectores tanto Industriales como de Alimentación, al tratamiento de sus residuos líquidos antes de descargar a la red general de alcantarillado.

Para que el proceso de separación sea efectivo, la cámara debe estar dimensionada de manera tal que permita al líquido tener un tiempo de retención mínimo de 30 minutos, logrando una adecuada eficiencia en la remoción de sólidos.

Los ramales de descarga a las cámaras interceptoras de grasas y aceites deberán contar ventilación mediante una tubería no inferior a un diámetro nominal de 75 mm.

2.4.2.2 Sistemas de Tratamientos Secundarios

- **Humedad y Biofiltros:** son sistemas de infiltración que requieren de previa sedimentación. En estas unidades el agua se distribuye en un sistema sub-superficial. Permiten filtrar, reducir materia orgánica disuelta y disminuir patógenos.
Es necesario que el lugar donde se ocupe este sistema no tenga un nivel freático muy superficial, deben ser bien drenados, pero no extremadamente permeable como son los de grava o arena gruesa. Para una adecuada remoción de patógenos y materia orgánica, se requiere de al menos tres metros de suelo no saturado debajo del sistema. Es necesario además que se encuentren lejos de pozos de extracción y asegurar un mínimo tiempo de permanencia
- **Membranas:** este proceso usa una membrana semipermeable, a través de la cual pasa el agua por diferencia de presión, con lo que se eliminan sólidos. Los sistemas de membranas incluyen microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración y osmosis inversa, los cuales retienen diferentes rangos de partículas, siendo la última la de mayor retención eliminando prácticamente todos los sólidos disueltos del agua. Uno de los problemas asociados es que las membranas son susceptibles a bloqueos
- **Lodos Activados:** es un proceso biológico, que funciona en base a microorganismos, los cuales se encuentran en una concentración predeterminada dentro de un estanque, mezclados con la materia orgánica, debido a la agitación de aire los organismos flocculan formando los llamados "lodos activados". El conjunto de aguas servidas y lodos activados es llamado el "licor de mezclado", el que luego es llevado a un sedimentador secundario donde los lodos activados decantan, permitiendo un efluente clarificado. Parte de los lodos es retornado al estanque para mantener el equilibrio de microorganismos.

2.5 La reutilización de agua

La reutilización de agua es la aplicación del agua residual o regenerada en un uso beneficioso. Se entiende por agua regenerada aquella agua residual que después de ser sometida a un proceso de tratamiento, su calidad es satisfactoria para un uso en particular. Es decir, es agua residual tratada la que satisface los criterios para ser usada nuevamente. Se identifican tres etapas fundamentales en el desarrollo de la regeneración y reutilización de aguas residuales.

La primera etapa corresponde al periodo entre el año 3.000 A.C. hasta el año 1550, donde los primeros vestigios de estos sistemas se pueden encontrar en la civilización minoica en la antigua Grecia. Entre el año 1550 al 1700 la disposición de las aguas residuales directamente sobre campos agrícolas se extiende como una solución de tratamiento en las antiguas granjas Alemanas e Inglesas.

Desde el año 1850 al 1950 es la época del gran avance sanitario con el control del cólera, desarrollado en Londres por John Snow en el año 1850, la teoría de la prevención de la fiebre tifoidea por Budd en Inglaterra, el avance de la microbiología con Koch en Alemania y Pasteur en Francia, el uso del cloro como desinfectante y el conocimiento de las aguas residuales en el año 1904 por

Arden y Lockout en Inglaterra.

La tercera etapa de la regeneración, reciclaje y reutilización de las aguas residuales comienza a partir de 1960. La reutilización planificada de las aguas regeneradas empezó a principios de los años 20 en Estados Unidos, concretamente en Arizona y California, destinando el agua a usos agrícolas. En Colorado y Florida se desarrollaron sistemas para la reutilización en usos urbanos. A partir de 1965 la normativa de regeneración y reutilización iniciada en California, impulsa de manera decisiva la regeneración, en el reciclaje y la reutilización de aguas residuales.

El desarrollo actual en el campo de la tecnología de regeneración permite obtener efluentes de agua regenerada de diversas calidades, incluso hasta de un nivel tan alto como la del agua potable, la finalidad es conseguir un producto que sea adecuado para ser empleado en diferentes tipos de reutilización como por ejemplo en el área industrial, agrícola o recreativo.

Al reutilizar el agua residual tratada, las necesidades de entrada al proceso disminuyen. Esto trae consigo una cadena de ahorros derivados de varios hechos: primero, por estar consumiendo menos agua del servicio municipal; segundo, por disminuir el gasto de tratamiento (generalmente proporcional al volumen de agua) y tercero, por la posibilidad de utilizar agua para otros usos [13].

En Chile, la dirección general de aguas del Ministerio de Obras Públicas, tiene entre otros objetivos implementar una iniciativa nacional de eficiencia hídrica que permita mejorar la gestión del recurso hídrico a través de mecanismos de ahorro en todas las actividades productivas (agricultura, minería y construcción) y no productivas (colegios y hospitales) del país, orientando a nivel de país el tema de gestión de la demanda del agua y la promoción e incremento de la eficiencia hídrica en las distintas actividades productivas y no productivas. Considerando principalmente la reutilización de aguas grises para su tratamiento y uso en jardines y áreas verdes [14].

2.6 Agua para riego de áreas verdes

En Chile, la cantidad especificada de agua para riego en jardines y prados es de 10 lt/m²/día [15]. Sin embargo, ésta cifra es modificada, dividiéndola por 1,5 y se llega a un estándar diario de 6,7 lt/m²/día.

3 Elaboración y validez del cuestionario

3.1 Descripción del cuestionario

El cuestionario corresponde a una herramienta de observación. La que dispone de un número de preguntas abiertas, cerradas e intervalares, las que permiten cuantificar y comparar la información necesaria para el estudio.

En primera instancia se generó el instrumento de medición, este en función de las características a medir, el cual se llevó a cabo mediante la investigación de diversos cuestionarios dirigidos a la población con el objetivo de conocer el consumo domiciliario, incluyendo y adaptando preguntas según las necesidades del estudio. Algunas referencias para la elaboración del cuestionario se presentan a continuación:

- Calculo de consumo responsable⁶
- Calcula tu consumo de agua⁷
- Test de consumo responsable de agua⁸

El cuestionario preliminar será aplicado a una pequeña muestra, permitiendo verificar su eficacia, además de conocer aspectos que aporten mejoras respecto al contenido, lenguaje y estructura, siempre atendidas por el juicio de expertos en la materia, para posteriormente evaluar la confiabilidad y validez estadística.

El cuestionario presentado (Anexo 1) lo conforman dos secciones, los cuales se describen a continuación:

- a) **Cuestionario N°1:** tiene como objetivo obtener información sobre características generales de interés de las viviendas, referidas al consumo de agua potable, debiendo ser respondido por un representante de los habitantes de la vivienda, el que necesariamente debe ser mayor de edad.
- b) **Cuestionario N°2:** permite adquirir información sobre los hábitos de consumo de agua potable en los artefactos sanitarios de interés para este estudio por cada habitante de la vivienda, debiendo ser respondido por la totalidad de los moradores de ésta. En el caso de existir incapacidad de responder el cuestionario por parte de algún habitante, el cuestionario será respondido a través de la persona que esté en total conocimiento de los hábitos de consumo del habitante faltante.

3.2 Validez del instrumento

La validez de contenido, se entiende como el grado en que la medición representa al concepto medido [16]

Para verificar la confiabilidad y validez del instrumento de medición, se determinará una muestra preliminar, la que se define como aceptable entre el 5% y el 10% de la población en estudio, la que para efectos de cálculo, se concretará en 7 viviendas distintas a la muestra. La confiabilidad y validez tiene como propósito contar con retroalimentación acerca de la claridad de las instrucciones, adecuación de los ítems, estructura y disposición equilibrada de sus partes, extensión y mecánica de respuesta.

⁶ <http://www.siss.gob.cl>

⁷ <http://sapasmag.gob.mx>

⁸ <http://www.chileatiende.cl/fichas/ver/15761>

3.3 Análisis estadístico del instrumento

Efectuada la tabulación de los datos de la muestra preliminar, se procederá a realizar la validación estadística del instrumento, proceso necesario si se considera que se tratará de su primera aplicación y por lo tanto no se cuenta con esta información. Asimismo, no se contará con ningún otro tipo de medición sobre el tema directo en terreno para ésta población.

3.4 Cálculo del Coeficiente de Alfa de Cron Bach

Dentro del análisis realizado a los datos, es importante establecer el nivel de confiabilidad con que se está midiendo. Dentro de las pruebas o modalidades que existen para esto, se escogió en esta investigación el Coeficiente de confianza Alfa de Cron Bach, ya que permite administrar el cuestionario una sola vez, para determinar si los ítems están correlacionados entre sí.

Para el cálculo realizado mediante este método estadístico, se utilizará el software SPSS 15.0, método que a su vez está representado por la siguiente formula:

$$Alfa = \frac{Np}{1 + p(n - 1)}$$

En donde,

- N es el número de ítems
- P es el promedio de las correlaciones lineales entre cada uno de los ítems (se tendrán $n(n-1) / 2$ pares de correlaciones)

La interpretación se expresa por medio de un coeficiente de correlación y los valores oscilan entre

0 y 1.

Una vez realizado este análisis en el programa SPSS 15.0 se tiene que de manera general el instrumento alcanza un rango de confiabilidad de 0.82, la cual dentro de la escala de clasificación corresponde a una confiabilidad muy alta. Con esto se puede decir que el instrumento de medición es óptimo.

A continuación en la tabla 3.1 se observan las dimensiones de interpretación que pueden ser guiadas del coeficiente de confiabilidad.

Tabla 3.1: Rango de magnitud Coeficiente de Alfa Cron Bach

Muy Alta	0.81-1.00
Alta	0.61-0.80
Moderada	0.41-0.60
Baja	0.21-0.40
Muy Baja	0.01-0.20

Fuente: Ruiz 2000, Metodología de la Investigación

4 Población y muestra

4.1 Población

Para la elección de la población de estudio se considerarán las siguientes características:

- Vivienda de carácter social tipo A (clasificación según MINVU)
- Presencia de un solo baño
- Viviendas ubicadas en la zona urbana de la V Región
- Suministro de agua potable mediante empresas sanitarias

Bajo estas consideraciones la población seleccionada para el estudio es la población "Carlos Condell", ubicada en el sector de la "Meseta del Gallo", Miraflores, Viña del Mar, V Región, la que según información entregada mediante una entrevista realizada al presidente de la junta de vecinos de la población, está conformada por 108 departamentos sociales de iguales características, siendo ESVAL la empresa encargada del suministro de agua potable.

4.2 Muestra

El diseño de estudio es de tipo descriptivo transversal, ya que mide las características y a la vez la prevalencia de la exposición y del efecto de una muestra poblacional en un solo momento temporal.

La muestra se determinó a través de la técnica de muestreo probabilístico simple, en donde cada individuo tiene la misma posibilidad de ser elegido, considerando un margen de error estándar del 5%. El error estándar es una medida de la variabilidad de las estimaciones de la muestra, la que entrega una noción clara de hasta dónde y con qué probabilidad de estimación se aleja del valor que se hubiera obtenido por medio de un censo completo. El error estándar o de muestral óptimo, utilizado en un muestreo aleatorio simple cuando se desconoce la varianza es del 5%.

Datos:

N= 108 viviendas

Y= Valor promedio de una variable

Se= Error estándar 0.05

P= 1-Se= 1 – 0.05 = 0.95

V²= (Se)²= Varianza de la población

S²= Varianza de la muestra expresada como la probabilidad de ocurrencia de Y

Sustituyendo se tiene:

$$n' = S^2 / V^2$$

$$S^2 = p(1-p) = 0.95 (1-0.95) = 0.0475$$

$$V^2 = (Se)^2 = (0.05)^2 = 0.0025$$

$$n' = 0.0475 / 0.0025 = 19$$

Reemplazando:

$$n' = n' / (1+n' / N)$$

$$19 / (1+19 / 108) = 16 \text{ Viviendas}$$

Mediante la fórmula de muestreo probabilístico simple se obtuvo una muestra de 16 viviendas.

Para la selección de las viviendas, el muestreo se realiza en forma aleatoria simple asignándose un número a cada vivienda de la población determinada, es decir, se enumera de la vivienda N° 1 hasta la vivienda N° 108, luego en forma azarosa según números sacados de una bolsa u otro método aleatorio como por computador o calculadora, se determinan las viviendas que serán parte de la muestra.

Para la selección de la muestra deberán cumplir los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión:
 - Vivienda perteneciente a la población Carlos Condell
 - Acceder a responder el cuestionario

- Criterios de exclusión:
 - Problemas con el suministro de agua
 - Ausencia de un adulto para responder
 - Incomprensión del cuestionario

5 Metodología estadística y resultados

5.1 Metodología estadística

Este capítulo tiene como función describir explicativamente la metodología a ocupar para responder a los objetivos propuestos.

En primera instancia se realiza un análisis mediante estadísticas descriptivas de los datos (variables cuantitativas), tales como Media, Desviación estándar, Valor máximo y Valor mínimo. Esto con el fin de conocer las características de la muestra en estudio.

Para verificar si existe relación entre la cantidad de habitantes con la cantidad de aguas grises generadas en los artefactos sanitarios de interés para el estudio y la cantidad de habitantes con el consumo de agua potable para el riego de jardines, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, el cual es un coeficiente matemático que tiene por finalidad medir el grado de asociación entre dos variables cuantitativas.

A un nivel de significancia de 5% ($p < 0.05$), se dice que existe relación entre las variables.

El nivel de significación de un Test es un concepto estadístico asociado a la verificación de una hipótesis. Cuanto menor sea el valor p , más significativo será el resultado.

Hipótesis a contrastar:

- Hipótesis Nula: No existe relación entre las variables.
- Hipótesis Alternativa: Existe relación entre las variables.

Para el procesamiento de los datos se utilizó Excel 2013, y el programa estadístico SPSS 15.0, además en el presente capítulo se dispone de gráficos para una mayor interpretación de resultados.

5.2 Resultados

5.2.1 Características de la muestra

El cuestionario N°1 (Anexo 2) permite extraer información necesaria para conocer características de la muestra de la población en estudio.

Lo que respecta al consumo de agua potable, la determinación del consumo medio diario por habitante, se realizó a partir de los datos de abastecimiento indicados en las facturaciones proporcionadas a cada vivienda por la empresa sanitaria encargada de la distribución (ESVAL), puesto que son las medidas registradas del agua realmente consumida. De las facturaciones de las viviendas consultadas se obtuvo en la siguiente tabla.

Tabla 5.1: Consumo promedio de la muestra

MES	Consumo (m ³ /mes)
Julio	249
Agosto	254
Septiembre	268
Octubre	273
Promedio (m³/mes)	261
Promedio (l/día)	8.700

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la información recogida a través del cuestionario número 1, la zona de estudio considera una población de cuatro habitantes por vivienda, con lo que la estimación del consumo medio diario por habitante de agua potable, a partir de los datos de abastecimiento, se obtiene:

$$\text{Consumo diario} = \frac{8700 \text{ l/día}}{(16 \text{ viviendas}) \cdot (4 \text{ hab/vivienda})}$$

$$= 136 \text{ l/hab} \cdot \text{ día}$$

Con esto se infiere que las viviendas en estudio promedian un consumo de agua potable de 16 m³/día. Por otra parte, todas las viviendas consultadas poseen un cuarto de baño, el cual contiene lavamanos, ducha/tina e inodoro.

5.2.2 Caudales según actividades de consumo

En la estimación del consumo de agua potable en cada artefacto sanitario, es necesario el conocimiento de los caudales de las diversas actividades desarrolladas en estos, los que están determinados por diversos factores, siendo datos propios de la población en cuestión (Metcalf y Eddy 96).

Para determinar los caudales de las actividades de consumo de agua potable desarrollada en los artefactos sanitarios de interés para el estudio de la población, fue posible acceder a efectuar las experiencias, las que consistía en realizar reiteradas mediciones en distintos momentos a las actividades de consumo relacionadas a estos artefactos a un número de personas, generando los caudales presentados en la tabla 5.2. Además, para garantizar la correcta interpretación de los caudales, estos están sujetos a valores típicos presentados por la SISS

Tabla 5.2: Caudales y volúmenes de agua potable según actividad de consumo

Artefacto	Actividad	Unidad	Consumo
Lavatorio	Aseo Personal	(l/min)	5
	Lavado de dientes	(l/lavado de dientes)	3
	Afeitado	(l/afeitado)	8
Ducha	Aseo Personal	(l/min)	7

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3 Consumo de agua potable en los artefactos sanitarios

Las aguas grises están constituidas principalmente por el agua utilizada en las distintas fuentes generadoras [17]. Desde el cuestionario número 2 se puede extraer información que permite conocer hábitos en cuanto al consumo en cada artefacto sanitario. A continuación se presenta la información recogida a través del cuestionario, donde se muestra el consumo de cada vivienda estudiada, según artefactos y actividades desarrolladas en estos, permitiendo un análisis orientado a la generación de aguas grises, además del agua potable utilizada en descargas del estanque del inodoro.

- Lavatorio:

Respecto al lavatorio se consideró para el análisis, las actividades de consumo del agua potable desarrolladas en este, como: aseo personal, lavado de dientes y afeitado

Aseo personal:

Para conocer el consumo de la actividad, se considera las siguientes preguntas del cuestionario (anexo 2)

- ¿Con qué frecuencia se lava las manos diariamente en su vivienda?

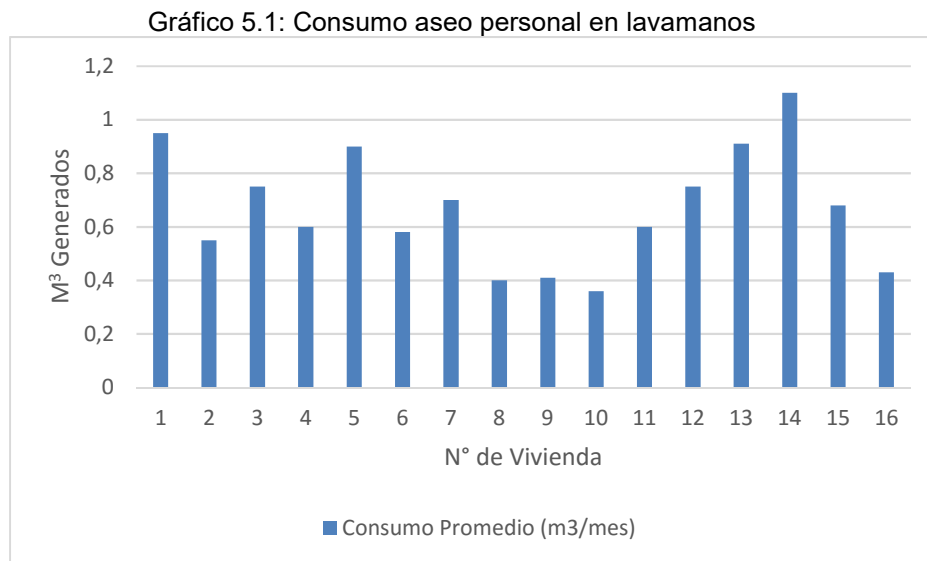
Pregunta que tiene como objetivo estimar la cantidad de veces que realiza la presente actividad, para esto el encuestado debe indicar la cantidad que la realiza diariamente.

- ¿Cuánto tiempo dedica a cada lavado de manos?

Pregunta que tiene como objetivo estimar el tiempo de cada vez que se realiza esta actividad. Para esto se disponen intervalos de tiempo, donde el encuestado debe indicar la opción que estime como representativa del tiempo que ocupa cada vez que realice esta actividad.

Para determinar el agua potable destinada esta actividad, se considera para el cálculo, el caso más desfavorable, siendo el extremo inferior de cada intervalo, para así estimar la cantidad mínima de agua gris generadas por cada habitante.

En el gráfico 5.1 se observan los consumos de agua potable de la actividad en estudio de cada vivienda de la muestra:



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.3 se presentan las características del consumo en aseo personal en el lavatorio.

Tabla 5.3: Descripción consumo aseo personal en lavamanos (m^3/mes)

Promedio	0,67
DE	0,22
Máximo	1,09
Mínimo	0,35

Fuente: Elaboración Propia

Con esto, el consumo promedio de la muestra por esta actividad es $0,67 m^3/mes$, con una desviación estándar de $0,22 m^3/mes$. La vivienda que tuvo más consumo de la muestra fue la vivienda N°14, con un consumo de $1,09 m^3/mes$, mientras la que tuvo menos consumo fue la vivienda N°10, con un consumo de $0,35 m^3/mes$.

□ Lavado de dientes

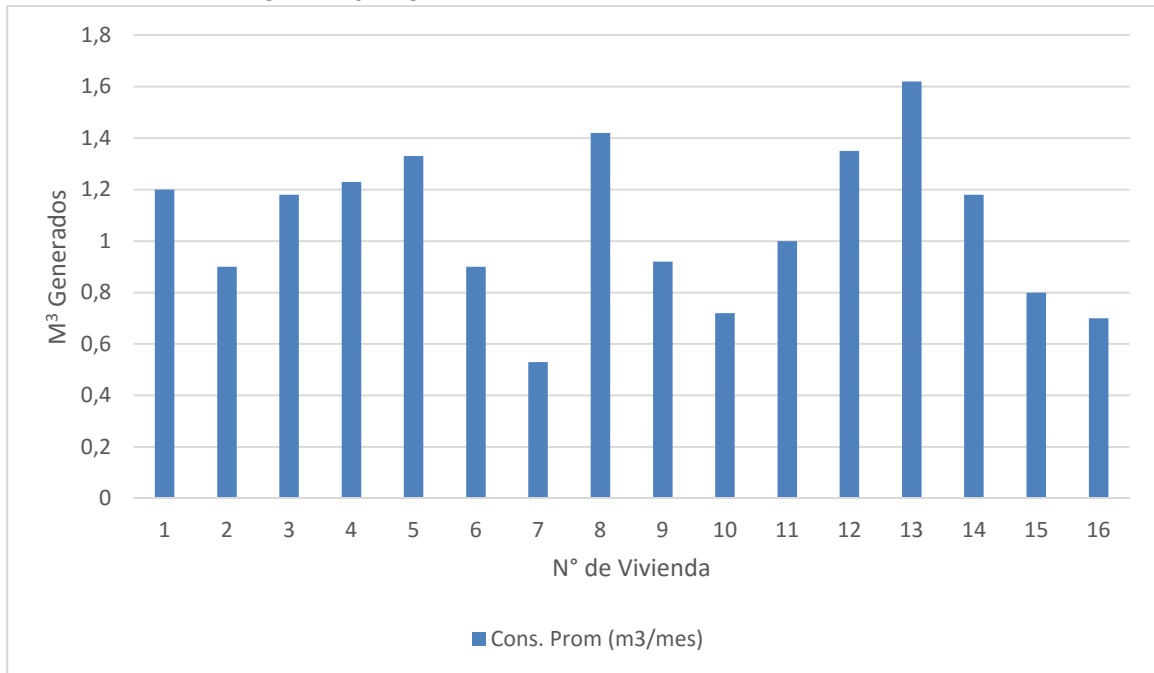
Para conocer el consumo de la actividad, se consideró la siguiente pregunta del cuestionario (Anexo 2: cuestionario N°2):

¿Con que frecuencia se lava los dientes diariamente en su vivienda?

Pregunta que tiene como objetivo estimar la cantidad de veces que realiza esta actividad, para esto el encuestado debe indicar la cantidad que la realiza semanalmente.

En el gráfico 5.2 se presentan los consumos de la actividad en estudio de cada vivienda de la muestra:

Gráfico 5.2: Consumo lavado de dientes en lavamanos



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.4 se describe el consumo de agua potable de lavado de dientes en el lavamanos.

Tabla 5.4: Descripción consumo lavado de dientes en lavamanos

Promedio	1,06
DE	0,31
Máximo	1,62
Mínimo	0,54

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el consumo promedio de la muestra es 1,06 m³/mes, con una desviación estándar de 0,31 m³/mes. La vivienda que tuvo más consumo fue la N°13, con un consumo de 1,62 m³/mes, mientras la que tuvo menos consumo fue la N°7, con un consumo de 0,54 m³/mes.

– Afeitado

Para conocer el consumo de la actividad, se consideró la siguiente pregunta del cuestionario (Anexo 2: cuestionario N°2):

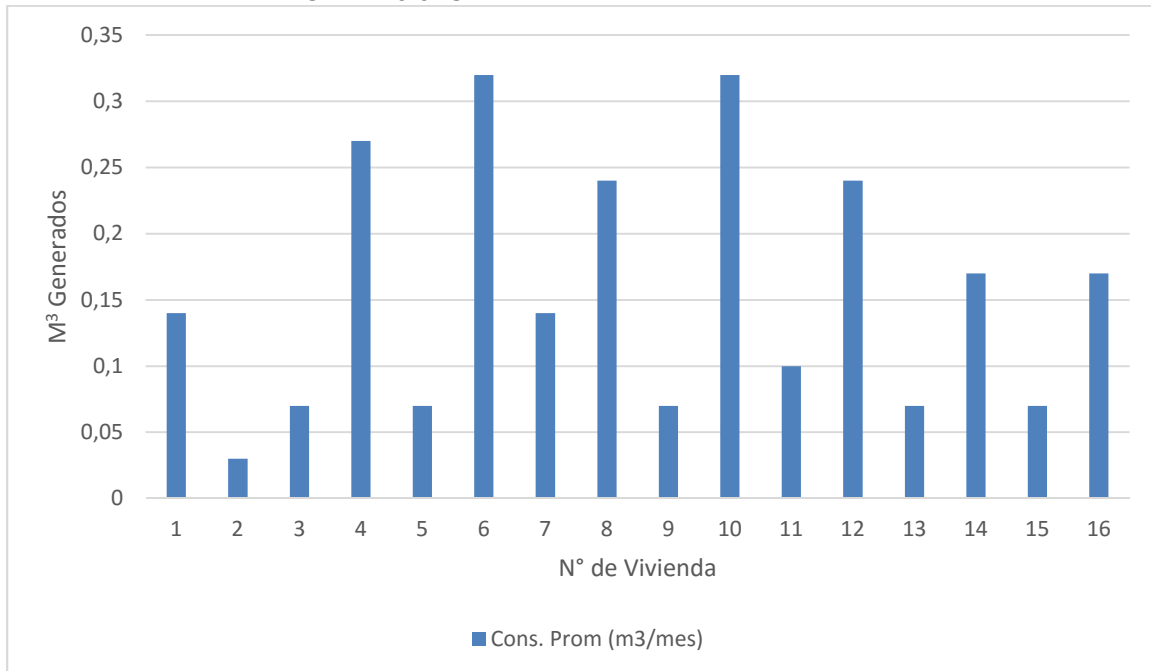
¿Con qué frecuencia se afeita semanalmente en su vivienda?

Pregunta que tiene como objetivo estimar la cantidad de veces que realiza la presente actividad, para esto el encuestado debe indicar la cantidad que la realiza semanalmente.

Cabe mencionar que en todas las viviendas existe a lo menos un habitante que realiza esta actividad.

En el gráfico 5.3 se presentan los consumos de la actividad en estudio de cada vivienda de la muestra:

Gráfico 5.3: Consumo afeitado en el lavamanos



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.5 se presentan los datos del consumo de agua potable utilizado en afeitado en el lavamanos.

Tabla 5.5: Descripción consumo afeitado en lavamanos (m³/mes)

Promedio	0,15
DE	0,09
Máximo	0,31
Mínimo	0,03

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el consumo promedio mensual de la presente actividad es 0,15 m³/mes, con una desviación estándar de 0,09 m³/mes. La vivienda que tuvo más consumo fue la N°10, con un consumo de 0,31 m³/mes, mientras la que tuvo menos consumo fue la N°2, con un consumo de 0,03 m³/mes.

- Ducha

Para conocer el consumo de la actividad, se consideró las siguientes preguntas del cuestionario (Anexo 2: cuestionario N°2):

¿Con qué frecuencia se ducha diariamente en su vivienda?

Pregunta que tiene como objetivo estimar la cantidad de veces que realiza la presente actividad, para esto el encuestado debe indicar la cantidad que la realiza semanalmente.

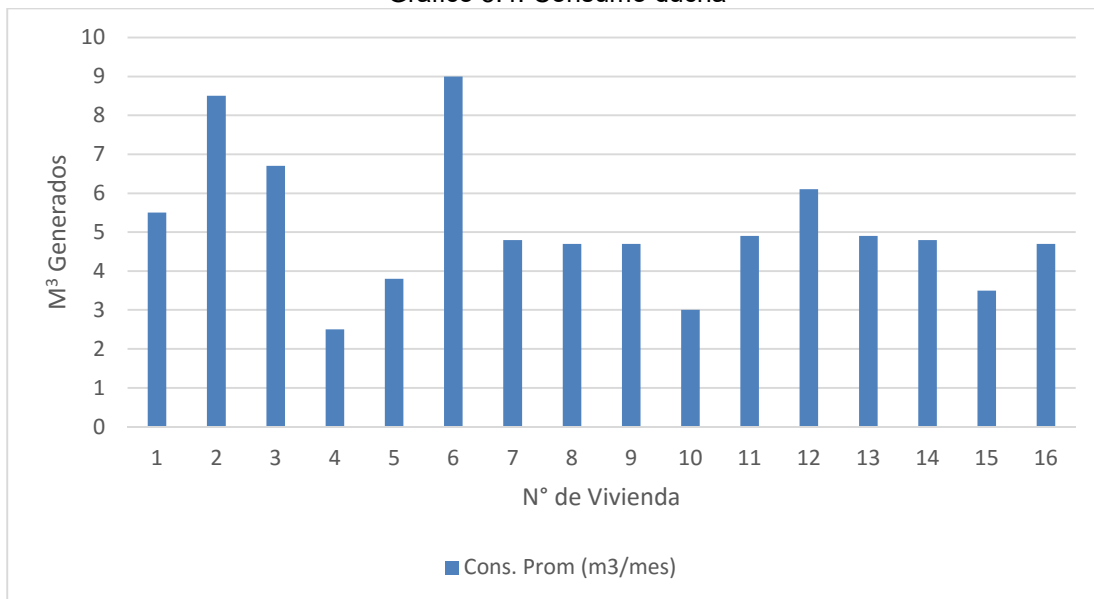
¿Cuántos minutos demora en ducharse?

Pregunta que tiene como objetivo estimar el tiempo de cada vez que se realiza esta actividad. Para esto se disponen intervalos de tiempo, donde el encuestado debe indicar la opción que estime como representativa del tiempo que ocupa cada vez que realiza esta actividad.

Para determinar el consumo de agua potable de esta actividad, se considera para el cálculo el caso más desfavorable, siendo el extremo inferior de cada intervalo.

En el gráfico 5.4 se presentan los consumos de la actividad en estudio de cada vivienda de la muestra:

Gráfico 5.4: Consumo ducha



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.6 se presentan los datos obtenidos de los consumos realizados en ducha.

Tabla 5.6: Descripción consumo ducha (m³/mes)

Promedio	5,09
DE	1,80
Máximo	9,00
Mínimo	2,52

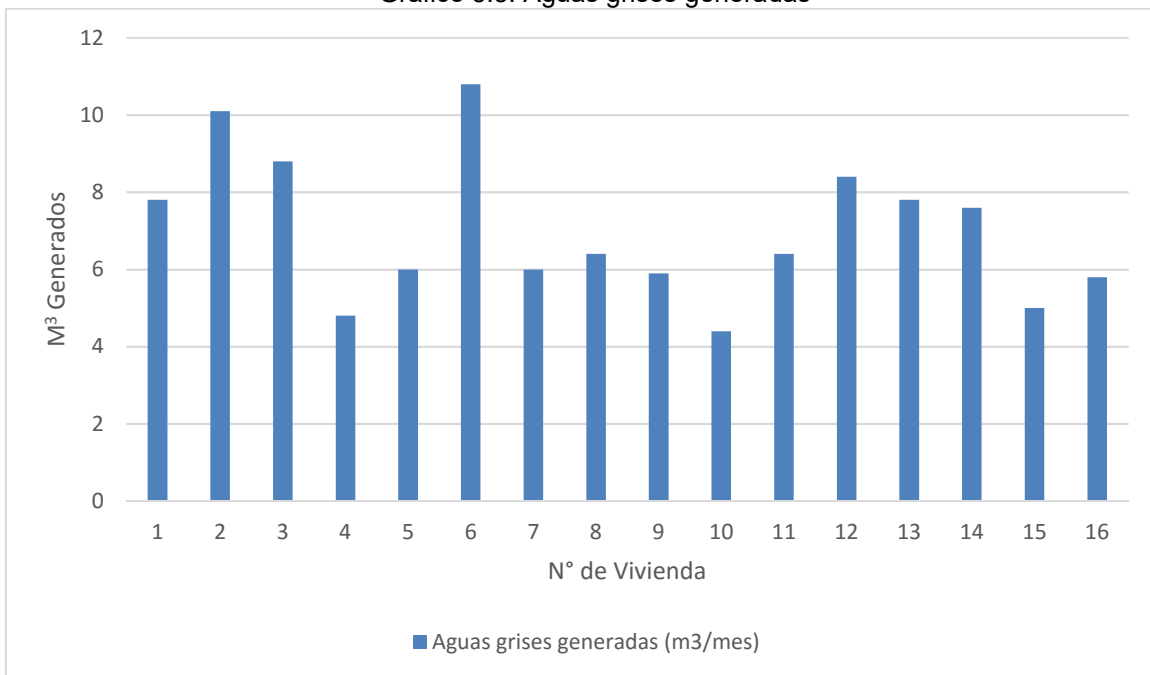
Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el consumo promedio de la muestra en la presente actividad es 5,09 m³/mes, con una desviación estándar de 1,80 m³/mes. La vivienda que tuvo más consumo fue la N°6, con un consumo de 9,00 m³/mes, mientras la que tuvo menos consumo fue la N°4, con un consumo de 2,52 m³/mes.

5.2.4 Aguas grises disponibles

Las aguas grises disponibles en el presente estudio corresponden a las aguas utilizadas en las actividades desarrolladas únicamente en el lavatorio y la ducha. En el gráfico 5.5 se muestra la cantidad de aguas grises generadas en cada vivienda de la muestra, cantidad que será dispuesta para la reutilización, para así satisfacer la cantidad de agua requerida por el riego de áreas verdes.

Gráfico 5.5: Aguas grises generadas



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.7 se presentan los datos sobre la generación de aguas grises.

Tabla 5.7: Descripción aguas grises generadas (m³/mes)

Promedio	6,98
DE	1,84
Máximo	10,79
Mínimo	4,44

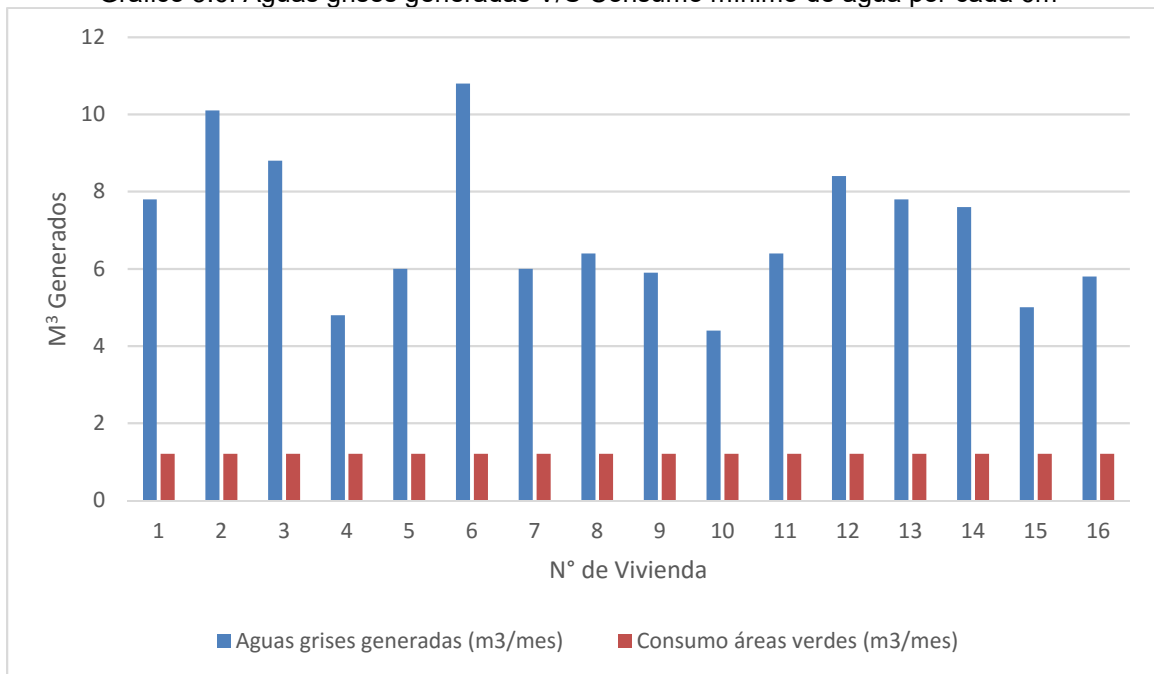
Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la descripción estadística de la muestra respecto a las aguas grises generadas, las que promedian 6,98 m³/mes o 233 lt/día, con una desviación estándar de 1,84 m³/mes y registrando un máximo de 10,79 en la vivienda N°6 y un mínimo de 4,44 m³/mes en la vivienda N°10.

5.2.5 Satisfacción del sistema

Conocida la generación de aguas grises en el Lavamanos y Ducha, y el consumo de agua potable por m² de área verde, es posible compararlas. Para ello el gráfico 5.6 muestra la cantidad de aguas grises generadas y el consumo de agua potable por cada 6 m² de área verde (para cumplir con el mínimo de 6m² de área verde por vivienda, según el D.S. 49, itemizado Técnico, artículo 6.1)

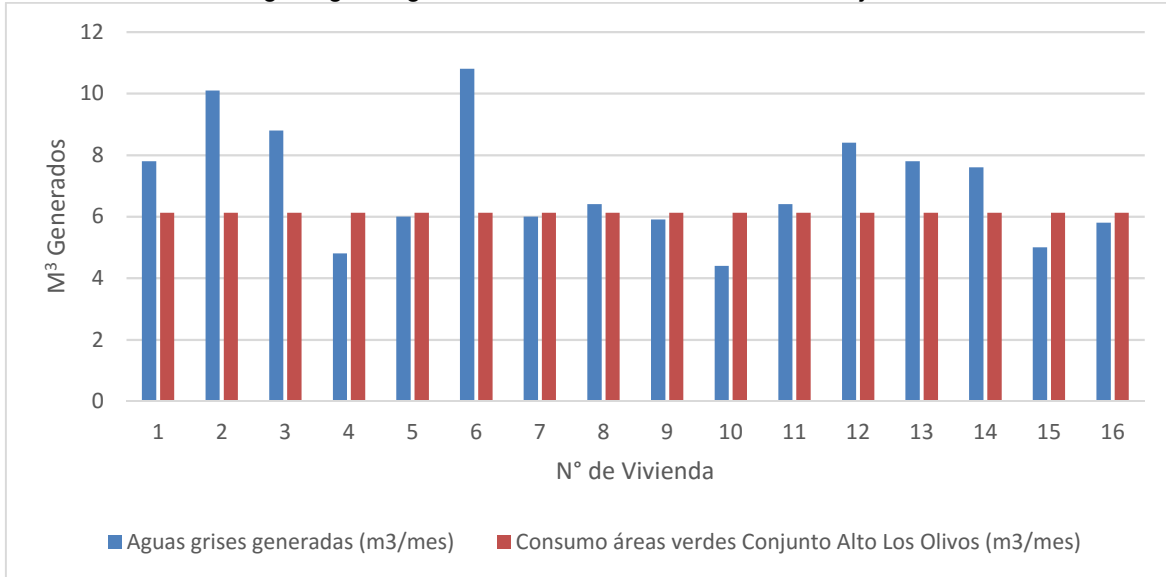
Gráfico 5.6: Aguas grises generadas V/S Consumo mínimo de agua por cada 6m²



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 5.6 se observa que las aguas grises satisfacen en todos sus casos el consumo mínimo de agua para los 6 m² que establece el D.S. 49, es decir, en todas las viviendas estudiadas, las aguas grises generadas, superan el consumo de agua potable necesaria para satisfacer el requerimiento de las áreas verdes, presentando un porcentaje de satisfacción promedio de la muestra de un 646%, o sea, las aguas grises generadas superan casi en 7 veces a lo requerido por los m² de áreas verdes.

Gráfico 5.7: Aguas grises generadas V/S Consumo Real en Conjunto Alto Los Olivos



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 5.7 se observa que las aguas grises generadas satisfacen la mayoría de los casos del consumo de agua para riego de los $6,98 \text{ m}^3$ ó 233 lt/día que se necesitan por vivienda para abastecer a los 1.460 m^2 de áreas verdes presentes en el conjunto Alto Los Olivos, la que se compensa con el promedio de las aguas grises generadas por el total de las viviendas (Tabla 5.7).

5.2.6 Análisis para ahorro por conjunto habitacional y por vivienda

Del conjunto habitacional “Los Olivos” se saben los siguientes datos:

- Total de 48 viviendas en el conjunto
- Gasto de 6,7 litros de agua potable por cada m^2 de área verde
- El conjunto cuenta con 1.460 m^2 de áreas verdes

Con estos datos se pueden obtener los siguientes resultados:

$6,7 \text{ lt/m}^2 \text{ al día} = 201 \text{ lt/m}^2 \text{ al mes} = 0,201 \text{ m}^3/\text{mes}$ (gasto de agua por m^2 de área verde al mes)

$1.460 \times 0,201 = 294 \text{ m}^3$ de agua mensuales ó $9,8 \text{ m}^3$ de agua diarios (gasto de agua en áreas verdes del conjunto “Alto los Olivos”)

$294 \text{ m}^3 / 48 \text{ viviendas} = 6,125 \text{ m}^3$

Consumo promedio por vivienda: $16 \text{ m}^3/\text{mes}$

Consumo total del conjunto: $16 \text{ m}^3/\text{mes} \times 48 \text{ departamentos} = 768 \text{ m}^3/\text{mes}$

$$\begin{array}{r} 768 \text{ m}^3/\text{mes} \text{ ----- } 100\% \\ 294 \text{ m}^3/\text{mes} \text{ ----- } x \% \\ X = 38,3\% \end{array}$$

O sea un 38,3% de ahorro del consumo total del agua potable del conjunto habitacional.

6 Sistema de reutilización de aguas grises

6.1 Descripción del sistema

En el presente capítulo se propone un sistema de reutilización de aguas grises, el cual está basado en el reúso de las aguas provenientes del lavatorio y ducha en el riego de las áreas verdes del condominio “Alto los Olivos”, ubicado en Villa Alemana, V Región, bajo las condiciones estudiadas anteriormente.

En cuanto a la infraestructura del sistema de reutilización de aguas grises a proponer se puede decir que es necesario atender algunos aspectos, como:

- Obtención y conducción de aguas grises.
- Tratamiento de aguas grises.
- Cámara de acumulación de aguas tratadas para riego.
- Distribución de las aguas tratadas.
- Mantenimiento del sistema de reutilización.

6.2 Obtención y conducción de las aguas grises

La obtención y conducción de las aguas grises consiste en la conexión de los desagües del lavatorio y ducha con un alcantarillado paralelo, destinado solamente a la conducción de las aguas grises provenientes de estos dos artefactos, el que transportaran las aguas grises de manera gravitacional para posteriormente ser almacenadas.

En la tabla 6.1 se indican los diámetros mínimos de descarga a considerar para la obtención y conducción de las aguas grises de acuerdo a lo establecido según la unidad de equivalencia instalada (UEH) para artefactos sanitarios clase 1, considerando una pendiente de 3% para las tuberías horizontales:

Tabla 6.1: Diámetros de tuberías para la obtención de aguas grises.

Recinto	Artefacto	Tramo	Cantidad	UEH Unitaria	UEH Total	Diametro Tubería (mm)
Baño	Lavatorio		1	1	1	38
	Ducha		1	3	3	50
			1	4	4	50

Fuente: Elaboración Propia

En los anexos se presenta el detalle en planta de los puntos de obtención de las aguas grises del lavatorio y ducha, y el trazado de las tuberías de conducción hacia el estanque acumulación (Anexo 5).

6.3 Tratamiento de aguas grises

En lo que se refiere al tratamiento de las aguas grises, puesto que el grado de contaminación de estas es relativamente bajo, no exige un tratamiento complejo para purificarlas, el que depende fundamentalmente de la calidad requerida para el uso en particular.

En este caso basta con un tratamiento de aguas residuales primario, el que involucra un concepto de tratamiento de depuración en una cámara decantadora de grasas y cortadora de jabón y un tratamiento físico mediante el carbón activado:

Cámara decantadora de sólidos y corta jabón

Tabla 6.2: Indicaciones obligatorias para cámaras en proyectos de aguas servidas.

Característica	Cumple	No Cumple
Capacidad mínima de 2.000 Litros	X	
Considera ventilación	X	
Incluye memoria de calculo	X	
Cámara decantadora de mínimo 80% del volumen de la fosa	X	
Explicación del sistema de desinfección	X	

La cámara de acumulación decantadora de sólidos y corta jabón debe tener un volumen disponible de 9,2 m³

- Volumen zona de acumulación= 9,2 m³
- Altura= 2 (m)
- Largo= 2,15 (m)
- Ancho= 2,15 (m)

Especificaciones de la Cámara

- Hormigón cámara: H30 con 80% de nivel de confianza, tamaño máximo del agregado 25 mm, con impermeabilizante: Sika 4-A en agua de amasado
- Hormigón Losa: H30, tamaño máximo del agregado 13 mm con aditivo expansor Intraplast al 2% del peso del cemento
- Mortero de 510 Kg/m³, con aditivo impermeabilizante Sika 1 diluido en agua de amasado
- Armadura Acero A44-2B H

Recubrimiento en armadura de radier de 2,5 cm interior y exterior

La cámara se estucará interiormente con mortero de 510 Kg/m³, el estuco tendrá un espesor de 1 cm.

Tratamiento físico

Corresponde a la eliminación de las partículas sólidas presentes en las aguas grises proveniente de los artefactos sanitarios, por medio de filtros de carbón activado el que se instalara en la tubería de impulsión.

6.4 Cámara de acumulación de aguas tratadas para riego

Para el diseño de la cámara de acumulación de aguas tratadas para riego se debe considerar el volumen suficiente para almacenar las necesarias para atender la demanda diaria del riego de las áreas verdes del condominio. Para el diseño de la cámara se consideró el número de viviendas del condominio, el consumo promedio diario por vivienda (tabla 5.7) y la necesidad de agua para riego (9,8 m³ diarios). Con estos datos el volumen de almacenamiento de la cámara de acumulación será de 12,5 m³, lo que satisface completamente la demanda de agua para riego de las áreas verdes del condominio. Puesto que la bomba de impulsión se trata de una bomba sumergible es importante

considerar las dimensiones de ésta, ya que utilizara volumen en la zona de acumulación de las aguas grises.

- 6,98 m³ en promedio de aguas grises disponibles para riego generadas mensualmente por vivienda
- 6,98 m³ x 48 viviendas = 335 m³ de aguas grises mensuales disponibles para riego
- El condominio tiene un sector de 1.460 m² de áreas verdes, lo que hace necesario 294 m³ mensuales de agua para riego (por cada 1 m² se necesitan 0,201 m³ mensualmente de agua para riego de áreas verdes)

Por este motivo, la cámara de acumulación debe tener un volumen disponible de 11,5 m³

- Volumen zona de acumulación= 11,5 m³
- Altura= 2 (m)
- Largo= 2,4 (m)
- Ancho= 2,4 (m)

Según las dimensiones establecidas la zona de acumulación presentara unas dimensiones internas mínimas de 2,4 m de ancho por 2,4 m de largo y una altura de 2 m.

Por otra parte, el estanque de acumulación deberá ser totalmente impermeable y poseer un rebalse conectado a la red de alcantarillado para la evacuación de las aguas en caso de sobrellenado (Anexo 5).

Especificaciones de la Cámara

- Hormigón cámara: H30 con 80% de nivel de confianza, tamaño máximo del agregado 25 mm, con impermeabilizante: Sika 4-A en agua de amasado
- Hormigón Losa: H30, tamaño máximo del agregado 13 mm con aditivo expansor Intraplast al 2% del peso del cemento
- Mortero de 510 Kg/m³, con aditivo impermeabilizante Sika 1 diluido en agua de amasado
- Armadura Acero A44-2B H

Recubrimiento en armadura de radier de 2,5 cm interior y exterior

La cámara se estucará interiormente con mortero de 510 Kg/m³, el estuco tendrá un espesor de 1 cm.

6.5 Distribución de las aguas tratadas

La distribución de las aguas grises corresponde a la impulsión de estas, desde el fondo del estanque de acumulación hasta los puntos de riego, ubicados en las áreas verdes del condominio "Alto los Olivos", acción para la que se debe prever una bomba adecuada para las condiciones presentadas (Anexo 5).

Para la elección de la bomba necesaria para la instalación destinada a la impulsión de agua es importante conocer dos parámetros fundamentales: el caudal y la altura manométrica. Para lo que se deberá definir la altura geométrica y la pérdida de carga presente en la instalación, ya sea para la tubería de aspiración como para la tubería de impulsión si se trata de una bomba de superficie o solo la tubería de impulsión si se aplica una bomba sumergible.

Perdidas Presentes:

Bombas a nivel punto de descarga: 2,2 m

Filtro de carbón activado: 1,76 (mca)

Tuberías de impulsión: 40 m x 0.3 = 12 (mca)

Presión total necesaria: 16,26 (mca)

Lo cual hace necesaria la bomba tipo RXm 4/40 o similar:

- Potencia 1 HP-220
- Caudal entregado a 15.0 mca: 43 Lt/min
- Impulsión: 2" A PVC 63mm
- Diámetro succión: 50mm paso libre

6.6 Mantenimiento del sistema de reutilización

Para el mantenimiento del sistema de reutilización es necesaria una atención periódica del usuario, respecto al filtro de carbón activado, se debe realizar la sustitución únicamente del cartucho de carbón activado, el que se estima un uso de 1 por mes. También es importante para el buen funcionamiento del sistema, realizar limpiezas al filtro incorporado en la bomba sumergible.

7. Memoria de cálculo de proyecto de sistema particular de aguas grises

Noria, pozo, curso superficial

MAP de Empresa Sanitaria

MAP de loteo

A. CÁLCULO DESCARGA MÁXIMA DIARIA DE AGUAS GRISES (D.M.D.)

A.1 N° de vivienda(s)	48	Viviendas.
A.2 Habitantes / vivienda	192	Personas.
A.3 Dotación/habitante	58,25	lts./pers./día
A.4 DESCARGA MÁXIMA DIARIA A2xA3	11.184	lts./día

B. SISTEMA DE TRATAMIENTO

B.1 Descarga Máx Diaria (D.M.D) copiar A4	11.184	lts.
B.2 Volumen de lodos (20% del D.M.D) B1x0.2	2.237	lts.
B.3 Volumen teórico (Vt) fosa séptica, sumar B1+B2	13.421	lts.
B.4 Volumen real (Vr)	11.500	lts.
B.5 Largo	2.40	m.
B.6 Ancho	2.40	m.
B.7 Altura de aguas	2	m.
B.8 Material:	Hormigón Armado	

B. PLANTA DE TRATAMIENTO

B.9 Capacidad máxima útil	9.200	lts.
B.10 Período de mantención	1	Meses
B.11 Material:	Hormigón Armado	

C. TRATAMIENTO SECUNDARIO CÁMARA DECANTADORA

C.1 Descarga Máx Diaria (D.M.D) Copia A4	11.184	lts.
C.2 Volumen teórico (Vt) de cámara decantadora	11.184	lts.
C.3 Volumen real	9.200	lts.
C.4 Largo	2.15	m
C.5 Ancho	2.15	m
C.6 Altura de aguas	2	m
C.7 Material:	Hormigón Armado	

D. DESINFECCIÓN

Cloración Ultravioleta Otro

E. DISPOSICIÓN FINAL, INFILTRACIÓN EN TERRENO

DREN POZO

E. ABSORBENTE

Profundidad de la napa

6

 m
Índice de absorción

6

 lt/m²/dia.

E.3 INFILTRACIÓN EN RIEGO

E.3.1 Superficie de Riego

1.460

 m².
E.3.3 Capacidad Estanque de almacenamiento

11.5

 m³.

E.3.4 Estanque de almacenamiento:

Enterrado Semi Enterrado Superficial

E.3.5 Tipo de Sistema de Riego

Aspersor Goteo Otro

8. Interpretación de Resultados

8.1. Sistema propuesto

El sistema de reutilización propuesto está compuesto por un alcantarillado separado del alcantarillado domiciliario, el cual conduce las aguas grises provenientes desde el lavamanos y la ducha hacia la cámara decantadora de sólidos y corta jabón. La cámara decantadora de sólidos y corta jabón está construida en hormigón armado de dimensiones 2,15 m de ancho por 2,15 m de largo por 2 metros de alto. Luego de ésta cámara de tratamiento, viene la cámara de acumulación de aguas tratadas. La cámara de acumulación de aguas tratadas para riego está construida en hormigón armado de dimensiones 2,4 m de ancho por 2,4 m de largo por 2 metros de alto. Dentro de la cámara se disponen dos bombas sumergibles tipo RXm 4/40 las cuáles serán las encargadas de eliminar cualquier sólido que haya quedado en el agua luego del tratamiento de decantación, además de impulsar el caudal a través de la red de riego. A la salida de las bombas se dispone de un filtro de carbón para eliminar microorganismos y gérmenes presentes en el agua. Las tuberías serán de PVC hidráulico de 25 mm y recorrerán el terreno disponible para regar, llegando a 7 puntos diferentes. Estos puntos finales de las cañerías serán roseadores de agua tipo Pop-Up de 360°. Todo este sistema tiene un costo de construcción que asciende a \$21.009.538 (**Anexo 3**).

8.2. Diferencia en inversión inicial a inversión propuesta

El conjunto habitacional “Alto Los Olivos” contempla un presupuesto inicial vendido de \$1.045.582.491 millones de pesos, el cual corresponde a 2 edificios de 4 pisos cada uno con 6 departamentos por piso, lo que arroja un total de 24 departamentos por edificio (**Anexo 2**).

Éste presupuesto, no contempla elementos de eficiencia hídrica ya sea tanto en grifería como en reutilización. Por éste motivo desarrollé la idea de incorporar un sistema de captación de las aguas grises provenientes del lavamanos y la ducha para su posterior reutilización en las áreas verdes del conjunto habitacional.

Dicho sistema contempla un incremento en el monto de construcción del conjunto habitacional, el cual asciende a un 2,01% más de lo proyectado inicialmente, vale decir, el nuevo monto es a \$1.066.592.029 millones de pesos.

Éste aumento en el presupuesto propuesto para el conjunto habitacional, se traduce en un incremento en el precio por departamento de \$437.699.

8.3. Recuperación de inversión

El sistema propuesto para la reutilización de las aguas grises tiene un costo adicional por departamento de \$437.699. Dado que se proyecta un ahorro mensual de 294 m³ al conjunto habitacional, esto se traduce en un ahorro mensual por departamento de 6,125 m³/mes. Este ahorro transformándolo en cobros de la empresa sanitaria de la Quinta Región (ESVAL), se traducen en un ahorro mensual de \$9.766 y anuales de \$117.192.

Si dividimos el costo adicional total en la implementación del sistema de reutilización de aguas grises (\$437.699) por el ahorro anual que conllevaría contar con este sistema de reutilización (\$117.192), nos da como resultado un tiempo de recuperación de la inversión de 3 años y 9 meses.

8.4 Producción de aguas grises v/s consumo teórico

La producción de aguas grises disponibles para riego en el “Conjunto Alto Los Olivos” es de 58,25 lt/pers./día. Sabiendo que el RIDDA establece un valor de agua para riego de 6,7 lt/m²/día, se puede establecer que el agua disponible por persona alcanza para regar 8,7 m² al día. Esto alcanzaría para cumplir con los 9 m²/habitante de áreas verdes que establece la ONU como mínimo para una buena calidad de vida.

9. Conclusiones y Discusiones

9.1. Conclusiones

A partir del análisis realizado en esta investigación, fue posible obtener conclusiones referidas al consumo de agua potable y la reutilización de aguas grises.

La Superintendencia de Servicios Sanitarios ha realizado estudios logrando alcances en el consumo de agua potable en las viviendas, reflejando el comportamiento a nivel familiar respecto a los metros cúbicos que éstas utilizan, donde para ser catalogado como "consumo responsable" debe existir un consumo por habitante de 100 litros diarios. Este parámetro de clasificación, se puede categorizar a la población estudiada en la categorización de consumo (**sección 2.2, página 19**) según el promedio de habitantes y los metros cúbicos consumidos por cada vivienda.

La muestra estudiada promedió cuatro habitantes por vivienda y un consumo de 16 m³ al mes, lo que corresponde a 138 litros diarios por habitante, consumo que se clasifica en la zona amarilla del mapa de consumo, que indica que se deben efectuar cambios de hábito mínimo para lograr un consumo responsable.

Con lo planteado, en el objetivo específico a), es posible acotar, que es necesario efectuar cambios conductuales, ya sea en el hábito de consumo como en el uso eficiente del agua potable en las viviendas de la población "Carlos Condell", del sector de la Meseta del Gallo, Miraflores, Viña del Mar.

Desarrollado el objetivo específico b), sobre la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises para el riego de sus propias áreas verdes, contribuye al uso eficiente del agua potable en una vivienda, y por ende al ahorro del recurso, que en el caso de la muestra de la población estudiada corresponde a un ahorro promedio de 294 m³/mes, obtenidos al multiplicar el gasto promedio de m³ de agua por m² al mes para riego:

El ahorro proyectado, genera una disminución de \$9.766 en la boleta de ejemplo (**Anexo 4**), los cuales pueden no ser muy significativos para el común denominador de la población, pero viendo la realidad de la población encuestada, es un ahorro significativo, siendo el pago total mensual de esta boleta, ya que cuenta con 2 meses en el cobro de 17.157, considerando que una deuda de \$17.157 no puede ser cancelada en la fecha por la persona del ejemplo y su boleta se encuentra con CORTE EN TRAMITE.

Referente al objetivo específico c), la evaluación técnica-económica, arroja como resultado un desarrollo técnico totalmente factible de llevar a cabo, económicamente hablando el proyecto tiene una inversión inicial de \$1.045.582.491 millones. Se proyecta un incremento con las mejoras propuestas de \$21.009.538 millones, lo que equivale a un 2,01% del costo de construcción del condominio, es decir el costo de construcción proyectado asciende a \$1.066.592.029. Esto equivale a un aumento de costo por departamento de \$437.699 en su adquisición.

9.2. Discusiones

- El sistema de reutilización de aguas grises presenta un ahorro de 38,3% del consumo de agua potable en las viviendas estudiadas, sin embargo, este ahorro no es suficiente para que el consumo de la población clasifique como consumo responsable y pertenezca a la zona verde. Ante esto es posible para un mayor ahorro, la implementación de grifería eficiente como por ejemplo duchas eficiente, la que puede alcanzar un ahorro del 40% del consumo en una ducha común ó grifería de lavamanos, la cual puede obtener un ahorro de un 45% con respecto a la grifería común.

Teniendo en cuenta que el consumo de agua en áreas verdes de éste conjunto habitacional es alrededor de 294 m³/mes, se traduce en un ahorro por departamento de 6,125 m³/mes. Estos datos llevados a los cobros regulares realizados por la empresa sanitaria de la Quinta Región (ESVAL) entregan como resultado un ahorro mensual de \$9.766 pesos y anual de \$117.192.

A modo de resumen, la inversión propuesta de \$437.699 pesos por departamento, son recuperados en 3 años y 9 meses, lo cual hace sustentable la operación del sistema, sin mencionar el beneficio al medio ambiente.

Bibliografía

- [1] Silva, Ministra del MOP, (2013)
<http://www.emol.com/noticias/nacional/2013/10/14/624553/mop-decreta-zona-de-escasez-hidrica-en-cinco-provincias-y-cuatro-comunas-de-region-de-valparaiso.html>
- [2] Silva, Ministra del MOP, (2013)
<http://www.emol.com/noticias/nacional/2013/10/14/624553/mop-decreta-zona-de-escasez-hidrica-en-cinco-provincias-y-cuatro-comunas-de-region-de-valparaiso.html>
- [3] Golborne, Ministro del MOP, (2012)
<http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-9586.html>
- [4] Reportaje de Investigación de Alberto Arellano, declaración del Abogado Guiloff (2013)
<http://www.ciperchile.cl/2013/12/12/como-se-fraguo-la-insolita-legislacion-que-tiene-a-chile-al-borde-del-colapso-hidrico/>
- [5] Artículo 52016, Capítulo 6, Disponibilidad de Áreas Verdes, citado en Reyes y Figueroa (2010)
<http://www.mma.gob.cl/>
- [6] Metcalf y Eddy, Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización, (1996).
- [8] Superintendencia de Servicios Sanitarios, Nivel de consumo de agua potable en el país, (2008).
- [7] Ahorro del Agua, (2008)
http://www.grupoadecua.es/index.php?ver=lineas_negocio&ver_In=ahorro_agua&pagina=2
- [9] Artículo del Banco Mundial, (2011)
- [10] New South Wales Department Of Health (NSW), Greywater Reuse in Swered Single Domestic Premises, (2010)
<http://www.health.nsw.gov.au>
- [11] Imhof, Greywather Treatment on Household Level in Developing Countries, (2005)
<http://www.neer-north-south.unibe.ch/publications>
- [12] Universidad de Sevilla, Manual del carbón activo, (2009).
- [13] Segui, Sistemas de regeneración y reutilización de aguas residuales, (2004).
- [14] Homsí, Actualización para reutilización de aguas grises del Reglamento general de alcantarillados particulares, fosas sépticas, cámaras filtrantes, cámaras de contacto, cámaras absorbentes y letrinas domiciliarias, decreto supremo N°236 de 1926 del ministerio de higiene, asistencia, previsión social y trabajo, (2010).
- [15] Anexos, RIDDA
- [16] (Hernández y Cols 2010)
- [17] Metcalf y Eddy, Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización, (1996).

Anexos

Anexo 1: Cuestionario.....	50
Anexo 2: Presupuesto original conjunto Alto Los Olivos.....	52
Anexo 3: Presupuesto propuesto para conjunto Alto Los Olivos.....	58
Anexo 4: Boleta de ejemplo.....	65
Anexo 5: Planos 1/3.....	66
Anexo 5: Planos 2/3.....	67
Anexo 5: Planos 3/3.....	68
Anexo 6: CD.....	69

Anexo 1: Cuestionario**Cuestionario N°1: Preguntas Generales**

(Debe ser respondida una por vivienda)

1- Indique con una X el número de personas que habitan en la vivienda.

1 persona _____

2 personas _____

3 personas _____

4 personas _____

Otro _____

2- Indique el volumen de consumo de agua potable en metros cúbicos según estado de cuenta correspondiente al mes de JULIOConsumo agua potable: _____ m³**3- Indique el volumen de consumo de agua potable en metros cúbicos según estado de cuenta correspondiente al mes de AGOSTO**Consumo agua potable: _____ m³**4- Indique el volumen de consumo de agua potable en metros cúbicos según estado de cuenta correspondiente al mes de SEPTIEMBRE**Consumo agua potable: _____ m³**5- Indique el volumen de consumo de agua potable en metros cúbicos según estado de cuenta correspondiente al mes de OCTUBRE**Consumo agua potable: _____ m³**6- Indique el número de cuartos de baño que posee su vivienda**

Cantidad: _____

7- Marque con una X los artefactos que posee su cuarto de baño

Lavamanos: _____

Ducha/Receptáculo: _____

Ducha/Tina: _____

Bidet: _____

Cuestionario N°2: Preguntas Individuales
(Debe ser respondido por cada habitante de la vivienda)

Nombre: _____
Edad: _____
Teléfono: _____
Email: _____

- 1- **¿Con qué frecuencia se lava las manos DIARIAMENTE EN SU VIVIENDA?** (no tomar en cuenta períodos que regularmente no se encuentra en su vivienda, como en el trabajo, estudios, etc.)

Respuesta: _____

- 2- **¿Cuánto tiempo dedica a cada lavado de manos?** (marque con una X)

Entre 0 y 15 segundos _____

Entre 16 y 30 segundos _____

Entre 31 y 45 segundos _____

Entre 46 y 60 segundos _____

- 3- **¿Con que frecuencia se lava los dientes DIARIAMENTE EN SU VIVIENDA?**

Respuesta: _____

- 4- **¿Con que frecuencia se afeita SEMANALMENTE EN SU VIVIENDA?** (si no aplica, saltar a pregunta 5)

Respuesta: _____

- 5- **¿Con que frecuencia se ducha DIARIAMENTE EN SU VIVIENDA?**

Respuesta: _____

- 6- **¿Cuántos minutos demora en ducharse?** (marque con una X)

Menos de 5 minutos _____

Entre 5 y 10 minutos _____

Entre 10 y 15 minutos _____

Entre 15 y 20 minutos _____

Anexo 2: Presupuesto original conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto original conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto original conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto original conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto original conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto original conjunto Alto Los Olivos

Anexo 3: Presupuesto propuesto para conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto propuesto para conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto propuesto para conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto propuesto para conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto propuesto para conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto propuesto para conjunto Alto Los Olivos

Presupuesto propuesto para conjunto Alto Los Olivos

Anexo 5

Planos 1/3

Anexo 5

Planos 2/3

Anexo 5

Planos 3/3

Anexo 6

CD