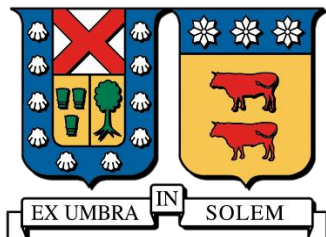


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAÍSO – CHILE



**ESTUDIO DE LA RELACIÓN COSTO
BENEFICIO DE LA REUTILIZACIÓN DE
AGUAS GRISES EN EDIFICIOS PÚBLICOS**

CLAUDIA ALEJANDRA GONZÁLEZ VILLARROEL

Memoria de titulación para optar al título de:

CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor guía:

JORGE ANDRÉS PONCE BOTTON

OCTUBRE – 2023

Agradecimientos

Quiero partir agradeciendo a mis padres, Iván y Rossy y a mi abuela, Marina, por siempre estar presentes para mí, a pesar de la distancia. A mis abuelos Edison y Celso, quienes pese a haber partido hace ya un tiempo siempre creyeron en mí y me ayudaron a convertirme en la persona que hoy soy. A mi novio, Nicolás Carmona, y su familia, quienes me han apoyado desde el momento en que me conocieron, convirtiéndose en una parte importante de mi vida.

A mis amigos, por haber hecho de esta la mejor etapa de mi vida. Gracias por todos los buenos momentos que he vivido con ustedes y por la ayuda que me han brindado desde que nos conocimos.

Finalmente, agradezco a mi profesor guía, Jorge Ponce, por toda la ayuda brindada durante este proceso y también a Héctor Soto, funcionario del Poder Judicial, quien me entregó información referente a los edificios analizados en esta memoria y a la reutilización de aguas grises en Chile, además de ayudarme a dar respuesta a las interrogantes que tenía respecto a las instalaciones sanitarias.

Muchas gracias a todos.

Resumen

Actualmente, Chile está enfrentando la mayor crisis hídrica de su historia, con grandes ciudades que están viendo amenazado el suministro continuo de agua potable. Es así, que la reutilización de las aguas grises se presenta como una alternativa viable que permitiría al país darle un uso más eficiente al recurso hídrico. En esta memoria, junto con diseñar un sistema de recirculación de aguas grises, se analizaron los costos y los beneficios que supondría para el Estado de Chile la reutilización de las aguas grises en tres edificios pertenecientes al Poder Judicial. Los cálculos realizados permiten demostrar que instalar un sistema de este tipo es económicamente viable, ya que se logra la recuperación de la inversión dentro de los años de vida útil de las edificaciones. Por otro lado, este tipo de sistema trae consigo además beneficios sociales y medioambientales, permitiendo no estresar de sobremanera los cuerpos hídricos y disponiendo de una mayor cantidad de agua potable para la población debido al no consumo de esta en actividades como la descarga de la cisterna de un inodoro.

***Palabras claves:** aguas grises, reutilización de aguas grises, sistema de tratamiento de aguas grises.*

Abstract

Currently, Chile is facing its most severe water crisis in history, with major cities experiencing a continuous threat to their potable water supply. In this context, the reuse of greywater emerges as a viable alternative that would enable the country to achieve a more efficient use of its water resources. This study, along with designing a greywater recycling system, the costs and benefits associated with implementing greywater reuse systems in three buildings owned by the Chilean Judiciary Power were analyzed. The calculations performed on this work, demonstrate that installing such a system is economically feasible, as the investment can be recovered within the lifespan of the buildings. Furthermore, this type of system offers social and environmental advantages by alleviating stress on water bodies and increasing the availability of potable water for the population, due to reduced consumption in activities such as toilet flushing.

Keywords: *greywater, greywater reuse, greywater facility, on-site reuse.*

Glosario

MBR: Biorreactor de membrana.

μS/cm: Micro siemens por centímetro.

Siemens: Unidad de conductancia.

pH: Potencial de hidrógeno. Medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución.

MAP: Medidor de agua potable.

CAPJ: Corporación Administrativa del Poder Judicial.

AP: Agua Potable

AG: Aguas Grises

SRAG: Sistema de Recirculación de Aguas Grises

APEP: Ahorro de Agua Potable Equivalente en Personas

DAPSRAG: Disponibilidad de agua por persona utilizando sistemas de recirculación de aguas grises

Contenido

Agradecimientos	i
Resumen	ii
Abstract	iii
Glosario	iv
Índice de figuras	vi
Índice de tablas	vii
1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1 Objetivos generales.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. Justificación del tema.....	4
4. Aguas grises.....	11
4.1 Características y composición.....	11
4.1.1 Características físicas	11
4.1.2 Características químicas	12
4.1.3 Características biológicas	13
4.1.4 Composición y características según origen.....	14
4.2 Normativa sobre las aguas grises	14
4.2.1 Ejemplos en otros países	14
4.2.2 Normativa en Chile	15
4.3 Usos de las aguas grises.....	16
5. Edificios a analizar.....	18
5.1 Juzgado de Letras de Laja.....	18
5.2 Juzgado de Letras de Vicuña.....	20
5.3 Centro de Justicia de Viña del Mar	22
6. Tratamientos	25
6.1 Tipos de tratamientos.....	25
6.2 Propuesta para tratar aguas grises de los edificios	25
7. Análisis.....	29

7.1 Definiciones sobre cubicaciones y presupuesto	29
7.1.1 Juzgado de Letras de Laja	31
7.1.2 Juzgado de Letras de Vicuña	34
7.1.3 Centro de Justicia de Viña del Mar	36
7.2 Costo del consumo de agua potable	40
7.2.1 Juzgado de Letras de Laja	40
7.2.2 Juzgado de Letras de Vicuña	41
7.2.3 Centro de Justicia de Viña del Mar	42
7.3 Otras implicancias	44
8. Conclusiones.....	48
9. Bibliografía.....	50
Anexo A	51
Anexo B.....	52

Índice de figuras

Figura 1. Chañaral tras el aluvión.....	4
Figura 2. Precipitaciones anuales [mm], estación meteorológica Rodelillo.	5
Figura 3. Anomalías de precipitación anual en Santiago entre 1866 y 2018	6
Figura 4. Imagen satelital Lago Peñuelas, 2014 vs 2019	7
Figura 5. Variación de caudales agosto 2019, respecto al promedio para la misma fecha en el periodo 1981-2010.....	8
Figura 6. Mapa de déficit/superávit de precipitaciones acumuladas agosto de 2019, respecto al promedio histórico para la misma fecha en el periodo 1981-2010.....	9
Figura 7. Juzgado de Letras de Laja	20
Figura 8. Oferta vs demanda de agua en Chile.....	21
Figura 9. Juzgado de Letras de Vicuña.....	22
Figura 10. Centro de Justicia de Viña del Mar	23
Figura 11. Esquema de coagulación y floculación	26
Figura 12. Esquema funcionamiento EcoStep PRO	26
Figura 13. EcoStep PRO	27
Figura 14. Vista del equipo EcoStep PRO 4	28
Figura 15. Configuración de un sistema de tratamiento de aguas grises utilizando EcoStep Pro.....	28

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de las aguas grises según su origen.....	14
Tabla 2. Características de aguas grises según su origen.....	14
Tabla 3. Dotación del Tribunal de Letras y Garantía de Laja	19
Tabla 4. Dotación del Tribunal de Letras de Vicuña	21
Tabla 5. Dotación Centro de Justicia de Viña del Mar	23
Tabla 6. Antecedentes de los proyectos	24
Tabla 7. Generación de AG por edificio	24
Tabla 8. Costo piping por reutilización de aguas grises, Juzgado de Letras de Laja	32
Tabla 9. Instalación sistema de tratamiento de aguas grises, Juzgado de Letras de Laja	33
Tabla 10. Presupuesto depósito Laja	34
Tabla 11. Resumen costo instalación sistema de aguas grises en Laja.....	34
Tabla 12. Costo piping por reutilización de aguas grises, Juzgado de Letras de Vicuña	35
Tabla 13. Presupuesto depósito Vicuña	36
Tabla 14. Resumen costo instalación sistema de aguas grises en Vicuña	36
Tabla 15. Costo piping por reutilización de aguas grises, Centro de Justicia de Viña del Mar	37
Tabla 16. Instalación sistema de tratamiento de aguas grises, Centro de Justicia de Viña del Mar	38
Tabla 17. Presupuesto depósito Viña del Mar.....	39
Tabla 18. Resumen costo instalación sistema de aguas grises en Viña del Mar	39
Tabla 19. Dotación y costo AP, Juzgado de Letras de Laja.....	40
Tabla 20. Consumo y costo mensual de aguas grises, Juzgado de Letras de Laja	41
Tabla 21. Dotación y costo AP, Juzgado de Letras de Vicuña.....	42
Tabla 22. Consumo y costo mensual de aguas grises, Juzgado de Letras de Vicuña.....	42
Tabla 23. Dotación y costo AP, Centro de Justicia de Viña del Mar	43
Tabla 24. Consumo y costo mensual de aguas grises, Centro de Justicia de Viña del Mar.	43
Tabla 25. Cuadro resumen de inversión.....	44
Tabla 26. Rentabilidad de los proyectos	44
Tabla 27. Disponibilidad de agua por persona al utilizar SRAG	45
Tabla 28. Disponibilidad de acceso al AP según permisos de edificación	47

1. Introducción

El día 23 de septiembre de 2019, mientras los líderes mundiales se reunían en Nueva York con motivo de asistir a la Cumbre sobre la Acción Climática ONU 2019, Enrique Anarte, periodista de la Deutsche Welle, publicaba un artículo titulado “El día que Chile se quede sin agua”¹, en el cual algunos científicos plantearon su preocupación respecto al panorama que se aproxima, previendo que para el año 2022 el país tendría que tomar medidas como el racionamiento del agua en ciudades como Santiago. Estas predicciones, aunque no se cumplieron, siguen representando un riesgo latente para algunas comunas de la capital². Por otro lado, se espera que para el año 2025 Chile se posicione como uno de los 30 países con mayor riesgo hídrico del mundo, siendo el país peor posicionado de Latinoamérica en este ámbito³.

La grave sequía que afecta al país desde hace ya más de 10 años (Lara, 2021), y que no ha hecho más que empeorar, ha hecho necesario que las autoridades busquen soluciones a la escasez hídrica que se está presentando producto de la falta de precipitaciones, siendo una de las soluciones propuestas la reutilización de las aguas grises. Esta propuesta no es nueva, ya que diversos países del mundo han comenzado a reutilizar las aguas grises, tanto a nivel doméstico como público, con el fin de preservar un bien que es cada vez más escaso: el agua. En Chile, sin embargo, previo al año 2018 esta práctica no era regulada. Durante febrero de aquel año se promulgó una ley que, por primera vez, introdujo la figura de aguas grises en la legislación chilena y permitió, de manera legal, recircular estas aguas para ciertos fines, los cuales se encuentran definidos en aquel estatuto.

Considerando que uno de los objetivos del Estado es alcanzar el bien común, parece no sólo necesario, sino razonable esperar que éste se haga parte del cuidado del agua y el medioambiente impulsando cambios a través de la legislación y la mejor aplicación de esta. Es así como, desde hace ya algunos años, el Poder Judicial ha realizado esfuerzos por construir edificios con un diseño y construcción sostenible⁴, obteniendo, hasta la fecha de entrega de esta memoria, la certificación LEED en 10 de ellos⁵, lo que se suma a las certificaciones CES (certificación edificio sustentable) que han obtenido otras instituciones del Estado como el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

En base a los antecedentes expuestos sobre la escasez hídrica en Chile, y los esfuerzos de diversas instituciones, se plantea la necesidad de diseñar un sistema de tratamiento y recirculación de aguas grises en edificios públicos, con el objetivo de evaluar los costos y

¹ <https://www.dw.com/es/el-d%C3%ADa-que-chile-se-queda-sin-agua/a-50552299>

² <https://www.24horas.cl/nacional/agua-en-las-condes-vitacura-y-lo-barnechea-si-sigue-bajando-el-rio-mapocho-enfrentamos-riesgo-de-rationamiento-5152912>

³ <https://www.24horas.cl/nacional/chile-estara-entre-30-paises-con-mayor-riesgo-hidrico-en-el-mundo-al-ano-2025-3189186>

⁴ <https://www.pjud.cl/prensa-y-comunicaciones/noticias-del-poder-judicial/61115>

⁵ <https://www.pjud.cl/prensa-y-comunicaciones/noticias-del-poder-judicial/61115>

beneficios asociados a esta práctica. En este sentido, el presente estudio se enfocará en analizar tres edificaciones pertenecientes a la cartera de proyectos del Poder Judicial, con el fin de evaluar la viabilidad de implementar dicho sistema, su implicancia económica y los efectos que tendría en la comunidad la aplicación de métodos de recirculación de aguas grises de manera masiva en proyectos de edificación. A través de este análisis, se busca por lo tanto generar información relevante para respaldar la adopción de prácticas sostenibles en el uso del agua y contribuir al bienestar de la comunidad y la preservación del medio ambiente.

2. Objetivos

2.1 Objetivos generales

Determinar los beneficios y el costo de implementación de un sistema de recirculación de aguas grises en inodoros en proyectos de infraestructura del Poder Judicial.

2.2 Objetivos específicos

1. Estimar el volumen de agua potable no consumida por edificio analizado, debido a la reutilización de aguas grises.
2. Diseñar un sistema de captación y recirculación de aguas grises para los edificios del Poder Judicial.
3. Valorizar la implementación de un sistema de tratamiento y recirculación de aguas grises en inodoros.
4. Determinar el ahorro del costo operacional anual por menor consumo de agua potable en los edificios analizados.

3. Justificación del tema

Chile, al igual que otros países del mundo, ha vivido eventos climáticos extremos en los últimos años. En marzo de 2015, la región de Atacama se vio afectada por unas intensas precipitaciones. En menos de 24 horas se registraron más de 50 mm de precipitaciones⁶, provocando aluviones y el desborde de ríos como El Salado y Copiapó⁷. Los datos oficiales cifran los muertos en más de dos decenas y miles de damnificados. Al Gore, Ex vicepresidente de Estados Unidos y ganador del Premio Nobel de la Paz por sus esfuerzos para combatir el calentamiento global, explicó durante la Cumbre de París en 2015 que eventos extremos como éste no harán más que aumentar a medida que el cambio climático vaya expandiéndose.



Figura 1. Chañaral tras el aluvión.
Fuente: Reuters

Cuatro años después de las intensas precipitaciones vividas en el norte del país, la zona central vivió uno de los años más secos de los que se tiene registro. Durante 2019 se registraron 83 mm de agua caída en Santiago, convirtiéndose así en el segundo año más seco durante los últimos 50 años, siendo superado únicamente por 1968 cuando se registraron 67,6 mm de precipitaciones. Valparaíso, por otro lado, se encuentra en una condición aún más desfavorable ya que el año 2019 fue el segundo año más seco en un siglo⁸.

Sin embargo, aquel no ha sido el único año seco que ha vivido la ciudad de Valparaíso, pues presenta un déficit pluvial casi constante a partir del año 2003. El promedio

⁶ <https://www.latercera.com/noticia/fuertes-lluvias-y-aluviones-dejan-dos-muertos-y-22-desaparecidos-en-el-norte/>

⁷ <https://www.mch.cl/2015/05/20/una-mirada-los-efectos-de-los-aluviones-en-el-norte-de-chile/#>

⁸ <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/santiago-vive-el-ano-mas-seco-en-50-anos/920713/>

de lluvias de los últimos 40 años es de 578,4 [mm], siendo 1997 el año más lluvioso en todo este período y 2019 el más seco, con una precipitación acumulada de tan sólo 117,4 [mm], representando, aproximadamente, un 21% del promedio. Dos años más tarde, se registró a nivel nacional como el año con menos precipitaciones y más cálido de la historia⁹, agudizando la situación hídrica del país.

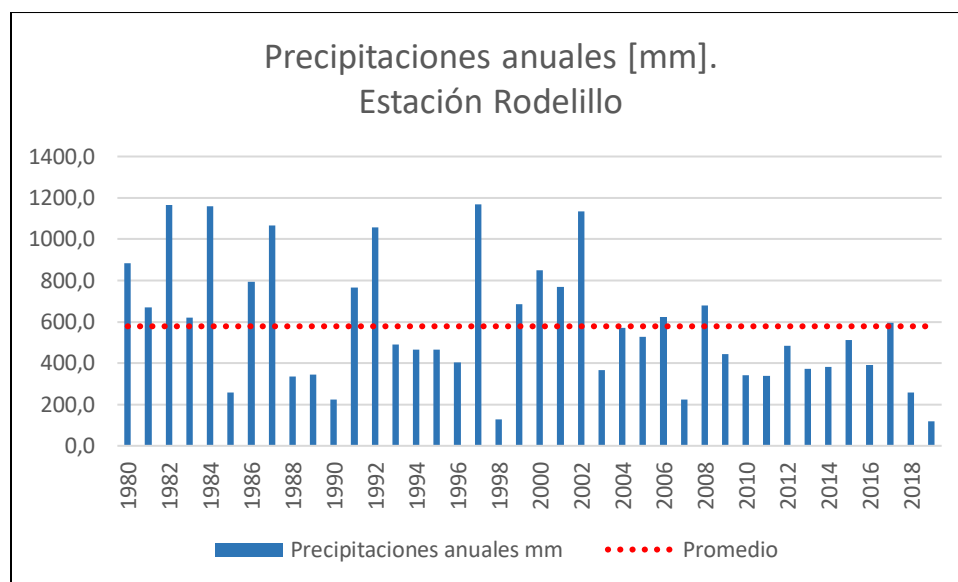


Figura 2. Precipitaciones anuales [mm], estación meteorológica Rodelillo.
Fuente: Elaboración propia

En diciembre de 2018, la Dirección Meteorológica de Chile realizó un gráfico en el que se resaltan los períodos más secos que se han vivido en la ciudad de Santiago desde 1866 hasta 2018 (ver Figura 3), demostrando que es normal que se presenten períodos secos¹⁰, pero que ninguno de ellos se compara como periodo al que se vive actualmente en el país y que afecta principalmente a las zonas comprendidas entre las regiones de Coquimbo y el Maule¹¹.

⁹ <https://bit.ly/3G8QTVV>

¹⁰ <https://blog.meteochile.gob.cl/2018/12/28/megasequia-la-historia-continua/>

¹¹ <https://bit.ly/3o4ekJO>

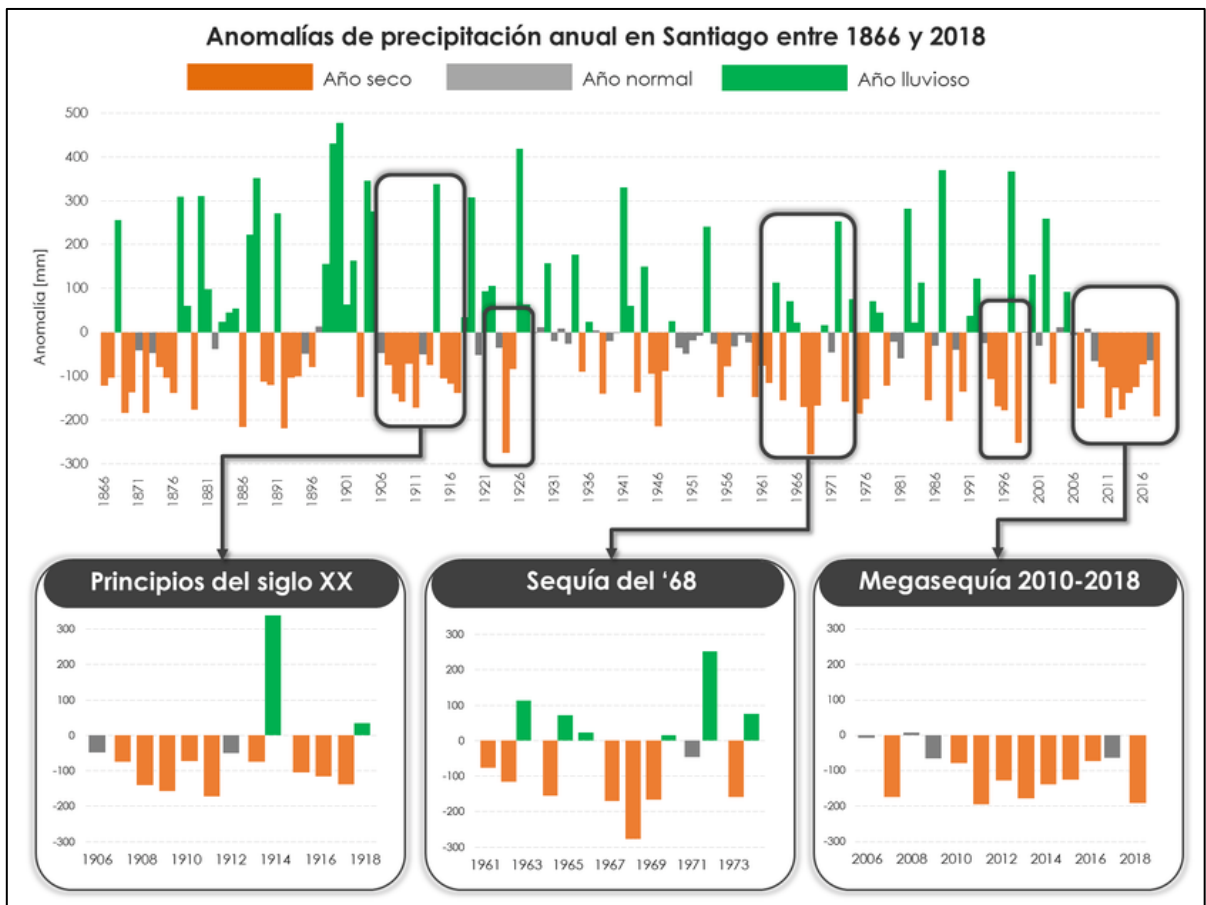


Figura 3. Anomalías de precipitación anual en Santiago entre 1866 y 2018
Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

Sin embargo, y pese a la disminución en las precipitaciones, el consumo de agua potable sigue en aumento¹². De acuerdo con los registros del año 2019, los mayores consumidores a nivel nacional son las principales ciudades del país, las que se encuentran en las regiones de Valparaíso (3,6 m³/s), Metropolitana (2 m³/s) y Tarapacá (2 m³/s)¹³. En las primeras dos regiones, el déficit hídrico ha llevado a las autoridades a tomar distintas medidas, entre las cuales se encuentra, por ejemplo, la declaración de zona de escasez hídrica¹⁴.

La falta de precipitaciones en la zona central ha afectado enormemente a los cuerpos hídricos presentes en esta parte del territorio. El Lago Peñuelas, otrora principal fuente de abastecimiento de agua potable del Gran Valparaíso, se encontraba a inicios del 2020 con menos del 10% de su capacidad. Las bajas precipitaciones registradas en la zona no habían permitido que éste se recuperase, produciendo una disminución importante en su volumen¹⁵.

¹² <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-19464.html>

¹³ <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/05/radiografia-del-agua.pdf>

¹⁴ <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>

¹⁵ <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-valparaiso/2019/10/05/sequia-en-la-region-de-valparaiso-lago-penuelas-cuenta-con-menos-del-10-de-su-capacidad.shtml>

Esto último produjo que la empresa sanitaria encargada de suministrar agua a esta zona de la región de Valparaíso, Esval, deba recurrir a otras fuentes de agua potable, como el Tranque de la Luz, ubicado en Placilla.



Figura 4. Imagen satelital Lago Peñuelas, 2014 vs 2019
Fuente: Twitter, @alertahidrica.

El Mercurio, en su edición del 15 de septiembre de 2019, publicó un artículo denominado “mapa de la sequía en Chile por región”¹⁶ en el que da cuenta que el país se encuentra atravesando una gran sequía ya que al comparar con datos históricos se puede observar que los caudales de los ríos que se ubican entre las regiones de La Serena y El Maule habían disminuido, a agosto de 2019, en más de un 45% cada uno respecto al promedio histórico evaluado a la misma fecha entre los años 1981 y 2010 (ver Figura 5). Además, en aquel artículo también se da cuenta del déficit de precipitaciones que hubo en el mismo período entre las regiones de Atacama y Magallanes (ver Figura 6). Por otro lado, durante ese mismo mes, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) publicó su informe “Pronóstico de caudales de deshielo 2019-2020”, para lo cual analizaron cuencas ubicadas entre las regiones de Atacama y Ñuble. De las 19 cuencas que se muestran en el informe, todas presentan un déficit respecto al volumen histórico de, al menos, un 36%. La disminución en las cuencas puede verse explicada por la mega sequía que afecta al país desde el año 2006. En este sentido, es posible hacer una diferencia entre dos tipos de sequía, principalmente, la meteorológica y la hidrológica¹⁷.

La sequía meteorológica es aquella que produce una escasez de las precipitaciones y es la puerta de entrada para los otros tipos de sequía. Su origen se relaciona con el

¹⁶ <https://digital.elmercurio.com/mobile/#2019/09/15/B/NT3LOL8S>

¹⁷ <https://bit.ly/3ILRrT4>

comportamiento global del sistema océano-atmósfera, influyendo en él factores naturales y humanos, entre los que destacan la deforestación y el incremento en los gases de efecto invernadero.

La sequía hidrológica, por otro lado, es aquella que explica la disminución de los caudales en las cuencas chilenas. Puede demorarse meses o años en comenzar a manifestarse, dependiendo de la disminución de las lluvias, y puede dar paso a una sequía agrícola y/o socioeconómica.

En mayo de 2014, el Gobierno publicó su “Análisis de la situación hídrica en Chile, propuestas y políticas”. Allí, se detalla que se declaró emergencia agrícola en 102 comunas ubicadas entre las regiones de Valparaíso y el Maule. En aquellos años, y de acuerdo con lo manifestado en aquel informe, el déficit hídrico afectaba no sólo el riego si no también el consumo humano de agua en zonas rurales. Hoy, esa situación está comenzando a amenazar también a las grandes ciudades. En 2020, se declaró a las regiones de Valparaíso y Coquimbo como zonas de catástrofe y se decretó escasez hídrica en 134 comunas¹⁸.

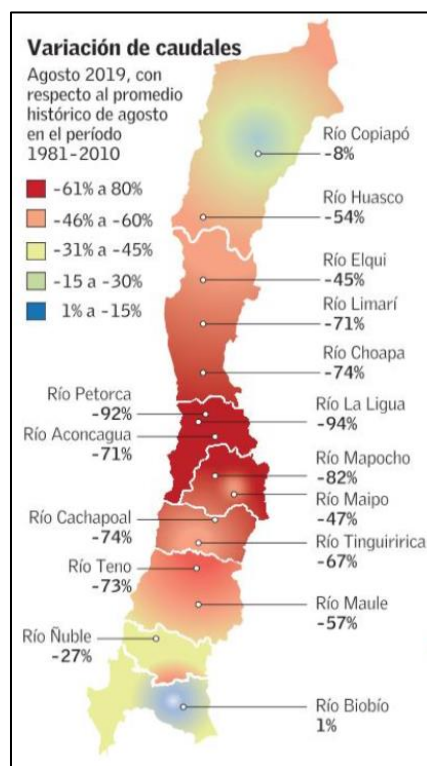


Figura 5. Variación de caudales agosto 2019, respecto al promedio para la misma fecha en el periodo 1981-2010

Fuente: El Mercurio

¹⁸ <https://www.lun.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2020-02-05&NewsID=445086&BodyID=0&PaginaId=14>

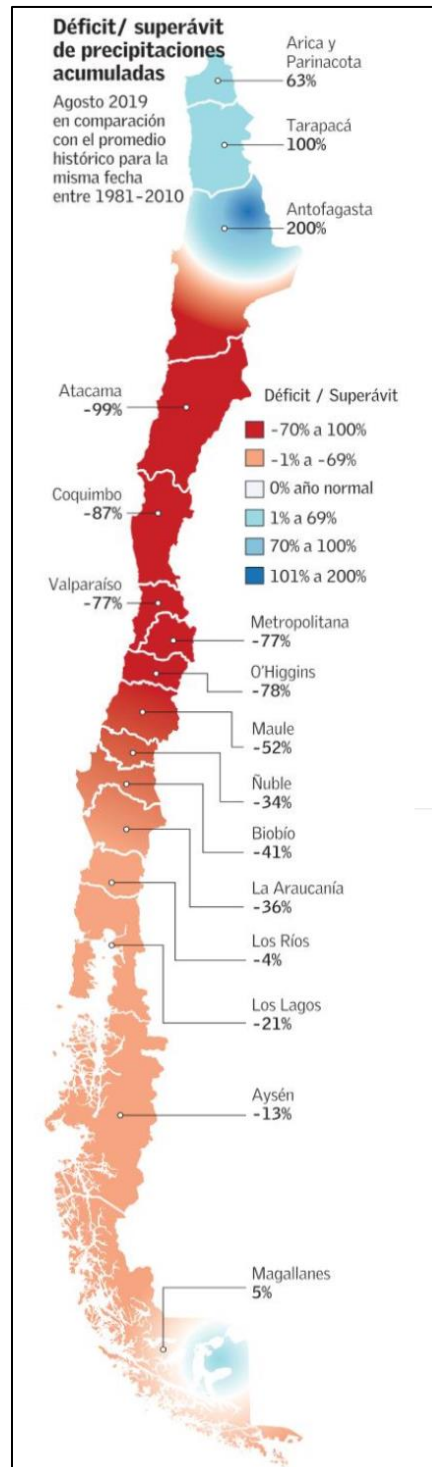


Figura 6. Mapa de déficit/superávit de precipitaciones acumuladas agosto de 2019, respecto al promedio histórico para la misma fecha en el periodo 1981-2010

Fuente: El Mercurio

Por lo tanto, la crisis hídrica que vive el país obliga a tomar medidas concretas para optimizar el uso de los recursos hídricos, a los que además de realizar campañas de educación

en todos los niveles, requiere acciones como la reutilización del agua, motivo por el que se analizarán los costos y beneficios de recircular las aguas grises en inodoros.

4. Aguas grises

Las aguas residuales se dividen en aguas grises y aguas negras, siendo la principal diferencia que las aguas negras contienen desechos humanos como orina y materia fecal, proviniendo en su mayoría de inodoros y urinarios. Por otro lado, las aguas grises se clasifican en claras y oscuras. Las aguas grises claras provienen de tinajas, duchas y lavamanos, mientras que las oscuras son aquellas que se encuentran un poco más contaminadas y pueden provenir de lavavajillas, lavaplatos y lavadoras.

4.1 Características y composición

Las características y composición de las aguas grises dependen de diversos factores como su origen, la calidad de agua potable, el sistema de distribución utilizado, los productos de higiene y limpieza, el estilo de vida de las personas que utilizan las instalaciones de agua, entre otros (Oten-Pepurah, Agbesi Acheampong y deVries¹⁹).

Diversos investigadores, tales como Oten-Pepurah et al. en “Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategies and user perception – a review”, Gross et al. en “Greywater reuse”, Boyjoo et al. en “A review of greywater characteristics and treatment processes”, Matos et al. en “Greywater use in irrigation: characteristics advantages and concerns”, entre otros, plantean que las características de las aguas grises se pueden clasificar en físicas, químicas y biológicas. A continuación, se presentan los parámetros más relevantes según estos autores.

4.1.1 Características físicas

Temperatura: La temperatura del agua puede variar según el clima de la región. En aquellas zonas con climas más fríos la temperatura del agua varía entre los 7°C y los 18°C, mientras que en zonas más cálidas puede variar entre los 13°C y los 24°C. Las altas temperaturas del agua pueden producir efectos no deseados como proliferación de microorganismos y formación de sales inorgánicas que se vuelven menos solubles a altas temperaturas. Sin embargo, y de acuerdo con Gross et al.²⁰, también pueden acelerar el tratamiento biológico y volverlo más eficiente.

Color: En la mayoría de los casos poseen un color grisáceo, el cual puede variar dependiendo de los productos que se utilicen en el agua (jabones, detergentes, etc.). Se recomienda realizar un tratamiento que remueva el color del agua por motivos estéticos.

Olor: El origen de los olores en las aguas grises suelen ser los químicos que se vierten en ésta. Si se almacenan aguas grises sin tratar por un período prolongado de tiempo, disminuye el oxígeno y da paso a un proceso de descomposición anaeróbico que reduce

¹⁹ Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception – a Review (2018)

²⁰ Greywater reuse (2015)

sulfatos a compuestos que contienen sulfuros, que son los causantes de los malos olores. Su medición es compleja e impráctica.

Sólidos Suspendedos Totales (SST): Se define como partícula sólida a aquella que mide más de 1 μm . La cantidad de sólidos suspendedos totales dependerá del origen de las aguas grises, si la mayor parte de éstas provienen de la cocina y la lavadora, es probable una mayor cantidad de SST. Las fuentes de origen de los SST son restos de comida, pelos, tierra, polvo, fibras, entre otros.

Sólidos Disueltos Totales (SDT): Dentro de este parámetro se encuentran las sales, minerales, metales y cualquier otro compuesto, ya sea orgánico o inorgánico que se encuentra disuelto en el agua. La sumatoria entre los SST y los SDT dan como resultados los sólidos totales (ST).

Turbidez: Es el grado de transparencia del agua. Mientras mayor sea la cantidad de ST en el agua, mayor será la turbidez. Su valor varía entre los 19 y los 444 NTU, dependiendo de su origen, siendo las aguas provenientes de la cocina y la lavadora las más turbias. Suele producirse por sólidos suspendedos, arcilla, materia orgánica, algas y microorganismos. Causa daños estéticos y disminuye la eficacia de la desinfección (Gross et al²¹).

4.1.2 Características químicas

Salinidad: El sodio, el nitrógeno y los fosfatos son las principales fuentes de origen de la salinización del agua. Una alta salinidad del agua puede afectar la vegetación y las propiedades del suelo, por lo cual es importante estar atento a estos parámetros para evitar posibles daños en la tierra. Uno de los compuestos más nocivo es el sodio, que puede encontrarse en productos como jabones y champús.

Electro conductividad (EC): La EC permite estimar la concentración de sales disueltas en el agua, que normalmente varía entre los 14 y los 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; esto dependerá del origen del agua y del tipo de material de las tuberías. Las aguas subterráneas, así como las tuberías baratas o antiguas suelen tener una conductividad eléctrica mayor. Mientras mayor sea la conductividad eléctrica de las aguas grises, mayor será la salinidad de ésta.

pH: El pH de las aguas grises depende en gran medida del pH del suministro de agua potable y normalmente se encuentra entre los rangos 5 a 9. Debido a la gran cantidad de productos de limpieza utilizados en la actualidad, tales como detergentes, lavalozas y jabones, por nombrar algunos, el pH se ve alterado. Cuando la mayor parte de las aguas grises proviene del lavado de ropas, éstas presentan un pH más alto debido a la alcalinidad del detergente.

²¹ Greywater reuse (2015)

Nutrientes: Nutrientes como el nitrato y el fosfato se pueden encontrar en diferentes concentraciones en las aguas grises. Los primeros provienen de los residuos de la cocina, además de surfactantes catiónicos, y pueden hallarse en concentraciones entre los 4 y los 74 mg/L, mientras que los fosfatos proceden principalmente de los detergentes y pueden encontrarse en las mismas concentraciones que los nitratos. Concentraciones elevadas de estos elementos pueden ser beneficiosos en caso de reutilizar las aguas grises para regar, ya que suelen servir de abono para las plantas.

Materia orgánica: Es un factor importante para determinar la calidad de las aguas grises. Puede provocar daños a la salud y al medioambiente, como por ejemplo afectar la conductividad hidráulica del suelo²² o disminuir el oxígeno disuelto en el agua produciendo sulfatos.

Compuestos orgánicos xenobióticos (XOC): Los XOC suelen provenir de productos de belleza y de limpieza, como protectores solares, tinturas para el pelo, limpiadores, desinfectantes, entre otros. Algunos de estos productos son, generalmente de baja degradabilidad y pueden significar un riesgo para el medioambiente en caso de llegar a los suelos o las aguas.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica, convirtiéndola en dióxido de carbono y agua. Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Se define como la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para degradar las sustancias orgánicas del agua. A diferencia de la DQO es un proceso biológico y se utiliza para medir el grado de contaminación. Este análisis suele efectuarse bajo condiciones estándar, a 20°C de temperatura durante 5 días (DBO₅).

Biodegradabilidad del agua: Se determina según la proporción entre la DBO₅ y la DQO. Mientras mayor sea la proporción DBO₅/DQO menor será la biodegradabilidad del residuo. Normalmente, las aguas grises presentan una buena biodegradabilidad. De acuerdo con Oten-Prepah et al.²³, la proporción DBO₅/DQO de las aguas grises se encuentra entre los rangos 0,31 y 0,71²⁴.

4.1.3 Características biológicas

Las aguas grises contienen microorganismos como bacterias, protozoos y gusanos. Se ha observado la presencia de patógenos como la salmonela en este tipo de aguas debido principalmente a un manejo inapropiado de los alimentos o la manipulación de alimentos

²² Conductividad hidráulica del suelo: Es la habilidad del suelo para conducir el agua.

²³ Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategies and user perception – a review (2018)

²⁴ Algunos investigadores, como Gross et al. miden la biodegradabilidad del agua utilizando la ratio DQO/DBO₅, mientras que otros como Oten-Prepah et al. lo miden utilizando la proporción DBO₅/DQO.

contaminados. Pese a que las aguas grises provienen de fuentes distintas al inodoro, la contaminación fecal puede ser común.

4.1.4 Composición y características según origen

Las aguas grises provienen, principalmente, de tres tipos de fuentes distintas (lavadora, baño y cocina) y se componen de una mezcla de jabones, detergentes, champú, aceite de cocina y restos de comida dependiendo de su origen.

Tabla 1. Composición de las aguas grises según su origen

Origen	Composición
Lavadora	Sodio, fósforo, surfactantes, nitrógeno, espuma, cloro, sólidos suspendidos, aceite y grasa, pinturas, solventes, fibras textiles, bacterias, virus.
Baño	Jabón, pasta de dientes, champú, cremas corporales, cremas de afeitarse, grasa corporal, cabello, restos de piel, orina y fecas.
Cocina	Restos de comida, aceite de cocina y grasa, detergente, sólidos suspendidos, nutrientes, sal, bacterias, espuma.

Fuente: Management of Greywater in Developing Countries

A continuación, se presenta una tabla con las principales características de las aguas grises según su origen.

Tabla 2. Características de aguas grises según su origen

Origen	Características
Lavadora	Bacterias, cloro, espuma, alto pH, agua caliente, nitratos, aceite y grasa, sales, jabones, sólidos suspendidos
Baño	Bacterias, pelo, agua caliente, hedor, aceite y grasa, jabones, sólidos suspendidos
Cocina	Bacterias, partículas de comida, agua caliente, hedor, aceite y grasa, jabón, alto pH y sodio, sólidos suspendidos

Fuente: Departamento de Salud de Washington DC

4.2 Normativa sobre las aguas grises

4.2.1 Ejemplos en otros países

- **Singapur:** Esta isla ubicada en el Sudeste asiático se caracteriza por su baja disponibilidad de agua potable.

Su legislación contempla la reutilización de aguas grises a nivel doméstico y en edificios comerciales y de oficina. Permite la captación de las aguas provenientes de tinas, lavamanos, duchas y lavadoras y prohíbe la descarga al sistema de tratamiento de aguas

grises de químicos como pinturas, pesticidas, aceite de motor y residuos farmacéuticos. Establece, además, los tipos de tratamiento, la capacidad y la instalación que se le deben otorgar a las aguas grises. No permite un almacenamiento de aguas grises no tratadas por un periodo superior a 24 horas y, a su vez, los estanques de almacenamiento de aguas grises tratadas no pueden tener una capacidad superior a la demanda de agua del establecimiento durante 24 horas.

- **Australia, Territorio Capital:** Australia se divide en Estados Federados, por lo que la legislación varía a lo largo del territorio. En Canberra, Territorio Capital, se establece, a nivel doméstico, que se pueden reutilizar las aguas grises provenientes de lavamanos, tinas y duchas al igual que el agua proveniente de las lavadoras.

A diferencia de Singapur, en Canberra se pueden reutilizar las aguas grises sin tratamiento, sin embargo, éstas no pueden ser almacenadas por más de 24 horas, en caso de querer almacenarlas por más tiempo éstas deben ser tratadas. No se menciona el uso de aguas grises en establecimientos públicos.

- **Estados Unidos, Oregón:** En este Estado del norte de Estados Unidos, se permite la reutilización de las aguas grises a nivel doméstico y en estructuras que generen menos de 4.500 litros de aguas grises por día. A diferencia de Canberra y Singapur, permite las aguas grises provenientes de la cocina, las cuales deben ser tratadas previamente con el fin de disminuir los agentes contaminantes. Establece usos diferentes para aguas grises tratadas y no tratadas.

4.2.2 Normativa en Chile

Previo al 2018, la legislación chilena no hacía mención del concepto de “aguas grises”. Las leyes y reglamentos, como la Ley General de Servicios Sanitarios, el Código Sanitario y el Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado sólo hacían referencia al concepto de aguas servidas. Fue a través de una norma técnica de ingeniería sanitaria, la NCh 1105 que se estableció por primera vez, en el año 1999, la distinción entre aguas grises y aguas negras. Las aguas grises se definieron como las provenientes de tinas, duchas, lavatorios, lavaplatos y similares, excluyendo las aguas negras que contienen excretas. Sin embargo, y tal como indicó Sofía Carrasco a la revista SustentaBIT en diciembre de 2011 “es una norma estrictamente técnica, que no tiene el alcance ni rigor de una ley o reglamento”²⁵.

La falta de consideración legal de las aguas grises y negras representaba un obstáculo para la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises en Chile. Un artículo de la revista MásDeco, publicado el 1 de febrero de 2018, señalaba que en ese momento, menos del 1% de los hogares en Chile reutilizaban las aguas grises y que aquellos proyectos podrían

²⁵ <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/23333-2.pdf>

haber sido considerados ilegales²⁶. Otro problema planteado por el abogado Gonzalo Muñoz era el tema de los derechos de agua ya que se espera que un porcentaje del agua consumida en Chile regrese a la red de alcantarillados, lo que dificultaba la reutilización del 100% de las aguas de un hogar²⁷.

Sin embargo, a partir del 15 de febrero del año 2018 se publicó en el Diario Oficial la Ley n°21.075 que regula la recolección, reutilización y disposición de las aguas grises. A su vez, se publicó una modificación a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) donde se establecen los trámites y requisitos de los permisos de loteo y edificación que incorporen sistemas de reutilización de aguas grises.

4.3 Usos de las aguas grises

A nivel mundial a las aguas grises se le otorgan, principalmente, los siguientes usos:

- Riego: parques, centros deportivos, jardines residenciales, cementerios, jardines de establecimientos educacionales, etc.
- Limpieza: calles, vehículos, lavadoras, etc.
- Control de incendios.
- Descarga de cisterna de inodoros y urinarios.

Es importante destacar que algunos de los usos mencionados anteriormente, como por ejemplo la limpieza de calles, no se encuentran considerados dentro de la Ley n°21.075.

A nivel industrial, las aguas grises tienen numerosos usos. En general, se pueden reutilizar en todos aquellos procesos que no requieran agua de gran calidad y que no estén destinados a la fabricación de alimentos o bienes de consumo humano. Entre sus usos se encuentran: calderas, transporte de material, entre otros.

Además de los usos mencionados, la legislación chilena contempla un ítem relacionado con los usos ambientales de las aguas grises. Estas podrán ser utilizadas para regar árboles reforestados, mantención de humedales y otros que contribuyan a la conservación y sustentabilidad ambiental.

El uso en el área de la agricultura no está considerado dentro de la Ley n°21.075, sin embargo, el 2 de enero de 2020, la Radio Preludio informó que agricultores de la comuna de Panquehue, ubicada en la zona precordillerana de la región de Valparaíso, reutilizarían aguas grises para riego²⁸. Por otro lado, un agricultor de Olmué instaló un sistema de reutilización

²⁶ <https://www.latercera.com/masdeco/aguas-grises-jardin-bajo-costo/>

²⁷ <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/23333-2.pdf>

²⁸ <https://www.preludioradio.cl/en-panquehue-reutilizaran-aguas-grises-para-riego-agricola/>

de aguas grises para regar sus árboles frutales, el cual financió en conjunto con el Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP)²⁹.

²⁹ <https://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2020/01/16/agricultor-de-olmu%C3%A9-juan-altamirano-reutiliza-agua-de-lavadora-ducha-y-lavamanos-para-regar-sus-frutales>

5. Edificios a analizar

Por solicitud de la Corporación Administrativa del Poder Judicial, en adelante CAPJ, en esta memoria se analizarán tres proyectos: Juzgado de Letras de Laja, Juzgado de Letras de Vicuña y Centro de Justicia de Viña del Mar. Los antecedentes que se tienen a la vista para este estudio son los siguientes:

- Planos
- Especificaciones Técnicas
- Itemizado³⁰
- Presupuesto³¹
- Memoria de cálculo
- Cubicaciones

De los tres proyectos propuestos, el Centro de Justicia de Viña del mar es el único que se ha construido a la fecha, proyecto que fue adjudicado mediante una licitación pública, por lo que a solicitud de la CAPJ, los valores de las partidas de obras civiles a considerar necesarias para el desarrollo de esta memoria, serán los establecidos en el itemizado del Centro de Justicia de Viña del Mar.

Se adjuntan los documentos específicos de cada proyecto en los vínculos asociados al Anexo A.

5.1 Juzgado de Letras de Laja

La comuna de Laja, ubicada en la zona sur de la región del Biobío, cuenta con una población estimada de 22.389 habitantes, de acuerdo con el censo llevado a cabo el año 2017. Esta comuna, al igual que toda la región del Biobío, fue declarada zona de emergencia agrícola³² debido a la escasez hídrica. Teniendo este antecedente en consideración, se seleccionó este edificio para evaluar el costo de instalar un sistema de tratamiento y recirculación de aguas grises (SRAG).

El futuro Juzgado de Letras de Laja tendrá una superficie total de 1.658,71 m² distribuidos en dos niveles. Este edificio contará con un total de 56 artefactos sanitarios con el siguiente consumo:

³⁰ Sólo se cuenta con el itemizado del Centro de Justicia de Viña del Mar

³¹ Se presenta el presupuesto entregado por la CAPJ para los Juzgados de Laja y Vicuña

³² <https://bit.ly/3rWYMIT>

Tabla 3. Dotación del Tribunal de Letras y Garantía de Laja

Artefacto	Gasto Agua fría			Gasto agua caliente			Total [L/min]
	Cantidad	Parcial [L/min]	Total [L/min]	Cantidad	Parcial [L/min]	Total [L/min]	
WC con fluxor	11	100	1100				1100
WC normal	12	10	120				120
Lavatorio	24	8	192	5	8	40	232
Lavaplato	3	12	36	3	12	36	72
Baño lluvia	5	10	50	5	10	50	100
Llave jardín	1	20	20				20
Total			1518	-		126	1644

Fuente: Cartera de Proyectos del Poder Judicial

De acuerdo con la bibliografía revisada, Eran Friedler y Yuval Alfiya³³ estiman que el consumo de aguas grises en edificios no habitacionales varía entre el 20% y el 40% del agua total consumida. En el caso de esta memoria, se considerará el WC con fluxor como un elemento que reduce el consumo de aguas negras dentro del edificio, ya que, según la bibliografía revisada, este tipo de aparatos consumen solo 7 litros por descarga. Por lo tanto, y considerando lo mencionado anteriormente, se estima el consumo de aguas grises en los edificios del Poder Judicial como la cantidad de agua consumida por artefactos como lavaplatos, baño lluvia y lavatorio, y se divide en la suma de este consumo más el agua consumida por los WC y la llave jardín, ya que esta agua no se puede retornar al sistema. El consumo real puede verificarse utilizando remarcadores en las distintas instalaciones, no obstante, es concordante con el análisis de los especialistas del Departamento de Infraestructura y Mantenimiento, de la Corporación Administrativa del poder Judicial.

La dotación diaria del Juzgado de Letras de Laja es de 12 m³. Considerando lo mencionado anteriormente, se estima que el consumo de aguas grises será de 7,81 m³ por día.

De acuerdo con la información entregada por el Departamento de Infraestructura y Mantenimiento, perteneciente a la CAPJ el valor estimado de construcción del proyecto es de \$5.478.743.573, lo cual equivale a 156.040,75 UF, considerando el valor de la UF al 31 de diciembre de 2022, obteniendo de esta manera un valor de 94,07 UF/m². No obstante, de

³³ Physicochemical treatment of office and public buildings greywater

acuerdo con las proyecciones del Departamento de Infraestructura y Mantenimiento, los precios contarán con un alza estimada de hasta un 35%.



Figura 7. Juzgado de Letras de Laja
Fuente: Poder Judicial

5.2 *Juzgado de Letras de Vicuña*

Vicuña, ciudad conocida como “la capital del Valle de Elqui”, se encuentra ubicada en la región de Coquimbo, en el norte chico de Chile. Según los datos del Censo 2017, cuenta con una población de 27.771 habitantes. De acuerdo con los datos del Banco Mundial, en 2011 la demanda de agua superaba la oferta en la cuarta región del país (ver Figura 8), siendo una tendencia que se ha mantenido con el paso de los años^{34,35} y que, según un informe presentado por Eduardo Baeza y Rafael Torres en 2020³⁶, seguirá constante durante al menos 10 años más.

³⁴ <https://www.latercera.com/noticia/estudio-dice-demanda-agua-supera-la-oferta-cuatro-regiones/>

³⁵ <https://escenarioshidricos.cl/eh-2030-en-la-prensa/escasez-de-agua-en-region-coquimbo/>

³⁶ https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/30306/1/Situacion_Demanda_Agua.pdf

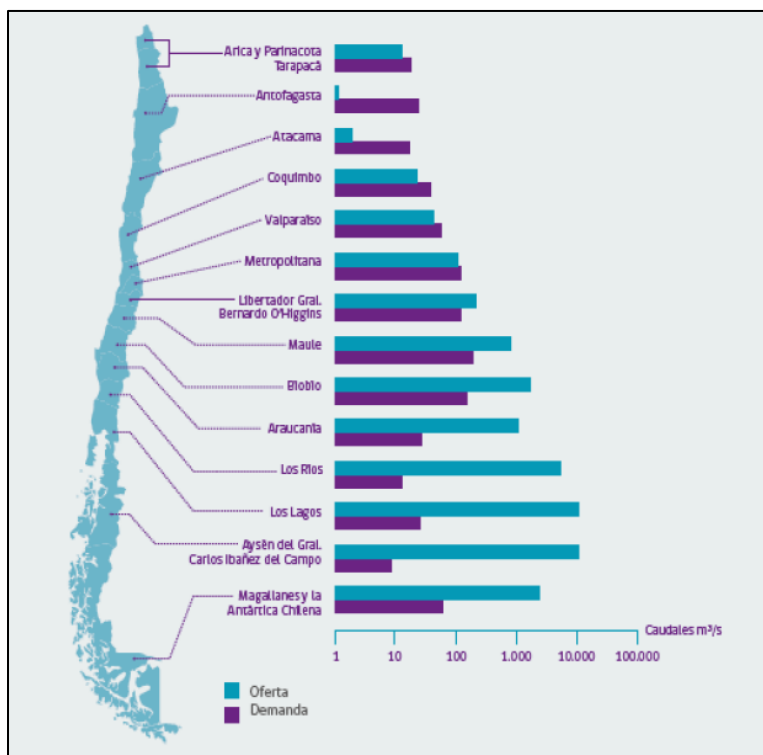


Figura 8. Oferta vs demanda de agua en Chile
Fuente: Roth Chile. Datos del Banco Mundial, 2011

Con una superficie de 1440,48 m² distribuidos en dos niveles más un subterráneo, este Juzgado contará con un total de 50 artefactos sanitarios desglosados de la siguiente manera:

Tabla 4. Dotación del Tribunal de Letras de Vicuña

Artefacto	Gasto Agua fría			Gasto agua caliente			Total [L/min]
	Cantidad	Parcial [L/min]	Total [L/min]	Cantidad	Parcial [L/min]	Total [L/min]	
WC con fluxor	7	110	770				770
WC normal	12	10	120				120
Lavatorio	21	8	168				168
Lavaplato	3	12	36	3	12	36	72
Baño lluvia	2	10	20	2	10	20	40
Arranque riego	1	38	38				38
Llave jardín	4	20	80				80
Total			1232	-		56	1288

Fuente: Cartera de Proyectos del Poder Judicial

Considerando los datos de la Tabla 4, la dotación diaria será de 11,13 m³, dando un estimado de 4,88 m³/día de aguas grises generadas en este edificio, siguiendo el criterio mencionado en el punto 5.1 (ver criterio WC con fluxor).

De acuerdo con la información entregada por la CAPJ, el valor estimado de construcción del proyecto es de \$ 5.341.657.368, equivalente a 152.136,38 UF, considerando el valor de la UF al 31 de diciembre de 2022, obteniendo un valor de 105,62 UF/m². No obstante, de acuerdo con las proyecciones del Departamento de Infraestructura y Mantenimiento, los precios contarán con un alza estimada hasta en un 35%.



Figura 9. Juzgado de Letras de Vicuña
Fuente: Cartera de Proyectos del Poder Judicial

5.3 Centro de Justicia de Viña del Mar

Viña del Mar es una comuna situada en la región de Valparaíso y cuenta con una población total de 334.248 habitantes³⁷. La sequía ha afectado gravemente a esta ciudad del país, aunque hasta el momento no se ha requerido racionamiento del agua. Sin embargo, personal de la empresa sanitaria ESVAL ha manifestado sus preocupaciones debido a la poca cantidad de lluvia en los últimos años³⁸.

El Centro de Justicia de esta ciudad presenta una superficie de construcción 8.812,12 m² y está preparado para recibir a 120 funcionarios y 300 usuarios diariamente. La distribución de los artefactos sanitarios es la siguiente:

³⁷ Según censo 2017, https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2020&idcom=5109

³⁸ <https://bit.ly/3o6yf19>

Tabla 5. Dotación Centro de Justicia de Viña del Mar

Artefacto	Gasto Agua fría			Gasto agua caliente			Total [L/min]
	Cantidad	Parcial [L/min]	Total [L/min]	Cantidad	Parcial [L/min]	Total [L/min]	
WC fluxor	71	110	7810				7810
Lavatorio	73	8	584				584
Lavaplato	7	12	84	7	12	84	168
Baño lluvia	6	10	60	6	10	60	120
Llave riego	3	20	60				60
Punto de lavado	1	20	20				20
Total			8618		-	144	8762

Fuente: Cartera de Proyectos del Poder Judicial

De acuerdo con estos datos, la dotación diaria es de 34,5 m³, lo que representa un estimado de 19,39 m³ de aguas grises generadas diariamente.

La licitación de este edificio tuvo lugar en el año 2014, y la oferta fue presentada el 9 de febrero de 2015, con un valor al día de su apertura de \$14.117.779.745 (IVA incluido). Considerando el valor de la UF en el día de apertura de la licitación, se obtiene que el valor de este edificio asciende a 575.564,26 UF, lo que equivale a 65,32 UF/m². No obstante esta corrección por UF del valor, no necesariamente incorporará los aumentos de precio de los proveedores y sueldos específicos de la construcción.



Figura 10. Centro de Justicia de Viña del Mar
Fuente: www.revistaenconcreto.cl

Se resumen a continuación los antecedentes por proyecto (ver Tabla 6) y los antecedentes relacionados al consumo de agua potable y a la generación de aguas grises (ver Tabla 7). (AP: Agua potable; UF Unidad de fomento; AG: Aguas grises)

Tabla 6. Antecedentes de los proyectos

Proyecto	Inversión total del proyecto (UF)	Superficie edificación (m2)	Vida útil del proyecto (años)	Costo del proyecto (UF/m2)
Tribunal de Laja	156.040,75	1.658,71	80,00	94,07
Tribunal de Vicuña	152.136,38	1.440,48	80,00	105,62
Centro Judicial de Viña del Mar	575.564,26	8.812,12	80,00	65,32

Tabla 7. Generación de AG por edificio

Proyecto	Cantidad de usuarios (personas)	Cantidad de artefactos sanitarios (uni)	Consumo estimado de AP (m3/día)	AG generadas (m3/día)	Consumo anual estimado de AG (m3)
Tribunal de Laja	79	56	12,00	7,81	2.100,89
Tribunal de Vicuña	135	50	11,13	4,88	1.312,72
Centro Judicial de Viña del Mar	420	161	34,50	19,39	5215,91

Se procederá entonces en el siguiente capítulo a evaluar las alternativas de tratamiento de aguas grises disponibles, de acuerdo con lo solicitado por la CAPJ, estas aguas grises se recircularán a los inodoros.

6. Tratamientos

6.1 Tipos de tratamientos

Existen diversos sistemas para tratar las aguas grises. La elección del más adecuado dependerá de la composición de las aguas grises crudas, el lugar donde se instalará el sistema, el clima, el uso que tendrán, entre otros factores. Además, su elección debiese basarse en regulaciones y guías de reutilización de aguas grises (Eslamian, 2016)³⁹.

Los tratamientos se pueden dividir en tres categorías: físicos, químicos y biológicos. Además, es posible diferenciar tres niveles en los tratamientos: primario, secundario y terciario.

Tratamiento primario: Se basa en tratamientos físicos que actúan separando el material no deseado según su tamaño y su densidad. Su objetivo es la remoción de este material para evitar que obstruya las cañerías. Este tipo de tratamiento se caracteriza por su bajo costo³⁹.

Tratamiento secundario: A través de tratamientos biológicos, convierte las partículas sólidas en gases o sedimentos, permitiendo de esta forma separar los componentes disueltos en el agua³⁹.

Tratamiento terciario: Su objetivo es obtener aguas de alta calidad, destinadas principalmente a usos dentro de algún recinto, como las viviendas. De esta forma, es posible obtener aguas aptas para labores como descarga de cisterna de inodoro y lavado de ropa. Incluye tratamientos químicos y físicos y pone énfasis en la desinfección³⁹.

6.2 Propuesta para tratar aguas grises de los edificios

Durante la elaboración de esta memoria, se tomó contacto con empresas del rubro sanitario del país, sólo encontrando antecedentes que permitieran realizar el análisis en productos de la empresa española Roth, que se especializa en el cuidado del medioambiente y que ofrece el equipo EcoStep Pro que permite tratar las aguas grises in situ. El sistema utiliza un proceso de filtración mediante arena, además de un tratamiento químico basado en coagulación y desinfección.

Considerando la disponibilidad existente en el país, y la viabilidad de incorporar un equipo como el EcoStep Pro a los diferentes edificios de la Corporación, se determinó en conjunto con los especialistas de la CAPJ la utilización de este equipo para todos los análisis realizados en esta memoria.

El sistema EcoStep Pro, basa el proceso mediante el filtrado de arena que es un método que permite remover los sólidos suspendidos a través de un proceso gravitacional

³⁹ Urban Water Reuse Handbook

mediante el cual el agua pasa a través de arenas de variada granulometría. Para evitar obstrucciones, este equipo cuenta con un sistema de retrolavado que se activa cuando detecta que el filtro está sucio. Por otro lado, la coagulación es un proceso en el cual se agregan coagulantes químicos para unir las partículas coloidales y formar flóculos. Durante la floculación, los flóculos generados durante la etapa de coagulación son removidos mediante otro proceso como, por ejemplo, la filtración. En caso de que los flóculos no sean lo suficientemente grandes, se puede utilizar algún floculante adicional⁴⁰.

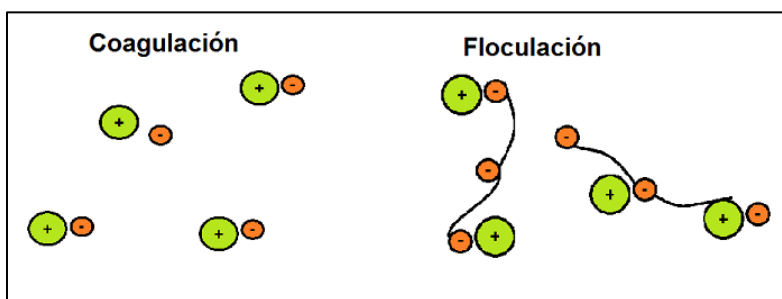


Figura 11. Esquema de coagulación y floculación
Fuente: www.tratamientodelagua.com.mx

El sistema EcoStep Pro permite tratar un máximo de 24.000 litros de aguas grises al día, con un caudal de 4 m³/h y consta de tres partes, tal y como se observa en la Figura 12: depósito de aguas grises crudas, planta de tratamiento que desinfecta y filtra estas aguas y, finalmente, un depósito donde se acumulan las aguas grises tratadas.

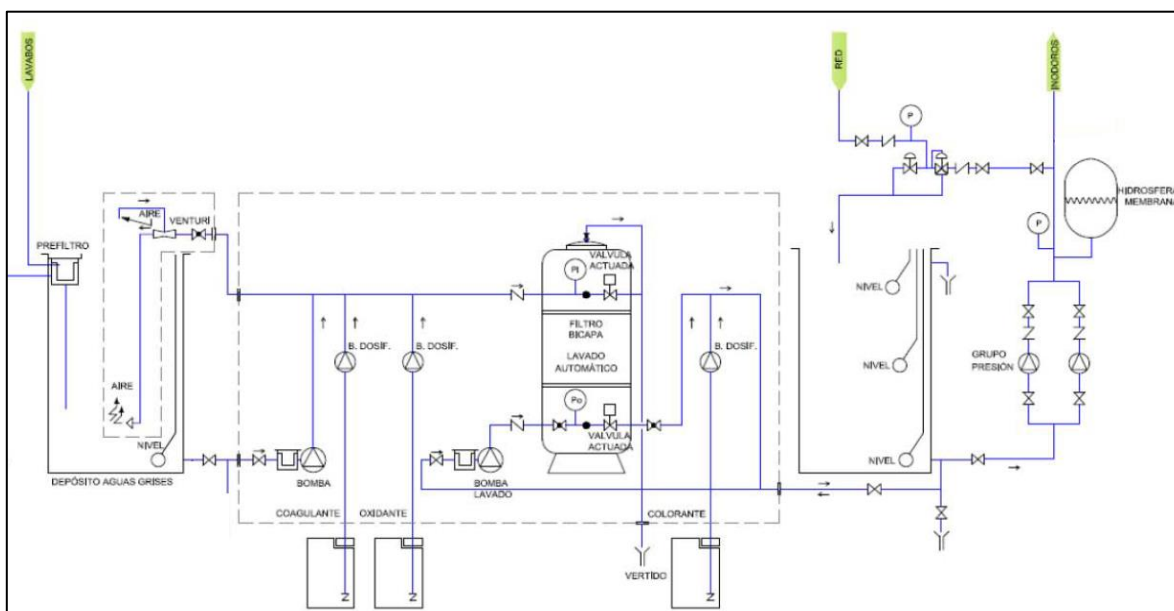


Figura 12. Esquema funcionamiento EcoStep PRO
Fuente: Ficha técnica EcoStep PRO (Roth)

⁴⁰ Greywater reuse

El funcionamiento de este equipo consta de cinco pasos: En primer lugar, se deben llevar las aguas grises del edificio al estanque donde se acumularán para su posterior tratamiento. Luego, una bomba aspira estas aguas y las hace pasar a través de un prefiltro para poder eliminar los sólidos de mayor tamaño. Una vez que se filtran estas partículas, se inyectan los reactivos, coagulante y desinfectante al agua, que luego se transporta hacia el filtro de arena. El agua tratada se almacena en un depósito y, desde allí se suministran nuevamente al edificio para ser reutilizadas en la descarga de inodoros. Es importante destacar que, considerando que el uso de estas aguas tratadas puede no ser continuo, tanto el depósito de aguas grises crudas como los depósitos de agua tratada deben poseer un rebosadero para evacuar los sobrantes de estas aguas directamente al alcantarillado, que se activará a través de un Controlador Lógico Programable (PLC) que se programa para descargar las aguas tratadas y crudas cuando se acumulen por un periodo superior a 48 horas, tal y como establece la ley.

El esquema del equipo comercializado por Roth puede observarse en las Figura 13 y Figura 14.

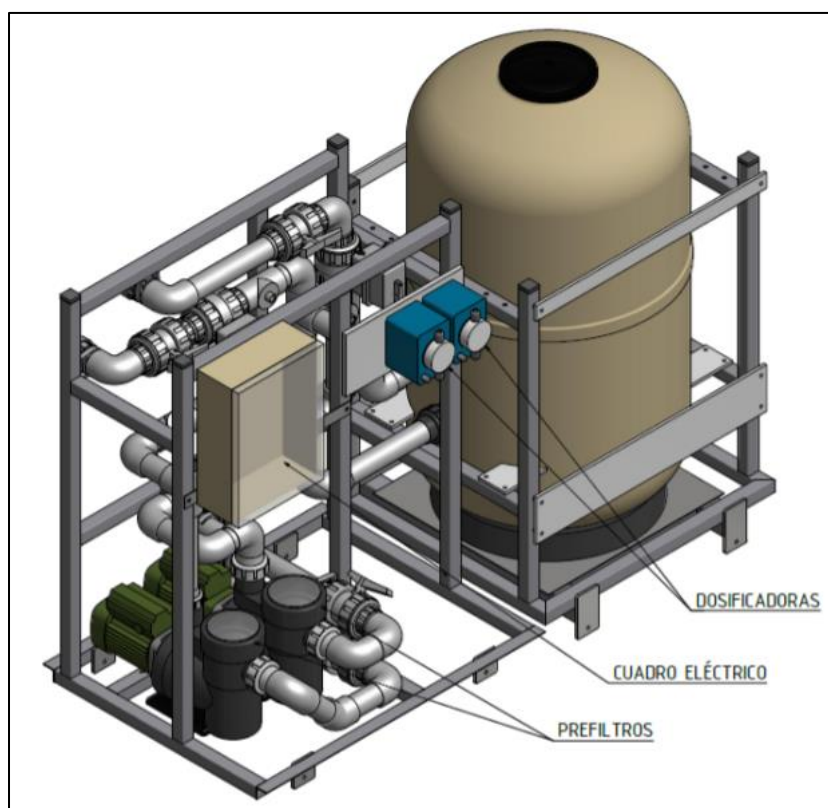


Figura 13. EcoStep PRO

Fuente: Manual de transporte, instalación y mantenimiento EcoStep PRO (Roth)

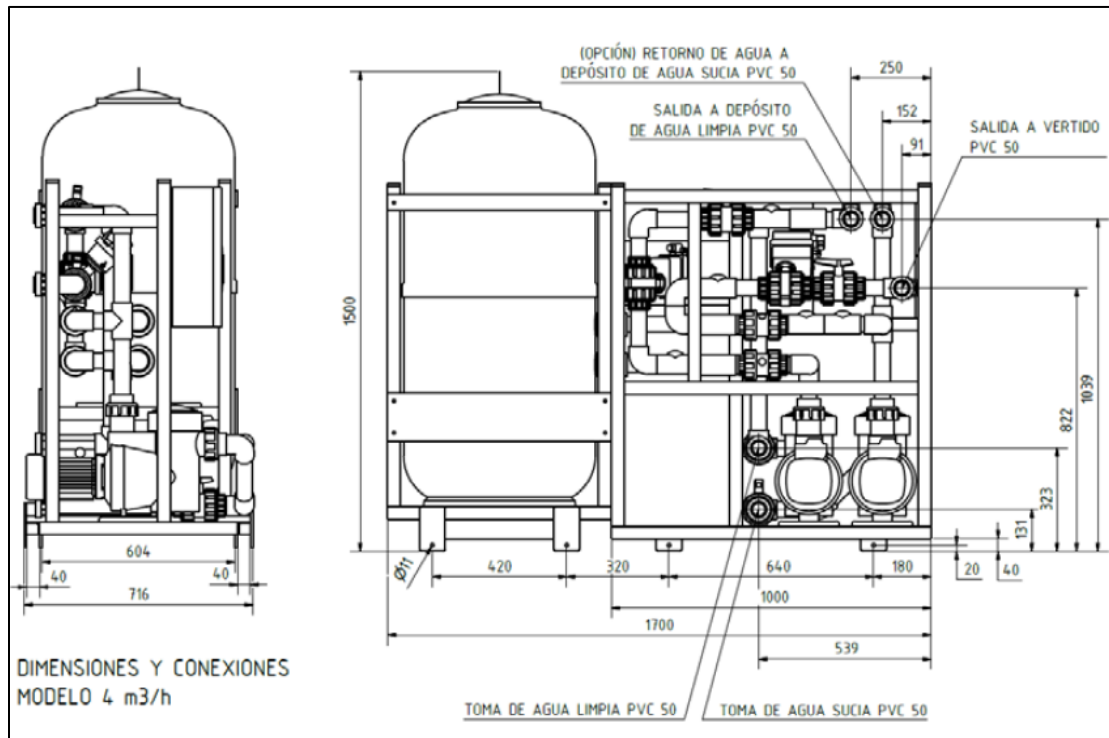


Figura 14. Vista del equipo EcoStep PRO 4
Fuente: Manual de transporte, instalación y mantenimiento EcoStep PRO (Roth)



Figura 15. Configuración de un sistema de tratamiento de aguas grises utilizando EcoStep Pro
Fuente: Guía de sistemas para reutilización de aguas grises y pluviales

Por lo tanto, se analizará en el siguiente capítulo los costos asociados a: canalizar las aguas grises de lavamanos, duchas y lavaplatos, desde estos artefactos en una matriz independiente de las aguas negras, hasta la ubicación de la planta de tratamiento de aguas grises, basada en el sistema EcoStep Pro, para una vez tratadas, impulsarlas hasta los inodoros, generando así la recirculación de las aguas grises, de acuerdo con lo requerido por la CAPJ.

7. Análisis

7.1 Definiciones sobre cubicaciones y presupuesto

Con el fin de poder estimar el costo total de la instalación de un sistema de reutilización de aguas grises, es necesario rediseñar la distribución de aguas grises, negras y potable. Para poder realizar esto, se utilizaron y modificaron los planos originales de alcantarillado y agua potable de cada uno de los edificios analizados en la presente memoria, redistribuyendo las aguas, lo que genera cuatro subespecialidades:

- **Alcantarillado:** Se compone de todas las instalaciones que canalizan aguas que se deben descargar directamente al sistema de alcantarillado, en esta categoría entran las aguas negras y aquellas aguas grises que no se pueden reutilizar según la ley (lavaplatos). El proyecto original sanitario es modificado respecto del destino de las aguas grises y no sobre otros aspectos, ya que, para efectos de esta memoria, se considera nulo el impacto en el costo la variación de las bombas sentinas incluidas en el proyecto.
- **Descarga de aguas grises crudas:** Contiene la distribución de las descargas de las aguas grises desde duchas y lavamanos, que incluye su almacenamiento en un estanque. Esta distribución y sus actividades no se encuentran por tanto incluida en el proyecto original, por lo que tiene implicancias en el costo del proyecto.
- **Tratamiento y recirculación de aguas grises tratadas:** Considera el desarrollo desde el estanque de acumulación de aguas grises crudas, la planta de tratamiento, planta de acumulación y la posterior distribución de estas a los inodoros. Esta subespecialidad, no se encuentra definida en el proyecto original, por lo que debe ser desarrollada y valorizada.

Adicionalmente, para la planta de tratamientos de aguas grises (PTAG) se incluyen tres elementos:

- Depósitos Rothagua cerrados.
 - EcoStep Pro 4.
 - Lugar para resguardar los equipos (de ahora en adelante, depósito).
- **Agua potable:** Surten de agua los lavamanos, duchas, lavaplatos y riego. Adicionalmente, se conecta a la red de distribución de aguas grises para que, en caso de que las aguas tratadas sean insuficientes para dotar de este suministro a los WC del edificio, se utilice agua potable. Por lo anterior respecto del proyecto original, sólo se modifica el ingreso de agua potable a los inodoros, y no se afectan otros elementos.

Respecto de la estimación de costos asociados a obras civiles, piping y otros, para los proyectos de Laja y Vicuña, dado que aún no han sido licitados, se considera el presupuesto referencial vigente al año 2022 declarado por la Corporación, mientras que en el caso de Viña del Mar se consideró el valor de adjudicación de la licitación inflactado mediante UF. Por lo anterior todos los costos presentes en este estudio son referenciales, y deberán ser comprobados una vez se realicen las licitaciones respectivas

Los planos de descarga de aguas grises consideran cámaras de inspección (CI) a las cuales llegan las aguas grises crudas de los diferentes artefactos y a partir de las cuales se distribuyen hacia la PTAG (Planta de Tratamiento de Aguas grises). Para poder obtener los datos correspondientes a cada una de estas cámaras, altura y cotas correspondientes, se realizaron cálculos con las siguientes fórmulas:

$$h = L \times i \quad (1)$$

$$Cr_e = Cr_{s-1} - h \quad (2)$$

$$H = CT - Cr_s \quad (3)$$

En con respecto a la distribución de las aguas grises, se realizó el recalcu de pendientes y con ello de las alturas de las cámaras de inspección necesarias para trasladar las aguas grises que se han independizado de las aguas negras.

En el caso de las tuberías de agua potable, el diámetro de las tuberías corresponde a los diámetros originales de los planos. Sin embargo, en el caso de la recirculación de aguas grises, necesaria para reincorporar las aguas a los WC, se calculó el diámetro necesario para poder cumplir con dos criterios: el diámetro mínimo necesario para un WC con fluxor (38 mm) y una presión mínima de 17,5 mca. Debido a que el MAP de los 3 edificios analizados presenta un diámetro superior a 19 mm, para diseñar la red de recirculación de aguas grises se utilizó el método cinético. Se dividió la distribución de la red en tramos, se definió el material de las tuberías y se impulsó el agua gris tratada mediante una bomba. Se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$QMP = 1,7391 \times QI^{0,6891} \quad (4)$$

$$J = \frac{QMP^{1,751}}{DInt^{4,753}} \times 676,745 \quad (5)$$

$$J_L = J \times L \quad (6)$$

$$PS = \frac{K \times V^2}{2g} \quad (7)$$

$$PDT = PD - PS - J_s \quad (8)$$

$$PF = PDT - CA - CP \quad (9)$$

Donde:

DN:	Diámetro nominal [mm]
DInt:	Diámetro interior [mm]
V:	Velocidad [m/s]
QMI:	Caudal máximo instalado [l/min]
QMP:	Caudal máximo probable [l/min]
J:	Pérdida en la línea, asociada al caudal
J _L :	Pérdida en la línea, asociada al tramo analizado
PS:	Pérdida singular, asociada al tramo [mca]
PD:	Pérdida acumulada antes del tramo [mca]
PDT:	Pérdida acumulada, asociada al final del tramo analizado [mca]
CA:	Cota artefacto [m]
CP:	Cota piso [m]
PF:	Presión final [mca]

Para revisar los resultados de los cálculos asociados al diseño de la red de recirculación de aguas grises y al levantamiento de cotas de cada edificio, revisar el Anexo B.

7.1.1 Juzgado de Letras de Laja

Los planos utilizados para las cubicaciones del Juzgado de Letras de Laja y el presupuesto detallado que muestra el aumento en el costo debido a la reutilización de aguas grises se encuentra en el Anexo B, 01. Juzgado de Letras de Laja.

En la Tabla 8 se puede apreciar el comparativo de costos entre el proyecto original de alcantarillado y agua potable fría, y el proyecto modificado que incluye la recirculación de aguas grises. El valor final se obtiene al calcular la diferencia entre el costo del proyecto original y el del proyecto modificado. En este sentido, se establece un costo total de 443,77 UF, considerando las utilidades y el IVA, lo cual equivale a 0,27 UF/m². El aumento de costos en esta partida equivale a un 17,87% del costo original de piping.

Tabla 8. Costo piping por reutilización de aguas grises, Juzgado de Letras de Laja

PIPING LAJA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	Planos originales				
1.1	Alcantarillado	global	1	UF 754,44	UF 754,44
1.2	Agua potable fría	global	1	UF 1.727,61	UF 1.727,61
SUBTOTAL 1					UF 2.482,05
2.	Planos modificados para reutilizar aguas grises				
2.1	Alcantarillado	global	1	UF 723,42	UF 723,42
2.2	Descarga de aguas grises	global	1	UF 392,29	UF 392,29
2.3	Agua potable fría	global	1	UF 1.479,94	UF 1.479,94
2.4	Recirculación de aguas grises	global	1	UF 330,16	UF 330,16
SUBTOTAL 2					UF 2.925,81
SOBRECOSTO (2-1)					UF 443,77
NOTA: Se utilizó el valor de la UF al día 31/12/2022. UF: \$35.110,98					

Asimismo, se calculó el costo correspondiente al suministro e instalación de un sistema que permite la reutilización de las aguas grises, el cual se encuentra detallado en la Tabla 9 siguiente. El costo de la instalación, a sugerencia de la empresa proveedora, se estima en un 3% del valor del equipo utilizado (EcoStep Pro), aunque es importante destacar que este porcentaje puede variar dependiendo de las condiciones finales del mercado y de la propia empresa encargada de llevar a cabo la instalación. Considerando lo expuesto anteriormente, se obtiene un valor de venta total de 1.527,37 UF, incluyendo el IVA y utilidades, lo que equivale aproximadamente a 0,92 UF/m².

Tabla 9. Instalación sistema de tratamiento de aguas grises, Juzgado de Letras de Laja

PRESUPUESTO PLANTA TRATAMIENTO AGUAS GRISES (PTAG)					
DESCRIPCIÓN:		Sistema de reutilización de aguas grises, Juzgado de Letras de Laja			
UBICACIÓN:		Laja			
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	EcoStep Pro 4	uni	1	\$40.241.399	\$40.241.399
2.	Bomba hidráulica	uni	1	\$ 243.241	\$ 243.241
Subtotal					\$40.484.640
MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	PVC hidráulico 50 mm	tira	2	\$ 10.076	\$ 20.151
2.	Codo PVC 90° 50 mm	uni	10	\$ 664	\$ 6.639
3.	Tee PVC 50 mm	uni	2	\$ 1.420	\$ 2.840
4.	Llave de paso 50 mm	uni	3	\$ 6.252	\$ 18.756
5.	Manómetro	uni	1	\$ 18.319	\$ 18.319
6.	PLC	uni	1	\$ 158.230	\$ 158.230
7.	Depósito cerrado 3000 L	uni	1	\$ 2.587.125	\$ 2.587.125
8.	Depósito cerrado 1000 L	uni	1	\$ 561.260	\$ 561.260
Subtotal					\$ 3.373.321
MANO DE OBRA					
1.	Instalación	gl	3%	\$ 40.241.399	\$ 1.207.242
Subtotal					\$ 1.207.242
TOTAL NETO					\$ 45.065.203
IVA					\$ 8.562.389
TOTAL					\$ 53.627.592
TOTAL					UF 1.527,37

NOTA: Para aquellos productos comercializados en dólares (depósito de agua y EcoStep Pro 4) se consideró el valor del dólar al día 30 de diciembre de 2022 (\$859,51). Se considera valor de la UF al 31-12-2022 (UF: \$35.110,98)

En cuanto al depósito destinado al almacenamiento de las aguas grises no tratadas en este edificio, se ha considerado la construcción de un radier y muros de hormigón, así como una cubierta que brinde protección a los equipos. El costo total asociado a la construcción del depósito asciende a 116,46 UF, lo que representa aproximadamente 0,07 UF/m².

Tabla 10. Presupuesto depósito Laja

PRESUPUESTO	
DESCRIPCIÓN:	Depósito PTAG
UBICACIÓN:	Laja

MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	Radier	m3	2,29	\$ 115.377	\$ 264.676
2.	Muro hormigón	m3	6,30	\$ 121.281	\$ 764.067
3.	Puerta	uni	1	\$ 232.181	\$ 232.181
4.	Cubierta	m2	25,08	\$ 54.330	\$ 1.362.606
NETO					\$ 2.623.530
GASTOS GENERALES (6%)					\$ 157.412
UTILIDADES (25%)					\$ 655.883
IVA					\$ 652.997
TOTAL OBRAS					\$ 4.089.821
TOTAL OBRAS UF					UF 116,46

NOTA: Se utilizó el valor de la UF al día 31/12/2022. UF: \$35.110,98

Tomando en consideración los valores previamente expuestos, se calcula que se requerirá una inversión total de 2.087,60 UF (aproximadamente 1,26 UF/m2) para implementar el sistema de reutilización de aguas grises en Laja. De esta manera, se establece que el aumento en el costo del edificio representa un 1,34% del total.

Tabla 11. Resumen costo instalación sistema de aguas grises en Laja

Piping	UF 443,77
Depósito	UF 116,46
Costo PTAG	UF 1.527,37
Total	UF 2.087,60

7.1.2 Juzgado de Letras de Vicuña

Los planos y presupuestos detallados para elaborar la Tabla 12 se encuentran disponibles en el Anexo B, 02. Juzgado de Letras de Vicuña.

El análisis del costo del piping en este edificio se realizó de manera similar al caso del Juzgado de Letras de Laja. Se calculó el incremento en el costo al implementar un sistema de reutilización de aguas grises, considerando el costo de cada partida asociada a esta modificación (alcantarillado, descarga de aguas grises, agua potable fría y recirculación de

aguas grises). A partir de dicho cálculo, se restó el costo original de la red de agua potable y alcantarillado del edificio.

Tabla 12. Costo piping por reutilización de aguas grises, Juzgado de Letras de Vicuña

PIPING					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	Planos originales				
1.1	Alcantarillado	global	1	UF 534,57	UF 534,57
1.2	Agua potable fría	global	1	UF 950,18	UF 950,18
SUBTOTAL 1					UF 1.484,75
2.	Planos modificados por reutilización de aguas grises				
2.1	Alcantarillado	global	1	UF 547,37	UF 547,37
2.2	Descarga de aguas grises	global	1	UF 217,80	UF 217,80
2.3	Agua potable fría	global	1	UF 932,54	UF 932,54
2.4	Recirculación de aguas grises	global	1	UF 156,73	UF 156,73
SUBTOTAL 2					UF 1.854,44
SOBRECOSTO (2-1)					UF 369,68

NOTA: Se utilizó el valor de la UF al día 31/12/2022. UF: \$35.110,98

Según lo observado en la Tabla 12, el costo adicional del piping es de 369,68 UF, incluyendo utilidades e IVA. Este valor equivale a aproximadamente 0,26 UF/m², mientras que el aumento en el costo del piping equivale a un 25% aproximadamente.

Por otro lado, el costo de suministro e instalación del equipo es idéntico al del Juzgado de Letras de Laja (ver Tabla 9), debido a que se utiliza la misma configuración en ambos edificios. El costo total asciende a 1.527,37 UF, lo cual representa 1,06 UF/m².

En relación con el depósito, se consideró la construcción de muros de hormigón y una cubierta, ya que la PTAG (Planta de Tratamiento de Aguas Grises) estará expuesta a la intemperie, para efectos de esta memoria. No se consideró radier ya que se consideró su instalación sobre la losa de estacionamiento diseñada por proyecto. El precio de construcción del depósito asciende a 99,93 UF, IVA incluido.

Tabla 13. Presupuesto depósito Vicuña

PRESUPUESTO	
DESCRIPCIÓN:	Depósito PTAG
UBICACIÓN:	Vicuña

MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	Muro hormigón	m3	6,30	\$ 125.096	\$ 788.102
2.	Puerta	m3	1,00	\$ 242.972	\$ 242.972
3.	Cubierta	uni	25,08	\$ 56.855	\$ 1.425.933
NETO					\$ 2.457.007
UTILIDADES + GASTOS GENERALES (20%)					\$ 491.401
IVA					\$ 560.198
TOTAL OBRAS					\$ 3.508.606
TOTAL OBRAS UF					UF 99,93

NOTA: Se utilizó el valor de la UF al día 31/12/2022. UF: \$35.110,98

De esta manera, considerando los montos mencionados anteriormente, el costo total de instalación de una PTAG en Vicuña es de 1996,98 UF incrementando el valor original del proyecto en 1,39 UF/m².

Tabla 14. Resumen costo instalación sistema de aguas grises en Vicuña

Piping	UF	369,68
Depósito	UF	99,93
Costo PTAG	UF	1.527,37
Total	UF	1.996,98

7.1.3 Centro de Justicia de Viña del Mar

Los planos y el presupuesto del sistema de piping asociados a este edificio se encuentran adjuntos en el Anexo B, 03. Tribunal de Viña del Mar.

El Centro de Justicia de Viña del Mar se analizó de manera similar a los Juzgados de Letras de Laja y Vicuña, es decir que este proyecto es incorporado en la etapa de diseño.

El costo adicional que supone instalar una red que permita distribuir las aguas grises y agua potable, así como realizar la descarga de aguas grises y aguas negras hacia la respectiva red de alcantarillado o PTAG, asciende a 1.018,89 UF, IVA incluido. De los tres edificios analizados, el Centro de Justicia de Viña del Mar presenta el menor incremento en

comparación con respecto al precio de licitación (15% aproximadamente considerando únicamente la partida de piping).

Tabla 15. Costo piping por reutilización de aguas grises, Centro de Justicia de Viña del Mar

PIPING					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	Planos originales				
1.1	Alcantarillado	global	1	UF 3.582,35	UF 3.582,35
1.2	Agua potable fría	global	1	UF 3.388,86	UF 3.388,86
SUBTOTAL 1					UF 6.971,21
2.	Planos modificados por reutilización de aguas grises				
2.1	Alcantarillado	global	1	UF 3.352,73	UF 3.352,73
2.2	Descarga de aguas grises	global	1	UF 1.110,43	UF 1.110,43
2.3	Agua potable fría	global	1	UF 2.606,07	UF 2.606,07
2.4	Recirculación de aguas grises	global	1	UF 920,87	UF 920,87
SUBTOTAL 2					UF 7.990,10
SOBRECOSTO (2-1)					UF 1.018,89

Nota: Se utilizó el valor de la UF al día de la licitación, 29/01/2014. Valor UF: \$23.426,83

Debido a que la generación de aguas grises en Viña del Mar son aproximadamente 19,39 m³, se utilizó una configuración distinta a la de los otros dos edificios. Uno de los aspectos que contribuye significativamente al encarecimiento de este proyecto en comparación con los otros dos, son los depósitos de agua. En consecuencia, el costo final de este ítem se estima en 2.381,67 UF, IVA incluido.

Tabla 16. Instalación sistema de tratamiento de aguas grises, Centro de Justicia de Viña del Mar

PRESUPUESTO					
DESCRIPCIÓN:		Sistema de reutilización de aguas grises, Centro de Justicia de Viña del Mar.			
UBICACIÓN:		Viña del Mar			
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	EcoStep Pro 4	uni	1	\$ 39.169.244	\$ 39.169.244
2.	Bomba hidráulica	uni	1	\$ 342.575	\$ 342.575
Subtotal					UF 1.202,28
MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	PVC hidráulico 50 mm	tira	3	\$ 10.076	\$ 30.227
2.	Codo PVC 90° 50 mm	uni	15	\$ 664	\$ 9.958
3.	Tee PVC 50 mm	uni	4	\$ 1.420	\$ 5.681
4.	Llave de paso 50 mm	uni	3	\$ 6.252	\$ 18.756
5.	Manómetro	uni	1	\$ 18.319	\$ 18.319
6.	PLC	uni	1	\$ 158.230	\$ 158.230
7.	Depósito cerrado 3000 L	uni	8	\$ 2.518.196	\$ 20.145.569
Subtotal					UF 620,34
MANO DE OBRA					
1.	Instalación	gl	0,15	\$ 39.169.244	\$ 5.875.387
Subtotal					UF 178,78
TOTAL NETO					UF 2.001,40
IVA					UF 380,27
TOTAL					UF 2.381,67

NOTA: Para aquellos productos comercializados en dólares (depósito de agua y EcoStep Pro 4) se consideró el valor del dólar al día 13 de junio de 2022 (\$836,61)

En el caso del depósito, no se contemplaron muros de hormigón ya que la PTAG está proyectada en el interior del edificio. Los valores presentados a continuación corresponden a los presentados en el itemizado por la empresa constructora que se adjudicó la licitación del Centro de Justicia de Viña del Mar. El costo total del depósito asciende a 151,07 UF, IVA incluido.

Tabla 17. Presupuesto depósito Viña del Mar

PRESUPUESTO					
DESCRIPCIÓN:		Depósito PTAG			
UBICACIÓN:		Viña del Mar			
MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.	Puertas interiores de abatir enchapada	uni	1	\$ 205.245	\$ 205.245
2.	Tabiquería Volcometal (*)	m2	60,52	\$ 35.109	\$ 2.124.821
NETO					\$ 2.330.065
GASTOS GENERALES (19,64%)					\$ 457.625
UTILIDADES (8%)					\$ 186.405
SUBTOTAL					\$ 2.974.096
IVA					\$ 565.078
TOTAL OBRAS					\$ 3.539.174
TOTAL OBRAS UF					UF 151,07

NOTA: Se utilizó el valor de la UF al día de la licitación, 29/01/2014. Valor UF: \$23.426,83

(*) Se propone tabiquería de manera de asimilar los precios a los definidos en la propuesta, no obstante, se debería considerar alguna materialidad que tenga un mejor comportamiento.

De esta manera, y considerando los montos presentados anteriormente, el costo total de implementar un sistema que permita reutilizar las aguas grises en este edificio es de 3.551,63 UF, equivalente a 0,4 UF/m².

Tabla 18. Resumen costo instalación sistema de aguas grises en Viña del Mar

Piping	UF 1.018,89
Depósito	UF 151,07
Costo PTAG	UF 2.381,67
Total	UF 3.551,63

El sistema de reutilización de aguas grises en el Centro de Justicia de Viña del Mar, a diferencia de los Juzgados de Letras de Laja y Vicuña, presenta un costo de suministro e instalación menores que los otros dos edificios, debido en parte a la gran cantidad de agua potable que se genera y a la extensa superficie de éste. En promedio, el costo por m² es un 31% menor que el de Laja y Vicuña.

7.2 Costo del consumo de agua potable

Los consumos de aguas grises de cada edificio se estimaron en el punto 5. Para determinar el costo del agua se consideró la información disponible a junio de 2022 en los sitios web de las distintas empresas sanitarias y se consideró el ahorro tanto del agua potable como del alcantarillado, ya que actualmente estas empresas consideran, para efectos de cobro, que el agua consumida es igual al agua que se devuelve al sistema de alcantarillado.

El consumo de aguas grises de cada uno de los edificios analizados en esta memoria se calculó en base a la dotación diaria señalada con anterioridad. Para este análisis, se consideró un consumo constante de lunes a viernes, despreciando el efecto de los días feriados. Debido a que la gran mayoría de los funcionarios del Poder Judicial no trabaja durante los fines de semana, se desprecia el consumo de agua potable durante los días sábado y domingo.

7.2.1 Juzgado de Letras de Laja

En la región del Biobío la empresa sanitaria encargada de suministrar agua potable es Essbio. Para fines tarifarios, la comuna de Laja se encuentra en el grupo 2 de la cuenca Biobío y el costo del agua potable por metro cúbico a partir de marzo de 2022 es de \$677,16 en período no punta (1 de abril al 30 de noviembre) y \$680,04 en periodo punta (1 de diciembre al 31 de marzo). Por otro lado, el costo del alcantarillado es de \$766,79 en ambos periodos.

Tabla 19. Dotación y costo AP, Juzgado de Letras de Laja

Dotación [m3]	12
Aguas grises [m3]	7,81
AP [\$/m3]	\$ 680,04
ALC [\$/m3]	\$ 766,79

Despreciando para efectos de esta memoria, la variación de precio entre consumo punta y no punta, los consumos mensuales y el ahorro estimado mensual, por recirculación de las aguas grises, se distribuyen anualmente de la siguiente manera:

Tabla 20. Consumo y costo mensual de aguas grises, Juzgado de Letras de Laja

	Consumo [m³/mes]	Costo [UF/mes]	
Enero	179,63	UF	7,40
Febrero	156,20	UF	6,44
Marzo	179,63	UF	7,40
Abril	171,82	UF	7,08
Mayo	179,63	UF	7,40
Junio	171,82	UF	7,08
Julio	179,63	UF	7,40
Agosto	179,63	UF	7,40
Septiembre	171,82	UF	7,08
Octubre	179,63	UF	7,40
Noviembre	171,82	UF	7,08
Diciembre	179,63	UF	7,40
Total	2100,89	UF	86,57

Si se reutilizaran las aguas grises del Juzgado de Letras de Laja se generaría un ahorro de 2100,89 m³ de agua al año, lo que, a su vez, se traduce en un ahorro de 86,57 UF. El costo de mantención, por otro lado, según estimaciones del proveedor corresponde al 60% de las aguas grises generadas anualmente multiplicado por el valor del euro (para efectos de esta memoria se utilizó el valor del euro al 30 de diciembre de 2022).

De esta forma, y considerando lo anterior, el costo de operación anual al utilizar un SRAG (Sistema de recirculación de aguas grises) sería de 32,89 UF, obteniendo así un ahorro neto de 53,68 UF al año. Por otro lado, el costo de instalar una PTAG (Planta de tratamiento de aguas grises) en Laja es de 2.087,60 UF. Considerando los montos presentados anteriormente, la inversión se recuperaría en aproximadamente 24 años. Se debe tener en cuenta que los edificios del Poder Judicial son diseñados con una vida útil de 80 años, de acuerdo con lo requerido por el ministerio de Desarrollo Social y Familia, por lo que desde el punto de vista de la inversión el valor es recuperado durante la vida útil del inmueble. Adicionalmente, en el cálculo de la inversión no se tomó en consideración la mantención anual del sistema.

7.2.2 Juzgado de Letras de Vicuña

En la zona norte, es la empresa Aguas del Valle quien suministra de agua a la cuarta región. Vicuña pertenece al grupo 3 para efectos tarifarios. Al igual que en el caso de Laja, se establece un valor para los períodos punta y no punta, sin embargo, y debido a que la diferencia entre ambos períodos corresponde a \$0,01 no se tomó en cuenta. El valor del m³ de agua potable en esta localidad es de \$476,76, mientras que este valor asciende a \$819,46 por m³ por concepto de alcantarillado.

Tabla 21. Dotación y costo AP, Juzgado de Letras de Vicuña

Dotación [m3]	11,13
Aguas grises [m3]	4,88
AP [\$/m3]	\$ 476,76
ALC [\$/m3]	\$ 819,46

El consumo mensual estimado de agua potable y su respectivo costo se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 22. Consumo y costo mensual de aguas grises, Juzgado de Letras de Vicuña

	Consumo [m3/mes]	Costo [\$/mes]	
Enero	112,24	UF	4,14
Febrero	97,6	UF	3,60
Marzo	112,24	UF	4,14
Abril	107,36	UF	3,96
Mayo	112,24	UF	4,14
Junio	107,36	UF	3,96
Julio	112,24	UF	4,14
Agosto	112,24	UF	4,14
Septiembre	107,36	UF	3,96
Octubre	112,24	UF	4,14
Noviembre	107,36	UF	3,96
Diciembre	112,24	UF	4,14
	1312,72	UF	48,46

De esta manera, si se reutilizaran las aguas grises generadas en el Juzgado de Letras de Vicuña, se podría ahorrar un total de 1312,72 m³ de agua. Esta disminución en el consumo de agua potable se traduce en un ahorro económico bruto de 48,46 UF anuales. El costo de mantención del sistema en este caso se valoriza en 20,55 UF/año. Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, se estima que, si se reutilizaran las aguas de este edificio, la CAPJ podría ahorrar 27,91 UF al año. Esta estimación se realizó considerando el ahorro bruto y no el neto.

En esta ciudad, al instalar una PTAG se invertiría un total de 1996,98 UF, obteniendo una recuperación de la inversión en un período de 41 años.

7.2.3 Centro de Justicia de Viña del Mar

En la región de Valparaíso, la empresa sanitaria Esval se encarga de distribuir el agua a las diferentes comunas. La ciudad de Viña del Mar pertenece al grupo 1 y el valor del m³ de agua potable es de \$1.055,60 en período no punta y \$1.046,38 en período punta. Para efectos de esta memoria, no se considerará la diferencia entre valor punta y no punta y se

utilizó el valor más desfavorable. El valor del m³ de alcantarillado, por otro lado, es de \$723,51 en ambos períodos.

Tabla 23. Dotación y costo AP, Centro de Justicia de Viña del Mar

Dotación [m3]	34,5
Aguas grises [m3]	10,35
AP [\$/m3] no punta	\$ 1.055,60
ALC [\$/m3] no punta	\$ 723,51

En el Centro de Justicia de la ciudad jardín, el ahorro estimado mensual de agua potable y su respectivo costo se distribuyen según la tabla presentada a continuación:

Tabla 24. Consumo y costo mensual de aguas grises, Centro de Justicia de Viña del Mar

	Consumo [m3/mes]	Costo [\$/mes]
Enero	445,97	UF 22,60
Febrero	387,80	UF 19,65
Marzo	445,97	UF 22,60
Abril	426,58	UF 21,62
Mayo	445,97	UF 22,60
Junio	426,58	UF 21,62
Julio	445,97	UF 22,60
Agosto	445,97	UF 22,60
Septiembre	426,58	UF 21,62
Octubre	445,97	UF 22,60
Noviembre	426,58	UF 21,62
Diciembre	445,97	UF 22,60
	5215,91	UF 264,30

En Viña del Mar, se estima que, anualmente, se podría ahorrar un total de 5.215,91 m³ de agua potable, lo que equivale a 264,30 UF. Si se descuenta el costo de mantención, estimado en 90,04 UF/año, se obtiene un ahorro neto anual de 174,26 UF.

Debido a que el costo de instalar una PTAG en el Centro de Justicia de Viña del Mar es de 3.551,63 UF, y considerando el ahorro bruto del costo operacional de este edificio, la inversión se podría recuperar en aproximadamente 13 años.

A continuación, se presenta un cuadro que resume todos los costos asociados a la implementación de un sistema de recirculación de aguas grises en los tres edificios analizados, utilizando todos los datos mencionados anteriormente y considerando el ahorro y retorno de la inversión. Este cuadro proporciona una visión general de los gastos requeridos

para llevar a cabo esta solución en cada edificio, permitiendo una comparación clara entre ellos:

Tabla 25. Cuadro resumen de inversión

Proyecto	Consumo anual estimado de AG (m3)	Inversión inicial SRAG (UF)	Valor inversión SRAG (UF/m2)	Volumen agua no consumida (m3/mes)	Ahorro anual por no consumo de AP (UF)	Retorno inversión (Años)
Edificio de tribunales de Laja	2100,89	2087,60	1,26	171,82	86,57	24,11
Edificio de tribunales de Vicuña	1312,72	1996,98	1,39	107,36	48,46	41,21
Centro Judicial de Viña del Mar	5215,91	3551,63	0,40	426,58	264,30	13,44

Considerando que estos edificios son de uso público y pertenecen al Gobierno, es relevante calcular la rentabilidad de los proyectos. Aunque un proyecto de esta naturaleza no genera ingresos para el Estado, sí puede representar un ahorro para éste. En esta memoria, se utilizó un enfoque simple para calcular la rentabilidad, que consiste en determinar el ahorro anual neto obtenido al recircular las aguas grises y dividirlo por el costo de implementar un SRAG. A continuación, se presentan los datos obtenidos:

Tabla 26. Rentabilidad de los proyectos

Proyecto	Costo operación anual SRAG (UF/año)	Ahorro anual neto (UF/año)	Rentabilidad anual %
Edificio de tribunales de Laja	32,89	53,68	2,6%
Edificio de tribunales de Vicuña	20,55	27,91	1,4%
Centro Judicial de Viña del mar	90,04	174,26	4,9%

Al dividir el ahorro anual neto de cada proyecto por su respectivo costo de implementación, se obtiene el indicador de rentabilidad, una vez que se ha amortizado la inversión. Este indicador permite comparar la relación entre el ahorro generado y la inversión realizada en cada proyecto. Es importante destacar que este enfoque no considera otros factores económicos y financieros más complejos, como el valor presente neto (VPN) o la tasa interna de retorno (TIR), debido a que no es solicitado por la CAPJ. Sin embargo, proporciona una medida simple de la rentabilidad en términos de ahorro.

7.3 Otras implicancias

No obstante, el presente trabajo aborda lo requerido por la CAPJ, se ha evaluado una implicancia adicional.

La tabla a continuación muestra la estimación de la cantidad de personas que se beneficiarían al implementar una planta de tratamiento de aguas grises en cada uno de los edificios analizados.

Al recircular las aguas grises, se reduce el consumo de agua potable, lo que aumenta la disponibilidad de este recurso. Considerando que una persona consume aproximadamente 150 litros de agua por día, se puede estimar su consumo anual de agua potable como 58,4 m³/año. Utilizando esta información, se ha calculado el número de personas que se beneficiarían anualmente debido al aumento en la disponibilidad de agua potable gracias a la reutilización de las aguas grises en los tres edificios analizados. Los datos se presentan de manera detallada en la tabla a continuación:

Tabla 27. Disponibilidad de agua por persona al utilizar SRAG

Proyecto	Consumo AP promedio por persona [m ³ /año]	Ahorro de agua potable equivalente en personas	Disponibilidad de agua por persona utilizando SRAG (DAPSRAG) [personas/m ² de edificio]
Edificio de tribunales de Laja	58,4	37,59	0,022
Edificio de tribunales de Vicuña	58,4	34,36	0,016
Centro Judicial de Viña del mar	58,4	98,53	0,010
		PROMEDIO	0,016

Si bien es cierto los números son irrelevantes, ya que por ejemplo si se consideran las estimaciones de población en la ciudad de Vicuña al año 2020, las 34,36 personas para las que se podría disponer agua potable representan sólo un 0,124% de la población de aquella ciudad. Sin embargo, el valor del menor consumo representado por la superficie de construcción, en el caso del proyecto de Vicuña de 0,016 personas/m² de edificio, si pudiera ser relevante si se considera la implementación de la recirculación de agua potable a nivel país.

En efecto se debe tener en consideración que el mayor consumo de agua potable en este tipo de edificaciones se genera en los WC, sin embargo, el impacto podría ser mayor en edificaciones habitacionales en altura, en donde el aporte de agua ducha tiene mayor relevancia, más aún si se extrapola a lugares de Chile en los que trasladar agua potable mediante camiones cisterna se ha constituido en una realidad permanente.

En función de lo anterior, es posible estimar de manera general y más allá del alcance de esta memoria, la cantidad de agua potable equivalente en personas, que no sería consumida, al incorporar métodos recirculación de aguas grises como las descritas en esta memoria, para ello se propone que: conociendo la cantidad de metros cuadrados que se construyen en el país y tomando como referencia las métricas de superficie determinadas en

la tabla anterior (ver Tabla 27), se pueda realizar una primera estimación, la que deberá ser en otros trabajos, ponderados según cada caso.

Para realizar esta estimación, se utilizaron los datos del informe anual del Instituto Nacional de Estadística (INE), que proporciona información respecto a la cantidad de metros cuadrados solicitados en permisos de construcción, clasificándolos en distintas categorías. En esta memoria, se tomaron en cuenta los datos que se refieren específicamente a las edificaciones autorizadas tanto para el servicio público como privado, considerando obras nuevas que incluyen instalaciones de agua potable.

Utilizando los datos disponibles en el informe mencionado anteriormente, se realizó el cálculo del potencial de personas que podrían acceder a agua potable si dichas edificaciones implementaran un sistema de recirculación de aguas grises. Esta estimación se basa en la premisa de que la reutilización de aguas grises permitiría reducir el consumo de agua potable, lo que a su vez aumentaría la disponibilidad de este recurso para un mayor número de personas.

Para realizar este cálculo, se consideró el promedio de disponibilidad de agua potable por persona utilizando un sistema de recirculación de aguas grises (DAPSRAG), el cual se encuentra detallado en la Tabla 27. Este valor representa la cantidad de agua potable que estaría disponible por persona al implementar dicho sistema. Al multiplicar este valor por la cantidad de metros cuadrados de edificaciones autorizadas, se obtiene una estimación del número de personas que podrían acceder al agua potable.

Es importante tener en cuenta que esta estimación se basa en supuestos y consideraciones específicas, por lo que los resultados obtenidos deben ser interpretados como una aproximación general. Sin embargo, estos datos proporcionan una perspectiva valiosa sobre el potencial impacto positivo que la implementación de sistemas de recirculación de aguas grises podría tener en el acceso al agua potable para una mayor cantidad de personas.

Tabla 28. Disponibilidad de acceso al AP según permisos de edificación

Permisos de edificación según Informe Anual INE 2021	Superficie solicitada (m2)	DAPSRAG (personas/m2)	Potencial de personas con acceso al agua por m ² construido según DAPSRAG
Permisos edificación con instalaciones AP	22.772.851	0,016	360.023
Permisos Edificación Sector Público	10.676.208	0,016	168.783
Permisos Edificación Sector Público (regiones con crisis hídrica)	3.066.199	0,016	48.474
Plan de construcción Poder Judicial 2023-2035 ⁴¹	213.942	0,016	3.382

Considerando los datos de la tabla anterior, es posible realizar una cuantificación del impacto en el acceso al agua potable para diferentes ciudades, tomando en cuenta la población. Si todas las edificaciones que se autorizaron durante el año 2021 implementaran algún sistema de recirculación de aguas grises (SRAG), se estima que una población equivalente a la de la ciudad de Viña del Mar podría acceder al agua potable.

Si el análisis se enfoca únicamente en los edificios del sector público, y considerando que estos implementasen sistemas de recirculación de aguas grises, la población de Lampa y Padre Hurtado no se vería en riesgo de racionamiento del agua potable

Por otro lado, si consideramos las regiones que actualmente se encuentran en crisis hídrica según los últimos informes del Ministerio de Obras Públicas (MOP), ciudades como Vicuña en la región de Coquimbo, la cual fue analizada en esta memoria, y La Ligua, en la región de Valparaíso, no se verían afectadas en el suministro constante de agua potable.

Es probable que estas estimaciones, no consideren los efectos de ubicación y traslado del agua disponible, pero si plantea la necesidad que la autoridad realice análisis profundos para poder abordar la crisis hídrica, y la reutilización de las aguas grises, se plantea como una oportunidad.

Estas estimaciones resaltan el potencial impacto positivo que la implementación de sistemas de recirculación de aguas grises podría tener en el acceso al agua potable para diversas ciudades y regiones, contribuyendo a mitigar la escasez y mejorar la disponibilidad de este recurso vital.

⁴¹ Fuente: Departamento de Infraestructura de la CAPJ

8. Conclusiones

Este estudio ha demostrado que la implementación de un sistema de recirculación de aguas grises en inodoros de proyectos de infraestructura del Poder Judicial presenta numerosos beneficios y un costo de implementación que puede ser rentable a largo plazo. Las aguas grises presentan una ventaja sobre las aguas negras, ya que contienen un menor nivel de agentes patógenos y, por lo tanto, suponen un menor riesgo para la salud de las personas. Además, su reutilización presenta no sólo beneficios económicos, sino que también medioambientales. Tareas como descargar la cisterna de un inodoro o regar un jardín, por dar algunos ejemplos, se pueden seguir llevando a cabo al reutilizar las aguas grises y, de esta manera, ahorrar agua y dinero.

Para esta memoria se diseñó un sistema de captación y recirculación de aguas grises específico para los edificios del Poder Judicial, el que ha sido validado por sus especialistas sanitarios, lo que demuestra la viabilidad y adaptabilidad de esta tecnología en entornos institucionales. El diseño del sistema permitió maximizar la eficiencia en la captación y uso de las aguas grises, garantizando su adecuado manejo y minimizando los riesgos sanitarios.

Mediante los cálculos realizados en esta memoria, se ha determinado que la instalación de un sistema de recirculación de aguas grises es rentable, con una rentabilidad anual estimada de al menos un 1% en el caso del Juzgado de Letras de Vicuña. Además, se demostró que el retorno de la inversión por la instalación de este tipo de sistema puede lograrse en menos de 50 años, lo que permite un periodo de ahorro de aproximadamente 30 años o más, periodo que podría verse reducido si se considera el agua aportada por el sistema de clima.

De acuerdo con lo expuesto por el Departamento de Infraestructura y mantenimiento, el resultado del presente trabajo es valioso para poder impulsar sus comunicaciones con los Ministerios sectoriales asociados, ya que revisado con el equipo de inversiones de dicho Departamento, la propuesta es válida para ser presentada ante el ministerio de Desarrollo Social y Familia, entidad encargada de validar financieramente la inversión del proyecto, no obstante quedará en manos de las autoridades la resolución de las normativas que permitan su aplicación. Sin embargo, el Departamento de Infraestructura y Mantenimiento ha determinado incorporar en su diseño, basado en el presente estudio, las consideraciones propuestas de recirculación de aguas grises, por lo que de no ser aprobados por las autoridades si constará con los espacios y piping disponibles para poder realizar futuras intervenciones una vez construidos los edificios.

Al valorizar la implementación de un sistema de tratamiento y recirculación de aguas grises en inodoros, se identificaron múltiples beneficios económicos, ambientales y sociales. No solo se obtuvo un retorno de la inversión en un periodo de tiempo relativamente corto,

sino que también se generaron ahorros significativos en el costo operacional anual debido al menor consumo de agua potable.

En términos de los objetivos planteados, los resultados obtenidos cumplen con cada uno de ellos. Se logró estimar el volumen de agua potable no consumida, se diseñó un sistema de recirculación de aguas grises adaptado a los edificios del Poder Judicial, validado por esta entidad, se valorizó la implementación del sistema y se determinó el ahorro en el costo operacional anual por el menor consumo de agua potable.

Por otra parte, y como un análisis adicional al alcance de esta memoria, al estimar el volumen de agua potable no consumida por edificio debido a la reutilización de aguas grises, se evidencia que, de ser una práctica común, se generaría un significativo ahorro en el consumo de este recurso. Este ahorro se traduce en una mayor disponibilidad de agua para otras actividades y una reducción en los costos asociados al suministro de agua potable.

Es importante tener en consideración la situación hídrica del país, por lo que de acuerdo con lo expuesto con anterioridad en la justificación de esta memoria, de no mediar cambios en la gestión del recurso hídrico, la disponibilidad de agua potable será menor con el transcurso de los años, por lo que la mayor preocupación del Estado se deberá concentrar en cómo sostener el consumo, es así que toma mayor relevancia el ahorro de agua que se generará producto de la implementación de esta tecnología. De acuerdo con los edificios analizados, de implementar la reutilización de aguas grises se dejarían de consumir de forma directa más de 8.600 m³ de agua al año, reutilizando únicamente las aguas del Juzgado de Letras de Laja, Juzgado de Letras de Vicuña y Centro de Justicia de Viña del Mar. Al estar estos tres edificios en zonas afectas a la sequía, este ahorro de agua se presenta como una alternativa más que permitiría no estresar de sobremanera los recursos hídricos de cada zona y, a su vez, disponer de una mayor cantidad de agua potable, sobre todo si se amplía a otro tipo de edificaciones.

En conclusión, este estudio ha demostrado que la implementación de sistemas de recirculación de aguas grises en inodoros de proyectos de infraestructura del Poder Judicial presenta numerosos beneficios económicos, ambientales y sociales. Además de proporcionar un costo de implementación rentable a largo plazo, esta medida se vuelve aún más relevante al considerar las implicancias a largo plazo de la crisis hídrica en Chile. Con grandes ciudades enfrentando la amenaza del suministro continuo de agua potable, la reutilización de las aguas grises en edificios del Poder Judicial, y cualquier otra edificación pública, emerge como una medida sostenible para hacer frente a esta situación. Al ahorrar agua potable y reducir la presión sobre los recursos hídricos, esta tecnología contribuye al ahorro de agua, la reducción de costos y la preservación del medio ambiente. La adopción de esta medida se convierte en una necesidad imperante para garantizar la disponibilidad futura de agua en el país y promover una gestión eficiente de nuestros recursos hídricos.

9. Bibliografía

- Cartera de proyectos del Poder Judicial*. (2014–2021). [Conjunto de datos]. Poder Judicial Chile.
- Eslamian, S. (2016). *Urban Water Reuse* [Libro electrónico]. Amsterdam University Press.
- Friedler, E., & Alfiya, Y. (2010). Physicochemical treatment of office and public buildings greywater. *Water Science and Technology*, 62(10), 2357–2363. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.499>
- Gross, A., Maimon, A., Alfiya, Y., & Friedler, E. (2015). *Greywater Reuse (English Edition)* (1.ª ed.) [Libro electrónico]. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18217>
- Instituto Nacional de Normalización. (2000). Instalaciones domiciliarias de agua potable - Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores (NCh2485).
- Lara, E. (2021, 3 agosto). *Chile al rojo: RM registró el julio más cálido en 72 años con déficit de nieve de hasta 100%*. BioBioChile - La Red de Prensa Más Grande de Chile. <https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2021/08/02/chile-al-rojo-rm-registro-el-julio-mas-calido-en-72-anos-con-deficit-de-nieve-de-hasta-100.shtml>
- Ley N° 21.075. Diario Oficial de la República de Chile, 15 de febrero de 2018. <http://bcn.cl/2ficg>
- Oteng-Peprah, M., Acheampong, M. A., & deVries, N. K. (2018). Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 229(8). <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3909-8>
- Poder Judicial Chile. (2021). *Requerimientos internos del Departamento de Infraestructura y Mantenimiento de la Corporación Administrativa del Poder Judicial*

Anexo A

Documentos proporcionados por la CAPJ para la realización de esta memoria.

01. EETT⁴²
02. Memoria de cálculo⁴³
03. Planos⁴⁴
04. Itemizado⁴⁵
05. Cubicaciones⁴⁶
06. Presupuesto⁴⁷

⁴² <https://app.box.com/s/1ogjgw3q4dyiidhphf5dmlfj5n2w8i92>

⁴³ <https://app.box.com/s/zcvjjqevv1r3rnlgiqs8iarrejv7r0ot>

⁴⁴ <https://app.box.com/s/mjhox39xxj8ga09rvu847qjt7ao833km>

⁴⁵ <https://app.box.com/s/cyvu4pykad2f03ceyl1z2pobbj5xons7>

⁴⁶ <https://app.box.com/s/qba56asezlj8olf1wm0d1tnqrbx3v2lu>

⁴⁷ <https://app.box.com/s/anycnx0bkdq1xnhi5hiv8ym45enoijwt>

Anexo B

Documentos generados durante la elaboración de esta memoria:

01. Juzgado de Letras de Laja⁴⁸
02. Juzgado de Letras de Vicuña⁴⁹
03. Tribunal de Viña del Mar⁵⁰
04. Cuadro Comparativo⁵¹
05. Acceso a carpeta principal⁵²

⁴⁸ <https://app.box.com/s/yktl9gj1erdxjozy6g9uthabv1qbgvn>

⁴⁹ <https://app.box.com/s/5q9awi21zuwzzvepryxovw8gba605zwh>

⁵⁰ <https://app.box.com/s/x41t3b6pptxa32jjeofn5syv1smrvo>

⁵¹ <https://app.box.com/s/9djzyj873cza4melsnhmz24iaaip2yvm>

⁵² <https://app.box.com/s/5gf92u9y7rx8h6guhj59q9gkx9t0vn2u>