



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECOLECCION,
REUTILIZACION Y DISPOSICIÓN DE AGUAS
GRISES PARA EL CONDOMINIO ALTOS DE VIÑA
II, EN VIÑA DEL MAR, VALPARAISO**

Por

Mauricio Ignacio Pavez Baeza

**TRABAJO DE MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CONSTRUCTOR Y GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN**

Profesor guía: Javier Hernández H.

Valparaíso, mayo de 2020.

Quiero dedicar esta memoria a mis hijos Vicente y Gaspar, mi más grande motor son ustedes. Su amor me ha hecho más fuerte, más capaz e inmensamente feliz. Que la vida me permita estar siempre junto a ustedes y disfrutar cada pasito nuevo que logren dar. Los amo.

Por siempre, su padre.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi madre Solange, por haberme dado su apoyo incondicional en todas las etapas a lo largo de mi vida, este logro también es tuyo.

A mis hermanos Alonso, Javiera y Pilar, quienes me dan su apoyo y han sido parte de este proceso.

A Fernanda Carolina Vera Bustamante, quien me ha ayudado y acompañado durante el final y gran parte de este camino educacional, motivándome a ser siempre el mejor y a alcanzar mis objetivos. Por tu amor , tu incondicionalidad y paciencia, muchas gracias.

A mis hijos Vicente y Gaspar , que con su amor, logran motivarme más aun en alcanzar mis sueños

Al profesor Javier Hernández, quien fue mi guía en esta última etapa de la carrera, quien dedico parte de su tiempo en guiarme y ayudarme de manera profesional a realizar mi estudio de título.

A la señorita Emperatriz Villanueva, quien siempre tuvo la buena disposición de ayudarme en cualquier aspecto tanto personal como universitario. Sin duda un ejemplo la entrega que tiene por los estudiantes de la carrera. Muchísimas gracias

A la Escuela de Construcción Civil, a todos los profesores, administrativos y laboratoristas, quienes se esforzaron por transferirme todos sus conocimientos, por su dedicación, entrega y profesionalismo.

A la Universidad de Valparaíso quien me dio la posibilidad de estudiar la carrera de Ingeniería en Construcción.

A todos mis amigos que han formado parte de mi vida, a los que estuvieron y a los que están, por haberme acompañado y motivado para nunca bajar los brazos y lograr mis metas

Mauricio Ignacio Pavez Baeza
Enero 2020

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTADO DE ABREVIATURAS	6
GLOSARIO	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I.....	13
1.1 Planteamiento del Problema.....	13
1.2 Objetivo general.....	16
1.2.1 Objetivos específicos.....	16
1.3 Alcances.....	17
1.4 Hipótesis	17
CAPÍTULO II.....	18
2.1. Agua.....	18
2.1.1. Agua Potable	19
2.1.2. Aguas Residuales	20
2.1.2.1 Aguas Negras.....	20
2.1.2.2 Aguas Grises.....	20
2.1.3 Diferencias entre aguas Grises y Aguas Negras	21
2.3. Clasificación de las Aguas	22
2.4. Calidad del agua	22
2.5. Indicadores de calidad del agua	22
2.6. Contaminación del Agua	23
2.7. Reutilización de las Aguas Grises	24
2.8. Plantas de Tratamiento.....	26
2.8.1. Tratamiento del Agua.....	27
2.8.2. Procesos Convencionales	27
2.9. Red de recolección de las aguas grises crudas.	30
CAPÍTULO III.....	31

3.1 Tipo de Investigación	31
3.2 Metodología de la Investigación.....	32
3.2.1 Diseño metodológico	32
3.2.2 Población y selección de la muestra	33
3.2.3 Recolección de Datos	33
CAPÍTULO IV	34
4.1 Propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas grises en el momento de la recolección.....	34
4.2 Determinación de los procesos químicos-físicos y biológicos que requieren las aguas grises para la reutilización.....	40
4.3 Parámetros para el diseño de la planta de tratamiento de aguas grises	44
4.3.1 Diseño de la planta de tratamiento de aguas grises.....	48
4.4 Diseño de la red de recolección y distribución de aguas grises.	54
CAPÍTULO V	68
5. Rentabilidad de la reutilización de aguas grises en el condominio.....	68
5.1 Costos de Inversión	68
5.2 Ingresos y Egresos	69
5.2.1 Ingresos	69
5.2.2 Egresos	70
5.3 Depreciaciones.....	71
5.4 Tasa de descuento	72
5.5 Flujo de Caja	74
CAPITULO VI	78
6.1 De las aguas grises crudas.....	78
6.2 Del diseño propuesto	78
6.3 De la evaluación económica.....	79
CAPITULO VII	81
7.1 Conclusiones.....	81
7.2 Proyecciones de investigación.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS.....	86

LISTADO DE ABREVIATURAS

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno
SST: Sólidos suspendidos totales
CF: Coliformes fecales
UTN: Unidad de turbiedad nefelométrías
CL: Cloro libre residual
AP: Agua Potable.
SISS: Super intendencia de servicios sanitarios
NCh: Norma Chilena
UD: Unión Domiciliaria
UEH: Unidad de equivalencia hidráulica

GLOSARIO

1. Aguas grises: aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras.
2. Aguas grises tratadas: aquellas que se han sometido a los procesos de tratamiento requeridos para el uso previsto
3. Aguas negras: aguas residuales que contienen excretas.
4. Aguas residuales: aquellas que se descargan después de haber sido utilizadas en un proceso o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para dicho proceso.
5. Aportante: inmueble edificado del cual provienen las aguas grises para su tratamiento y posterior uso.
6. Instalación domiciliar de alcantarillado de aguas grises: obras necesarias para evacuar las aguas grises de un inmueble, desde las tinajas de baño, duchas, lavaderos y lavatorios y otros, hasta la planta domiciliar de tratamiento de aguas grises o hasta la última cámara del sistema de recolección domiciliar de aguas grises, según corresponda. En caso de que estas instalaciones cuenten con una conexión a la red pública de alcantarillado, se entenderá que también forman parte de las instalaciones domiciliarias de alcantarillado de aguas servidas.
7. 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.
8. Red pública de recolección de aguas grises": aquellas instalaciones operadas y administradas por el responsable del servicio público de recolección de aguas grises, a las que se empalman las instalaciones domiciliarias de aguas grises.
9. Redes privadas de recolección de aguas grises: aquella parte de la instalación domiciliar de alcantarillado de aguas grises ubicadas aguas arriba de la planta de tratamiento de aguas grises o de la última cámara de la red domiciliar de alcantarillado de aguas grises, según corresponda, y que sirve a más de un inmueble edificado.
10. Reutilización de aguas grises: la aplicación de aquellas, una vez que se han sometido al tratamiento exigido para el uso autorizado.
11. Sistemas de interés público: aquellos que satisfacen un interés de esta especie por servir al riego de áreas verdes, parques o centros deportivos públicos, admitidos por el instrumento de planificación territorial aplicable y, en su caso, por el proyecto de urbanización. Asimismo, deben ser de propiedad o administración municipal, del Servicio de Vivienda y Urbanización o de cualquier otro órgano de la Administración del Estado
12. Agua gris cruda: Agua gris aun no tratada.

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N° 1	“Envase para muestreo”	33
Fig. N° 2	“Cooler con muestras”	34
Fig. N° 3	“Recoleccion de agua gris de bañera”	34
Fig. N° 4	“Riego de áreas recreativas y de servicio”	35
Fig. N° 5	“Aireador Sumergible”	49
Fig. N° 6	“Esquema de la planta”	51
Fig. N° 7	“Plano primer piso casa modelo arce”	57
Fig. N° 8	“Plano segundo r piso casa modelo arce”	58
Fig. N° 9	“Plano Isométrico casa modelo arce”	59
Fig. N° 10	“Plano primer piso casa modelo lingue”	60
Fig. N° 11	“Plano segundo piso casa modelo lingue”	61
Fig. N° 12	“Plano isométrico casa modelo lingue”	62
Fig. N° 13	“Plano primer piso casa modelo roble”	63
Fig. N° 14	“Plano segundo piso casa modelo roble”	64
Fig. N° 15	“Plano isométrico casa modelo roble”	65
Fig. N° 16	“Plano Zona”	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	“ Comparación Nch 409/1 – Nch 1333 ”	14
Tabla 4.1	“ Parámetros físico químico aguas grises crudas ”	36
Tabla 4.2	“ Promedio parámetros físicos químico ”	37
Tabla 4.3	“ Descriptores y cualificación por parámetros “	41
Tabla 4.4	“ Matriz de evaluación ”	42
Tabla 4.5	“ Consumo común agua potable ”	44
Tabla 4.6	“ Porcentaje agua gris generada ”	45
Tabla 4.7	“Consumo promedio de AP en 12 meses ”	46
Tabla 4.8	“ Consumo promedio A.P casas seleccionadas ”	47
Tabla 4.9	“ Parámetros de diseño	51
Tabla 4.10	“ Características Planta”	52
Tabla 4.11.	“ Materiales y equipos para la planta”	53
Tabla 4.12	“ Costo mano de obra y arranque operacional ”	53
Tabla 4.13	“ Reajuste en la cantidad de agua gris generada por vivienda”	64
Tabla 4.14	“ Características colector II “	66
Tabla 4.15	“ UD y UEH ”	66
Tabla 4.16	“ Costos de la nueva red ”	67
Tabla 5.1	“ Costos de inversión ”	68
Tabla 5.2	“ Valor m3 de agua potable “	69
Tabla 5.3	“ Valor consumo anual”	70
Tabla 5.4	“ costos fijos “	71
Tabla 5.5	“ Tabla de depreciaciones ”	71
Tabla 5.6	“ Tasa de interés ”	72
Tabla 5.7	“ Estimación Beta “	73
Tabla 5.8	“ Flujo de caja n° 1 “	75
Tabla 5.9	“ Flujo de caja n° 2 “	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	“Plano modelo arce”	86
Anexo 2	“Plano modelo lingue”	87
Anexo 3	“Plano modelo roble”	88
Anexo 4	“Plano PTAG”	89
Anexo 5	“Ley 21.075”	90
Anexo 4	“Reglamento para el uso de aguas grises”	95

RESUMEN

En materia de recursos hídricos, diferentes autores manifiestan las cifras y datos duros que dan a entender el complejo escenario hídrico al cual nos enfrentamos actualmente; comportamientos acelerados en el consumo del agua y a la vez, el agotamiento del recurso hídrico. Es por esto que hoy, todos los sectores, tanto industriales como agrícolas y domésticos, están llamados a innovar en la manera en la que se utiliza el recurso del agua para las diferentes labores. Es necesario entonces, que cada sector precise nuevas formas de gestión y competencias para dicho recurso.

Chile se le ha declarado como uno de los países sudamericanos con mayor riesgo hídrico, por lo que los próximos años serán de vital importancia en cuanto a cómo enfrentaremos como nación, los desafíos en esta materia, para así lograr una gestión sustentable en el recurso del agua. A principios del año 2018, entro en vigor la ley N° 21.075, la cual regula la recolección, reutilización y distribución de las aguas grises. Las aguas grises son todas aquellas aguas residuales que no contienen materia fecal, las que, con un tratamiento adecuado y no necesariamente muy complejo, son potencialmente reutilizables. Esta ley entonces tiene por fin determinar los parámetros necesarios para que este tipo de aguas puedan adquirir un segundo uso, ayudando así a mejorar, gradualmente, la gestión en el aprovechamiento del agua.

Es por esto que se plantea como objetivo de esta memoria, analizar la implementación de una planta de tratamiento de aguas grises para el condominio Altos de Viña II en sus aspectos técnicos y económicos. Este condominio demanda anualmente un volumen cercano a los 914 m³ de agua potable para cubrir las labores de riego de áreas verdes comunes. Volumen que podría ser potencialmente sustituido por las aguas grises, previo tratamiento, que se generan al interior del condominio.

Esta memoria resultó en el análisis de dos casos o situaciones las cuales demostraron que el proyecto, bajo condiciones específicas, es totalmente viable. Es parte de las conclusiones de esta memoria que existe una relación entre el consumo del agua gris tratada, y el retorno de la inversión, puesto que mientras mas agua gris se trate, y específicamente, mientras mas agua gris sea reutilizada, en menor tiempo se logrará este retorno así como en menor tiempo se comenzarán a percibir ahorros en el consumo común de agua potable, por lo que se verá con mejores expectativas, la implementación de plantas de tratamiento en futuros proyectos inmobiliarios.

Para finalizar, es importante recalcar que la implementación de estas plantas de tratamiento no va solo acompañada de un profundo análisis técnico-económico, sino también de una evaluación a la conducta que tienen las personas, factor clave en el ciclo del agua gris, por lo que es esencial educar al interior de las familias, la necesidad de dar un buen uso al recurso hídrico y concientizar sobre las problemáticas a las cuales nos enfrentamos en esta materia.

ABSTRACT

In terms of water resources, different authors show the hard figures and data that suggest the complex water scenario we are currently facing, Accelerated behaviors in water consumption and at the same time, the depletion of water resources. That is why today, all sectors, both industrial and agricultural and domestic, are called to innovate in the way in which the water resource is used for different tasks. It is necessary, then, that each sector needs new forms of management and competencies for said resource.

Chile has been declared as one of the South American countries with the highest water risk, so the next few years will be of vital importance as to how we will face as a nation, the challenges in this matter, in order to achieve a sustainable management in the resource of the Water. At the beginning of the year 2018, Law No. 21,075 entered into force, which regulates the collection, reuse and distribution of gray water. Gray waters are all those wastewaters that does not contain fecal matter, which, with proper treatment and not necessarily very complex, are potentially reusable. This law then aims to determine the parameters necessary for this type of water to acquire a second use, thus helping to gradually improve the management of water use.

That is why the objective of this report is to analyze the implementation of a gray water treatment plant for the Altos de Viña II condominium in its technical and economic aspects. This condominium annually demands a volume close to 914 m³ of drinking water to cover the irrigation of common green areas. Volume that could potentially be replaced by gray water, after treatment, that is generated inside the condominium.

This report resulted in the analysis of two cases or situations which demonstrated that the project, under specific conditions, is completely viable. It is part of the conclusions of this report that there is a relationship between the consumption of treated gray water, and the return on investment, since the more gray water is treated, and specifically, the more gray water is reused, in less time will achieve this return as well as in less time they will begin to perceive savings in the common consumption of drinking water, so it will be seen with better expectations, the implementation of treatment plants in future building projects.

Finally, it is important to emphasize that the implementation of these treatment plants is not only accompanied by a deep technical-economic analysis, but also an evaluation of the behavior that people have, a key factor in the gray water cycle, so that it is essential to educate within the families, the need to make good use of the water resource and raise awareness about the problems we face in this area.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Según el último Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo (WWDR, 2018), existe un comportamiento de consumo de agua acelerado, en medio de un creciente deterioro del medio ambiente y los impactos multifacéticos del cambio climático, generando que más de 2.000 millones de personas carezcan de acceso al agua potable, esto debido al rápido crecimiento de la población mundial, estimando que dicha demanda, aumente en casi un tercio para el año 2050. Ante lo expuesto, resulta evidente que se precisan nuevas formas de gestión de la demanda y de competencias para dicho recurso.

Burek (2016), expresa que la demanda para uso doméstico, que representa aproximadamente el 10% de las extracciones mundiales de agua, aumentará significativamente durante el período de 2010 a 2050 en casi todas las regiones del mundo, con la excepción de Europa Occidental, donde se mantendría constante, mientras que en Centro y Sudamérica podría duplicarse, atribuyendo dicho crecimiento al aumento previsto de los servicios de abastecimiento de agua en los asentamientos urbanos.

En esta materia, Chile aparece como uno de los 30 países con mayor riesgo hídrico en el mundo, para el año 2025 (WRI, 2015), puesto que este cuenta con un comportamiento hídrico heterogéneo, caracterizado porque en la zona norte del país se presenta una menor oferta de aguas para el abastecimiento de las principales actividades que allí se desarrollan, mientras que en la zona sur se dispone de una mayor oferta del recurso hídrico, lo que ha derivado en perfilar iniciativas que prioricen el agua como un elemento vital para la vida y el desarrollo, convocando a todos los sectores de la sociedad al logro de la sustentabilidad en el uso del recurso hídrico.

Esta sustentabilidad, no solo debe ser afrontada desde el manejo y conservación de los reservorios de agua, sino además desde los distintos equipos de consumo mejorando su rendimiento y concientizando sobre hábitos diarios que permitan alargar su ciclo de vida en el hogar, trabajo, industria, comercios, es decir, reutilizándola, a través del diseño de nuevas tecnologías o sistemas que permitan ahorrar y reciclar el agua.

En esta materia Chile ha avanzado, creando la Ley número 21.075, la cual regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises, conceptualizando estas "Aguas grises", como aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras, provenientes de inodoros y WC, debido a su alto grado de contaminación lo que las hace aguas no reutilizables

El principal objetivo de este tipo de recurso es reemplazar el agua potable en las actividades que no requieren de altos estándares de calidad, permitiendo una gestión

sustentable de las fuentes hídricas de la ciudad, debido a su elevada disponibilidad y potencial, en actividades de irrigación de parques y plazas.

La norma NCH 409/1 of 2005. Es actualmente la norma que determina los parámetros admisibles para el agua potable. Por otra parte, es la NCH 1333 la norma que rige, de igual manera que la anterior, para las aguas con usos diferentes al del agua potable, entre ellos, el uso para irrigación de áreas verdes. Del análisis de estas dos normas, podemos observar una diferencia sustancial entre los parámetros permisibles para aguas con usos destinados al consumo humano y aguas para uso de riego, lo que justificaría la necesidad de remplazar el uso del agua potable, por aguas grises tratadas, para el riego de áreas verdes. En la siguiente tabla se pueden apreciar las diferencias en los valores de los parámetros admisibles para los dos diferentes usos anteriormente mencionados.

Tabla 1.1 Comparación NCH 409/1 – NCH 1333

	NCH 409/1	NCH 1333
Parámetro	Agua potable	Agua para regadío
Ph	6.5 - 8.5	5.5 - 9
Turbiedad (UNT)	≤ 2	-
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	0	≤ 1000
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	≤ 1500	≤ 500
Cloro libre residual (mg/L)	≤ 2	-

Fuente: Instituto nacional de normalización, NCh 409/1 f 2005, NCh 1333 of 1978.

Una de las áreas donde es posible la utilización de estos recursos (aguas grises tratadas) la comprenden los condominios o conjuntos habitacionales. Para el caso específico de este estudio se ha escogido el Condominio Altos de Viña II como el sujeto de estudio. Este conjunto habitacional fue recepcionado el mes de enero del año 2011. Un condominio conformado por 42 casas, el cual está constituido por 3 modelos de casas diferentes, y el cual está emplazado en el sector de viña del mar alto.

Para la regulación del agua que consumen cuentan con un medidor general, instalado junto a la línea oficial a la entrada del inmueble, y medidores remarcadores individualizados adjuntos a cada una de las casas que comprende el condominio además de los remarcadores de agua para consumo común. Para medir los consumos de estos inmuebles, la empresa proveedora del servicio, registra la lectura del medidor general y la de cada uno de los medidores remarcadores.

Posteriormente, la empresa suministradora del servicio emite una boleta individualizada para cada unidad habitacional acorde al consumo propio del periodo. Por otra parte, la empresa emite las boletas de los consumos comunes del condominio, los cuales deben ser costeados por la comunidad por lo que son incluidos en el cobro de gastos comunes que debe pagar cada casa. Este cobro se realiza según el modelo de casa en factor de los m² construidos. La

problemática subyace en que el consumo común en el Condominio Altos de Viña, cada mes es más elevado, llegando casi a los 950 m³ consumidos anualmente, lo que afecta directamente las finanzas de los habitantes del condominio. Estos valores se suponen producto del uso de agua potable en riegos de jardines de áreas comunes

Por tanto, el reciclaje de las aguas grises podría constituir una alternativa favorable para el aprovechamiento del agua procedente de lavamanos y duchas de cada unidad del conjunto habitacional mediante la construcción e implementación de una planta de tratamiento de aguas grises, la que tendrá por fin, entregar un volumen de agua gris tratada, la cual cumpla las normativas para poder ser usadas en el riego de las áreas verdes del condominio.

1.2 Objetivo general

Proponer un sistema de reutilización de aguas grises, para el Condominio Altos de Viña II.

1.2.1 Objetivos específicos

- ✓ Identificar las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas grises en el momento de la recolección.
- ✓ Determinar los procesos químicos, físicos y biológicos que requieren las aguas grises para la reutilización.
- ✓ Diseñar una planta de tratamiento de aguas grises para su reutilización en el condominio Altos de Viña II.
- ✓ Diseñar la red de recolección de las aguas grises y distribución de las aguas tratadas para el condominio Altos de viña II
- ✓ Valorar la rentabilidad de la implementación del sistema de reutilización de aguas grises en el condominio Altos de Viña II.

1.3 Alcances

Los alcances para esta investigación están determinados por el carácter de esta, así como las condiciones que se cuentan para realizarla. Estos alcances, son entonces, las limitaciones o condiciones de borde que regirán para la ejecución de la investigación.

- Para la toma de muestras, se consideró un total de 5 casas las cuales fueron escogidas a criterio del investigador en base al consumo de agua potable de cada una de las viviendas.
- Los puntos donde fue tomada la muestra de agua gris fueron los lavamanos y tinas. Se consideró entonces una muestra por cada punto de aforo distinto, por cada una de las 5 casas que representaron el universo muestrario.
- Los parámetros por cuantificar y evaluar, para con las muestras, fueron los indicados en la ley n° 21.075.
- Los usos destinados al agua gris tratada fueron determinados exclusivamente según lo indicado en la tabla n° 2, artículo 35, del “Reglamento sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises”

1.4 Hipótesis

El sistema de reutilización de aguas grises reemplazará el consumo común de agua potable, en el Condominio Altos de Viña II, lo que redundará positivamente en las finanzas comunes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Agua

Es una sustancia fundamental para la existencia de la vida que a la temperatura media del planeta Tierra es un líquido normalmente inodoro, insípido e incoloro, salvo en grandes cantidades, que es de color azulado. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0° C y su punto de ebullición de 100° C. Está compuesto de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno en los que se descompone a temperaturas elevadas. Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal, pudiendo disociar, descomponer y transportar numerosas sustancias. (Díaz, 2013)

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. La sangre de los animales y la savia de las plantas contienen una gran cantidad de agua, que sirve para transportar los alimentos y desechar el material de desperdicio. El agua desempeña también un papel importante en la descomposición metabólica de moléculas tan esenciales como las proteínas y los carbohidratos. Este proceso, llamado hidrólisis, se produce continuamente en las células vivas.

Es el líquido más ampliamente distribuido en la naturaleza. Se compone de dos partes de hidrógeno y una de oxígeno. Representa alrededor del 70% de la superficie de la tierra. Más del 97% de toda el agua de la tierra es salada y menos de un 3% es dulce. Este último porcentaje es el que el hombre puede utilizar para beber, regar los campos, lavar la ropa, asearse, entre otras actividades. La mayor parte del agua dulce (2,4%) está retenida en los casquetes polares. Se estima que los seres humanos necesitamos, aproximadamente 3 litros de agua al día para garantizar nuestra sobrevivencia, ya sea como líquido o incluida en otros alimentos y alrededor de 80 litros para cubrir nuestras necesidades de comida y aseo diario.

2.1.1. Agua Potable

El Agua Potable es aquella que es destinada al consumo humano y que satisface las características físicas, químicas, bacteriológicas, biológicas y radiológicas que establezca la autoridad sanitaria competente con sus correspondientes normas y que abastece una edificación (Díaz, 2013). El agua potable es incapaz de transmitir enfermedades, libre de toxicidad, de concentraciones excesivas sustancias minerales y orgánicas; agradable a los sentidos y apta para el consumo humano. El agua potable como tal, debe reunir ciertas características físico- químicas, biológicas y bacteriológicas (Hammer, 2016)

- Desde el punto de vista bacteriológico: el agua no debe contener organismos causantes de enfermedades, ni otros que tengan su origen en la fauna o en la flora intestinal humana o animal. La calidad bacteriológica, está definida por la ausencia de organismos del grupo coliforme.
- Desde el punto de vista biológico: las aguas no deben ser propensas a la reproducción de algas, pues estas, además de transmitirle color, le producen mal sabor. Esto se consigue al no existir o minimizar los nutrientes esenciales para su crecimiento y reproducción, estos nutrientes son el nitrógeno y el fósforo; este último es un factor limitante, por lo que la concentración de fósforo en el agua debe ser menor de 0.01 mg/lts.
- Desde el punto de vista virológico: se establece que casi todos los virus que afectan al hombre son eliminados por el cloro; con una concentración de cloro residual igual o mayor a 0.5 ppm por hora.
- Desde el punto de vista radioactivo: Los niveles de radioactividad se establecen según recomendaciones de la O:M:S (Organización Mundial de la Salud), donde se acota la actividad $\alpha < 3$ pCi/lts y la actividad $\beta < 30$ pCi/lts.
- Desde el punto de vista fisicoquímico: hay ciertas sustancias químicas y propiedades físicas que influyen en la aceptabilidad del agua.

2.1.2. Aguas Residuales

La ley n° 21.075 define las aguas residuales como “aquellas que se descargan después de haber sido utilizadas en un proceso o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para dicho proceso.” A la vez, la norma define como las aguas servidas domesticas a aquellas aguas residuales que contienen los desechos de una edificación, compuestos por aguas negras y aguas grises.

2.1.2.1 Aguas Negras

Los constituyentes de las aguas negras comprenden sólidos, líquidos y gases. Las aguas negras contienen generalmente una porción inferior a 0.1% o 1.000 ppm de sólidos totales, correspondientes a las sales originalmente presentes en el agua más las sustancias orgánicas derivadas de ella y de los residuos industriales. Químicamente, las aguas negras contienen sustancias de origen vegetal, animal y mineral. Las dos primeras constituyen la materia orgánica que corresponde aproximadamente a 50% de los sólidos, estas se desdoblan convirtiéndose en almidones, grasas, proteínas e hidratos de carbono.

Biológicamente, las aguas negras contienen un gran número de organismos, entre los cuales predominan bacterias (la mayor parte son beneficiosas e imprescindibles para la transformación y estabilización de la materia orgánica). Por otra parte, puede incluir organismos patógenos, lo que las hacen potencialmente peligrosas para la salud de la comunidad. Existe aún la creencia por parte de muchos ingenieros sanitarios que toda el agua sucia es la misma agua residual. Sin embargo, hay variaciones muy importantes que se pueden hacer entre aguas grises y aguas negras para la protección medioambiental, importantes implicaciones para su tratamiento y ahorros significativos. (Mavarez, 2016)

2.1.2.2 Aguas Grises

La ley n° 21.075 define las aguas grises como: “aquellas aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras”. Esta agua no es tan peligrosa para la salud como las aguas negras (las que provienen de los excusados y tienen restos fecales), pero si contienen cantidades significativas de nutrientes, materia orgánica y bacterias.

2.1.3 Diferencias entre aguas Grises y Aguas Negras

Las fuentes de las aguas grises son: lavaplatos, lavamanos, ducha, lavadora y lavavajillas. Ninguna de estas fuentes arrastra organismos que puedan contener enfermedades en la misma magnitud que lo pueden hacer los excusados o wc. Las aguas negras contienen además de las heces, celulosa proveniente del papel higiénico y cantidades elevadas de nitrógeno (de la orina) que requieren oxígeno para la nitrificación. Las aguas grises contienen solo 1/10 del nitrógeno comparado con las aguas negras. El nitrógeno (como nitrito y nitrato) es el más serio y difícil de retirar como agente de polución que afecta al agua potable. Las aguas grises tienen menos nitrógeno y no es necesario que lleve el mismo proceso de tratamiento de las aguas negras. (Mavarez, 2016)

Las aguas negras son la fuente principal de los patógenos humanos. Los organismos que amenazan la salud no crecen fuera del cuerpo (a menos que estén incubados) pero son capaces de sobrevivir especialmente en las heces humanas. Separando las aguas grises de las aguas negras se reduciría dramáticamente el peligro expuesto por estos organismos patógenos, pudiendo así ser reutilizadas sin causar efectos secundarios. El contenido típico de las aguas grises se descompone mucho más rápido que el contenido típico de las aguas negras; es decir, que la materia orgánica de las aguas negras continuara consumiendo oxígeno para descomponerse mucho más allá del punto de desagüe, caso contrario en las aguas grises. Si las aguas grises no se tratan por unos días se comportarán como aguas residuales, ambas desarrollarán malos olores (al convertirse en anaeróbica) y ambas contendrán gran número de bacterias. La clave del éxito en el tratamiento de las aguas grises reside en el inmediato proceso y reutilización, antes de haber alcanzado el estado anaeróbico.

2.3. Clasificación de las Aguas

Herman (2015) expresa que el termino calidad implica una virtud o atributo, pero cuando se aplica al caso del agua, tal virtud o atributo, no es de ninguna manera constante, es decir, que una determinada característica puede ser una virtud para una determinada clase de agua, pero al mismo tiempo puede ser un defecto para otra clase, lo que se explica según el uso o usos particulares a que sean destinadas las aguas. La calidad de agua se define en base a una serie de características expresadas cuantitativamente, denominadas parámetros, los cuales por su naturaleza pueden ser físicos, químicos y bacteriológicas (microbiológicos y toxicológicos). Los usos del agua se derivan de las funciones que desempeña ella en la naturaleza, que aun cuando pueden ser discriminados en un gran número, ella juega en si dos papeles fundamentales, como material y como disolvente. En la mayoría de los casos es posible señalar cuál de las dos funciones está ejerciendo, aunque en muchos cumple una función dual, o sea, hace las veces de material y de disolvente al mismo tiempo. Es importante señalar que no todos los usos son compatibles con la cantidad y calidad requerida. Algunos de ellos son domésticos, industriales, agropecuarios, navegación, generación de energía, recreacional, etc.

2.4. Calidad del agua

Es la condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos. La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre substratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidad apreciable la sílice. (Herman, 2015)

La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos, y la pérdida de calidad será menor. Por otra parte, la temperatura tiene relevancia, ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de la temperatura.

2.5. Indicadores de calidad del agua

Los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoniaco, compuestos fenólicos, hidrocarburos derivados del petróleo, cloro residual,

cinc total y cobre soluble. También se pueden emplear bioindicadores para evaluar la calidad media que mantiene el agua en periodos más o menos largos. Para ello se usan diferentes grupos biológicos.

2.6. Contaminación del Agua

Es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos. Los tipos de contaminantes son:

Contaminantes orgánicos: Los compuestos orgánicos son compuestos formados por enlaces largos, generalmente de carbono. Muchos compuestos orgánicos son tejidos básicos de los organismos vivos. Las moléculas formadas por carbono y por carbono e hidrógeno son apolares y no son solubles en agua o son poco solubles en agua. Tienen de poca a ninguna carga eléctrica. El comportamiento de los compuestos orgánicos depende de su estructura molecular, tamaño y forma y de la presencia de grupos funcionales que son determinantes importantes de la toxicidad. Todos los compuestos orgánicos que son peligrosos para la salud son producidos por el hombre y sólo han existido durante el último siglo. (Herman, 2015)

Existen muchos tipos diferentes de contaminantes orgánicos, algunos ejemplos son:

- Hidrocarburos
- Los PCB's (son utilizados como fluidos hidráulicos, fluidos refrigerantes o de aislamiento en transformadores y plastificadores en pinturas)
- Los insecticidas
- Detergentes orgánicos.

Contaminantes inorgánicos: Algunos contaminantes inorgánicos no son particularmente tóxicos, pero aun así son un peligro para el medio ambiente porque son usados extensivamente. Estos incluyen fertilizantes, tales como nitratos y fosfatos. Los nitratos y fosfatos provocan auges algales globales en las aguas superficiales, lo que hace que el nivel de oxígeno en el agua disminuya. Esto provoca un stress oxigénico debido a la toma de oxígeno por parte de los microorganismos descomponedores de algas. A esto se le llama eutrofización.

- Fertilizantes inorgánicos.
- Metales.
- Isótopos radiactivos

Contaminantes habituales en las aguas residuales:

- Arenas: Partículas de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.
- Grasas y aceites: Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que, al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas.
- Residuos con requerimiento de oxígeno: Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se van a llevar a cabo un consumo de oxígenos del medio. Estas oxidaciones van a realizarse bien por vía química o bien por vía biológica.
- Nitrógeno y fósforo: Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.
- Agentes patógenos: Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.
- Microorganismos: Dentro de los microorganismos conocidos existe los productores, consumidores y descomponedores, estos han sido clasificados dentro de un género conocido como protista
- Proteínas: Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.
- Carbohidratos: Proceden de excretas y desperdicios; se incluye en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas.

2.7. Reutilización de las Aguas Grises

El suministro de agua potable se considera una condición necesaria para garantizar una calidad de vida digna, lo que ha supuesto un esfuerzo de tratamiento de agua y de construcción de una red de suministro que llegue a todas las viviendas. Sin embargo, muchos usos diarios se pueden solucionar con aguas no potables, como la de las aguas grises. Los sistemas de reutilización de aguas grises están pensados para fomentar el uso racional del agua, haciendo una diferenciación entre las diferentes calidades de agua: el agua potable se reserva para el consumo humano, mientras que las aguas grises procedentes de lavadoras, duchas y bañeras

pueden servir para alimentar las cisternas de los inodoros y riego de áreas verdes, en las que, hasta ahora, solo se utiliza agua potable, dándole una función innecesaria. (Mackenzie,2015)

El uso más común de las aguas grises es para el llenado de estanques de los wc, que no requieren grandes volúmenes de agua y mucho menos de alta calidad; de este modo, se ahorrara aproximadamente 50lts/persona x día de agua potable. La agricultura es el uso que mayor demanda del agua supone a nivel mundial. El riego de tierras agrícolas supone la utilización de un 70% de los recursos hídricos en el mundo. El agua usada para regadío proviene de fuentes naturales (agua de lluvia y superficial de escorrentía, lagos y ríos); y alternativas (reuso del agua municipal y agua de drenaje). En cualquier caso, el uso de agua reciclada puede tener efectos adversos para la salud pública y el medio ambiente. Esto dependerá de la aplicación/uso que se le dé a esta agua reciclada, características y limitaciones de suelo, condiciones climáticas y prácticas agrícolas. Por lo tanto, es imprescindible que todos estos factores sean tenidos en cuenta en la gestión del agua reciclada. (Diloreto, 2014)

La reutilización de agua para la agricultura es muy ventajosa porque los tratamientos de aguas residuales son a menudo moderados, las aguas residuales contienen nutrientes para las plantas y enmendadores del suelo. Los principales problemas de contaminación son la percolación del nitrato a las aguas subterráneas, y la retención de metales pesados en los suelos. Para eliminar los compuestos orgánicos del efluente, se puede usar un tratamiento biológico, seguido de una filtración profunda de arena. Para la eliminación de patógenos es necesaria una desinfección más profunda. Esta se puede realizar por medio de: Tratamiento con ozono o Desinfección por UV.

La ley n° 21.075 estipula los usos permitidos para las aguas grises tratadas. El artículo 31 del reglamento identifica los siguientes usos:

- Urbanos. En esta categoría se incluyen el riego de jardines o descarga de aparatos sanitarios.
- Recreativos. Esta categoría incluye el riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.
- Ornamentales. En esta categoría se incluyen las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
- Industriales. Incluye el uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.
- Ambientales. Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental.

El artículo 34 del reglamento indica, que para el riego de áreas verdes o jardines de viviendas individuales se deberá considerar solamente las aguas grises generadas por los lavamanos, tinas y duchas.

Si bien el artículo n° 34 no menciona dentro de ese criterio, el riego de áreas verdes para viviendas colectivas, por lo que a juicio del investigador, se propone hacer valer el artículo n° 34 del reglamento, para las aguas destinadas a usos de riego de áreas verdes en viviendas colectivas.

2.8. Plantas de Tratamiento

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de modificar las características fisicoquímicas y biológicas de las aguas, y así remover los contaminantes microbiológicos presentes en ellas, hasta llevarlos a los límites o parámetros de calidad establecidos dependiendo del tipo de agua deseado. Entre los tipos de planta de tratamiento se encuentran:

Plantas de Tratamiento Limitado: en general, este tipo de plantas tienen una fuente de agua de alta calidad y emplean técnicas de tratamiento muy específicas que se enfocan hacia asuntos muy concretos de la calidad del agua. Entre estas técnicas están la desinfección, el control de la corrosión, la fluoración, la eliminación de hierro o manganeso y el ablandamiento. De acuerdo con la mayor parte de los reglamentos, las plantas de tratamiento limitado solo se usan para tratar agua subterránea proveniente de una fuente que no ha sido tratada.

Plantas de Coagulación: se suelen usar para tratar agua superficial, emplea técnicas como: mezclado rápido, floculación, sedimentación, filtración y desinfección para eliminar color, turbiedad, sabor, olores y bacterias. Otras operaciones más suelen incluir barras o tamices gruesos. Mientras más contaminada es una fuente de agua, el tratamiento que requiere será más extenso y costoso.

Para las plantas de tratamiento de aguas grises, suelen usarse metodologías similares a las plantas de tratamiento de agua potable, con la diferencia en los estándares que se requieren obtener para cada una de las aguas tratadas.

Los tratamientos, se pueden clasificar en:

- Tratamientos fisicoquímicos: Eliminación de sólidos e inhibición de microorganismos por medios físicos y químicos
- Tratamientos biológicos: Eliminación de los contaminantes solubles mediante procesos biológicos en condiciones aeróbicas

Los tratamientos fisicoquímicos consisten en una inactivación química de los microorganismos combinado con una eliminación mecánica de los sólidos suspendidos y acondicionamiento previo del agua gris. Los sistemas biológicos se basan en la degradación de la materia orgánica presente en las aguas grises mediante microorganismos, cuyo crecimiento se produce aportando oxígeno al sistema.

2.8.1. Tratamiento del Agua

El tratamiento del agua es un proceso de naturaleza física-química y biológica, mediante el cual se eliminan una serie de sustancias y microorganismos que implican riesgo para la salud o le comunican un aspecto o cualidad no deseables. La eficacia del tratamiento del agua en la reducción de las enfermedades que esta transmite depende de la calidad del agua en origen y del proceso seguido en el sistema de tratamiento. Los agentes patógenos transmitidos por el agua, que pueden causar enfermedades, provienen generalmente de sistemas hídricos con inadecuados tratamientos, (Herman, 2005).

2.8.2. Procesos Convencionales

- **Aireación**

Es el proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el fin de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. En resumen, es el proceso de introducir aire al agua. Las funciones más importantes de la aireación son: transferir oxígeno al agua, disminuir la concentración de CO₂, disminuir la concentración de H₂S, remover gases como metano, cloro y amoníaco, oxidar hierro y manganeso., remover compuestos orgánicos volátiles, remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores.

En tratamiento de aguas residuales la función más común del sistema de aireación es la de transferir oxígeno al líquido, a las tasas requeridas para que el oxígeno no limite la utilización de la materia orgánica y las funciones metabólicas de los microorganismos. La aireación representa una de las operaciones de uso más intensivo de energía en los sistemas de tratamiento, mediante equipos de aireación difusa, equipos de turbina y aireadores mecánicos. En aguas residuales se utilizan aireadores por difusores y aireadores mecánicos superficiales o sumergidos.

- **Mezclado**

Rápido: La mezcla rápida se logra mediante la instalación de un dispositivo, en la tubería de aducción de agua cruda a la planta de tratamiento. El dispositivo de mezcla rápida diseñado consiste en un tubo de 1.50 m de longitud, el cual tiene en su interior, instalados a tercios de la longitud total, el tubo de inyección de coagulante, y una placa orificio. El tubo de inyección de coagulante está introducido hasta la generatriz media del tubo de aducción, que normalmente debe ser de 200 mm de diámetro. La placa perforada tiene un orificio de diámetro $d=0,5D$, donde D es el diámetro de la tubería de aducción.

Dicha placa perforada estará colocada 0.50 m aguas abajo del tubo inyector de coagulante, de modo de desarrollar el proceso de coagulación en un ambiente de elevados gradientes de velocidad. El objetivo es que, una vez estabilizadas las partículas, la colisión entre ellas permita el crecimiento de los microfloculos, apenas visibles a simple vista, hasta formar mayores floculos. Esta fase constituye la base primordial de todo proceso de tratamiento integral, sin una

floculación efectiva el resto del proceso se vera mermado en su eficiencia, lo que obliga a una cuidadosa atención de esta fase. La floculación inmediata a una coagulación química del agua tiene por objetivo la remoción de: turbiedad orgánica e inorgánica; color real y aparente; bacteria y otros patógenos; algas y otros organismos platónicos; sustancias productoras de olores y sabores.

En la eficacia de la coagulación influyen diversos factores entre los que destaca el pH y otras características físico- químicas del agua, así como una adecuada energía de agitación rápida para conseguir una apropiada dispersión del coagulante y proporcionar las necesarias colisiones entre las partículas para conseguir una óptima coagulación. El tiempo de esta mezcla rápida, en la correspondiente cámara de mezcla, suele ser del orden de 1 a 3 minutos. También depende básicamente de la relación entre los mecanismos de coagulación predominantes, los parámetros de mezcla rápida y las condiciones químicas de dosificación. Se ha demostrado que los parámetros de mezcla: gradiente de velocidad y tiempo de retención, son importantes para optimizar el proceso cuando el mecanismo de coagulación predominante es el de adsorción; si el mecanismo de coagulación es el de barrido, los parámetros de mezcla son indiferentes.

Lento: La mezcla se da a una velocidad de agitación baja y en un tiempo mayor, para que las partículas o coloides se aglomeren y formen flóculos. La etapa de floculación ocurre una vez neutralizadas casi todas las cargas de los coloides, por cargas inducidas por el coagulante (sulfato de aluminio) y los flóculos empiezan a ensancharse o a tomar mayor tamaño.

- **Sedimentación**

La misión de la de la sedimentación es eliminar partículas, que pueden proceder de sustancias disueltas, que por la vía de la oxidación han pasado a insolubles o por las propias partículas coloidales en suspensión existentes en el agua bruta, la mayoría de las cuales por coagulación -floculación han pasado a ser sedimentables. Otras sustancias disueltas pueden quedar adheridas o adsorbidas por los coágulos-flóculos y son eliminadas de esta forma. Una vez formados los flóculos por la agregación de las partículas coloidales en suspensión, hay que proceder a la separación de éstas. Esta separación, si no se está siguiendo el proceso de filtración directa, tiene lugar por sedimentación en los decantadores. La sedimentación se realiza en decantadores o sedimentadores que son tanques de capacidad variable, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Decantadores de flujo horizontal o sedimentadores, con mezclas rápidas de los productos químicos efectuadas antes de entrar en el decantador el agua cruda.
- Decantadores de flujos verticales o clarificadores, con mezclas rápidas de los productos químicos en el agua cruda, efectuados en la cámara de floculación previa. El agua

floculada pasa mediante inyección pulsada o sin ella a través de mantos de lodos en suspensión formados previamente.

- Decantadores de circulación aceleradas de los lodos o clarificadores de contacto de sólidos suspendidos. Se trata de unidades que cambian mezclas, clarificación y remoción de todos en un solo conjunto. La coagulación tiene lugar en presencia de flóculos formados previamente, los cuales son retenidos en la unidad para mantener un alto margen de floculo concentrado. Los productos químicos son mezclados con el agua cruda antes y en el clarificador.

El objetivo primordial de una buena sedimentación es lograr remover la turbiedad, tanto natural como coagulada. Normalmente la retención de velocidad del agua que se produce en esta zona es de 40 minutos a una hora. Los decantadores en su tramo final poseen vertederos en los cuales se capta la capa superior del agua – que contiene menor turbiedad – por medio de estos vertederos el agua pasa a la zona de filtración.

- **Filtración**

Se emplea para obtener una mayor clarificación y generalmente se aplica después de la sedimentación. Hay muchos tipos de filtros con características que varían de acuerdo con su empleo, la más usual se realiza con un lecho arenoso de unos 100 por 50 metros y 30 centímetros de profundidad. En esta capa actúan bacterias inofensivas que descomponen la materia orgánica presente en el agua en sustancias inorgánicas inocuas. Los filtros más útiles en el medio rural son los que se construyen con grava y arena.

- **Desinfección**

Consiste en la adición de una sustancia química que permita la destrucción de ciertas bacterias y virus nocivos para la salud humana. La desinfección no implica necesariamente la destrucción completa de todos los organismos vivos, es decir, los procesos de desinfección del agua no siempre acaban en el punto de esterilización.

Entre los organismos productores de enfermedades se incluyen las bacterias, una gran variedad de virus, protozoos intestinales y algunos microorganismos. Otros organismos que podemos considerar más bien molestos desde el punto de vista estético que de causantes de enfermedades, son también afectados en los procesos de desinfección. Algunos de los organismos mencionados, incrementan su resistencia al desinfectante al encontrarse rodeados o incrustados en materiales en suspensión, algas, etc., y ser más inasequibles a los desinfectantes químicos. Si en el agua se tiene presencia de materia orgánica y otras sustancias oxidables, quedará disminuida la cantidad de desinfectante disponible para realizar la desinfección.

Un buen desinfectante debe ser capaz de destruir microorganismos patógenos; debe hacerlo a temperatura del sitio, y en tiempo adecuado, no debe hacer toxica el agua ni afectar su sabor, su concentración en el agua debe ser fácilmente determinable y debe permanecer en el agua, para evitar nuevos contaminantes.

2.9. Red de recolección de las aguas grises crudas.

En la construcción de las edificaciones, una de las especialidades más importantes es el diseño de la red de instalaciones sanitarias, debido a que debe satisfacer las necesidades básicas del ser humano. Las instalaciones, sanitarias, deben proyectarse y principalmente construirse, procurando sacar el máximo provecho de las cualidades de los materiales empleados, e instalarse en la forma más práctica posible, de modo que se eviten reparaciones constantes e injustificadas, previendo un mínimo mantenimiento.

En la actualidad, estos proyectos de especialidad suelen consistir en redes, generalmente compuestas por tubos y accesorios de PVC de diferentes diámetros, los cuales recolectan tanto las aguas grises, como las aguas negras, dirigiéndolas como un conjunto, hacia el colector de aguas servidas.

Para el aprovechamiento de las aguas grises, lo primero es lograr la recuperación de estas, a través de una red totalmente independiente, lo cual permita el fácil acceso a las aguas grises que serán tratadas con el fin de reutilizarlas en las labores permitidas. Estas redes no difieren en cuanto a materialidades respecto de las redes de alcantarillado, ya que también pueden ser constituidas por tubos y accesorios de PVC. Lo que si se debe tener en cuenta son las restricciones que las entidades competentes disponen para la ejecución de este nuevo tipo de redes.

El proyecto de reglamento sobre las condiciones sanitarias básicas para la reutilización de las aguas grises, elaborado por el ministerio de salud, en su título II, plantea 13 artículos sobre el diseño de la planta de tratamiento de aguas grises así como las redes asociadas a esta. Dentro de estos artículos podemos encontrar disposiciones como el color que deben tener las tuberías de las aguas grises crudas y tratadas, las cuales deben ser de color morado, así como también estipula la ubicación de estas redes cuando se generan atravesos y paralelismos con redes de agua potable y alcantarillado.

Por lo tanto, si bien las redes de recolección de las aguas grises crudas, pueden ser construidas en materialidades idénticas a las redes de alcantarillado, es importante tener en cuenta las disposiciones de este reglamento para que el proyecto se encuentre dentro del marco legal.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación estará enmarcada dentro del tipo descriptiva no experimental, puesto que en la misma se permitirá describir de forma detallada todos aquellos hechos y características que guardan relación con el evento en estudio de forma directa, en cuanto a proponer un sistema de gestión de aguas grises, en el Condominio Altos de Viña II. En relación con el nivel descriptivo de la investigación, Arias F. (2016), señala:

La investigación descriptiva tiene consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.

El tipo de investigación está referida al grado de profundidad con que se abordará el objeto en estudio o fenómeno, que permitirá determinar los pasos a seguir para la realización del proyecto y que se caracteriza por generar datos de primera mano. En cuanto a la investigación es No-Experimental, puesto que se pretende proponer un sistema recolección, reutilización y disposición de aguas grises, en el Condominio Altos de Viña II, y estas aguas grises no son manipuladas para atribuirle condiciones particulares sino son tratadas en función de las características que presentan y el diseño de las nuevas tuberías de aguas grises se harán a partir de las existentes. De igual forma el muestreo se realiza una sola vez, en un determinado momento a fin de describir sus cualidades.

3.2 Metodología de la Investigación

3.2.1 Diseño metodológico

Se procederá a recolectar un volumen de aguas grises, descrito a continuación, producidos durante la mañana, tarde y noche en un día, en tinas de baño o duchas, lavamanos, de las casas que pertenecerán a la muestra, las que serán escogidas de acuerdo a criterios señalados en los puntos 3.2.2 y 3.2.3, a través de actividad previa que consistirá en retirar los sifones correspondientes y colocar envases calibrados de 5 litros para la recolección, totalizando 10 envases, a fin de lograr contar con una muestra representativa que permitirá identificar las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas grises, cuyos ensayos serán realizados en el laboratorio SILOB, donde serán analizadas siguiendo con la metodología descrita en el *“Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” 20th Edition, 1999* y las normativas chilenas existentes.

Los resultados obtenidos se compararán con los límites máximos o rangos permitidos por el *“Reglamento sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises, del Departamento de Salud Ambiental”*, en su Título IV Del reuso y la calidad de las aguas grises tratadas. Con estos cálculos de volumen, se determinará un Balance hídrico que determinará el volumen de aguas grises generado por las viviendas del Condominio, y con dicha cifra se diseñará la red de distribución y la planta de tratamiento.

Para el diseño de la red de aguas grises, se tomará en cuenta los planos de cada unidad habitacional, la determinación exacta del paso de tuberías entre las paredes, losa de piso y ductos para así llegar y salir de todas las piezas sanitarias. Es por ello que previo al diseño, se estudiará y considerará el método constructivo de cada obra.

Para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Grises, la misma estará determinada por la calidad y la cantidad del agua que va a ser tratada; el número de procesos a seguir para condicionar el agua para el reuso y la velocidad con que se desarrollan; la localización y ubicación; el tipo de materiales que serán empleados; condiciones meteorológicas y la viabilidad económica. Una vez determinada la ubicación y conociendo las características de las aguas grises, se establecerán los tipos de tratamientos a los que será sometida el agua siguiendo cada uno un proceso lógico y secuencial apropiado para garantizar la efectividad del sistema.

Para valorar la rentabilidad de la reutilización de aguas grises en el Condominio, se realizará a través del examen del cálculo de los costes y beneficios sociales del proyecto y la medida en que éstos pueden incidir en el resultado final. Asimismo, ofrecerá orientaciones sobre el cálculo de la tasa de rendimiento económico y ayudará a comprender el significado económico de dicha tasa de cara a la evaluación del proyecto

3.2.2 Población y selección de la muestra

Para el estudio se seleccionó el Condominio Altos de Viña II, ubicado en la calle Sendero Sur 295, Viña del Mar, contentivo de 42 casas, los cuales conforman la población del estudio, según Hurtado (2010) la población “se refiere a un conjunto de elementos, seres o eventos, concordantes entre sí en cuanto a una serie de características, de los cuales se desea obtener alguna información

Para la recolección de muestra de aguas grises se procederá al cálculo del tamaño muestral de la población infinita para lo cual se utilizará la técnica intencional que Hurtado (2010) considera que “la misma consiste en escoger una muestra representativa a juicio del investigador y en función del control que se pretende establecer, o con base en una serie de criterios que se consideran necesarios para tener una mejor aproximación al evento”. Para tales efectos el investigador consideró escoger un 10% de la población, caracterizadas por 5 casas escogidas al azar, pero con el criterio inclusivo del gasto diario del agua potable.

3.2.3 Recolección de Datos

Para Hernández, Fernández y Baptista (2018), “La revisión de literatura consiste en detectar, obtener y consultar la bibliografía y otros materiales que pueden ser útiles para los propósitos del estudio, de donde se deben extraer y recopilar la información relevante y necesaria que atañe a nuestro problema de investigación” La información será obtenida por medio de revisión de literatura en libros, manuales, tesis y consultas a diferentes páginas de Internet vinculadas directa o indirectamente al tema de investigación. Los documentos históricos de consumo de agua de las casas que comprende la población serán suministrados por la empresa suministradora de agua potable al condominio.

Los planos de las redes de alcantarillado existentes serán entregados por la empresa Esval.S.A. A, la cual suministrará la información necesaria para estudiar la red de tuberías existentes para poder, sobre la misma, proponer un sistema paralelo de recolección de las aguas grises.

Se estudiará los valores de consumo de agua potable en espacios comunes mes a mes, con la finalidad de estimar que meses del año son los que más se consume agua, y para calcular el valor de la oferta de aguas grises que será requerida para suplir la demanda del agua potable, utilizada en tareas de riego, a remplazar.

CAPÍTULO IV

EJECUCION DE LA EXPERIENCIA

4.1 Propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas grises en el momento de la recolección

Se procedió a la recolección de las muestras de agua gris. Este proceso debió ser realizado durante un solo día debido a la esterilización de los envases proporcionados, los cuales solo tenían 24 hrs, desde su recepción, para poder ser analizados en el laboratorio. Se pidió el permiso correspondiente en cada unidad escogida para realizar el muestreo.



Fig. 1 “Envases para muestreo” Elab. Propia



Fig. 2 “Cooler con muestras, una por cada punto de aforo” Elab. Propia

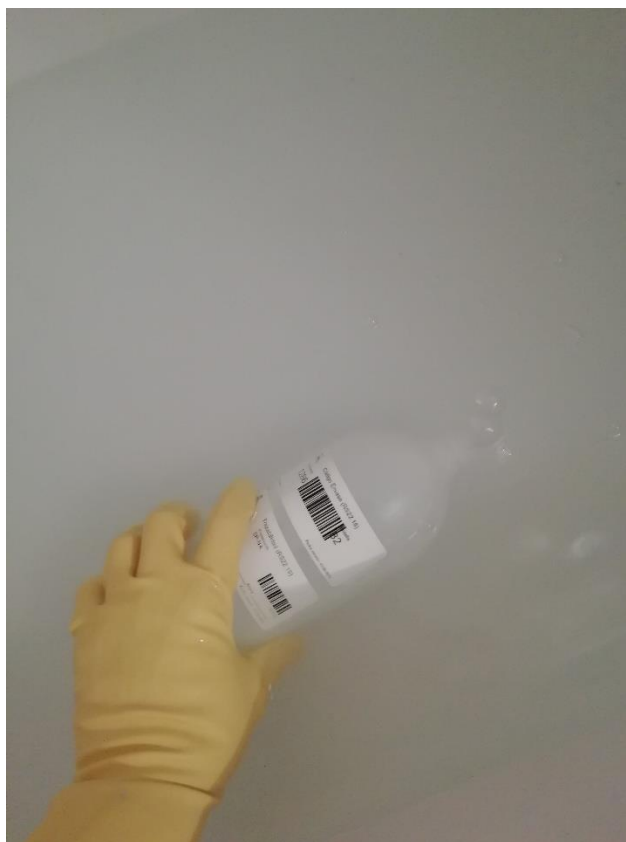


Fig. 3 “Recolección de agua gris de bañera” Elab. Propia

Una vez tomadas las muestras de aguas grises, estas fueron llevadas al Laboratorio Silob Chile, el día 21 de agosto del 2018, donde fueron analizadas. Los resultados de este

análisis fueron comparados con el Reglamento de la ley n° 21.075, sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises en su artículo 35, donde la tabla n° 2 establece la calidad exigida para el “*riego superficial de jardines particulares de edificaciones multifamiliares y áreas verdes recreacionales con libre acceso a las personas, tales como parques públicos, canchas deportivas y campos de golf*”. Esta tabla, del mencionado reglamento, será Objeto de comparación debido a que ella determina y cuantifica los criterios de aceptación para el uso al cual se quiere dar al agua a reutilizar.

Riego áreas recreativas y de servicios			
Parámetro	Unidad	Límite máximo	
		Riego superficial	Riego subsuperficial
DBO ₅	mg/l	30	240
SST	mg/l	30	140
CF	UFC/100 ml	200	1000
Cloro libre residual	mg/l	$0,5 \leq X < 2$	----
Turbiedad	UNT	10	----

Fig. 4 Fuente: Reglamento sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises.

Sera entonces tomado en cuenta la columna que rige para la actividad de riego superficial ya que el condominio actualmente ocupa esta técnica para el riego de sus áreas verdes.

Parámetros Físico – Químicos

Se obtuvieron resultados de 10 muestras con puntos de aforo distintos recolectadas de duchas y lavamanos. Se escogieron 5 casas, las unidades N° 3, 8, 12, 22, 39 las cuales obedecen a criterios de selección basados en el consumo de agua potable, y en la ubicación de estas al interior del condominio.

Las muestras correspondientes a lavamanos fueron realizadas mediante el retiro del sifón y la instalación posterior de un envase de 5 litros el cual recolectó el agua gris durante toda la jornada de muestreo. De este envase, fueron llenados los envases esterilizados y entregados por el laboratorio SILOB para el posterior análisis.

Las muestras correspondientes a las tinas fueron tomadas por los propios propietarios. Debido al difícil acceso a la pileta de la tina, a los propietarios de las casas escogidas para las muestras se les entrego los envases esterilizados proporcionados por el laboratorio SILOB, los cuales fueron llenados por ellos mismos en el momento en que utilizaron la tina, colocando un tapón al interior de ella, acumulando el agua, la que posteriormente fue utilizada para llenar los envases del muestreo.

Los resultados del análisis arrojaron que los parámetros fisicoquímicos de DBO₅ y SST sobrepasaron los límites permisibles, no así los parámetros CF, CL y T, valores que no sobrepasan siquiera la media.

Tabla 4.1 Parámetros Físico – Químicos aguas grises crudas

Unidad	Punto de Aforo	PARAMETROS				
		DBO5	SST	CF	CL	T
Casa N° 3	Lavamanos	30,2	39,2	41,25	0,4	2,9
	Tinas	30,4	40,9	40,9	0,3	3,32
Casa N° 8	Lavamanos	29,8	38,9	42,3	0,4	3,12
	Tinas	30,4	37,5	39,9	0,6	2,93
Casa N° 12	Lavamanos	32,5	38,7	40,1	0,3	2,95
	Tinas	29,7	41,2	40,5	0,3	2,8
Casa N° 22	Lavamanos	31	39,3	42,8	0,4	3,39
	Tinas	30,2	39,5	38,9	0,3	2,86
Casa N° 39	Lavamanos	31,8	40,1	44,1	0,4	2,78
	Tinas	34,5	42,7	41,75	0,6	2,8

Fuente: Análisis de muestras, Laboratorio SILOB Chile.

Tabla 4.2 Promedio Parámetros Físico – Químicos

Parámetros	Resultados promedios	Límites o Rangos permisibles	Metodología de ensayo
Demanda Bioquímica Oxígeno (mg/l) DBO ₅	31,05	30	NCh2313/5 Of.05
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l) SST	39,8	30	NCh 2313/3 Of.95
Coliformes Fecales (UFC/100ml) CF	41,25	200	NCh 2313/22 Of 95
Cloro libre residual (mg/l) CL	0,4	$0,5 \leq X < 2$	SM 22nd Edition Método 4500-Cl F
Turbiedad (UNT) T	2,99	10	SM 22nd Edition Método 2130 B

Fuente: Reglamento sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises

Estos valores indican que la calidad del agua gris no está apta para ser utilizada sin obtener proceso alguno, para los usos a las cuales serán destinadas, por lo que deben ser tratadas.

Es interesante conocer las concentraciones obtenidas para la eficiencia de tratamiento con procesos químicos, físicos y biológicos.

Demanda Bioquímica Oxígeno (mg/l):

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Este parámetro es una forma indirecta de medir la materia orgánica total presente en el agua residual, susceptible oxidarse biológica y químicamente.

Hernández et al. (2007) y Knerr et al. (2008) llegaron a la conclusión de que la relación de DQO de las aguas grises es de aproximadamente 50, lo que indica un buen potencial para el tratamiento biológico. Los valores reportados están por sobre el valor permisible. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno sea necesario para la depuración de esas aguas

Sólidos Suspendedos Totales (mg/l):

El residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante, según el resultado está por sobre los límites permisibles. Este tipo de sólidos como tales son difíciles de reducir siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante decantación.

Coliformes Fecales (UFC/100ml):

Son microorganismos de la familia de las Enterobacterias. Comprenden distintos géneros como: Escherichia, Enterobacter, Citrobacter, Serratia, Klebsiella. Son bacterias que viven en el tracto intestinal de animales de sangre caliente. Su presencia en el agua indica contaminación microbiana reciente sin informar de su origen y una deficiente calidad del agua, los resultados indican un resultado bajo al límite permisible.

Cloro libre residual (mg/l):

Este es un parámetro importante de control los procesos de desinfección con cloro sobre todo en agua potable, donde se establece un valor máximo de 0.5 a 1 mg Cl₂/l después de un tiempo de contacto de 30 minutos. En caso de agua residual destinada riego agrícola no se tiene estipulado un valor, sin embargo, se debe asegurar el contenido de coliformes (1000 UFC/100). Los valores resultaron estar por debajo de los parámetros permisibles.

Turbiedad (unidades de turbiedad nefelométricas: UNT):

Su comportamiento depende de la carga orgánica que esté presente en el agua junto con las demás sustancias que estén reaccionando con el cloro, dando como resultado la dispersión de partículas en suspensión y por ende incremento en la turbiedad, los valores obedecen a aguas poco turbias y debajo de los valores permisibles para aguas grises.

Se concluye entonces que el agua estudiada se encuentra apta biológicamente en sus parámetros fisicoquímicos para ser reutilizada luego de los procesos requeridos.

4.2 Determinación de los procesos químicos-físicos y biológicos que requieren las aguas grises para la reutilización.

Con el fin de acondicionar el agua para riego de áreas verdes comunes, será necesario el empleo de procesos físicos, químicos y biológicos. Dicho tratamiento debe constar de un tratamiento biológico y desinfección, el primero con el fin de degradar la materia biodegradable mediante microorganismos, lo cual disminuye la concentración de DBO_5 y a su vez los sólidos suspendidos totales aunque la turbidez es baja, debido en parte a baja concentración de microorganismos y al poco material en suspensión, si la desinfección se realiza con cloro es importante tener la dosificación adecuada para cumplir con la concentración de referencia del cloro residual.

Para el caso, teniendo en cuenta los niveles de sólidos suspendidos se recomienda contar con un tratamiento primario en el cual se logren extraer físicamente una buena parte de ellos, por ejemplo, por medio de micro cribas. Igualmente, para las aguas provenientes de todas las viviendas a continuación del tratamiento biológico podría remplazarse la desinfección por la colocación de membranas de micro o ultrafiltración.

La baja turbidez, caracteriza un agua apta para el uso de lavado de pisos y fachadas, aunque por la presencia de coliformes amerita de la misma forma tratamiento biológico complementado con desinfección o con la utilización de membranas de micro o ultrafiltración. Para el lavado de vehículos y utensilios, los requerimientos para este tipo de uso son prácticamente los mismos señalados, así como para su uso en riego de áreas verdes comunes.

A continuación, para la elección de los procesos químicos, físico y/o biológicos requeridos en la planta de tratamiento se consideraron tres atributos (cualidades o propiedades) significativos de evaluación, que incluyen elementos propios de la idea y perfil de proyecto, así como la operación y el mantenimiento de esta a saber: el atributo técnico, el económico y el ambiental basado en la Metodología de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Rodríguez (2015)

Para la cualidad o atributo técnico, considerado como los aspectos propios de la PTAR establecidos con el propósito de cumplir con la normatividad ambiental de vertimiento en cuerpos de aguas receptores y su rendimiento y/o eficiencia para la remoción de contaminantes presentes en el agua residual cruda, se establecen parámetros como: la confiabilidad (operación de la PTAR en condiciones ambientales ajustadas a su sitio de localización, ingreso de carga orgánica adecuada, poca variación en la temperatura (Bernal, 2003) y de concentración de contaminantes presentes en el agua residual); viabilidad (el proceso de construcción debe ser simple y efectuarse en corto plazo); flexibilidad (la tecnología en el tratamiento de aguas residuales debe producir agua residual tratada óptima en forma continua, con un mínimo de operación y de fácil mantenimiento); complejidad (operación con procesos y reactores sencillos y eficaces para tener un rendimiento óptimo en el tratamiento; generalmente los reactores más complejos no resultan siempre los más eficientes); accesibilidad (el grado de acceso a la PTAR debe ser fácil y adecuado con la tecnología seleccionada); requerimiento de análisis y controles (monitoreo constante de variables que afecten o que sean susceptibles en el proceso de tratamiento)

La cualidad o atributo económico es considerado como los aspectos relacionados con los costos de inversión, operación y mantenimiento que se puedan generar a partir de la puesta en marcha de la PTAR. Se suelen describir parámetros como: costos por m³ de agua residual tratada (costo de inversión, operación y mantenimiento de la PTAR, es decir la tecnología debe garantizar un agua residual tratada óptima al menor costo posible (Rojas, 2002), requerimiento de área (espacio físico para la instalar la PTAR y necesidades posteriores de expansión), empleo de energía (para la operación de procesos y operaciones unitarias en el tratamiento del agua residual), relación con otros proyectos (la tecnología seleccionada debe tener relación con otros proyectos locales y regionales, con el propósito de lograr la articulación entre proyectos), requerimiento personal calificado (personal con capacidad técnica y alto nivel tecnológico para la operación, mantenimiento y reparación de los procesos y operaciones unitarias de tratamiento de aguas residuales) y participación local (aprovechamiento de oportunidades técnicas, administrativas y legales en el ámbito local de desarrollo del proyecto).

Para la cualidad o atributo ambiental, considerado como las propiedades ambientales que pueda tener la PTAR en términos de los impactos generados en su entorno, se describen parámetros como: generación de olores, ruido, espumas, impacto estético, reutilización del agua residual tratada y estabilidad de la PTAR. La metodología propuesta de selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales expone una función ponderada de agregación de producto o de promedio geométrico ponderado de la siguiente forma:

Tabla 4.3 Descriptores y cualificación por parámetro

DESCRIPTOR	VALOR NUMÉRICO ASIGNADO	CUALIFICACIÓN
Bajo	10	Importancia relativa más baja
Medio	20	Importancia relativa media
Alto	30	Importancia relativa alta

Fuente: Metodología de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Rodríguez (2015)

A partir de los parámetros y los valores numéricos asignados por cada parámetro, se desarrolla una matriz de evaluación por cada alternativa de tratamiento de aguas residuales, que permite ejecutar la valoración técnica, económica y ambiental de aspectos cuantitativos y cualitativos de las diferentes opciones de tecnologías. El de menos total ponderado será el óptimo a nivel técnico, económico y ambiental.

Tabla 4.4 Matriz de evaluación de técnicas de planta de tratamiento

ATRIBUTO	PARÁMETRO	Tratamiento físico – químico		Tratamiento biológico	
		Valor Asignado	Total Ponderado	Valor Asignado	Total Ponderado
TÉCNICO	Confiabilidad	30	30	30	30
	Viabilidad	20	20	30	30
	Flexibilidad	10	10	30	30
	Complejidad	30	30	10	10
	Accesibilidad	30	30	10	10
	Requerimiento de análisis y controles	30	30	10	10
ECONÓMICO	Costos (inversión, operación y mantenimiento)	30	30	10	10
	Requerimiento de área	10	10	30	30
	Empleo de energía eléctrica	30	30	10	10
	Relación con otros proyectos	10	10	20	20
	Requerimientos de personal calificado	30	30	20	20
	Participación local	30	30	10	10
AMBIENTAL	Generación de olores, ruidos y espumas	20	20	10	10
	Impacto estético	20	20	20	20
	Reutilización de aguas tratadas	30	30	30	30
	Estabilidad de la PTAG	30	30	30	30
TOTAL		390		290	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados manifiestan que el tratamiento biológico resultó técnica, económica y ambientalmente óptimo, éste será un proceso eminentemente biológico basado en los criterios de plantas de coagulación y floculación convencionales.

4.3 Parámetros para el diseño de la planta de tratamiento de aguas grises

La planta de tratamiento de aguas grises debe ser diseñada y dimensionada respecto de la función para la cual se utilizarán las aguas grises tratadas, el volumen de agua solicitado para cubrir esas labores así como la cantidad de agua gris cruda que pueda recolectarse. Es por esto que para diseñar la planta de tratamiento de aguas grises para el condominio Altos de Viña II se realizaron los siguientes procedimientos.

El 1er procedimiento consistió en determinar el volumen de agua consumido por el condominio para las faenas de riego, por lo cual se consultó con el administrador del colectivo, la información de esta, para lo cual facilitó las facturas emitidas por Esval S.A durante los periodos de marzo 2016/2017 y marzo 2017/2018

Estas facturas detallan la información del consumo total del condominio, así como el valor de cada remarcador individual, tanto de las casas que comprenden el condominio, así como los remarcadores de uso común y de las dependencias de conserjería.

Del análisis de estas facturas, se determinó que el consumo de agua potable para usos de riego, alcanzó un valor máximo de 122,4 m³ en el mes de febrero del 2018 y un valor mínimo de 46,1 m³ en el mes de junio de 2017. Esta variación corresponde mayormente al tipo de clima que presenta la zona en donde se emplaza el condominio, donde en los meses del 2do trimestre del año y por el efecto que comprenden las lluvias, disminuye el riego de las áreas verdes. Los valores de consumo se muestran a continuación:

Tabla 4.5 Consumo común de agua potable.

Mes	Consumo Común (m ³)
Enero	111,8
Febrero	122,4
Marzo	110,8
Abril	56,7
Mayo	53,2
Junio	46,1
Julio	50,3
Agosto	49,5
Septiembre	70,6
Octubre	82,3
Noviembre	81,9
Diciembre	79

Fuente: Esval. S.A,2017.

En base a la información recopilada se fija entonces que el volumen de agua mínimo que debe ser tratada por mes, para cubrir las tareas riego de áreas verdes debe ser 123 m³. Este

volumen se fija en base al consumo común mensual máximo que tuvo el condominio, correspondiente al mes de febrero, el cual alcanza un valor de 122,4 m³, por lo que la planta propuesta deberá como mínimo ser capaz de abastecer esta demanda.

El 2do procedimiento consistió en determinar el volumen de aguas grises generados por cada vivienda. Según la OMS (2006), el agua potable consumida al interior de una vivienda equivale a los 180 Litros/Habitante x Día. Además, señala que el agua residual representa un 81,4 % del agua potable consumida. De este porcentaje un 68 % corresponde a aguas grises, considerando lavaplatos y lavadoras, y un 38% sin considerar estos puntos. La tabla 4.6 está confeccionada para una vivienda de 4 habitantes.

Tabla 4.6 Porcentaje de agua gris generada respecto del agua potable consumida

Tipo de agua residual	Total de aguas residuales		Total de aguas grises	
	%	(L/día)	%	(L/día)
Excusado	32	186		
Lavamanos	5	28	7	28
Tina/Ducha	33	193	48	193
Cocina	7	44	11	44
Lavadero	23	135	34	135
Total	100	586	100	400

Fuente: OMS. (2006) Overview of Greywater management. Health considerations

Se fijará entonces, y de acuerdo con estos valores que se han recopilado anteriormente, que el porcentaje de aguas grises generados por vivienda será de un 38% del agua potable consumida. Este valor será usado para realizar el cálculo de la oferta de aguas grises las cuales son generadas por las unidades que componen el condominio.

Para realizar este cálculo se requiere contar con la información de consumo de agua potable por cada unidad habitacional, una vez obtenida esta información, se calculó en base al porcentaje anteriormente fijado (38%) el volumen de agua gris generado en base al consumo de agua potable mensual, es decir, si una unidad consumió en un mes Y m³ de agua potable, el agua gris generada ese mes será de $0,38 \times Y$ m³.

De este análisis resulta la tabla 4.7, correspondiente al 3er procedimiento, la cual nos muestra los valores promedios de agua potable consumida por mes por cada unidad habitacional, así como el volumen de agua gris generada, la cual se calculó en base al porcentaje determinado anteriormente.

Tabla 4.7 Consumo promedio de 12 meses de agua potable y cantidad de agua gris generada.

CASA	CONSUMO DE AGUA POTABLE (m3/mes)	AGUA GRIS GENERADA (m3/mes)	CASA	CONSUMO DE AGUA POTABLE (m3/mes)	AGUA GRIS GENERADA (m3/mes)
1	17	6,46	22	22	8,36
2	11	4,18	23	31	11,78
3	27	10,26	24	17	6,46
4	24	9,12	25	11	4,18
5	37	14,06	26	27	10,26
6	42	15,96	27	24	9,12
7	15	5,7	28	37	14,06
8	9	3,42	29	42	15,96
9	27	10,26	30	15	5,7
10	45	17,1	31	9	3,42
11	39	14,82	32	27	10,26
12	32	12,16	33	27	10,26
13	17	6,46	34	24	9,12
14	10	3,8	35	37	14,06
15	27	10,26	36	42	15,96
16	26	9,88	37	15	5,7
17	32	12,16	38	9	3,42
18	27	10,26	39	27	10,26
19	36	13,68	40	31	11,78
20	18	6,84	41	17	6,46
21	25	9,5	42	11	4,18

Fuente: Esval. S.A, 2017.

De la información obtenida podemos entonces calcular que el total de agua gris generado por el condominio es de 397 m3 por mes aproximadamente. Este valor corresponde a la oferta de aguas grises que otorga el condominio de las cuales se necesita tratar una cantidad mínima de 122,4 m3, valor que sería la demanda de aguas para uso común del condominio, valor muy por debajo de la oferta actual, por lo que a raíz de este análisis se evaluó, y con el fin de disminuir la intervención en el condominio, la conexión de solo 14 casas de las 42 que lo componen.

Esta selección obedece a criterios de pendientes existentes ya que las 14 casas escogidas otorgan una pendiente la cual hace factible la recuperación de las aguas grises por gravedad y no es necesario usar elementos adicionales para el bombeo de estas, lo cual redundará finalmente en menores gastos a la hora de la construcción y operación de esta nueva red y planta de tratamiento. Otro criterio para la selección de estas 14 casas es la cantidad de agua gris que generan, ya que aproximadamente generan un valor que alcanza los 147 m3 de

aguas grises aproximadamente, lo cual cubre de sobremanera la demanda de agua para espacios comunes del condominio. Las casas escogidas fueron las siguientes.

Tabla 4.8 Consumo promedio de agua potable y cantidad de agua gris generada de las casas seleccionadas.

CASA	CONSUMO (M3/MES)	AGUA GRIS GENERADA (M3/MES)
Casa n° 10	45	17,1
Casa n° 11	39	14,82
Casa n° 12	32	12,16
Casa n° 13	17	6,46
Casa n° 14	10	3,8
Casa n° 15	27	10,26
Casa n° 16	26	9,88
Casa n° 17	32	12,16
Casa n° 18	27	10,26
Casa n° 19	36	13,68
Casa n° 20	18	6,84
Casa n° 21	25	9,5
Casa n° 22	22	8,36
Casa n° 23	31	11,78
TOTAL	387	147,06

Fuente: Esval.S.A.

4.3.1 Diseño de la planta de tratamiento de aguas grises

El diseño de una planta de tratamiento está determinado por la calidad y la cantidad del agua que va a ser tratada; el número de procesos a seguir con el fin de condicionar el agua para el reuso y la velocidad con que se desarrollan; la localización y ubicación; el tipo de materiales que serán empleados. A tal fin los procesos biológicos que intervendrán en la planta de tratamiento se basan en la degradación de la materia orgánica presente en las aguas grises mediante microorganismos y enzimas. Los materiales principales para la construcción de la planta de tratamiento serán PVC y fibra de vidrio.

La planta de tratamiento constará de 4 etapas más un tanque de almacenamiento. La primera será una etapa de filtración de partículas sólidas a través de una malla con una abertura de 20 mm, posteriormente, el agua pasará hacia una etapa de degradación de materia orgánica y otros a través del uso de enzimas y bio polímeros. Luego de esto, las aguas grises en tratamiento serán dirigidas hacia un estanque de homogeneización, de donde se elevarán estas aguas hacia un estanque de almacenamiento, donde en este trayecto será adicionada una cantidad determinada de cloro a través de una bomba dosificadora de hipoclorito de sodio. Estas etapas se definirán con mayor precisión a continuación

1. Prefiltración: esta etapa consistirá en una prefiltración de las aguas a tratar, las cuales pueden contener partículas de un tamaño mayor, como pelos o desechos inorgánicos, por lo que el agua gris recolectada deberá pasar, por principios de gravedad, por un filtro de malla, de acero inoxidable de 20 mm de abertura, con el fin de que en este queden los elementos que se desean filtrar. A medida que pase el tiempo y este filtro sea utilizado, existe gran posibilidad de que este pueda taparse, por lo que esta etapa debe ser diseñada de manera tal que el operador pueda tener fácil acceso a la limpieza o cambio de la malla. Luego de que las aguas grises crudas pasen por el filtro, serán dirigidas hacia una fosa séptica, la cual comprende la siguiente etapa.
2. Degradación biológica : El agua proveniente de la primera etapa, será sometida a un proceso de degradación biológico. Esta segunda etapa corresponde al proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto con un producto comercial, el cual contiene en su fórmula un complejo de enzimas y bio-polímeros, además de microorganismos naturales selectivos no patógenos, así como también micro y macronutrientes, con el fin de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. Este proceso tendrá lugar al interior de una fosa séptica de 5000 lts, la cual, aparte de proveer el espacio para la degradación biológica, también permitirá al agua gris en tratamiento ser decantada, separando así los diferentes elementos que componen estas aguas. Las funciones más importantes de la bio-degradación son remover compuestos orgánicos volátiles, remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores, grasas y lodos que se acumulen en el sistema.

Luego, y a medida que la fosa séptica sea llenada, el agua en tratamiento será dirigida hacia un estanque de homogeneización, el cual comprenderá la siguiente etapa.

3. Estanque de homogeneización: luego del proceso de degradación, el agua gris tratada continuará por gravedad, hacia un estanque de homogeneización, el cual tendrá por fin amortiguar las variaciones de caudal y concentración que se producen en las aguas grises generadas durante el proceso de tratamiento. Este estanque de homogeneización será constituido por un estanque de fibra de vidrio de 500 lts de capacidad.
4. Desinfección: luego de que el agua en tratamiento sea depositada en el estanque de homogeneización se retendrán las aguas hasta que el volumen de aguas alcance los 400 lts, las aguas serán bombeadas hasta el estanque de almacenamiento. En el trayecto de las cañerías, estará conectada una bomba dosificadora de hipoclorito de sodio la cual le añadirá una cantidad de cloro al agua gris en tratamiento a través de una bomba dosificadora de cloro, la cual permitirá desinfectar el agua gris y bajar las concentraciones de coliformes fecales. La adición de hipoclorito de sodio será en una concentración de cloro residual de 0.5 mg/l. Con la adición de cloro a las aguas en tratamiento se dará por finalizada el tratamiento de las aguas y éstas pasaran a tener el carácter de “agua gris tratada” la cual estará apta para ser usada en las labores de riego de áreas verdes. Esta agua será depositada en un tanque almacenador de fibra de vidrio de 5500 lts de capacidad. El agua almacenada en este estanque no deberá permanecer más de 48 hrs sin ser usada, de lo contrario, deberá ser evacuada hacia el colector de las aguas servidas.

En el caso que se suspenda el suministro de agua gris tratada por cualquier motivo desde el estanque de almacenamiento, el sistema estará provisto de una red de agua potable que asegure el volumen necesario de agua para cubrir las labores afines, manteniendo el suministro de agua constante en el sistema. Por otra parte, la planta en todas sus etapas estará provista de tuberías que aseguren la evacuación de las aguas tratadas a las tuberías de aguas negras en caso de superar el nivel normal de operación, o porque la situación lo amerite, evitando algún derrame o inundación.

Esquema de la planta de tratamiento propuesta

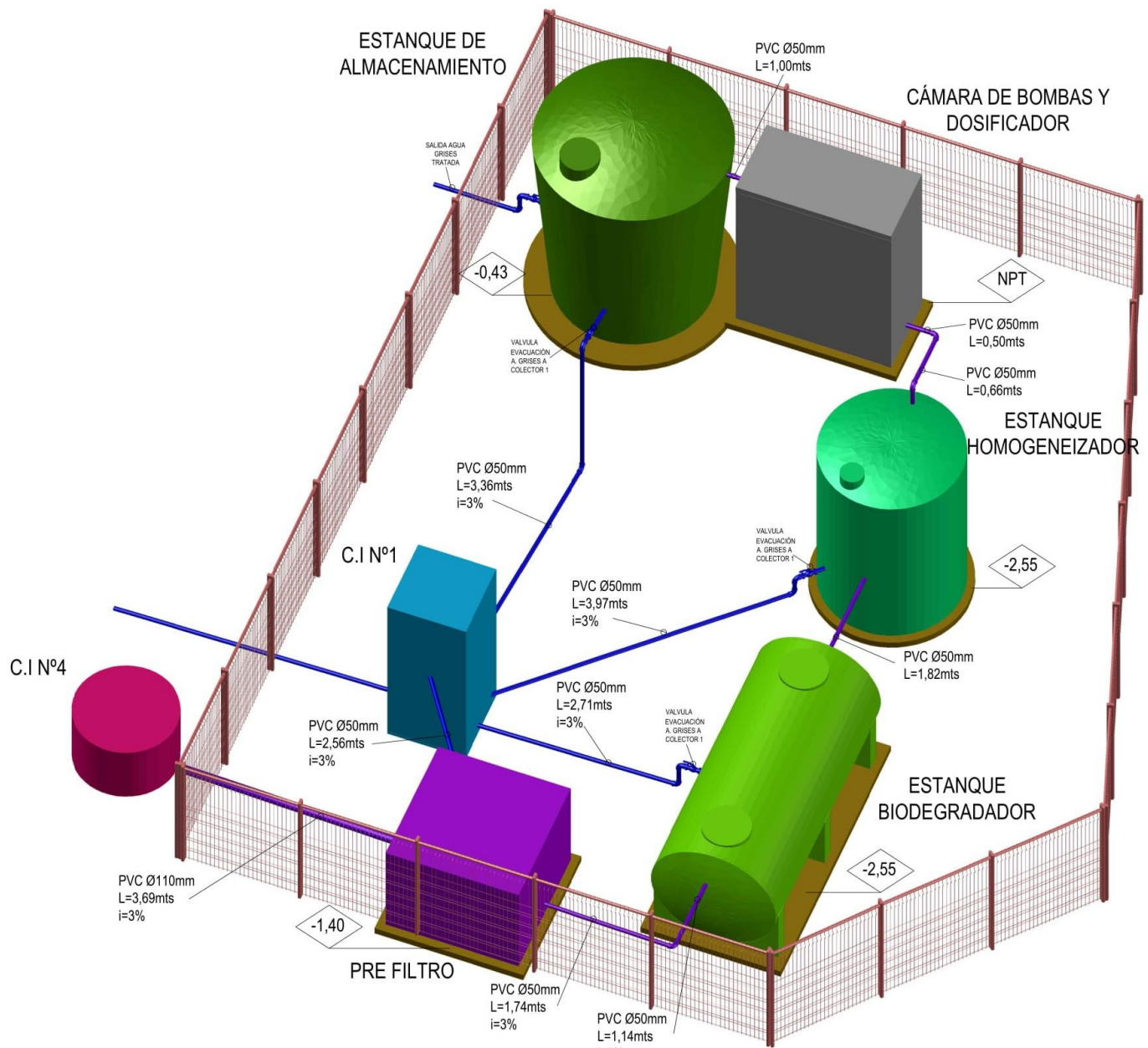


Fig.6 Fuente: Elaboración propia

La planta de tratamiento entonces constará de una etapa de prefiltración, la cual dará paso a una etapa de bio-degradación. El agua proveniente de esta etapa será dirigida hacia un estanque de homogeneización para luego añadirse cloro a través de una bomba de hipoclorito de sodio en el trayecto que trasladada las aguas grises tratadas hacia un estanque de almacenamiento. En la tabla 4.10 se detallan las etapas que se mencionaron anteriormente.

Es importante tener en cuenta también lo escrito en el reglamento de aguas grises, en donde se estipulan varios criterios que deben poseer el diseño de la planta de tratamientos de aguas residuales, así como la red de recolección y distribución de las aguas grises crudas y las tratadas respectivamente.

El Artículo 11º, por ejemplo estipula que el proyecto del sistema de reutilización de aguas grises debe contemplar descargas de aguas grises con y sin tratamiento a la red de alcantarillado domiciliaria.

Con la finalidad de entender los parámetros para el diseño de la planta de tratamiento de aguas grises, se elabora la tabla N° 4.10, la cual resume los criterios más relevantes, a juicio del investigador, la cual está basada en la información contenida en la reglamentación vigente.

Tabla 4.9 Parámetros de diseño.

Parámetros de diseño	
Artículo N°	Descripción
11	Las aguas grises con, en y sin tratamiento deben poder ser evacuadas siempre que se requiera.
15	Las tuberías de aguas grises crudas, en tratamiento y tratadas deberán ser de color morado.
16	En atravesos y paralelismos, las tuberías de agua potable siempre deben quedar sobre las de aguas grises, y estas deben quedar siempre sobre las tuberías de aguas negras
23	las aguas grises tratadas no podrán almacenarse por más de 48 hrs.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11 se detallan las etapas que se mencionaron anteriormente.

Tabla 4.10 Características Planta

N°	ETAPA	CARACTERISTICAS		
		Componentes	Caudal	Tiempo de retención aproximado
1	Prefiltración	- PVC sanitario - Malla de acero galvanizada (abertura 20 mm)	330 lts/ Hora	
2	Estanque Biodegradador	- PVC sanitario - Fosa Séptica 5000 Lts - Septicool	330 lts/ Hora	15 hrs
3	Estanque de homogeneización	- Estanque Fibra de vidrio 1000 lts - PVC Sanitario	330 lts/ Hora	
4	Cloración	-Hipoclorito de sodio - Bomba dosificadora - PVC Sanitario	330 lts/ Hora	20 min
5	Estanque Almacenador	- PVC Sanitario - Estanque Fibra de vidrio 5500 lts	-	48 hrs Máx.

Costos de la planta de tratamiento

Tabla 4.11 Materiales y equipos para la planta de tratamiento

ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cierre perimetral	1	\$ 582.900	\$ 582.900
Movimientos de tierra	1	\$ 234.980	\$ 234.980
Confección de radieres	1	\$ 245.000	\$ 245.000
Bombas	1	\$ 78.980	\$ 78.980
Válvulas	10	\$ 7.980	\$ 79.800
Malla 20 mm	1	\$ 21.390	\$ 21.390
Estanque homogeneizador	1	\$ 95.000	\$ 95.000
Estanque Biodegradador	1	\$ 682.900	\$ 682.900
Bomba dosificadora de hipoclorito de sodio	1	\$ 82.990	\$ 82.990
Estanque de almacenamiento	1	\$ 395.000	\$ 395.000
Cámara de inspección PTAG	1	\$ 112.590	\$ 112.590
Fitting	1	\$ 195.790	\$ 195.790
Accesorios y otros	1	\$ 73.490	\$ 73.490
TOTAL CLP			\$ 2.880.810

Tabla 4.12 Costos de Mano de obra y Operación

	CLP
Mano de Obra	3.400.000
Manejo y operación de arranque	210.000
Total	3.610.000

Fuente: Elaboración propia

4.4 Diseño de la red de recolección y distribución de aguas grises.

El agua procedente de los lavamanos y tinas o duchas será captada y transportada por medio de una red de tuberías de PVC hacia la primera etapa de la planta de tratamiento, donde convergerán todas las aguas procedentes de cada casa. El Diseño del Sistema de tuberías lo conforman varios diámetros de tuberías en base al volumen de aguas grises transportados por la red. Estas nuevas tuberías del sistema de aguas grises estarán embutidas dentro de sus respectivos shaft, los cuales deben ser diseñados y contruidos de manera tal que no afecten estéticamente a la vivienda ni a su entorno.

Algunos criterios para el diseño de esta son los siguientes:

- ✓ Inicialmente, se deben interceptar y separar las tuberías de descarga de los lavamanos y tinas o duchas con las descargas del resto de aguas negras, estas tuberías serán de PVC (Policloruro de vinilo) y juntas (codos, yee, reducciones de 45°). Estas tuberías deberán cumplir con el artículo 15 del reglamento en uso, por lo que el color de las nuevas tuberías para recolectar las aguas grises debe ser pintadas de color morado.
- ✓ Los diámetros de las tuberías para descarga de los lavamanos serán correspondientes al número de UEH y dictados por la norma. En este caso los diámetros de tuberías a utilizar serán de 40 y 50 mm
- ✓ Las descargas conducirán por gravedad las aguas grises hasta las nuevas cámaras domiciliarias de aguas grises, las cuales estarán ubicadas a lo largo del perímetro de las casas que aportarán los afluentes. luego serán transportadas través de un colector de PVC de 110 mm , el cual reunirá las aguas grises de cada una de las unidades aportantes.

La nueva red de aguas grises contempla el diseño para 3 diferentes modelos de casa desde donde serán recolectadas las aguas grises, el diseño de un colector que las reúna y distribuya hasta la planta de tratamiento, una red de desagüe de las aguas grises desde la planta de tratamiento hacia el colector del alcantarillado en caso de emergencia y una red de distribución de aguas grises hacia los puntos de interés del condominio.

Casa Modelo Arce: 1 casa

- Plano planta 1er Piso

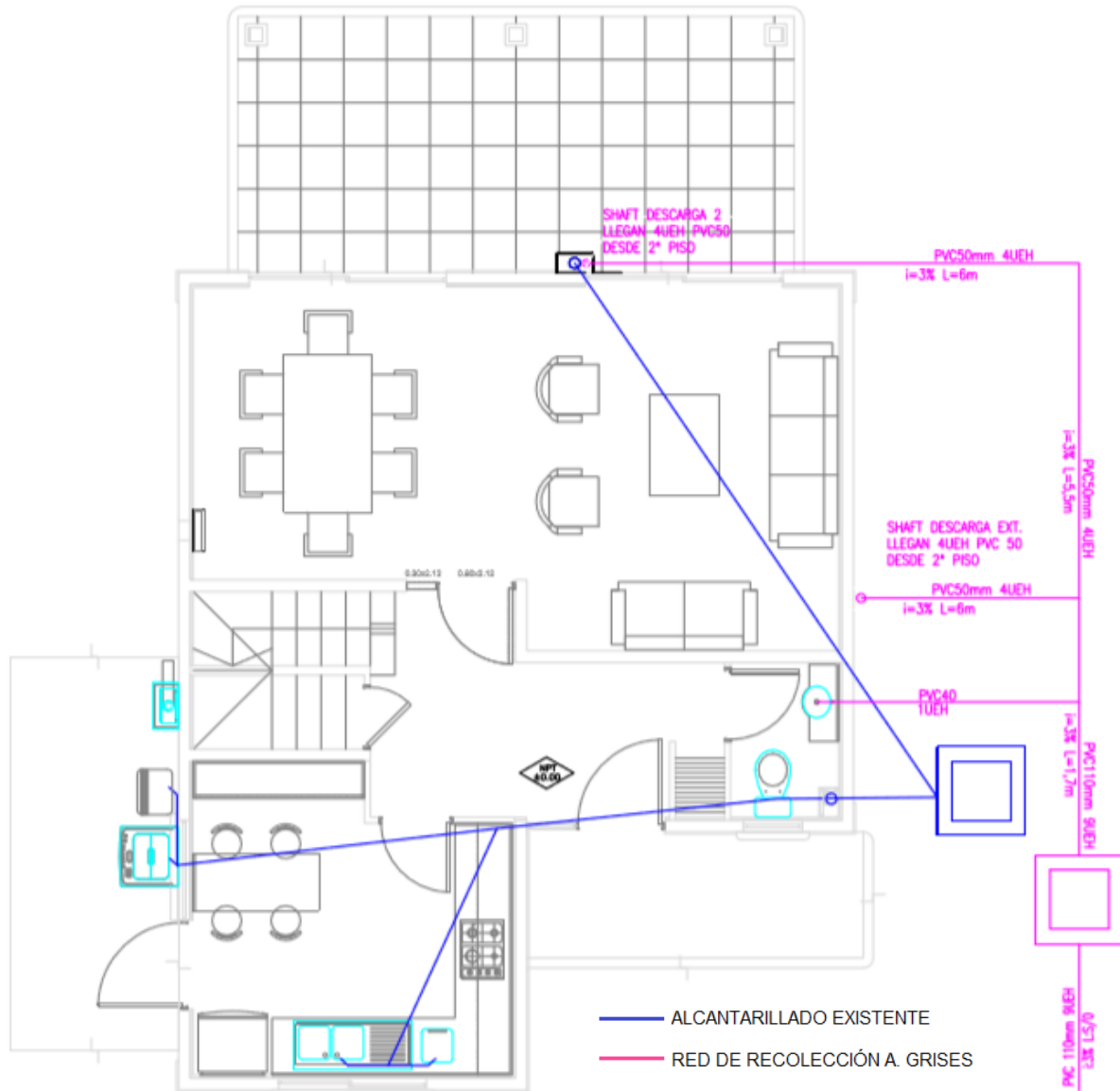


Fig. 7 Fuente: Elaboración propia

- Plano planta 2do Piso

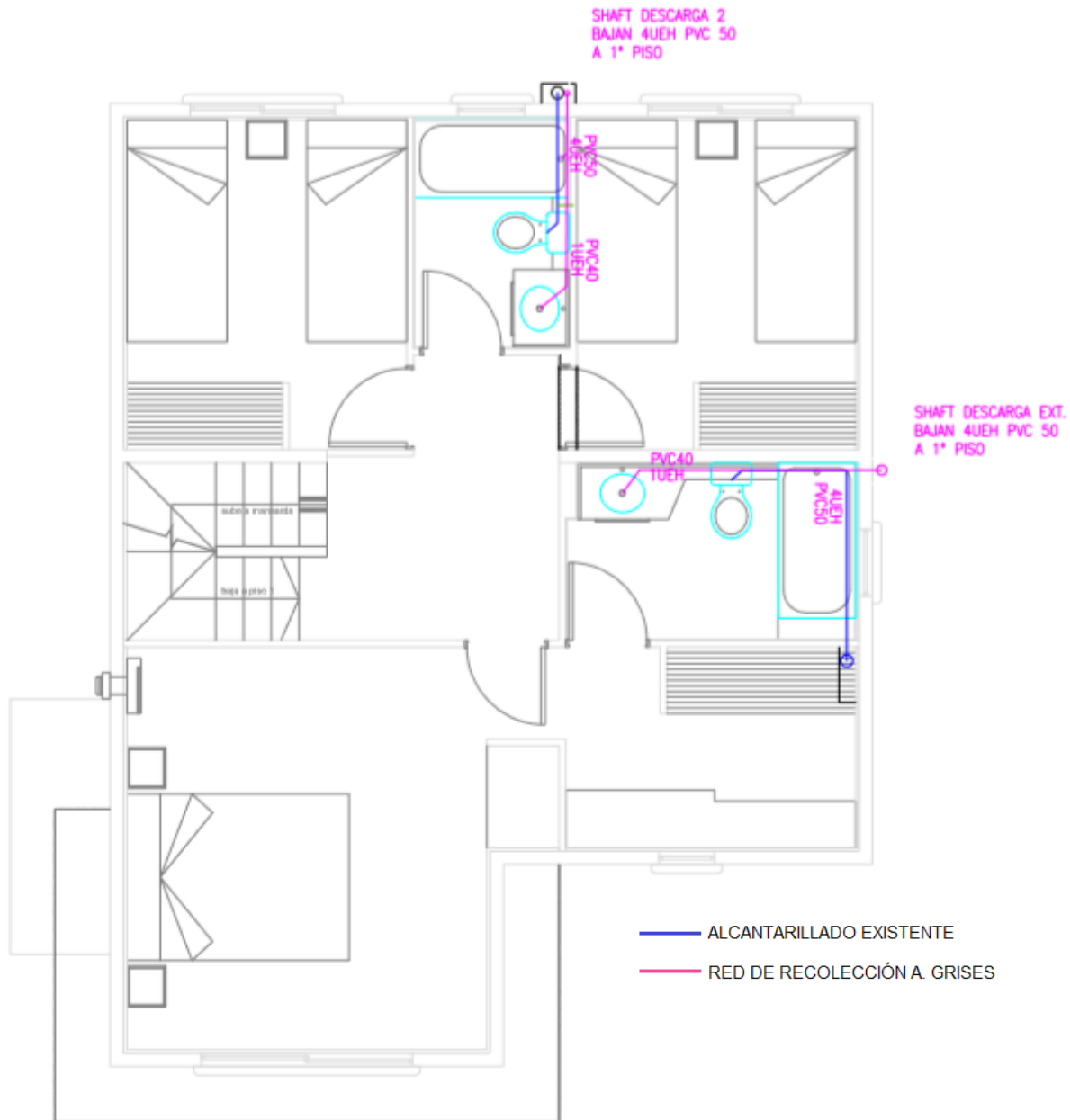


Fig. 8. Fuente: Elaboración propia

-
- Diagrama de la red de recolección de aguas grises (RAG) en el edificio. El diagrama muestra la trayectoria de las aguas grises desde los puntos de uso (Wc) y lavamanos (Lp) en los pisos superiores, pasando por tuberías de PVC de diferentes diámetros (50, 75, 110 mm) y pendientes (3%, 1.7%, 3%), hasta llegar a la cámara de bombeo (Bo) y finalmente a la red de alcantarillado existente (Lr) y la red de aguas pluviales (Lp). Se indican también los puntos de descarga de las aguas negras (Wc) y la salida de las aguas pluviales (Lp).

El modelo Arce corresponde a una casa de 2 pisos más una mansarda. Esta última no contiene artefactos sanitarios. Los pisos 1 y 2 aportarán a la nueva red, la producción de aguas grises generadas por:

- Este modelo de casa contempla la instalación de cañerías de PVC de diferentes diámetros; 40 mm, 50 mm y 110 mm

Casa Modelo Lingue: 7 Casas

- Plano planta 1er Piso.

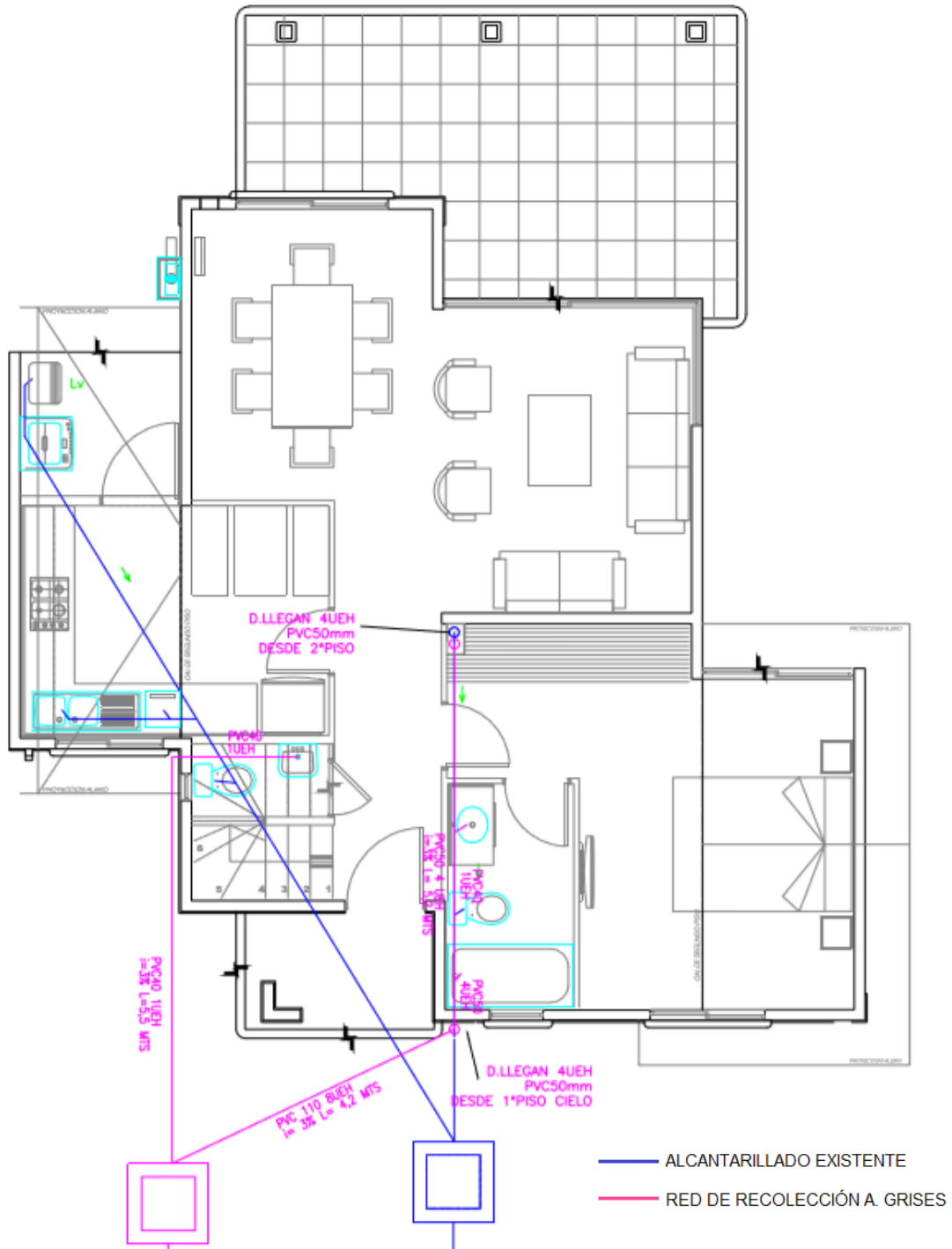


Fig. 10 Fuente: Elaboración propia.

- Plano planta 2do Piso.

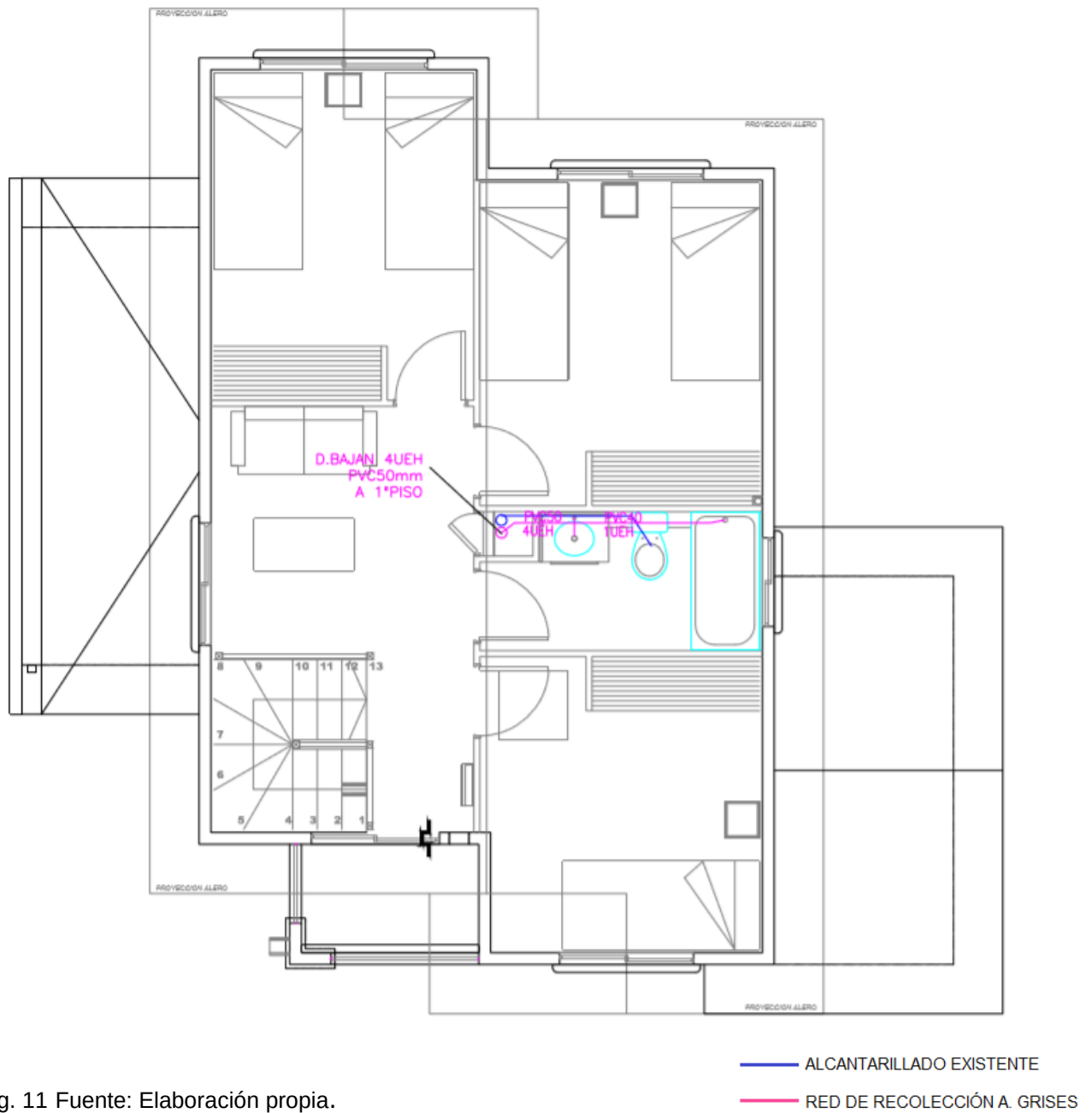


Fig. 11 Fuente: Elaboración propia.

- Plano isométrico

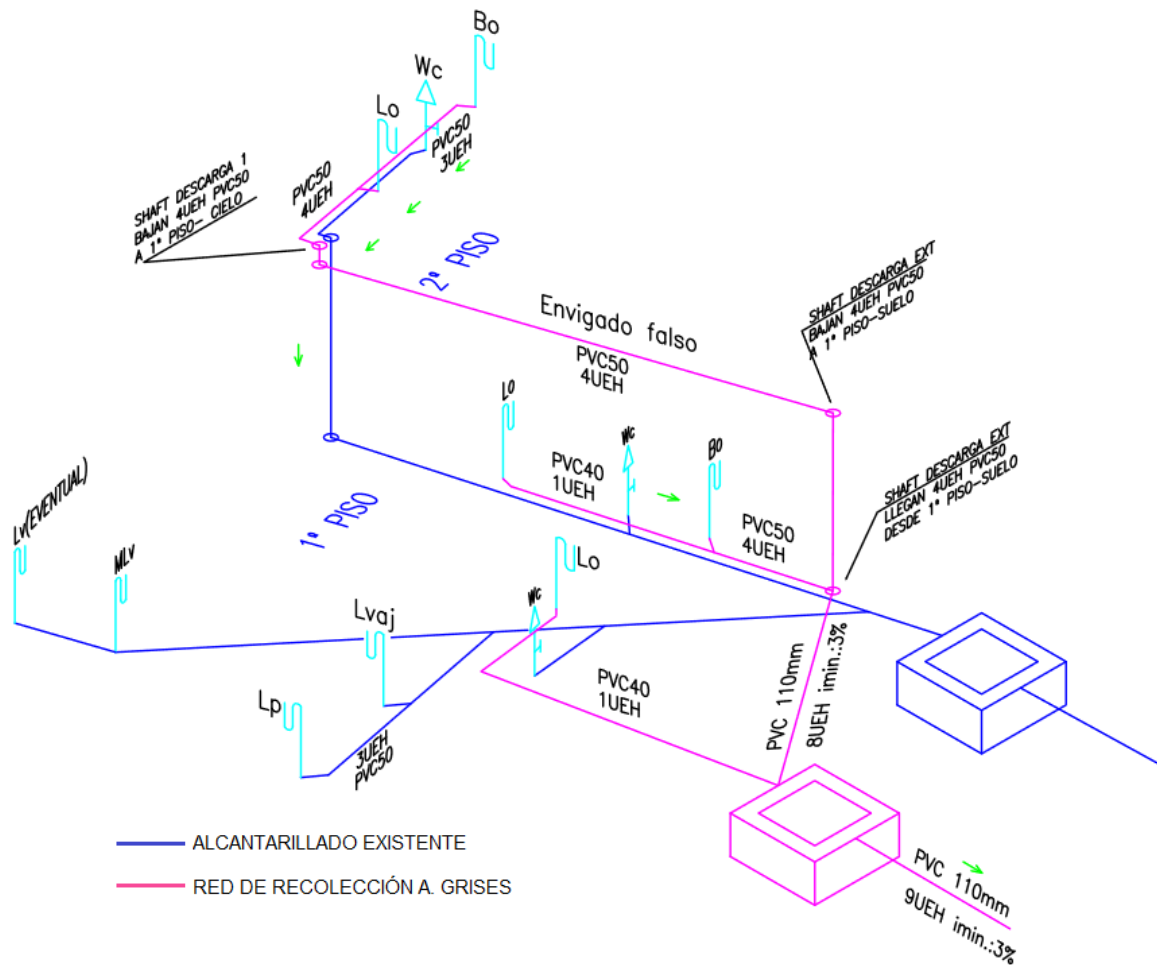


Fig. 12 Fuente: Elaboración propia

El modelo Lingue corresponde a una casa de 2 pisos. Los pisos 1 y 2 aportarán a la nueva red, la producción de aguas grises generadas por:

- 3 lavamanos
- 2 bañeras

Este modelo de casa contempla la instalación de cañerías de PVC de diferentes diámetros; 40 mm, 50 mm y 110 mm.

Casa Modelo Roble: 6 Casas

- Plano planta 1er Piso.

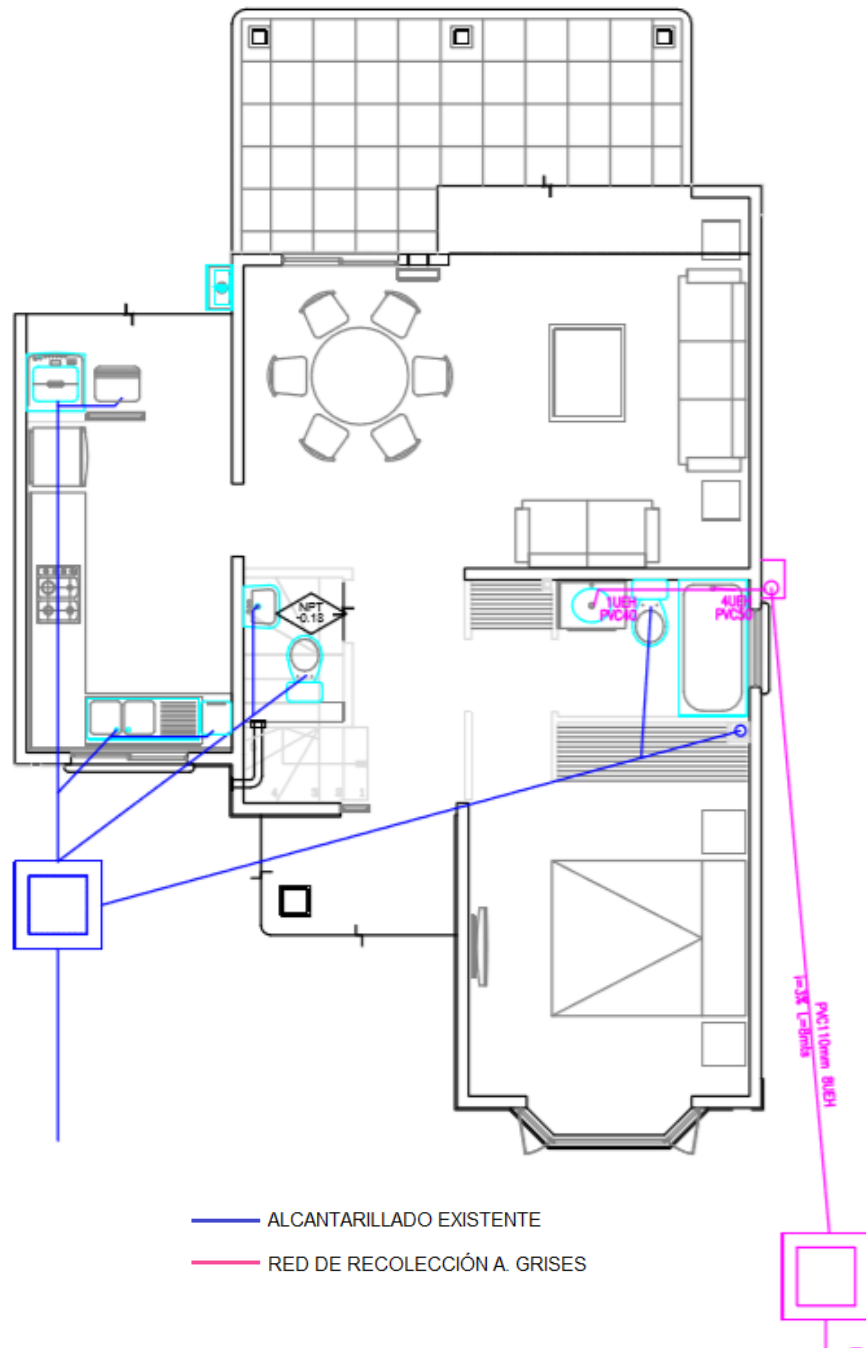


Fig. 13 Fuente: Elaboración propia

- Plano planta 2do Piso.

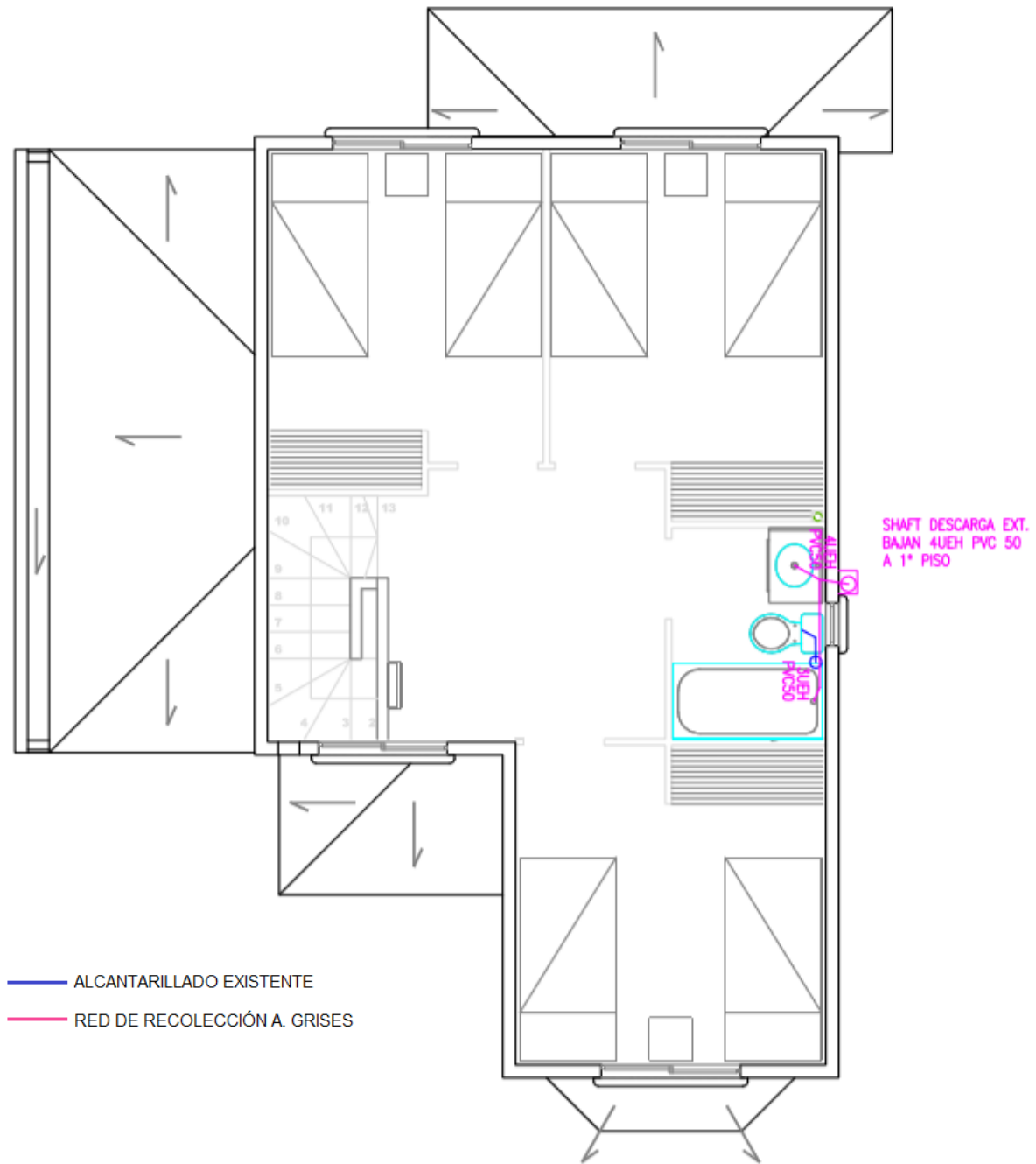
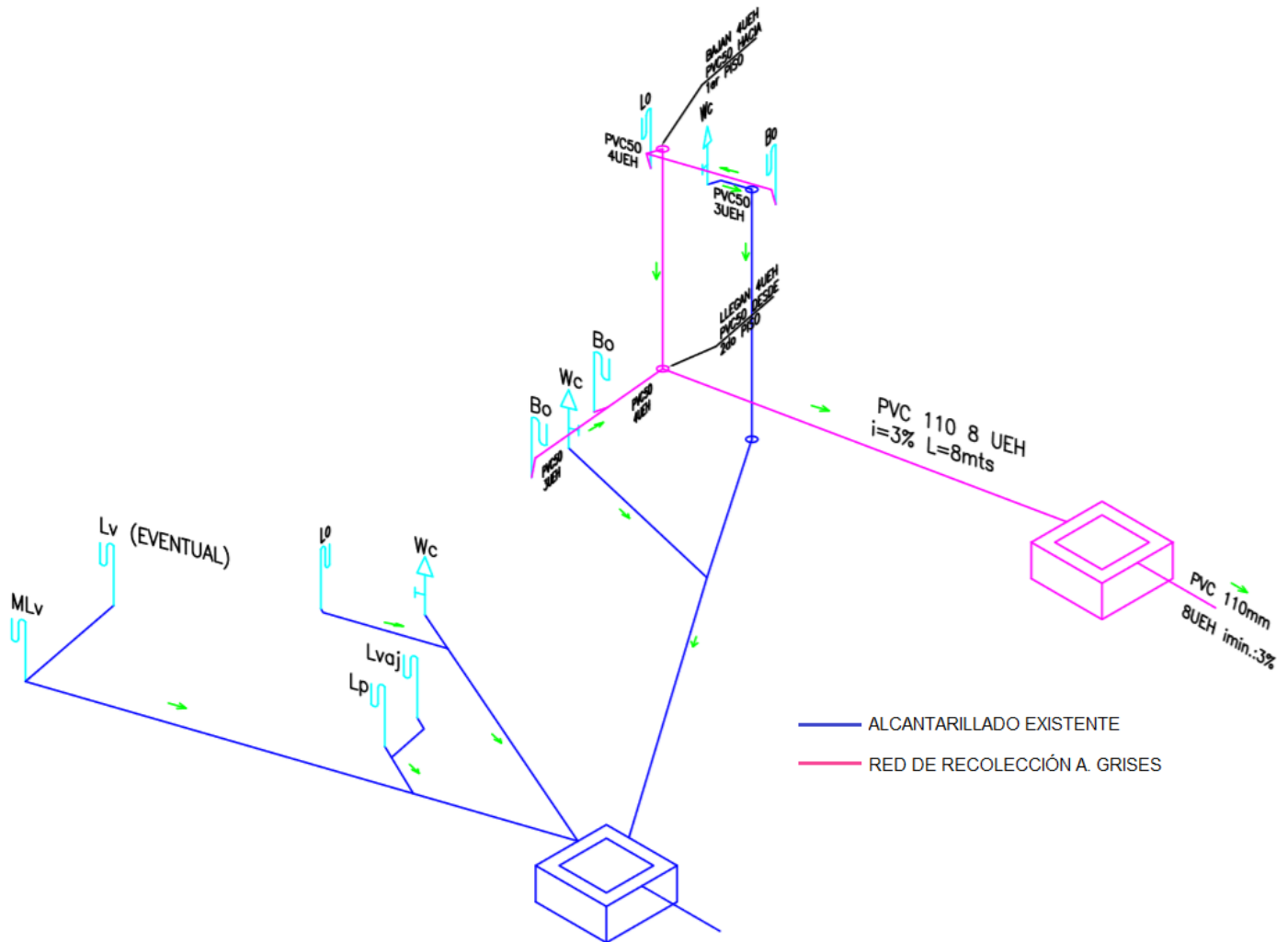


Fig. 14 Fuente: Elaboración propia

- Plano isométrico



El modelo roble corresponde a una casa de 2 pisos. Los pisos 1 y 2 aportarán a la nueva red, la producción de aguas grises generadas por:

- 2 lavamanos
- 2 bañeras

Este modelo de casa contempla la instalación de cañerías de PVC de diferentes diámetros; 40mm, 50 mm y 110 mm.

Las aguas grises provenientes de cada casa deberán llegar a un nuevo colector, el cual debe reunir las aguas grises generadas por las 14 casas seleccionadas. Para esto entonces se diseñó el siguiente colector en PVC como material principal.

Para el diseño de la red de recolección de aguas grises al interior de cada vivienda, se dispuso, para la vivienda modelo roble, que de esta, no sería tomada en cuenta el agua gris generada por el lavamanos del baño de visitas ubicado en el primer piso. Esta situación obedece a criterios de diseño y de construcción, ya que la intervención para la recuperación del agua procedente de ese punto es económicamente costosa, y el aporte de aguas grises no significa un volumen sustancial el cual pudiese poner en riesgo la operación del sistema. Para esto, se realizó un nuevo cálculo para determinar el nuevo volumen de aguas grises que se generaran por viviendas a raíz de este cambio. Estos cálculos fueron realizados en base a los datos de las tablas 4.6 y 4.8.

Tabla 4.13 Reajuste en la cantidad de aguas gris generada por las viviendas aportantes .

CASA	AGUA GRIS GENERADA (M3/MES)	AGUA GRIS RECALCULADA (M3/MES)
Casa n° 10	17,1	17,1
Casa n° 11	14,82	14,82
Casa n° 12	12,16	12,16
Casa n° 13	6,46	5,62
Casa n° 14	3,8	2,96
Casa n° 15	10,26	9,42
Casa n° 16	9,88	9,88
Casa n° 17	12,16	11,32
Casa n° 18	10,26	10,26
Casa n° 19	13,68	12,84
Casa n° 20	6,84	6,84
Casa n° 21	9,5	8,66
Casa n° 22	8,36	8,36
Casa n° 23	11,78	11,78
TOTAL	147,06	142,02

Fuente: Esval.S.A.

De la tabla anterior, se calcula entonces, el nuevo volumen de aguas grises que se recolectaran al interior del condominio. Este nuevo valor (142,02 m³) es superior a la demanda máxima, equivalente al mes de febrero, en el uso de agua para fines de riego, por lo que se establece que este cambio no afectará al funcionamiento del sistema, sino todo lo contrario, aportará a que la construcción de este sea más económica.

Figura 4.2 Plano General

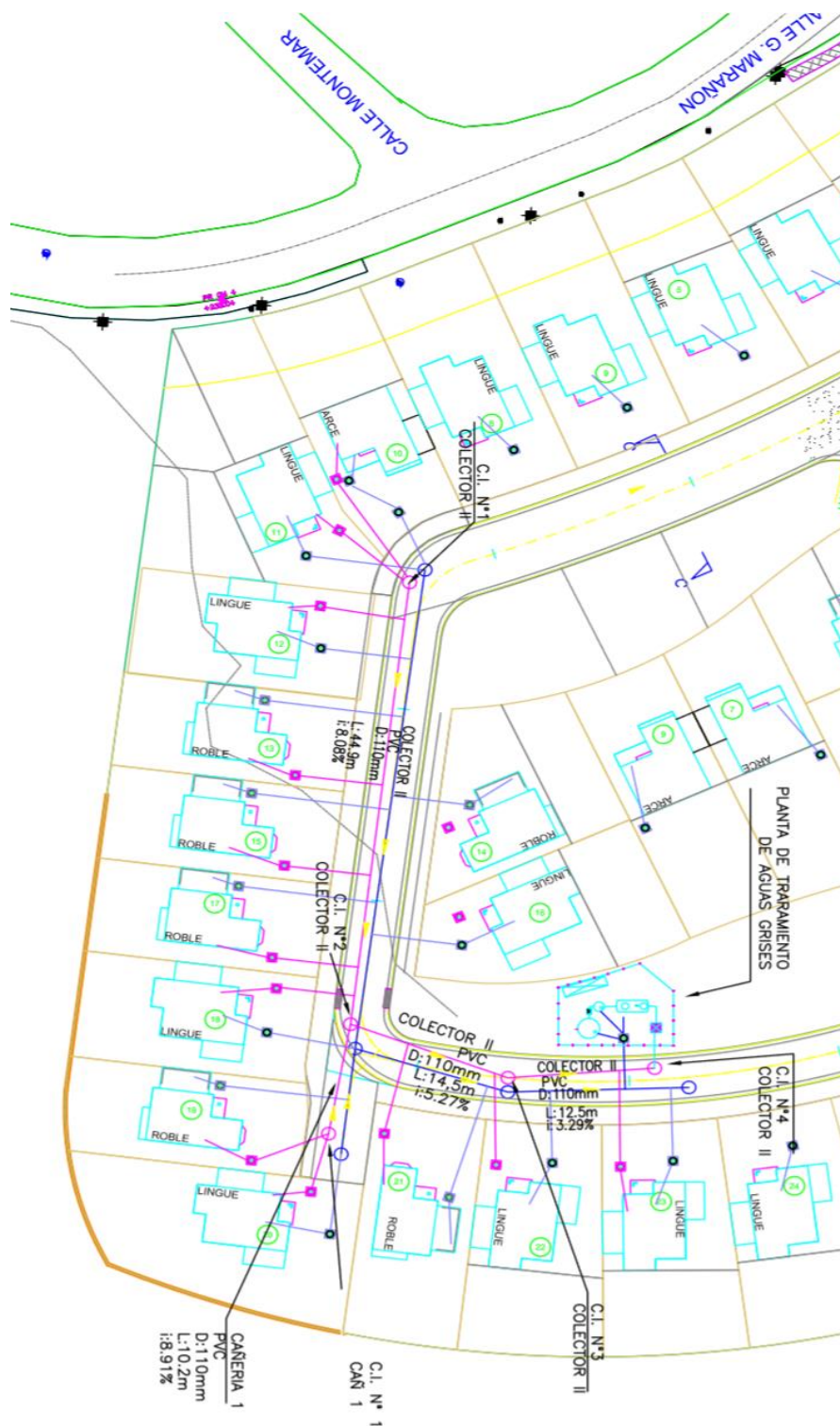


Fig. 16 Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.14 Característica del colector II de aguas grises.

NOMBRE	LARGO	PENDIENTE %	DIAMETRO	MATERIAL
Colector II (C.I n° 1- C.I n° 2)	44,9 mts	8,08	110mm	PVC
Colector II (C.I n° 2- C.I n° 3)	14,5 mts	5,27	110mm	PVC
Colector II (C.I n° 3- C.I n° 4)	12,5mts	3,29	110mm	PVC
Cañ 1	10,2 mts	8,91	110mm	PVC

Fuente: Elaboración propia

Las 14 casas que estarán conectadas al nuevo colector de aguas grises se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4.15 Modelo de casa, Unión domiciliaria y numero UEH

Casa		Diámetro UD	Numero UEH
N°	Modelo		
10	Arce	110	9
11	Lingue	110	9
12	Lingue	110	9
13	Roble	110	8
14	Roble	110	8
15	Roble	110	8
16	Lingue	110	9
17	Roble	110	8
18	Lingue	110	9
19	Roble	110	8
20	Lingue	110	9
21	Roble	110	8
22	Lingue	110	9
23	Lingue	110	9
		TOTAL	120

Fuente: Elaboración propia

Costos de la nueva red de aguas grises.

Tabla 4.16 Costos de la nueva red de recolección y distribución de aguas grises

ITEM		CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Obra sanitaria	Lingue	7	\$ 321.000	\$ 2.247.000
	Roble	6	\$ 345.980	\$ 2.075.880
	Arce	1	\$ 354.290	\$ 354.290
Colector	PVC 110 mm	1	\$ 2.549.890	\$ 2.549.890
C. Inspección	Hormigón A.	5	\$ 112.590	\$ 562.950
Cañería 1	PVC 110 mm	1	\$ 45.680	\$ 45.680
Cañerías jardín	PPR 35 mm	1	\$ 158.930	\$ 158.930
			TOTAL	\$ 7.994.620

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V EVALUACIÓN ECONÓMICA

5. Rentabilidad de la reutilización de aguas grises en el condominio

Para evaluar la rentabilidad de la implementación del sistema propuesto, es necesario calcular ciertos parámetros o índices, los cuales nos permitirán comparar las diferentes alternativas de inversión de bajo riesgo que otorga el mercado contra la inversión de esta en la implementación del sistema. Para esto es necesario determinar valores como el TIR y el VAN, para lo cual se deberá determinar el valor de la inversión inicial, los ingresos y egresos por periodos, depreciaciones, entre otros, con el fin de realizar nuestro flujo de caja, el cual permitirá analizar la rentabilidad de la inversión.

5.1 Costos de Inversión

Los costos de inversión serán aquellos que reflejen el capital necesario para la implementación del sistema, así como la puesta en marcha de este. En este caso, los costos de inversión serán aquellas obras civiles, materiales y equipos, que sean necesarios construir o adquirir, para la implementación de la planta de tratamiento, así como la red de recolección de estas aguas.

Luego de un análisis de precios unitarios, y en base a los planos ejecutados y existentes, se presupuestó de manera detallada, la construcción e implementación de esta planta al interior del condominio. En el capítulo anterior, en las tablas 4.12, 4.13 y 4.16, se estipulan los valores que determinarán el monto de la inversión inicial, la cual se resume en la siguiente tabla.

Tabla 5.1 Costos de Inversión

	Costos de Inversión	Costo
	Materiales y Equipos Planta	\$ 2.880.810
	Materiales y Equipos Red	\$ 7.994.620
	Mano de Obra	\$ 3.610.000
	Instalación, Manejo y operación de arranque	
Inversión Inicial CLP		\$ 14.485.430

Fuente: Elaboración propia

5.2 Ingresos y Egresos

5.2.1 Ingresos

Un ingreso es un incremento de los recursos económicos. Éste debe entenderse en el contexto de activos y pasivos, puesto que es la recuperación de un activo. Los ingresos suponen incrementos en el patrimonio neto de tu empresa. Puede tratarse del aumento del valor de tus activos o la disminución de un pasivo. Sin embargo, no se contemplan las aportaciones de socios o propietarios, puesto que se entienden que es algo que la empresa debe devolver con el tiempo.

Para esta evaluación económica, el valor de los ingresos estará determinado por el ahorro percibido en la actividad de remplazar el consumo de agua potable por el mismo de agua gris tratada, en las labores de riego de áreas verdes. Se aplicará un 2% de reajuste en el monto anual, de acuerdo con el porcentaje promedio de variación del precio del m³ y según información proporcionada por la empresa ESVAL.

Para efectuar el cálculo del valor de un m³ de agua potable consumida, se consultó una boleta de la empresa suministradora de servicios ESVAL S.A, de una de las unidades objeto de estudio, el día 8 de octubre de 2019, en la cual se detallaban los cobros asociados al consumo; El agua como parte del consumo, a la recolección y al tratamiento de las mismas. En la siguiente tabla se resumen los datos

Tabla 5.2 Valor m3 de agua potable

Valor m3 agua potable				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VALOR
Consumo de agua	m3	1	\$ 768	\$ 768
Recolección	m3	1	\$ 300	\$ 300
Tratamiento	m3	1	\$ 270	\$ 270
TOTAL 1 M3				\$ 1.338

Fuente: Elaboración propia

Al conocer el valor del m³ de agua potable, se puede determinar cuáles serán los montos de ingresos para los periodos a calcular, con el fin de poder efectuar el flujo de caja.

Tabla 5.3 Valor Consumo anual A.P

Consumo común anual A.P (m3)	Valor m3 A. P
914,6	\$ 1.338
Valor Consumo Anual (CLP)	\$ 1.223.735

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se refleja entonces el consumo anual de agua potable, obtenido de la tabla 4.5 del capítulo anterior, y el valor total de este consumo anual.

Actualmente entonces, el condominio Altos de Viña del Mar II, incurre en un gasto por conceptos de consumo de agua potable para el riego de áreas verdes por un total de \$ 1.223.735 millones de pesos. La planta, al estar diseñada para solventar con el mismo volumen de agua requerida para esas labores, producirá una disminución del uso común de agua potable casi total, por lo que ese ahorro en el consumo será el valor que determinará los ingresos de la planta. En este caso el valor de los ingresos entonces será, para el primer de los periodos, de \$ 1.223.735 millones de pesos, valor el cual será reajustado en un 2,7% anual.

5.2.2 Egresos

Costos Fijos

Los costos fijos asociados a la implementación del sistema serán aquellos gastos que se requieran para mantener el mismo en normal funcionamiento. Estos costos incluirán entonces las mantenciones al sistema, la limpieza de los filtros, la energía necesaria para el correcto funcionamiento de las bombas cuando se requiera, etc.

Estos gastos fijos serán denominados egresos, y calcular su valor será de vital relevancia para la confección del flujo de caja

Tabla 5.4 Costos Fijos

Costos fijos por periodo	
Electricidad	\$ 234.000
Mantenciones (Mano de Obra)	\$ 120.000
Mantenciones (Materiales)	\$ 97.650
Limpieza de Fosa Séptica (Anual)	\$ 105.500
TOTAL CLP	\$ 557.150

De acuerdo con la tabla 5.3, los costos fijos serán fijados en \$ 557.150 pesos, valor que corresponde a cada periodo de un año calendario.

5.3 Depreciaciones

Para realizar los siguientes flujos de caja se utilizará el método de depreciación lineal. De acuerdo con los activos considerados, se aplica la depreciación únicamente sobre los refuerzos, instalaciones y maquinarias destinadas al mayor aprovechamiento del sistema propuesto. Para los cálculos de la depreciación se utilizó como referencia la tabla de depreciación de activos proporcionada por el Servicio de Impuestos Internos (SII), Nueva Tabla de Vida Útil fijada por el Servicio de Impuestos Internos para bienes físicos del activo inmovilizado, según Resolución N°43, de 26-12-2002, con vigencia a partir del 01-01-2003.

Tabla 5.5 Tabla de depreciación

Material o Equipo	Cantidad	Precio (\$)	Vida Útil (años)	Depreciación Anual (\$)
Equipos y Maquinaria	1	2.911.070	25	116.443
Obra Civil	1	11.691.840	50	233.837
			Total CLP	350.280

Fuente: Elaboración propia

Las depreciaciones serán entonces de \$ 350.280 pesos, valor que registrará para los diferentes periodos a calcular

5.4 Tasa de descuento

La tasa de descuento que se utilizará para actualizar los flujos de dinero durante el horizonte del proyecto es igual a la tasa de retorno que se obtendría en un proyecto de riesgos e inversiones similares. Esta tasa es la medida de rentabilidad mínima que se puede exigir al proyecto, tomando en cuenta también el riesgo para que sea rentable. Para determinar la tasa de descuento se utilizará el modelo de valorización de activos de capital (CAPM) $R = R_f + (R_m - R_f) B$

En donde:

R = Tasa de descuento

R_f = Tasa Libre riesgo, que en el mercado chileno corresponde a las curvas de rendimientos, en pesos y UF de los bonos emitidos por el Banco central de Chile a 10 años.

Tabla 5.6 Tasa de interés, bonos banco central en uf a 10 años

TASA DE INTERES, BONOS EN UF A 10 AÑOS BANCO CENTRAL												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2009	2,92	2,45	2,4	2,62	3,02	3,03	2,87	2,94	2,87	2,86	3,19	3,29
2010	3,19	3,11	3,12	3,12	2,98	2,99	2,86	2,7	2,84	3,09	2,99	2,91
2011	3,18	3,16	2,92	2,87	2,89	2,91	2,91	2,62	2,24	2,35	2,72	2,6
2012	2,38	2,36	2,57	2,58	2,44	2,46	2,5	2,42	2,34	2,38	2,48	2,54
2013	2,65	2,66	2,57	2,43	2,38	2,34	2,28	2,27	2,28	2,25	2,13	2,14
2014	2,09	2,04	1,99	1,88	1,9	1,83	1,77	1,4	1,55	1,59	1,54	1,5
2015	1,4	1,24	1,23	1,36	1,54	1,64	1,51	1,44	1,55	1,46	1,57	1,59
2016	1,55	1,4	1,4	1,39	1,49	1,53	1,42	1,32	1,25	1,26	1,58	1,47
2017	1,29	1,23	1,26	1,1	1,2	1,25	1,47	1,47	1,47	1,78	1,78	1,91
2018	1,84	1,79	1,75	1,66								

Fuente: Banco central de Chile, 2018

R_m = Tasa de rentabilidad observada en el Mercado bursátil para empresa similar características

B = Relación que existe entre el riesgo del proyecto respecto al riesgo de mercado.

Con siguientes valores:

$B > 1$, si el proyecto es más riesgoso respecto del riesgo de mercado

$B < 1$, si el proyecto es menos riesgoso respecto del riesgo de mercado

$B = 0$, si es una inversión libre de riesgo

Tabla 5.7 Estimación de Beta (B)

<0,8	De 0,8 a 0,9	De 0,9 a 1,0	De 1,0 a 1,1	De 1,1 a 1,2	>1,2
Combustibles	Vinos y licores	Motores	Contratistas de Ingeniería	Farmacéuticas	Materiales de construcción
Tabacos	Diarios	Alimentos	Ventas al detalle	Equipos de oficina	Televisión
Naviera	Minería	Textiles	Bancos	Bienes raíces	Seguros de vida

Fuente Apuntes evaluación de proyectos, 2018.

R_m = Tasa de rentabilidad observada en empresa de similares características.

Para obtener este valor se toma como referencia un artículo de la revista Capital del 07-08-2018 en donde se menciona una serie de empresas con sus rentabilidades, de este documento se obtiene el resultado buscado el cual se asimila a la empresa Sonda que corresponde a una empresa de servicios del área de ingeniería cuyo valor es 11,4%.

B: De la tabla 4.12 se obtiene el Beta requerido el cual se clasifica en la denominación de “contratistas de ingeniería”, cuyo rango es entre 1,0 y 1,1 se toma como valor 1,1.

Con lo cual queda:

$$R = R_f + (R_m - R_f) B$$

$$R = 2,15 \% + (11,4\% - 2,15 \%) * 1,1$$

$$R = 12,33 \%$$

Finalmente se determinó que la tasa de descuento corresponderá a un 12,33 %. La cual se alinea a las exigencias

5.5 Flujo de Caja

La construcción del flujo de caja de un proyecto constituye uno de los elementos más importantes del presente estudio, dado que, de acuerdo con los resultados obtenidos en este, se evaluará la conveniencia de la realización del proyecto. En este sentido, la información básica para la construcción de un flujo de caja proviene de los estudios de mercado, técnico y organizacional, así como también de los cálculos de los beneficios estimados, por lo tanto, dicha información es incorporada en los flujos de caja con la finalidad de contribuir a la evaluación del proyecto. Un flujo de caja se estructura en columnas, las cuales representan los momentos donde ocurre los costos.

Para esta evaluación, realizaremos 2 análisis de la situación esperada, por lo que se realizará 2 flujos de caja. Esta decisión obedece a la necesidad de demostrar los diferentes casos que se puedan encontrar con el fin de determinar en cual, de estos, la implementación del sistema de recolección, reutilización y disposición de aguas grises será un proyecto viable.

Caso N° 1

La planta de tratamiento de aguas grises está diseñada para producir aproximadamente 147 m³ de agua gris tratada por mes, es decir, aproximadamente 1764 m³ al año, pero para el caso n°1, solo se contemplará como ingreso, el volumen de agua que se requiere utilizar para cubrir las faenas de riego de áreas verdes, es decir, un volumen de 914,6 m³, el cual asciende a \$ 1.223.735 pesos. Valor que se será reajustado en un 2,7% anual.

El siguiente flujo de caja se calculó con una proyección de 7 años, debido a que se estimó previamente que en este periodo de tiempo se recuperaría la inversión.

Tabla 5.8 Flujo de caja N° 1[illegible]

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados del flujo de caja n° 1 y con la ayuda del software Excel, se calculó el parámetro V.A.N y T.I.R, los cuales arrojaron los siguientes valores:

- VAN: -\$ 947.740,66
- TIR: 0,17%

Estos parámetros indican que la inversión es conveniente efectuarla, debido a que, al finalizar los 7 periodos que se contemplaron, la inversión se recupera, suponiendo la venta de los activos que contempla la inversión . El VAN nos da un resultado negativo, puesto que la tasa de descuento fijada es del 12,3 %, la cual se alinea a las exigencias de un proyecto del rubro, pero en el caso nuestro, y tomando en cuenta que la planta no propone el lucro sino más bien, el concepto de ahorro, la tasa de descuento debiera ser 0 o igual a la inflación.

$$TIR < TD = 0,17 < 12.3\%$$

Si llevamos a 0 la tasa de descuento según lo expuesto anteriormente, y con la inflación ya calculada dentro de los parámetros del análisis, el nuevo VAN sería

- VAN: \$ 157.603,33

Caso N° 2

La planta de tratamiento de aguas grises está diseñada para producir 142,02 m³ de agua gris tratada por mes, es decir 1704,2 m³ al año. Para el caso N° 2, se contemplará el uso de la capacidad total de la planta, con el fin de percibir un ingreso (ahorro) mayor. Esto podría suceder en el caso de que el agua gris tratada no utilizada para el riego de áreas verdes pueda ser utilizada por los propietarios para el riego de sus antejardines, por lo que se produciría un ahorro aún mayor. Este nuevo volumen de agua gris tratada nos dará un ingreso para el primer periodo de \$ 2.280.273 pesos, el cual será reajustado en un 2,7% anual.

Tabla 5.9 Flujo de caja N° 2

ITEM	Periodos (Años)					
	0	1	2	3	4	5
Inversion	\$ 14.485.430					
Ingresos		\$ 2.280.273	\$ 2.341.840	\$ 2.405.070	\$ 2.470.007	\$ 2.536.697
Costos fijos		\$ 557.150	\$ 572.193	\$ 587.642	\$ 603.509	\$ 619.803
Depreciaciones		\$ 350.280	\$ 350.280	\$ 350.280	\$ 350.280	\$ 350.280
Valor residual						\$ 12.734.030
SUB TOTAL	-\$ 14.485.430	\$ 1.372.843	\$ 1.419.367	\$ 1.467.148	\$ 1.516.218	\$ 14.300.644

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados del flujo de caja n° 2 y con la ayuda del software Excel, se calculó el parámetro V.A.N y T.I.R, los cuales arrojaron los siguientes valores:

- VAN: **-\$ 1.906.900,73**
- TIR: 8,03%

Estos parámetros indican que la inversión es conveniente efectuarla, debido a que, al finalizar los 5 periodos que se contemplaron, la inversión se recuperó antes que en el caso N° 1, inclusive en menos de la mitad del tiempo. Esto se debe a que se plantea la utilización de todo el volumen de agua gris tratada generada por la planta. Esto supone un incremento en los ingresos anuales por concepto de ahorro en el consumo de agua potable. Se propone que el agua remante después de cumplir con las faenas de riego de áreas verdes comunes sea utilizada para regar los antejardines privados. La tasa de descuento o costo de oportunidad de entrada se calculó en un 12,3% y la tasa interna de retorno (TIR), en base a los flujos de caja, resultó ser de un 8,03%, lo cual resultó ser menor que nuestra tasa de descuento calculada, pero mayor al retorno de una inversión bancaria de bajo riesgo, por lo que el proyecto se considerará viable.

Al igual que en el caso número uno, nuestra VAN nos dio negativo. Esto sucede por la tasa de descuento esperada la cual se calculó en un 12,3% lo cual es, para un proyecto de estas características, el cual no busca percibir ingresos sino más bien ahorros, muy alta.

Si llevamos la tasa de descuento a 0, es decir, esperamos un 0% de retorno de la inversión, y teniendo en cuenta que la inflación ya está calculada dentro del ejercicio de los periodos, el nuevo valor VAN sería:

- VAN: \$ 5.590.790,27

Esto quiere decir, que al final de los 5 años, el proyecto recuperó la inversión y se está produciendo el ahorro esperado.

CAPITULO VI

ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 De las aguas grises crudas

Las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas grises crudas presentaron niveles bajos de contaminación, las cuales podrán ser reutilizadas solo luego de un tratamiento previo. Para este tratamiento previo se escogió, luego del análisis correspondiente, que para el caso de estudio, una planta de tratamientos de carácter biológica era la alternativa más viable técnica, económica y ambientalmente.

Los parámetros que resultaron fuera de los rangos permitidos para la reutilización fueron el DBO₅, los SS y el Cloro libre residual. parámetros que son sencillos de controlar con las etapas que contempla la planta de tratamiento propuesta.

6.2 Del diseño propuesto

Considerando los niveles de contaminantes, la planta de tratamiento se diseñó básicamente con dos tratamientos de depuración: uno físico, mediante la utilización de un filtro que impide el paso de partículas sólidas y la retención de la materia orgánica; y uno biológico, mediante la degradación de la materia orgánica a través del uso de bioenzimas y bacterias al interior de una fosa séptica (estanque Biodegradador). Para finalizar , se añadió una etapa de carácter química de desinfección del agua con hipoclorito de sodio utilizando un dosificador automático.

Actualmente, el condominio Altos de Viña II, demanda una cantidad de 914 m³ anuales en conceptos de consumo de agua potable para riego de áreas verdes. La planta diseñada para este condominio será capaz de producir 1704 m³ anuales de agua gris tratada para suplir el consumo, en esta faena, de agua potable. Es decir, la planta propuesta está capacitada para producir un 192 % de la demanda. Esto se debe a que la planta debe asegurar, como mínimo, generar y disponer el volumen de agua común consumida que demande el mes más alto.

Para efectos del estudio, la construcción de la planta propuesta con sus respectivos sistemas de recolección y disposición fue pensada en el presente. Esto supuso un grado de dificultad a la hora del diseño puesto que al estar construido el condominio, la interceptación y recanalización de las aguas grises crudas significaron uno de los escenarios más complejos del proyecto, puesto que la construcción de esta planta y sus sistemas respectivos supone la intervención de algo ya construido por lo que, para el proyecto, se contempló el desarme de shaft existentes, la confección de nuevos shaft, la intervención de muros, lo cuales deberán ser perforados para la extracción de las nuevas tuberías de aguas grises, entre otros procesos.

Si bien, el diseño de las nuevas redes están pensadas de la manera en que la estética, visual y funcionalmente, no afecten a las casas que estarán conectadas al sistema. Se concluye de todas formas, que la construcción de estas redes debiesen ser parte del proyecto inicial de estos tipos de construcciones y no futuros proyectos, puesto que indudablemente, la construcción de las redes en el presente, suponen una inversión mucho mayor a que si fuese pensado, diseñado y construido junto con el proyecto original del condominio. Esto podría afectar, eventualmente, la viabilidad económica y técnica del proyecto.

En este escenario entonces, la construcción de las redes de recolección y distribución, así como la construcción de la planta y su puesta en marcha, alcanzan un valor de \$ 12.485.430, monto que será equivalente a la inversión inicial del proyecto.

6.3 De la evaluación económica.

Si bien el proyecto contempla la reutilización de las aguas grises generadas por solo 14 de las 42 casas que componen el condominio, con esta cantidad de viviendas conectadas a la nueva red y a la planta propuesta, se es capaz de generar 1704 m³ anuales de agua gris tratada, volumen de agua el cual no solo cubre la demanda de agua para las labores de riego de áreas verdes, sino que genera a la vez un excedente de casi 790 m³ de agua gris tratada. Esto se debe a que la planta propuesta está diseñada para abastecer el mes con la mayor demanda de agua para las labores mencionadas, por lo que habrá, el resto de los meses, excedentes de agua gris tratada, las cuales no estarían siendo aprovechadas.

Es por esto que se consideró realizar 2 flujos de caja, con dos situaciones diferentes, una de ellas, en la que se utilizara solo el 54 % de las aguas tratadas, lo que equivale a la demanda total anual de agua para tareas de riego de áreas verdes al interior del condominio, y en el otro escenario, la utilización del 100 % de las mismas. Para esto, se debió calcular previamente la tasa de descuento, la cual se calcula en base a índices e información del mercado y la cual nos arroja cual debiese ser la retribución esperada de la inversión para este proyecto. Para este caso la tasa de descuento se fijó en un 12,3 %, valor que obedece a las tasas del mercado para proyectos de similares características pero con la salvedad de que el objetivo de esos proyectos lo que buscan es generar utilidades sobre la inversión, y en este caso, la implementación de este sistema, no busca generar ingresos, ya que no se pretende tratar más agua gris de la que se pueda utilizar, si no más bien, el proyecto busca ahorrar en el consumo de agua potable común al remplazar la misma por agua gris tratada, por lo que para este caso la tasa de descuento debiese ser cero o como máximo igual a la inflación del país.

En el primer caso, solo se utilizó el 54% del agua gris tratada anualmente por la planta, se calcularon los ingresos (Ahorros) respecto de esa cantidad de agua gris tratada utilizada, los costos operacionales de la planta y las depreciaciones de esta, con lo que se elaboró el primer flujo de caja a los 7 años, lo que redundó en que la inversión para la implementación de este sistema era viable, ya que el ahorro de agua potable, visto como ingreso, era suficiente para que la inversión fuese recuperada. Si bien en el caso n°1 se estima que a los 7 años, la inversión se recupera, añadiendo a este último periodo el valor residual de la planta, no es hasta el año 26 en el que la planta es capaz de generar, a través de los ingresos percibidos como ahorros,

la cantidad de dinero suficiente para costear la inversión, por lo que el ahorro comenzaría a percibirse desde ese año en adelante.

En el caso n° 2, se calcularon los ingresos, considerando un ahorro mayor de agua potable, ya que, para esto, se consideró el uso del 100% del agua gris tratada por la planta. Al realizar el cálculo de los ingresos y los otros parámetros, y al realizar el segundo flujo de caja, se determinó que la inversión de la implementación del sistema se recupera antes de los 5 años, obteniendo beneficios al termino de ese periodo. Por lo que el proyecto, bajo estas condiciones, resulto ser totalmente viable. Así como el caso anterior, si bien la inversión se recupera a los 5 años, incluyendo el valor residual a este último periodo, es en el periodo o año n° 10 en el que la planta es capaz de generar, a través de los ingresos percibidos como ahorros, la cantidad de dinero suficiente para costear la inversión, por lo que el ahorro comenzaría a percibirse desde ese año en adelante.

Este 2do caso obedece a la proyección del uso de las aguas grises tratadas por la planta, puesto que si bien, en un principio, esta planta se diseñó para remplazar el agua potable consumida en faenas riego de áreas verdes comunes, los excedentes de esta podrían ser utilizados perfectamente para el riego, por ejemplo, de los antejardines de las casas que conforman el condominio, superficie que alcanza aproximadamente los 1900 m², sin considerar el potencial de conectar el total de las casas y de utilizar el agua gris tratada para el riego de los jardines privados de cada casa, lo que redundaría finalmente , en percibir en mucho menor tiempo del previsto, el ahorro en el consumo de agua potable.

Es parte de las conclusiones de esta memoria, que existe una relación entre el consumo del agua gris tratada, y la viabilidad de la inversión, puesto que mientras más agua gris se trate, y específicamente, mientras más se reutilice el agua tratada, mayor será la retribución de la inversión, y, por ende, se verá con mejores ojos la implementación de estos sistemas en construcciones futuras

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y PROYECCIONES DE INVESTIGACIÓN

7.1 Conclusiones.

La elaboración de esta memoria tuvo por objetivo realizar una propuesta para implementar una planta de tratamiento de aguas grises en un condominio ubicado en la ciudad de viña del mar, el cual lo componen 42 casas, con la finalidad de reutilizar estas aguas y remplazarlas por el consumo de agua potable para las labores de riego de áreas verdes. Esto influiría en futuros ahorros en el consumo de agua potable por parte del condominio, y a la vez, sería, en el contexto hídrico que vive la región, un ejemplo a seguir, debido a que hoy en día el agua es un recurso escaso, al cual en la mayoría de los casos solo se le da un uso y luego se desecha y en este caso, el agua gris generada estaría siendo reutilizada en remplazo del agua potable.

Si bien la implementación de esta planta está basada en hechos e informaciones del presente y en un condominio ya construido, la construcción de estas deben estar, casi por obligatoriedad, contempladas en los proyectos originales de las inmobiliarias, puesto que lo más difícil y costoso de la implementación de estas, luego de ya estar la vivienda construida, es la confección de la red que recolecte las aguas grises que se generan al interior de la vivienda, las cuales conduzcan a un recolector de estas aguas, el cual también presenta la misma dificultad.

Luego del estudio técnico y económico, y de la recolección, interpretación y elaboración de datos y planos que aportaran al mismo, se pudo calcular la inversión de la implementación de estos sistemas cuya cifra alcanzó los 14 millones de pesos y fracción. Es cierto que el estudio de las diferentes aristas de esta memoria nos permitió calcular a macro modo, un valor cercano a lo que podría ser la implementación de un sistema como el propuesto en este proyecto, el cual si bien podría no ser exacto, nos entrega un valor de referencia muy confiable, con el cual se pudo, en conjunto con otros datos, efectuar los flujos de caja, los que resultaron ser muy positivos y dieron cuenta de la factibilidad de la implementación de estos sistemas.

Con los datos obtenidos en esta memoria podemos concluir hechos que podrían sostener la viabilidad de un proyecto como este, puesto que para el caso de este condominio en específico, la inversión inicial, por cada casa que compone el condominio, sería aproximadamente \$ 350.000 pesos, monto que podría ser considerado marginal en comparación al valor de compra de las casas, valores que rondaron los \$100.000.000 de pesos durante el periodo de venta del condómino. Es decir, el costo de haber implementado la planta de tratamiento de aguas grises, con todos los componentes que esta supone, no hubiese superado el 1% del valor de venta de las casas. Por otra parte, el condominio fue recepcionado a principios del año 2011 por lo que este año cumple 9 años desde que se comenzó a habitar y , según los análisis de esta memoria, en el mejor de los escenarios posibles, la inversión podría recuperarse a partir del noveno año, por lo que el condominio podría ya estar percibiendo

los ahorros producto de suplir el consumo de agua potable por agua gris tratada, si es que esta planta hubiese sido parte del proyecto original del condominio.

Cuando se realiza la presente memoria se abarcan áreas, para la realización del estudio, las cuales no son desconocidas para la profesión, y la complejidad de lo que podría llegar a ser la ejecución de esta planta no dista de las complejidades habituales a las que puede estar sometido un profesional activo del rubro. Este comentario apunta a dilucidar que la construcción de estos proyectos no supone una mayor complejidad para las inmobiliarias, ni para los profesionales a cargo. Por otra parte, y como se explicó anteriormente, la inversión para implementar una planta como la propuesta, puede llegar a ser considerada como marginal, respecto del valor total del proyecto, por lo que es importante darle cabida a estas soluciones, las cuales ya se encuentran normadas respecto a su diseño y operación, y las cuales no persiguen solamente una mirada económica sino también una mirada verde, lo que, en el contexto hídrico que vive la región en el presente, hace de estos proyectos y similares, materias obligadas a estudiar.

Para finalizar, es importante recalcar que la implementación de este sistema no va solo acompañada de una evaluación económica y técnica, sino también, de una evaluación a la conducta que tienen las personas, habitantes del condominio, puesto que ellas serán factores claves en el ciclo que tenga por fin, la reutilización de las aguas grises, las cuales ellas mismas generarán, por lo que es esencial educar al interior de las familias, la necesidad global de dar un buen aprovechamiento al recurso hídrico, y de cómo, estamos obligados como sociedad, a reutilizar estos recursos en post de cuidar finalmente, el mundo que habitamos.

7.2 Proyecciones de investigación

Si bien el estudio contempló la implementación de un sistema en un conjunto habitacional ya construido, esta misma condición supone una intervención a las casas y en general, al condominio lo cual afecta la estética del mismo y supone una complejidad mayor al tener que intervenir y construir pensando en no afectar las redes y sistemas que ya están construidos.

Por lo que se recomienda el estudio de esta implementación en un conjunto habitacional no construido, en el cual, no solo se calcule el uso de agua tratada para fines de consumo común, sino, que también esta agua pueda ser reutilizada al interior de cada propiedad, para el riego de áreas verdes privadas, puesto que, como se concluyó anteriormente, mientras más agua gris tratada sea reutilizada, mayor será el ahorro de agua potable y, por ende, mayor serán los ingresos percibidos por los habitantes del condominio o conjunto habitacional que sea objeto de estudio

Otra arista no tomada en cuenta durante esta memoria fue la creación de un manual para el usuario de las aguas grises tratadas, ya sea para su correcta manipulación como también, al buen uso del agua potable que será convertida en agua gris y finalmente tratada, para que esta agua no adquiera propiedades no deseadas para el correcto funcionamiento de la planta, es decir, evitar la sobre contaminación del agua potable utilizada en actividades las cuales generarán el agua gris a tratar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

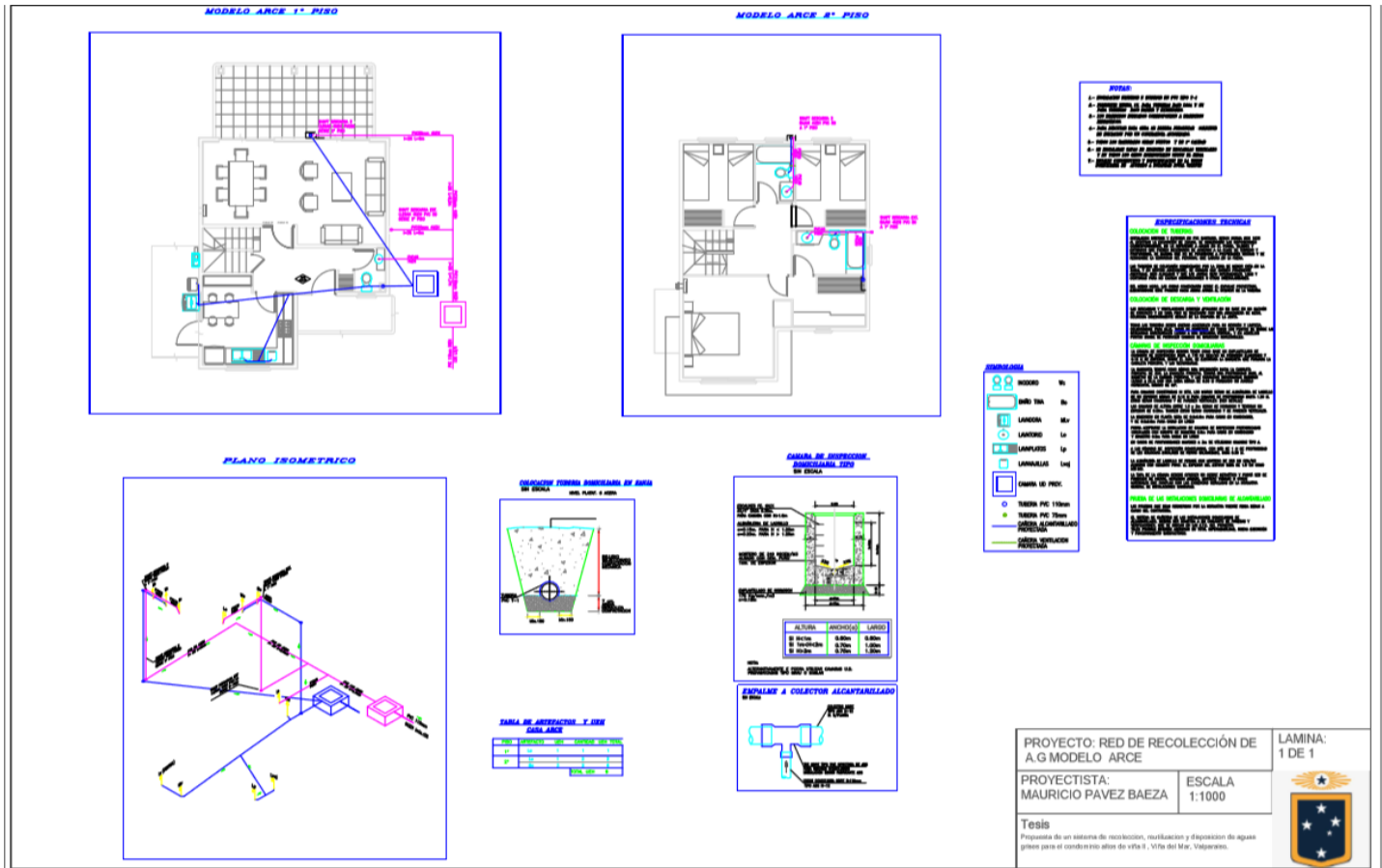
1. Arias, M. (2016). La triangulación metodológica: sus principios, alcances y limitaciones. Vol. XVIII, núm. 1, marzo. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia
2. Bernal D.P. (2003). Guía de selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales domésticas por métodos naturales. Seminario internacional de métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales, (pp. 19-27). Cartagena Colombia
3. Burek, P.(2016) Multi-Criteria Framework to Assess Large Scale Water Resources Policy Measures. International Institute of Applied Systems Analysis, Laxenburg A-2361, Austria
4. Díaz, L. 2013. Diseño de la Ampliación de la Red de Distribución de San Andrés Itzapa, Chimaltenango y del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Aldea los Corales Cajagualten. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala
5. Diloreto, A. (2013). Explotación sustentable del agua subterránea para el uso agropecuario y la introducción del concepto de huella hídrica en la normativa de la Provincia de Buenos Aires. *Derecho Y Ciencias Sociales*, 120-140. Recuperado a partir de <https://revistas.unlp.edu.ar/dcs/article/view/740>
6. Hammer, M.J. Hammer, M.J. Jr. (2016) Water and wastewater technology. New Jersey, USA.
7. Herman E. Hilleboe.(2005) Manual de tratamiento de aguas. Departamento de Sanidad del estado de New York. USA
8. Hernández, R; Fernández C y Baptista, P (2018). Metodología de la Investigación. 3° edición. México: McGraw-Hill Interamericana
9. Hurtado, J. (2010) El Proyecto de Investigación. (4ta, ed.). Editorial Quirón
10. Mackenzie, L. D. (2010). Water and wastewater engineering. United States of America: Mc Graw Hill
11. Mavarez, S.(2016) "Propuesta De Sistemas De Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones Habitacionales De Interés Social". Trabajo especial de grado. Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, escuela de civil. Maracaibo, Venezuela
12. Rojas R. (2002). Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. "*GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*" (pp. 8-15). LIMA
13. Rodríguez Miranda, Juan Pablo, García Ubaque, César Augusto, & Pardo Pinzón, Janneth. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. *Tecnura*, 19(46), 149-164. <https://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a03>
14. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2018) Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. Informe Mundial de las

Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos

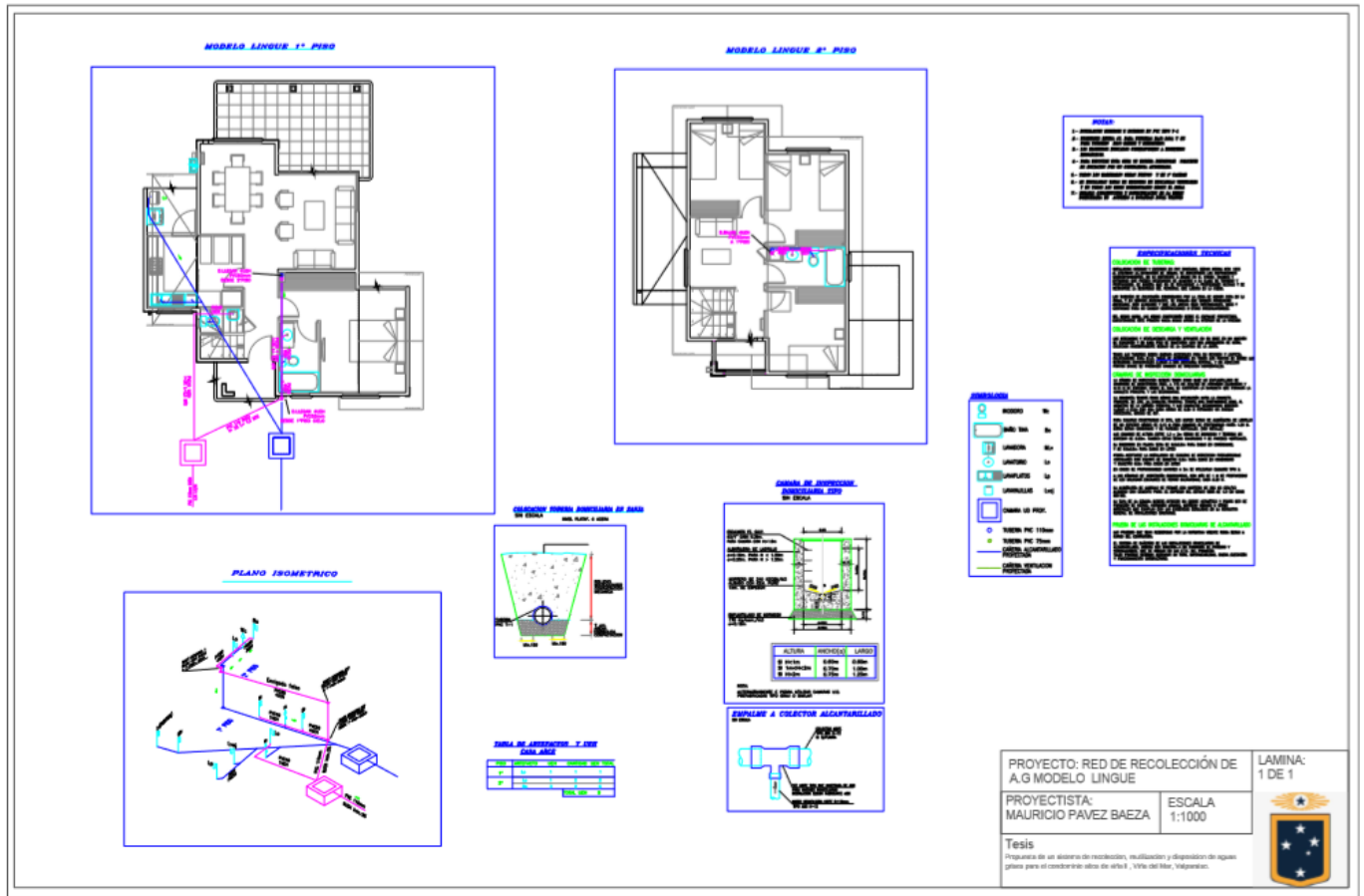
15. World Resources Institute (WRI). (2015). Ranking the World's Most Water-Stressed Countries in 2040. Disponible en: <http://www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world%E2%80%99s-most-water-stressed-countries-2040>
16. Ley 21.075 Que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises.
17. Reglamento sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises, Ministerio de Salud (2018)

ANEXOS

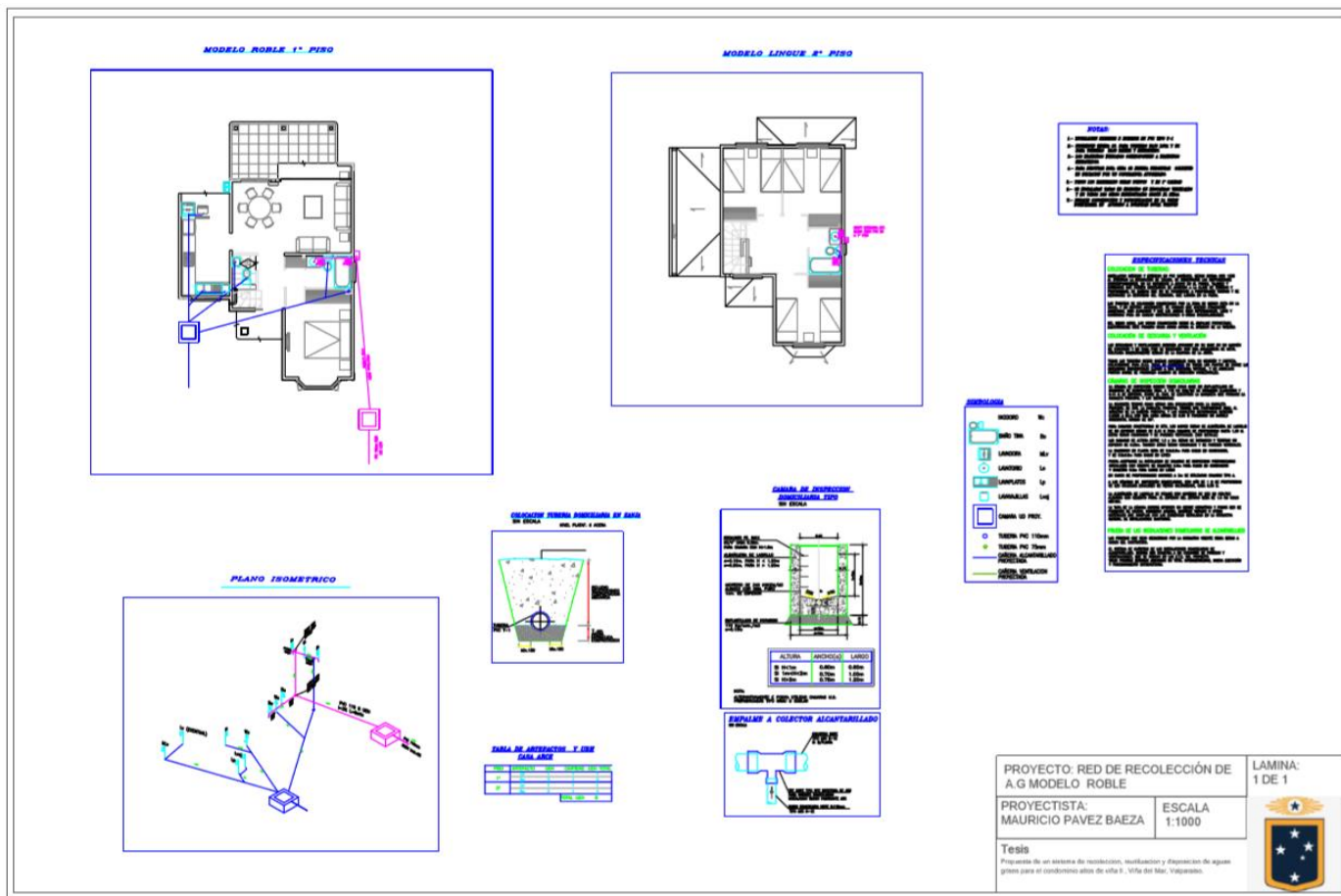
- Plano modelo arce



- Plano modelo lingue

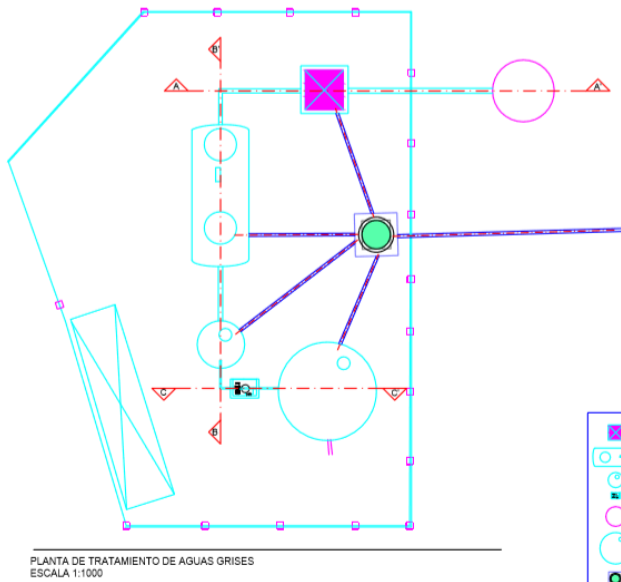


- Plano modelo roble



- Planos PTAG.

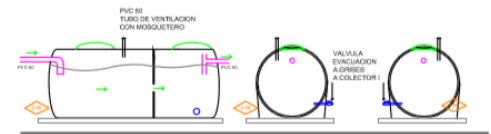
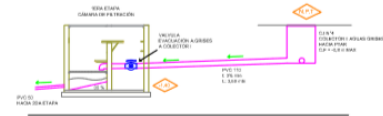
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES



Simbología

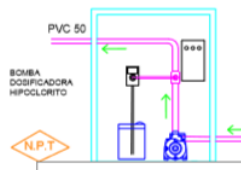
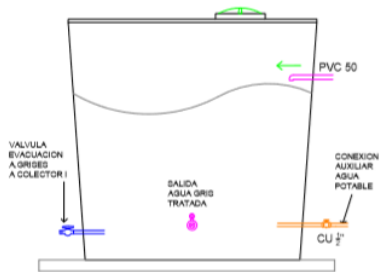


PLANOS DE DETALLE



PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES	
PROYECTISTA: MAURICIO PAVEZ BAEZA	ESCALA 1:1000
TESIS: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECOLECCION, REUTILIZACION Y DISPOSICION DE AGUAS GRISES PARA EL CONDOMINIO ALTOS DE VIÑA II, EN VIÑA DEL MAR, VALPARAISO.	

PLANOS DE DETALLE



SIMBOLOGIA



PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES		LAMINA: 2 DE 2
PROYECTISTA: MAURICIO PAVEZ BAEZA	ESCALA 1:1000	
TESIS: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECOLECCION, REUTILIZACION Y DISPOSICION DE AGUAS GRISES PARA EL CONDOMINIO ALTOS DE VISA I EN VIÑA DEL MAR, VALPARAISO.		

