

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**DISEÑO DE SISTEMA DE RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS  
GRISES PARA VIVIENDAS SOCIALES**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
INGENIERO EN FABRICACIÓN Y DISEÑO  
INDUSTRIAL

Trabajo de Titulación para optar al Grado de  
Licenciado en INGENIERÍA EN FABRICACIÓN  
Y DISEÑO INDUSTRIAL

Alumna:

Francisca Paz Silva Pérez

Profesor Guía:

Ing. Carlos Antillanca Espina

## **DEDICATORIA**

A mi madre, Marisa. Por acompañarme en esta etapa, por comprenderme y contenerme en los momentos difíciles con amor incondicional. Por enseñarme a seguir adelante frente toda adversidad y ser una gran ayuda dispuesta siempre que la necesito.

A mi padre, Carlos. Por estar presente en esta etapa, dándome su cariño y comprensión. Por ayudarme cuando lo necesito y reafirmarme siempre que debo creer en lo que hago y en mí misma.

A mis mejores amigos, Natalia y Cristian. Por estar presentes en mi vida después de tantos años y estar cuando necesito un descanso para desestresarme. Además de creer en mí cuando incluso yo no creía en mí misma.

A mi equipo de trabajo de siempre y grandes amigos, Nicolás y Pedro. Por ser un gran apoyo en todos los ramos y siempre dispuestos a ayudar, compartir sus geniales ideas y ayudarme a recuperar la confianza en mí.

A mis amigos de la universidad, Sofía, Catalina y Esteban. Por su apoyo incondicional, buena onda y palabras de aliento que me reconfortan cuando las necesito.

A mis abuelas, tíos, madrinas, primos, en especial a mi primo/hermano Lucas, por acompañarme durante los años de universidad, apoyándome y entregándome todo su amor.

Y finalmente a mis abuelos, que sea donde estén en este momento sé que están orgullosos de mí.

## **RESUMEN**

**KEYWORDS:** AGUAS GRISES, SOSTENIBILIDAD, VIVIENDA SOCIAL, SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE AGUAS GRISES.

Esta investigación está orientada en la recopilación de antecedentes sobre la situación actual del país en términos de la escasez hídrica, el uso de aguas domiciliario y el estado actual de la eficiencia hídrica en las viviendas sociales en Chile, identificando necesidades y problemáticas tales como la falta de áreas verdes por persona en distintas comunas del país y la recepción social de este tipo de viviendas en las urbes.

También se realizará en el segundo capítulo, una caracterización de sistemas de reutilización de aguas grises con el fin de poder implementar estos a la vivienda social chilena. Para aquello se debe investigar sobre la legislación vigente, normas, además de caracterizaciones de las aguas grises y sus componentes bioquímicos con el fin de poder determinar rendimientos y requisitos para el diseño del proyecto.

Para el diseño, en el capítulo tercero, se desarrollará una descripción de las variables de importancia para la modelación y fabricación del proyecto, donde se definirán rendimientos, análisis de esfuerzos, componentes y sus características, procesos de fabricación y estimación de costos productivos

Para finalizar en la cuarta sección, se desarrollará un análisis financiero del proyecto completo, desde su puesta en marcha hasta la duración final de este, cómo será financiado y cuales variables se tomarán en cuenta para la puesta en marcha para concluir con la factibilidad del proyecto.

## ÍNDICE

**RESUMEN**

**SIGLA Y SIMBOLOGÍA**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES</b>	2
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	3
<b>1.1. ANTECEDENTES</b>	3
<b>1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	5
<b>1.3. CONTEXTO DEL PROBLEMA</b>	5
1.3.1. Tipología de vivienda social	7
<b>1.4. COMPRENSIÓN DEL MERCADO</b>	11
<b>1.5. ANÁLISIS ESTRATÉGICO</b>	12
<b>1.6. DEFINICIÓN DE MODELO O ESTRATEGIA DE NEGOCIO</b>	13
<b>1.7. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA</b>	16
<b>1.8. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS</b>	16
<b>CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE Y DISEÑO CONCEPTUAL</b>	17
<b>2. ESTADO DEL ARTE Y DISEÑO CONCEPTUAL</b>	18
<b>2.1. RESTRICCIONES Y OBLIGACIONES LEGALES Y AMBIENTALES</b>	18
2.1.1. Ley 21.075: Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises	18
2.1.2. NCh1333.Of78: Requisitos de calidad del agua para diferentes usos	19
2.1.3. Reglamento sobre condiciones básicas para reutilización de aguas grises	20
2.1.4. Conclusiones	22
<b>2.2. DEFINICIÓN DEL MERCADO</b>	22
2.2.1. Usuario	23
2.2.2. Cliente	23
<b>2.3. CUANTIFICACIÓN DEL MERCADO</b>	24
2.3.1. Registro social de hogares	26
<b>2.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DEL PRODUCTO</b>	28
<b>2.5. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN FUNCIONAL</b>	29

2.5.1.	Origen y características de las aguas residuales	30
2.5.2.	Caracterización de aguas residuales	31
<b>2.6.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS</b>	<b>32</b>
<b>2.7.</b>	<b>DISEÑO CONCEPTUAL PRELIMINAR</b>	<b>33</b>
<b>2.8.</b>	<b>DEFINICIÓN DEL PRODUCTO</b>	<b>34</b>
2.8.1.	Caracterización de aguas grises	34
2.8.2.	Características aguas grises para el diseño	37
2.8.3.	Eficiencia del proceso	37
<b>CAPÍTULO 3: DISEÑO DE INGENIERÍA</b>		<b>39</b>
<b>3.</b>	<b>DISEÑO DE INGENIERÍA</b>	<b>40</b>
<b>3.1.</b>	<b>DESARROLLO DE PIEZAS, PARTES Y COMPONENTES</b>	<b>40</b>
3.1.1	Etapas del tratamiento de aguas residuales	40
3.1.2	Sistemas de tratamiento biológico	41
3.1.3	Tratamiento de las aguas grises	42
3.1.4	Criterios de diseño	42
3.1.5	Sistema de tratamiento considerado	44
<b>3.2.</b>	<b>ANÁLISIS TÉCNICO Y ESTRUCTURAL</b>	<b>47</b>
<b>3.3.</b>	<b>DISEÑO EN BASE DE MODELOS 3D</b>	<b>49</b>
<b>3.4.</b>	<b>ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA</b>	<b>53</b>
3.3.1	Proceso de rotomoldeo	53
3.3.2	Máquinas	53
3.3.3	Moldes	55
3.3.4	Etapas del proceso	55
<b>3.5.</b>	<b>DEFINICIÓN DE PROCESO IDEAL</b>	<b>56</b>
<b>3.6.</b>	<b>DEFINICIÓN DE LAYOUT IDEAL</b>	<b>56</b>
<b>3.7.</b>	<b>TIEMPOS PRODUCTIVOS Y COSTOS DE MANUFACTURA</b>	<b>58</b>
<b>3.8.</b>	<b>PROTOTIPO VIRTUAL</b>	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>		<b>63</b>
<b>4.</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>64</b>

<b>4.1. ESTIMACIÓN DE DEMANDA</b>	64
4.1.1 Mercado relevante	64
4.1.2 Cuota del mercado	66
<b>4.2. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE COSTOS DEL PRODUCTO</b>	67
<b>4.3. CRITERIOS DE FIJACIÓN DE PRECIO PRODUCTO</b>	69
<b>4.4. PROYECCIÓN VENTAS Y SUSTENTABILIDAD DEL PROYECTO</b>	70
<b>4.5. EVALUACIÓN FINANCIERA</b>	71
4.5.1 Flujo de caja	71
4.5.2 Indicadores de rentabilidad	74
4.5.3 Análisis de variables críticas del proyecto	75
4.5.4 Tasa de descuento	76
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	77
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	79
<b>ANEXOS</b>	82
<b>ANEXO A: Tabla 1 y 2 Norma Chilena 1333.Of78</b>	82
<b>ANEXO B: Especificaciones Estanques</b>	84
<b>ANEXO C: Especificaciones compresor</b>	86
<b>ANEXO D: Especificaciones membrana Durapore</b>	87
<b>ANEXO E: Especificaciones sistema desinfección UV</b>	89
<b>ANEXO F: Estadística anual de edificación aprobada</b>	90
<b>ANEXO G: Simulación crédito</b>	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Tipologías conjuntos habitacionales.	9
Figura 1-2. Vivienda social en copropiedad.	10
Figura 1-3. Distribución interna de viviendas en copropiedad.	11
Figura 2-1. Producto interno bruto nacional, per cápita e índice de desigualdad.	25
Figura 2-2. Porcentaje de hogares en situación de pobreza.	26
Figura 2-3. Distribución de los recursos asignados por CSE.	28
Figura 2-4. Sistema de reactor biológico.	29
Figura 2-5. Diagrama general del proceso.	34
Figura 3-1. Diagrama del sistema.	45
Figura 3-2. Representación gráfica del sistema.	47
Figura 3-3. Análisis de esfuerzo Von Mises.	48
Figura 3-4. Factor de seguridad.	49
Figura 3-5. Planta compacta de polietileno lineal.	49
Figura 3-6. Sistema de desinfección UV.	50
Figura 3-7. Sistema de recirculación de lodos activados.	50
Figura 3-8. Rejilla fina de acero inoxidable.	51
Figura 3-9. Filtro de membrana de PVDF.	51
Figura 3-10. Vista interna del sistema.	52
Figura 3-11. Conexiones de tuberías	52
Figura 3-12. Máquina rock and roll.	54
Figura 3-13. Máquina tipo carrusel.	54
Figura 3-14. Diagrama de proceso de rotomoldeo.	56
Figura 3-15. Layout.	57
Figura 3-16. Diagrama proceso de instalación del sistema	57
Figura 3-17. Vista en explosión del sistema	58
Figura 3-18. Prototipo, vista lateral derecha.	61
Figura 3-19. Prototipo, vista isométrica izquierda.	61

Figura 3-20. Prototipo, vista isométrica derecha.	62
Figura 3-21. Fotomontaje del prototipo.	62
Figura 4-1. Proyección demanda región de Valparaíso y región Metropolitana	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Consumo promedio de agua por actividad del hogar (litros).	4
Tabla 1-2. Análisis 5 Fuerzas de Porter.	13
Tabla 1-3. Modelo Canvas.	15
Tabla 2-1. Requisitos de calidad de las aguas para su reutilización.	22
Tabla 2-2. Tramos de calificación socioeconómica y su descripción.	27
Tabla 2-3. Caracterización de aguas grises según diversas fuentes.	35
Tabla 2-4. Composición característica de aguas grises.	36
Tabla 2-5. Coliformes fecales en aguas grises según artefacto sanitario.	36
Tabla 2-6. Características aguas grises para el diseño.	37
Tabla 2-7. Eficiencia del proceso.	37
Tabla 2-8. Caracterización de las aguas tratadas.	38
Tabla 3-1. Cálculo de caudal.	43
Tabla 3-2. Costos de producción.	59
Tabla 3-3. Costos de componentes del sistema.	60
Tabla 4-1. Departamentos aprobados durante año 2020.	65
Tabla 4-2. Departamentos aprobados durante año 2019.	67
Tabla 4-3. Costos fijos anuales en UF*.	67
Tabla 4-4. Gastos mensuales de personal en UF*.	68
Tabla 4-5. Costos variables en UF*.	68
Tabla 4-6. Costos anuales de operación en UF*.	69
Tabla 4-7. Flujo de caja puro.	72
Tabla 4-8. Financiamiento en UF*.	73
Tabla 4-9. Flujo de caja financiado.	74
Tabla 4-10. Indicadores de rentabilidad flujo de caja puro.	75
Tabla 4-11. Indicadores de rentabilidad flujo de caja financiado.	75

## SIGLA Y SIMBOLOGÍA

### **A. SIGLA**

AIDIS	:	Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
APR	:	Agua Potable Rural
CASEN	:	Caracterización Socioeconómica Nacional
CE	:	Conductividad Eléctrica
CORFO	:	Corporación de Fomento a la Producción
COMPIN	:	Comisión de Medicina Preventiva e Invalidez
CSE	:	Clasificación Socioeconómica
DBO	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DGA	:	Dirección General de Aguas
DQO	:	Demanda Química de Oxígeno
EGIS	:	Entidades de Gestión Inmobiliaria Social
INE	:	Instituto Nacional de Estadísticas
LLDPE	:	Polietileno de baja densidad lineal
MINVU	:	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MOP	:	Ministerio de Obras Públicas
NCh	:	Norma Chilena Oficial
OMS	:	Organización Mundial de la Salud
ONU	:	Organización de las Naciones Unidas
PIB	:	Producto Interno Bruto
PVDF	:	Fluoruro de Polivinilideno
RAS	:	Razón de Adsorción de Sólido
RSH	:	Registro Social de Hogares
SDT	:	Sólidos Disueltos Totales
SEREMI	:	Secretaría Regional Ministerial
SERVIU	:	Servicio de Vivienda y Urbanización
SISS	:	Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile
SSed	:	Sólidos Sedimentables

SST	:	Sólidos Suspendidos Totales
Subdere	:	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo
TIR	:	Tasa Interna de Retorno
UF	:	Unidad de Fomento
UV	:	Ultravioleta
Valech	:	Comisión Nacional sobre Prisión Política y Tortura
VAN	:	Valor Actual Neto

## **B. SIMBOLOGÍA**

c	:	Conductividad específica
cm	:	Centímetro
dS	:	DeciSiemens
GPa	:	Giga Pascales
h	:	Hora
l	:	Litro
m	:	Metro
mg	:	Milígramo
ml	:	Mililitro
mS	:	MicroSiemens
N	:	Newton
s	:	Sólidos disueltos totales
Ufc	:	Unidad formadora de colonias
UNT/TNU	:	Unidad nefelométrica de Turbidez
°C	:	Grado Celsius
µmhos	:	MicroMhos

## **INTRODUCCIÓN**

“La escasez de agua es un fenómeno natural, pero también un fenómeno inducido por los seres humanos. Aun cuando hay suficiente agua dulce en el planeta para satisfacer las necesidades de una población mundial de cerca de siete mil millones de personas, su distribución es desigual tanto en el tiempo como en el espacio, y mucha de ella es desperdiciada, contaminada y manejada de manera insostenible. No existe en el mundo escasez de agua como tal, en su lugar hay un número de regiones en el mundo que sufren escasez de agua, esto debido a que el uso de este recurso ha crecido más del doble en relación con la tasa de incremento poblacional en el último siglo. Cerca de una quinta parte (1,200 millones) de la población mundial de 6 mil millones de personas, habita en áreas que enfrentan escasez de agua, y otro cuarto de la población mundial (1,600 millones) enfrenta recortes en el suministro de agua debido a que carecen de la infraestructura necesaria para tomar agua de los ríos y acuíferos.” (ONU, 2005).

## **CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

En este capítulo se hará una revisión general de los antecedentes necesarios para el planteamiento y desarrollo del proyecto con el fin de identificar problemáticas, necesidades y objetivos que serán abordados.

Estos antecedentes consisten en información relevante para el desarrollo del estudio en sus diversos ámbitos.

### **1.1. ANTECEDENTES**

Hoy en día el consumo del recurso hídrico se ha visto afectado con la gran demanda que existe de estos. El rápido incremento de la población mundial y el crecimiento de las industrias ganaderas y agrícolas son los principales usuarios de este recurso.

Escasez de agua se define como la abundancia volumétrica o falta de ella, del suministro de agua. Se calcula como la relación entre el consumo de agua humana y el suministro de agua disponible en un área determinada (Schulte, 2014).

A diferencia del concepto de sequía (concepto meteorológico), la escasez se debe netamente a cómo se distribuyen los recursos hídricos dentro del territorio, en Chile se estima que el 44 % de la escasez se debe al manejo de este recurso.

Según el informe de la DGA de agosto de 2020, la gran mayoría de los ríos nacionales ha disminuido su caudal a pesar del aumento de las precipitaciones con respecto a los años anteriores. En la región de Valparaíso a la fecha, las provincias de Marga Marga, Petorca, Valparaíso, San Antonio, San Felipe, Quillota y Los Andes con una población rural de 162.899 personas se encuentran bajo escasez hídrica.

Al 17 de septiembre de 2020, a nivel nacional hay 16 decretos de escasez hídrica vigentes en 108 comunas en las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, con un total de población rural de 798.858 personas. (DGA, septiembre 2020)

El Artículo 2 de la Ley 21.075 define como Aguas Grises todas aquellas aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras. Y como Aguas Grises tratadas aquellas que se han sometido a los procesos de tratamiento requerido para el uso previsto.

Los principales usos de estas aguas, son el riego y reutilización para estanques de baño, sin embargo, tienen diversas aplicaciones mientras no se necesite la aplicación de agua potable, como su consumo o para limpieza.

El Manual para el Hogar, publicado por la SISS describe que el uso doméstico del agua varía según el número de personas que conforma un hogar, para un grupo familiar de 4 integrantes se determina que un consumo moderado promedio por persona equivale a 133 litros por día.

Tabla 1-1. Consumo promedio de agua por actividad del hogar (litros).

Actividades	Litros Aproximados
Lavado de manos	2 – 18
Lavado de dientes	2 – 12
Llenar tina del baño	200 – 300
Ducharse	80 – 120
Uso de lavadora	60 – 90
Uso Lavavajillas	18 – 30
Lavado de platos a mano	15 – 30
Vaciar estanque de WC (nuevos)	6 – 10
Vaciar estanque de WC (antiguos)	18 – 22
Uso de cocina y para beber	10
Limpieza de casa	10
Lavar auto	400
Regadío de 100m <sup>2</sup> de pasto	1.000

Fuente: Elaboración propia, datos de Manual del Hogar, Superintendencia de Servicios Sanitarios.

En la Tabla 1-1 precedente, se muestra el consumo promedio por actividad realizada por persona dentro de un hogar, de acuerdo a esto, para el sistema a realizar solo se pueden considerar los datos de aquellas actividades que son realizadas en: lavamanos, lavaplatos, lavavajillas y duchas.

## **1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La recuperación de aguas grises y la instalación de sistemas que realicen este trabajo se podrían considerar como un lujo para quienes pueden optar a introducir estos sistemas a sus viviendas, sin embargo, como país se está tomando la determinación de integrar otro tipo de métodos para la construcción de hogares más eficientes energéticamente hablando.

El año 2018 se hizo la aprobación de un proyecto para instalar paneles solares en las nuevas viviendas sociales. Esta iniciativa significaría un ahorro en las cuentas de la luz y gas, ya que además estos paneles proporcionarían calefacción.

El año 2019, el concurso Construye Solar invitó a universidades nacionales y extranjeras a construir prototipos de vivienda social sustentable, con un estándar de alta eficiencia y con el objetivo de proponer mejoras al estándar de construcción de viviendas del país.

Sin embargo, hasta la fecha, no se ha tocado el tema de eficiencia desde el punto de vista de ahorro de agua en viviendas, por lo que está la oportunidad de plantear un estándar de viviendas sociales sustentables energéticamente y con recuperación de aguas.

Si bien es una inversión mayor a la que ya se hace para la construcción de estos inmuebles, a largo plazo puede resultar en una mejora del estándar de vida de las personas que opten a estas soluciones habitacionales, ya que la idea central sería generar espacios de áreas verdes para conjuntos de viviendas.

## **1.3. CONTEXTO DEL PROBLEMA**

Con lo mencionado anteriormente, la escasez hídrica tanto mundial como a nivel nacional es un problema que está afectando a muchas comunidades de nuestro país.

En nuestra región se encuentra el ejemplo de Limache y Olmué donde la sequía ha causado estragos y ha golpeado fuertemente a las Cooperativas y Comités de Agua Potable Rural (APR), que hace varios meses registran problemas de abastecimiento de agua para dotar a la comuna. La Subdere está permitiendo del mejoramiento de los distintos puntos de extracción de agua a través de la construcción de un pozo profundo y habilitación de estanque en el sector Cajón Grande; limpieza de sondaje del APR de Quebrada Alvarado,

también el mejoramiento y habilitación de noria en el El Tebal APR del sector las Palmas y la habilitación de un pozo profundo en el sector de Villa Olímpica.

La comuna de Olmué tiene tanto espacios agrícolas como casas de veraneo, donde el mayor consumo de agua se ve reflejado tanto en el mantenimiento de patios y jardines como en el uso de piscinas, así mismo, en los espacios agrícolas el cultivo de frutas y verduras sería el mayor consumo. Además de esto, es común que la gente resida cerca de sus cultivos por lo que genera un gasto adicional por el consumo humano, por lo que el reutilizar aguas grises en estos espacios sería de gran aporte para combatir la escasez hídrica que existe en el sector y así poder mantener los dos rubros más importantes de la comuna: el turismo y la agricultura.

Por otro lado, dentro de la región las comunas de Valparaíso y Viña del Mar a nivel nacional son las que cuentan con la mayor cantidad de campamentos. Según las cifras de fundación Techo (2017), existen aproximadamente 690 campamentos a nivel nacional, donde 159 son de la región de Valparaíso y esto abarca alrededor de 10.072 familias. El gran problema que tienen actualmente estos además del tema habitacional es la poca llegada de servicios básicos a estos lugares, donde el agua potable es repartida a través de camiones aljibes.

Según el Censo 2017 existe un déficit habitacional de 393.613 viviendas, mientras que el déficit cualitativo, que es calculado a partir de la encuesta Casen 2017, sobrepasa las 1.303.000 viviendas que requieren mejoramiento.

Entre el año 2011 y 2018 se han entregado 205.637 subsidios a sectores medios, los cuales un 30% no se pudo utilizar por faltas de recursos de las familias para el pie que exige la banca para optar a un crédito hipotecario.

Mientras que se aumentó los montos de subsidios de 20% a 100% dependiendo del valor de la vivienda. Además, se continúa trabajando en integración sociales, donde el año 2019 se consideraron 25 mil nuevos subsidios por un total de \$11.650 millones.

Existen distintos tipos de subsidios habitacionales:

- Comprar una vivienda
- Construir una vivienda
- Arrendar una propiedad
- Mejorar vivienda y barrio
- Programa rural

También existen programas de estado para construcción en nuevos terrenos, destinados a proyectos con familias del programa de asentamientos precarios del MINVU. Este programa está orientado a familias sin vivienda, que viven en situación de

vulnerabilidad social. Este apoyo permite construir una vivienda (casa o departamento) sin crédito hipotecario en sectores urbanos o rurales.

Fundación Piensa realizó este año un análisis de identificación de puntos vulnerables del Gran Valparaíso que apunta a sectores como Miraflores Alto, Playa Ancha y Cerro Cordillera. Valparaíso tiene más de 2.500 viviendas en campamentos, lo que representa cerca de un 24% de los asentamientos informales, siendo esta cifra superada por Viña del Mar con más de 7 mil de estos hogares.

De acuerdo al estudio realizado el año 2007 por el Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile sobre el emplazamiento periférico de la vivienda social en la región metropolitana, uno de los grandes problemas de estos conjuntos habitacionales es la ubicación de estos ya que tiene como resultado una construcción masiva que genera grupo de “pobres excluidos” por estar situados en espacios periurbanos o rururbanos<sup>1</sup> lo que provoca segregación y separación de los sectores más vulnerables respecto al universo urbano.

Otro punto importante a considerar para este proyecto y uno de sus temas centrales se centra en la reutilización de aguas grises para uso en áreas verdes. La OMS recomienda entre 9 y 11 m<sup>2</sup> de área verde por habitante para considerar un buen estándar de vida en las urbes. Sin embargo, los indicadores revelan que existen 20.004 plazas y 454 parques en ciudades chilenas, pero solo 18 de 117 comunas (11,6% de la población que vive en ciudades sobre 50 mil habitantes) cumplen con el estándar propuesto. Por otro lado existen 17 comunas sin parques dentro de sus límites administrativos, siete de estas se encuentran en la región de Valparaíso. (INE 2019)<sup>2</sup>

### 1.3.1. Tipología de vivienda social<sup>3</sup>

Como se mencionó existen 5 tipos de subsidios de vivienda, de los cuales 2 son de estudio: Subsidio de compra de vivienda y Subsidio de construcción de vivienda.

Dentro de estos 2 tipos, el primero permite a familias que no son dueñas de una vivienda y viven en situación de vulnerabilidad social y necesidad habitacional, comprar una vivienda o integrarse a una de las iniciativas de la nómina de proyectos habitacionales del SERVIU de la región. Este último es el de interés del proyecto ya que consisten en soluciones habitacionales que aún no son construidas y puede integrarse el sistema de reutilización de aguas grises.

---

<sup>1</sup> Territorio antes totalmente rural que en la actualidad se suele utilizar para fines industriales o urbanos

<sup>2</sup> <https://www.ine.cl/prensa/2019/10/16/ine-presenta-mapas-que-muestran-comunas-con-mejor-y-peor-acceso-a-areas-verdes-en-el-pais>

<sup>3</sup> Extraído desde MINVU

Para el segundo tipo, dentro de este existe el subsidio para construir una vivienda DS49. Consiste en permitir a familiar que no son dueñas de viviendas y en situación de vulnerabilidad social y necesidad habitacional, construir una vivienda o conjunto de ellas (casas o departamentos).

Este subsidio tiene cuatro alternativas:

- **Construcción en Sitio Propio:** corresponde a la construcción de una vivienda en un sitio que pertenece a la persona. La postulación puede ser colectiva o individual
- **Densificación Predial:** Construcción de una o más viviendas en un terreno donde ya existe una o más propiedades habitacionales. La postulación puede ser colectiva o individual.
- **Pequeño Condominio:** Proyectos habitacionales que tienen entre 2 y 9 viviendas. Se desarrolla en un terreno urbano bajo el régimen de copropiedad inmobiliaria (Ley 19.537). La postulación es colectiva
- **Construcción en nuevos terrenos:** Proyectos habitacionales que tienen entre 10 y 160 viviendas. Incluyen urbanización, equipamiento y áreas verdes. La postulación es colectiva.

Para este proyecto, los dos últimos tipos son de interés, ya que se puede implementar de mejor manera sistemas de reutilización de aguas grises. Sin embargo, a pesar de que incluyen urbanización, equipamiento y áreas verdes, esto no siempre se cumple. En ocasiones estos conjuntos habitacionales son entregados sin terminaciones de sus interiores, sin áreas verdes comunes y sin mantenciones.

En la Figura 1-1 siguiente se muestran diversos tipos de viviendas sociales en condominio, que actualmente se están construyendo y entregando a los beneficiarios a lo largo del país.



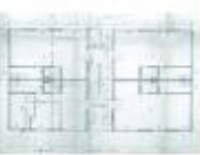

















Fuentes: <https://www.epicentrochile.com/>  
<http://www.construnoticias.com/chile/>  
<https://bonosdelgobierno.com/>  
<http://www.elovallino.cl/>

Figura 1-1. Tipologías conjuntos habitacionales.

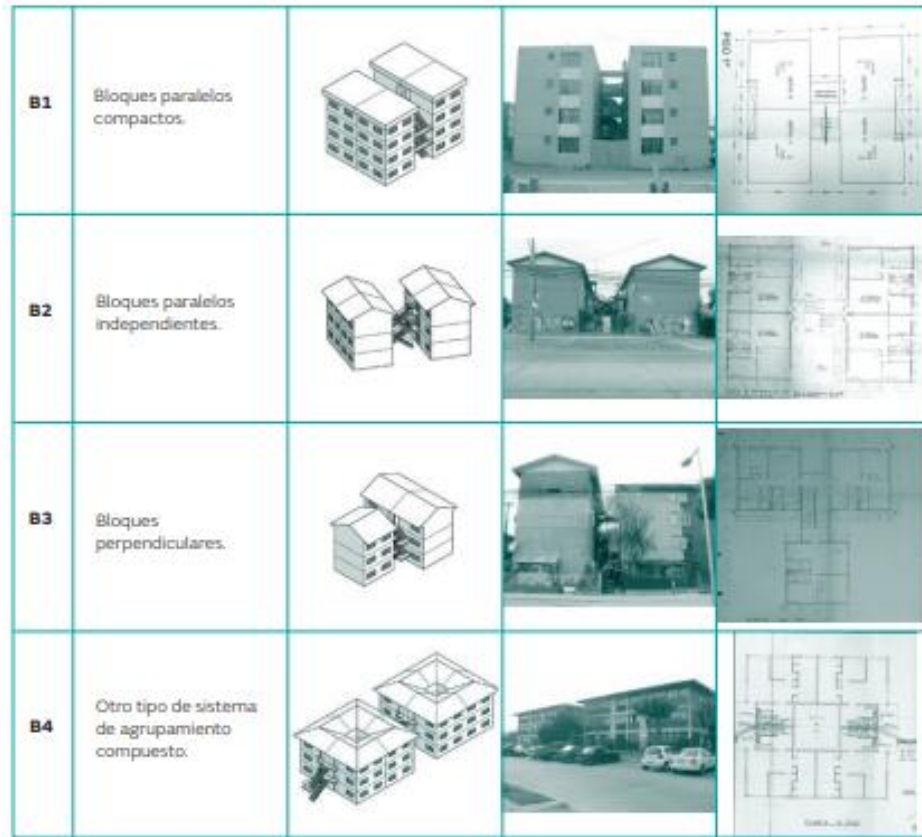
- Sistema de agrupamiento de Condominios Sociales

Las viviendas sociales en condominio, que actualmente se construyen en el país, consideran diversos tipos de edificación, los que se muestran en la Figura 1-2 y Figura 1-3 siguientes:

A1	Bloque con acceso vertical interno.			
A2	Bloque con acceso horizontal externo.			
A3	Torre independiente.			
A4	Bloque con acceso vertical interno.			
A5	Bloque con acceso vertical externo.			
A6	Otro tipo de sistema de agrupamiento simple.			

Fuente: Vivienda Social en copropiedad, Catastro Nacional de condominios sociales. MINVU (2014).

Figura 1-2. Vivienda social en copropiedad.



Fuente: Vivienda Social en copropiedad, Catastro Nacional de condominios sociales. MINVU (2014).

Figura 1-3. Distribución interna de viviendas en copropiedad.

#### 1.4. COMPRESIÓN DEL MERCADO

En el mercado existen empresas que ofrecen servicios de solución para tratamiento de aguas grises que abarcan proyectos tanto en el ámbito empresarial como en el hogar. Las instalaciones que se ofrecen son plantas de tratamiento “compactas”, comúnmente con procesos simples de filtración, desinfección y kits de riego.

Otras opciones del mercado que son a mayor escala son depuradores de aguas grises, separadores de grasas e hidrocarburos, ofrecen una recuperación desde un 40% dependiendo de la instalación, se pueden hacer a medida, pero requieren de intervención mayor del terreno, sirven tanto como a nivel domiciliario como para comercios. Podrían estar preparados para reutilizar agua de lavadoras y piscinas mientras se haya realizado un estudio técnico personalizado.

Este tipo de depuradora puede abarcar alrededor de 750 [l/h] hasta 10.000 [l/h] dependiendo de las dimensiones que se requieran, lo que refleja que se trata de tratamientos a mayor escala.

En el caso de las instalaciones de manejos de aguas grises implementadas por los usuarios hechos por ellos mismos no cuentan con un tratamiento adecuado ya que al mantenerlas almacenadas un tiempo mayor al recomendado estas empiezan a descomponerse, por otro lado, requieren mantenimiento constante para evitar la proliferación de patógenos.

## 1.5. ANÁLISIS ESTRATÉGICO

En esta sección se hablará del análisis estratégico realizado para este proyecto. En este caso la metodología usada fue el análisis de las cinco fuerzas de Porter.

- Amenaza de nuevos entrantes

Como primer punto de análisis están las amenazas de nuevos entrantes, en este caso, el producto a ofrecer es un servicio diferenciado, que hoy en día no está presente en viviendas del tipo social como un estándar, por lo que la implementación depende solo de factores internos de quienes construyen estos complejos. También se trata de un producto que es innovador en un sentido social, ya que podría generar una mejora en la calidad de vida de los usuarios. Sin embargo, la norma legislativa actual tiene restricciones en cuanto a su uso e implementación, por lo que resultaría en una baja amenaza.

- Poder de negociación de proveedores

En términos del poder de negociación de los proveedores, existen varias empresas proveedoras de estos sistemas que pueden ser considerados como socios estratégicos, estos entregan servicios tanto de instalación del sistema completo como de venta de productos individuales.

- Poder de negociación de compradores

Por otro lado, el poder de negociación de los compradores es medio/alto, ya que al ser un cliente público (entidades del Estado), son estos los que manejan las tarifas para la implementación y construcción de este tipo de proyectos, definen los presupuestos y fondos destinados.

- Amenaza de productos sustitutos

Respecto a la amenaza de productos sustitutos, se determinó que esta es baja ya que es un sistema que no es implementado en viviendas sociales hoy en día, por lo que no habría competencia. Así mismo, tampoco existiría una gran rivalidad entre competidores, por lo que se puede lograr un alto nivel de especialización en el tema.

- Rivalidad entre competidores

Actualmente no existe una empresa que se dedique especialmente en la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises especializados en viviendas sociales, sin embargo, existe oferta para las casas particulares y sectores industriales. Para el diseño de estos sistemas se necesita un alto nivel de especialización del personal.

Tabla 1-2. Análisis 5 Fuerzas de Porter.

Amenaza de nuevos entrantes BAJA	Producto y servicio diferenciado Producto innovador que mejora la calidad de vida de las personas No existe oferta en el mercado La norma legislativa tiene restricciones
Poder de negociación de los proveedores MEDIO	Existen empresas proveedoras que se pueden considerar como socios estratégicos Gran actividad en el mercado de proveedores con insumos y servicios
Poder de negociación de los compradores MEDIO/ALTO	Compradores manejan las tarifas para la implementación y construcción de este tipo de proyectos (cliente público)
Amenaza de productos sustitutos BAJA	Producto nuevo, no implementado en el mercado No existe competencia
Rivalidad entre los competidores BAJA	No existe este producto en la región Alto grado de especialización del personal

Fuente: Elaboración propia, en base a matriz de las 5 Fuerzas de Porter.

## 1.6. DEFINICIÓN DE MODELO O ESTRATEGIA DE NEGOCIO

A continuación, se presentará la definición del modelo o estrategia de negocios, utilizando la metodología Canvas.

- Socios clave

Los socios clave para la ejecución de estos proyectos son entidades Estatales y gubernamentales tales como el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, los Servicios de Vivienda y Urbanismo, Entidades de Gestión Inmobiliaria Social (gestionados por los municipios comunales), Ministerio de Desarrollo Social, Empresas constructoras y la Dirección de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

- Actividades clave

Como actividades clave es importante la recopilación de información primaria y secundaria de la situación actual de la Vivienda Social para así elaborar un diagnóstico de las condiciones estándar con las que son construidas hasta el día de hoy, especialmente en la región de Valparaíso, todo esto para posteriormente diseñar un modelo proyectual que cumpla con las condiciones necesarias establecidas por las autoridades correspondientes. También incluir como actividad clave la capacitación para los futuros residentes para hacer buen uso del sistema que se les entregará para tener una buena mantención a futuro.

- Recursos clave

Los recursos clave para una propuesta como esta son un punto importante y crucial a considerar. Lo primero es tener claro el talento humano que trabajara para la ejecución del proyecto, gente capacitada en áreas de sanidad de aguas e instalación de estos sistemas, también personal capacitado para el área arquitectónica y de diseño con conocimientos en software de modelado proyectual para la integración de estos componentes. Es importante estar constantemente actualizado con las nuevas tecnologías disponibles en mercado para así ir constantemente innovando en estos sistemas.

- Propuesta de valor

La propuesta de valor se centra en utilizar los sistemas de recuperación y reutilización de aguas grises en conjuntos de viviendas sociales con el fin de ser ocupados para mantener áreas verdes en estas “villas” y así generar un mejor estándar de vida. Hoy en día la inserción social es un tema relevante y muchas veces estos conjuntos habitacionales son rechazados por los vecinos ya que podría deteriorar la imagen del barrio, por lo que implementar estos sistemas podría generar una mejor recepción del entorno a estos proyectos habitacionales.

- Relación con clientes

La relación con los clientes se inicia desde el momento de la postulación a los subsidios habitacionales, se les hace acompañamiento permanente a través de las entidades correspondientes, pero también es importante incluir medidas para saber el nivel de satisfacción de los usuarios y de percepción del entorno respecto a la implementación de estos sistemas para mejoras de barrios.

- Segmento de clientes

Haciendo la diferencia entre clientes y usuarios, el principal cliente sería el estado y sus entidades encargadas de proyectos habitacionales sociales. Los usuarios de estos serían familias que están incluidas dentro del 40% más vulnerable de acuerdo al Registro Social de Hogares.

- Canales

Los principales canales de comunicación son los que ya están establecidos, como los portales web de postulación a subsidios del Estado. También es importante tener campañas comunicacionales tanto en línea como a través de Medios de Comunicación tradicionales y así dar a conocer estos tipos de iniciativas y logras una mejor recepción de estas.

- Estructuras de costos

En la estructura de costos están consideradas todos aquellos recursos necesarios para el diseño y proyección de esta propuesta tales como Licencias de Software, remuneraciones para la gente que esté involucrada, arriendos de oficinas y gastos generales.

- Fuentes de ingresos

Las principales fuentes de ingresos son fondos estatales tales como fondos concursables, financiamientos con instrumentos públicos (subsidios) y Financiamientos a través de programas de mejoramiento de barrios.

En la Tabla 1-3 se presenta el resumen del modelo Canvas, detallado en los puntos precedentes:

Tabla 1-3. Modelo Canvas.

Socios Clave	Actividades Clave	Propuesta de valor	Relación con Clientes	Segmento de
MINVU SERVIU MUNICIPALIDADES (EGIS) MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL EMPRESAS CONSTRUCTORAS DIRECCION DE AGUAS MOP	<p>Recopilación de información primaria y secundaria</p> <p>Elaboración de diagnóstico de línea base de viviendas sociales en la región de Valparaíso</p> <p>Desarrollo y elaboración de un modelo proyectual</p> <p>Gestión comercial</p> <p>capacitación para los beneficiarios</p>	<p>Diseño de sistema para la reutilización de aguas grises en viviendas sociales</p> <p>Mejora de las áreas verdes que están en las villas de viviendas sociales</p> <p>Mejorar calidad de vida</p> <p>Mejorar recepción del entorno donde se emplazan viviendas sociales</p>	<p>Acompañamiento permanente</p> <p>Asistencia personalizada</p> <p>Encuestas de satisfacción</p> <p>Programa de fidelización</p>	<p><b>Clientes</b></p> <p>Familias que están incluidas dentro del 40% más vulnerable</p>
	<p><b>Recursos Clave</b></p> <p>Talento humano</p> <p>Infraestructura</p> <p>Tecnología</p> <p>Fuentes de financiamiento</p> <p>Softwares de modelado</p>		<p><b>Canales</b></p> <p>Página web</p> <p>Correo electrónico</p> <p>Campaña digital</p> <p>Participación en ferias temáticas del rubro habitacional</p>	
<p><b>Estructura de Costos</b></p> <p>Arriendo oficina</p> <p>Licencias de software</p> <p>Remuneraciones</p> <p>Transporte (vehículos)</p> <p>Gastos generales</p>		<p><b>Fuentes de Ingresos</b></p> <p>Fondos concursables</p> <p>Financiamientos con instrumentos públicos (subsidios u otros)</p> <p>Financiamiento a través de programas de mejoramiento de barrios (PMB)</p>		

Fuente: Elaboración propia, en base a modelo Canvas.

## **1.7. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA**

Para este proyecto es necesario tener en consideración tanto la tecnología disponible en el mercado como la normativa vigente que limita el uso de esta.

En este punto es necesario revisar la Ley 21.075 ya que en esta se ven todos los requisitos necesarios para poder optar a la construcción de un sistema de recolección y reutilización de aguas grises.

Al ser un proyecto de mayor envergadura se necesita considerar que debe ser construida una planta de tratamiento de aguas grises, por lo tanto, debe incluir bombas, motores, controladores, tanques sépticos, decantadores, filtros UV, etc.

## **1.8. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS**

A continuación, se definirán los objetivos generales y específicos del proyecto a realizar.

### **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Diseñar un sistema de recolección y tratamiento de aguas grises destinados a viviendas tipo social para regadío y mantención de áreas verdes.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Elaborar un diagnóstico del estado actual de la asignación de viviendas sociales en Chile y sus características.
- ✓ Identificar requisitos establecidos en las normas vigentes para la reutilización de aguas grises.
- ✓ Analizar variables de cálculo que permitan establecer parámetros de diseño para plantas de tratamiento de aguas grises.
- ✓ Diseñar planta recolectora y tratadora de aguas grises.

## **CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE Y DISEÑO CONCEPTUAL**

## 2. **ESTADO DEL ARTE Y DISEÑO CONCEPTUAL**

En esta sección se expondrán tanto las restricciones y obligaciones legales necesarias para el desarrollo del producto, como las definiciones de usuario/cliente, cuantificación del mercado, análisis y definiciones del producto y sus características.

### 2.1. **RESTRICCIONES Y OBLIGACIONES LEGALES Y AMBIENTALES**

En esta sección, se expondrán las normativas y/o leyes que regulan el desarrollo de sistemas de reutilización de aguas grises y sus usos permitidos.

#### 2.1.1. Ley 21.075: Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises<sup>4</sup>

Esta Ley fue promulgada el 1 de febrero de 2018 y publicada en Diario Oficial el 15 de febrero del mismo año, fecha en la que entra en vigencia.

Tiene por objeto regular la recolección y disposición de las aguas servidas domésticas, en las áreas urbanas y rurales, con el propósito de ahorrar y reutilizar el vital elemento.

En este sentido, establece la recolección y tratamiento de aguas grises, en las áreas urbanas y rurales, para fines de interés público en el riego de áreas verdes, parques o centros deportivos públicos.

En este contexto es relevante lo señalado en su artículo 2, en el que se entregan diversas definiciones importantes de considerar para este estudio:

a) "*Aguas grises*": *aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras.*

b) "*Aguas grises tratadas*": *aquellas que se han sometido a los procesos de tratamiento requeridos para el uso previsto.*

...

h) "*Planta de tratamiento de aguas grises*": *instalaciones y equipamiento destinados al proceso de depuración de éstas, con el objeto de alcanzar los estándares exigidos para su reutilización.*

---

<sup>4</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1115066>

...

k) *"Reutilización de aguas grises": la aplicación de aquellas, una vez que se han sometido al tratamiento exigido para el uso autorizado.*

ñ) *"Sistemas de reutilización de aguas grises domiciliarios colectivos": aquellos en que se aprovechan estas aguas que se producen y tratan al interior de un edificio o conjunto de edificaciones que conforman un condominio o comunidad.*

Por otra parte, el artículo 3 de la Ley se refiere a los requisitos del proyecto para ser aprobado por la autoridad correspondiente, mientras que el artículo 4 señala los aspectos que serán considerados en la resolución respectiva. A saber:

Los siguientes artículos de esta Ley se refieren a los Titulares de los proyectos de reutilización de aguas grises, los usos que podrán darse a estas aguas y los órganos del Estado con competencia en el tema.

Respecto de los usos que pueden darse a las aguas grises tratadas, la ley considera:

- Urbanos, tales como riego de jardines.
- Recreativos, riego de áreas verdes, campos deportivos, etc.
- Ornamentales, que corresponden a aquellas áreas verdes sin acceso al público.
- Industriales, procesos industriales no destinados a productos alimenticios.
- Ambientales, usos que contribuyen a la conservación ambiental.

En el artículo 9 se entrega un listado de usos prohibidos para las aguas grises tratadas.

Finalmente, la ley específica que corresponderá a la autoridad sanitaria y a la Superintendencia de Servicios Sanitarios la fiscalización de los dispuesto en la ley.

#### 2.1.2. NCh1333.Of78: Requisitos de calidad del agua para diferentes usos

Esta Norma fue declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N°867 de fecha 15 de junio de 1978 del Ministerio de Obras Públicas y publicado en Diario Oficial el 5 de julio del mismo año, fecha en que entra en vigencia. Esta Norma posteriormente fue modificada a través de Decreto N°105 del 8 de mayo de 1987 publicada en Diario Oficial del 6 de mayo de 1987.

Esta Norma especifica criterios de calidad físicos, químicos y biológicos orientados a proteger y preservar la calidad de las aguas según los usos a los cuales se destinen.

La Norma en su punto 6 especifica los requisitos que deben cumplir las aguas destinadas a riego.

**Requisitos químicos:**

El agua debe tener un pH entre 5,5 y 9,0

Además, en la Tabla 1 de la norma se presentan los valores máximos permitidos de algunos elementos químicos en agua de riego, mientras que en la Tabla 2 se entrega la clasificación de las aguas según su salinidad (Ver Anexo A).

**Requisitos bacteriológicos:**

Respecto del contenido de coliformes fecales, la norma señala que el contenido máximo en agua de riego destinada al cultivo de verduras y frutas a ras de suelo es de 1.000 CF/100 ml.

2.1.3. Reglamento sobre condiciones básicas para reutilización de aguas grises

Tal como se indica en el artículo 3 de la Ley 21075, el Ministerio de Salud debe dictar un reglamento que contenga las condiciones que deben cumplir los sistemas de reutilización de aguas grises, los requisitos que deben incluir las solicitudes de aprobación de los proyectos y el destino que puede darse a las aguas tratadas.

Actualmente se cuenta con un proyecto de Reglamento que, si bien aún no se ha promulgado, establece condiciones que deben considerarse en este estudio.

El Reglamento en su Título I establece condiciones generales, que son:

- Para los sistemas de reutilización de aguas servidas sólo se podrá incorporar las aguas residuales generadas en lavamanos, duchas, tinas y lavadoras de ropa.
- Los sistemas deberán ser diseñados por un profesional ingeniero y ser aprobados por la Secretaría Regional Ministerial de Salud (SEREMI),
- Los contenidos del proyecto del sistema de reutilización deberán ser: memoria técnica y planos, calidad del agua sin tratar, cálculo del volumen de producción del sistema para un periodo determinado, manual de operación del sistema, definición de los parámetros de control del sistema, entre otros.
- Se estipula que previo al funcionamiento del sistema de reutilización de aguas grises, se deberá contar con autorización sanitaria otorgada por la SEREMI de Salud correspondiente.
- Finalmente establece que se debe garantizar que se minimizará la exposición de la comunidad a las aguas en las diferentes etapas del proceso de tratamiento y reutilización.

**El Título II del Reglamento** se refiere al diseño de sistemas de reutilización de aguas grises, señalando lo siguiente:

- El diseño debe considerar descargas de aguas grises con y sin tratamiento al alcantarillado, de manera de ser posible desviar las aguas a la red pública en caso de requerirse.
- El sistema diseñado para conducción y reutilización de las aguas grises debe ser independiente de la red de agua potable y del sistema de recolección de aguas lluvias.
- Las tuberías de recolección de las aguas grises, así como las de distribución de las aguas tratadas deberán ser de color morado.
- La planta de tratamiento puede incluir un estanque de acumulación para amortiguar las variaciones de caudal durante el día.
- La planta debe contar con elementos de protección para evitar el contacto con las personas.
- Los estanques de almacenamiento deben tener un letrero visible que se éstos contienen aguas grises y no potable.
- Las aguas grises tratadas no deberán almacenarse por tiempos superiores a 48 horas.

En el **artículo 35 del Reglamento** se establecen los requisitos de calidad de las aguas para su reutilización en diferentes usos, los que se presentan en la Tablas 2-1 siguiente:

Tabla 2-1. Requisitos de calidad de las aguas para su reutilización.

Parámetro	Unidad	Límite Máximo			
		Usos urbanos	Riego áreas recreativas		Riego ornamental
			superficial	subsuperficial	
DBO <sub>5</sub>	mg/l	10	30	240	70
SST	mg/l	10	30	140	70
Coliformes fecales	UFC/100ml	10	200	1000	1000
Turbiedad	UNT	5	10	---	30
Cloro libre residual	mg/l	$0,5 \leq X \leq 2$	$0,5 \leq X \leq 2$	---	---

Fuente: Reglamento sobre Condiciones Básicas para la Reutilización de Aguas Grises, Tablas N°1, 2 y 3

#### 2.1.4. Conclusiones

El sistema de reutilización de aguas grises considerado para este estudio tiene como finalidad el uso de las aguas tratadas para riego de tipo ornamental, por lo que para el diseño se utilizará los requisitos señalados en la Tabla 2-1 precedente, del proyecto de Reglamento sobre Condiciones Básicas para la Reutilización de Aguas Grises.

El diseño se centrará en la unidad de tratamiento y estanques de acumulación y distribución, siendo los sistemas de recolección de aguas grises y de distribución de las aguas tratadas (tuberías) sólo a nivel conceptual.

## 2.2. DEFINICIÓN DEL MERCADO

Para este proyecto es importante diferenciar quiénes son los clientes y quiénes los usuarios del sistema de reutilización de las aguas grises. En este caso, el cliente corresponde a los agentes del estado, quienes ejecutan los proyectos habitacionales de tipo social (en este caso SERVIU); los usuarios son las personas beneficiadas con estos recursos del estado para adquisición de viviendas.

### 2.2.1. Usuario

El usuario objetivo de este proyecto son aquellas personas que soliciten subsidios habitacionales (MINVU) del tipo *Subsidio para construir vivienda DS49* y *Subsidio para comprar una vivienda construida de hasta 950 UF DS49*, los cuales son beneficios que permiten la compra de viviendas sin deuda hipotecaria.

Para optar a estos beneficios del estado, el usuario debe cumplir algunos requisitos, que se diferencian de la siguiente manera<sup>5</sup>:

- Subsidio para comprar una vivienda construida de hasta 950 UF DS49
  - Inscripción en Registro Social de Hogares (RSH) en el tramo de vulnerabilidad hasta el 40%.
  - Pueden postular sólo grupos familiares o adultos mayores, viudos/as o personas con discapacidad (acreditada por COMPIN), personas pertenecientes a etnias o reconocidas en el informe Valech.
  - Cuenta de ahorro para la vivienda con un ahorro mínimo de 10 UF.
- Subsidio para construir vivienda DS49
  - Inscripción en Registro Social de Hogares (RSH) en el tramo de vulnerabilidad hasta el 40%. Se exceptúan postulaciones colectivas con el 70% de integrantes perteneciente al 40% más vulnerable y postulaciones individuales en sitio propio hasta el 50% de vulnerabilidad.
  - Pueden postular sólo grupos familiares o adultos mayores, viudos/as o personas con discapacidad (acreditada por COMPIN), personas pertenecientes a etnias o reconocidas en el informe Valech.
  - Cuenta de ahorro para la vivienda con un ahorro mínimo de 10 UF. En postulaciones colectivas, para personas por sobre el 40% de vulnerabilidad debe ser de 15 UF.

### 2.2.2. Ciente

A principios de 2020, el gobierno de Sebastián Piñera anunció una inyección de US\$ 475 millones para la construcción de viviendas e infraestructura urbana para beneficiar a más de 60 mil familias y generar nuevos empleos. Con esta inversión también se busca desarrollar 10 mil viviendas del Programa de Integración Social y Territorial e

---

<sup>5</sup> <https://www.minvu.cl/beneficio/vivienda/subsidio-para-comprar-una-vivienda-construida-de-hasta-950-uf-ds49/>  
<https://www.minvu.cl/beneficio/vivienda/subsidio-para-adquirir-una-vivienda-construida-de-hasta-950-uf-ds49/>

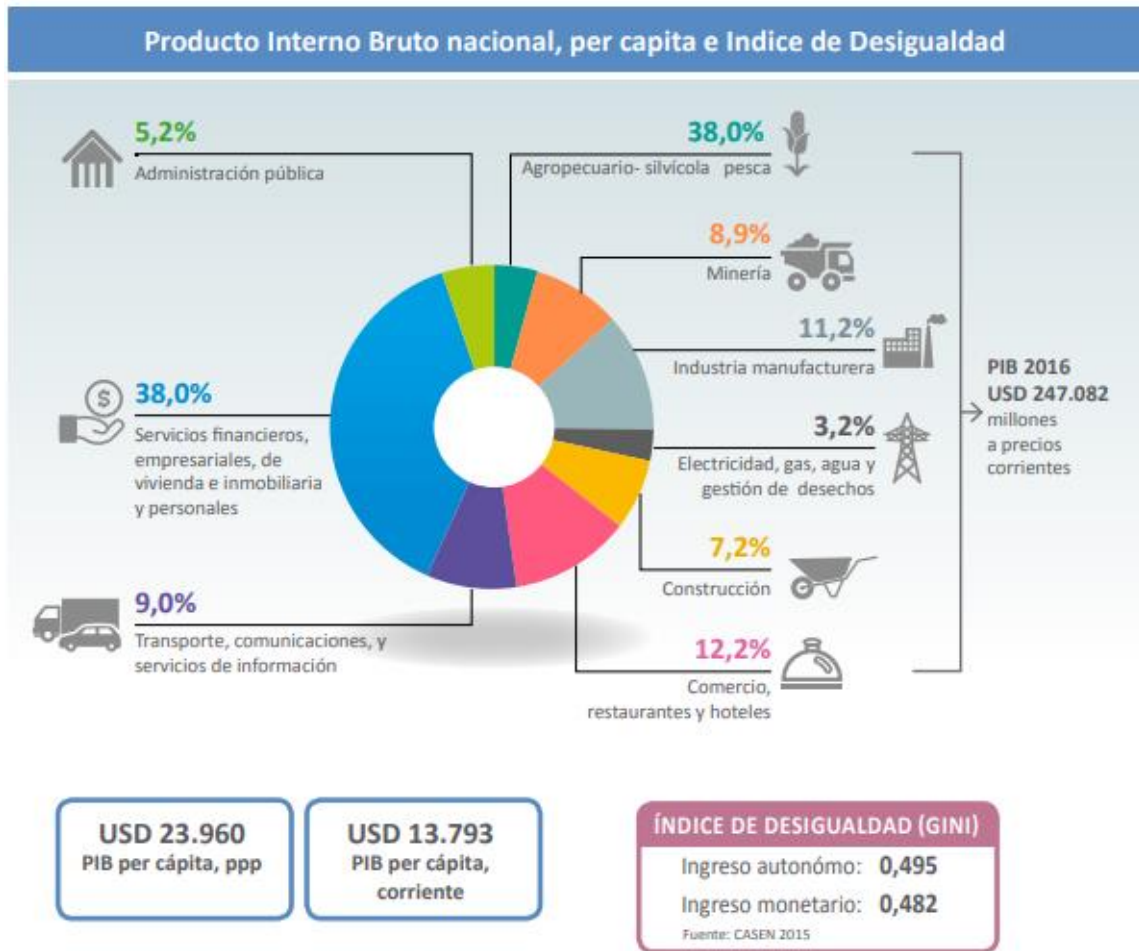
incorporar 5 mil unidades para el Fondo Solidario de Elección de Viviendas y contar con un total de más de 130 mil viviendas construidas con inversión estatal durante el período 2019-2020.

Dependiendo del subsidio que se opte (en este caso, *Subsidio para construir vivienda DS49* y *Subsidio para comprar una vivienda construida de hasta 950 UF DS49*) los aportes del estado están compuestos por subsidios base de 314 UF pudiendo aumentar según la ubicación geográfica de la vivienda y subsidios complementarios que dependen de las características del grupo familiar y la vivienda que se espera comprar).

### **2.3. CUANTIFICACIÓN DEL MERCADO**

Para la cuantificación del mercado es importante revisar el Registro Social de Hogares lo que permite tener una visión más detallada de cuánto es el alcance real del proyecto.

En la Figura 2-1 siguiente se presenta el Producto Interno Bruto nacional, Per Cápita e Índice de Desigualdad.



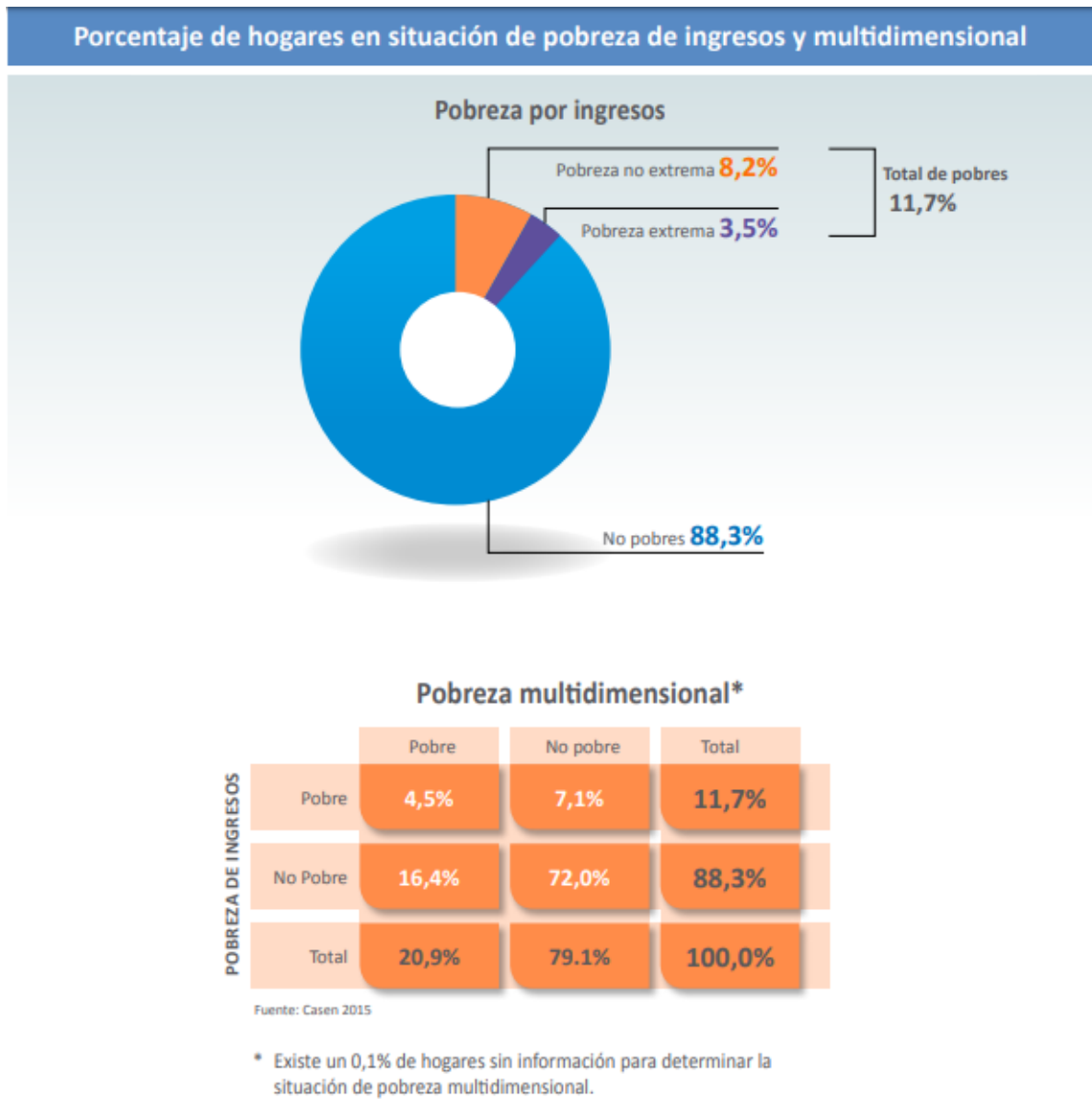
Fuente: Banco Mundial para PIB, PIB per cápita en USD corrientes y PIB per cápita en ppp. Banco Central de Chile para estimaciones de la distribución del PIB por sectores económicos.

Fuente: Registro social de hogares, Ministerio de Desarrollo Social (2018).

Figura 2-1. Producto interno bruto nacional, per cápita e índice de desigualdad.

En relación al PIB, 38% de éste viene de servicios financieros, empresariales, de vivienda e inmobiliaria y personales.

Por otra parte, según el Censo del 2015, un 11,7% de los hogares chilenos están en una situación de pobreza, lo que puede observarse en la Figura 2-2 siguiente.



Fuente: Registro social de hogares, Ministerio de Desarrollo Social (2018).

Figura 2-2. Porcentaje de hogares en situación de pobreza.

En la cuenta pública del año 2019 del MINVU, se estableció que durante el año 2018 se inició la ejecución de más de 28.804 viviendas sociales y se habrían aprobado 146 proyectos en todo el país (24.840 viviendas) las cuales comenzaron sus obras durante el primer semestre del año 2019.

### 2.3.1. Registro social de hogares

El registro social de hogares (vigente desde el 2016) tiene como enfoque principal el índice de vulnerabilidad e inferencia de ingresos. Se califica a través del cálculo de ingresos y evaluación de medios de vulnerabilidad.

Toda la información recolectada se obtiene a través de visitas a domicilio y actualizaciones en línea auto reportados y datos administrativos, estos datos son responsabilidad de los municipios comunales y deben ser administrados, supervisados y controlados por el Ministerio de Desarrollo Social.

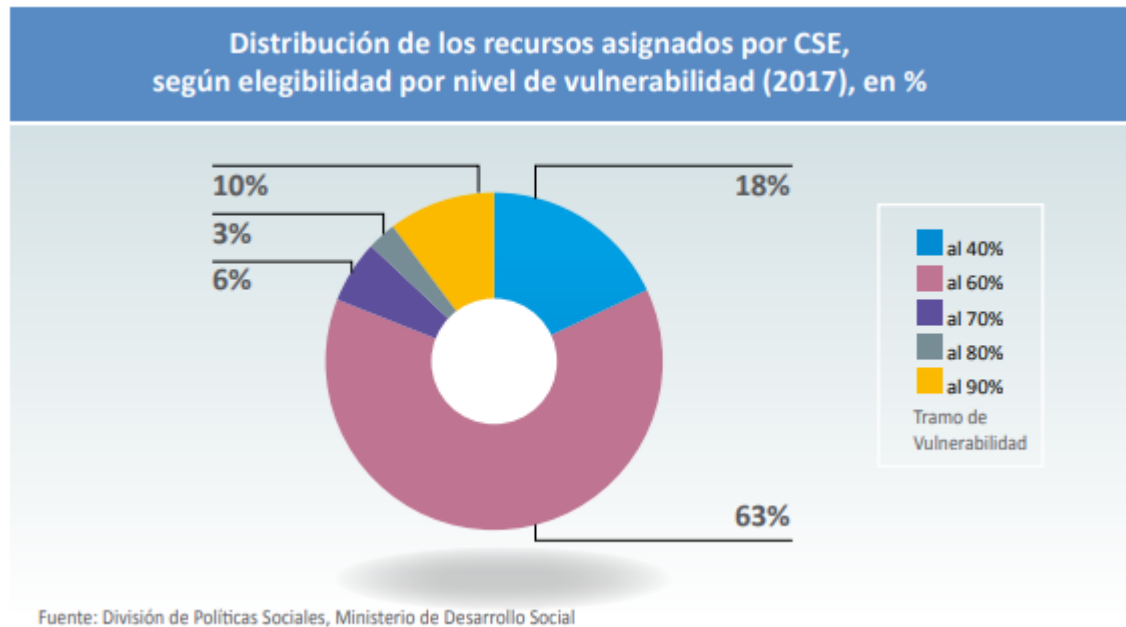
La calificación socioeconómica (CSE) que entrega el RSH ubica a cada hogar un determinado tramo de ingresos y vulnerabilidad como se indica en la Tabla 2-2 a continuación:

Tabla 2-2. Tramos de calificación socioeconómica y su descripción.

Tramo	Percentil	Descripción de la CSE
Tramo del 40	0%-40%	Hogares que pertenecen al 40% de los hogares de menores ingresos o mayor vulnerabilidad socioeconómica
Tramo del 50	41%-50%	Hogares que están entre el 41% y el 50% de los hogares de menores ingresos o mayor vulnerabilidad socioeconómica
Tramo del 60	51%-60%	Hogares que están entre el 51% y el 60% de los hogares de menores ingresos o mayor vulnerabilidad socioeconómica
Tramo del 70	61%-70%	Hogares que están entre el 61% y el 70% de los hogares de menores ingresos o mayor vulnerabilidad socioeconómica
Tramo del 80	71%-80%	Hogares que están entre el 71% y el 80% de los hogares de menores ingresos o mayor vulnerabilidad socioeconómica
Tramo del 90	81%-90%	Hogares que están entre el 81% y el 90% de los hogares de menores ingresos o mayor vulnerabilidad socioeconómica
Tramo del 100	91%-100%	Hogares que están entre el 91% y el 100% de los hogares de menores ingresos o mayor vulnerabilidad socioeconómica

Fuente: Registro Social de Hogares (2018).

A continuación, en la Figura 2-3 se puede apreciar que un 18% de los recursos públicos son asignados por Calificación Socioeconómica al 40% más vulnerable, y un 63% hasta el tramo del 60%.



Fuente: Registro Social de Hogares (2018).

Figura 2-3. Distribución de los recursos asignados por CSE.

Un 74,7% de los recursos asignados a estos grupos corresponden a transferencias y subsidios (RSH, 2018).

Para finalizar, en 2018 se estimó que la incidencia de pobreza multidimensional abarcaba a 2.940.275 personas, y por ingresos a 937.670 personas (Informe de Desarrollo Social, 2018)

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años se han ejecutado la construcción de aproximadamente 24.800 viviendas sociales a lo largo de todo el país.

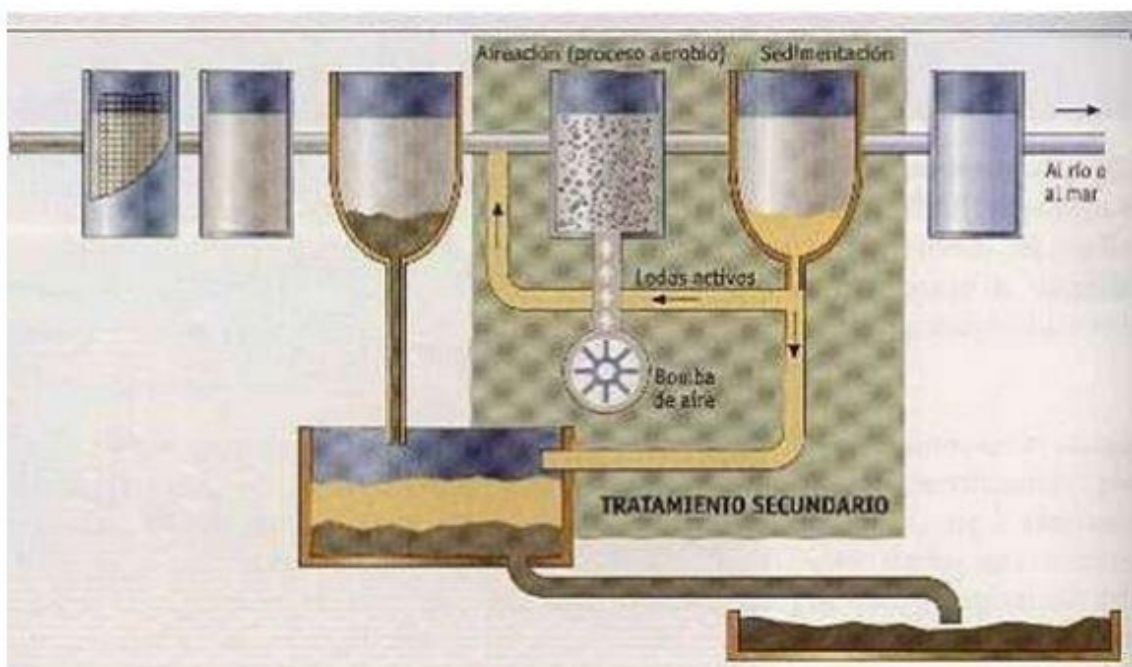
#### **2.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DEL PRODUCTO**

El objetivo fundamental del producto es tratar las aguas grises producidas en el complejo habitacional de manera de poder reutilizarlas en el riego de áreas verdes de tipo ornamental.

Los objetivos cualitativos del “producto” están directamente relacionados con las normativas vigentes que regulan el diseño y funcionamiento de sistemas de recolección y reutilización de aguas grises.

- Generar un sistema que conduzca independientemente las aguas grises diferenciándolas de las aguas negras para su posterior tratamiento.
- Lograr que el sistema mantenga operativa una conexión a un servicio público de recolección de aguas servidas o un sistema particular de aguas servidas que permita la evacuación en caso de falla, emergencia u otras situaciones en que no se requiera la reutilización.
- Definir parámetros de control del sistema de tratamiento que permita verificar y monitorear su adecuado funcionamiento.
- Contar con elementos con la capacidad adecuada para mantener volúmenes de agua para el correcto funcionamiento del sistema de reúso proyectado

En la Figura 2-4 siguiente se muestra un Sistema Típico de tratamiento de aguas residuales en base a Lodos Activados.



Fuente: <https://blog.condorchem.com/>

Figura 2-4. Sistema de reactor biológico.

## 2.5. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN FUNCIONAL

Para el análisis y definición funcional es necesario, en primera instancia, precisar algunos conceptos relativos a las aguas residuales y sistemas de tratamiento de éstas.

### 2.5.1. Origen y características de las aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas aguas que, fruto de su utilización por el hombre, ya sea a nivel doméstico o industrial, contienen una gran cantidad de sustancias (químicas, biológicas), que son nocivas o dañinas para el ser humano e incluso para otras formas de vida.

Las aguas residuales pueden tener diversos orígenes, entre los que se cuentan: origen doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo, entre otras, los cuales determinan las características que estas aguas puedan tener. Se clasifican, en general, de la siguiente manera:

- **Agua Residual Doméstica:** Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales. Estas, además, se pueden subdividir en:
  - **Aguas Negras:** Se caracterizan por ser Aguas que son transportadas de la orina y lo proveniente del inodoro.
  - **Aguas Grises:** Se caracterizan por ser Aguas jabonosas las cuales pueden contener grasas, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora.
- **Agua Residual Municipal o Urbana:** Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de un conglomerado urbano; de lo cual tiene actividades domésticas e industriales, transportadas por una red de alcantarillado.
- **Aguas Lluvias:** Estas aguas se caracterizan por ser originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias las cuales fluyen por los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Dentro de las aguas lluvias se pueden determinar que los primeros flujos que se obtienen son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie.
- **Residuos Líquidos Industriales:** Estas aguas se caracterizan por ser provenientes de los diferentes procesos industriales, por lo cual su composición varía según el tipo de proceso industrial y aún para un mismo proceso industrial, así mismo se puede determinar sus características diferentes en industrias diferentes.
- **Aguas Residuales Agrícolas:** Estas aguas se caracterizan por ser las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas y se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión.

Los componentes de las aguas residuales pueden ser físicos, químicos y biológicos.

- Físicos: Los componentes físicos de las aguas residuales son el color, el olor, los sólidos y la temperatura.
- Químicos: Los componentes químicos más comunes en las aguas residuales son orgánicos (carbohidratos, grasas animales, aceites, pesticidas, fenoles, proteínas, contaminantes prioritarios, agentes tensoactivos, compuestos orgánicos volátiles, etc.); inorgánicos (alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, PH, fósforo, contaminantes prioritarios y azufre); gases (sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno).
- Microbiológicos: Los componentes microbiológicos más habituales en las aguas residuales son bacterias, virus y protozoos.

#### 2.5.2. Caracterización de aguas residuales

Para determinar la calidad de las aguas existen una serie de parámetros que tienen relación con los componentes físicos, químicos y biológicos indicados precedentemente. Los parámetros más típicos analizados en las aguas residuales son los siguientes:

**Turbiedad:** Mide las propiedades de dispersión de la luz en aguas, lo que se correlaciona con la cantidad de sólidos suspendidos que contiene.

**Conductividad eléctrica (CE):** es la capacidad de una solución acuosa de transportar una corriente eléctrica. Por lo tanto, es un indicador del contenido de sales disueltas o de minerales del agua (mineralización).

**Materia orgánica:** corresponde a residuos de diversos productos de origen orgánico, es decir, que están compuestos principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno.

**Oxígeno disuelto:** concentración de oxígeno que se encuentra en el agua, su valor da cuenta del grado de contaminación de éstas.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es otra forma de medir la materia orgánica del agua, que da cuenta de la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos presentes en ésta para degradar la materia orgánica. Se calcula usualmente haciendo un cultivo durante 5 días (DBO5) y se mide la cantidad de oxígeno consumida en el periodo.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** También es una forma de medición de la cantidad de materia orgánica presente en el agua. Mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido pero en condiciones de oxidación química de la materia presente en el agua.

Se pueden utilizar diferentes agentes químicos, como el dicromato potásico o el permanganato potásico.

**Sólidos:** La materia orgánica presente en las aguas se presenta en forma de sólidos, los que pueden ser de diversos tipos. En general, para aguas residuales, normalmente se miden los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Disueltos Totales (SDT). Dentro de los sólidos suspendidos también hay una fracción decantable correspondiente a los Sólidos Sedimentables (SSed).

**pH:** es una medida del grado de acidez de las aguas. Para el tratamiento de aguas con microorganismos es recomendable un pH entre 6,5 y 8,5 unidades.

**Nitrógeno:** este elemento es un nutriente esencial para las algas y microorganismos que intervienen en la depuración de las aguas. Puede presentarse en forma de nitrógeno orgánico (Nitrógeno Kjeldahl), amoniacal y también como nitritos y nitratos.

**Fósforo:** este elemento es un nutriente esencial para el crecimiento microbiano. Concentraciones elevadas de fósforo pueden, sin embargo, causar problemas de eutrofización en los cuerpos de agua (lagunas, embalses, etc.), lo que corresponde a un crecimiento desmesurado de algas que generan un déficit de oxígeno disuelto acompañado de malos olores.

**Coliformes totales y fecales:** son un grupo de microorganismos que normalmente se utilizan como indicadores de contaminación tanto alimentaria como de las aguas. Se hayan usualmente en el suelo y plantas (Coliformes totales) como también en los intestinos de animales y humanos (Coliformes fecales).

## 2.6. DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Las características del “producto” están dadas por el Reglamento de Aguas Grises, que en su Título II se refiere a las características que debe considerar el diseño de los sistemas de tratamiento:

En términos generales, el sistema completo de tratamiento debe ser diseñado acorde al origen y calidad de las aguas grises, y a la calidad que debe alcanzar según el uso previsto.

- 1) En relación a los estanques de almacenamiento, el Artículo 21 señala:
  - Deben tener la capacidad para mantener volúmenes de agua que permitan el buen funcionamiento del sistema.
  - Deben contar con tapas que impidan el ingreso de vectores.
  - Los ductos de ventilación deben estar protegidos contra el ingreso de vectores. Para estanques dentro de una edificación, el ducto de ventilación debe evacuar los gases hacia el exterior.
  - Contar con desagüe de fondo hacia el sistema de alcantarillado.
  - Tener acceso al agua potable para realizar su limpieza.
  
- 2) En relación a sistema de riego
  - Considerar inyección de agua a 15 cm de profundidad desde la superficie del suelo, como mínimo.
  - Establecer la demanda de agua de riego para no generar escurrimientos ni aposamientos en otros sectores.

Sin perjuicio de lo señalado en el punto 2 precedente, cabe recordar que este proyecto se centra en el diseño del sistema de tratamiento y estanques de almacenamiento y distribución y no en el diseño del sistema de riego, el cual se aborda de manera conceptual.

## **2.7. DISEÑO CONCEPTUAL PRELIMINAR**

En el siguiente diagrama, se presenta el proceso general de recuperación y reutilización de aguas, este está particularmente hecho para aguas servidas, sin embargo, es posible adaptarlos para un sistema de aguas grises, cambiando los rendimientos y requisitos bioquímicos.

En la Figura 2-5 se muestra un diagrama general de sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales.

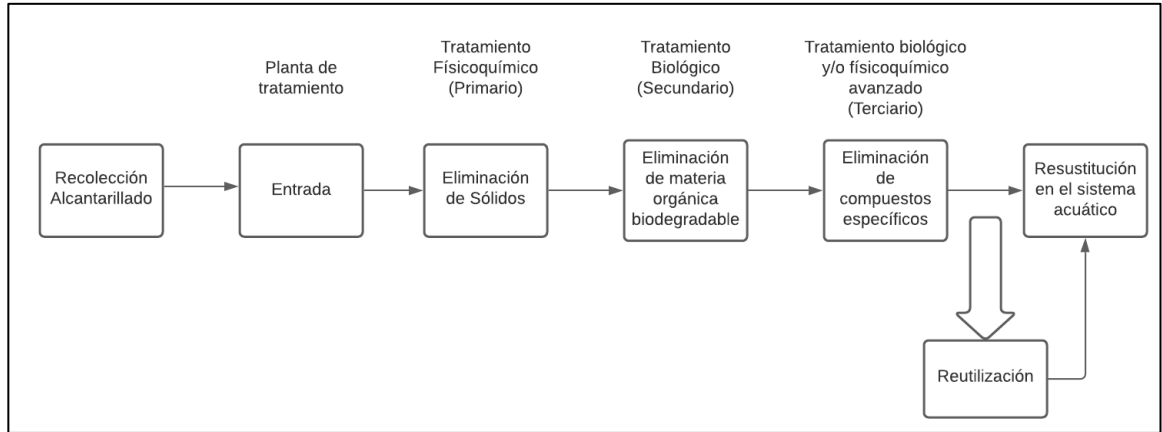


Figura 2-5. Diagrama general del proceso.

## 2.8. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

La definición del producto en términos de rendimiento estará dada por los parámetros considerados para la caracterización de las aguas grises crudas y los correspondientes para las aguas tratadas.

### 2.8.1. Caracterización de aguas grises

Las aguas grises contienen menor cantidad de nutrientes y patógenos que las aguas servidas (o negras), esto principalmente por no incluir las aguas provenientes de los inodoros, por lo mismo, no contienen materia fecal.

De acuerdo a su proveniencia y características generales, las aguas grises se clasifican como de baja carga, las que provienen de duchas, tinas y lavatorios; de media carga, las que provienen de las lavadoras; y de alta carga, las que provienen de la cocina y lavavajillas.

Las aguas grises contienen contaminantes microbiológicos y químicos similares a los de las aguas servidas, los que deben ser tratados previo a su reutilización.

En la Tabla 2-3 siguiente, se muestra una caracterización tipo de Aguas Grises, según diversas fuentes internacionales.

Tabla 2-3. Caracterización de aguas grises según diversas fuentes.

Parámetros	Unidades	Promedio	Valor Mínimo	Valor Máximo
CE	dS/m		0,33	1,48
SST	mg/l	77,0	20	1500
SDT	mg/l		420	1700
Turbiedad	UNT	100	20	200
DBO <sub>5</sub>	mg/l	158,2	26	550
DQO	mg/l	515,8	77	1135
Fósforo (P)	mg/l	3,3	0,28	27,3
Nitrógeno total	mg/l	10,2	1,7	50
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l	10,7	0,6	50
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/l	4,1	0	11,5
pH	mg/l	7,0	5	8,7
Coliformes totales	UFC/100ml	3x10 <sup>6</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>7</sup>
Coliformes fecales	UFC/100ml		10 <sup>2</sup>	8,03*10 <sup>7</sup>

Fuente: Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile. Franco, Verónica. 2007  
[http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104596/franco\\_m.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104596/franco_m.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

El nitrógeno proviene fundamentalmente de los restos de comida arrastrados por las aguas de lavaplatos, sin embargo, es mucho menor a la concentración que se presenta en aguas negras. Por su parte el fósforo deriva de los productos de limpieza y detergentes.

Por otra parte, los coliformes presentes son indicadores de cierta contaminación fecal proveniente de residuos de alimentos contaminados como de ropa en la las lavadoras.

Según datos reportados en Revista de AIDIS Chile (Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental) de Julio de 2017, las aguas grises tienen características que se muestran en la Tabla 2-4 siguiente:

Tabla 2-4. Composición característica de aguas grises.

Parámetro	Unidad	Rango en Aguas Grises
Sólidos suspendidos	mg/l	45 - 330
Turbiedad	NTU	22 - 200
DBO <sub>5</sub>	mg/l	90 - 290
Nitrato	mg/l	<0,1 - 0,8
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/m	325 - 1.140
Sodio	mg/l	29 - 230

Fuente: Revista AIDIS Chile.

Mientras que su contenido de Coliformes fecales estaría en los rangos presentados en la Tabla 2-5, según su origen.

Tabla 2-5. Coliformes fecales en aguas grises según artefacto sanitario.

Referencia	Artefacto generador	Concentración de CF (ufc/10 ml)
Nolde (1999)	Tina, ducha y lavadoras de ropa (con ropa de niños)	$10^4 - 10^6$
Jepperson and Solly	Tina y ducha	$6 \times 10^3$
Water CASA (2003)	Máquina lavadora de ropa, lavamanos, ducha y lavaplatos	$3,44 \times 10^6$
Water CASA (2003)	Máquinas lavadoras de ropa (con ropa de niño)	$2,6 \times 10^4 - 8,45 \times 10^5$
Water CASA (2003)	Máquinas lavadoras de ropa (sin ropa de niño)	$7 \times 10^1 - 2,9 \times 10^4$
Christova – Boal et al (1996)	Ducha y lavamanos	$1,52 \times 10^2 - 3,5 \times 10^4$
Feachem et al (1983)	Tina y ducha	$10^1 - 5 \times 10^3$

Fuente: Revista AIDIS Chile.

En general se considera que las aguas grises tienen un contenido de coliformes del orden de  $10^3 - 10^4$  ufc/100 ml.

### 2.8.2. Características aguas grises para el diseño

Para efecto del diseño se considerará una caracterización de las aguas grises generadas de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2-6 siguiente:

Tabla 2-6. Características aguas grises para el diseño.

Parámetro	Unidad	Concentración
DBO <sub>5</sub>	mg/l	160
SST	mg/l	200
Coliformes fecales	UFC/100ml	$10^4$
Turbiedad	UNT	100

Fuente: Elaboración propia, considerando los valores promedio indicados en Tablas anteriores.

### 2.8.3. Eficiencia del proceso

La eficiencia del proceso de tratamiento, consistente en lodos activados más desinfección UV es el presentado en la Tabla 2-7 a continuación:

Tabla 2-7. Eficiencia del proceso.

Parámetro	Unidad	% Eficiencia
DBO <sub>5</sub>	mg/l	85% - 95%
SST	mg/l	80% - 90%
Coliformes fecales	UFC/100ml	99%
Turbiedad	UNT	85% - 95%

Fuente: Elaboración propia, basado en información de Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater engineering,

Treatment Reuse

De acuerdo a lo anterior y, considerando la caracterización de las aguas establecidas para el diseño, luego del tratamiento se obtendrán aguas con las características indicadas en la Tabla 2-8 presentada a continuación:

Tabla 2-8. Caracterización de las aguas tratadas.

Parámetro	Unidad	Concentración
DBO <sub>5</sub>	mg/l	8 - 24
SST	mg/l	20 - 40
Coliformes fecales	UFC/100ml	10 <sup>2</sup>
Turbiedad	UNT	5 - 15

Fuente: Elaboración propia, aplicando los porcentajes de eficiencia de los procesos.

Respecto del rendimiento del proceso en cuanto al caudal, el sistema trabaja en régimen estacionario, en donde lo que entra es igual a lo que sale del sistema, por lo tanto, la producción de las aguas tratadas es igual al caudal de aguas residuales que entran al sistema de tratamiento.

## **CAPÍTULO 3: DISEÑO DE INGENIERÍA**

### 3. DISEÑO DE INGENIERÍA

Este capítulo tiene como finalidad determinar el proceso de diseño de ingeniería del producto, considerando el desarrollo de partes y componentes, diseño conceptual 3D, definición de procesos, layout ideal y definiciones de procesos de manufactura.

#### 3.1. DESARROLLO DE PIEZAS, PARTES Y COMPONENTES

Para efectos de establecer las partes y componentes del “producto” se debe primero indicar las características del tratamiento que debe aplicarse a las aguas residuales.

##### 3.1.1 Etapas del tratamiento de aguas residuales

Los procesos de tratamiento de aguas residuales se clasifican en: Pretratamiento, Tratamiento primario, secundario y terciario.

**Pretratamiento:** Es un proceso de remoción de los sólidos flotantes de mayor tamaño, arenas y grasas presentes en las aguas residuales. El pretratamiento considera procesos tales como: desbaste (sistemas de rejillas gruesas y finas, filtros de diámetro medio), desarenadores, desengrasadores.

**Tratamiento Primario:** Este proceso está orientado a disminuir la carga orgánica de las aguas residuales, bajando de un 30 a un 60% la DBO inicial (sedimentadores).

**Tratamiento Secundario:** Consiste en un **proceso biológico** en el cual el material orgánico se convierte en células o tejido celular y otra diversidad de productos como CO<sub>2</sub>. Este tratamiento llega a remover de un 80 a 95% la DBO. Posterior al tratamiento biológico se incorpora un sedimentador secundario.

**Tratamiento Terciario:** Es un proceso biológico adicional, que no siempre se incorpora, orientado a remover nitrógeno y fósforo, los que en altas concentraciones son los causantes de la eutrofización en lagos y lagunas. Si las aguas residuales tratadas se emplean en riego o en industrias, no es necesario un tratamiento terciario.

**Desinfección:** Considerado como un tratamiento terciario, el propósito es reducir substancialmente el número de organismos vivos, que será descargada. La efectividad de este proceso dependerá de la calidad del agua tratada y del tipo de desinfección que se aplique. Los más comunes son: cloración, radiación UV, Ozonación.

### 3.1.2 Sistemas de tratamiento biológico

Los objetivos del tratamiento biológico son tres:

- *reducir el contenido en materia orgánica de las aguas,*
- *reducir su contenido en nutrientes, y*
- *eliminar los patógenos y parásitos.*

Estos objetivos pueden lograrse a través de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes tipos de bacterias.

La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (Nitrógeno y Fósforo).

En el tratamiento de aguas residuales de tipo biológico existen algunos tipos de sistemas tales como:

- **Sistemas aerobios:** Los sistemas aeróbicos aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar materia orgánica disueltos en el agua residual para su propio crecimiento, en presencia de oxígeno, que actuará como aceptor de electrones en el proceso de oxidación de la materia orgánica.
- **Sistemas anaerobios:** En este caso el aceptor final puede ser el CO<sub>2</sub> o una parte de la misma materia orgánica, obteniéndose como producto Metano (gas combustible).
- **Sistemas anóxicos:** Se denominan así los sistemas en los que el aceptor de electrones es el nitrato.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, existe una gran variedad de formas de operar de estos sistemas, que dependen de las características del agua, de la carga orgánica presente en las aguas residuales, así como de los volúmenes a tratar y, por último, de los usos que se quiera dar a las aguas tratadas.

Los sistemas aeróbicos son los más ampliamente utilizados en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Básicamente, existen dos tipos de tratamiento biológico aerobio:

- Procesos de cultivo en suspensión (lodos activados).
- Procesos de cultivo fijo (lechos bacterianos).

### 3.1.3 Tratamiento de las aguas grises

Los procesos de tratamiento de las aguas grises son básicamente los mismos considerados para las aguas servidas.

En este caso en particular, el sistema se diseñará para el tratamiento de aguas grises provenientes de lavamanos, lavaplatos y duchas, por lo que la cantidad de sólidos relevantes, en cuanto a tamaño, será menor a la de las aguas servidas comunes, razón por la que se contempla la aplicación de un tratamiento preliminar fusionado con tratamiento primario, que se traduce en la incorporación de una reja (filtro) gruesa y una reja fina, para luego pasar a una cámara desgrasadora que a su vez actúa como sedimentador.

Posteriormente, se considera un tratamiento secundario en base a lodos activados junto a un sedimentador secundario, que tiene recirculación de lodos para mantener el sistema biológico.

Dado que las aguas tratadas se utilizarán para riego de áreas verdes, no se ha considerado tratamiento terciario biológico, sino que sólo se contempla desinfección, la que se hará a través de Radiación UV. Dado que este sistema mejora su eficiencia con aguas con bajo nivel de Sólidos en Suspensión, previo al ingreso al sistema se incluirá un filtro de membrana de PVDF.

### 3.1.4 Criterios de diseño

Para el diseño del sistema de tratamiento se ha considerado un complejo de 4 edificios de 4 pisos cada uno, con 2 departamentos por piso, como se establece en la Tabla 3-1.

Para el cálculo se ha considerado una dotación de agua potable por habitante de 120 L/día, valor que usualmente se considera en el diseño de sistemas de abastecimiento para poblaciones de nivel socio económico medio-bajo<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Ing. Marisa Pérez Arenas, Michell Consultores (entrevista personal), Viña del Mar, 15/10/2020.

Tabla 3-1. Cálculo de caudal.

Dotación de agua potable	120	L/hab/día
N° de hab por vivienda	5	
Viviendas conjunto habitacional	32	
Consumo diario AP TOTAL	19.200	L/día
Factor de recuperación de agua potable consumida*	0,8	
% de aguas grises en las aguas residuales	60	%
<b>Total aguas grises</b>	<b>9.216</b>	<b>L/día</b>
	384	L/hr
	0,107	L/s

Fuente: Elaboración propia.

\*Se considera que el 80% del agua utilizada va a dar finalmente al sistema de alcantarillado.

El consumo de agua potable y, por tanto, la generación de aguas residuales domésticas, no es constante durante el día, dado que existen horas punta de consumo, comúnmente entre las 6 y 8 AM (hora en que el mayor consumo corresponde a duchas), y luego entre las 12 y 3 de la tarde, correspondiente a la hora en que se cocina el almuerzo y luego el lavado de platos.

Por lo anterior, previo al sistema de tratamiento se contempla la incorporación de un estanque de regulación de 10 m<sup>3</sup>, que permitirá regular el flujo hacia el sistema de tratamiento y, a la vez, una capacidad de acumulación de las aguas grises de poco más de 1 día.

A la salida del estanque de acumulación también se contempla una tubería de conexión directa al alcantarillado de aguas servidas, que permitirá poder derivar las aguas en caso que se produzca alguna falla o taponeo del sistema de tratamiento.

Por otra parte, se incluye al final del sistema de tratamiento, luego de la desinfección, un estanque de acumulación de 5 m<sup>3</sup> que permita mantener las aguas tratadas previo a su utilización en riego de las áreas verdes del complejo habitacional. Desde este mismo estanque, además, se tiene una tubería que permite desaguar hacia el sistema de alcantarillado de aguas servidas.

El sistema de tratamiento preliminar-primario y secundario se ubicará en un estanque con las siguientes dimensiones, Largo: 6 metros, Ancho: 1,4 metros y Alto: 1,4 metros. Su aspecto y dimensiones son muy similares a las plantas compactas que existen en el mercado para estos fines, las que normalmente consisten en una especie de “caja negra” en la que entra el flujo de aguas residuales y luego salen las aguas tratadas, sin tener ninguna posibilidad de acceder a los procesos internos, y sólo la empresa que los representa puede hacer la mantención y arreglo en caso de cualquier desperfecto, por mínimo que éste sea. En este caso, se ha considerado recipientes con “tapa” que permiten acceder a realizar limpieza, mantención y verificación en caso de cualquier desperfecto.

### 3.1.5 Sistema de tratamiento considerado

Considerando en el punto precedente, el sistema de tratamiento a diseñar estará constituido por los procesos y elementos indicados en la Figura 3-1.

Para el sistema de pre tratamiento, se incluirá rejillas de separación gruesas y finas, preferentemente de acero inoxidable (AISI 304).

El tratamiento secundario, corresponde al sistema de lodos activados que considera reactor biológico y sedimentación secundaria; la zona de reactor biológico contará con un soplador que consiste en un compresor de aireación y un filtro de membrana hidrofílica de PVDF. Para la recirculación de lodos desde la sedimentación secundaria al reactor biológico se incluirá una bomba interna.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-1. Diagrama del sistema.

Este sistema recolecta aguas grises del conjunto habitacional que luego son llevados a un estanque de regulación de 10 m<sup>3</sup>, en la tubería de recolección, previo al ingreso a este estanque, se ubicará una válvula que permitirá la desviación de este flujo hacia el alcantarillado dando la posibilidad de eliminar estas aguas si no fuese requerido el uso del sistema.

El estanque de regulación permitirá generar un flujo de agua (caudal) constante hacia la “planta compacta”, teniendo para ello una válvula de regulación para asegurar un paso constante hacia el sistema. Adicionalmente, en esta tubería estaría insertada la primera reja gruesa de “filtro”, que se hará cargo de retener cualquier sólido o elemento que pudiera obstruir o contaminar el sistema.

El estanque de tratamiento consta de 3 zonas, que corresponden a: sedimentador primario, tratamiento biológico y sedimentador secundario.

Al ingresar al estanque de tratamiento, el agua pasará por un segundo “filtro” que corresponde a una rejilla fina, encargada de retener sólidos de menor tamaño que no pudieron ser eliminados por el primer paso. Este estará ubicado a la entrada de la planta compacta.

Luego, el agua previamente filtrada, pasará por una zona de sedimentación en donde además se elimina las grasas que pudiera contener. El proceso de sedimentación

será por gravedad y el desgrasado ocurrirá por las distintas densidades entre aceites, grasa con respecto a la densidad del agua.

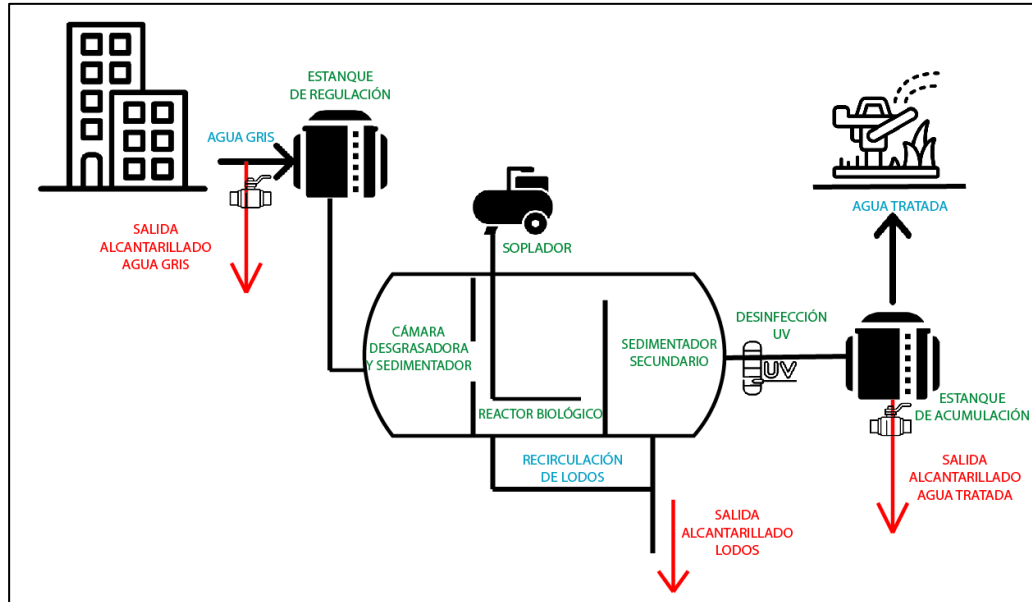
Pasado el sistema desgrasador y sedimentador, el agua pretratada entrará a un reactor biológico, este funciona por un sistema de lodo activado. Para que esto sea posible es necesario agregar un soplador, que permitirá el ingreso de oxígeno necesario para permitir que las bacterias propias de las aguas residuales puedan degradar la materia orgánica presente en éstas, purificando las aguas. Las aguas tratadas de esta manera pasan a una zona de sedimentación secundaria, en donde sedimentarán los lodos producidos con el tratamiento biológico, separándose de las aguas tratadas. Parte de los lodos generados deben recircularse a la zona de reactor biológico para mantener la biomasa del sistema de tratamiento; para esto, se contempla una salida por el costado con una tubería separada en dos ramas con una reducción de diámetro, una parte de estos lodos será recirculada y la otra será enviada al alcantarillado.

Finalizado este proceso, el agua tratada saldrá por un filtro de membrana, el cual será el encargado de retener cualquier partícula que pudiera estar aún presente, mientras que las aguas pasan por un sistema de desinfección UV, donde se eliminarán los patógenos presentes.

Finalmente, el agua desinfectada será conducida por una bomba al estanque de acumulación ubicado en mayor altura en comparación al resto del sistema. Este estanque permitirá guardar el agua tratada para posterior regadío. Tendrá presente una válvula de salida al alcantarillado para eliminar estas aguas si es que no son utilizadas.

Posteriormente, el agua tratada podrá ser utilizada y es llevada por gravedad hasta el sistema de regadío.

El proceso completo desde la recolección hasta la utilización se representa en la Figura 3-2.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-2. Representación gráfica del sistema.

### 3.2. ANÁLISIS TÉCNICO Y ESTRUCTURAL

Se realizó un análisis de esfuerzo para la estructura principal del sistema, el estanque de 9.000 litros fabricado con Polietileno LLDPE cuyo módulo de elasticidad fluctúa entre 0,621 – 0,896 GPa, su punto de fusión son los 110°C.

Posee una buena resistencia a la tracción, es de bajo costo y consta de muy baja absorción de agua.

En el análisis de esfuerzos, se sometió el modelo a una simulación de carga completa del estanque (9.000 litros), lo que corresponde a una fuerza de aproximada de 89.000 N como se muestra en la Figura 3-3, el esfuerzo máximo es de 16,42 MPa, según criterio de Von Mises, donde:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad \text{Fórmula 3-1.}$$

Siendo  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ , las tensiones principales.

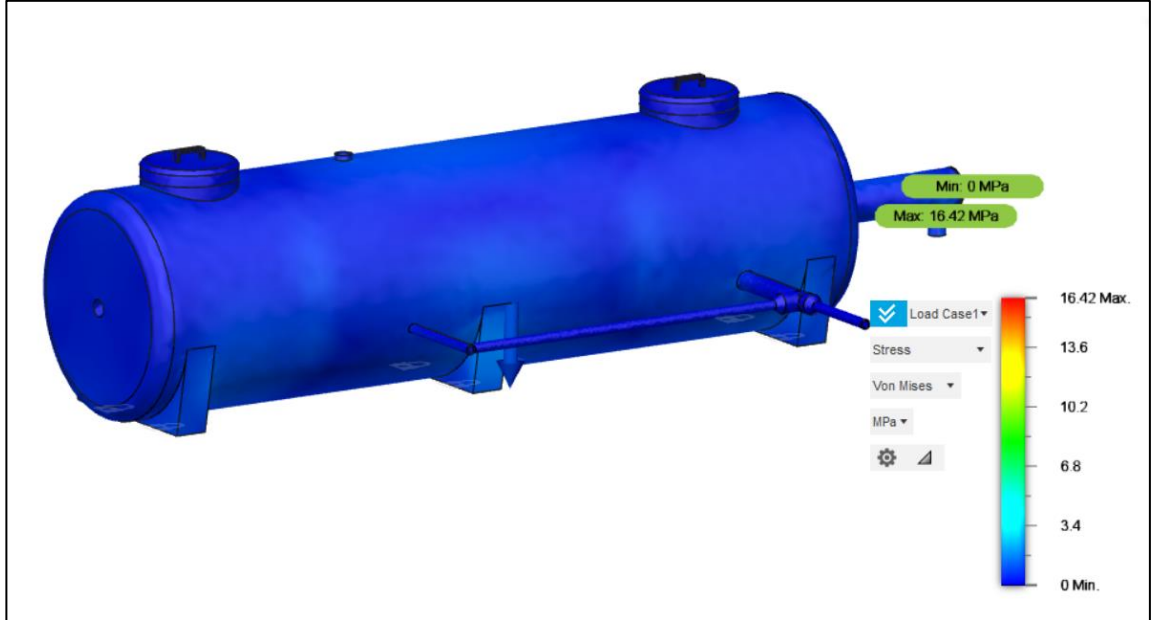


Figura 3-3. Análisis de esfuerzo Von Mises.

Comparando el límite de fluencia del material y el resultado de simulación nos da que el sistema no presentaría fallas por esfuerzo, lo que nos lleva al factor de seguridad presentado en la Figura 3-4. El factor de seguridad está dado por la siguiente fórmula:

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{VM}} \quad \text{Fórmula 3-2.}$$

Donde el factor de seguridad corresponde a división del límite de fluencia del material ( $\sigma_y$ ) y el esfuerzo de Von Mises ( $\sigma_{VM}$ ).

El resultado del análisis arroja como resultado que el mayor factor de seguridad del modelo es 15 y el mínimo es de 12,61. Lo que nos dice que el sistema no tendría problemas para resistir a esfuerzos.

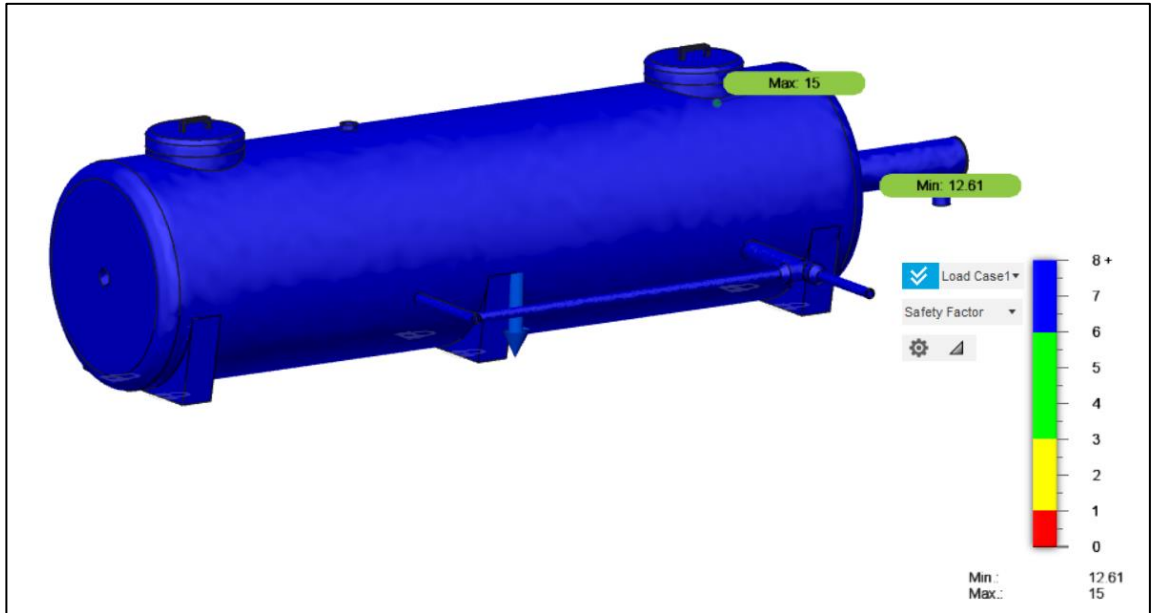


Figura 3-4. Factor de seguridad.

### 3.3. DISEÑO EN BASE DE MODELOS 3D

A continuación, se muestran las distintas vistas del diseño del sistema a base modelos tridimensionales.

En la Figura 3-5, se puede ver el sistema completo del reactor biológico, que cuenta con la salida de lodos activados que son tanto recirculados como desechados. También cuenta con sistema de aireación y dos tapas que serán utilizadas para la mantención del sistema internamente.

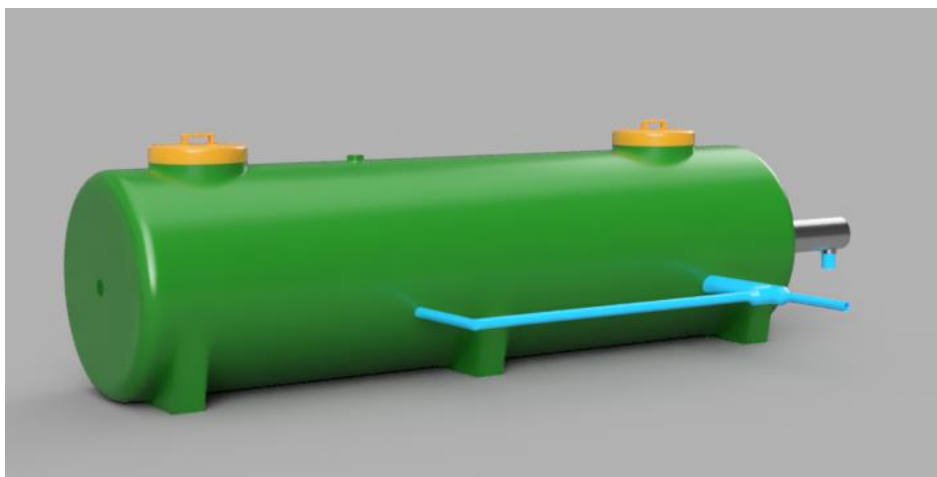


Figura 3-5. Planta compacta de polietileno lineal.

En la Figura 3-6, se aprecia el sistema de desinfección UV. Este cuenta con un espacio intermedio que contiene el agua que pasa del reactor biológico al sistema de desinfección donde el agua es expuesta a la luz UV.

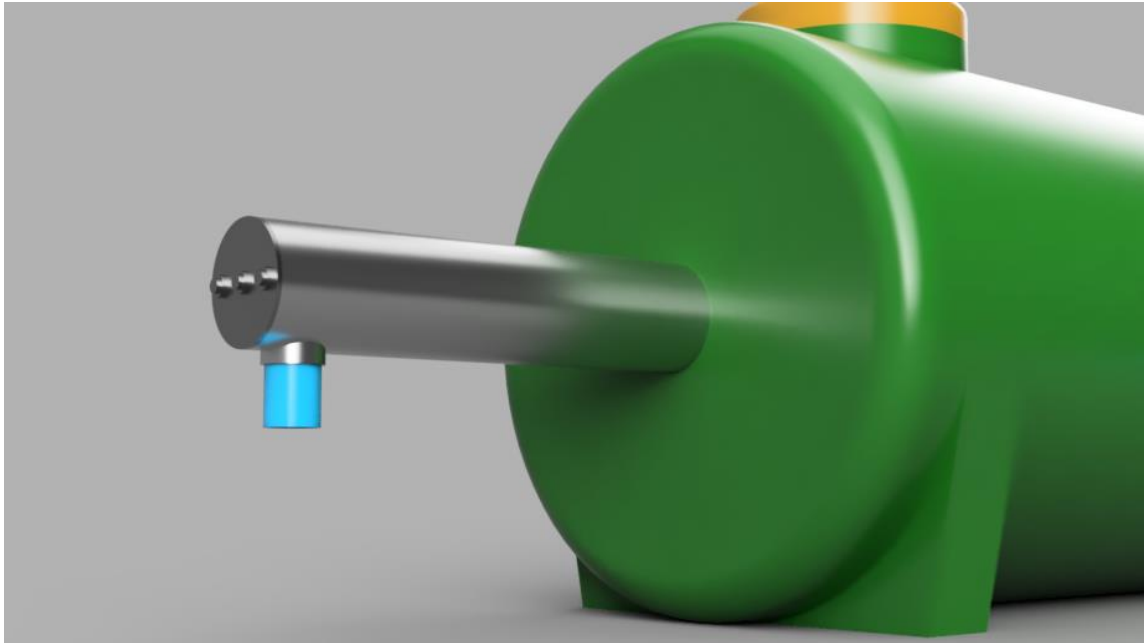


Figura 3-6. Sistema de desinfección UV.

La Figura 3-7 muestra el sistema de recirculación de lodos activados que es vital para la mantención de la biomasa interna, permitiendo mantener el rendimiento del sistema.

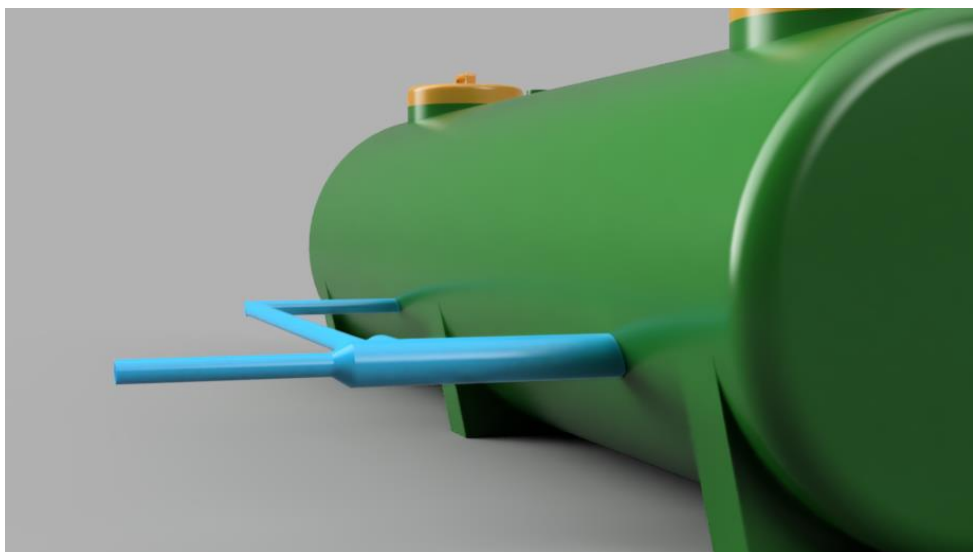


Figura 3-7. Sistema de recirculación de lodos activados.

En la Figura 3-8, se representa el “filtro” de rejilla de acero inoxidable, que va inserta en la abertura que conecta el estanque de regulación.

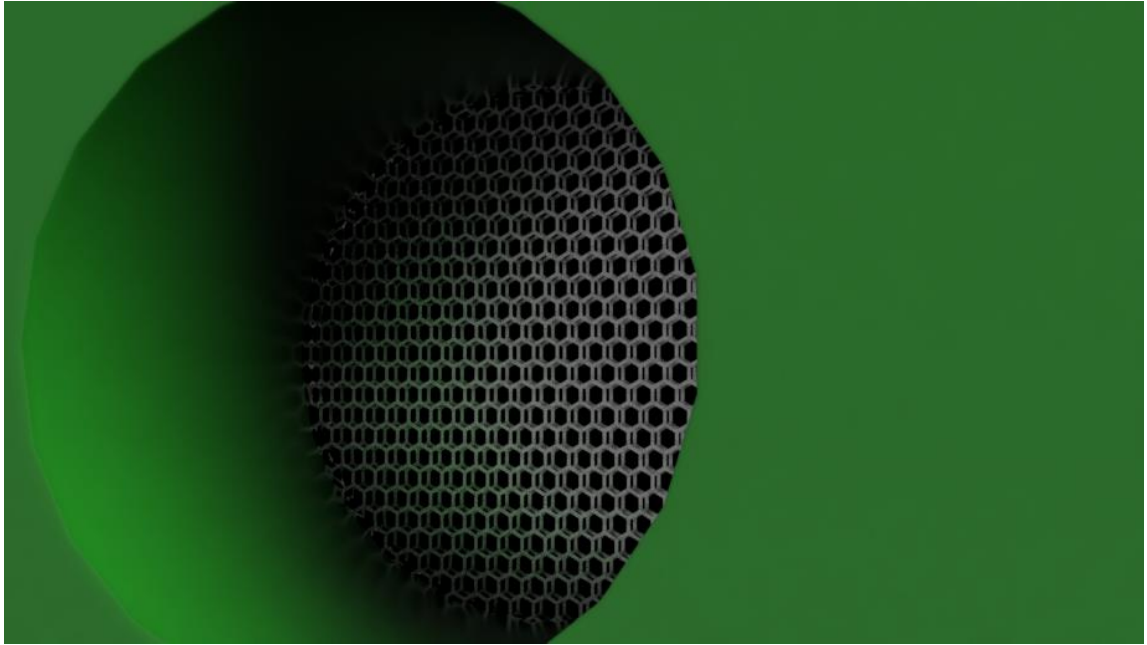


Figura 3-8. Rejilla fina de acero inoxidable.

La Figura 3-9 muestra el filtro de membrana que va inserto en la salida del reactor biológico, este irá conectado al sistema de desinfección UV.

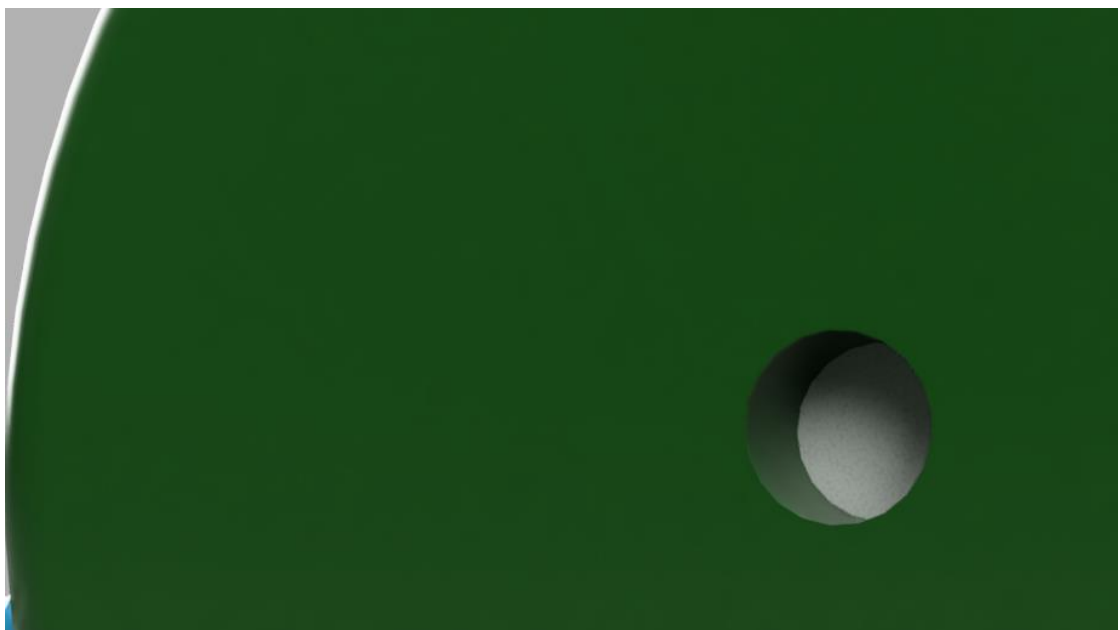


Figura 3-9. Filtro de membrana de PVDF.

La Figura 3-10 es la representación del sistema en su interior, donde se aprecian las separaciones de la cámara desgrasadora y el reactor biológico.

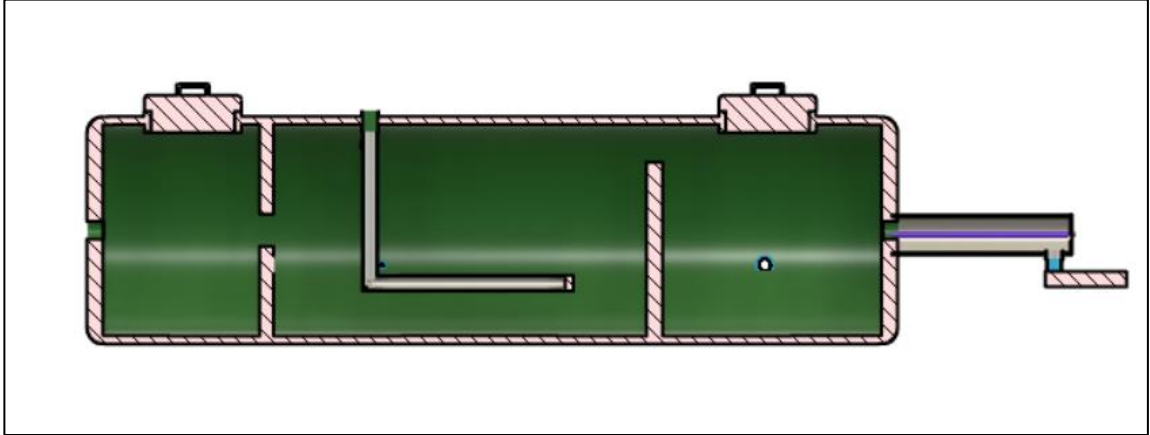


Figura 3-10. Vista interna del sistema.

Finalmente, la Figura 3-11 representa las conexiones vía tuberías del sistema completo, desde el estanque de regulación hasta el estanque de acumulación.

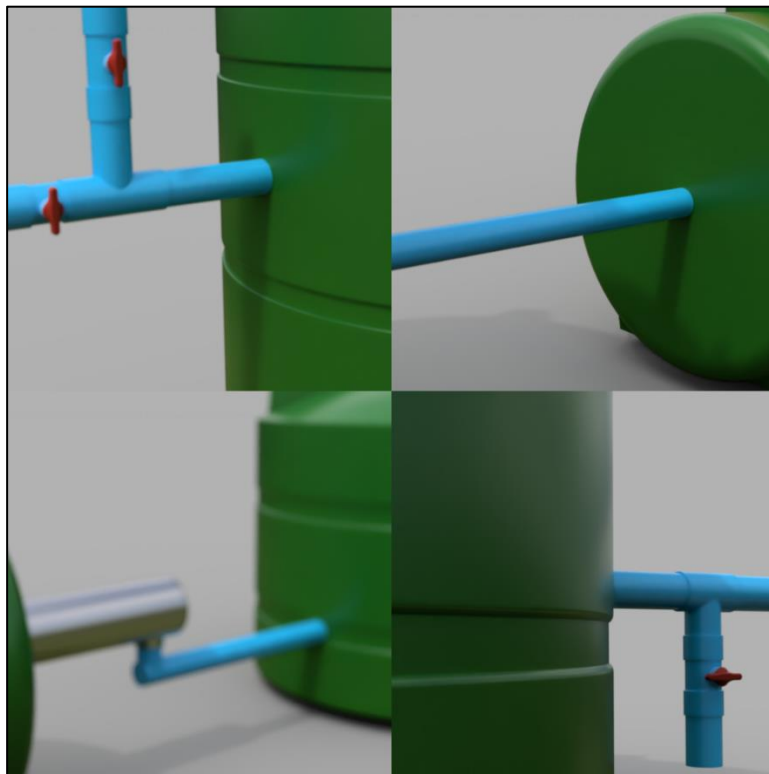


Figura 3-11. Conexiones de tuberías

### 3.4. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA

Dentro del sistema existen varios componentes que pueden ser comprados a productores externos por lo que solo es necesario fijarse en la manufactura del estanque de la planta compacta, el cual será fabricado a través de **rotomoldeo**.

#### 3.3.1 Proceso de rotomoldeo

Consiste en un método para transformar plásticos (polímeros), que se encuentran en polvo para obtener artículos huecos.

En este proceso se vierte el polímero frío, líquido o en polvo, en la mitad de un molde también en frío. El molde es cerrado y se introduce a un horno donde se hace rotar en torno a 2 ejes.

Cuando la superficie metálica del molde se calienta lo suficiente, el polímero comienza a fundirse y se adhiere a las paredes internas del molde, este se va fundiendo en capas debido a la rotación de sus dos ejes.

Una vez fundido y adherido completamente al interior del molde, puede comenzar el enfriamiento mientras continua la rotación. Ya solidificado el plástico, se procede a retirar la pieza fabricada.

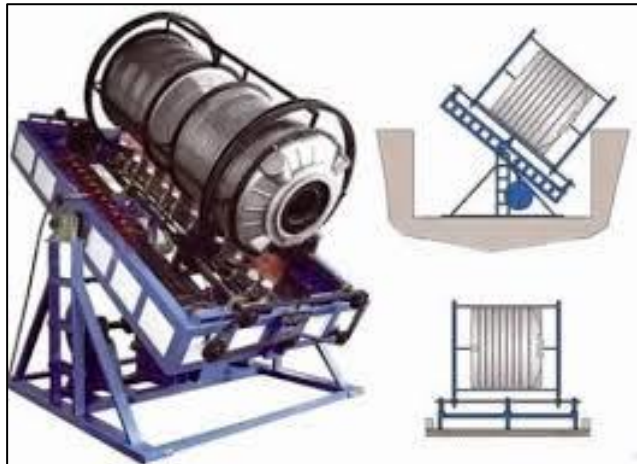
Este proceso puede fabricar una amplia variedad de artículos y en general consisten en productos huecos que pueden ser abiertos o cerrados y hasta con paredes múltiples.

Algunas ventajas de este proceso es que las máquinas y moldes son simples y relativamente de bajo costo. Además, en un mismo equipo e incluso en un mismo ciclo se puede trabajar con moldes de distinto tamaño y formas permitiendo una planificación de producción flexible.

#### 3.3.2 Máquinas

Las primeras máquinas de rotomoldeo utilizaban un sistema de vaivén y se denominan de tipo “Rock and Roll”, que se muestra en la Figura 3-12. En estas se produce un giro completo alrededor de uno de los ejes mientras que el sistema se coloca sobre el otro eje y hace que el molde gire hasta 45°, lo que provoca el movimiento de vaivén. Estas aún se aplican para la producción de artículos de gran tamaño en los que el giro completo resulta complicado alrededor de dos ejes.

Las máquinas modernas pueden realizar la rotación completa.

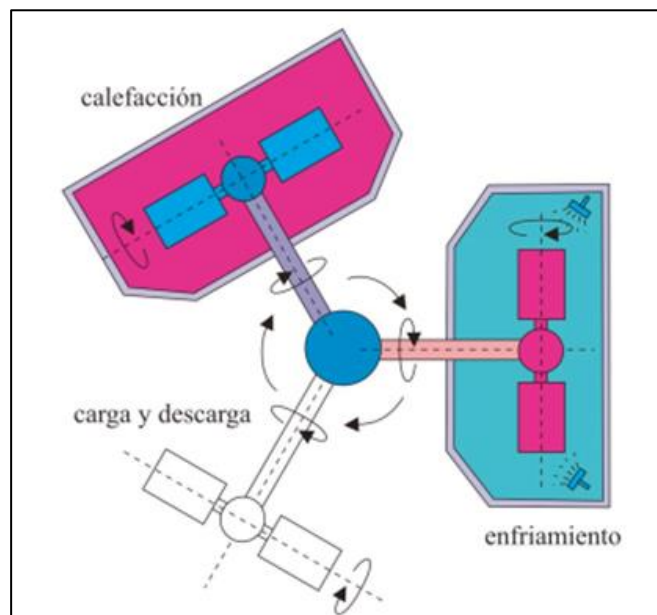


Fuente: <http://www.sdzhongtian.net>

Figura 3-12. Máquina rock and roll.

Las máquinas más corrientes en la actualidad son las de tipo carrusel (Figura 3-13), ya que son altamente productivas y de bajo mantenimiento.

Estas constan de tres brazos fijos y tres estaciones, lo que hace que sus brazos puedan girar en  $120^\circ$  para desplazarse. Son empleadas en ciclos de horno donde el calentamiento y enfriamiento tienen duraciones similares, y cuando la carga y descarga puedan ser fácilmente manipulada.



Fuente: <http://inforotomoldeo.blogspot.com>

Figura 3-13. Máquina tipo carrusel.

### 3.3.3 Moldes

Los moldes deben tener las siguientes características:

- Deben estar fabricados con materiales de buena conductividad térmica para que el calor se transfiera fácilmente al plástico
- Deben contar con la suficiente resistencia mecánica para no deformarse durante ciclos de calentamiento y enfriamiento sometidos
- Ambas partes del molde deben tener un sistema de cierre firme pero de fácil apertura
- Deben ser montados sobre el brazo de forma que no impida la circulación de aire alrededor
- Deben tener un respiradero para mantener la presión del molde igual a la atmosférica.

### 3.3.4 Etapas del proceso

**Etapas de Inducción:** Etapa donde el molde con el material se introduce en un horno que calienta la superficie. Cuando comienza el movimiento del molde, el polvo que se encuentra en las paredes de éste gira a su misma velocidad, la capa de polvo en contacto irá ascendiendo arrastrado por la pared y luego caerá en la zona central por gravedad.

**Etapas de Sinterización:** Durante este proceso se desarrollan interfases entre las partículas adyacentes del polímero que van creciendo para formar puentes entre ellas. La disminución en el área superficial de las partículas implica la disminución de energía superficial, por lo tanto, la tensión superficial es la fuerza impulsora de este proceso.

**Etapas de densificación:** El material sinterizado formará una película fundida que recubre el molde. En el interior del material hay burbujas de aires atrapadas consecuencia de la sinterización. En esta etapa la pieza se mantiene en el horno para eliminar las burbujas hasta obtener un fundido homogéneo.

**Etapas de enfriamiento y cristalización:** Durante la primera etapa de enfriamiento el material se encuentra fundido, después del proceso de cristalización el proceso de enfriamiento continúa hasta que el polímero haya adquirido suficiente consistencia para ser extraído.

### 3.5. DEFINICIÓN DE PROCESO IDEAL

Ya que la mayoría de los componentes son comprados, el único proceso considerar sería el rotomoldeo del estanque, cuyo diagrama de proceso se muestra en la Figura 3-14 siguiente:



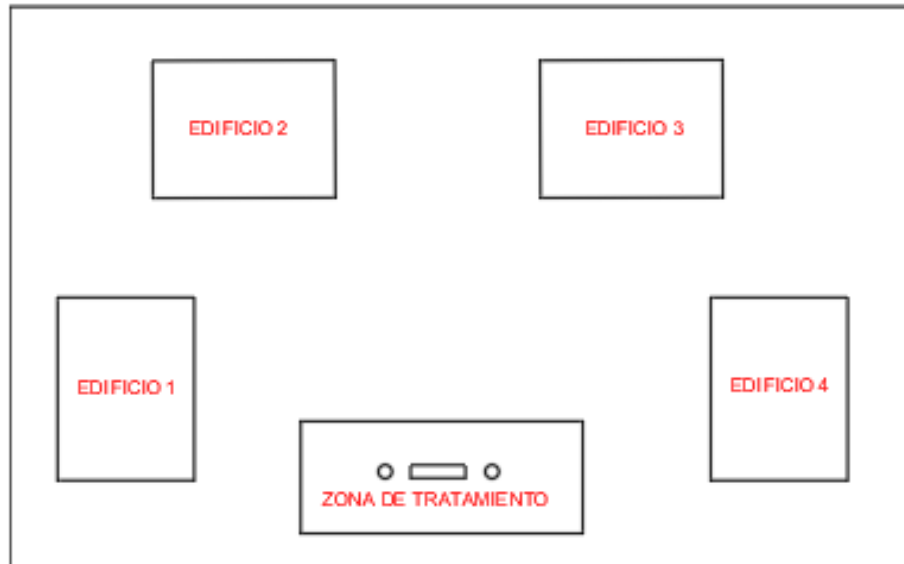
Figura 3-14. Diagrama de proceso de rotomoldeo.

### 3.6. DEFINICIÓN DE LAYOUT IDEAL

El layout ideal para este sistema se muestra en la Figura 3-15, donde se representa el conjunto habitacional considerado y la ubicación del sistema respecto a estos.

La distribución considera 3 edificaciones en un conjunto habitacional, cada una de estas consta de 4 pisos y 2 departamentos por cada nivel. Esta distribución fue la establecida para el cálculo de caudal para el diseño del sistema, lo que da un total de 32 departamentos en total, sin embargo, la distribución de estas 32 viviendas puede variar según el diseño arquitectónico del proyecto habitacional.

Es probable que no todos estos proyectos tengan la misma distribución, pero se puede volver a hacer un cálculo de caudal para cualquier tipo de condominio que requiera de este sistema.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-15. Layout.

➤ Proceso de instalación en terreno

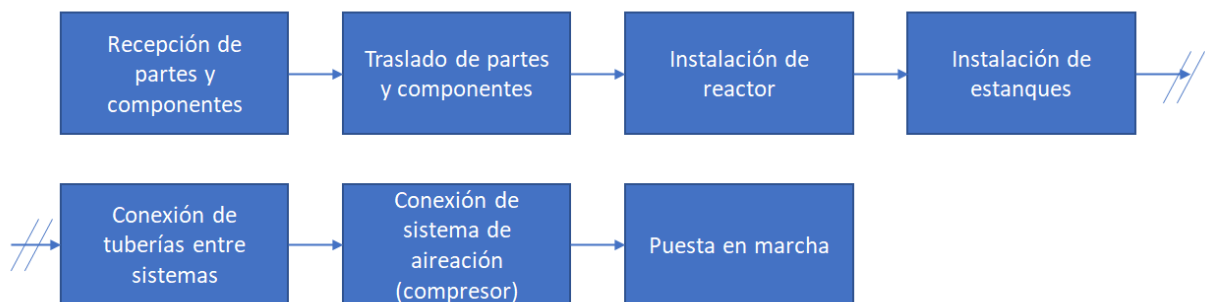


Figura 3-16. Diagrama proceso de instalación del sistema

El proceso de instalación del sistema (Figura 3-16) comienza en el recinto de la empresa, recepcionando las partes y componentes de la planta. Una vez recibidos, se procede al traslado a terreno para su posterior instalación. Este proceso debe realizarse en coordinación con la empresa constructora de las viviendas de manera que ellos tengan preparado el sector en donde se instalará el sistema, así como los cierros o rejas que se incluirán para protección de la planta. Los estanques de acumulación deben instalarse sobre un radier de tamaño tal que permita su contención. Los componentes del sistema de tratamiento propiamente tal, se instala sobre un lecho de grava de unos 40 cm de espesor,

lo que permite también absorber la vibración que pueda generar el sistema. Posteriormente se unen las diferentes piezas en el terreno a través de las tuberías de conexión, lo que puede observarse en la Figura 3-17 siguiente.

Finalmente se conecta el sistema de aireación correspondiente al compresor, que actuará como soplador ingresando el oxígeno necesario para el tratamiento.

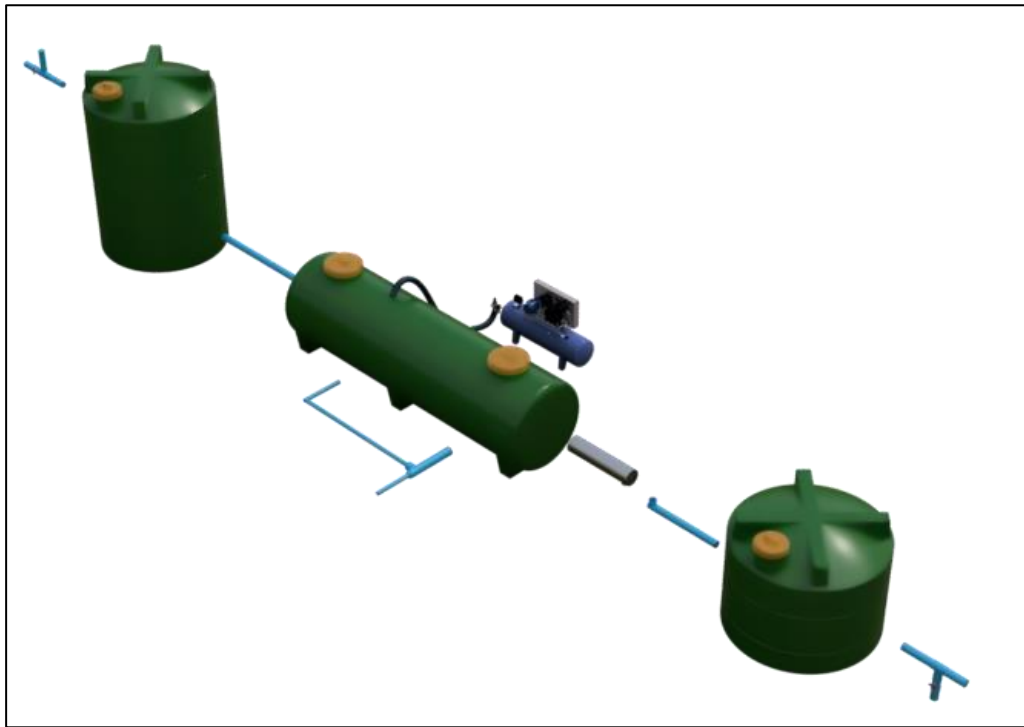


Figura 3-17. Vista en explosión del sistema

### 3.7. TIEMPOS PRODUCTIVOS Y COSTOS DE MANUFACTURA

El proceso productivo de rotomoldeo, como se representa en la Figura 3-13, consta de 4 etapas: Inducción, Sinterización, Densificación y Enfriamiento y cristalización, donde el proceso de inducción y sinterización dura aproximadamente 30 min.

Tabla 3-2. Costos de producción.

Costos de producción	
Implemento	Precio
Máquina rotomoldeo	10.000.000 + IVA
Molde para rotomoldeo	2.000.000 -7.000.000
Polietileno pulverizado	860/kilo

Fuente: Elaboración propia, basado en información recopilada en la web.

El costo de una máquina de rotomoldeo es de aproximadamente 10 millones de pesos más IVA para las dimensiones establecidas en el diseño, además la fabricación del molde tercerizada tiene un valor entre 2.000.000 y 7.000.000 pesos chilenos. Además, se estima que una máquina podría producir 12.300 unidades al mes<sup>7</sup>, dependiendo del volumen del producto.

Haciendo una estimación, una máquina que produce estanques de 1.200 litros puede producir la cantidad mencionada anteriormente en un mes. En este caso, el estanque a producir es de 9.000 litros, haciendo una proporción inversa, se producirían 1.640 estanques al mes, y aproximadamente 7 al día.

Sin embargo, para la cantidad proyectada en ventas, una inversión de esta magnitud podría ser contraproducente, por lo que se decidió que la producción de los estanques será tercerizada.

El costo total del sistema se entrega en la Tabla 3-3 siguiente:

<sup>7</sup> Dato extraído de [http://www.maquinasderotomoldeo.com/?gclid=CjwKCAiAxeX\\_BRASEiwAc1QdkXfrGS8BqDXsy0WHgaeKxSy98qq2iQQYgGxe8z8NBhTpN0EJjYobWBoCgSsQAvD\\_BwE](http://www.maquinasderotomoldeo.com/?gclid=CjwKCAiAxeX_BRASEiwAc1QdkXfrGS8BqDXsy0WHgaeKxSy98qq2iQQYgGxe8z8NBhTpN0EJjYobWBoCgSsQAvD_BwE)

Tabla 3-3. Costos de componentes del sistema.

Componente	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Sistema de filtro de agua UV	1	\$317.000	\$317.000
Reactor rotomoldeado 9.000 lt polietileno	1	\$1.095.800	\$1.095.800
Electrobomba 1"X1", 0,5 HP, 220V	1	\$84.966	\$84.966
Compresor de aireación	1	\$379.990	\$379.990
Estanque 5.400 lt polietileno	1	\$389.053	\$389.053
Estanque 10.000 lt polietileno	1	\$927.430	\$927.430
Rejilla acero inoxidable	2	\$778	\$1.556
Válvula diámetro 110 mm	3	\$30.363	\$91.089
Codo 110 mm 90°	1	\$ 1.590	\$1.590
Codo 50 mm 90°	1	\$675	\$675
Filtro de Membrana PVDF	1	\$670	\$670
Fitting reducción 110 mm x 50 mm	1	\$1.000	\$1.000
Tubería PVC 110 mm	3	\$8.970	\$26.910
Tubería PVC 50 mm	1	\$3.990	\$3.990
Tee 110 mm	2	\$2.800	\$5.600
Tee 50 mm	1	\$590	\$590
		\$3.245.665	\$3.327.909

Fuente: Elaboración propia, basado en datos recopilados.

Las especificaciones técnicas de algunos elementos se presentan en el ANEXO B, ANEXO C, ANEXO D y ANEXO E.

### 3.8. PROTOTIPO VIRTUAL

En esta sección se muestran vistas renderizadas del prototipo virtual realizado para representar el sistema de recolección y reutilización de aguas grises completo.

Las Figuras 3-18 muestra una vista lateral del sistema. Las Figuras 3-19 y 3-20 muestran las vistas isométricas izquierda y derecha, respectivamente. Finalmente, la Figura 3-21 muestra un fotomontaje del sistema diseñado puesto en contexto, desde una vista superior.

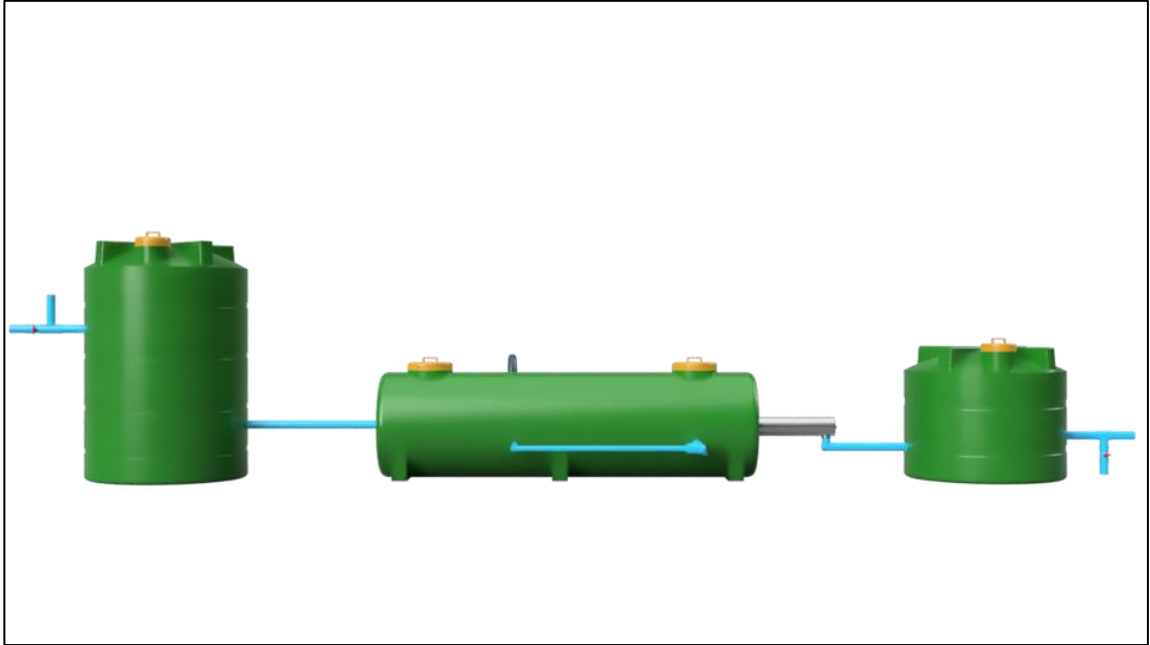


Figura 3-18. Prototipo, vista lateral derecha.

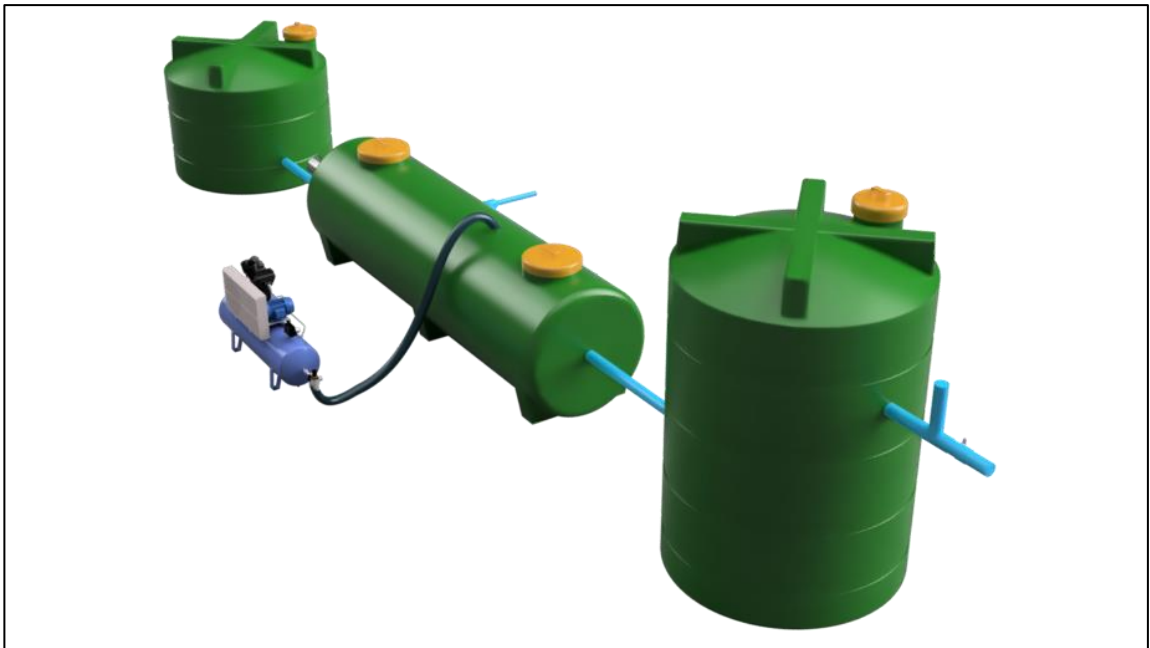


Figura 3-19. Prototipo, vista isométrica izquierda.

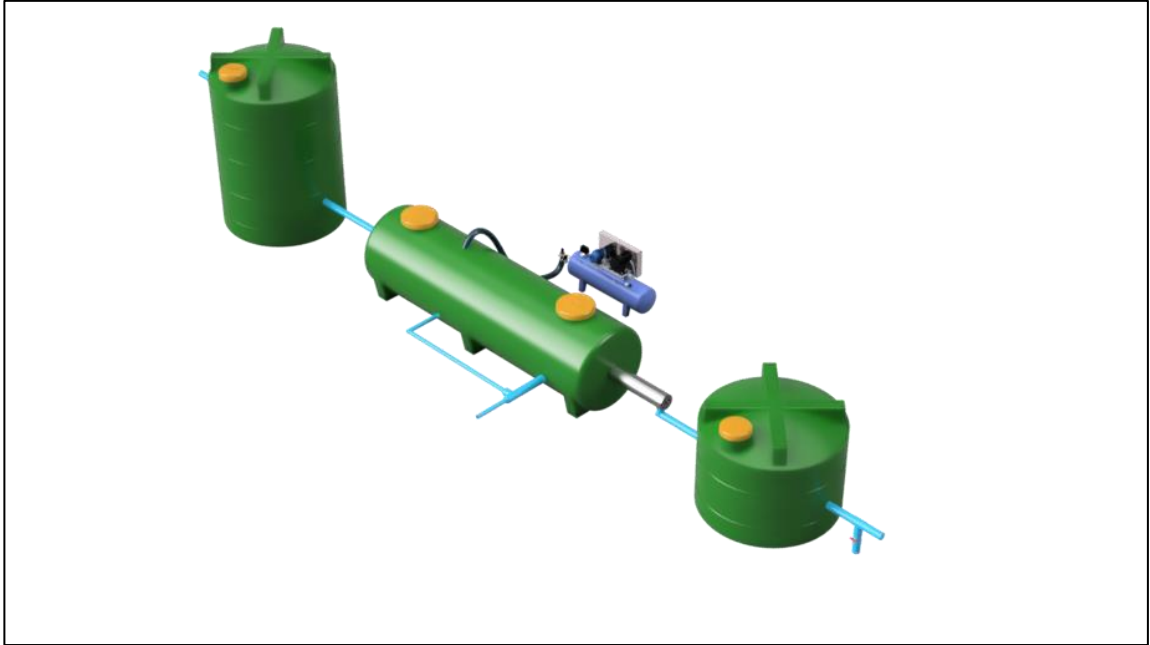


Figura 3-20. Prototipo, vista isométrica derecha.

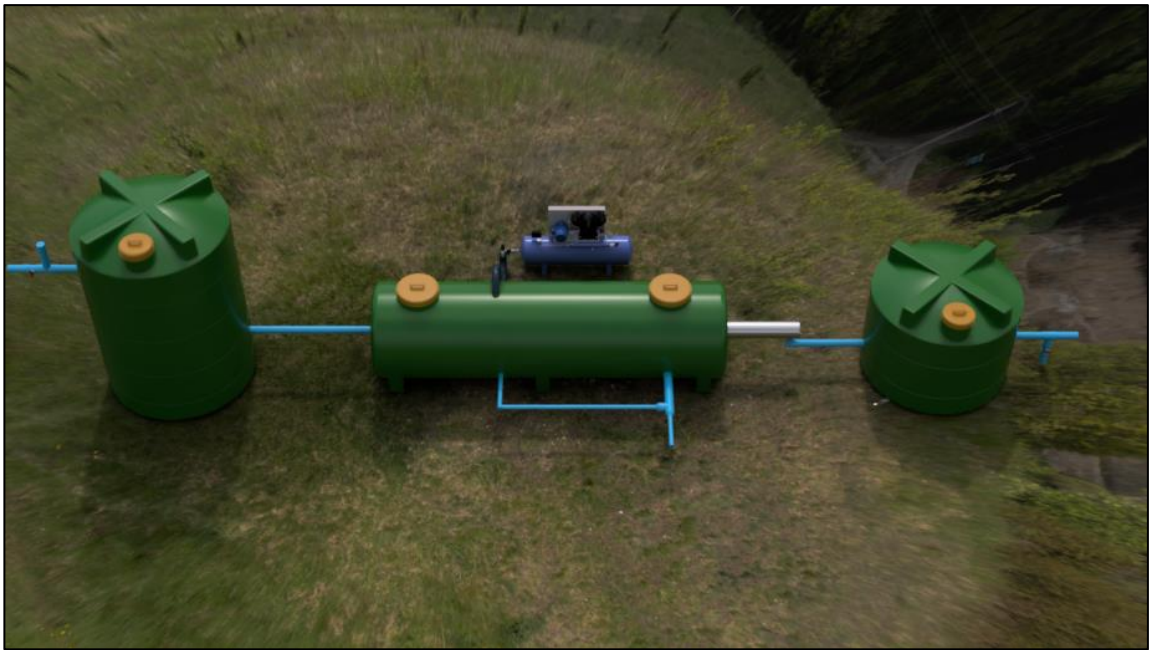


Figura 3-21. Fotomontaje del prototipo.

## **CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA**

## 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Este capítulo está enfocado en el análisis financiero del proyecto, donde se determina la estimación de la demanda, análisis de estructura de costos, fijación de precio, sustentabilidad del proyecto y su rentabilidad.

### 4.1. ESTIMACIÓN DE DEMANDA

En esta sección se presenta una estimación de la demanda del producto, destacando el mercado relevante y la cuota de mercado que se aspira a obtener.

#### 4.1.1 Mercado relevante

Al tratarse del desarrollo de un producto de innovación que pretende mejorar la calidad de vida de las personas en la realización de proyectos de viviendas sociales, no se identifican empresas a nivel nacional que generen una competencia directa, sin embargo, existen dos competidores indirectos que ofrecen productos de similares características, pero no cuentan con el desarrollo que se requiere para convertirse en sustitutivo de la categoría. Estos son Ecocontenedores y Bioplastic:

- **ECOCONTENEDORES:**
  - Productos disponibles: equipos compactos de depuración de aguas grises y grasas.
  - Grupo Objetivo: Principalmente industrias, empresas, instituciones, clínicas y hospitales.
  - Zona de operación: Nacional
- **BIOPLASTIC:**
  - Productos disponibles: Plantas de tratamiento de aguas y Fosas sépticas
  - Grupo Objetivo: Principalmente industrias, empresas, instituciones.
  - Zona de operación: Santiago

Pese a lo anterior y con el propósito de visualizar objetivos cuantificables y medibles en el tiempo, se determinó considerar como mercado relevante a aquellos proyectos arquitectónicos de desarrollo social DS49 que se planifiquen para cada año y que en su conjunto y en particular, a pesar de no corresponder a proyectos sustentables, son sustitutivos ya que corresponde a la oferta “disponible” en el mercado.

De acuerdo a información publicada por el Observatorio Urbano del Minvu, entre Enero y Septiembre de 2020 se aprobaron 86.302 departamentos de carácter social en Chile, 45.665 de ellas, corresponden a la región de Valparaíso y Metropolitana, como se presenta en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Departamentos aprobados durante año 2020.

	Nº Viviendas
Total País	86.302
RM	37.389
V Región	8.276

Fuente: Elaboración propia, basada en datos del Observatorio Urbano MINVU.

➤ **USUARIO:**

El usuario objetivo de este proyecto son aquellas personas que soliciten subsidios habitacionales (MINVU) del tipo *Subsidio para construir vivienda DS49* y *Subsidio para comprar una vivienda construida de hasta 950 UF DS49*, los cuales son beneficios que permiten la compra de viviendas sin deuda hipotecaria.

Estas familias corresponden al 40% más vulnerables, inscritos en el RSH que pertenecen al primer tramo (tramo del 40) de clasificación socio económica (CSE).

En base a la nueva clasificación de la Asociación de Investigadores de Mercado (AIM), pertenecen al GSE “E”, cuyas características son:

- Hogares con ingreso mensual promedio de \$324.000.-
- 818.578 hogares chilenos, que representan al 12,6% de la población.
- Tienen 4,2 miembros por hogar.
- 54% de sus jefes de hogar sólo tienen enseñanza básica.
- 98% trabaja en oficios que no requieren educación formal.

Son conservadores. La familia es su principal motor. Dada su situación económica, la falta de dinero es lo que más les preocupa y las ofertas, su driver de compra.

➤ **CLIENTE:**

El cliente principal es el **Estado, a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo**. Sin embargo, existen varios organismos relevantes que intervienen en la operación, tales como:

- **EGIS (Entidades de Gestión Inmobiliaria Social)**

Las Egis pueden ser fundaciones, municipalidades o corporaciones que se dedican a gestionar programas habitacionales. Para ser consideradas como tal, estas entidades deben suscribir un convenio con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) y con la Seremi de vivienda correspondiente a la región. En aquel convenio se consignan las responsabilidades y compromisos de su labor.

- **Entidades Patrocinantes del MINVU**

Son personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, con o sin fines de lucro, cuyas principales funciones son: asesorar individual o colectivamente a las familias en el proceso de postulación a un subsidio del MINVU, elaborar los proyectos técnicos de vivienda y/o de urbanización, prestar asesoría legal durante el desarrollo del proyecto y acompañar socialmente a las familias desde la postulación hasta el término definitivo del proyecto.

- **PSAT (Prestadores de Servicios de Asistencia Técnica)**

Son los encargados de entregar esta asistencia. Las tareas principales de los **PSAT** son organizar a las familias, asesorarlas para que desarrollen su proyecto de mejoramiento de la vivienda o entorno, o de ampliación de la vivienda.

#### 4.1.2 Cuota del mercado

La cuota del Mercado objetivo para este proyecto solo considera la edificación en altura, cuyos datos se muestran en la Tabla 4-2, sin embargo, este dato corresponde a solo departamentos, no conjuntos habitacionales.

En este caso, se plantea como se hizo en el cálculo de caudal que un conjunto de viviendas sociales corresponde a 32 departamentos por conjunto, lo que da un total de 2.040 conjuntos de departamentos. Tomando los datos de la tabla, el mercado objetivo considera Región Metropolitana y Región de Valparaíso, lo que corresponde a un 66,56% del total país.

Tabla 4-2. Departamentos aprobados durante año 2019.

	Nº Viviendas
Total País	98.069
RM	57.670
V Región	7.610

Fuente: Elaboración propia, basada en datos del Observatorio Urbano MINVU.

#### 4.2. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE COSTOS DEL PRODUCTO

En cuanto al análisis de costos, se debe determinar tanto costos fijos como variables. A continuación, se entrega el detalle de estos.

- Costos fijos

Son aquellos que siempre deben pagarse, independientemente del nivel de producción para un año, presentados a continuación en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Costos fijos anuales en UF\*.

Patente municipal	1,72
Cuota préstamo	500,60
Arriendo (luz y agua)	330,25
Internet	12,38
Promoción	34,40
Licencia software	35,76
Personal	1.362,24

Fuente: Elaboración propia, basada en información recopilada.

\*Valor UF día 11/01/2021

En términos del personal requerido, se determinó que es necesario contar con un ingeniero diseñador, dos técnicos instaladores y un chofer asistente, los gastos mensuales de personal se presentan en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Gastos mensuales de personal en UF\*.

Ing. diseñador	34,40
Técnicos instaladores (2)	61,92
Chofer Asistente	17,20
<b>Total de gastos personal</b>	<b>113,52</b>

Fuente: Elaboración propia, basada en información recopilada.

\*Valor UF día 11/01/2021

- Costos variables

Estos corresponden a los costos necesarios para poder producir el sistema y prestar el servicio, tal como se muestra en la Tabla 4-5. Estos costos corresponden para la producción de 1 de estos sistemas.

Tabla 4-5. Costos variables en UF\*.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (UF)</b>	<b>Costo total (UF)</b>
Sistema de filtro de agua UV	1	10,91	10,91
Reactor 9.000 lt polietileno	1	37,70	37,70
Electrobomba 1"X1", 0,5 HP, 220V	1	2,92	2,92
Compresor de aireación	1	13,07	13,07
Estanque 5.400lt polietileno	1	14,92	14,92
Estanque 10.000lt polietileno	1	35,58	35,58
Rejilla ac.inoxidable	2	0,025	0,05
Válvula diámetro 110 mm	3	1,04	3,13
Codo 110 mm 90°	1	0,05	0,05
Codo 50 mm 90°	1	0,02	0,02
Filtro de Membrana PVDF	1	0,02	0,02
Fitting reducción 110 mm x 50 mm	1	0,03	0,03
Tubería PVC 110 mm	3	0,31	0,93
Tubería PVC 50 mm	1	0,13	0,13
Tee 110 mm	2	0,10	0,10
Tee 50 mm	1	0,02	0,02
		<b>116,85</b>	<b>119,58</b>

Fuente: Elaboración propia, basada en información recopilada.

\*Valor UF día 11/01/2021

- Costos de operación

Se consideran como costos de operación anual, mostrado en la Tabla 4-6, aquellos que son parte del servicio entregado, en este caso además de la venta del producto en sí, se ofrecerá el servicio de instalación del sistema y de revisión trimestral de la eficiencia de este a través de muestreos del agua tratada, el cual se hará a través de un laboratorio externo.

Tabla 4-6. Costos anuales de operación en UF\*.

Costos de operación	Valor (UF)
Muestreo trimestral (4)	41,28
Combustibles	33,02 <sup>8</sup>

Fuente: Elaboración propia, basada en información recopilada.

\*Valor UF día 11/01/2021

#### 4.3. CRITERIOS DE FIJACIÓN DE PRECIO PRODUCTO

Para fijar el precio de venta del producto, se consideró calcularlo en base a los costos y un margen de contribución asignado a un 25%.

Este margen está dado por la siguiente fórmula:

$$P = C \frac{100}{(100 - R)} \quad \text{Fórmula 4-1.}$$

Donde,

P = Precio del producto

C = Costo del producto

R = Margen de contribución

Además, se calculó el costo unitario, dada la fórmula:

---

<sup>8</sup> Valores Anuales.

$$CU = \frac{CF_{TOTAL} + CV}{N^{\circ} UNIDADES} \quad \text{Fórmula 4-2.}$$

Donde,

CU = Costo Unitario

CF = Costo fijo total

CV = Costos Variables

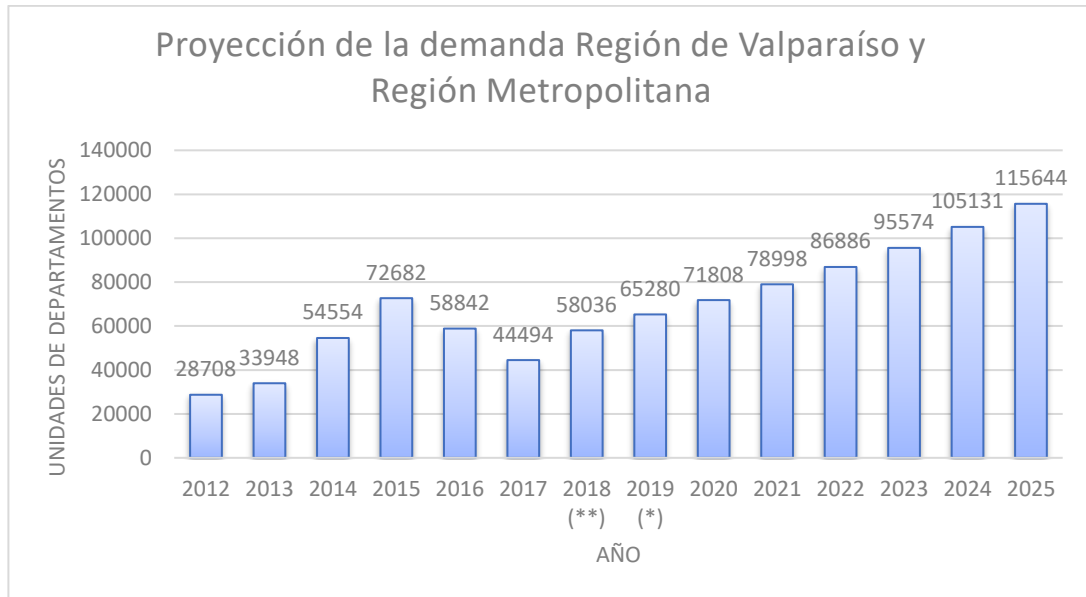
Para el cálculo se estableció que el número de unidades producidas por mes corresponde a 5 unidades vendidas. Dando un valor de Costo Unitario del producto de 147,81 UF (\$4.296.688)

Considerando el margen de rentabilidad mencionado anteriormente del 25%, se obtuvo que el precio de venta será de 184,76 UF (\$5.370.788).

#### **4.4. PROYECCIÓN VENTAS Y SUSTENTABILIDAD DEL PROYECTO**

Dado que el crecimiento no es una constante por la variación de los años y situación país, se consideró sacar una media porcentual, ya que, según información del Observatorio Urbano del MINVU, muestra incrementos porcentuales que varían entre el 7% y 13% del crecimiento. Esta proyección se hace en base al déficit habitacional de 393.613 viviendas.

Finalmente se hizo una proyección de crecimiento de construcción de departamentos sociales desde el 2020 al 2025 de una tasa del 10% para la Región Metropolitana y Región de Valparaíso, que se muestra en la Figura 4-1 siguiente.



Fuente: Elaboración propia, basado en datos del Observatorio Urbano. MINVU (ANEXO F)

Figura 4-1. Proyección demanda región de Valparaíso y región Metropolitana

#### **4.5. EVALUACIÓN FINANCIERA**

A continuación, se presenta la evaluación financiera del proyecto a través de flujos de caja tanto financiados como sin financiamiento.

##### **4.5.1 Flujo de caja**

Para la evaluación financiera se realizó un flujo de caja puro y financiado al 75%. Se simuló como la inversión inicial la compra de 10 kits del sistema (considerando los componentes señalados en la Tabla 4-5) y posteriormente se proyecta la venta de 5 de estos sistemas mensualmente. Finalmente, se tomó como horizonte del proyecto un periodo de 5 años, donde no se considera la venta de activos al final de este tiempo.

- Flujo de caja sin financiamiento

Para el flujo de caja no financiado se consideró una inversión inicial de 2.069 UF, considerando la compra de insumos para 10 kits del sistema, este se presenta en la Tabla 4-7. Con la venta de 5 kits mensuales en el primer año, 7 al segundo y con un incremento de 1 por año en los periodos siguientes.

Tabla 4-7. Flujo de caja puro.

PERIODO	0	1	2	3	4	5
Ingresos		11.085,60	13.302,72	15.519,84	17.736,96	19.954,08
Egresos		-2.286,05	-2.323,64	-2.365,74	-2.412,90	-2.465,71
Utilidad		8.799,55	10.979,08	13.154,10	15.324,06	17.488,37
Valor residual						
Intereses largo plazo						
Depreciación		-157,5	-157,5	-157,5	-157,5	-157,5
Dif. Venta de activos valor libro						
Utilidad antes del impuesto		10.740,80	12.995,50	15.254,70	17.519,00	19.788,90
Impuesto		-2.900,00	-3.508,80	-4.118,80	-4.730,10	-5.343,00
Utilidad después del impuesto		7.840,80	9.486,70	11.135,90	12.788,90	14.445,90
Depreciación		157,5	-157,5	-157,5	-157,5	-157,5
Amortización largo plazo						
Venta activo valor libro						
Inversiones en activos	-684,22					
Capital de trabajo	208,35					
Puesta en marcha	-1.102,68					
Imprevistos						
Total Anual	-1578,55	7.998,30	9.329,20	10.978,40	12.631,40	14.288,40
Crédito a largo plazo						
Flujo neto	-4.259,78	7.998,30	9.329,2	10.978,40	12.631,40	14.288,40
Flujo neto actualizado	-4.259,78	7.231,33	7.623,89	8.110,32	9.331,48	8.626,12
Flujo neto acumulado	-4.259,78	2.971,55	10.595,44	18.705,76	28.037,24	36.663,36

Criterios de Evaluación Económica	Resultados
VAN (UF)	36.663,36
PRI (Payback)	1 año
TIR (%)	350%

Fuente: Elaboración propia.

- Flujo de caja con financiamiento

Para el flujo de caja con financiamiento, se simuló un préstamo del 75% de la inversión inicial, como se muestra en la Tabla 4-8, el cual tiene un valor de 45.381.000 CLP, solicitado a un periodo de 5 años, con interés del 1,54% mensual (ANEXO G). Finalmente, el flujo de caja se presenta en la Tabla 4-9. Con la venta de 5 kits mensuales en el primer año, 7 al segundo y con un incremento de 1 por año en los periodos siguientes.

Tabla 4-8. Financiamiento en UF\*.

Periodo	Préstamo	Interés	Amortización	Cuota
	1.740,80			
<b>1</b>	1.391,49	208,90	349,32	558,21
<b>2</b>	1.000,25	166,98	391,23	558,21
<b>3</b>	562,07	120,03	438,18	558,21
<b>4</b>	71,31	67,45	490,76	558,21
<b>5</b>	-478,35	8,56	549,66	558,21
<b>TOTAL</b>				<b>2.791,06</b>

Fuente: Elaboración propia.

\*Valor UF día 11/01/2021

El cálculo de la cuota se realizó a partir de la siguiente fórmula:

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Fórmula 4-3.}$$

Donde,

A = Valor a pagar

P = Valor del préstamo

i = Tasa de Interés

n = Periodo

Tabla 4-9. Flujo de caja financiado.

PERIODO	0	1	2	3	4	5
Ingresos		11.085,60	13.302,72	15.519,84	17.736,96	19.954,08
Egresos		-2.286,05	-2.323,64	-2.365,74	-2.412,90	-2.465,71
Utilidad		8.799,55	10.979,08	13.154,10	15.324,06	17.488,37
Valor residual						
Intereses largo plazo		-187,3	-149,7	-107,6	-60,5	-7,7
Depreciación		-157,5	-157,5	-157,5	-157,5	-157,5
Dif. Venta de activos valor libro						
Utilidad antes del impuesto		10.740,80	12.995,50	15.254,70	17.519,00	19.788,90
Impuesto		-2.900,00	-3.508,80	-4.118,80	-4.730,10	-5.343,00
Utilidad después del impuesto		7.840,80	9.486,70	11.135,90	12.788,90	14.445,90
Depreciación		157,5	-157,5	-157,5	-157,5	-157,5
Amortización largo plazo		-313,27	-350,86	-392,96	-440,12	-492,93
Venta activo valor libro						
Inversiones en activos	-684,22					
Capital de trabajo	208,35					
Puesta en marcha	-1.102,68					
Imprevistos						
Total Anual	-1578,55	7.685,03	8.978,34	10.585,44	12.191,28	13.795,47
Crédito a largo plazo	1617,30445					
Flujo neto	38,75	7.685,03	8.978,34	10.585,44	12.191,28	13.795,47
Flujo neto actualizado	38,75	6.947,23	7.337,17	7.820,02	8.141,50	8.328,52
Flujo neto acumulado	38,75	6.985,98	14.323,15	22.143,17	30.284,67	38.613,19

Criterios de Evaluacion Económica	Resultados
VAN (UF)	38.613,19
PRI (Payback)	1 año
TIR (%)	352%

Fuente: Elaboración propia, basada en información recopilada.

#### 4.5.2 Indicadores de rentabilidad

Los indicadores de rentabilidad considerados en este proyecto son el Valor Actualizado Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Además, se realizó un análisis de punto de equilibrio del proyecto.

- Flujo sin financiamiento

En la Tabla 4-10 siguiente se presentan los indicadores de rentabilidad del proyecto, sin financiamiento.

Tabla 4-10. Indicadores de rentabilidad flujo de caja puro.

<b>VAN (UF)</b>	<b>36.663,36</b>
<b>TIR</b>	<b>350%</b>
<b>TIEMPO DE RETORNO INVERSION</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia.

En consideración del VAN, este da un valor positivo de 36.663,36 UF, así como el TIR da un porcentaje de 350% en un tiempo de retorno de 1 periodo, como se aprecia en la Tabla 4-10.

- Flujo financiado

En la Tabla 4-11 siguiente se presentan los indicadores de rentabilidad del proyecto, con financiamiento.

Tabla 4-11. Indicadores de rentabilidad flujo de caja financiado.

<b>VAN (UF)</b>	<b>38.613,19</b>
<b>TIR</b>	<b>352%</b>
<b>TIEMPO DE RETORNO INVERSION</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para el flujo financiado, mostrado en la Tabla 4-11, el Valor Actualizado Neto también es positivo, con un valor de 38.613,19 UF, la Tasa de Retorno corresponde a un 352% y un tiempo de retorno de 1 periodo.

Comparando ambos resultados, se puede concluir que, si bien ambas opciones son rentables, el proyecto con financiamiento resultaría más rentable.

#### 4.5.3 Análisis de variables críticas del proyecto

Se determinó que las principales variables críticas de este proyecto son principalmente la adquisición de los kits, ya que el estanque al ser fabricado externamente, los tiempos de fabricación pueden variar según la disponibilidad del proveedor.

Además, otra de las variables críticas es la construcción de estos condominios sociales, que están sujetos a los tiempos de trabajo de las constructoras encargadas. Lo

que podría cambiar la situación de las ventas dependiendo de cuántos de estos estén listos al momento de la venta e implementación (el tiempo estimado de instalación de es de aproximadamente 4-5 días)

#### 4.5.4 Tasa de descuento

La **tasa de descuento** determinada fue de **un 10,62%**, calculada a través del Costo de Capital WACC (Weighted average cost of capital).

Esta corresponde a la tasa de descuento que se utiliza para descontar flujos de caja, y pondera los costos de cada una de las fuentes del capital (propias o de terceros).

Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$WACC = K_e \frac{E}{(E + D)} + K_d (1 + T) \frac{D}{(E + D)} \quad \text{Fórmula 4-4.}$$

Donde,

$K_e$  = Costo de los Fondos Propios

$E$  = Fondos Propios

$D$  = Deuda Financiera

$K_d$  = Costo de la Deuda Financiera

$T$  = Tasa impositiva

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo general del estudio corresponde a la elaboración del diseño de un sistema de recolección y tratamiento de aguas grises destinados a viviendas tipo social para regadío ornamental y mantención de áreas verdes. Este proyecto se fundamentó en la detección del problema raíz, correspondiente a la escasez hídrica tanto mundial como nacional, que afecta a muchas comunidades de nuestro país.

Si bien, la situación actual de escasez hídrica del país no es un tema de fácil solución, se debe avanzar en temas de manejo de los recursos hídricos, tanto en lo referente a derechos de agua, pero también en lo concerniente al manejo de éstas.

La reutilización de las aguas permitiría abordar el déficit de manera puntual, fundamentalmente en aquellas regiones que presentan los mayores problemas. En Chile, actualmente se está avanzando en este tema, especialmente en lo referente a la reutilización de aguas grises, sin embargo, se hace indispensable la promulgación del Reglamento que regula el tratamiento y reúso de éstas.

La situación actual de los complejos de viviendas sociales, muestra una gran debilidad en su urbanización respecto del establecimiento de áreas verdes y de esparcimiento, lo cual deriva directamente del alto costo de mantención si se considera su riego a partir de agua potable.

Por otra parte, sólo en la última década se ha insertado el concepto de sostenibilidad en las poblaciones, incorporando principalmente nuevas técnicas de generación de electricidad para las viviendas, a través de paneles solares. Esto ha generado que la población “comience” a tomar consciencia de la necesidad de incorporar en su vida cotidiana medidas que permitan una convivencia amigable con el medio ambiente circundante. Sin embargo, aún no hay suficiente responsabilidad de los ciudadanos respecto del cuidado de los recursos, especialmente del agua.

El diseño abordado en este estudio viene a aportar justamente en este sentido, invitando al ciudadano a tomar acciones concretas en favor del cuidado del recurso agua.

El sistema de tratamiento diseñado, si bien está definido para una cierta cantidad de viviendas, se puede rediseñar o ajustar a otros requerimientos de caudal (asociado a otro número de viviendas), dado que, aunque el proceso de tratamiento en sí es complejo, el sistema físicamente es simple de modificar, considerando además que este sistema de tratamiento es ampliamente utilizado a nivel mundial desde hace varios años.

Algunas recomendaciones para el diseño serían:

- Realizar mediciones de caudal y caracterización de las aguas grises in situ, previo al diseño del sistema de tratamiento.
- Incorporar elementos de protección y señalética en cada una de las unidades del sistema de tratamiento para evitar su uso inadecuado.
- Incluir, dependiendo de las características de las aguas tratadas, sistemas que permitan mantener por mayor tiempo su calidad, tales como: carbón activo en estanques de acumulación de aguas tratadas, lo que permite mantener el color y olor de estas de manera controlada. También, dependiendo del uso que se pretenda dar, pueden incorporarse sistemas de cloración de las aguas tratadas.
- Capacitar a pobladores de la misma comunidad en la mantención del sistema de tratamiento.
- Sociabilizar con la comunidad las características del sistema de tratamiento, los usos permitidos de las aguas tratadas, de manera de evitar su uso inadecuado.

Respecto del análisis financiero, este proyecto aparece como altamente rentable, siendo fácil de materializar teniendo el financiamiento respectivo, sin embargo, no será factible de incorporar en los diseños de condominios de viviendas sociales si el Estado no se hace parte de esta necesidad.

La inversión tecnológica del proyecto asciende a 1.855,70 UF. Los ingresos del proyecto se estiman entre 11.085,60 UF y 19.954,08 UF, en un periodo de 5 años, de acuerdo a la evaluación.

La evaluación del proyecto con financiamiento del 75% entrega un VAN positivo de 38.613,19 UF, TIR 350% y Pay Back en 1 año. La evaluación considera una tasa de 10,62% que es el estándar global de WACC para la industria de la organización Stern.

Los riesgos principales que pueden impactar la viabilidad del proyecto son de tipo ambiental-social, tales como situación sanitaria por Covid-19, cambio en estructuras sociopolíticas fundamentales del país (estallido social, nueva Constitución) y vandalismo que pueda afectar a los elementos del sistema de tratamiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

AIDIS Chile Capítulo Chileno de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santiago, Chile, (54). 2017.

ALVAREZ, Lily. HIDALGO, Rodrigo y ZUNINO, Hugo. El emplazamiento periférico de la vivienda social en el área metropolitana de Santiago de Chile. Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. 11, (245): 27, ago.2007. ISSN: 1138-9788

ANÓNIMO. Cyclus, [en línea] < <https://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/parametros-aguas-residuales/>> [consulta: 12 Octubre 2020]

ANÓNIMO. Tratamiento de aguas residuales [en línea] < <https://tratamientodeaguasresiduales.net/etapas-del-tratamiento-de-aguas-residuales>> [consulta: 23 Noviembre 2020]

ANONIMO. Claves en el proceso de rotomoldeo [en línea] <<http://es.scribd.com/doc/48837393/Claves-en-el-proceso-de-rotomoldeo>> [consulta: 23 Noviembre 2020].

AQUA ESPAÑA, Aguas Residuales.info, [en línea] < <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/aguas-grises-origen-composicion-y-tecnologias-para-su-reciclaje>> [consulta: 25 Septiembre 2020]

Asesoría Técnica Parlamentaria: Sequía y Escasez Hídrica: conceptos relacionados, situación actual y experiencia comparada en varios países para abordar el problema. Santiago, Chile. Congreso Nacional de Chile. 2018. 10 p.

BELTRÁN, M. MARCILLA, A. Moldeo rotacional [En línea] <<http://iq.ua.es/TPO/Tema7.pdf>> [consulta: 23 Noviembre 2020].

Depurtotal [en línea] < <https://depurtotal.es/tratamiento-aerobio-de-aguas-residuales>> [consulta: 23 Noviembre 2020]

FRANCO Alvarado, María. Tratamiento y Reutilización de Aguas Grises con Aplicación a Caso en Chile. Memoria (Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, 2007. 133 p.

INE, [en línea] <https://www.ine.cl/prensa/2019/10/16/ine-presenta-mapas-que-muestran-comunas-con-mejor-y-peor-acceso-a-areas-verdes-en-el-pais> [consulta: 25 Septiembre 2020]

Instituto Nacional de Normalización (Chile), Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. N.Ch1333.Of78.2. Modificada 1987. Santiago, Chile: 1978. 15 p

Jubedi, SL. LLDPE (POLIETILENO BAJA DENSIDAD LINEAL [en línea], <<https://jubedi.com/comercializacion-de-plasticos/ldpe-polietileno-baja-densidad-lineal/>> [consulta: 09 de Enero 2021]

LEY 21.075; Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, 01 de febrero de 2018.

Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater engineering, Treatment Reuse (Fourth ed.). New York, 2003.

Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. [en línea], <<https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx> > [consulta: 28 de Julio 2020]

Ministerio de Salud, Proyecto de Reglamento sobre Condiciones Sanitarias Básicas para la Reutilización de Aguas Grises. Santiago. 2018.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Vivienda social en copropiedad, Catastro Nacional de Condominios Sociales. Santiago. 2018.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Estadísticas Mensuales de Edificación Aprobada. Obra Nueva y Regularización Nueva. Unidades de Departamentos. Santiago 2020

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Cuenta Pública 2019. Santiago. 2019.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, [en línea] <<https://www.minvu.cl/beneficio/vivienda/subsidio-para-comprar-una-vivienda-construida-de-hasta-950-uf-ds49/>> [consulta: 02 Octubre 2020]

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, [en línea] < <https://www.minvu.cl/beneficio/vivienda/subsidio-para-adquirir-una-vivienda-construida-de-hasta-950-uf-ds49/> > [consulta: 02 Octubre 2020]

PTAR – Uniminuto, [en línea] < <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales> > [consulta: 12 Octubre 2020]

PTAR-Uniminuto [en línea] < <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales> > [consulta: 23 Noviembre 2020]

Registro Social de Hogares. Santiago, Chile: Ministerio de Desarrollo Social, Subsecretaría de Evaluación Social. 2018. 111p.

SISS, Manual para el Hogar, [en línea] < [https://www.mop.cl/Documents/manual\\_para\\_el\\_hogar\\_siss.pdf](https://www.mop.cl/Documents/manual_para_el_hogar_siss.pdf) > [consulta: 25 Septiembre 2020]

UNESCO, [en línea] < <https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad> > [consulta: 28 Julio 2020]

Un Techo para Chile, [en línea] < <https://chile.techo.org/cis/monitor/monitor.php#> > [consulta: 28 Julio 2020]

Universitat de Barcelona, Materials. POLIETILENO [en línea], < <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/polietileno/> > [consulta: 09 de Enero 2021]

**ANEXOS****ANEXO A: Tabla 1 y 2 Norma Chilena 1333.Of78**

NCh1333

Tabla 1 - Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego

Elemento	Unidad	Limite máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (citrícos) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato (So <sub>4</sub> =)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

El Ministerio de Obras Públicas podrá autorizar valores mayores o menores para los límites máximos de cada uno de los elementos de la tabla 1, mediante Resolución fundada en aquellos casos calificados que así lo determinen.

Tabla 2 - Clasificación de aguas para riego según su salinidad

Clasificación	Conductividad específica, $c$ , $\mu$ mhos/cm a 25°C	Sólidos disueltos totales, $s$ , mg/l a 105°C
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales	$c \leq 750$	$s \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < c \leq 1\ 500$	$500 < s \leq 1\ 000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos	$1\ 500 < c \leq 3\ 000$	$1\ 000 < s \leq 2\ 000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos	$3\ 000 < c \leq 7\ 500$	$2\ 000 < s \leq 5\ 000$

Los valores de conductividad específica de un curso o masa de agua en particular no deben ser incrementados más allá de los límites que la Autoridad Competente determine, de acuerdo con el tipo de cultivo, manejo del agua y calidad excepcional del suelo.

**ANEXO B: Especificaciones Estanques**
**ESTANQUE VERTICAL 10.000L  
EVS10000**

ESTANQUE VERTICAL ESTÁNDAR

**MEDIDAS**

Altura: 2.100mm  
Diámetro: 2.500 mm

**ACCESORIOS**

Tapa rosca 60 cm

**Características técnicas**

- Volumen: 10.000 L
- Uso: Almacenamiento de agua y otros líquidos según densidad y compatibilidad.

**Especificaciones**

- Uso sobre superficie.
- Almacenamiento de líquidos con densidad igual o menor a 1,0 kg/L
- Diseño cilíndrico, con manto ondulado.

**Recomendaciones generales**

Los estanques deben ser instalados sobre una base **plana nivelada** sin piedras ni imperfecciones, debe soportar el peso total del estanque (incluido el líquido).

Colocar siempre uniones flexibles, en caso de salidas con elementos pesados emplear apoyo empotrado al suelo.

Almacenar líquidos con temperatura máxima inferior a 50 °C.



Creada el: sábado 16 enero, 2021



Nombre producto: Estanque Vertical Standar Sobre nivel 5400 lts.

Fabricante: Rotoplastic

Número modelo: EVS5400

Estanque Vertical Standar Sobre nivel 5400 lts.

- Volúmen Total : 5400 Lts.
- Altura : 1950 mm. (con tapa)
- Diámetro Superior : 2089 mm
- Diámetro Inferior : 1670 mm.
- Material : Polietileno Virgen
- Uso: Almacenamiento de agua potable y cualquier líquido bebestible.
- Color : Verde Estándar. (Otros colores a pedido dependiendo del volumen).
- Recomendación: Instalar sobre superficie, sobre una torre. Según necesidad del cliente.

PARA ESTE PRODUCTO EL VALOR DEL FLETE NO CORRESPONDE,  
CONSULTAR DISPONIBILIDAD Y VALORES POR TRASLADO

**Precio: \$541,720**

## ANEXO C: Especificaciones compresor

Inicio / Compresores Libres de Aceite / Compresores de Cabezal de Aluminio / Compresor Libre de Aceite CSD-5.1/25 1HP 220Volt



**SCHULZ**

### COMPRESOR LIBRE DE ACEITE CSD-5.1/25 1HP 220VOLT

Los motocompresores sin aceite ofrecen confort y durabilidad para aplicaciones médico-odontológicas. Disponibles en los modelos de 1, 1.5, 2 y 3 hp, estos productos tienen acoplamiento directo que proporciona un menor nivel de ruido y bajo costo de mantenimiento. Elija el mejor producto para apoyar su negocio.

#### Cotizar

Nombre y apellido:

Nombre de su empresa:

RUT:

Email:

Teléfono:

Comentario:

Cantidad a cotizar:

**¡SOLICITAR COTIZACIÓN!**

#### Ficha técnica

+HP	1
Presión máxima, bar	8
Motor eléctrico, polos	4
Desplazamiento o consumo CFM (pies cúbicos/minuto)	5
Desplazamiento o consumo Litros/minuto	141
Ancho x alto x largo (mm)	405 x 547 x 405

## ANEXO D: Especificaciones membrana Durapore

Chile / Español Compra rápida | Mis favoritos | Contactenos

**MERCK**

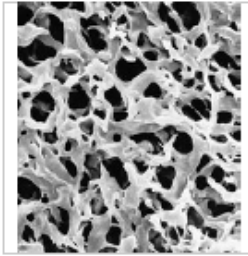
[Inicio sesión](#) | [Regístrate](#) | 0 [Carrito](#)

[COVID-19](#) | [Productos](#) | [Servicios](#) | [Documentos](#) | [Responsabilidad](#) | [Asistencia técnica](#) | [Sobre nosotros](#) | [Sobre nuestras marcas](#)

Inicio > Reagents, Chemicals and Labware > Lab Filtration > Filter Discs and Membranes > Membrana Durapore, PVDF, hidrófila; 0,45 µm, 47 mm, blanca, superficie lisa

HVLP04700 Millipore

### Membrana Durapore, PVDF, hidrófila; 0,45 µm, 47 mm, blanca, superficie lisa



#### Clarificación de soluciones biológicas

Ficha de datos de seguridad (MSDS o SDS), certificado de análisis y de calidad (CoA y CoQ), expedientes, folletos y otros documentos disponibles.

- [Ficha datos de seguridad \(MSDS\)](#)

HVLP04700

100

CLP 67,800.00

[Inicie sesión para ver sus precios](#)

En existencia

Cantidad:

[Añadir al carrito](#)

[Añadir a Mis favoritos](#)

#### Productos recomendados



HAWP04700

Millipore

Membrana MF-Millipore, ésteres mezclados de celulosa, hidrófila...



GVWP04700

Millipore

Membrana Durapore, PVDF, hidrófila; 0,22 µm, 47 mm, blanca...



HNWP04700

Millipore

Membrana de nylon, hidrófila; 0,45 µm, 47 mm, blanca, superficie lisa



HAWG047S6

Millipore

Filtros S-Pak, poro 0,45 µm, diámetro 47 mm, color blanco, superficie...



HVLP01300

Millipore

Membrana Durapore, PVDF, hidrófila; 0,45 µm, 13 mm, blanca...

[Descripción](#) | [Documentación de respaldo](#) | [Productos y aplicaciones relacionados](#)

#### Descripción

Descripción  
Información del producto  
Aplicaciones  
Información biológica  
Información fisicoquímica  
Dimensiones  
Información de materiales  
Información sobre embalaje

Descripción	
Número de catálogo	HVLP04700
Nombre comercial	• Durapore®
Descripción	Membrana Durapore, PVDF, hidrófila; 0,45 µm, 47 mm, blanca, superficie lisa
Información preliminar	<p>Durapore® membranes provide high flow rates and throughput, low extractables and broad chemical compatibility. Hydrophilic Durapore® membrane binds far less protein than nylon, nitrocellulose, or PTFE membranes.</p> <p><b>Features &amp; Benefits</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Available in several pore sizes (both hydrophilic and hydrophobic varieties) to suit your application needs</li> <li>- Durapore® membrane filters have very low protein binding to minimize interaction with your sample and maximize recovery</li> </ul>

<b>Información del producto</b>	
Código del filtro	HVLP
Color del filtro	Blanco
Temperatura de funcionamiento máxima	85 °C
Tipo de filtro	Filtro de membrana
Quality Level	<u>MQ400</u>

<b>Aplicaciones</b>	
Aplicación	Clarificación de soluciones biológicas

<b>Información biológica</b>	
Medios	Durapore®
Humectabilidad	Hidrófila

<b>Información fisicoquímica</b>	
Índice de refracción	1.42
Tamaño de poro	0.45 µm
Caudal de aire	4 L/min x cm <sup>2</sup>
Punto de burbuja a 23&nbsp;°C	≈1,55 bar
Extrables gravimétricos (%)	0.5%
Porosidad %	70%
Caudal de agua	• >2.6 mL/min x cm <sup>2</sup>

<b>Dimensiones</b>	
Superficie del filtro	Lisa
Grosor	125 µm
Diámetro del filtro (ø)	47 mm

<b>Información de materiales</b>	
Química	• PVDF hidrófilo

<b>Información sobre embalaje</b>	
Cantidad	100

## ANEXO E: Especificaciones sistema desinfección UV

### VENTAJAS

#### **Eficaz**

Prácticamente todos los microorganismos son susceptibles a la desinfección ultravioleta **Bio-Logic®**

#### **Económico**

Se purifican cientos de litros de agua por cada centavo del costo operativo.

#### **Seguro**

Sin peligro de sobredosis o la incorporación de productos químicos.

#### **Rápido**

El agua está en condiciones de uso el momento que sale del purificador – no requiere tiempo adicional de contacto UV.

#### **Fácil**

Instalación y mantenimiento simple. Equipos compactos que requieren de poco espacio.

#### **Automático**

Proporciona desinfección continua que no requiere atención o medición.

#### **Libre de químicos**

Sin sabor a cloro o problemas de corrosión.

#### **Versátil**

Disponible en capacidades de 6 a 11 litros por minuto (LPM).

### PRINCIPIO DE OPERACIÓN

**Bio-Logic®** fue meticulosamente concebido para suministrar una dosis germicida adecuada en el total de la cámara de desinfección.

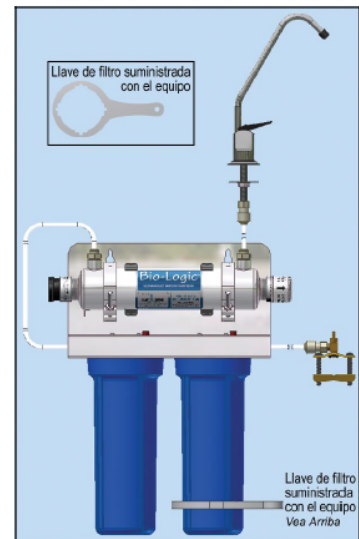
1. El agua entra al purificador ultravioleta y fluye en el espacio anular entre la manga de cuarzo y la pared interna de la cámara.
2. Los microorganismos suspendidos en el agua son expuestos a los rayos ultravioleta emitidos por la lámpara germicida.
3. La luz indicadora LED, situada en el balastro, proporciona una indicación visual del funcionamiento de la lámpara germicida.
4. El agua que sale del purificador está en condiciones de uso—no requiere de tiempo adicional de contacto UV.



**Modelo BIO-1.5  
6 LPM**

**Bio-Logic®** con **Pure Water Pack™** fue diseñado para proporcionar la filtración y dosificación ultravioleta germicida adecuada.

1. El agua ingresa en el filtro de sedimentación que atrapa partículas de óxido, escala, y residuos que afectan el sabor y la apariencia del agua suministrada.
2. Luego, el agua ingresa al filtro de carbón que reduce el cloro, sabores desagradables, olores, otros químicos orgánicos, y la turbidez.
3. El agua filtrada entra al purificador ultravioleta y fluye en el espacio anular entre la manga de cuarzo y la pared interna de la cámara.
4. Los microorganismos suspendidos en el agua son expuestos a los rayos ultravioleta emitidos por la lámpara germicida.
5. El agua que sale de purificador está en condiciones de uso—no requerir tiempo de adicional de contacto UV.



**Modelo BIO-1.5 PWP  
6 LPM**



**ANEXO G: Simulación crédito**

Banco de Chile
🏠
¿QUÉ NECESITAS?
PRODUCTOS
BENEFICIOS
AYUDA
🔍
HAZTE FAN
BANCO EN LÍNEA

3
Datos del Crédito

	Crédito de Consumo \$ 45.000.000	Cuota Mensual \$ 1.211.522	Plazo del Crédito 60	Tasa del Crédito 1,54%
---	-------------------------------------	-------------------------------	-------------------------	---------------------------

Monto Solicitado	\$ 45.000.000	Tasa de Interés mensual Internet	1,54% (18,48% anual)		Seguros Asociados
(+) Seguros	\$ 1.635.760	Fecha Primer Pago	16/02/2021		✓ Seguro de Desgravamen (Obligatorio)
Impuestos	\$ 376.107	Meses de No Pago	-		✗ Seguro de Cesantía Involuntaria o Incapacidad Temporal (Opcional)
Gastos Notariales	\$ 1.556	Costo Total del Crédito	\$ 72.691.248		<a href="#">Modificar Seguros &gt;</a>
Monto del Crédito	\$ 47.013.423	Carga Anual Equivalente (CAE)	20,76%		