



Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Medioambiente
Magíster en Gestión Ambiental

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PARA
SU REUTILIZACIÓN EN LAS ÁREAS VERDES DEL CAMPUS 2 DE LA
UNIVERSIDAD DE PLAYA ANCHA.**

**TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN
AMBIENTAL**

AUTOR: NATALIA ANDREA MEZA VILLALÓN

PROFESORA GUÍA: Dra. ROMINA ÁLVAREZ ALARCON

VALPARAÍSO, NOVIEMBRE 2021

RESUMEN

La Universidad de Playa Ancha (UPLA) es una institución pública de reconocida trayectoria en la formación de pedagogos, además de incursionar en la formación de profesionales de otras diversas áreas del conocimiento. Uno de sus sellos principales es su decidido compromiso con el desarrollo de la Región de Valparaíso y, en los últimos años, realiza un serio esfuerzo por acrecentar la investigación. Así como entregando competencias y valores para formar graduados, profesionales e investigadores en un marco de calidad y compromiso con el desarrollo regional y nacional, promoviendo su carácter hacia la sustentabilidad, cumpliendo con los objetivos establecidos por el Manual RESIES y Consejo de Producción Limpia.

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises para el campus 2 de la Universidad de Playa Ancha, para ser reutilizada para riegos de áreas verdes de los patios centrales del mismo establecimiento, lo cual conduciría a un ahorro significativo de agua potable, el cual se cumplirá el objetivo 6 de manual de RESIES quien habla de la reutilización de las aguas para los campus sustentables y abarcara uno de los puntos de acuerdo que tiene la universidad con el consejo de producción limpia.

Para cumplir con este objetivo se realizó un levantamiento de información con antecedentes que entregó la universidad sobre el consumo de agua potable, con lo cual se estimó el volumen de aguas grises que genera y la cantidad que será utilizada para riego diario. En base a esta información y al análisis de la infraestructura disponible en las dependencias de la institución se seleccionó la tecnología más adecuada para realizar el tratamiento de las aguas grises, además del diseño y selección de los principales equipos y materiales requeridos. La planta de tratamiento elegida es comercial con una tecnología de tratamiento de lodos activados la cual ayuda a disminuir la carga orgánica de estas aguas. La planta tiene una capacidad de 6300 litros, dimensiones idóneas al espacio que tiene la institución. Las aguas al ser tratadas se acondicionarán para riego de acuerdo con la normativa chilena NCh 1333/78, en donde el caudal de trabajo será de $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$ considerando 3 horas de trabajo diarios para el regadío de las áreas verde de la institución.

INDICE GENERAL

2. Planteamiento del problema	10
3. Objetivo General:.....	11
3.1 Objetivos Específicos:.....	11
4. MARCO TEÓRICO.....	12
4.1 Universidad de Playa Ancha.....	12
4.1.2 Tipo de institución.....	12
4.1.4 Visión de la Universidad de Playa Ancha.....	13
4.1.5 Misión de la Universidad de Playa Ancha	14
4.1.6 Campus 2 de la Universidad de Playa Ancha	14
4.1.7 Casino.....	15
4.2 Red de Campus Sustentables	16
4.3 Agua potable urbana.....	19
4.4 Utilización de aguas servidas tratadas.....	21
4.5 Aguas Grises.....	22
4.5.1 Caracterización de aguas grises	24
4.5.2 Composición de aguas grises	25
4.5.3 Aguas grises en Chile.....	26
4.5.4 Antecedentes de Ley 21.075 y proyecto de reglamento.....	27
4.5.6 Antecedentes de un sistema de tratamiento a emplear.....	28
4.5.7 Tipos de reúsos para aguas grises	30
4.5.8 Usos Urbanos	31
2.6 Definición de los procesos de tratamiento del sistema	32
4.6.1 Pretratamiento.....	32
4.6.2 Tratamiento primario.....	33
4.6.3 Tratamiento secundario	33
4.6.4 Tratamiento terciario	33
4.7 Sistema de tratamiento	34
4.7.1 Biofiltros o humedales artificiales	34

4.7.2 Lodos Activados	35
4.7.3 Membranas	35
4.7.4 Filtración	36
4.8 Beneficios de la reutilización de aguas	38
5. METODOLOGÍA.....	39
5.1 Fase 1: Caracterización de la fuente:	39
5.1.1 Determinación de consumo de agua	39
5.1.2 Análisis de información de infraestructura del campus	39
5.1.3 Estimación del consumo de agua para riego	39
5.1.4 Caracterización de aguas grises mediante análisis bibliográficos	40
5.2 Fase 2: Selección del sistema de tratamiento de aguas grises	40
5.2.1 Revisión bibliográfica de los sistemas de tratamientos de aguas grises que pueden ser implementado en el campus 2	40
5.3 Fase 3: Diseño conceptual	42
5.3.1 Cálculos de diseño conceptual	42
5.3.2 Selección de los equipos, tuberías y accesorios	42
5.4 Fase 4: Estimación de los costos del proyecto.....	43
6. RESULTADOS	44
6.1 Caracterización de la fuente.....	44
6.1.1 Determinación de consumo del campus 2 de Universidad de Playa Ancha	44
6.1.2 Estimación de la cantidad de aguas grises para reúso	45
6.2 Análisis de información de infraestructura del campus.	48
6.1.3 Caracterización de aguas grises mediante análisis bibliográficos	50
6.3 Selección del sistema de tratamiento de aguas grises	52
6.3.1 Aspectos Técnicos	52
6.3.2 Aspectos Sociales	53
6.3.3 Aspectos Económicos	53
6.3.3 Aspectos Ambientales	54
6.4 Diseño Conceptual Campus 2 de la Universidad de Playa Ancha.....	56
6.4.1 Selección de los equipos, tuberías y accesorios para el sistema	56
6.4.2 Selección de Tuberías	60

6.4.3 Cálculo de la pérdida de carga por rozamiento	61
6.4.4 Cálculo de pérdida de carga singulares	63
6.4.5 Bombas	63
6.4.6 Selección del estanque	64
6.5 Estimación de costos del sistema de aguas grises.....	66
7. ANALISIS DE RESULTADOS	70
7.1 Generalidades sobre flujos de beneficios y costos relevantes	70
7.2 Costos actuales con consumo de agua proveniente de ESVAL S.A.....	70
7.3 Flujo de cajas para situación sin proyecto	71
7.4 Flujo de cajas para situación con proyecto	72
7.5 Flujo de caja incremental.....	72
7.6 Incorporación del Campus 1 y 3 al consumo de agua recuperada	73
7.6.1 Análisis con 50% de uso del excedente de agua potencial de la planta	74
7.6.2 Análisis con 100% de uso del excedente de agua potencial de la planta	77
8. RECOMENDACIONES	81
9. DISCUSIÓN.....	82
10. CONCLUSIÓN.....	84
11. REFERENCIAS.....	86
12. ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista del interior del casino ubicado en el Campus 2.....	8
Figura 2: Entrega de colaciones a los estudiantes.....	9
Figura 3: Disponibilidad de agua dulce y salada en el mundo.....	10
Figura 4: Disponibilidad de agua dulce por tipo de fuente	10
Figura 5: Disponibilidad de agua dulce por medio.....	11
Figura 6: Fuentes de Aguas Grises.....	16
Figura 7: Esquema de tipos de reúsos de aguas grises.....	24
Figura 8: Esquema del sistema de tratamiento de un biofiltro.....	27
Figura 9: Sistema convencional de lodos activados.....	28
Figura 10: Filtros de carbón activado granular... ..	30
Figura 11: Filtros de Multimedia.....	30
Figura 12: Imágenes de los espacios verdes del campus 2.....	41
Figura 13: Campus 2 y sus sectores de áreas verde de la Universidad de Playa Ancha....	42
Figura 14: Propuesta de sistema de tratamiento.....	47
Figura 15: Representación esquemática de la altura geométrica de aspiración Ha.....	49
Figura 16: Representación esquemática de la altura geométrica de impulsión Hi.....	50
Figura 17: Esquema de sistema de tratamiento del campus 2.....	50
Tabla 1: Demanda consultiva de agua en millones de metros cúbicos por año.....	12
Tabla 2: Cobertura de servicio urbano agua potable y aguas servidas en Chile 2019.....	12
Tabla 3: Cobertura de ESVAL de servicio urbano agua potable y aguas servidas en Chile 2019.....	13
Tabla 4: Clientes, Facturación y consumos promedios de AP y AS año 2019.....	13

Tabla 5: Clientes, facturación y consumos promedios de AP y AS año 2019 para el Gran Valparaíso.....	1
4	
Tabla 6: Características de Aguas Grises según Origen.....	17
Tabla 7: Composición característica de aguas grises.....	19
Tabla 8: Criterios solicitados para la aprobación de sistemas de reutilización de aguas grises	21
Tabla 9: Criterios de selección de sistema de tratamiento.....	34
Tabla 10: Consumo en m ³ de agua potable del campus 2.....	37
Tabla 11: Consumo de agua en actividades domésticas.....	38
Tabla 12: Consumo de agua potable en riego de áreas verdes.....	38
Tabla 13: Consumo de agua potable en otros usos.....	39
Tabla 14: Uso y litros aproximados extraídos del Manual para el hogar de la SISS.....	40
Tabla 15: Agua gris disponible cada día hábil en cámara desgrasadora.....	40
Tabla 16: Espacios verdes por sectores del campus 2.....	41
Tabla 17: Espacios verdes en m ² por sectores del campus 2.....	43
Tabla 18: Parámetros establecidos por la normativa 1.333.....	43
Tabla 19: Espacios verdes en m ² por sectores del campus 2.....	44
Tabla 20: Diámetro nominal comercial de acuerdo a Caudal de entrada y velocidad del agua.....	53
Tabla 21: Selección de bombas en base a Q y Hr.....	56
Tabla 22: Selección de bombas en base a Q y Hr.....	56
Tabla 23: Dimensiones de sistema de tratamiento.....	57
Tabla 24: Características de estanque vertical y precio.....	58

Tabla 25: Características del sistema de tratamiento y precio.....	58
Tabla 26: Características del sistema de bombeo y precio.....	59
Tabla 27: Características de los suministros del sistema de tratamientos y precio.....	59
Tabla 28: Características de los servicios del sistema de tratamientos y precio.....	59
Tabla 29: Características de los servicios de rebase del sistema de tratamientos y precio.....	60
Tabla 30: Montaje y tablero.....	60
Tabla 31: Costos Unitarios por uso de agua.....	71
Tabla 32: Flujo de caja de la situación sin proyecto en \$.....	71
Tabla 33: Flujo de caja en \$ con incorporación de plantas	72
Tabla 34: Flujo de caja incremental en \$.....	72
Tabla 35: indicadores de la bondad del proyecto obtenidos.....	73
Tabla 36: Costo de consumir y producir agua de riego para los Campus 1 y 3.....	73
Tabla 37: Flujo de caja de la situación sin proyecto en \$.....	74
Tabla 38: Flujo de caja en \$ con incorporación de plantas.....	75
Tabla 39: Flujos incrementales en \$ de la situación sin proyecto y con proyecto.....	75
Tabla 40: indicadores de la bondad del proyecto obtenidos.....	76
Tabla 41: Costo de consumir y producir agua de riego para los Campus 1 y 3.....	76
Tabla 42: Flujos efectivos.....	77
Tabla 43: Flujo de caja en \$ con incorporación de plantas.....	77
Tabla 44: Flujos incrementales en \$ de la situación sin proyecto y con proyecto.....	78
Tabla 45: indicadores de la bondad del proyecto obtenidos.....	79
Tabla 46: Resumen de indicadores de la bondad del proyecto según caso.....	79

1. Introducción

El agua es uno de los recursos naturales máspreciado que tenemos, reciclar el agua que se usa no sólo es ecológico, también asegura una mayor autonomía en el caso de llegar a existir escasez de esta valiosa matriz. Es de vital importancia empezar a desarrollar sistemas o dispositivos que permitan preservar el agua, teniendo en cuenta que hoy en día existen varias alternativas y tecnologías para el consumo eficiente de este recurso y su reutilización.

Una de estas alternativas de reutilización de aguas son las llamadas “aguas grises”, las que provienen de lavadoras, lavamanos, lavaplatos y duchas. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, por lo que se consideran aptas para ser reutilizadas para riego y descarga de inodoro, que son las principales demandas. (Allen, 2015)

El tratamiento de aguas grises -ya sean estas de tipo doméstico o industrial- tiene un objetivo común, que consiste en la remoción de contaminantes para que cumplan con la normativa ambiental vigente dentro del país, con la finalidad de hacerlas aptas para otros usos o evitar daños al ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas (Delgado y Pérez, 2011).

Actualmente en Chile, el aprovechamiento de aguas grises es una práctica incipiente, realizada principalmente por personas motivadas por responsabilidades autoimpuestas relacionadas con el desarrollo sustentable, el compromiso con el medio ambiente y/o los beneficios que estas prácticas conllevan.

En los campus universitarios diariamente circulan estudiantes, académicos, trabajadores y gente externa a las áreas disciplinarias que imparten las casas de estudio, los cuales son los que están constantemente utilizando los recursos, tanto agua como energía para realizar sus acciones cotidianas en las dependencias.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de implementación de un sistema de reutilización de aguas grises para el campus 2 de la Universidad de Playa Ancha, lo cual conduciría a un ahorro significativo del agua potable, a través de la captación de las aguas grises que se generan en la institución, las cuales son aguas que están contaminadas y pueden ser recicladas, teniendo en cuenta que es una gran alternativa

de manejo de gestión de aguas, la cual permite el uso de ciertas tecnologías no tan costosas para su tratamiento.

A través de esta propuesta se podrá abarcar el objetivo 6 del Manual de RESIES de la Red de Campus Sustentable, la cual la universidad está adscrita en el consejo de producción limpia de la red de Campus Sustentable, este manual es una herramienta de Reporte y Evaluación de la Sustentabilidad para Instituciones de Educación Superior. Esto busca que la institución obtenga una concientización hacia el medio ambiente y también una bonificación por la implementación de algunas acciones de reducción de consumo de agua.

Esta propuesta buscará, como institución, una reducción del consumo de agua potable y la concientización de la comunidad universitaria hacia la reutilización, reducción y recolección de las aguas y su acondicionamiento, para un programa de riego de las áreas verdes y así buscar un sello de sustentabilidad para los cambios cotidianos que se tendrá como institución.

2. Planteamiento del problema

La Universidad de Playa Ancha, en el año 2010, firmó el primer acuerdo interuniversitario para trabajar por la sustentabilidad. Se hace partícipe de esta estrategia poniendo en práctica el compromiso de desarrollar un manual el cual considera las metas del Consejo de Producción Limpia en donde se hace catastro de los residuos generados, y así poder buscar medidas de minimización y prevención, además de la inserción de nuevas asignaturas de sustentabilidad en las mallas de las diferentes carreras impartidas por la Universidad. Hasta el día de hoy la universidad sigue mejorando las metas lo que beneficiará a la universidad en distintos ámbitos. Campus sustentable Universidad de Playa Ancha (<https://www.upla.cl/sustentable/campus-sustentable/>).

A través de los índices de cumplimientos de producción limpia se permitió medir la Huella de Carbono institucional, elaborar catastros de luminarias y equipos, detectar puntos críticos respecto al consumo de energía y agua, se establecieron propuestas de disminución en minimización de residuos sólidos y de elaboración de compost a partir de los residuos sólidos urbanos del casino, pero aún no se logra realizar una minimización del recurso hídrico, a través del uso eficiente del agua potable.

Este trabajo busca un sistema que permita reutilizar las aguas grises que derivan de escenarios como la ducha, el lavamanos y el lavaplatos del campus 2 de la universidad, de acuerdo con la Ley N° 21.075 que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises. Se pretende realizar un diseño conceptual de tratamiento de aguas grises identificando los puntos estratégicos para las instalaciones, por tanto, nos enfocaremos en el reglamento de reutilización de aguas grises dictado por el departamento de salud.

Se deberá realizar un seguimiento del nivel de consumo de agua que tiene la institución y un levantamiento de información de los espacios verdes. El mayor beneficio de estas actividades de reutilización de aguas grises será ocupado en el regadío de las áreas verdes y la limpieza de superficies que cuenta la institución, las cuales estas actividades no es necesario el uso de agua potables y es una alternativa de reducción de consumo de esta matriz.

3. Objetivo General:

Proponer un sistema de tratamiento de las aguas grises disponibles del Casino del Campus 2, para su reutilización en las áreas verdes de la Universidad de Playa Ancha.

3.1 Objetivos Específicos:

- Determinar la dotación y caracterización de aguas grises disponibles para su tratamiento en el casino del campus 2.
- Identificar las áreas verdes y el consumo de agua para establecer un programa de riego con las aguas grises reutilizadas.
- Seleccionar la tecnología y los componentes adecuados para el tratamiento de aguas grises recolectadas en el campus para acondicionarse para riego.
- Establecer un diseño conceptual del sistema de tratamiento y reutilización.
- Estimar los costos de implementación del sistema propuesto.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Universidad de Playa Ancha.

La Universidad de Playa Ancha (UPLA) es una institución pública de reconocida trayectoria en la formación de pedagogos, además de incursionar en la formación de profesionales de otras diversas áreas del conocimiento. Uno de sus sellos principales es su decidido compromiso con el desarrollo de la Región de Valparaíso y, en los últimos años, realiza un serio esfuerzo por acrecentar la investigación.

Son más de 8 mil los estudiantes que hacen de la Universidad de Playa Ancha su casa de estudios, en ella reciben herramientas para el aprendizaje, los conocimientos de su propia especialidad y una formación transversal centrada en un perfil humanista, analítico, crítico y creativo en pos de una sociedad más integrada e inclusiva.

Para cumplir esta tarea, la UPLA cuenta con más de 500 académicos distribuidos en las facultades de Arte, Ciencias de la Educación, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Ciencias de la Salud, Ciencias Sociales, Humanidades e Ingeniería. Además, de una moderna infraestructura, acceso a modernos laboratorios y un completo Sistema de Bibliotecas.

4.1.2 Tipo de institución

La Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación es una corporación de derecho público, autónoma, de naturaleza laica, con personalidad jurídica y patrimonio propio, ubicada en la ciudad de Valparaíso y con una Sede en la ciudad de San Felipe. Proyecta su quehacer en los ámbitos propios de su competencia, como es la formación de graduados, profesionales y técnicos de nivel universitario, la investigación y la extensión, comprometida con el desarrollo social, económico y cultural del país

.4.1.3 Reseña histórica

Su nombre y dependencia han variado desde 1948: Instituto Pedagógico de Valparaíso (1948), Instituto Pedagógico de la Universidad de Chile (1955), Área de Humanidades de la Universidad de Chile (1968), Facultad de Educación y Letras, Sede Valparaíso, de la Universidad de Chile (1973), Academia Superior de Ciencias Pedagógicas (1981). Finalmente, desde 1985, hace suyo el nombre que la identifica actualmente.

Originariamente se la concibió como una institución dedicada a la formación de pedagogos, lo que ha significado una preocupación preponderante por las disciplinas vinculadas a la educación y por las distintas áreas que concurren para otorgar la formación profesional.

Para dar respuestas a las necesidades del medio regional y nacional, ha diversificado el saber disciplinario científico y técnico en los ámbitos de las humanidades, las ciencias sociales, las ciencias naturales, las ciencias de la actividad física, las ciencias de la ingeniería, las ciencias de la comunicación, del lenguaje y de la información, las ciencias de la salud y del arte, sin perder la impronta pedagógica en todos los proyectos formativos que ha impulsado.

Hoy la Universidad de Playa Ancha ofrece 50 carreras profesionales, 23 programas de postgrado. Desarrollo igualmente importante ha tenido el Instituto Tecnológico que imparte 16 carreras técnicas con especial énfasis en la minería, en sus campus de Valparaíso y San Felipe.

4.1.4 Visión de la Universidad de Playa Ancha

La Universidad de Playa Ancha quiere ser reconocida por su decidida contribución al desarrollo de la Región de Valparaíso, por su rol social y por la calidad de sus actividades docentes, de investigación, de creación artística y de vinculación con el medio. Posee un sello académico propio consolidado, que la distingue y proyecta al futuro como una entidad comprometida con la responsabilidad social.

4.1.5 Misión de la Universidad de Playa Ancha

La Universidad de Playa Ancha es una institución autónoma del Estado, con tradición en el área de la Educación y que desarrolla también las Ciencias, Humanidades, Tecnologías y Artes. El área tradicional y las demás áreas se complementan y potencian mutuamente en el desarrollo de la Docencia de Pregrado y Postgrado, la Investigación y Vinculación con el Medio. Si bien la docencia de pregrado ocupa un rol central en las actividades de la Universidad, ella está concebida como una entidad compleja por su compromiso con el desarrollo de la región de Valparaíso. En la formación de postgraduados, profesionales y técnicos se privilegia la calidad y está orientada a que sus egresados logren adaptarse a contextos diversos y dinámicos a través de un perfil humanista, analítico, crítico y creativo. La generación de conocimiento es entendida en su concepto más amplio de investigación, desarrollo e innovación y de creación artística como un medio de desarrollo cultural. La universidad promueve la construcción de una sociedad más inclusiva y democrática, evidenciando una importante vocación social en sus tareas propias.

4.1.6 Campus 2 de la Universidad de Playa Ancha

La Universidad de Playa Ancha tiene su sede principal en el barrio del mismo nombre, en Valparaíso. Además, en el valle del Aconcagua funciona el Campus San Felipe.

Los edificios universitarios en Playa Ancha se distribuyen en 3 áreas: el Campus 1 (Facultades de Humanidades, Educación Física y Cs. de la Educación), el Campus 2 (Facultad de Arte, Casino y Edificio Institucional) y el Campus 3 (Facultad de Ciencias, Facultad de ingeniería y Laboratorio HUB Ambiental).

El campus 2 de la Universidad de Playa Ancha, el cual está ubicado en la Av. González de Hontaneda N°855, se ubican las unidades de soporte, como el edificio institucional de la universidad, edificio casino, facultad de artes, biblioteca y edificio del Instituto Ignacio Domeyko.

En este edificio cuenta con una superficie total de las dependencias de 4500 m², en el cual se prestan servicios de alimentación, educación y trámites administrativos de la institución. El campus 2 de la UPLA, cuenta con 924 administrativos, 73 académicos y 2.478 alumnos

aproximadamente, el cual está distribuido en las diferentes dependencias de las unidades de soporte de la universidad. El principal edificio de la institución a considera para poder implementar este proyecto es donde se encuentra el casino, el cual tiene una gran cantidad de flujo de personas que utilizan estos espacios por la distribución de los alimentos. Este espacio es una gran alternativa de tratamientos de aguas grises, ya que el edificio cuenta con una infraestructura adecuada y espaciosa para un sistema de tratamiento de aguas y cuenta con una cámara desgrasadora que se puede tomar en cuenta para el proceso de la separación de los residuos.

4.1.7 Casino

Alrededor de 1.300 platos diarios se preparan en el Casino de la Universidad de Ancha, en la Figura 11 se presenta una vista de sus instalaciones. El servicio de casino es externalizado y ha sido entregado por las empresas SODEXO durante 4 años y al partir del 2019 por la empresa NUTRIFOOD.



Figura 1: Vista del interior del casino ubicado en el Campus 2.

Fuente: Elaboración propia

El funcionamiento del casino está orientado principalmente a los alumnos para los cuales ésta es la principal comida del día, la Figura 12 presenta la forma en que se reparten las colaciones. La Universidad cuenta con la carrera de Nutrición y profesionales de la Facultad de Salud asesoran en los tipos de menú, preocupándose de la calidad y variedad en

cuanto a lo calórico y su abundancia, con cada bandeja se alcanzan 1400 calorías, de un total de 2400 que debe consumir una persona diariamente.



Figura 2: Entrega de colaciones a los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

4.2 Red de Campus Sustentables

La Red de Campus Sustentables es una organización sin fines de lucro, con personalidad jurídica, que actúa para fomentar la educación para la sustentabilidad en la educación superior. (Manual de RESIES).

Esta institución da las herramientas del modelo de sustentabilidad, ayuda a evaluar el desempeño de la institución, definir metas y hacer seguimiento del progreso hacia la sustentabilidad. En este contexto veremos la iniciativa de la reutilización de aguas, en la categoría número 6 que se presenta en el manual de RESIES, que tiene por objetivo evaluar los esfuerzos de la institución para reducir o eliminar los impactos negativos en el medio ambiente que, directa o indirectamente, provoca la organización en su funcionamiento diario.

El recurso hídrico es un elemento de vital importancia para los ecosistemas y para los seres humanos, se estima que entre el 97 y el 97,5 % del agua de la Tierra es agua salada, solo el

2,5% del agua en la Tierra es agua dulce y menos del 0,5% se puede utilizar para el consumo humano, ya que una parte se encuentra en forma de agua congelada, aguas subterráneas, dejando aproximadamente un 0,007% disponible para uso de los seres humanos en forma de lagos, ríos, represas y fuentes subterráneas poco profundas, reabastecidos por los procesos de evaporación y precipitación, por lo que es un recurso limitado. (UNESCO, 2003). En la Figura 1 se muestra la disponibilidad que hay de agua dulce y salada a nivel mundial.



Figura 3: Disponibilidad de agua dulce y salada en el mundo

Fuente: Elaboración propia con datos de Unesco.

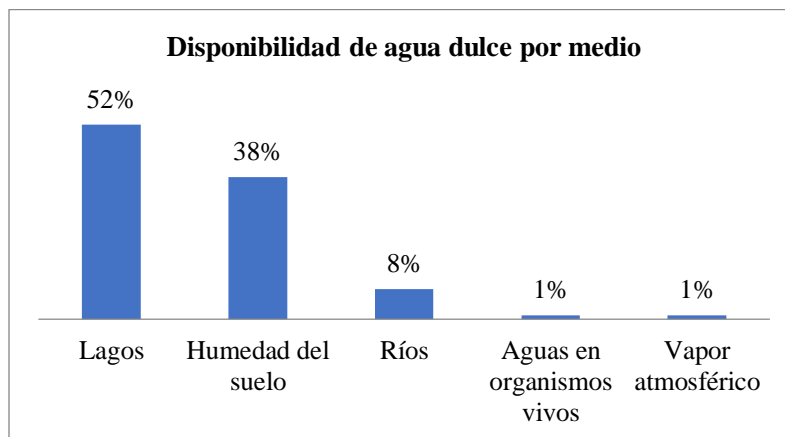


Figura 4: Disponibilidad de agua dulce por tipo de fuente

Fuente: Elaboración propia con datos Revista PNUMA, TUNZA Tomo 6, N°3

El aumento del consumo de agua en Chile ha aumentado en los últimos años producto del crecimiento demográfico y económico del país. Las extracciones de agua ascienden a 4.900 m³/s, lo que equivale a 166 mil millones de m³/año según cifras de la Dirección General de Aguas (DGA). De acuerdo con la Figura 4 la distribución del agua dulce por sector indica que el 72,3% es del sector Agrícola, para uso en consumo humano en Agua Potable un 11,8%, en el sector Industrial un 6,7%, en el sector Electricidad un 4,5%, pasando a la Minería un 3,9% y en el sector Pecuario un 0,7% (DGA,2017).

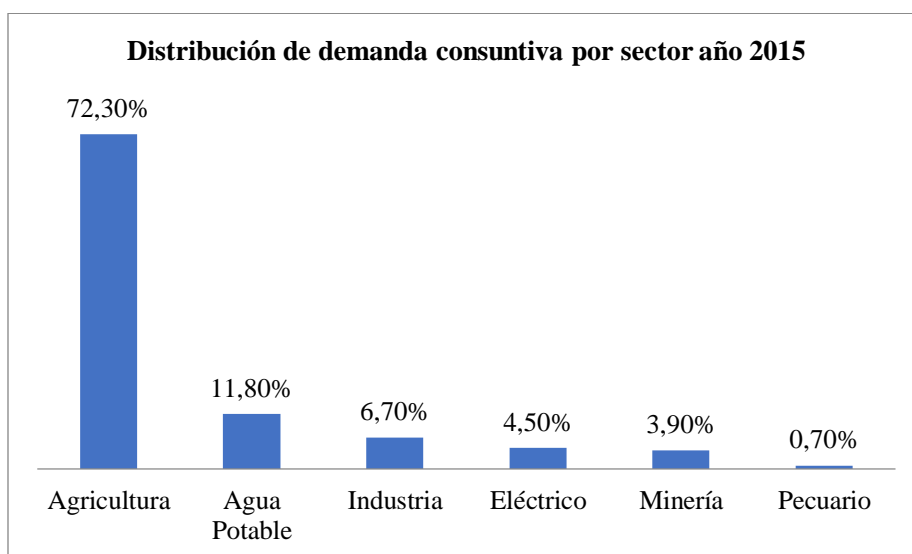


Figura 5: Disponibilidad de agua dulce por medio

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Aguas, 2017.

Según estudios de la DGA (2017) se proyecta un aumento de 4,5% en la demanda consuntiva al 2030, y de 9,7% al 2040 como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Demanda consultiva de agua en millones de metros cúbicos por año.

	2015	2030	2040
Demanda consuntiva de agua en			
Millones de m³/año	10.990	11.404	11.969

Fuente: DGA, 2017

4.3 Agua potable urbana

De acuerdo con la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), en Chile el consumo de agua en las ciudades es suministrado por las empresas concesionarias de servicios sanitarios, estas operan en sus respectivas áreas operacionales de manera exclusiva en cada una de las 16 regiones del país. Actualmente operan 54 empresas de servicios sanitarios en los 397 territorios operacionales, abasteciendo alrededor de 14,3 millones de personas (SISS., 2019). La cobertura de servicios sanitarios que podemos observar en la Tabla 2 en estas localidades, ha alcanzado niveles comparables a la de los países OCDE, alcanzando un 99,93% en agua potable, 97,17% en recolección de aguas servidas, y 99,98% en tratamiento de las aguas residuales con cobertura de alcantarillado (SISS., 2019).

Tabla 2: Cobertura de servicio urbano agua potable y aguas servidas en Chile 2019

Cobertura de servicio	Urbano
Agua Potable	99,3%
Recolección de aguas servidas	97,17%
Tratamiento y disposición	99,98%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de SISS, 2019

La Tabla 3 presenta datos de cobertura atendida por la Sanitaria ESVAL, tanto en agua potable como agua servida, que alcanza a una población de 1.469.329 habitantes con 642.684 clientes en agua potable y 590.538 en aguas servidas para la región de Valparaíso. En la Tabla 3 se observa que la cobertura alcanza un 99,5% en agua potable, 94% en recolección de aguas servidas, y 100% en tratamiento de las aguas residuales de acuerdo a informe de cobertura de la SISS 2019 (SISS., 2019).

Tabla 3: Cobertura de ESVAL de servicio urbano agua potable y aguas servidas en Chile 2019

Cobertura de servicio	Urbano
Agua Potable	99,5%
Recolección de aguas servidas	94,0%
Tratamiento y disposición	100%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de SISS, 2019

De la Facturación emitida en Agua Potable por ESVAL; basada en toma de lectura y el total de población atendida, podemos inferir que se disponen aproximadamente en promedio 300 litros por habitante (ESVAL, 2019).

De los datos de clientes y población atendida es posible estimar sus consumos promedios de agua potable y agua servida lo que observamos en la Tabla 4, los que dan un rango de 273 a 300 litros por habitante día sin distinguir por tipo de cliente, pero considerando que las redes de recolección reúnen el total de sus aguas recolectadas y las dirigen a un colector común dentro de la localidad, lo podemos considerar validos como ejercicio de estimación de las aguas que se están ocupando en la región.

Tabla 4: Clientes, Facturación y consumos promedios de AP y AS año 2019

Valores promedio	Agua potable	Aguas servidas
Clientes año	642.684	590.538
Facturación m³/año	159.715.000	140.202.000
m³/cliente-año	248,5	237,4
m³/cliente-mes	20,7	19,8
L^{itros}/cliente-día	690,3	659,5
L^{itros}/habitante-día *	300	273

* Consideramos en promedio 2,3 personas en AP y 2,41 personas en AS por hogar, determinado del cociente de Producción con el número de clientes correspondiente.

Fuente: Elaboración propia de Memoria ESVAL 2019.

De la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en cuanto a población del año 2019, las comunas pertenecientes al Gran Valparaíso; Villa Alemana, Quilpué, Viña del Mar y Valparaíso y que tributan sus aguas al Gran Colector de AS, el que dispone las aguas tratadas con tratamiento físico al Océano Pacífico suman 971.907, notar que a este mismo colector tributa el Campus 2 de la UPLA. Del total de clientes habitantes atendidos por ESVAL, el Gran Valparaíso representa el 66,1% de los habitantes, considerando este porcentaje para la facturación y el criterio de habitantes por número de clientes considerado previamente obtenemos la Tabla 5 y observamos que se mantiene la dotación de agua por habitante día.

Tabla 5: Clientes, facturación y consumos promedios de AP y AS año 2019 para el Gran Valparaíso.

Valores promedio	Agua potable	Aguas servidas
Clientes año	420.739	403.280
Facturación m³/año	105.571.615	92.673.522
m³/cliente-año	251	229,8
m³/cliente-mes	21	19,2
L^{itros}/cliente-día	697	638
L^{itros}/habitante-día *	302	264

Fuente: Elaboración propia de Memoria ESVAL 2019.

4.4 Utilización de aguas servidas tratadas

Considerando los avances tecnológicos y las crecientes necesidades de agua, aumentan las posibilidades de uso de las aguas servidas tratadas con fines productivos, e incluso para consumo humano como lo hacen algunos países tales como Singapur, Israel o Australia. Frente a la actual disminución del recurso hídrico en el país, se imponen nuevos desafíos y dada la alta cobertura de saneamiento en zonas urbanas del Chile, existe una cantidad significativa de recurso hídrico disponible en aguas servidas tratadas. En total, en Chile se tratan cerca de 1.284 millones de m³ de aguas servidas al año, equivalentes a un caudal medio de 40,7 m³/s. Más de un 22% de estas son vertidas al mar, de las cuales 8,8 m³ /s son descargadas mediante emisarios submarinos, los que sólo comprenden un tratamiento primario. Esto representa un recurso significativo que podría ampliar la disponibilidad neta de agua en las cuencas (DGA, 2017).

Existen diferentes definiciones dadas al término Aguas Grises. La mayoría de los autores coincide en que corresponden a aguas residuales domésticas con excepción de las provenientes de inodoros y urinarios, llamadas aguas negras, otros excluyen además de esta definición aguas provenientes de la cocina. Una subdivisión usual es separar las aguas grises en claras y oscuras, siendo las primeras correspondientes a lavamanos, duchas y tinajas, y las segundas a lavadoras y lavaplatos.

4.5 Aguas Grises

Las aguas grises son las aguas provenientes de lavadoras, lavamanos, lavaplatos y duchas. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, por lo que se consideran aptas para ser reutilizadas para riego y descarga de inodoro, que son las principales demandas. Es importante tener presente que las aguas provenientes de los inodoros no son consideradas aguas grises y, por lo tanto, no se incorporan en ellas para su eventual reutilización. (Allen, 2015)

En Chile las aguas grises son consideradas como “aguas servidas”, ya que no se hace ninguna distinción al respecto en el Decreto con Fuerza de Ley N° 382 (Ley General de Servicios Sanitarios). El único instrumento que hace la distinción del término “aguas grises”, es la Norma NCh 1105 sobre ingeniería sanitaria del Instituto Nacional de Normalización (INN) (Bravo, 2011). Por su parte, la Dirección General de Aguas DGA (2010) planteó una definición general que dice que “las Aguas Grises son la parte de las aguas servidas domésticas libres de materias fecales y desagües de la cocina, constituyendo una parte importante de las aguas servidas que corresponden a las aguas generadas por los aportes de baños, cocina y lavadero”.

Las aguas grises han sido consideradas como una alternativa frente a la escasez del recurso hídrico (Ministerio de Salud de Chile, 2017). En la actualidad, en nuestro país, se encuentra en segundo trámite constitucional en la Cámara de Diputados el Proyecto de Ley que norma el servicio de recolección y disposición de aguas grises (Boletín N° 9452-09), que define las aguas grises como “las aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos y lavatorios, y otros, excluyendo las aguas negras”. Además, está el Reglamento de Aguas Grises que está elaborando el Ministerio de Salud (Subsecretaría de Salud Pública, 2017).

Los principales usos, por volumen, son el riego, aunque tienen infinidad de aplicaciones, cualquiera en la que no sea imprescindible la aplicación de agua potable.

El marco teórico de esta investigación estará enfocado en definir en primera instancia los componentes y parámetros de la reutilización de aguas, también conocer las estrategias de minimización del consumo de aguas, además de conocer los sistemas de reutilización y

tratamientos de aguas grises para acondicionarla para riego según la normativa chilena NCh 1333 requisitos de calidad del agua para diferentes usos o según la normativa chilena NCh 3582 que habla sobre la reutilización de agua residual de origen doméstico calidad estándar del agua regenerada para irrigación de áreas verdes.

Estudios realizados en diferentes países indican que el porcentaje de aguas grises, presentes en aguas servidas domésticas, se encontraría entre un 50 y 80% o, más acotado aún, entre 60 y 70%. (Franco, 2007).



Figura 6: Fuentes de Aguas Grises

Fuente: Elaboración Propia.

Del dato proporcionado por la DGA en el caso del Gran Valparaíso, se hace notar que el 100% de las aguas servidas son enviadas a los emisarios Loma Larga o Viña del Mar, con un total facturado de 92.673.522 m³ y que perfectamente podrían tener otros usos, lo cual puede resultar en una gran oportunidad por la disponibilidad del recurso para agua recuperada, pero al no contar con restricciones como inversiones en tecnologías, actualización del código de aguas, resulta interesante intervenir en las fuentes, donde ninguna de las dos restricciones mencionadas intervienen en la voluntad de recuperar aguas grises.

4.5.1 Caracterización de aguas grises

La composición de las aguas grises es también un factor variable, dependiente de las costumbres de las personas, sus edades y sexos, de los productos de limpieza ocupados, del número de personas en la vivienda, de las características del agua potable, de la época del año, de la hora del día, del clima, entre muchos otros factores.

Es posible caracterizar las aguas grises de acuerdo con los mismos parámetros que las aguas residuales domésticas, la variación entre unas y otras radica en las diferentes magnitudes de dichos parámetros. Las aguas grises se pueden caracterizar física, química y microbiológicamente.

Las aguas grises presentan diferentes características, según el uso que se le da al agua potable, a continuación, en la Tabla 6 se presenta una lista de características según su utilidad.

Tabla 6: Características de Aguas Grises según Origen

Origen	Características
Lava vajillas	<ul style="list-style-type: none">-Altamente contaminada con partículas de comida, aceites y grasas.-Cantidades variables de coliformes.-Generalmente presenta mayor cantidad de SST que las aguas servidas.-Crecimiento de microorganismos.Descomposición rápida. Mal olor.-Contiene detergentes, blanqueadores. Espumas.-Alta demanda de oxígeno.-Usualmente se considera como agua negra.
Ducha, Tina y Lavamanos	<ul style="list-style-type: none">-Generalmente corresponde al agua menos contaminada (aguas grises claras).-Ducha y tina presentan coliformes.-Puede contener orina, que es estéril en personas sanas, no obstante, algunas infecciones en la vejiga pueden hacer que exista presencia de microorganismos, el potencial de éstos para sobrevivir y causar infecciones es considerado remoto.

	<ul style="list-style-type: none"> -Contiene pelos y productos de limpieza como jabón, champú y pasta de dientes. -Baja demanda de oxígeno.
Lavadora	<ul style="list-style-type: none"> -Contiene coliformes. -Contiene detergentes (sodio, fósforo, boro, amonio, nitrógeno). Espumas. -Alto pH. -Alta Salinidad -Alta cantidad de sólidos suspendidos (pelusas), alta turbiedad.
Piscinas	<ul style="list-style-type: none"> -Altas concentraciones de microorganismos. -Gran presencia de químicos (residuos químicos de productos para mantenimiento, aceites para el cuerpo, cosméticos, etc.) -Polvo, pelos, pelusas. -Generalmente no se considera esta agua en recuperación de aguas grises, debido al gran volumen evacuado en poco tiempo.

Fuente:(NSW, 2000; Imhof y Muhlemann, 2005)

4.5.2 Composición de aguas grises

En el caso particular de las aguas grises, una gran ventaja para su utilización es que están libres de materia fecal y que corresponden a más del 50% del total de aguas servidas generadas en una vivienda. Se estima que en una familia de 4 personas con una dotación de 180 l/hab/día, el 68% del total de sus aguas servidas corresponde a aguas grises si incluimos las aguas de la cocina y la lavadora, mientras que si excluimos estos dos ítems el porcentaje es de 38%. (REVISTA AIDIS, 2017).

No obstante, las aguas grises contienen contaminantes microbiológicos y químicos que deben ser controlados previo a su utilización (ver tabla 7). Es decir, se requieren normas sanitarias que garanticen el control de los riesgos asociados a estas aguas residuales. En la actualidad, en Chile no existe regulación normativa ni técnica para la utilización de aguas grises, pero en los últimos años se ha venido trabajando paralelamente en dos iniciativas: un proyecto de ley que regula el aprovechamiento de estas aguas, iniciado por una moción

parlamentaria de un grupo de senadores; y el Proyecto de Reglamento de Reutilización de Aguas Grises, liderado por el Ministerio de Salud (MINSAL).

Tabla 7: Composición característica de aguas grises

Parámetro	Unidad	Rango en Aguas Grises
Sólidos Suspendidos	mg/l	45 - 330
Turbiedad	NTU	22 - 200
DBO ₅	mg/l	90 - 290
Nitrato	mg/l	<0.1 - 08
Amoniaco	mg/l	<0.1 - 25.4
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l	2.1 - 31.5
Fósforo Total	mg/l	0.6 - 27.3
Sulfato	mg/l	7.9 - 110
pH	-	6.6 - 8.7
Conductividad	microS/cm	325 - 1140
Sodio	mg/l	29 - 230

Fuente: Jeppersen B. and Solley D. (1994). Model guidelines for domestic greywater reuse for Australia.

4.5.3 Aguas grises en Chile

En Chile, a pesar de que existe un proyecto de ley en discusión, todavía es un recurso no regulado ni aprovechado, por lo que es de interés avanzar hacia la utilización de las aguas grises, especialmente en instituciones universitarias para la concientización del recurso en usos que no requieren la calidad del agua potable.

Reutilizar las aguas grises es un componente importante de las prácticas sustentables del uso de agua, hay muchos beneficios en el uso de las aguas grises en lugar de agua potable para el riego. Usar aguas grises puede: (Allen, 2015)

- Disminuir el uso de agua potable. (el porcentaje de disminución varía dependiendo del sitio y el diseño del sistema)
- Disminuir el costo económico de los recibos de agua y la factura por aguas residuales.

- Diversificar los suministros de agua municipales y proporcionar una fuente alternativa de agua para riego, reservando el agua tratada para necesidades de más alta calidad.
- Reducir las necesidades de energía y químicos usados para tratar las aguas residuales.

Chile cuenta con ciertas normativas de diferente regularización de uso de agua, el cual se considera establecer parámetros de calidad en tanto para reutilización de aguas domiciliarias y otro uso, como la normativa NCh 3.582 quien establece el estándar del agua regenerada para irrigación de áreas verdes y la normativa NCh 1.333 la cual orienta sobre los requisitos de calidad de agua para diferentes usos.

Existe un proyecto de reglamento sanitario para la recolección, reutilización y disposición de las aguas grises el cual fue promulgado por la ley 21.075 que está orientado establecer los requisitos o antecedentes adicionales que se deberán acompañar a las solicitudes de aprobación del proyecto de reutilización de aguas grises y autorización de funcionamiento, según corresponda, tomando en especial consideración su aplicación tanto para área urbana como rural. Este reglamento es impartido por el departamento de salud ambiental (MINSAL).

4.5.4 Antecedentes de Ley 21.075 y proyecto de reglamento.

El primer paso se dio con fecha el 15 de febrero del año 2018 se publicó en el Diario Oficial la Ley N° 21.075 2018, con la aprobación de la ley 21.075 quien es la que regula la recolección, reutilización y disposición final de las aguas grises, las cuales se definen como “aguas servidas domesticas residuales proveniente de las tinas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras”, por lo que queda fuera las aguas servidas domesticas tratadas. Esta ley, además esta ley prohíbe cierta característica de uso de agua como deja descartado la reutilización para consumo humano. Actualmente se está a la espera de que el Ministerio de Salud dicte el reglamento que complementa esta ley.

La Ley establece que los sistemas de reutilización de aguas grises deberán contar con la aprobación de proyecto y autorización de funcionamiento de la autoridad sanitaria regional

respectiva. La solicitud de aprobación de proyecto deberá contener ciertos criterios que son indicados en la Tabla 8.

Tabla 8: Criterios solicitados para la aprobación de sistemas de reutilización de aguas grises

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

Fuente: Elaboración propia con datos de autoridad sanitaria

4.5.6 Antecedentes de un sistema de tratamiento a emplear.

El Ministerio de Salud dictará un reglamento que contendrá las condiciones sanitarias que deberán cumplir los sistemas de reutilización de aguas grises, el que establecerá los requisitos o antecedentes adicionales que se deberán acompañar a las solicitudes de aprobación del proyecto y autorización de funcionamiento, según corresponda, tomando en especial consideración su aplicación tanto para área urbana como rural. Dicho reglamento establecerá el destino que podrá darse a las aguas grises tratadas y los requisitos que deberá cumplir el sistema de reutilización de aguas grises para cada uso autorizado, así como las calidades específicas del efluente tratado y las exigencias de control de su funcionamiento.

El Artículo 4 de la ley 21.075 establece que la resolución que autorice el sistema de reutilización de aguas grises considerará, entre otros, los siguientes aspectos:

1.- La identificación del titular a cargo del sistema.

2.- La individualización precisa del lugar, área o áreas donde tendrá lugar la reutilización.

3.- El sistema de tratamiento a emplear.

4.- El plazo por el cual se otorga la autorización, de conformidad a lo dispuesto en el artículo 7° del Código Sanitario.

5.- La identificación de los fines a los que se podrán destinar las aguas grises tratadas y los estándares que se deberán cumplir, según esos mismos fines.

6.- La identificación de la concesionaria de servicios sanitarios o el sistema particular de aguas servidas con el que se mantendrá la conexión a la red de alcantarillado, cuando éste exista, o con un sistema particular de aguas servidas, sea éste individual o colectivo.

7.- Su aplicación en área urbana o rural.

La ley prohíbe la reutilización de aguas grises tratadas para el consumo humano y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas que crecen a ras de suelo y suelen ser consumidas crudas por las personas, o que sirvan de alimento a animales que pueden transmitir infecciones a la salud humana, procesos productivos de la industria alimenticia, uso en establecimientos de salud en general, cultivo acuícola de moluscos filtradores, uso en piletas, piscinas y balnearios, uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos, en fuentes o piletas ornamentales en que exista riesgo de contacto del agua con las personas y cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere riesgoso para la salud.

El artículo 8 del reglamento da a conocer los puntos que el proyecto del sistema de reutilización de aguas grises deberá contener al menos lo siguiente puntos:

- Memoria técnica y planos del proyecto que describen el diseño del sistema, esto es, la recolección y el tratamiento de las aguas grises crudas, y la conducción y reutilización de las aguas grises tratadas, además de la forma en que se dará cumplimiento a las especificaciones de este reglamento. Se deben incluir también la calidad del agua cruda, la que deberá ser verificada al momento de tramitar la autorización de funcionamiento del sistema, las bases de cálculo y criterios de diseño del sistema que justifiquen técnicamente su dimensionamiento.

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

4.5.7 Tipos de reúsos para aguas grises

Entre los usos dados a las aguas grises tratadas se encuentran los de tipo: urbano, industrial, ornamentales y recreativos, en el cual solo nos enfocaremos en el rehusó de aguas grises de uso urbano. La reutilización debe realizarse dentro de la misma propiedad donde se generan las aguas grises, independiente si es de carácter público o particular. "Artículo 1.- La presente ley establece y regula los sistemas de reutilización de las aguas grises, aplicable a áreas urbanas y rurales". (Ley N° 21.075, 2018).

A continuación, se mencionan los usos que están estipulados en el artículo N° 8 de la ley mencionada anteriormente:

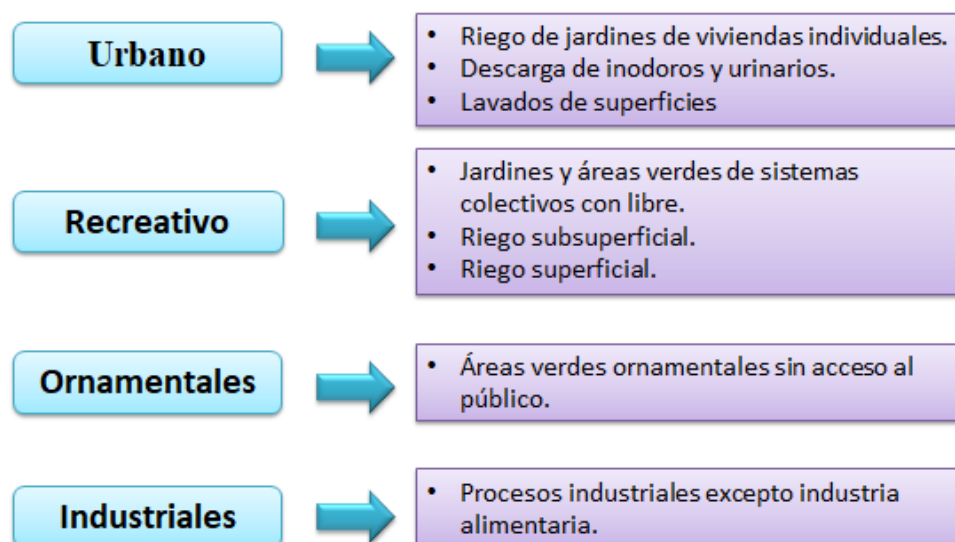


Figura 7: Esquema de tipos de reusos de aguas grises.

Fuente: Elaboración Propia.

4.5.8 Usos Urbanos

Los principales usos urbanos dados al agua tratada son en riego y en estanques de inodoros. El uso en estanques de inodoros permite un ahorro de un 30 a un 40% del agua usada al interior de la casa.

En el caso de uso en riego residencial, es posible reusar el 60 a 70% del agua residual generada, correspondiente a aguas grises, permitiendo un considerable ahorro de este recurso y/o un aumento de áreas verdes residenciales. El nivel de calidad exigida a las aguas de riego depende del tipo de riego usado y del acceso existente a estas áreas. (Franco, 2007.)

Los usos urbanos dados a las aguas grises tratadas son de tipo no potable, entre estos están:

- Riego: Áreas verdes como: parques, canchas deportivas, campos de golf, césped residencial, cementerios, etc. Riego de caminos de tierra.

- Limpieza: de calles, vehículos, ventanas, lavado de ropa en lavadoras, entre otros.
- Estanques de inodoros y urinarios.
- Paisajismo, por ejemplo, uso en fuentes y caídas de agua.
- Control de incendios.
- Derretimiento de nieve, a fin de evitar su acumulación en calles (Suzuki Y.).

2.6 Definición de los procesos de tratamiento del sistema

Para lograr la reutilización de las aguas grises se emplean diferentes sistemas de tratamiento de aguas que están basados en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar diferentes contaminantes presentes en el agua proveniente del uso humano.

El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o efluente tratado y un residuo sólido (lodo). El tratamiento convencional de aguas residuales grises comienza por la separación física inicial de los sólidos más grandes; posteriormente se aplica un desarenado seguido de una sedimentación primaria que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Una vez realizado este proceso, el agua tratada puede experimentar procesos adicionales como desinfección, filtración, entre otros. Las aguas residuales, en general, se pueden someter a diferentes niveles de tratamiento, dependiendo del grado de purificación que se requiera (Galvis, 2013). El efluente final puede ser reutilizado para riego e inodoro principalmente. Los sólidos (lodos) generados son sometidos a un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

4.6.1 Pretratamiento

Comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objetivo separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias, que, por su naturaleza o tamaño, puedan dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento. El correcto diseño y posterior mantenimiento de la etapa de pretratamiento son aspectos relevantes, pues cualquier deficiencia en los mismos repercutirá negativamente en el resto de las

instalaciones originando obstrucciones de tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de incrustaciones, entre otros. (Galvis, 2013)

4.6.2 Tratamiento primario

Se centra en la eliminación de sólidos en suspensión, consiguiéndose además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica. Los tratamientos primarios más habituales son la sedimentación o decantación primaria y los tratamientos fisicoquímicos. (Galvis, 2013).

4.6.3 Tratamiento secundario

Constituye una serie de procesos de naturaleza biológica que tienen en común la utilización de microorganismos para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable. Este proceso degrada activamente la materia orgánica que esté presente en el agua residual, para después convertirla en sólidos suspendidos, facilitando su eliminación.

Los procesos secundarios en las aguas residuales eliminan las impurezas que contienen un tamaño mucho menor a los que se pueden captar o eliminar mediante un proceso de decantación normal.

4.6.4 Tratamiento terciario

Es conocido también como un tratamiento avanzado, más riguroso o de pulimento que permite obtener efluentes finales de mejor calidad para que puedan ser vertidos en zonas donde los requisitos son más exigentes o puedan ser reutilizados. Su objetivo es la eliminación de material particulado y coloidal que no fue removido en los tratamientos previos, además de minimizar al máximo las características orgánicas que influyen el color y olor del agua, y los contaminantes biológicos patógenos de importancia presentes en las aguas grises tales como materia orgánica sin degradar y coliformes totales y fecales que en concentraciones moderadas o elevadas representan un riesgo potencial para la salud humana.

Para la implementación de este sistema de recolección de agua, es necesario contar con un tanque de almacenamiento de aguas grises, tanque de distribución, filtro de graba, filtro de arena, filtro de CAG, recolección de efluentes, dispositivos de residuos.

4.7 Sistema de tratamiento

4.7.1 Biofiltros o humedales artificiales

Un biofiltro es construido para tratar las aguas grises por la biofiltración, que combina la acción de retención mecánica de un material filtrante y de transformación biológica de los contaminantes retenidos en el agua que se pretende tratar, eliminando una cantidad significativa de contaminantes antes de llegar al agua subterránea, río o humedal natural. El sistema puede ser construido para una sola casa o un grupo de casas. Las dimensiones de los sistemas varían según los volúmenes de agua a tratar.

Las aguas grises contienen nitratos, fosfatos, jabones, sal, bacterias, espumas, partículas de alimentos, materia orgánica, sólidos suspendidos, perfumes y colorantes. Las aguas grises se originan de los hogares, de las escuelas, de las universidades y de todo lugar donde se use el agua con fines de limpieza, excluyendo las excretas. Son producto de lavaderos, baños, lavamanos y otros usos domésticos. Los biofiltros son una manera sostenible para la remoción de los contaminantes contenidos en las aguas grises. (Chávez y Guevara 2010)

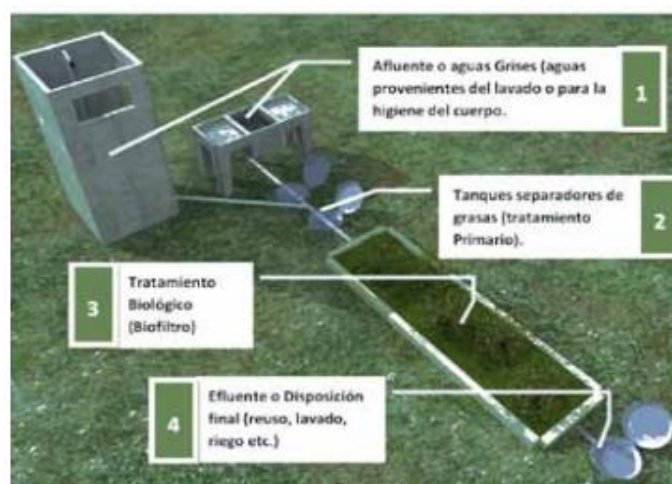


Figura 8: Esquema del sistema de tratamiento de un biofiltro.

Fuente: Elaboración HABITAR

4.7.2 Lodos Activados

El Lodo Activado es un proceso biológico aeróbico, que sirve para tratar las depuradoras y las aguas residuales comúnmente conocidas como efluentes usando bacterias (para degradar los compuestos orgánicos biodegradables) y aire (oxígeno para la respiración).

El conjunto comprendido entre lodos activados y aguas servidas se le denomina “licor de mezclado”, el que luego es conducido a un sedimentador secundario donde estos lodos decantan, permitiendo de esta manera un efluente clarificado (reduce la turbidez y el color del agua). Cierta parte del lodo es recirculado al estanque de manera que se produzca el equilibrio de los microorganismos. (Ruiz, 2019)

Existen muchas variantes de los procesos de lodo activado, incluidas las variaciones en el método de aireación y la forma en que el lodo se devuelve al proceso.

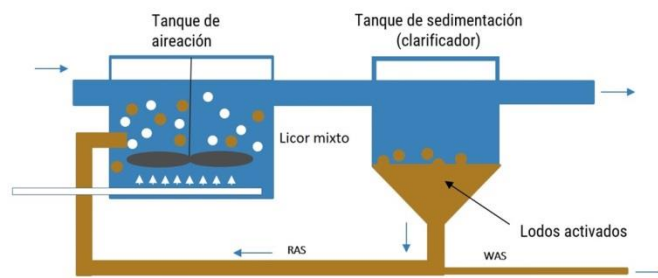


Figura 9: Sistema convencional de lodos activados

Fuente: Elaboración Cropaia

4.7.3 Membranas

Un proceso de membrana es cualquier método que se basa en una barrera de membrana para filtrar o eliminar partículas del agua. El fluido pasa a través de la membrana debido a la diferencia de presión entre un lado de la membrana y el otro. Los contaminantes permanecen en un lado. Aunque se utilizan muchos tipos de medios de filtración para el tratamiento del agua, por ejemplo, arcilla, limo y arena, una de las propiedades que distingue a las membranas es su capacidad para separar sustancias más pequeñas de un líquido, como por ejemplo sales e iones.

Los sistemas de membranas incluyen microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración y osmosis inversa, los cuales tienen diferentes rangos de partículas, siendo la última la de mayor retención eliminando prácticamente todos los sólidos disueltos en el agua. Uno de los problemas asociados es que las membranas son propensas a bloqueos. (Ruiz, 2019)

4.7.4 Filtración

El tratamiento de aguas mediante sistemas de filtración es una de las soluciones más comunes para los tratamientos de las aguas potables, industriales y residuales.

Es un proceso de separación de sólidos de un agua, basado en el paso de una mezcla de sólido-líquido a través de un medio más o menos poroso en el cual retiene los mismos, permitiendo el paso del líquido. Es una operación utilizada para remover además de sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fósforo, DBO, DQO, metales pesados, virus, por lo que asegura una calidad superior que el efluente secundario. Para la operación de filtración se suele utilizar diferentes tipos de filtros dependiendo de la calidad del agua a filtrar y sus diferentes contaminantes

Los principales tipos de lechos filtrantes actualmente utilizados en la filtración de agua residual son:

Filtros de carbón activado granular: Se operan generalmente con flujo ascendente y descendente y deben lavarse con agua de buena calidad. Su funcionamiento se basa introduciendo el agua por la parte superior de la columna y sale por la parte inferior, el carbón se mantiene en su lugar por medio de una rejilla en el fondo de la columna. Uno de los problemas más comunes con el filtro de carbón es la obstrucción motivada por los sólidos en suspensión presentes en el agua residual a tratar. El problema de obstrucción del lecho de carbón se puede superar parcialmente si se utiliza un lavado superficial o aire, o ambos. La regeneración del carbón puede efectuarse mediante el lavado con distintos solventes orgánicos, ácido mineral, sustancias cáusticas, vapor o calor seco. La remoción de compuestos orgánicos y de turbiedad en los filtros de carbón activado granular depende del tipo de carbón activado. Los filtros de carbón activado granular con tamaño efectivo pequeño y un coeficiente de uniformidad grande favorece la adsorción rápida de

compuestos orgánicos. Los filtros con gran tamaño y coeficiente de uniformidad pequeño favorecen carreras de filtración más largas, facilitan el proceso de limpieza de los filtros y reducen la pérdida de carga.



Figura 10: Filtros de carbón activado granular.

Fuente: INQUINAT tratamiento de aguas.

Filtros Multimedia: Los filtro multimedia o también llamados de Lecho Profundo, contienen en su interior de 3 a 4 tipos de carga de diferente granulometría y densidades, ordenadas en capas una sobre otra. De esta forma se retienen las partículas de mayor tamaño en las capas superiores y las más pequeñas son retenidas en las siguientes capas, logrando un proceso de filtración de agua muy eficiente, pudiendo operar en forma sencilla con un flujo continuo.

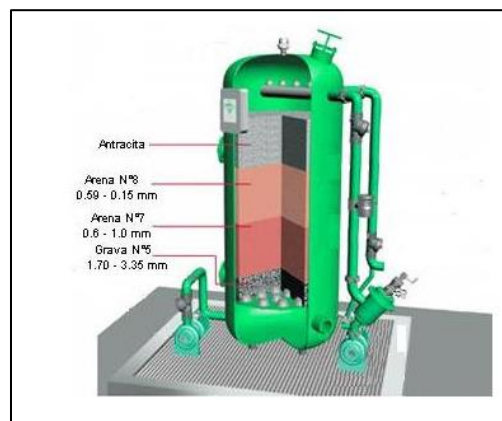


Figura 11: Filtros de Multimedia

Fuente: INQUINAT tratamiento de aguas.

4.8 Beneficios de la reutilización de aguas

Los beneficios que implica la reutilización de aguas grises son de ámbito financiero, ambiental y social. Se logra un ahorro financiero por la reducción de costos por servicios de agua potable y al reducir el consumo de esta con la utilización de aguas tratadas, logrando ahorros entre 30% y 50% en viviendas (EMRC, 2011).

Los beneficios ambientales se entienden como externalidades positivas del uso de estos sistemas, se reduce la cantidad de aguas residuales que se descargan a aguas superficiales y, por tanto, se contribuye a la descontaminación de estas últimas, se reduce la explotación de las fuentes de agua dulce existentes permitiendo su recarga, además se contribuye a disminuir los impactos asociados al desarrollo de nuevas fuentes de agua para consumo humano, como las plantas de desalinización (EMRC, 2011). Los beneficios sociales que se originan son el aumento de disponibilidad de agua en zonas donde existe escasez hídrica y la mejora en la calidad del agua al que accede la sociedad al reducir la contaminación de aguas superficiales.

5. METODOLOGÍA

Las actividades de esta investigación se plantearon en cuatro etapas con el fin de cumplir con los objetivos propuestos por la misma, para la determinación de los requerimientos del sistema a proponer, se necesita recabar información de los siguientes puntos.

5.1 Fase 1: Caracterización de la fuente:

5.1.1 Determinación de consumo de agua.

Determinación de consumo de agua el cual será calculado en base a los metros cúbicos (m^3) de agua residual que genera una persona al día, considerando la cantidad total de personas que se desenvuelven en el campus diariamente de manera aproximada, obteniendo así la cantidad total de aguas residuales generadas y que serán tratadas posteriormente.

5.1.2 Análisis de información de infraestructura del campus.

Levantamiento de información a través de planos, layout para el análisis de infraestructura del campus 2 de la Universidad de Playa Ancha para obtener los datos específicos de las áreas verdes y áreas de captación de aguas grises, las cuales se considerarán para la propuesta del diseño conceptual.

5.1.3 Estimación del consumo de agua para riego.

Para la estimación del volumen de agua gris requerido para el reemplazo de agua potable directa, se evaluará el volumen recuperable para riego y lavado de las dependencias, considerando una tabla de consumo mensual de marzo a diciembre, basada en la lectura de los servicios de electricidad por parte de CHILQUINTA y de los servicios sanitarios por parte de ESVAL. Se consideran 10 meses de datos, ya que en enero baja la presencia de alumnos y en febrero se agrega el feriado de académicos y funcionarios, por lo tanto, los consumos también lo hacen tanto de energía eléctrica en kWh y agua potable en m^3 , lo que alteraría los datos relevantes para dimensionar la planta de recuperación y otras potenciales aplicaciones.

5.1.4 Caracterización de aguas grises mediante análisis bibliográficos.

La caracterización de las aguas grises se realizará a través del análisis de datos obtenidos bibliográficamente mediante las normativas correspondiente como la NCh 3582 que establece la reutilización de agua residual de origen doméstico calidad estándar del agua regenerada para irrigación de áreas verdes, estudios de caracterización de aguas grises presentes en instituciones de educación similares y la normativa chilena NCh 1333 requisitos de calidad del agua para diferentes usos.

5.2 Fase 2: Selección del sistema de tratamiento de aguas grises

5.2.1 Revisión bibliográfica de los sistemas de tratamientos de aguas grises que pueden ser implementado en el campus 2.

Se realizará una revisión bibliográfica mediante diferentes métodos de estudios, investigaciones, trabajos de título de pregrado y manuales de operación y diseño, que presentan información de los diferentes tipos de sistema reutilización de aguas grises el cual se observará tipos de alternativas que se acomoda para la institución, Humedales Artificiales, Biofiltros, Tratamiento de filtración físico-químico, filtración de membrana, etc. para posteriormente detallar cuáles son sus características, componentes, modos de operación, los cuales se tomarán en cuenta criterios de selección de tecnología de recolección de aguas grises para la dependencia.

Los criterios de tecnología adecuada para el sistema de tratamiento y reutilización de las dependencias de la universidad serán a través del área disponible para su instalación, considerando en la distribución y almacenamiento de las aguas, una zona cerca del sector del casino del edificio institucional debido a que en el lugar se encuentra una cámara desgrasadora que va a hacer parte de la tecnología que se escoja. A través de estos antecedentes y la periodicidad del caudal requerido para el programa de regadío, en donde se debe considerar interrupciones del servicio debido a los recesos universitarios e interrupciones externas como, por ejemplo, movilizaciones estudiantiles y tomas de las dependencias.

A continuación, en la tabla 9 se identifican los criterios de selección de acuerdo a los aspectos sociales, ambientales, técnicos y económicos que se considerarán para la elección del sistema de tratamiento de reutilización de aguas grises.

Tabla 9: Criterios de selección de sistema de tratamiento.

Aspectos Técnicos	Infraestructuras Mano de obra Áreas verdes
Aspectos Social	Movilizaciones estudiantiles Receso Universitario Suspensión de actividades
Aspectos Económicos	Equipos de bombeo Material de construcción Tuberías Sistema de tratamiento
Aspectos Ambiental	Paisajismo Emisiones Eficiencia de uso del agua

Fuente: Elaboración propia

5.3 Fase 3: Diseño conceptual

5.3.1 Cálculos de diseño conceptual

Conociendo el flujo promedio de aguas grises y el volumen diario que el sistema recibirá se realizará los siguientes cálculos de diseño:

- Cálculo de dimensiones para el sistema de almacenamiento.

El cálculo de dimensiones para el sistema de reutilización de aguas grises se hará a través del resultado de consumo en m³ de agua potable, ya que será el considerado para la distribución de regadío del campus de la universidad.

- Cálculo Tanque de ecualización de flujo.

El tanque ecualizador o de igualamiento es aquel que tiene como finalidad atenuar los cambios de caudales de tal forma que se pueda alcanzar caudales aproximadamente constantes.

- Diseño del sistema de tratamiento.

El diseño conceptual del sistema de reutilización será escogido por las condiciones y espacios que se encuentre el campus de la Universidad de Playa Ancha. El sistema de tratamiento de aguas grises que es elegido corresponde a la alternativa que se encuentra en el punto 3.5 de las tecnologías asociadas al tema.

5.3.2 Selección de los equipos, tuberías y accesorios

Para poder elegir los equipos que se requieren en un sistema de tratamiento de aguas grises, se realizará una revisión bibliográfica de acuerdo con la ley 20.075 el cual da a conocer sobre el reglamento de reutilización de aguas grises, en donde el manual de operación del sistema conforme a lo que establece el artículo 24 de este reglamento es como se trabaja un sistema de estas características, para así posteriormente definir cuáles son los que se necesitan para este trabajo.

5.4 Fase 4: Estimación de los costos del proyecto

Para la realización de este objetivo se calcularán los costos totales asociados al valor de cada material y equipo necesario para conformar el sistema completo de tratamiento de aguas grises, cotizando los valores unitarios, mediante diferentes tipos de proveedores, sin tomar en cuenta la mano de obra asociada, como también los gastos anuales que se tendrán por consumo eléctrico de las bombas.

De manera adicional se calculará el ahorro económico anual de agua potable por concepto de riego de áreas verdes al reutilizar las aguas grises con la implementación de este sistema.

6. RESULTADOS

6.1 Caracterización de la fuente

6.1.1 Determinación de consumo del campus 2 de Universidad de Playa Ancha.

La determinación del consumo de agua potable en m³ del campus 2 de la Universidad de Playa Ancha, se realizó de acuerdo a los antecedentes recopilados de la institución, a través de boletas de consumo de agua potable mensual del año 2018, considerando los meses de gran movilidad que tiene la universidad, los cuales se calcularon de marzo a diciembre, en donde hay consumo relativamente bajo ya que el año 2018 hubo diversas movilizaciones por parte de los estudiantes de la universidad en donde las autoridades consideraron suspender actividades en la dependencia y se ocasionaron tomas por parte de los estudiantes.

De acuerdo a los antecedentes de consumo de la institución, se considerará que del total del consumo de agua demostrado por las facturaciones que entrego la casa de estudio, solo el 40 % de estas son aguas negras, la cuales no pueden ser tratadas ni acondicionadas para otros tipos de usos. A continuación, se detalla en la Tabla 10 el consumo de agua potable en m³ y costo que tiene la institución en el campus 2.

Tabla 10: Consumo de agua potable del campus 2 en el año 2018.

Mes	Consumo de agua potable (m ³)	Costo de consumo (CLP)	AS Gris disponible
Marzo	994	1.545.750	596
Abril	865	1.201.760	519
Mayo	788	1.030.580	473
Junio	345	451.206	207
Julio	257	336.116	154
Agosto	207	270.723	124
Septiembre	201	262.876	121
Octubre	227	296.880	136
Noviembre	339	443.359	203
Diciembre	546	741.120	328
Total anual	4769	6.580.370	2861

Fuente: Elaboración propia.

El mayor consumo de agua potable en la institución es en el mes de marzo, el cual hay mayor flujo de personas, la cantidad de consumo de agua es de 994 m³, en donde se usara un criterio de recolección de agua gris del 60% de reutilización considerando solo el uso de lavaplatos y lavamanos de la institución, tomando en cuenta un estimado de recolección de un 596 m³, las cuales esta agua será designadas para el uso de riego de la áreas verdes y otros usos como la limpieza de superficies del campus dos , se considera ese porcentaje de reutilización por estudios realizados en diferentes países que indican que el porcentaje de aguas grises, presentes en aguas servidas domésticas, se encontraría entre un 50 y 80% o, más acotado aún, entre 60 y 70%. (Franco, 2007).

De acuerdo a datos aportados por el Ministerio de Salud de Chile (2017), el 68% del total de las aguas servidas corresponde a aguas grises, incluyendo las aguas usadas en la cocina y la lavadora. El valor citado sería de un 38% sin considerar estas últimas.

Se considera el mayor consumo de agua potable del mes de marzo del año 2018 para hacer la estimación de la reutilización de la aguas grises del campus 2 de la Universidad de Playa Ancha, a través de este consumo se orientar el diseño conceptual de esta propuesta , ya que un año normal de Universidad sin interrupciones de movimientos estudiantiles los consumos son elevados por las prestaciones que tiene el edificio de la Universidad, de acuerdo a estos antecedentes se considerara las dimensiones de la planta de tratamientos.

6.1.2 Estimación de la cantidad de aguas grises para reúso.

Para la determinación del volumen diario necesario de agua de potable en el Campus 2, nos centraremos en el riego de las áreas verdes y lavado de superficies, lo que se presenta en la Tabla 11 y 12, respectivamente con una dotación de tres superficies regables de 610 m² y que se riegan cada dos días, además de lavados de superficies en el mismo Campus 2, dan una necesidad de 5 m³ diario aproximadamente.

Tabla 11: Consumo de agua potable en riego de áreas verdes

Actividad	Um
Áreas verdes (bloques de 100 m ²)	3 m ³
Periodicidad riego mes	11 [-]
Litros aproximados de uso	66.000 L
Requerimiento diario para lavado en m ³	3
Requerimiento de agua para lavado mensual en m ³	66 m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Consumo de agua potable en otros usos

Actividad	Um
Otros usos (Superficies)	5
Periodicidad lavado mes	20 [-]
Litros aproximados de uso en cada superficie	400 L
Requerimiento diario para lavado en m ³	40 m ³
Requerimiento de agua para lavado mensual en m ³	2 m ³

Fuente: Elaboración propia

Para los criterios de uso de agua potable, la SISS en su Serie de Consumo Responsable que presenta en su página web, entrega el Manual para el Hogar y en su página 9 entrega información relevante respecto a los consumos de agua en el hogar y que se muestra en la tabla 13.

Tabla 13: Consumo de agua en actividades domesticas

Actividades	Litros aproximados
Lavarse las manos	2 - 18 litros
Lavarse los dientes	2 - 12 litros
Llenar la tina del baño	200 - 300 litros
Ducharse	80 - 120 litros
Poner una lavadora	60 - 90 litros
Utilizar el lavavajillas	18 - 30 litros
Lavar los platos a mano	15 - 30 litros
Vaciar el estanque (nuevos) del WC	6 - 10 litros
Vaciar el estanque (antiguos) del WC	18 - 22 litros
En la cocina y para beber	10 litros/día
Limpiar la casa	10 litros/día
Lavar el auto	400 litros
Regar 100 m ² de césped del jardín	1.000 litros

Fuente: Manual para el Hogar de la Serie de Consumo Responsable de la SISS.

Si consideramos las necesidades de agua de lavado y riego, se requieren diariamente 5 m³, dado la alta disponibilidad de agua gris, se concluye de inmediato que es posible atender

esta demanda y considerando las restricciones de espacio, equipos disponibles en el mercado y un margen de seguridad de poco más de 30%, se diseñará un sistema de recuperación de aguas grises de 5 m³, modular y de fácil expansión con sistemas en paralelo.

De la tabla 14 consideraremos los litros aproximados propuestos para lavar platos a mano, uso en la cocina y para beber, lavados de superficies y regar césped del jardín que se resumen en la Tabla 12.

Tabla 14: Uso y litros aproximados extraídos del Manual para el hogar de la SISS

Uso	Litros aproximados
Lavar Platos a mano	15 a 30 litros
Uso en la cocina y para beber	10 litros
Otros usos	400 litros
Regar césped del jardín	1.000 litros por cada 100 m ²

Fuente: Elaboración propia con datos de la SISS.

Considerando que la preparación de alimentos y aspectos de higiene son similares al hogar, de la Tabla 14 consideramos 15 litros para el lavado de platos y otros, 10 litros en la preparación, dando 25 litros por persona de agua potable requerida para su atención completa en el casino.

En resume en la Tabla 15 se determina que pasan diariamente por la cámara desgrasadora 33 m³ en el mes de marzo, donde se concentra el mayor flujo de personas en las dependencias.

Tabla 15: Agua gris disponible cada día hábil en cámara desgrasadora.

Actividad	Cantidad
Colaciones diarias	1.300
Uso de agua potable en litros /día	25
m ³ / día	33
m ³ / mes (base 22 días)	596

Fuente: Elaboración propia

6.2 Análisis de información de infraestructura del campus.

El Campus 2 de la Universidad de Playa Ancha cuenta con una superficie total de las dependencias de 4500 m². En el cual se distribuyen diferente área de funcionamiento de la casa de estudio, se encuentra la facultad de artes, el edificio institucional, la biblioteca y casino de la universidad, en la figura 12 se encuentra los sectores de áreas verdes asignados para este proyecto. Los antecedentes recopilados por la institución en los espacios de áreas verdes que tiene son aproximadamente de 610 m², las cuales cuentan con diferentes tipos de vegetación para la decoración de los espacios comunes que tiene la universidad.



Figura 12: Imágenes de los espacios verdes del campus 2

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 16 se da a conocer las zonas que tiene el campus 2 de la Universidad de Playa Ancha.

Tabla 16: Espacios verdes por sectores del campus 2.

Sectores		m ²
Z1	Antejardín lateral biblioteca	130
Z2	Antejardín lateral Institucional y acceso	180
Z3	Jardines Artes	300
	Total m ²	610

Fuente: Elaboración propia



Figura 13: Campus 2 y sus sectores de áreas verde de la Universidad de Playa Ancha.

Fuente: Elaboración propia.

En el campus 2 de la Universidad se encuentra el edificio institucional donde se encuentra casino, el cual nos permite llevar a cabo este proyecto, ya que cuenta un sistema de separación de aguas grises de las aguas negras, son almacenadas en un estaque de capacidad 45 m³ aproximadamente y cuenta con una cámara desgrasador.

La consigna de riego considera para este proyecto de acuerdo a los m² de las zona de áreas verdes que tiene la universidad se distribuirá una cantidad de 4,6 m³ por días, en el cual se regará por sectores de acuerdo lo establecidos en la tabla 14 de cantidad de agua para 100 m² de áreas verdes, se detallaran en una tabla de asignación de riego por días establecidos de acuerdo a la demanda que se trabajara con el agua almacenada una vez ya tratadas.

Tabla 17: Espacios verdes en m² por sectores del campus 2.

Días	m ²	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Zona 1	130					
Zona 2	180					
Zona 3	300					
		310	300	310	300	310

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Caracterización de aguas grises mediante análisis bibliográficos

La composición de las aguas grises es variable dependiendo de las costumbres de las personas. Los factores que determinan dicha composición son el clima, estado agua potable, residentes de la institución, productos que se utilizan para el aseo, etc. Principalmente los factores presentes en este tipo de aguas se clasifican en: químicos, físicos y microbiológicos, los cuales se demuestran en la siguiente tabla de parámetros de calidad de agua grises.

Tabla 18: Parámetros presentes en aguas grises.

Clase	Parámetros
Químicos	Materia Orgánica pH DBO Nitrógeno Kjeldahl Fosforo Sodio
Físicos	Sólidos totales Sólidos totales en suspensión Temperatura Turbidez Olor
Microbiológicos	Bacterias Protozoos

Fuente: Elaboración propia

La caracterización de aguas grises fue realizada a través de datos bibliográficos en que nos da conocer la composición de estas aguas a través de los límites máximo permitidos por las normativas analizadas para el acondicionamiento de estas aguas. En donde la normativa NCh 1.333 nos establece los requisitos de calidad de agua para riego. A continuación, se demuestra en la tabla 17 los límites máximos permitidos por la normativa.

Tabla 19: Parámetros establecidos por la normativa 1.333.

Parámetro	Límite Máximo	Unidad
Temperatura	30	° C
pH	6,0 - 9,0	
Turbiedad	50	NTU
Conductividad	< 750 < 1500	µs/ cm
Oxígeno Disuelto	> 5,00	mg/l
Solidos Disueltos	< 1500	mg/l
DQO		mg/l
Sulfatos	250	mg/l
Nitrógeno Total	25	mg/l
Zinc	2	mg/l
Manganeso	0,2	mg/l
Hierro	5	mg/l
Cobre	0,2	mg/l
Fosforo	5 < 7	mg/l
Calcio		mg/l

Fuente: Elaboración propia

Si bien, las aguas grises generalmente se encuentran sin materia fecal, igual presentan contaminantes microbiológicos y químicos que deben ser controlados para la seguridad de la población.

6.3 Selección del sistema de tratamiento de aguas grises

Para la selección de la tecnología o sistema de tratamiento de aguas grises adecuada para el campus 2 de la Universidad de Playa Ancha, se debe considerar aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales.

6.3.1 Aspectos Técnicos

Para la selección del sistema de reutilización de aguas grises se consideró en primer lugar los aspectos técnicos que tiene la universidad los cuales nos dan a conocer el estado actual que tienen las dependencias considerando espacios disponibles para poder implementar este

sistema de reutilización. El edificio seleccionado para poder realizar este sistema de reutilización de aguas grises es un espacio estratégico ya que en él se encuentra el casino, que entrega el servicio de alimentación, y que cuenta con una cámara desgrasadora de 45 m³ de capacidad, que será parte del sistema de tratamiento, ya que ayudará en la etapa de sedimentación y separación de los aceites y grasas. Además, en este lugar ya se cuenta con ductos separados de aguas negras y aguas grises.

Para la propuesta del sistema de reutilización de aguas grises se consideró el espacio en m² para la instalación de esta planta y la capacidad en m² de áreas verdes que se quiere abordar para la distribución de regadío de la universidad.

6.3.2 Aspectos Sociales

De acuerdo a los antecedentes estudiantiles se considera oportuno un sistema de tratamiento independiente y automatizado, ya que la institución está ligada con un historial de tomas estudiantiles de periodos prologados, se caracteriza de suspensiones repentinas por manifestaciones que afectan el campus 2 y recesos universitarios productos de vacaciones o actividades que contemple oportuno la rectoría para suspender el funcionamiento de las dependencias, también se deberá considerar que a través de todos estos antecedentes se ve perjudicado el sistema de reutilización de aguas grises, ya que la fuente emisora de este efluente es el edificio que cuenta con el casino de la universidad y al ocurrir estos incidentes el servicio de alimentación se ve interrumpido. .

6.3.3 Aspectos Económicos

Los aspectos económicos que tiene un sistema de tratamiento de aguas grises es la puesta en marcha del proyecto, en donde se consideró la infraestructura de la implementación del sistema con la construcción o compras del estanque de almacenamiento de estas aguas, una vez ya aspirado la aguas de la cámara desgrasadora existente de la universidad, el estanque de distribución, la mano de obra de quien desarrollara este tiempo de instalación, los equipos del sistema de tratamiento, las cañerías y las bombas del sistema.

La universidad es una institución estatal que se trabaja con cotizaciones y licitaciones para la compras de estos equipos o instalaciones de estos, el cual se presentan presupuestos de

estos y el departamento de adquisiciones elige que comprar de acuerdo a los antecedentes y valores que designen el centro de costo asociado a este tipo de proyecto , la mano de obra para la implementación de este proyecto será de acuerdo a la asignación que dispondrá el departamento de infraestructura contemplando a la gente ya contratada para las labores de mantención de los campus universitarios, en donde se asignaran las tareas de acuerdo al horario de trabajo que tiene el personal, la mantención y operación de este sistema de tratamiento.

6.3.3 Aspectos Ambientales

Para este tipo de aspectos se considera el impacto ambiental que puede tener este tipo de proyecto, en el cual está orientado si perjudica el paisajismo del lugar a implementar esta planta, como está realizado este proyecto si generará tipos de emisiones atmosféricas, la protección de la salud una vez reutilizada el agua a través de la calidad de agua obtenida.

En función de los aspectos mencionados, se consideró una planta de tratamiento de aguas grises a través de una tecnología biológica de lodos activados, que contará con la trampa de grasas ya existente que se encuentra en el casino. Se implementará un estanque de tratamiento de 6300 litros de capacidad, que cubre con el caudal requerido para el sistema de recolección de aguas grises para riego.

De manera adicional, el sistema contará con un rebase a la red sanitaria. Se construirá una línea que permitirá capturar los excedentes de aguas de la cámara desgrasadora y de la cámara de almacenamiento lo que será devuelto de manera gravitacional a la cámara que conecta el desagüe con la red de ESVAL.

A continuación, en la Figura 14, se muestra un diagrama de bloques del sistema de tratamiento de aguas grises propuesto.

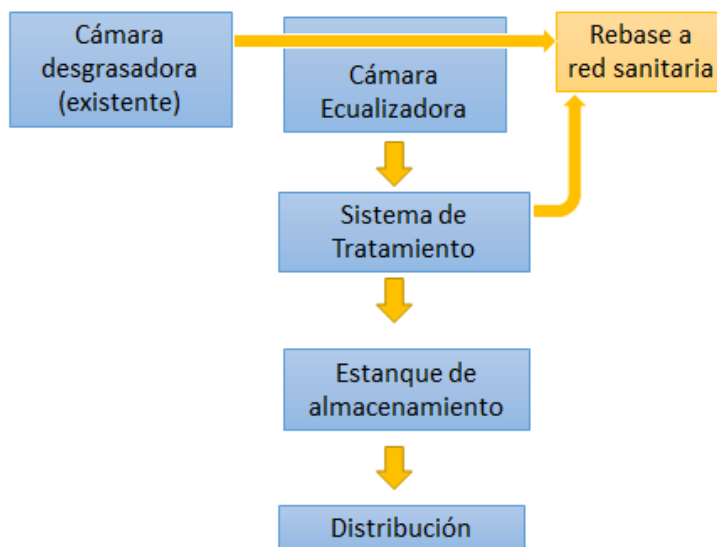


Figura 14: Propuesta de sistema de tratamiento de aguas grises.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con estos antecedentes se selecciona el sistema de tratamiento de lodo activados de una planta modular, la cual es comercializada por la empresa BIOPLATIC, en donde las aguas generadas de esta planta de tratamiento estarán en condiciones de ser usadas para riego cumpliendo la normativa vigente, correspondiente a la NCh 1333/78, modificada en 1978 que indica los “Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos”, punto 6: “Requisitos de Agua para Riego”.

Se selecciona este tipo de tecnología ya que la universidad cuenta con un espacio para poder implementar este sistema. También de acuerdo a los antecedentes se requiere de una operación automática, con variabilidad de carga en el tiempo, muy bajo consumo energético y sin impacto visual ni ruidos en las dependencias.

En esta planta de tratamiento se tomará el agua disponible de la cámara desgrasadora del edificio donde por gravedad de la cámara pasará a la cámara ecuilzadora por desnivel, luego a la planta de tratamiento para bajar la cantidad de contaminantes a través de su

tecnología de lodos activados, luego el agua tratada y desinfectada se almacenará en un estanque para su distribución por bomba sumergibles.

6.4 Diseño Conceptual Campus 2 de la Universidad de Playa Ancha

6.4.1 Selección de los equipos, tuberías y accesorios para el sistema.

Para conducir el agua a los jardines se considera que esta agua fluye por su propio peso entre dos lugares que se encuentran a diferentes alturas, por lo que adquiere una determinada presión como consecuencia de tal diferencia de altura. La presión que suministre la bomba puede ser suficiente para hacer funcionar el sistema de riego, en otros casos será necesario elevar el agua hasta un lugar de almacenamiento de forma que obtenga presión por diferencia de altura, o bien dotarla de una presión determinada de manera forzada.

La forma habitual de suministrar presión al agua es mediante un sistema de bombeo. Las bombas son los mecanismos que tienen la capacidad de suministrar al sistema de riego el caudal de agua necesario a la presión adecuada. Para estas aplicaciones se usan bombas hidráulicas accionadas por motores eléctricos o en algunos casos mediante motores de combustión interna. (Mecánica de fluidos, Streeter).

En general las bombas hidráulicas operan en dos etapas, una de ellas es la aspiración y la segunda es la impulsión.

En la etapa de aspiración el agua se debe elevar desde el nivel en que se encuentra la válvula de pie al interior del estanque de aspiración, hasta el eje de la bomba donde se ubica el rodete impulsor. Para que el agua suba por la tubería, la bomba realiza el vacío, debiendo considerar una restricción para el desnivel entre el agua aspirada y el eje de la bomba con una altura geométrica de aspiración (H_a), la cual no debe ser mayor a 7 metros. (Mecánica de fluidos, Streeter).

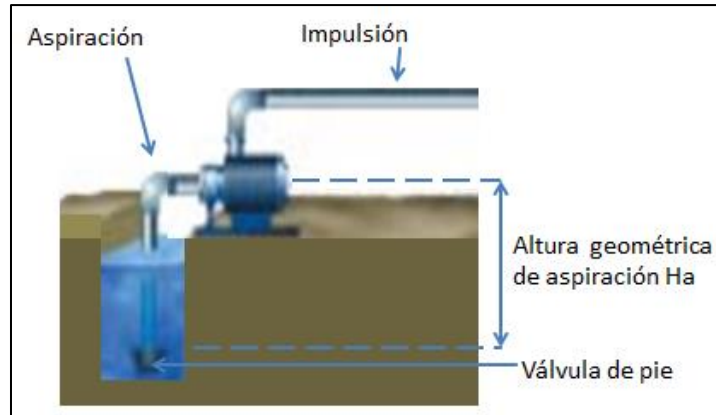


Figura 15: Representación esquemática de la altura geométrica de aspiración H_a

Fuente: Elaboración propia

Mediante la impulsión el agua es conducida desde la bomba hasta los puntos de consumo, de manera que pueda alcanzar el nivel más elevado de la instalación y suministrar la presión necesaria para que los emisores trabajen correctamente. A la diferencia de altura que existe entre el eje de la bomba y el punto más elevado a que ha de llegar el agua se denominara altura geométrica de impulsión (H_i).

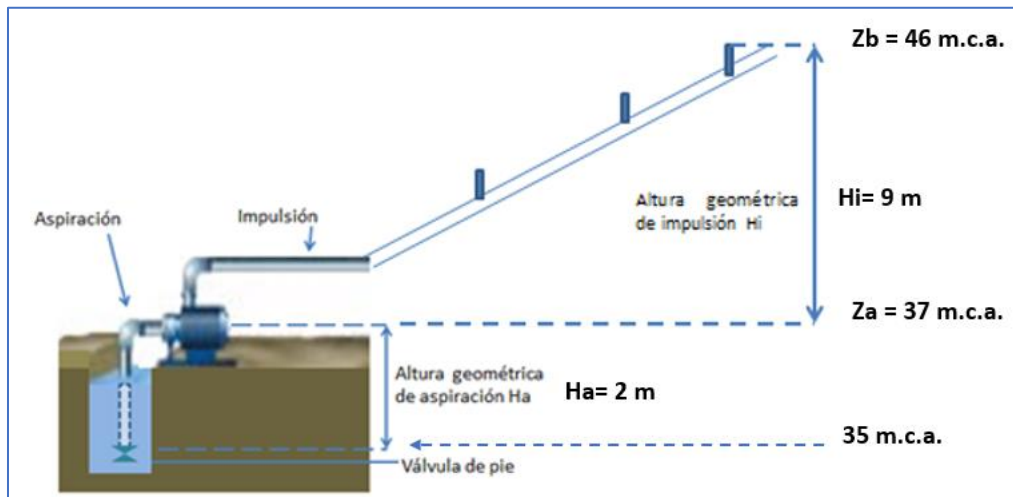


Figura 16: Representación esquemática de la altura geométrica de impulsión H_i

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la altura requerida por la bomba, para la que se es capaz de elevar el caudal seleccionado hay que determinar la curva resistente del sistema H_r planteada en la ecuación

(1) a continuación. La curva resistente del sistema representa los puntos de altura de elevación total (altura geométrica más pérdidas) que se presentan en el sistema a diferentes caudales que varían desde cero hasta el valor máximo esperado y que se obtienen en los catálogos de equipos de bombeo (ver anexo 1). La intersección entre la curva característica de una bomba y la curva resistente de un sistema determina el punto de funcionamiento de la bomba (Mecánica de fluidos, Streeter).

$$\text{Ecuación (1) : } H_r = (Z_b - Z_a) + \left(\frac{P_b - P_a}{\gamma}\right) + \left(\frac{v_b^2 - v_a^2}{2g}\right) + \sum \frac{8fLQ^2}{g\pi^2 D^5} + \sum \frac{8kQ^2}{g\pi^2 D^4}$$

$Z_b - Z_a$: diferencia de nivel geométrico entre los puntos a y b

$\left(\frac{P_b - P_a}{\gamma}\right)$: Diferencia de presiones entre los puntos b y a

$\left(\frac{v_b^2 - v_a^2}{2g}\right)$: diferencia de términos cinéticos que es nula para este caso

$\sum \frac{8fLv^2}{g\pi^2 D^5}$: Suma de pérdidas de carga por rozamiento

$\sum \frac{8kQ^2}{g\pi^2 D^4}$: Suma de pérdidas singulares

De la ecuación y la figura podemos inferir que dado que la P_b y la P_a corresponden a la presión atmosférica y las pérdidas de carga por efectos cinéticos son nulos se reescribe la ecuación para determinar el H_r de acuerdo a la ecuación (2):

$$\text{Ecuación (2) } H_r = (Z_b - Z_a) + \sum \frac{8fLv^2}{g\pi^2 D^5} + \sum \frac{8kQ^2}{g\pi^2 D^4}$$

El punto de funcionamiento indica el caudal y la altura que se podrá elevar en un sistema determinado con una bomba específica. Para determinar la curva resistente del sistema, además de conocer la altura geométrica total, hemos de calcular el valor de las pérdidas del sistema.

El punto de funcionamiento ha de ser el de máximo rendimiento. En este punto los esfuerzos radiales sobre los cojinetes son mínimos. Estos esfuerzos radiales se incrementan al separarnos del punto de funcionamiento de máximo rendimiento.

Otro aspecto de interés para el cálculo tiene que ver con el régimen de corriente, para expresar las leyes de la mecánica de fluidos, en cuanto a que si se trata de un flujo laminar o turbulento. Entendiendo como flujo el cambio generado por la posición de las partículas en una línea, trayectoria o filamento de corriente con respecto al tiempo, existen 2 tipos generales de regímenes de flujo (Sotelo Ávila, Gilberto. Hidráulica general, 2001).

Se entiende como régimen flujo laminar cuando las líneas o trayectoria de corriente tienen variaciones de dirección muy reducidas de tal forma que el continuo se traslade completamente de un punto a otro a través del canal o conducto por el que circula. Por otro parte, un régimen de flujo con cambios constante de dirección en las trayectorias o filamentos de corriente se llama turbulento, el cual se caracteriza por una mayor disipación de energía, debido entre otras cosas a la fuerza de presión generada en vértices (remolinos), estancamientos y contra flujos.

Un indicador que permite distinguir los diferentes flujos es el número de Reynolds (Re). Un número de Reynolds crítico distingue entre los diferentes regímenes de flujo tales como laminar $Re \leq 2000$ o turbulento $Re \geq 4000$ en tuberías, en la capa límite o alrededor de los cuerpos sumergidos.

Por lo tanto su valor se determina con la ecuación 3:

$$\text{Ecuación (3): } Re = \frac{vD\rho}{\mu}$$

μ : Viscosidad

D: Diámetro

v: velocidad característica

ρ : densidad de masa

Las pérdidas por rozamiento, son todas aquellas pérdidas que se producen debido a la tubería y su longitud (Frank M. White. Mecánica de fluidos).

Para determinarla el método más conocido es el proporcionado en la ecuación 3 de Darcy-Weisbach:

6.4.2 Selección de Tuberías

La universidad cuenta con personal capacitado en el área de gasfitería, en el cual se propone usar esta mano de obra para la instalación de cañerías de cobre para aguas, ya que son de fácil instalación y de gran disponibilidad en el comercio, por lo tanto teniendo el caudal se puede elegir su diámetro desde una tabla.

Considerando que el caudal diario necesario máximo para regar es de 5 m³ diario y como se trata de áreas verdes, se recomienda regar por las mañanas para evitar fenómenos de evaporación y daño, por lo que se consideraran 3 horas de riego en las mañanas. Por lo tanto será necesario que la bomba tenga un caudal de diseño inicial de $Q = 1,6 \text{ m}^3/\text{h}$, lo que llevado a l/min da un Caudal $Q = 26,67 \text{ l/min}$, con este valor y considerando la ecuación (4) de continuidad y considerando que las velocidades del agua al interior de una tubería no deben exceder los 2,5 m/s en instalaciones exteriores (NCh 2485-5.5.3,2000), podemos calcular el diámetro de la tubería para diferentes velocidades y caudales para luego decidir por un diámetro comercial.

$$\text{Ecuación (4)} \quad Q = v \cdot A$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s)

V: velocidad media en la sección (m/s)

A: área de la sección de flujo en (m²)

La sección se determina por la ecuación (5)

$$\text{Ecuación (5): } A = \frac{\pi D^2}{4} \text{ (m}^2\text{)}$$

Dónde:

D: Diámetro de la tubería en metro

A partir de la ecuación (5), podemos y despejando el obtener la ecuación (6) para determinar el diámetro D de la tubería.

$$\text{Ecuación (6): } D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Con diversos valores de caudales de entrada y a velocidades de 1,5 m/s y de 2 m/s se obtiene la Tabla 20 que nos permitirá elegir el diámetro comercial de la cañería.

Tabla 20: Diámetro nominal comercial de acuerdo a Caudal de entrada y velocidad del agua.

Q (m ³ /hr)	Q (L/min)	D (v=1,5 m/s)	Diámetro Comercial Cu	Q (m ³ /h)	Q (L/min)	D (v=2m/s)	Diámetro Comercial Cu
1	17	15,4	3/4"	1	17	13,3	3/4"
1,2	20	16,8	3/4"	1,2	20	14,6	3/4"
1,4	23	18,2	3/4"	1,4	23	15,7	3/4"
1,6	27	19,4	1"	1,6	27	16,8	3/4"
1,8	30	20,6	1"	1,8	30	17,8	3/4"
2	33	21,7	1"	2	33	18,8	3/4"

Fuente: elaboración propia

6.4.3 Cálculo de la pérdida de carga por rozamiento

Para las diferentes tuberías que se emplean en las instalaciones de agua podemos considerar dos clases de rugosidad de Manual de pérdida de carga en tuberías PRESSMAN:

- Baja rugosidad que comprende los tubos de cobre, acero inoxidable y materiales plásticos.
- Media rugosidad que comprende los tubos de acero negro y galvanizado.

Se procederá a determinar el número de Reynold para dos velocidades en base a la ecuación (3) y los datos de la Tabla 1 que indica las propiedades físicas del agua considerando una temperatura de 20°C:

$$\text{Ecuación (3): } Re = \frac{vD\rho}{\mu}$$

Con v= 1,5 (m/s)

$$Re = \frac{1.5 \times 0,025 \times 998,2}{1,002 \times 10^{-3}}$$

$$\mathbf{Re = 37.357}$$

Con $v= 2$ (m/s)

$$Re = \frac{2 \times 0,019 \times 998,2}{1,002 \times 10^{-3}}$$

$$\mathbf{Re = 37.856}$$

Por tratarse de un flujo turbulento se determinará la fricción en la tubería mediante la ecuación (7) conocida por fórmula de Colebrook propuesta en el Manual de pérdida de carga en tuberías PRESSMAN para tuberías de baja rugosidad como es el caso de las tuberías de cobre.

$$\mathbf{Ecuación (7): f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}}$$

La fricción f en velocidades de $v=1,5$ m/s alcanza a $f= 0,023$ y en el caso de una $v=2$ m/s $f= 0,023$

Con el factor de fricción determinado, se utiliza la ecuación fundamental de Darcy-Weisbach ECUACIÓN (8), para obtener las pérdidas en la cañería de cobre con los datos de velocidad de $v=1,5$ m/s, largo de la impulsión $L=52$ m, $D= 0,025$, $g =9,8$ m/s² y $f= 0,023$.

$$\mathbf{Ecuación (8): \sum \frac{8fLQ}{g\pi^2 D^5} = f \frac{L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D} (\mathbf{m}) = \frac{0,023 \cdot 52 \cdot 2^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,025} = \mathbf{5,4 m}}$$

Para una velocidad de 2 m/s y un diametro de 0,019 la perdida de carga por fricción alcanza los 12,65 m.

Por posible ampliación se dejara una seleccionara el diametro $D=0,025$ equivalente a diámetro comercial en cobre DN=1”.

6.4.4 Cálculo de pérdida de carga singulares

Para el cálculo de las pérdidas singulares, se utiliza la Ecuación (9), donde se necesita los coeficientes K para determinar el valor de la pérdida singular, expuestos en la tabla del anexo 2.

Del lado de la impulsión con diametro nominal DN, se tiene una valvula de compuerta K_{Vc} , una valvula de retención K_{Vr} un 3 codo K_c , todo en diametro de 1”.

$$K_{Vc} = 13 \text{ DN} = 0,325 \text{ (m) a compuerta abierta}$$

$$K_{Vr} = 135 \text{ DN} = 3,375 \text{ (m) para valvula convencional de bisagra}$$

$$K_c \text{ codo } 90^\circ = 3 \times 0,39 \text{ (m)} = 1,17 \text{ (m)}$$

Luego el $k = K_{Vc} + K_{Vr} + K_c$ dando $K = 4,87$, lo que llevamos a la ecuación (9).

$$\sum \frac{8kQ^2}{g\pi^2 D^4} = \frac{k \cdot v^2}{2 \cdot g} = \frac{4,87 \cdot 1,5^2}{2 \cdot g} = 0,55 \text{ (m)}$$

Reemplazando en la ecuación (2) para valores de $Z_b = 45 \text{ (m)}$ $Z_a = 37 \text{ (m)}$ obtenemos la altura crítica H_r .

$$\text{Ecuación (2) } H_r = (Z_b - Z_a) + \sum \frac{8fLv^2}{g\pi^2 D^5} + \sum \frac{8kQ^2}{g\pi^2 D^4} = (46-37) + 5,4 + 0,55 \text{ (m)} = 14,95 \text{ (m)}$$

6.4.5 Bombas

En la Tabla del catálogo de equipos para motobomba autocebantes de la empresa Koslan 2021, observamos que para caudales de a $1,8 \text{ m}^3/\text{hora}$ para alturas de 15 m se presenta el equipo motobomba PKSM60 de 220 volts 0,5 kWh en diámetro de 1” como adecuado para cubrir la necesidad de riego. El presupuesto aparece en el anexo 3.

Tabla 21: Selección de bombas en base a Q y Hr.

Modelo	Voltaje	P Hp	Q	H (m)												
				m ³ /h l/m	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	
PKSM60	220V	0,5	H (m)	40	38	33,5	29	24	19,5	15	10	5	-	-		
PKSM65	220V	0,7		55	50	45,5	40,5	36	31	27	22	17	12,5	8		
PKSM70	220V	0,85		65	62	57	52	47	42	37	32	27	22	18		
PKSM80	220V	1		70	66	61	56	51	46	41	36,5	31	27	22		

Fuente: Catálogo Koslan

En el mismo catálogo aparecen las bombas sumergibles serie D, que son libre de sistema de aspiración, ya que se sumergen en la cámara de aspiración hasta 5 m de profundidad, en este caso y para las mismas condiciones de trabajo encontramos la bomba sumergible DM10-N/D10-N de 1 kWh con un caudal de 1,5 m³/h a 15 m de elevación. El presupuesto aparece en el anexo 4.

Tabla 22: Selección de bombas en base a Q y Hr.

Modelo	V	P Hp	Q	H (m)														
				m/h l/m	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15	16,5	18	
DM8-N	220V	0,75	H (m)	13	12,5	12	11	10	9	8	7	6	4,7	3	-	-		
DM10-N / D10-N	220V / 380V	1		16	15,5	15	14	13,2	12,2	11,2	10	8,8	7,8	6	4,5	3		
DM20-N / D20-N	220V / 380V	1		20	19	18,5	17,5	16,5	15,5	14,3	13	11,5	10	8	-	-		
DM 30-N / D 30-N	220V / 380V	1,5		26	26	25	23,5	22	20,5	18,7	17	15	13,5	11	9	-		

Fuente: Catalogo Koslan

6.4.6 Selección del estanque

Se usará un estanque comercial enterrado cotizado a BIOPLASTC y que se encuentra en el anexo (4) el cual tiene una capacidad de 6.300 litros suficientes para satisfacer la demanda diaria, el cual será el encargado de realizar el sistema de tratamiento de estas aguas para poder acondicionarlas para riego. Las plantas de tratamiento de agua por lodo activado, constan de las siguientes etapas para dar cumplimiento al DS 90 y NCh 1333/78.

La planta de tratamiento cuenta con una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, que en su conjunto constituyen el tratamiento de aguas grises, el tratamiento biológico para

degradar la materia orgánica presente en estas aguas se denomina lodos activados, en modalidad de operación continua y desinfección con hipoclorito y bisulfito de sodio.

La planta de tratamiento incluye un set de los siguientes elementos: decantador primario, aireación, clarificación y también cuenta con un módulo de desinfección, cloradora y decloradora.

La planta cuenta con 3 etapas principales

- Sedimentador: en esta etapa se reduce los sólidos en suspensión, bajo la acción de la gravedad, partes de los sólidos, que están constituidos por materia orgánica quedan en el sedimentador y son digeridos por bacterias anaeróbicas
- Reactor Biológico: Las aguas entran en contacto con lodo activado y se inyectan suficiente aire a través de difusores, para satisfacer el requerimiento de oxígeno. Esta etapa la materia orgánica es degradada por acción de bacterias aeróbicas.
- Clarificador: En esta etapa las aguas se mantienen en calma, sin turbulencia. Las partículas suspendidas sedimentan y son retornadas al reactor biológico, el agua clarificada pasa a la etapa de desinfección.

Las dimensiones de la planta de tratamiento son las que se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 23: Dimensiones de sistema de tratamiento

Largo: 4.047 mm

Alto: 1.550 mm

Ancho: 1.400 mm

Diámetro de tapa: 600 mm

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se mostrará - a través de un esquema general- el proceso que tendrá la planta de tratamiento, considerando los equipos y materiales que se ocupna para poder implementar este sistema.

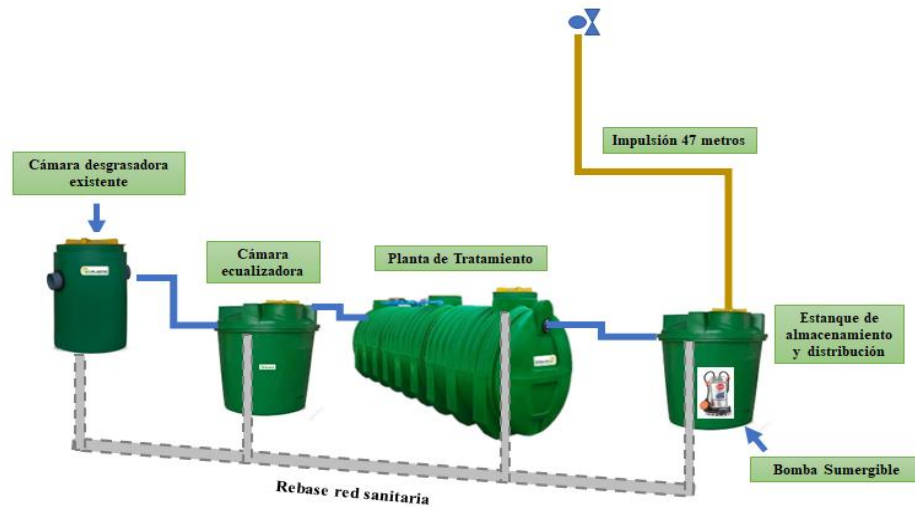


Figura 17: Esquema de sistema de tratamiento del campus 2.

Fuente: Elaboración propia

6.5 Estimación de costos del sistema de aguas grises.

Los costos de operaciones del proyecto no se consideran, ya que las actividades de operación, para el caso de partida o detención de la planta de elevadora, serán realizadas por el mismo personal encargado de los jardines de la universidad

Se estimaron los costos del sistema propuesto, considerando los principales materiales y equipos seleccionados. Información que se presenta a continuación en las tablas 24 a la 30.

Tabla 24: Características y costo de estanque vertical.

Estanque Vertical Estándar EVS5400
Cantidad: 2
Capacidad: 5400 [L]
Alto: 2000 [mm]
Diámetro: 2100 [mm]
Tapa: 50 [cm]
Material: Polietileno
Precio Unitario: \$466.932
Total: \$ 933.864

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Características del sistema de tratamiento y costo.

Planta de tratamiento de aguas servidas 6200 l
Cantidad: 1
Capacidad: 6200 [L]
Alto: 4.047 [mm]
Diámetro: 1.550 [mm]
Ancho:1400 mm
Tapa: 600 [cm]
Material: Polietileno
Total: \$ 3.206.127

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Características del sistema de bombeo y costo.

Bomba Sumergible serie D
Cantidad: 1
Modelo: Dm10-N
Voltaje : 220 V
kWh: 1
Total: \$ 445.563

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Características de los suministros del sistema de tratamientos y costo.

Suministro	UM	Cantidad	Valor Unitario \$	Total
Válvula Check 1"	Un	1	10.000	10.000
Llave de paso bronce 1"	Un	1	17.990	17.990
Cañería de Cu 1"	Un	9	35.980	323.820
Coplas bronce 1"	Un	8	2.990	23.920
Soldadura estaño 50%	Kg	10	9.490	94.900
Gas licuado 5 kg	Un	4	9.800	39.200
Pasta de soldar 250 gr	Un	4	1.990	7.960
Lija metálica #330	Un	12	360	4320
Terminales he Bronce	Un	5	3.190	15.950
Arena	m ³	10	14.990	14.900
Ladrillos	Un	135	270	36.450
Total Suministro				589.410

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Características de los servicios del sistema de tratamientos y costo.

Servicios	UM	Cantidad	Valor Unitario \$	Total
Retroexcavadora	Hr	18	18.000	324.000
Compactadora	Hr	6	14.000	84.000
Mano de obra	Un			1.500.000
Retiro de excedente de excavaciones	Un	20 m3	200.000	200.000
Total Servicios				2.108.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Características de los servicios de rebase del sistema de tratamientos y costo.

Suministro	UM	Cantidad	Valor Unitario \$	Total
PVC Hidráulico 110 mm	Un	6	19.490	116.940
Coplas Hidráulico 110 mm	Un	6	5.490	32.940
T PVC Hidráulico 110 mm	Un	3	5.290	15.870
Adhesivo PVC 20cc	Un	7	890	6.230
Total de suministro de Rebase				171.980

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Montaje y tablero

Suministro	UM	Cantidad	Valor Unitario \$	Total
Manifold de conexión de bomba a la impulsión	Un	1	50.000	50.000
Guarda motor monofásico de 16 amperes	Un	1	19.990	19.990
gabinete guarda motor	Un	1	26990	26990
conduit 3m	Un	3	760	2280
Alambre caleco 3x	Un	12	1340	16080
Total				115.340

Fuente: Elaboración propia

7. ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 Generalidades sobre flujos de beneficios y costos relevantes

Cuando se analiza una alternativa de inversión necesariamente se consideran sólo aquellos costos y beneficios que corresponden al proyecto, al considerar que para determinar los “Flujos de Beneficios y Costos Relevantes” de un proyecto, tenemos tres posibles formas:

1. Flujos Líquidos: Corresponden a un movimiento efectivo de caja.
2. Flujos Futuros: Para este caso los flujos futuros dependen de la decisión. Los pasados no se consideran.
3. Flujos Diferenciales: Sólo interesa el cambio en el beneficio o costo que produce la decisión.

Como el estudio propone mejoras en el diseño, que redundan en reducción de costos operacionales, pero no se manifiestan en ingresos, el análisis de beneficios y costos relevantes para el proyecto se efectuara como flujo diferencial o incremental.

En este caso la decisión de invertir en un proyecto se analiza en dos escenarios futuros posibles:

Situación con proyecto

- Representará la realización que esté generando los flujos esperados correspondientes.

Situación sin proyecto

- Existirán flujos de ingresos y egresos que se producirán si no se realiza.

Finalmente los flujos relevantes al proyecto corresponderán a la diferencia entre los flujos esperados con proyecto y los flujos esperados sin proyecto.

7.2 Costos actuales con consumo de agua proveniente de ESVAL S.A.

Los costos unitario netos por uso de agua de ESVAL S.A 4 son de 1.316 \$/m³, si proyectamos este valor al periodo identificado en la Tabla 31 nos encontramos con \$859.524 más IVA por concepto de riego y otros uso.

Tabla 31: Costos Unitarios por uso de agua.

Meses	Agua de reemplazo	Costos ESVAL	Costos Operación
Marzo	82	107.934	18.444
Abril	76	100.036	17.095
Mayo	73	96.088	16.420
Junio	46	60.548	10.347
Julio	44	57.916	9.897
Agosto	39	51.334	8.772
Septiembre	61	80.292	13.721
Octubre	73	96.088	16.420
Noviembre	77	101.353	17.320
Diciembre	82	107.934	18.444
Año	653	859.524	146.880

Fuente: Elaboración propia

7.3 Flujo de cajas para situación sin proyecto

La tabla 32 presenta la situación sin proyecto, para facilitar la lectura se efectuará en miles de pesos M\$ al 30 de noviembre del 2021.

Tabla 32: Flujo de caja de la situación sin proyecto en \$

Costos \ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costos ESVAL		859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.5 24	859.52 4	859.52 4	859.52 4
Flujo de Caja		859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.5 24	859.52 4	859.52 4	859.52 4

Fuente: Elaboración propia

7.4 Flujo de cajas para situación con proyecto

La tabla 33 presenta la situación con proyecto en que se consideran los flujos de inversiones necesarios para las plantas de tratamiento y elevadora.

Tabla 33: Flujo de caja en \$ con incorporación de plantas

Servicio \ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo alternativo		146.880	146.880	146.880	146.880	146.880	146.880	146.880	146.880	146.880	146.880
Inversiones plantas	7.360.000										
Flujo de Caja	7.360.000	18.444	18.444	18.444	18.444	18.444	18.444	18.444	18.444	18.444	18.444

Fuente: Elaboración propia

7.5 Flujo de caja incremental

La tabla 34 presenta los flujos diferenciales entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto, la situación con proyecto considera la incorporación de planta de tratamiento y planta elevadora con su correspondiente red de distribución.

Para la evaluación de proyecto se considera la tasa de descuento utilizada por la UPLA de 6% en moneda peso chileno y que corresponde a la tasa de costo capital para la evaluación de proyectos sociales.

Tabla 34: Flujo de caja incremental en \$

Costos \ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo alternativo		- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0
Costos ESVAL		859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4
Inversiones plantas	7.570.28 4										
Flujo de Caja	- 7.570.28 4	712.64 4	712.64 4	712.64 4	712.64 4	712.64 4	712.64 4	712.64 4	712.64 4	712.64 4	712.64 4

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 35 presenta los valores de los indicadores obtenidos sobre la bondad del proyecto y que en este caso resulta no ser rentable, no obstante, es un insumo fundamental a considerar por la calidad de campus sustentable.

Tabla 35: indicadores de la bondad del proyecto obtenidos

ts=	6%
VAN \$	-2.325.162
TIR	-1,1%
Horizonte años	10

Fuente: elaboración propia

7.6 Incorporación del Campus 1 y 3 al consumo de agua recuperada

Si consideramos la proximidad de los Campus 1 y 3, que cuentan también con áreas verdes y por tanto necesidad de riego, además de la disponibilidad de transporte de agua en el camión plataforma de la Universidad, es posible incorporar estos campus sin la necesidad de realizar nuevas inversiones. Para ello consideraremos dos casos, el primero con el uso del 50% del agua que queda del diferencial de capacidad de producción del sistema y lo que

se consume en el Campus 2 y un segundo en que se demande todos los meses el 100% del agua total producida.

7.6.1 Análisis con 50% de uso del excedente de agua potencial de la planta

En la Tabla 36 se presentan los costos de consumir y producir agua adicional, los que serían usados en los Campus 1 y 3.

Tabla 36: Costo de consumir y producir agua de riego para los Campus 1 y 3

	Agua Campus 1 y 3	Costos ESVAL	Costos Operación
Marzo	14	18.428	3.149
Abril	17	22.377	3.824
Mayo	18,5	24.351	4.161
Junio	32	42.121	7.198
Julio	33	43.437	7.423
Agosto	35,5	46.728	7.985
Septiembre	24,5	32.249	5.511
Octubre	18,5	24.351	4.161
Noviembre	16,5	21.718	3.711
Diciembre	14	18.428	3.149
Año	223,5	294.186	50.272

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 37 es posible observar los resultados de los flujos de efectivos para la situación descrita disponiendo el uso sin mayores inversiones en los Campus 1 y 3.

Tabla 37: Flujo de caja de la situación sin proyecto en \$

Costos \ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costos ESVAL		294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.186	294.18 6	294.18 6	294.186
Flujo de Caja		294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.186	294.18 6	294.18 6	294.186

Fuente: Elaboración propia

La tabla 38 presenta la situación con proyecto en que se consideran los flujos de inversiones necesarios para las plantas de tratamiento y elevadora con los costos adicionales de ocupar el 50% de excedentes de aguas potencialmente disponibles.

Tabla 38: Flujo de caja en \$ con incorporación de plantas

Costos \ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo alternativo		50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272
Inversiones plantas											
Flujo de Caja		50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272	50.272

Fuente: elaboración propia

La tabla 39 presenta los flujos diferenciales entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto, la situación con proyecto considera la incorporación de planta de tratamiento y planta elevadora con su correspondiente red de distribución.

Tabla 39: Flujos incrementales en \$ de la situación sin proyecto y con proyecto

Costos \ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo alternativo campus 2		- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	- 146.88 0	146.880
Costo alternativo campus 1 y 3		- 50.272	- 50.272	- 50.272	- 50.272	- 50.272	- 50.272	- 50.272	- 50.272	- 50.272	50.272
Costo ESVAL campus 2		859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.52 4	859.524
Costo ESVAL campus 1 y 3		294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.18 6	294.186
Inversiones Rejas	7.570.28 4										
Flujo de Caja	- 7.570.28 4	956.55 8	956.55 8	956.55 8	956.55 8	956.55 8	956.55 8	956.55 8	956.55 8	956.55 8	956.558

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 40 presenta los valores de los indicadores obtenidos sobre la bondad del proyecto y que en este caso resulta no ser rentable, no obstante, es un insumo fundamental a considerar por la calidad de campus sustentable.

Tabla 40: indicadores de la bondad del proyecto obtenidos

ts=	6%
VAN \$	-529.932
TIR	4,5%
Horizonte años	10

Fuente: Elaboración propia

7.6.2 Análisis con 100% de uso del excedente de agua potencial de la planta

En la Tabla 41 se presentan los costos de consumir y producir agua adicional, los que serían usados en los Campus 1 y 3.

Tabla 41: Costo de consumir y producir agua de riego para los Campus 1 y 3

	Agua Campus 1 y 3	Costos ESVAL	Costos Operación
Marzo	28	36.856	6.298
Abril	34	44.753	7.648
Mayo	37	48.702	8.322
Junio	64	84.241	14.396
Julio	66	86.874	14.845
Agosto	71	93.455	15.970
Septiembre	49	64.497	11.022
Octubre	37	48.702	8.322
Noviembre	33	43.437	7.423
Diciembre	28	36.856	6.298
Año	447	588.372	100.544

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 42 se observan los resultados de los flujos de efectivos para la situación descrita disponiendo el uso sin mayores inversiones en los Campus 1 y 3.

Tabla 42: Flujos efectivos

Costos \ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo ESVAL campus 1 y 3		588.37	588.37	588.37	588.3	588.37	588.37	588.37	588.3	588.37	588.372
		2	2	2	72	2	2	2	72	2	
Flujo de Caja		588.37	588.37	588.37	588.3	588.37	588.37	588.37	588.3	588.37	588.372
		2	2	2	72	2	2	2	72	2	

Fuente: elaboración propia

La tabla 43 permite apreciar la situación con proyecto, en ella se consideran los flujos necesarios para las plantas de tratamiento y elevadora, en cuanto a los costos adicionales de ocupar el 100% de excedentes de aguas potencialmente disponibles.

Tabla 43: Flujo de caja en \$ con incorporación de plantas

Costos\ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo alternativo		100.54 4	100.54 4	100.54 4	100.54 4	100.54 4	100.54 4	100.544	100.54 4	100.54 4	100.544
Inversiones plantas											
Flujo de Caja		100.54 4	100.54 4	100.54 4	100.54 4	100.54 4	100.54 4	100.544	100.54 4	100.54 4	100.544

Fuente: Elaboración propia

La tabla 44 presenta los flujos incrementales entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto, la situación con proyecto para el caso en que se ocupan el 100% de los excedentes.

Tabla 44: Flujos incrementales en \$ de la situación sin proyecto y con proyecto

Costos \ años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo alternativo campus 2		- 50.27 2	- 50.27 2	- 50.27 2	- 50.27 2	- 50.27 2	- 50.27 2	- 50.272	- 50.27 2	- 50.27 2	- 50.272
Costo alternativo campus 1 y 3		- 100.5 44	- 100.5 44	- 100.5 44	- 100.5 44	- 100.5 44	- 100.5 44	- 100.54 4	- 100.5 44	- 100.5 44	- 100.54 4
Costo ESVAL campus 2		859.5 24	859.5 24	859.5 24	859.5 24	859.5 24	859.5 24	859.52 4	859.5 24	859.5 24	859.52 4
Costo ESVAL campus 1 y 3		588.3 72	588.3 72	588.3 72	588.3 72	588.3 72	588.3 72	588.37 2	588.3 72	588.3 72	588.37 2
Inversiones Rejas	7.570.2 84										
Flujo de Caja	- 7.570.2 84	1.297. 080	1.297. 080	1.297. 080	1.297. 080	1.297. 080	1.297. 080	1.297. 080	1.297. 080	1.297. 080	1.297.0 80

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 45 presenta los valores de los indicadores obtenidos sobre la bondad del proyecto y que en este caso resulta ser rentable, dado su VAN positivo y la tasa TIR obtenida es mayor que la tasa de descuento.

Tabla 45: indicadores de la bondad del proyecto obtenidos

ts=	6%
VAN \$	1.976.338
TIR	11,2%
Horizonte años	10

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 46 se presenta un resumen de los tres casos descritos.

Tabla 46: Resumen de indicadores de la bondad del proyecto según caso

Resumen de Indicadores	Solo Campus 2	50% excedentes a Campus 1 y 3	100% excedentes a campus 1 y 3
ts=	6%	6%	6%
VAN \$	-2.325.162	-529.932	1.976.338
TIR	-1,1%	4,5%	11,2%
Horizonte años	10	10	10

Fuente: Elaboración propia

8. RECOMENDACIONES

Un potencial aporte de este diseño para campus sustentable permitiría dar servicio de abastecimiento de agua recuperada para instalaciones cercanas al Campus 2, sean de la propia Universidad o de instalaciones cercanas que demandan agua, tales como el Cementerio N°3 de Playa Ancha, Estadio Elías Figueroa, Escuela Naval, cercanos a la UPLA.

La propuesta del sistema de tratamiento agua grises del campus 2, se podría realizar en todas las dependencias que tiene la Universidad de Playa Ancha, así poder a apuntar hacia la red del campus sustentable en todas sus sedes a través del cumplimiento de los objetivos que establece el manual de RESIES.

Para abordar la escases hídricas que presenta la Región de Valparaíso este sistema de reutilización de aguas grises es una gran oportunidad para la Universidad , se podría desarrollar manual que permita realizar auditorías de agua a través de las plantas de tratamiento presentada en este documento u otro tipo de alternativas para instituciones públicas o privadas que quieran recuperar estas aguas grises.

9. DISCUSIÓN

Existe una alta variación en los diferentes meses para el servicio de casino, debido a que los estudiantes pueden elegir libremente donde almorzar, claramente se marca un alto número en los meses iniciales de marzo y abril, después decrece, por lo indicado o por deserción o abandono de los estudiantes. Por este motivo se diseña para la mayor demanda que se da en el mes de marzo.

De las cuatro tecnologías revisadas para el sistema de tratamiento de aguas grises propuesto, todas consideran los parámetros físicos, químicos y microbiológicos los cuales se centran en la eliminación y acondicionamiento de las aguas para la NCh1333, por lo que cumplen los requisitos de servicio y la decisión de elegir BIOPLASTIC, se debió a la sencillez de la tecnología modular llave en mano que entrega y su menor costo respecto a las otras que respondieron la solicitud de cotización.

Los materiales de impulsión no son los más económicos, pero si los más adecuados para este tipo de instalaciones en jardín, donde siempre hay riesgo de daños por mal uso de herramientas, además el elegir un diámetro comercial un poco mayor, también permite la ampliación del servicio de impulsión.

La operación de la impulsión permitirá conducir el agua recuperada a los diferentes puntos de riego mediante las consignas de trabajo y dada las cortas distancias, se hará uso de las mangueras actuales para su conducción, no alterando mayormente las actividades del jardinero.

En caso que la planta no sea suficiente para cubrir la demanda diaria, ya sea por falta de tratamiento o por mantenimiento de la planta, se puede seguir usando en sistema alimentado por la red de ESVAL, ya que no se elimina.

De la selección del equipo sumergible, a pesar de ser de mayor costo; más del doble, hay beneficios en cuanto a que no es necesario la construcción de caseta de bombas ni bases para equipo, ni sistemas de detección de pozo seco, ya que la motobomba se sumerge en el mismo estanque de acumulación del agua tratada y cuenta con pera guarda nivel incorporada, adicionalmente el tablero es muy simple de guarda motor.

Los costos de inversión de la tecnología seleccionada para la planta de tratamiento modular comparada con un humedal artificial de similares características en base a los cálculos determinados de la inversión de los proyectos, alcanza a un 70% de éstos de acuerdo a antecedentes bibliográficos (Olmedo, 2020).

10. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los antecedentes recopilados en esta propuesta, la presencia de aguas grises es consumida diariamente en un total de 60-80%, por lo que su reutilización se puede realizar en diferentes actividades según lo planteado por la ley 21.075, referida al acondicionamiento de estas aguas para riegos y lavados superficiales.

El proyecto cumple con lo establecido por el Manual RESIES, por lo tanto, será posible ser parte de la red de campus sustentable. La universidad, con esta iniciativa, está incentivando la reutilización de aguas, y a través de una asignatura orientada al área de sustentabilidad impartida por la misma casa de estudios expuesta anteriormente logrará generar nuevos proyectos de mejoras e investigaciones sobre la calidad de agua de este tipo de tratamientos. Esto, a su vez, permitirá motivar a estudiantes, académicos y funcionarios de la institución, pues serán parte de la reutilización y el consumo eficiente de este recurso, disminuyendo el uso de agua potable.

El sistema de tratamiento seleccionado es de bajo costo y de poca mantención, el que no se verá afectado en caso de posibles interrupciones que tengan las dependencias por diferentes tipos de situaciones como: recesos universitarios, tomas estudiantiles, manifestaciones aledañas al sector que impidan cumplir con las tareas asignadas.

Debido a la demanda de colaciones en el año es variable, se consideró el mes de marzo para determinar la dotación de agua gris disponibles desde el casino del campus 2, basado en criterios de la SISS, permitió hacer una aproximación del agua gris disponible que potencialmente se podría recuperar total o parcialmente.

Las áreas verdes seleccionadas para la distribución del programa de regadío, fueron clasificadas por sectores estratégicos del campus 2, en cual se considera los patios centrales, donde se planteó una consigna de riego dependiendo de los m² de las zonas elegidas y distribuida por días de las semanas establecidos para su riego.

La planta de tratamiento elegida es comercial con una tecnología de tratamiento de lodos activados la cual ayuda a disminuir la carga orgánica de estas aguas, la planta tiene dimensiones idóneas al espacio que tiene la institución, estas aguas al ser tratadas se acondicionan para riego de acuerdo a la normativa chilena 1.333, en donde el caudal de

trabajo de $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$ considerando 3 horas de trabajos para el regadío de las áreas verde de la institución.

El diseño conceptual, de acuerdo a las antecedentes bibliográficos que se proponen para el sistema de tratamiento, se realizaron cálculos referentes a catálogos comerciales en tanto para bombeos, tuberías, estanque de almacenamiento y plantas de tratamientos, quien nos permitió definir una propuesta técnico económica del sistema, las características tipo de material que se debe ocupar para la implementación y la distribución de estas aguas para el fin de regadío.

Los costos de inversión de esta planta de tratamiento considerando a otros tipos de tecnología, es positiva, es un proyecto llamativo y rentable a la vez, cuya inversión es de \$7.570.284 y que en base a revisión bibliográfica resulto un 30% más económico comparados a otros tipos de alternativas de reutilización como lo que se plantea en una tecnología de humedal artificial (Olmedo, 2020).

11. REFERENCIAS

- Bravo M. (2011) “Reutilización de Aguas Grises”, Revista electrónica SustentaBiT, N°11.
- Bermejo, D. (2012). Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: depuradoras naturales como alternativa sostenible, Universidad de Alicante.
- Consejo Nacional de Producción Limpia. (s.f.). Agenda de Producción Limpia.
- Chavez & Mayhua (2019) Diseño de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas pluviales para un proyecto urbanístico de 12 hectáreas ubicado en el distrito de pimentel – Chiclayo – Lambayeque.
- Delgado, H. (2011) Biofiltros domiciliarios <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Biofiltros-Domiciliarios.pdf>
- Desembarcan en Chile sistemas para reutilizar las aguas grises. El Mercurio 13 Abril de 2011
- FAO (2017). Reutilización de aguas residuales urbanas puede favorecer a la agricultura y disminuir presión sobre los recursos naturales. <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/853862/>
- Franco, M. V. (2007). Tratamiento y Reutilización de Aguas Grises con Aplicación caso en Chile. Memoria de título. Carrera de ingeniería civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Ley N° 21.075 regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises (2018) <https://aldiachile.microjuris.com/2018/02/15/ley-no-21-075-regula-la-recoleccion-reutilizacion-y-disposicion-de-aguas-grises/>
- Loza, P. (2017). Diseño de un sistema de reciclado de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en una vivienda multifamiliar de doce pisos en la ciudad de Tacna, 2017 (tesis de pregrado) Recuperado de

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPTI_6976f84ea89c4c0013a59aa460c2803c.

- Llanos, G. (2012). Propuesta de instalación hidráulica sanitaria para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de agua pluvial en unidades habitacionales ubicadas en la ciudad de México (tesis de maestría). Recuperado de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/5252>.
- Manual de pérdida de carga en tuberías Pressman obtenido de <http://www.eepm.es/wp-content/uploads/2018/04/PRESSMAN-Pérdida-de-Carga-en-Tuberías.pdf> 12/11/2021
- Metertech (S.F.) Tratamientos de aguas grises para reúso. Argentina
- Ministerio de Salud de Chile (2018) Reglamento Aguas Grises. Rescatado de <http://www.portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/Reglamento-Aguas-Grises.pdf>. Chile.
- Morales, E. I. (2013) Evaluación de alternativas de sistemas paralelos de reúso de aguas grises en un edificio público.
- Norma Chilena NCh Of. 3582 “Reutilización de agua residual de origen doméstico”
- Plantas de tratamiento de aguas <https://bioplastic.cl/Categorias/view/1/18/0/12/11/2021>
- Ruiz, Miguel. Sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises aplicables a sectores urbanos con déficit hídrico. Concepción, Chile. Universidad Técnica Federico Santa María , 2019.
- Red de campus sustentable, manual de Resies “Reporte y Evaluación de la Sustentabilidad para Instituciones de Educación Superior”.(2018)
- Water for People, Water for Life», Naciones Unidas World Water Development Report (WWDR), Part II: A look at the world’s freshwater resources. World Water Assesment Program (WWAP), UNESCO, 2003, www.unesco.org.

- IMA WATER TECHNOLOGY Filtración (2016) de aguas residuales
<https://www.plantasdeosmosis.com/productos/filtros-de-agua-industriales/informacion-tecnica-filtros-ima-water/96/informacion-tecnica-filtros-de-carbon-activo.html>

12. ANEXOS

Anexo 1: Propiedades físicas del agua

TABLA 4. Propiedades físicas del agua a 1 bar

temperatura t °C	densidad ρ kg/m ³	módulo elasticidad $K \cdot 10^{-9}$ N/m ²	viscosidad dinámica $\mu \cdot 10^3$ N·s/m ²	viscosidad cinemática $\nu \cdot 10^6$ m ² /s	tensión superficial σ N/m	presión de vapor p_v kPa
0	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0756	0,61
5	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	999,1	2,15	1,139	1,140	0,0735	1,70
20	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,33

Anexo 2: Tabla para determinar factor K por singularidades

Tabla VIII. Longitud equivalente en diámetros de tubo de diversas válvulas

Tipo de válvula y condiciones de operación			Longitud equivalente en diámetros de tubo, Le/D	
Válvula de Globo	Vástago perpendicular a los tubos	Asiento plano, cónico o tipo macho sin obstrucción.	Aperf. total	340
		Con disco de aleta o guiado con pasador.	Aperf. total	450
	Modelo en Y	Asiento plano, cónico o tipo macho sin obstrucción.	Aperf. total	175
		Con vástago a 60° de la tubería.	Aperf. total	145
Válvulas en Angulo		Asiento plano, cónico o tipo macho sin obstrucción.	Aperf. total	145
		Con disco de aleta o guiado con pasador.	Aperf. total	200
Válvulas de Compuerta	Cuña, disco, disco doble o disco de macho.		Aperf. total	13
			3/4 aperf.	35
			1/2 aperf.	160
			1/4 aperf.	900
	Pulpa de papel.		Aperf. total	17
			3/4 aperf.	50
			1/2 aperf.	260
			1/4 aperf.	1 200
Válvulas de Retención	Convencional de bisagra.	0,5+	Aperf. total	135
	Bisagra rectilínea.	0,5+	Aperf. total	50
	Globo elevable o corte: Vástago Perpendicular al tubo o en Y.	2,0+	Aperf. total	igual que globo
		2,0+	Aperf. total	igual que ángulo
	Elevación o tope en ángulo.	2,5+ vertical 0,25+ horizontal	Aperf. total	150
Válvulas de Pie con Coladera	Bola en la tubería.	Con disco elevable con vástago.	Aperf. total	420
		0,3+		
		Con disco con bisagra de cuero	Aperf. total	75
	0,4+			

Fuente: División de Ingeniería Crane. Flujo de fluidos. p.33.

Anexo 3: Presupuesto Bomba autocebante

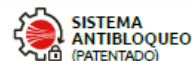
AUTOCEBANTES

CÓDIGO	MODELO	HP	V	AMP	(ø)	\$	PRECIO
100495	PKSm60	0,5	220V	2,5	1"x1"	\$	146.485
100496	PKSm65	0,7	220V	3,7	1"x1"	\$	200.523
100497	PKSm70	0,85	220V	5,2	1"x1"	\$	275.731
100498	PKSm80	1	220V	5,2	1"x1"	\$	268.559

- Caudal hasta 50 l/m
- Altura manométrica hasta 70 mts.
- Aspiración manométrica hasta 9 mts.
- Temperatura máxima del agua hasta 60° C.
- Sellos de grafito cerámico.
- Protector térmico incorporado.
- Aislamiento Clase F.
- Protección IPX4.
- Sistema antibloqueo. Patente exclusiva de Pedrollo.



COD 100495



Modelo	Voltaje	P Hp	Q	H (m)													
				m³/h l/m	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3		
PKSM60	220V	0,5	H (m)	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	50			
PKSM65	220V	0,7		40	38	33,5	29	24	19,5	15	10	5	-	-			
PKSM70	220V	0,85		55	50	45,5	40,5	36	31	27	22	17	12,5	8			
PKSM80	220V	1		65	62	57	52	47	42	37	32	27	22	18			
				70	66	61	56	51	46	41	36,5	31	27	22			

Anexo 4: Presupuesto bomba sumergible

ELECTROBOMBAS SUMERGIBLES DE DRENAJE AGUAS CLARAS O LIGERAMENTE SUCIAS



SERIE D

CÓDIGO	MODELO	HP	V	AMP.	Ø	PASO SÓLIDOS	\$	PRECIO
100524	Dm8-N	0,75	220V	3,4	1½"	10 mm	\$	407.411
100520	Dm10-N	1	220V	5,2	1½"	10 mm	\$	445.563
100525	D10-N	1	380V	2,1	1½"	10 mm	\$	468.629
100522	Dm20-N	1	220V	5,4	1½"	10 mm	\$	473.218
100526	D20-N	1	380V	2,1	1½"	10 mm	\$	456.368
104058	Dm30-N	1,5	220V	7,2	1½"	10 mm	\$	509.009
104059	D30-N	1,5	380V	3,5	1½"	10 mm	\$	509.009


- Máxima profundidad de empleo hasta 5 mts bajo nivel de agua.
- Interruptor de nivel incorporado, en las versiones monofásicas.
- Aislación Clase F.
- Protección IPX8.
- Incluye 5 mts cable. 10 mts cable para D30-N.

COD. 100520



Modelo	V	P Hp	Q	H (m)															
				m³/h l/m	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15	16,5	18		
DM8-N	220V	0,75	H (m)	0	25	50	75	100	125	150	175	200	220	250	275	300			
DM10-N / D10-N	220V / 380V	1		13	12,5	12	11	10	9	8	7	6	4,7	3	-	-			
DM20-N / D20-N	220V / 380V	1		16	15,5	15	14	13,2	12,2	11,2	10	8,8	7,8	6	4,5	3			
DM30-N / D30-N	220V / 380V	1,5		20	19	18,5	17,5	16,5	15,5	14,3	13	11,5	10	8	-	-			
				26	26	25	23,5	22	20,5	18,7	17	15	13,5	11	9	-			

Anexo 4: Estanque del sistema de tratamiento

 <p>BIOPLASTIC Tecnología Absorbente en Plástico Agrio</p>	 <p>POLIETILENOS BIOPLASTIC CHILE LTDA. 77.984.370 - R L 22.715.5200 CS INFORM@BIOPLASTIC.CL CAMINO SANTA DOMA 100 PARRAL TICALMA DE LANGO S.A. WWW.BIOPLASTIC.CL</p>
--	---

Señores : NATALIA ANDREA MEZA VILLALON Fecha de emisión : 14.11.2021
 RUT : 17983410-3
 Atención : NATALIA ANDREA MEZA VILLALON
 Correo : NATALIA.MEZA@UPLA.CL
 Teléfono : 933548674
 Vendedor : FLORELIS MEJIAS
 Centro : B116 - Bioplastic Quilpue
 Of. Ventas : 0002 - Ofic Ventas Santiago

OFERTA DE VENTAS
N° 2030107999

De acuerdo a lo solicitado, tenemos el agrado cotizar a usted, lo que a continuación se detalla:

#	Código	Descripción	Cant.	UM	Prc. Unitario	Dcto. %	Total
1	BT224	Planta De Tco. 8.2 M3 Pe, Con Motor, Tab	1	UMD	3.592.298	25,000	2.694.224

Condición de : D000 - Contado	Total Neto	2.694.224
Via de pago : Efectivo ing	IVA 19%	511.903
Oferta válida : 14.12.2021	Total	3.206.127
Ind.Gestion : 0901 - Cliente retira Guía con Despacho Normal		
Creado por : FMEJIAS		

Stock sujeto a disponibilidad al momento de la compra
 Observaciones:

<p>CONTÁCTENOS INFORM@BIOPLASTIC.CL</p>	<p>bioplastic.cl</p>	<p>22 7155200</p>	<p>NUEVO PRODUCTO</p> <p>MODELOS : SIMPLE DOD0 VARIOS COLORES DOBLE DORAFIEMTO VARIOS COLORES</p>	
				

Anexo 5: Suministro de arena para el montaje.

ARENAS NATURALES Y DE PLANTA					
	4 M3	\$24.900 M3	\$26.900 M3	\$28.900 M3	\$30.900 M3
ARENA GRUESA (6 MM)	8 M3	\$21.900 M3	\$22.900 M3	\$23.900 M3	\$24.900 M3
	13 M3	\$17.900 M3	\$18.900 M3	\$19.900 M3	\$20.900 M3
	14 M3	\$17.900 M3	\$18.900 M3	\$19.900 M3	\$20.900 M3
	4 M3	\$27.900 M3	\$29.900 M3	\$30.900 M3	\$32.900 M3
ARENA DE LAMPA AMARILLA	8 M3	\$23.900 M3	\$24.900 M3	\$25.900 M3	\$26.900 M3
	13 M3	\$18.900 M3	\$19.900 M3	\$19.900 M3	\$21.900 M3
	14 M3	\$18.900 M3	\$19.900 M3	\$19.900 M3	\$21.900 M3
	4 M3	\$26.900 M3	\$28.900 M3	\$30.900 M3	\$32.900 M3
ARENA LEPANTO FINA (PARA ESTUCO Y MEZCLA)	8 M3	\$22.900 M3	\$23.900 M3	\$24.900 M3	\$25.900 M3
	13 M3	\$17.900 M3	\$18.900 M3	\$19.900 M3	\$20.900 M3
	14 M3	\$17.900 M3	\$18.900 M3	\$19.900 M3	\$20.900 M3
	4 M3	\$21.900 M3	\$23.900 M3	\$25.900 M3	\$26.900 M3
ARENA FINA (PARA RELLENOS)	8 M3	\$17.900 M3	\$18.900 M3	\$19.900 M3	\$20.900 M3
	13 M3	\$13.900 M3	\$14.900 M3	\$15.900 M3	\$16.900 M3
	14 M3	\$13.900 M3	\$14.900 M3	\$15.900 M3	\$16.900 M3

Anexo 6: Planta de tratamiento



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS 6200 L



Características Técnicas

Nº Personas:	14 Pers. 250 l/día 23 Pers. 150 l/día
Caudal:	3.500 L/día
Material:	Poliétileno Lincal
Consumibles:	filmas y cojines incluidas en 110 mm.

Componentes

Tablero eléctrico, motor soplador,
decantador primario, reactor biológico,
clarificador, cloradora y descloradora.

Opcionales

Sistema de infiltración, pastillas,
bacterias, acumulación para reuso en
riego.