

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES MEDIANTE MEMBRANAS DE ULTRAFILTRACION EN UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 7 PISOS, LIMA, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Jonaiker Humberto Martinez Pulido

**Asesor:**

MBA. Jose Luis Neyra Torres  
<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>EDMUNDO VERAU MIRANDA</b>	<b>10557797</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

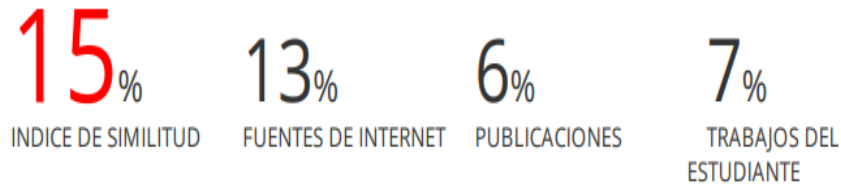
Jurado 2	<b>ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ</b>	<b>42009981</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>NEICER CAMPOS VASQUEZ</b>	<b>42584435</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

**RESULTADO TURNITIN**

TF\_JONAIKER\_MARTINEZ\_2023-VF

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>vdocuments.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>www.saludarequipa.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## **DEDICATORIA**

La presente investigación, es dedicada a mis abuelos y padres quienes inculcaron los principios y valores que me acompañaran a lo largo de mi vida personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por el esfuerzo y sacrificio realizado durante mis años académicos que me permitieron formarme como profesional.

Agradezco a mis abuelos y tía por estar siempre pendiente de mi bienestar y logros laborales, dándome los consejos para poder recuperar la motivación.

Agradezco a todas las personas que aportaron su ayuda sincera para la realización del presente trabajo.

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO CALIFICADOR	2
RESULTADO TURNITIN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
Realidad problemática	14
Justificación de la investigación	39
Formulación del problema	40
Objetivos	41
Hipótesis	41
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	43
Tipo de investigación	43
Identificación de variables	44
Operacionalización de variables	45
Población y muestra	47
Técnicas de recolección y análisis de datos	47

Instrumentos de recolección y análisis de datos	48
Procedimiento	48
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
LIMITACIONES	88
DISCUSIÓN	88
CONCLUSIONES	89
IMPLICANCIAS	91
REFERENCIAS	92
ANEXOS	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Diferencia de gastos mensuales con el uso de un sistema de reutilización.</i>	21
Tabla 2. <i>Cantidad de agua utilizada según actividad doméstica.</i>	28
Tabla 3. <i>Unidades de Descarga.</i>	29
Tabla 4. <i>Unidades de descarga para aparatos no especificados.</i>	31
Tabla 5. <i>Número máximo de unidades de descarga que puede ser conectado a los conductos horizontales de desagüe y a las montantes.</i>	31
Tabla 6. <i>Parámetros de calidad para la reutilización de aguas grises.</i>	33
Tabla 7. <i>Unidades de Gasto para aparatos de uso privado.</i>	35
Tabla 8. <i>Unidades de gasto para aparatos de uso público.</i>	36
Tabla 9. <i>Velocidad máxima para tuberías de distribución de agua.</i>	38
Tabla 18. <i>Diámetros de la tubería de ventilación.</i>	52
Tabla 11. <i>Principales componentes del sistema de tratamiento.</i>	57
Tabla 12. <i>Diámetros de las tuberías de impulsión en función del gasto de bombe.</i>	61
Tabla 13. <i>Dotación diaria de agua fría para vivienda multifamiliares.</i>	64
Tabla 14. <i>Cantidad de usos de aparatos sanitarios en departamento – 04 personas.</i>	68
Tabla 15. <i>Litros/día de aguas grises por aparato sanitario.</i>	69
Tabla 16. <i>Dotación de aguas grises en el edificio.</i>	71
Tabla 17. <i>Unidades de descarga del 7mo piso.</i>	72
Tabla 18. <i>Unidades de descarga del 2do al 6to piso.</i>	72
Tabla 19. <i>Unidades de descarga del 1er piso.</i>	73
Tabla 20. <i>Diámetro de tubería horizontal de desagüe.</i>	75
Tabla 21. <i>Diámetro de montante por piso.</i>	76
Tabla 22. <i>Diámetro de la tubería de ventilación.</i>	76
Tabla 23. <i>Demanda de agua tratada en el edificio.</i>	78



Tabla 22. <i>Unidades de gasto de aparatos sanitarios en baños.</i> .....	80
Tabla 25. <i>Diámetro mínimo de la tubería de impulsión.</i> .....	81
Tabla 26. <i>Modelo de tanque hidroneumático con membrana calculado.</i> .....	82
Tabla 27. <i>Dotación de agua por norma IS.010 del 1er piso.</i> .....	83
Tabla 28. <i>Dotación de agua por norma IS.010 del 2do al 7mo piso.</i> .....	83
Tabla 29. <i>Dotación de agua por norma IS.010 de áreas sociales.</i> .....	84
Tabla 30. <i>Porcentaje de ahorro hídrico posterior al tratamiento de aguas grises.</i> 84	
Tabla 31. <i>Tarifario del consumo de agua – Domestico No Beneficiario.</i> .....	85
Tabla 32. <i>Tarifa mensual sin tratamiento de aguas grises.</i> .....	86
Tabla 33. <i>Tarifa mensual con tratamiento de aguas grises.</i> .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Porcentaje de agua en el planeta.</i> .....	14
Figura 2. <i>Incremento de población mundial 2011- 2050.</i> .....	16
Figura 3. <i>Consumo hídrico en Portugal.</i> .....	18
Figura 4. <i>Consumo fluvial en una vivienda de 4 habitantes.</i> .....	20
Figura 5. <i>Escala de pH.</i> .....	26
Figura 6. <i>Esquema representativo del sistema de tratamiento.</i> .....	48
Figura 7. <i>Logo de la empresa DEHOUST.</i> .....	55
Figura 8. <i>Proceso de tratamiento del “Gestor de Aguas Grises Tipo 3”</i> .....	55
Figura 9. <i>Principales componentes del “Gestor de Aguas Grises Tipo 3”</i> .....	57
Figura 10. <i>Calidad de agua trata posterior al proceso de ultrafiltración.</i> .....	58
Figura 11. <i>Deposito modelo PE 4000DF en color negro DEHOUST.</i> .....	59
Figura 12. <i>Secuencia de Funcionamiento del Tanque Hidroneumático.</i> .....	63
Figura 13. <i>Modelos y características del equipo de bombeo con membrana.</i> .....	63
Figura 14. <i>Producción de aguas grises por día.</i> .....	70
Figura 15. <i>Baño modelo típico distribuido en los departamentos.</i> .....	74
Figura 16. <i>Tubería horizontal con mayor unidad de descarga contenida.</i> .....	74
Figura 17. <i>Montantes con mayor unidad de descarga contenida.</i> .....	75
Figura 18. <i>Demanda de aguas tratada por día.</i> .....	77

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Velocidad del agua en m/s</i> .....	38
Ecuación 2. <i>Volumen promedio de aguas grises en litros/habitantes/día</i> .....	50
Ecuación 3. <i>Volumen máximo de aguas grises en litros/habitantes/día</i> .....	50
Ecuación 4. <i>Volumen mínimo de aguas grises litros/habitantes/día</i> .....	50
Ecuación 5. <i>Volumen promedio de agua tratada litros/habitantes/día</i> .....	53
Ecuación 6. <i>Volumen máximo de agua tratada litros/habitantes/día</i> .....	54
Ecuación 7. <i>Volumen mínimo de agua tratada litros/habitantes/día</i> .....	54
Ecuación 8. <i>Depósitos de aguas grises en unidades</i> .....	59
Ecuación 9. <i>Gestor de aguas grises en unidades</i> .....	60
Ecuación 10. <i>Depósitos de agua tratada en unidades</i> .....	60
Ecuación 11. <i>Gasto probable en litros/segundo</i> .....	61
Ecuación 12. <i>Volumen agua residuales</i> .....	65
Ecuación 13. <i>Dotación mensual</i> .....	67
Ecuación 14. <i>Porcentaje de ahorro económico</i> .....	67

## RESUMEN

Los escasos de agua dulce es una incertidumbre a nivel mundial, ya que, según estudios, se provee que para el año 2030 este recurso disminuya hasta un 40% de lo existente. Lima en el año 2014, generaba a diario 1'202,286 m<sup>3</sup> de agua residual de los cuales solo el 21.2% pasó por un método de tratamiento, pese a tener 43 PTAR.

El RNE contempla parámetros de diseño y métodos de tratamientos para aguas residuales enfocados en el sector industrial mas no, en edificaciones residenciales. Así mismo, no menciona un método probabilístico o matemático que permita separar las aguas grises de las aguas negras.

La investigación plantea un sistema mixto comprendido por procesos físicos y biológicos por medio de un diseño un sistema tratamiento de aguas grises mediante membranas de ultrafiltración en un edificio multifamiliar de 7 pisos, Lima, 2022.

La variable, tratamiento de aguas grises, mediante membranas de ultrafiltración busca independizar la red de desagüe de las aguas grises generando un ahorro económico e hídrico mayor al 10%.

La investigación es descriptiva, bajo la metodología cuantitativa, pues se desarrolla mediante fórmulas y cálculos probabilísticos para la obtención de resultados. Así mismo, es no experimental, debido a que los cálculos y metodologías se basan en resultados teóricos, mas no prácticos.

Como resultado se obtiene la estimación de dimensiones de las tuberías y sistema de tratamiento; el ahorro hídrico y económico que se genera en el edificio, logrando superar el porcentaje planteado en la hipótesis.

**PALABRAS CLAVES:** aguas grises, membranas de ultrafiltración, reutilización.

## ABSTRACT

Fresh water shortage is a worldwide uncertainty, since, according to studies, it is expected that by 2030 this resource has already decreased by up to 40 percent of what exists. In 2014, Lima generated 1'202,286 cubic meters of residual water daily, of which only 21.2 percent went through a treatment method, despite having 43 Wastewater Treatment Plants.

The National Building Regulations contemplate design parameters and treatment methods for wastewater focused on the industrial sector but not on residential buildings. Likewise, it does not mention a probabilistic or mathematical method that allows separating gray water from black water.

The research proposes a mixed system integrated in a physical and biological way through a design of a grey treatment system by ultrafiltration membranes in a 7-story multifamily building, Lima, 2022.

The variable, greywater treatment, through ultrafiltration membranes, it seeks to make the drainage network independent of gray water, generating economic and water savings of more than 10 percent.

The research is descriptive, under the quantitative methodology, it is developed through formulas and probabilistic calculations to obtain results.

In addition, it is not experimental, because the calculations and methodologies are based on theoretical results, but not practical.

The result is the estimation of dimensions of the pipes and treatment system; the water and economic savings generated in the building, managing to exceed the percentage raised in the hypothesis.

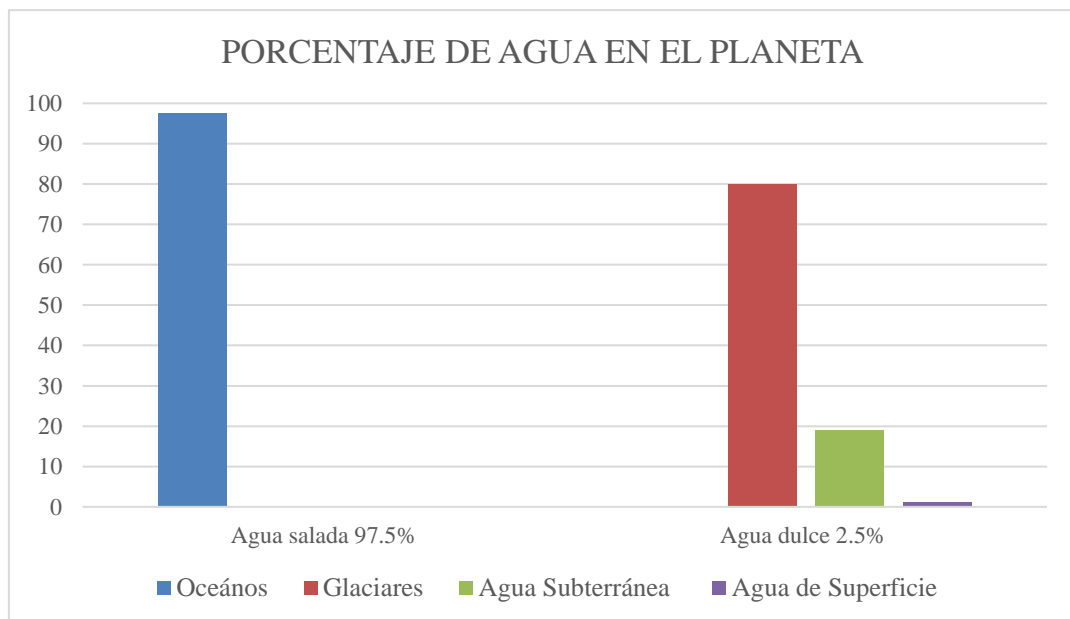
**KEY BOARDS:** grey water, ultrafiltration membranes, reuse.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### Realidad problemática

El agua es un recurso mineral de vital importancia para la vida en nuestro planeta, además de ser fuente y sustento para las personas, también influye en los cambios de clima y el modelamiento de la Tierra debido a su formidable fuerza. Este recurso cubre más del 70% del planeta, en donde el 97.5% se encuentra en los océanos y el 2.5% perteneciente a agua dulce, está compuesto por glaciares, agua subterránea y agua de superficie que representan el 80%, 19% y 1% respectivamente. (Férrnandez, 2012). La información expuesta muestra la importancia del agua como principal recurso para la formación geográfica y la existencia de biodiversidad en nuestro planeta, además de su distribución en porcentaje según su estado natural y tipo en el que se encuentre, lo cual se detalla en la Figura 01, dejando en claro la necesidad de resguardar este recurso mineral.

**Figura 1.** *Porcentaje de agua en el planeta.*

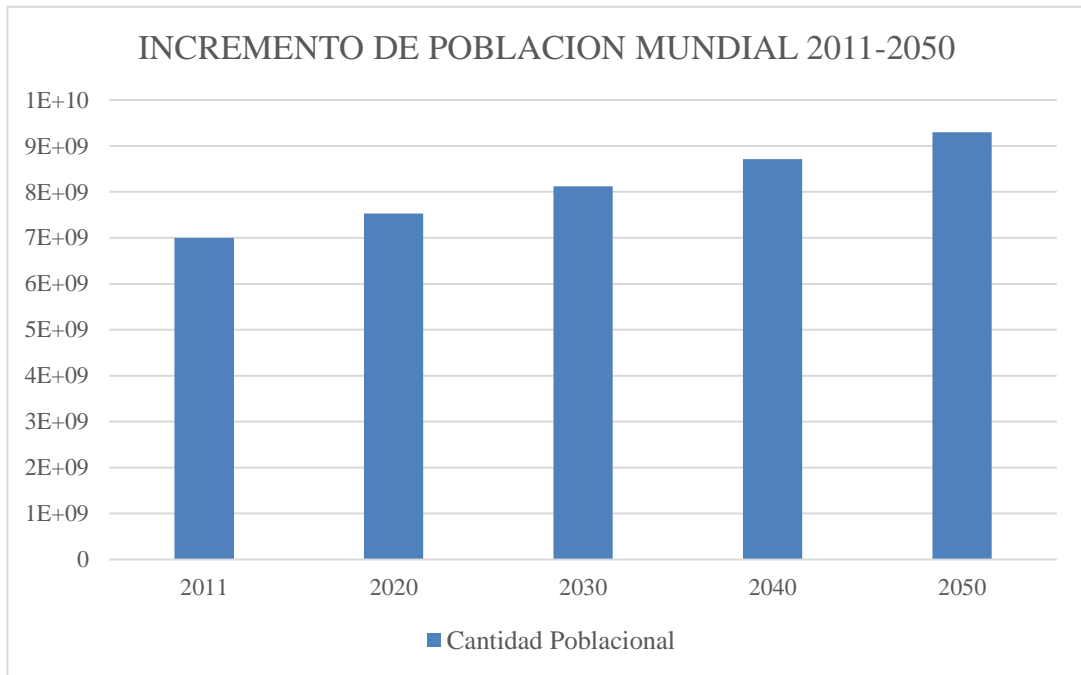


Fuente: Propia basada en Férrnandez, 2012.

Como se mencionó anteriormente, el agua es el recurso más provechoso para el desarrollo de la biodiversidad en nuestro planeta; sin embargo, del total de su volumen que se encuentra en la Tierra, solo el agua dulce es apto para el consumo de los seres vivos; por ende, según Burbano (2015), el bajo porcentaje de agua dulce existente, es una situación de preocupación a nivel mundial, debido que en las sociedades no existe una concientización acerca del cuidado de este recurso y las causas que podrían generar su escasez; como el cambio climático y el crecimiento demográfico que con lleva a que los sistemas de tratamientos de aguas residuales no se abastezcan, por ende un porcentaje del volumen generado no sea tratado y sea desechado de forma clandestina.

Según estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO, 2016), la población mundial aumentará 33% entre los años 2011 y 2050, transcurriendo de 7000 millones de personas a 9300, además la cantidad de habitantes en zonas urbanas se incrementará al doble de lo estimado en el 2011; es decir de 3600 a 7200 millones en el año 2050. También se plantea que, en el año 2030, el planeta sufrirá un déficit de agua del 40% por lo que se considera de suma importancia emplear metodologías que contrarresten su uso y contribuyan a mitigar su escasez. Del estudio realizado por la UNESCO, se interpreta desde el 2011 al 2050, el incremento poblacional será de 0.85% por año. Teniendo en cuenta un periodo de evaluación cada 10 años, se obtiene un crecimiento de 8.5% lo equivalente a 589 millones 743 mil 589 personas a nivel mundial, la evolución de esto se muestra en el gráfico de barras de la Figura 02.

**Figura 2.** Incremento de población mundial 2011- 2050.



Fuente: Propia basada en UNESCO, 2016.

En nuestro país, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2014, como se citó en Collacci, 2018) en el año 2014 se generaba a diario 1 millón 202 mil 286 metros cúbicos de agua residual, en donde solo el 21.2% pasó por un método de tratamiento pese a que, para ese año, Lima contaba con 43 plantas de tratamientos de aguas residuales (PTAR); 21 administradas por SEDPAL, 8 municipalidades distritales y el resto por universidades, colegios, entre otros. Las PTAR, no se abastecen en relación a los volúmenes de aguas residuales que se producen diariamente por lo que un porcentaje de estas se pierden en subsuelos o en aguas superficiales, contaminándolas y convirtiéndolas en un posible foco infeccioso.

Las actuales Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), alcanzan una cantidad de 50 entidades según el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS), quienes son las encargadas de operar en las Plantas de



Tratamientos de Aguas Residuales (PTAR) en el Perú, en cuanto a Lima, la entidad a cargo del tratamiento de aguas servidas es SEDAPAL, teniendo en cuenta que en la capital se produce aproximadamente 24 metros cúbicos por segundo de aguas grises, de las cuales la planta de tratamiento Taboada, otorgado al Consorcio ACS y Tedaguas de España, trata aproximadamente 14 metros cúbicos por segundo y la PTAR de la Chira, manejada por el Consorcio Acciona y Graña y Montero aporta con 6 metros cúbicos por segundo aproximadamente. (Oz Perú, 2017). En la información proporcionada por Oz Perú, se menciona las PTAR con mayor capacidad de tratamiento en nuestro país, lo que implica también que el Reglamento Nacional de Edificaciones; conocido por sus siglas RNE, contempla los requisitos mínimos para el diseño y construcción de una planta de tratamiento a nivel industrial y su mantenimiento acorde a los volúmenes de aguas grises que se generen; sin embargo, no establece una norma como tal que requiera el diseño y construcción de un sistema de tratamiento en edificaciones como condominios, multifamiliares entre otros.

### **Antecedentes internacionales**

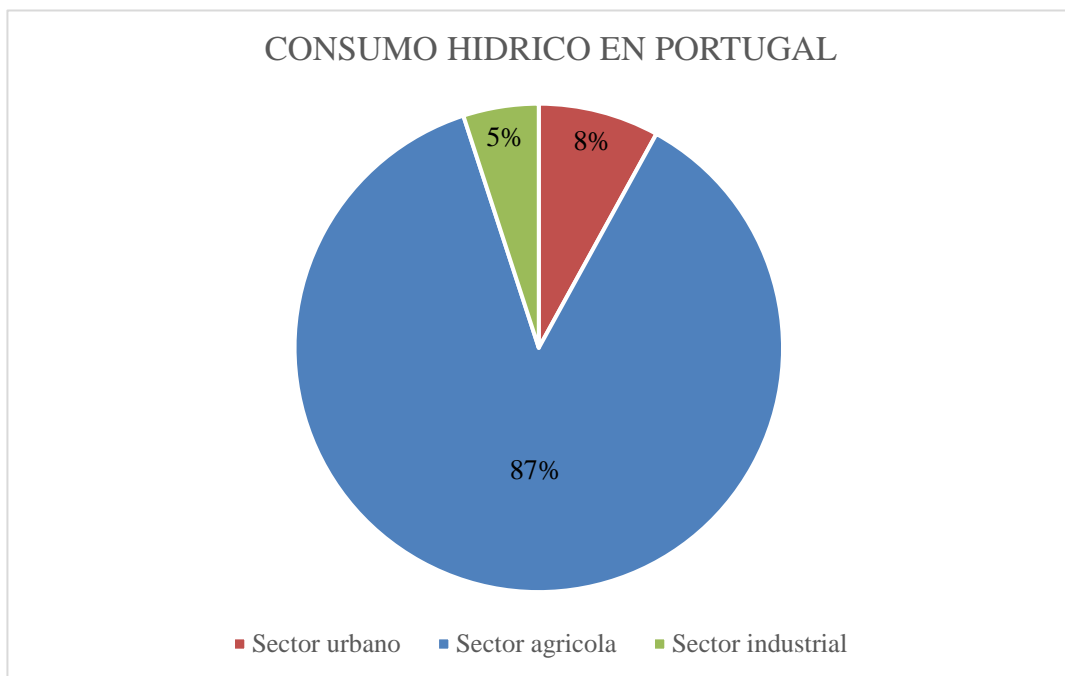
Como se muestra en la Figura 03, en Portugal el 100% del consumo de agua se divide en el sector urbano, agrícola e industrial con un 8, 87 y 5% respectivamente. Sin embargo, económicamente, el sector que mayor porcentaje ocupa en costos de suministro de agua es el urbano, del cual el 64% de su totalidad proviene del consumo doméstico.

Para poder realizar un análisis económico de las ventajas que otorga la reutilización de aguas grises, se realizó el diseño de un sistema de reciclaje de aguas residuales domésticas para un edificio residencial en la ciudad de Desbaste empezando por un reactor aerobio y finalizando con una filtración mediante membranas y desinfección a través de hipoclorito de sodio, obteniendo como resultado un ahorro hídrico de 300 metros cúbicos por mes en los 5 meses de baja

precipitación, 258 m<sup>3</sup>/mes para el resto del año y 3 351.92 m<sup>3</sup> al año. (Meléndez, Lemos, Dominguez, & Oviedo, 2019).

El estudio realizado en Portugal expone uno de los beneficios que otorga el uso de un sistema de reutilización de aguas grises; el generar un ahorro hídrico, trae consigo una reducción de gastos monetarios mensuales, lo que beneficia a los residentes del proyecto en donde se haya implementado.

**Figura 3.** Consumo hídrico en Portugal.



Fuente: Propia basado en Meléndez, Lemos, & Oviedo, 2019.

Según Pérez et al. (2013) en Costa Rica, principalmente en la zona protectora de los Cerros de Escazú, se estableció un sistema de reutilización de aguas residuales domésticas buscando separar las aguas grises de los sólidos para su posterior uso en el sector agrícola.

La realización del sistema de reutilización se debió a la grave deficiencia en la calidad de agua que presentaba una de las cuencas más importantes del país; la

Cuenca del Rio Grande, esto debido a que los efluentes provenientes de la red sanitaria de un sector mayoritario de la población, desemboca en uno de los ríos de la cuenca; llamado Rio Catalina.

La eficacia del sistema, provocó que se reduzca los efluentes en aguas grises y negras hasta un 80% en promedio, cumpliendo con los rangos establecidos por la legislación costarricense. (p.324)

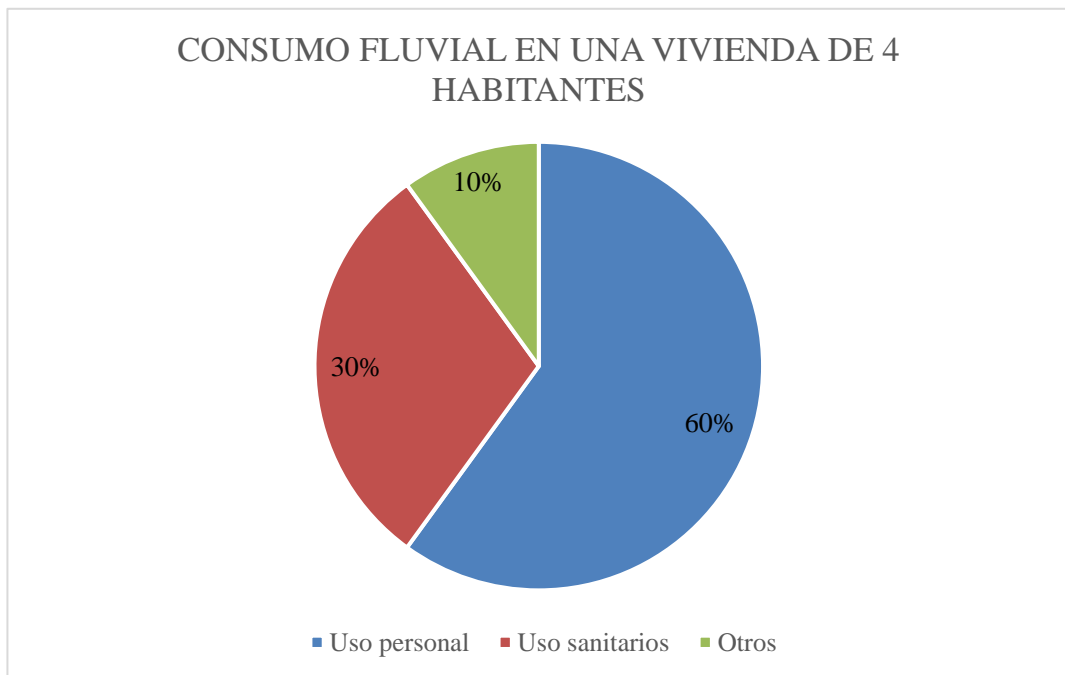
El antecedente en Costa Rica, muestra un sistema de reutilización de aguas grises desarrollada con la intención de mejorar uno de sus más importantes recursos hídricos, desvinculándose del objetivo común de generar un ahorro fluvial. Otorgando un nuevo beneficio al sistema como método de restauración patrimonial.

De acuerdo a Contreras (2009), en Ecuador se realizó un estudio a una vivienda conformada por 4 habitantes, en donde se identificó una distribución porcentual del volumen total de agua consumido. Como se indica en la Figura 04, el 60% se destinaba a uso personal, el 30% para uso sanitario y el 10% a otras actividades en donde no se requería agua potable.

El proyecto tenía como objetivo, utilizar agua reciclada para solventar las actividades que no requieran agua potable mediante un sistema de bombeo que traslada el agua a través de filtros, desembocando en un tanque en donde se acumula para posteriormente ser distribuido por gravedad a los tanques sanitarios.

La investigación realizada por Contreras, indica el uso que le puede dar al agua tratada, cómo el llenado de tanques inodoros; actividad donde se desperdicia grandes cantidades de agua potable al día, pese a que no requiere altos estándares de calidad del fluido, por eso se convierte en uno de los problemas más fáciles de solucionarse, así como el regadío de plantas y lavados de coches.

**Figura 4.** Consumo fluvial en una vivienda de 4 habitantes.



Fuente: Propia basada en Contreras, 2009.

### Antecedentes nacionales

En el año 2017 se realizó una investigación en el edificio multifamiliar Canto Bello, ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, con la finalidad de obtener una alternativa de tratamiento de aguas grises y aportar una solución de sostenibilidad del fluido. El estudio se basó en el diseño e instalación del sistema, recolección de muestras y ensayos de tratamiento teniendo como resultado la reducción del 25% en comparación a los gastos mensuales y un 50% menos de contaminación hídrica. (Valera, 2017). Esta investigación muestra de la existencia de proyectos mobiliarios con el concepto de conservación medioambiental en nuestro país, pues desarrolla el diseño de un sistema de reutilización de aguas grises con el fin de generar una solución sostenible.

En la ciudad de Tacna, específicamente en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, se realizó el diseño de un sistema de reutilización de aguas grises para un edificio multifamiliar de 12 pisos, en donde el volumen generado por duchas, lavadoras y lavamanos, fue reutilizado para el llenado de tanques de inodoros, riego de áreas verdes y limpieza de pisos, posterior a un proceso de tratamiento. El sistema se implementó en el sótano del edificio logrando un 40% menos en el consumo de agua potable y 16.97 soles de ahorro en el pago mensual del servicio, como se señala en la Tabla 01 . (Loza, 2017). A excepción de hospitales, en nuestro país, los proyectos mobiliarios como multifamiliares, condominios, hoteles, entre otros; no son obligados a desarrollar un sistema de tratamiento en su diseño y construcción pese a que, estos tipos de edificaciones consumen una gran dotación diaria de agua al día, su mayor parte en actividades domésticas como las mencionadas en el estudio anterior.

**Tabla 1.** *Diferencia de gastos mensuales con el uso de un sistema de reutilización.*

<b>Tipo</b>	<b>Gasto Mensual</b>	<b>Ahorro</b>
Sin sistema de reutilización de aguas grises	42.42 S/.	00.00 S/.
Con sistema de reutilización de aguas grises	25.25 S/.	16.97 S/.

Fuente: Propia basado en Loza, 2017.

De igual manera, según Candiotti (2018), en un edificio multifamiliar ubicado en el asentamiento humano Micaela Bastidas, se logró disminuir el consumo de agua en un 58.90% respecto del volumen total generado, debido al diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises, utilizando un método de filtración.

## Definiciones conceptuales

### - **Membranas de ultrafiltración**

“Membranas porosas con diámetro de 0.04 y 0.1  $\mu\text{m}$  que impiden el paso de partículas disueltas o suspendidas en el agua” (Zarza, 2019).

### - **Ultrafiltración**

“Es la separación de sólidos disueltos o suspendidos en el agua mediante membranas porosas utilizando la presión hidrostática” (Zarza, 2019).

### - **Agua**

“Recurso mineral que da origen a la vida, siendo de vital importancia para la sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de todo ser vivo en el planeta” (Minchan, et al, 2019).

### - **Agua cruda**

“Agua que no ha sido sometida a un método de tratamiento; es decir, no es apto para consumo humano y se encuentra en su estado natural como fuentes superficiales o subterráneas” (Minchan, et al, 2019).

### - **Agua potable o de consumo humano**

“Agua con estándares de calidad óptimos para consumo humano y uso en actividades domésticas, incluyendo higiene personal” (Minchan et al, 2019).

### - **Agua reciclada**

“Volumen de agua posterior a un proceso de tratamiento con la posibilidad de ser reutilizado en la actividad que lo genero y/o diferentes según se requiera” (Suárez, Burgos, Cambeses, Torres, & Ures, 2012).

- **Aguas residuales domesticas**

“Se define aguas residuales domésticas cómo el volumen generado por actividades domésticas, comercial e institucional con desechos de materia orgánica ya sea disueltas o en suspensión, sales minerales, grasas, entre otros” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2018, p.167).

- **Aguas negras**

“Las aguas negras también llamadas servidas, fecales o cloacales, son producto de los residuos de inodoros y orinales; y pueden ser reutilizados en el riego de áreas verdes luego de haber pasado por un tratamiento y análisis de calidad” (Dulce & Tamariz, 2018).

- **Aguas grises**

“Las aguas grises provienen de aparatos sanitarios como lavamanos, lavadero de ropa y de todo mobiliario en dónde no se deseche residuos sólidos orgánicos e inorgánicos” (Cruz, Gómez, Luz, & Cuervo, 2014)

- **Calidad de agua**

“La calidad de agua hace referencia a características físicas, químicas y bacteriológicas que garantizan un correcto gusto, olor y apariencia del fluido, siendo apto para consumo humano sin originar futuros problemas de salud” (MVCS, 2018, p.115).

- **Tratamiento de agua**

“El tratamiento de agua se basa en la eliminación de residuos sólidos contenidos en el fluido mediante métodos naturales o artificiales con la intención de lograr los requisitos solicitados en la norma de calidad de agua para consumo humano” (MVCS, 2018, p.116).

## **Bases teóricas**

La presente investigación muestra las definiciones y principales características de aguas grises domésticas y el procedimiento de diseño para un sistema de reutilización basado en los conceptos teóricos proporcionados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, también conocido por sus siglas RNE.

### **- Aguas grises domésticas**

“Las aguas grises son vertidos provenientes de actividades sanitarias realizadas en una vivienda; sin embargo, estos no contienen desechos fecales u orines en su efluente a comparación de las aguas negras” (Ochoa, 2012).

De acuerdo con Burbano (2015), las características de aguas grises se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos.

#### **✓ Caracteres físicos**

“Las características físicas del agua, son aquellas que se pueden distinguir con los sentidos, como su color, turbidez, contenido de sólidos suspendidos y/o disueltos; y mediante pruebas de laboratorio para el caso de su dureza” (Ochoa, 2012).

#### **Color**

“El color del agua es ocasionado por la disolución de materia orgánica e inorgánica en el fluido, obteniendo una apariencia desagradable” (Ochoa, 2012).



### **Dureza Total (TH)**

“La dureza en el agua, hace referencia a el número total de iones alcalinotérreos contenidos, teniendo mayor importancia la mezcla de minerales de cationes polivalentes en un determinado volumen” (Ochoa, 2012).

### **Turbidez (UTN)**

“La turbiedad exhibe el nivel de transparencia en el agua, indicando la posible calidad en la que se encuentra, teniendo en cuenta que a mayor turbidez menor será la posibilidad de ser empleada para el consumo humano” (Ochoa, 2012).

### **Sólidos suspendidos totales (SST)**

“Son aquellos sólidos con un tamaño mayor a un micrómetro, los cuáles no logran disolverse en el agua de forma natural y son expresado en miligramos por litro (mg/L)” (Ochoa, 2012).

### **Sólidos disueltos totales (SDT)**

“A comparación de sólidos suspendidos, estas sustancias sí logran disolverse por completo en el agua y se miden de igual forma por mg/L” (Ochoa, 2012).

### **✓ Caracteres químicos**

“Las sustancias químicas en las aguas grises dependen de las actividades sanitarias en donde son generadas; sin embargo, generalmente contienen Bario, Calcio, Cadmo, Fosforo, entre otros” (Narváez, Miranda, & Narváez, 2012).

### Cloruros ( $\text{Cl}^{-1}$ )

“Es uno de los principales iones de carga negativa, también llamado anión, su unidad de medida es miligramos por litro” (Ochoa, 2012).

### Hierro $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$

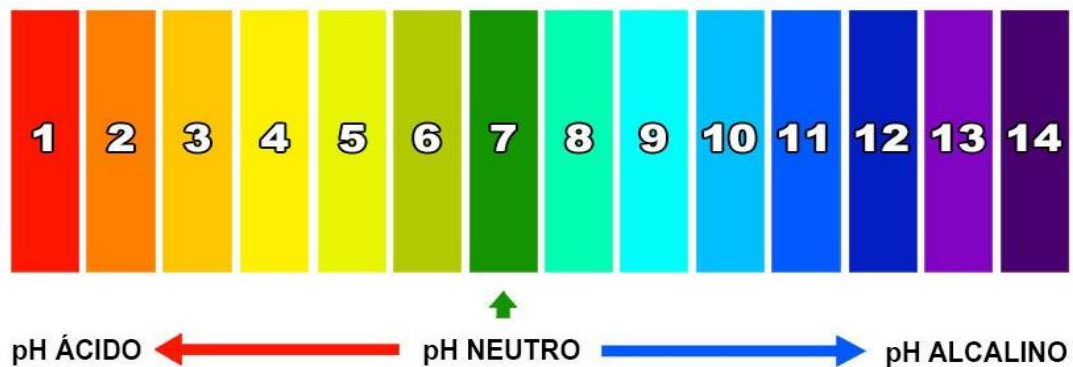
“Responsable de la turbiedad de agua debido a los sólidos diminutos que presenta” (Ochoa, 2012).

### pH

“Es el grado de acidez que contiene el agua; sus niveles se representan en una escala con valores del 0 al 14” (Ochoa, 2012).

En la escala de acidez o Ph, sus grados se presentan de mayor a menor como se muestra en la Figura 05.

**Figura 5.** Escala de pH.



Fuente: Adaptado de *Tabla de escala pH* [Ilustración], por Silvia Pharm, 2017, Farmacia Torrent ([www.farmaciatorrent.com](http://www.farmaciatorrent.com)).

### ✓ **Caracteres biológicos**

“Los aspectos biológicos en el agua, está directamente relacionado con las necesidades biológicas del ser humano, presentando grasas, aceites, entre otros”  
(Dulce & Tamariz, 2018).

### - **Diseño de un sistema de reutilización de aguas grises**

Un sistema de reutilización de aguas grises está comprendido por una red de desagüe que recolecta el volumen vertido por duchas, lavamanos y aparatos sanitarios en donde no se desechen residuos sólidos. Este volumen es almacenado en una cisterna, pasa por un tipo de tratamiento ya sea físico, químico o biológico y finalmente es reutilizado en actividades como riego de áreas verdes, limpieza y demás. (Baquero, 2013).

El diseño del sistema se debe realizar cumpliendo la normativa del país en donde se desarrolle, la presente tesis se basará en el Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú.

### ✓ **Producción y demanda de aguas grises**

El Reglamento Nacional de Edificaciones en su norma IS.010 permite, mediante cuadros estipulados, estimar la demanda diaria que necesita un proyecto residencial según el tipo al que pertenezca; es decir, multifamiliar, unifamiliar, entre otros. Además de los establecimientos adicionales que puedan conformar el edificio como estacionamientos, bares, etc.

También en su norma OS.070, establece que el volumen de aguas residuales equivale al 80% de la dotación diaria del proyecto, sin embargo, no contempla parámetros estadísticos o matemáticos que permita hallar el caudal de aguas grises de manera independiente a las aguas negras.

Para medir el caudal de aguas grises en un edificio se realiza una estimación matemática con datos de la entidad gubernamental correspondiente, en este caso el Ministerio del Ambiente.

Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014), el consumo de agua diario en Lima es 170.67 litros por persona, los cuales se distribuyen en las actividades indicadas en la Tabla 02.

**Tabla 2.** *Cantidad de agua utilizada según actividad doméstica.*

<b>Actividad doméstica</b>	<b>Dotación</b>
Caño abierto	20 litros
Ducha	20 litros
Cepillarse los dientes con caño abierto	20 litros
Inodoro	6 a 18 litros
Lavar los platos	100 litros
Lavar la ropa	120 litros
Lavar el carro con manguera	20 litros
Regar plantas con manguera	20 litros

Fuente: Adaptado de *Revista MINAM* [Tabla], por Ministerio de Ambiente, 2018, Notas de Prensa ([www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)).

✓ **Red de desagüe para aguas grises**

El sistema de desagüe de un proyecto está conformado por:

### Ramales

“Tubería que se extiende de la salida de servicios de los aparatos sanitarios hasta el ingreso a montantes o colectores” (MVCS, 2018, p.604).

### Colectores

“Tubería horizontal que recibe las aguas vertidas de montantes y ramales de desagüe, esta se puede clasificar en simple; cuando tiene conexión hacia un solo aparato sanitario o compuesta cuando se conectan a más de uno” (Blasco, 1995).

### Montantes

“También llamadas columnas sanitarias o bajantes, son las encargadas de realizar una evasión vertical de aguas residuales provenientes de ramales o colectores” (Blasco, 1995).

### Método de Unidades de Descarga

La normativa peruana permite el uso de diferentes métodos para el cálculo de ramales, colectores y montantes siempre y cuando sean correctamente justificados; no obstante, indica el método de Unidades de Descarga como el más apropiado. (MVCS, 2018, p.598).

Las unidades de descarga se podrán identificar según el tipo de aparato sanitario que se encuentre en el ambiente, como se muestra en la Tabla 03.

**Tabla 3.** *Unidades de Descarga.*

Tipo de aparato sanitario	Ø min. Trampa (mm)	UD
---------------------------	-----------------------	----

Inodoros (con tanque)	75 (3")	4
Inodoro (con tanque de descarga reducida)	75 (3")	2
Inodoro (con válvula automática y semiautomática)	75 (3")	8
Inodoro (con válvula automática y semiautomática de descarga reducida)	75 (3")	4
Bidé	40 (1 ½")	3
Lavatorio	32 – 40 (1 ¼" – ½")	1 - 2
Lavadero de cocina	50 (2")	2
Lavadero con trituradora de desperdicios	50 (2")	3
Lavadero de ropa	40 (1 ½")	2
Ducha privada	50 (2")	2
Ducha publica	50 (2")	3
Tina	40 – 50 (1 ½" – 2")	2 - 3
Urinario de pared	40 (1 ½")	4
Urinario de válvula automática y semiautomática	75 (3")	8
Urinario de válvula automática y semiautomática de descarga reducida	75 (3")	4
Urinario corrido	75 (3")	4
Bebedero	25 (1")	1 - 2
Sumidero	50 (2")	2

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, Anexo 6, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

Si se requiere obtener las unidades de descarga de un aparato sanitario que no esté contemplado en el cuadro anterior, se utiliza la Tabla 04.

**Tabla 4.** *Unidades de descarga para aparatos no especificados.*

<b>Diámetro de la tubería de descarga del aparato (mm)</b>	<b>Unidades de descarga correspondientes</b>
32 o menor (1 ¼" o menor)	1
40 (1 ½")	2
50 (2")	3
65 (2 ½")	4
75 (3")	5
100 (4")	5

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, Anexo 7, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

“Los diámetros de colector y montantes, se hallan con las unidades de gasto contabilizados por piso o en su defecto por el total acumulado” como se muestra en la Tabla 5. (Blasco, 1995).

**Tabla 5.** *Número máximo de unidades de descarga que puede ser conectado a los conductos horizontales de desagüe y a las montantes.*

<b>Diámetro del tubo (mm)</b>	<b>Cualquier horizontal de desagüe</b>	<b>Montantes de 3 pisos de altura</b>	<b>Montantes de más de 3 pisos</b>	
			<b>Total en la montante</b>	<b>Total por piso</b>
32 (1 ¼")	1	2	2	1
40 (1 ½")	3	4	8	2

50 (2")	6	10	24	6
65 (2 ½")	12	20	42	9
75 (3")	20	30	60	16
100 (4")	160	240	500	90
125 (5")	360	540	1100	200
150 (6")	620	960	1900	350
200 (8")	1400	2200	3600	600
250 (10")	2500	3800	5660	1000
300 (12")	3900	6000	8400	1500
375 (15")	7000	-	-	-

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, Anexo 8, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### ✓ **Método de tratamiento**

Los tratamientos de aguas grises son procesos y operaciones que puede actuar de forma independiente o combinando sus cualidades para trabajar como unidad. Los tratamientos pueden ser primarios, secundarios y terciario, que hacen referencia a un sistema físico, químico, biológico y al sistema mixto respectivamente. (Valencia, 2019).

#### **Sistema Físico**

Es uno de los sistemas más económicos; no obstante, su instalación y adaptabilidad en edificios no es la mejor, debido a que no elimina sustancias orgánicas, originando posibles malos olores. Este sistema realiza el filtrado mediante mallas, filtros de área, entre otros. Realiza el filtrado de sólidos en



suspensión y grasas, mediante mallas, filtro de arena, entre otro. (Burbano, 2015).

### **Sistema Físico - Químico**

Se basa en el filtrado de sólidos suspendidos y grasas contenida en aguas residuales al igual que sistema físico, sin embargo, en este sistema se cuenta con la posibilidad de eliminar materia orgánica, coloides y turbidez mediante mallas de prefiltración. (Burbano, 2015).

### **Sistema Biológico**

Es un sistema costoso de implementar debido al uso de microorganismo para la degradación de materia orgánica, además resulta innecesario su uso debido al bajo porcentaje de carga orgánica en aguas grises. (Burbano, 2015).

Las aguas tratadas deben cumplir con requisitos de calidad según el objetivo de reutilización que se contemple en el diseño, según AQUA (2018), los parámetros de calidad para agua tratada en el llenado de tanques de inodoro, riego de jardines y demás, deben ser las indicadas en la Tabla 06.

**Tabla 6.** *Parámetros de calidad para la reutilización de aguas grises.*

<b>Parámetros</b>	<b>Residencial</b>	<b>Servicios</b>
Turbidez (NTU)	<5	<10
E. Coli (UFC / 100 ml)	No detectado	<200
Biocida. En el caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl <sub>2</sub> mg/l)	0.5 – 2.0	0.5 – 2.0

---

Ph, si se adiciona cloro	7.0 – 8.0	7.0 – 8.0
--------------------------	-----------	-----------

---

Fuente: Adaptado de AQUA España, por Asociación Española de Empresas del Sector de Agua, 2018.

Para la realización de la presente investigación se utilizó un sistema mixto comprendido por procesos físicos y biológicos en donde las aguas grises son tratadas mediante membranas de ultrafiltración:

### **Membranas de Ultrafiltración**

El tratamiento de aguas grises mediante membranas, es un método de filtración de sólidos suspendidos o disueltos por medio de diferencia de pesos moleculares y el tamaño de partículas. (Solis, Velez, & Ramirez, 2017).

El método de filtrado, dependerá de la aplicación en que se reúse el agua tratada y la calidad que requiera, los procesos más utilizados en la actualidad son la microfiltración (MF), ultrafiltración (U), nanofiltración (NF), osmosis inversa (OI) y electrodiálisis (ED). (AEDyR, 2020).

El proceso de ultrafiltración utiliza la presión hidrostática para forzar la entrada del agua por las diferentes membranas semi – permeables, llegando al filtro donde son retenidos sólidos, bacterias, virus, endotoxinas y toda partícula entre 0.01 a 01  $\mu\text{m}$ . Además, puede ser usado como pre tratamiento de osmosis inversa y como tratamiento independiente. (Carbotecnia, 2021).

✓ **Red de distribución para agua tratada**

**Método Roy B. Hunter o Gastos Probables**

“El método Roy B. Hunter se basa en identificar una unidad de gasto para cada aparato sanitario o un grupo de ellos, ya sea privado o de uso público con el objetivo de hallar el gasto probable” (Blasco, 1995).

**Servicio Privado**

“Los aparatos sanitarios de servicio privado, hace referencia a un uso destinado únicamente para una sola persona o un conjunto de ellas que conviven en la misma vivienda” (Blasco, 1995).

En la Tabla 07 se muestra las unidades de gasto para uso privado.

**Tabla 7.** *Unidades de Gasto para aparatos de uso privado.*

<b>Aparatos sanitarios</b>	<b>Tipo</b>	<b>Total</b>	<b>Agua fría</b>	<b>Agua caliente</b>
Inodoro	Con tanque – descarga reducida	1.5	1.5	-
Inodoro	Con tanque	3	3	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática	6	6	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	3	3	-
Bidé	-	1	0.75	0.75
Lavatorio	-	1	0.75	0.75
Lavadero	-	3	2	2

Ducha	-	2	1.5	1.5
Tina	-	2	1.5	1.5
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática	5	5	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	2.5	2.5	-
Urinario	Múltiple (por m)	3	3	-

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, Anexo 1, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

### Servicio Público

“Los aparatos sanitarios públicos son utilizados por una o más personas que no necesariamente tienen una cercanía o parentesco” (Blasco, 1995).

En la Tabla 08 se indica las unidades de gasto para uso público.

**Tabla 8.** Unidades de gasto para aparatos de uso público.

Aparatos sanitarios	Tipo	Total	Agua fría	Agua caliente
Inodoro	Con tanque – descarga reducida	2.5	2.5	-
Inodoro	Con tanque	5	5	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática	8	8	-

Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	4	4	-
Lavatorio	Corriente	2	1.5	1.5
Lavatorio	Múltiple	2	1.5	1.5
Lavadero	Hotel restaurante	4	3	3
Lavadero	-	3	2	2
Ducha	-	4	3	3
Tina	-	6	3	3
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática	5	5	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	2.5	2.5	-
Urinario	Múltiple (por ml)	3	3	-
Bebedero	Simple	1	1	-
Bebedero	Múltiple	1	1	-

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, Anexo 2, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

“El total de unidades obtenidas por cada ambiente y nivel se relaciona en la tabla de Gastos Probables o también llamado caudal expresado en Litros /segundo” (Blasco, 1995). La tabla de mencionada se muestra en el Anexo 1.

Los diámetros de tuberías se hallan utilizando la Ecuación 1, teniendo en consideración la velocidad mínima y máxima que proporciona el Reglamento Nacional de Edificaciones.

$$V = 1.974 \times \frac{Q}{D^2} \quad (1)$$

Donde:

V = Velocidad del agua en m/s

Q = Caudal o Gasto Probable

D = Diámetro de la tubería

Según MVCS (2018, p. 594), los diámetros de las tuberías de distribución deben contemplar una velocidad mínima de 0.60 m/s y una velocidad máxima según se muestra en la Tabla 09.

**Tabla 9.** *Velocidad máxima para tuberías de distribución de agua.*

Diámetro (mm)	Velocidad máxima (m/s)
15 (1/2")	1.90
20 (3/4")	2.20
25 (1")	2.48
32 (1 ¼")	2.85
40 y mayores (1 ½" y mayores)	3.00

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, Anexo 2, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

### Marco Normativo

- ✓ **Norma OS.070 – Pluviométrica en cada punto de las subzonas redes de aguas residuales**

“La norma OS.070 establece las condiciones para la elaboración de un proyecto hidráulico de aguas grises funcionando bajo gravedad o presión” (MVCS, 2018, p.159).

✓ **Norma IS.010 – Instalaciones Sanitarias para Edificaciones**

“La norma IS.010, contempla los métodos y requisitos mínimos para el diseño de instalaciones sanitarias en edificaciones” (MVCS, 2018, p.587).

## **Justificación de la investigación**

### **Justificación teórica**

“La justificación teórica tiene como propósito generar debate académico sobre una teoría desarrollada o resultados de conocimientos existentes” (Inducción en la Investigación, 2015).

La investigación presenta un problema mundial, el desperdicio de agua potable en actividades domésticas y los indicadores que demuestran la escasez de esta en un futuro no muy lejano buscando concientizar a las personas para buscar estrategias que contribuyan a su cuidado.

También, enfatiza el avance pausado por parte de la normativa peruana en el desarrollo de métodos y cálculos para diseñar sistemas de reutilización de aguas grises en comparación con otros países.

### **Justificación práctica**

“Una investigación presenta justificación práctica, cuando proporciona soluciones a problemas en específicos o, estrategias que ayuden a resolverlo” (Inducción en la Investigación, 2015).

El estudio desarrolla un sistema de tratamiento de aguas grises mediante membranas de ultrafiltración y su reutilización en el llenado de tanques inodoros como una solución fiable al gasto innecesario de agua potable en edificios multifamiliares y su escasez en un futuro, además de un ahorro económico para los habitantes del proyecto.

### **Justificación metodológica**

La justificación metodológica propone nuevas estrategias para generar conocimientos válidos y fiables” (Inducción en la Investigación, 2015).

El sistema de reutilización de aguas grises, presenta una nueva metodología de tratamiento mediante membranas de ultrafiltración, la cual permite implementar un diseño compacto capaz de adecuarse a espacios confinados en sótanos de proyectos multifamiliares.

### **Formulación del problema**

#### **Problema general**

¿Qué beneficios generaría la implementación de un sistema tratamiento de aguas grises mediante membranas de ultrafiltración en un edificio multifamiliar de 7 pisos, Lima, 2022?

#### **Problemas específicos**

PE – 1: ¿Qué ambientes y aparatos sanitarios se contemplarán para el volumen de aguas grises generado en el multifamiliar?

PE – 2: ¿Qué reúso se le dará al agua tratada?

PE – 3: ¿Cuánto es el ahorro hídrico que genera el sistema de tratamiento?

PE – 4: ¿Cuánto es el ahorro económico que genera el sistema de tratamiento?



## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar los beneficios que se obtienen al implementar una red sanitaria de desagüe y distribución para el tratamiento de aguas grises mediante uso de membranas de ultrafiltración en un edificio multifamiliar de 7 pisos, Lima, 2022.

### **Objetivos específicos**

OE – 1: Calcular el volumen total de aguas grises generado en el edificio por lavamanos, duchas, lavadoras y lavarropa.

OE – 2: Calcular el volumen requerido de agua tratada para el llenado de tanques de inodoros.

OE – 3: Determinar el ahorro hídrico generado en el edificio posterior al uso de un sistema de tratamiento de aguas grises.

OE – 4: Determinar el ahorro económico generado en el edificio posterior al uso de un sistema de tratamiento de aguas grises.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis general**

La implementación de un tratamiento de aguas grises mediante membranas de ultrafiltración en un edificio multifamiliar de 7 pisos, Lima, 2022, va a generar beneficios en ahorro de agua potable y ahorro económico a mediano plazo mayor a un 10%.

### **Hipótesis específicas**

HE – 1: El caudal de aguas grises representa más del 30% de aguas residuales domesticas vertidas en un edificio multifamiliar.

HE – 2: El agua tratada mediante membranas de ultrafiltración cumple con los requisitos mínimos para poder ser reutilizada en el llenado de tanques de inodoros.

HE – 3: El ahorro hídrico generado por el tratamiento de aguas grises es mayor al 10%.

HE – 4: El ahorro económico generado por el tratamiento de aguas grises es mayor al 10%.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### Tipo de investigación

#### ✓ Según su propósito

“Es aplicada, ya que está centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto” (Oblitas, 2018).

La presente investigación es aplicada porque busca resolver el problema generado por el exceso de volumen de aguas grises desperdiciado en un edificio multifamiliar implementando un método de tratamiento mediante el uso de membranas de ultrafiltración.

#### ✓ Según su profundidad

“Es descriptiva, puesto que tiene como objetivo central, describir el comportamiento de una o más variables dependientes en una población definida o en una muestra de una población” (Oblitas, 2018).

La presente investigación es descriptiva, ya que busca definir el comportamiento del tratamiento de aguas, especificando los beneficios que genera en un edificio multifamiliar.

#### ✓ Según su naturaleza de datos

“Es cuantitativa debido a que se centra en el estudio de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición” (Oblitas, 2018).

La presente investigación es cuantitativa, pues se desarrolla mediante fórmulas y cálculos matemáticos para la obtención de resultados.

#### ✓ Según su manipulación de variable

“Es no experimental, dado que, trabaja con hechos de experiencia directa no manipulados” (Oblitas, 2018).

La presente investigación es no experimental, debido a que los cálculos y metodologías se basan en resultados teóricos y no ensayos de laboratorio o métodos de observación directa.

### **Identificación de variables**

#### **✓ Variables dependientes**

“La variable dependiente es de quién se busca obtener resultados y es consecuencia de variables independientes” (Oblitas, 2018).

El presente informe emplea la variable “tratamiento de aguas grises” para estimar resultados de beneficios económicos e hídricos en un edificio multifamiliar.

#### **✓ Variable independiente**

“Una variable independiente es aquella que genera un efecto positivo o negativo sobre la variable dependiente” (Oblitas, 2018).

La variable utilizada en el presente estudio académico es “membranas de ultrafiltración” en el tratamiento de aguas grises de un edificio multifamiliar para obtener resultados acordes a lo expuesto en las hipótesis.

### Operacionalización de variables

Definición Conceptual		Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Tratamiento de aguas grises	El tratamiento de aguas grises es la modificación de sus propiedades físicas, químicas o biológicas para satisfacer la calidad de agua que exija su reutilización, evitando un riesgo sanitario. (Ochoa J. , 2012)	Las aguas grises son captadas de duchas y lavamos existente en el multifamiliar para modificar sus características físicas y biológicas.	Aguas grises	Volumen	m <sup>3</sup>
			Red colectora	Diámetro	Pulgadas
			Cisterna de recolección	Volumen	m <sup>3</sup>

Definición Conceptual		Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Membranas de ultrafiltración	Las membranas de ultrafiltración son membranas encargadas de separar los sólidos suspendidos y disueltos, teniendo como característica el tamaño de sus poros entre 0.04 – 0.1 $\mu\text{m}$ . (AEDyR, 2020).	El volumen de aguas grises pasa a través de las membranas de ultrafiltración con ayuda de presión hidrostática disociando el fluido de bacterias y virus.	Sistema	Membranas	Módulos
			Cisterna de agua tratada	Volumen	$\text{m}^3$
			Red de distribución	Diámetro	Pulgadas
			Equipo de bombeo	Bomba	HP

## **Población y muestra**

### ✓ **Población**

“Conjunto de individuos u objetos a los cuales se quiere investigar, y a quienes se generalizará la información” (Toledo, s.f).

La población considerada es el volumen total de aguas grises vertidas en los diferentes edificios multifamiliares de la ciudad de Lima.

### ✓ **Muestra no probabilística**

“Los datos compilados en una muestra probabilística son seleccionados de manera arbitraria a partir de propiedades definidas con anterioridad” (Muestro Probabilístico, s.f.)

La muestra optada para la realización del presente estudio es el caudal de aguas grises generado por lavamanos, duchas, lavadoras y lavarropa en un edificio multifamiliar de 7 pisos ubicado en la ciudad de Lima, específicamente en el distrito de Miraflores.

## **Técnicas de recolección y análisis de datos**

Se utilizaron las siguientes técnicas para la recolección de datos en la presente investigación:

### ✓ **Análisis documental**

“Mediante el análisis documental se recolectan datos de fuentes secundarias; libros, boletines, revistas, folletos y periódicos se utilizan como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés” (Tamayo & Silva, s.f).

Se recolectó información de investigaciones como artículos científicos, trabajos de grado académico y revistas con antecedentes de sistemas de tratamientos de aguas grises en edificios tanto internacionales como nacionales.

### **Instrumentos de recolección y análisis de datos**

#### **✓ Documento de archivo y fuentes gubernamentales**

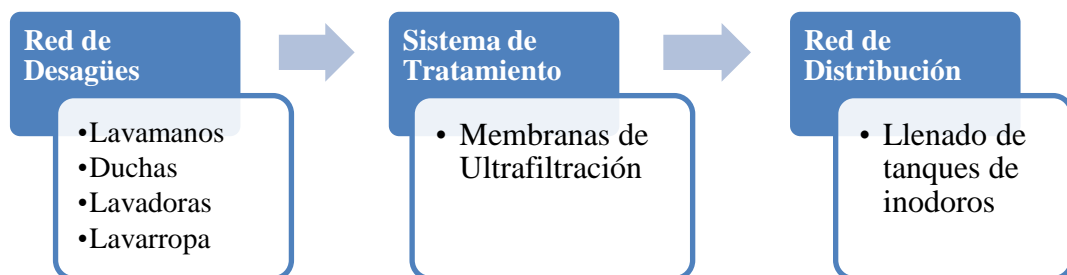
“Un instrumento de recolección de datos consiste en una herramienta de la cual se vale un investigador para obtener información que le permita desarrollar su proyecto investigativo” (Tesis y Másters, s.f.)

Se utilizó como instrumento las normas sanitarias del RNE, para el procedimiento y cálculos del sistema de tratamiento de aguas grises.

### **Procedimiento**

En la presente investigación se realizará el cálculo de una red sanitaria independiente para aguas grises vertidas en lavamanos, duchas, lavadoras y lavarropa que desembocarán en un sistema de tratamiento comprendido por membranas de ultrafiltración para ser reutilizada en el llenado de tanques de inodoro, el esquema del sistema se presenta en la Figura 06.

**Figura 6.** *Esquema representativo del sistema de tratamiento.*



Fuente: Elaboración propia.



Para el diseño del sistema de tratamiento, se seguirá los siguientes pasos:

✓ **Paso 1: Calcular el volumen de aguas grises generado en el edificio.**

La normativa peruana permite calcular la dotación diaria para un proyecto según la función que este cumpla para la sociedad. También estipula que el 80% de la demanda diaria del edificio representa aguas residuales, es decir la mezcla de aguas grises y negras, sin embargo, no contempla un cálculo para la estimación de dotación de aguas grises de manera independiente.

Por lo tanto, el volumen de agua generado por lavamanos, duchas, lavadoras lavarropa e inodoros, se hallará mediante la recopilación de datos de actividades realizadas por personas que habitan un departamento con las mismas características del dúplex ubicado en el piso 07 del edificio, indicando los resultados en la Tabla 14.

Cabe mencionar que el edificio residencial está conformado por 40 departamentos de los cuales 14 son de 1 dormitorio, 20 de 2 dormitorios, y 6 dúplex de 2 dormitorios.

La producción de aguas grises se hallará calculando el producto de la cantidad de usos de servicio por los litros para cada actividad indicado en la Tabla 02, estos resultados se recopilarán en la Tabla 15.

Los datos obtenidos nos proporcionarán la información para poder estimar un mínimo, promedio y máxima producción de aguas grises por día para 4 personas, sin embargo, al existir 03 tipos de departamentos con diferente capacidad de aforo se requiere obtener el volumen generado por litros/habitante/día.

Esta información se hallará con las siguientes ecuaciones:

$$Pag = \sum Vag \div 4 \text{ habitantes} \div 7 \text{ días} \quad (2)$$

Donde:

Pag: Volumen promedio de aguas grises (litros/habitantes/día)

Vag: Volumen de aguas grises semanal (litros)

$$Vmxag = Mxag \div 4 \text{ habitantes} \quad (3)$$

Donde:

Vmxag: Volumen máximo de aguas grises (litros/habitantes/día)

Mxag: Mayor volumen de aguas grises en la semana (litros)

$$Vmng = Mng \div 4 \text{ habitantes} \quad (4)$$

Donde:

Vmng: Volumen mínimo de aguas grises (litros/habitantes/día)

Mng: Mínimo volumen de aguas grises en la semana (litros)

El edificio estudiado tiene un aforo de 112 personas, habiendo obtenido la dotación de agua grises por habitante, se calculará el volumen para todo el edificio indicando los resultados en la Tabla 16.

✓ **Paso 2: Calcular diámetros para red desagüe de aguas grises.**

La red de desagüe para aguas grises vertidas por lavamanos, duchas, lavadoras y lavarropa se calcularán siguiendo las indicaciones del RNE, específicamente la norma IS.010 en su capítulo 6.

Para el cálculo de los diámetros de tuberías, se empleará el método de unidades de descarga detallado en las bases teóricas. Considerando que los modelos

de aparatos sanitarios en baños son constantes, se utilizará los datos mostrados en la Tabla 03 para identificar sus unidades de descarga, las cuales se registrarán por piso.

En la Tabla 17 se registrará las unidades de descarga del 7mo piso de manera independiente debido que los 6 departamentos que contiene son de tipo dúplex y presentan más áreas sanitarias.

Del 2do al 6to se mostrará en la Tabla 18 debido a que son pisos típicos, es decir tienen una distribución arquitectónica que se mantiene.

El 1er piso se registrará en la Tabla 19 debido que presenta áreas comunes y recepción además de 04 departamentos.

Los diámetros de ramales horizontales de desagüe se asumirán teniendo en cuenta las dimensiones mínimas de tuberías para trampas de aparatos sanitarios indicados en la Tabla 03.

La dimensión de las tuberías horizontales y montantes de desagüe dependerán del total de unidades de descarga que desemboquen en ellas. Por ello, se realizará el recorrido de las tuberías en planos sanitarios, los cuales se mostrarán en el Anexo 2.

De la esquematización, se identificará el caso más desfavorable para una tubería horizontal o colector, es decir en donde más puntos sanitarios tenga conexión.

Determinando la conexión con más unidades de descarga se procederá a utilizar los datos de la Tabla 05 para identificar el diámetro y se mostrará los resultados en la Tabla 20.

Los diámetros de montantes o también llamados bajantes, se hallarán teniendo en cuenta la cantidad de unidades de descargas por piso que sean vertidos en la tubería utilizando los planos del Anexo 2.

Empleando la Tabla 21, se mostrará el diámetro mínimo que se puede usar para la bajante.

Posterior a los cálculos de las tuberías de la red sanitaria, se procederá a hallar el diámetro de la tubería de ventilación. El cual dependerá del diámetro de la montante, el total de sus unidades de descarga y la altura del edificio, como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.** *Diámetros de la tubería de ventilación.*

Ø montante (mm)	UD Ventiladas	Ø Requerido para el tubo de ventilación principal			
		2"	3"	4"	6"
		50 mm	75 mm	100 mm	150 mm
Longitud máxima del tubo en metros					
50 (2")	12	60	-	-	-
50 (2")	20	45	-	-	-
65 (2 ½")	10	-	-	-	-
75 (3")	10	30	180	-	-
75 (3")	30	18	150	-	-
75 (3")	60	15	120	-	-
100 (4")	100	11	78	300	-
100 (4")	200	9	75	270	-
100 (4")	500	6	54	210	-
203 (8")	600	-	-	15	150
203 (8")	1400	-	-	12	120
203 (8")	2200	-	-	9	105

203 (8")	3600	-	-	8	75
203 (8")	3600	-	-	8	75
254 (10")	1000	-	-	-	38
254 (10")	2500	-	-	-	30
254 (10")	3800	-	-	-	24
254 (10")	5600	-	-	-	18

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

Los datos que se extraerá de la Tabla 18 se mostrará en la Tabla 22 identificando el diámetro de la tubería de ventilación.

✓ **Paso 3: Propuesta de sistema de tratamiento para aguas grises.**

En el paso 01 se contabilizó la cantidad de veces que se utiliza el inodoro a la semana en un departamento para 04 personas, también se calculó en litros/día el volumen de agua de acuerdo a la dotación que le corresponda a la descarga de los tanques sanitarios. Por lo tanto, se estimará la demanda en litros/ habitante/ día para obtener el volumen total para el aforo contemplado de 112 habitantes.

Los resultados se hallarán con las siguientes ecuaciones:

$$V_{pat} = \sum V_{at} \div 4 \text{ habitantes} \div 7 \text{ días} \quad (5)$$

Donde:

Pag: Volumen promedio de agua tratada (litros/habitantes/día)

Vat: Volumen de agua tratada semanal (litros)

$$V_{mxat} = M_{xat} \div 4 \text{ habitantes} \quad (6)$$

Donde:

$V_{mxag}$ : Volumen máximo de agua tratada (litros/habitantes/día)

$M_{xag}$ : Mayor volumen de aguas tratada en la semana (litros)

$$V_{mnat} = M_{nat} \div 4 \text{ habitantes} \quad (7)$$

Donde:

$V_{mnat}$ : Volumen mínimo de agua tratada (litros/habitantes/día)

$M_{nat}$ : Mínimo volumen de agua tratada en la semana (litros)

Con los datos anteriores y la información de aforo total en el edificio se procederá a identificar la demanda mínima, promedio y máximo de agua tratada en el edificio en la Tabla 23.

Los elementos y tecnología que se utilizarán en el diseño del sistema pertenecen a la empresa DEHOUST.

DEHOUST es una empresa alemana fundada en el año 1985 con sede en Leimen, dedicada al diseño y realización de sistemas de almacenamiento seguro de gasóleo de calefacción y otros medios líquidos. Actualmente, han dirigido sus avances a la fabricación de sistemas de recolección de aguas grises y pluviales para reutilizarlas en actividades específicas como regadío, limpieza, llenado de tanques inodoros, entre otros.

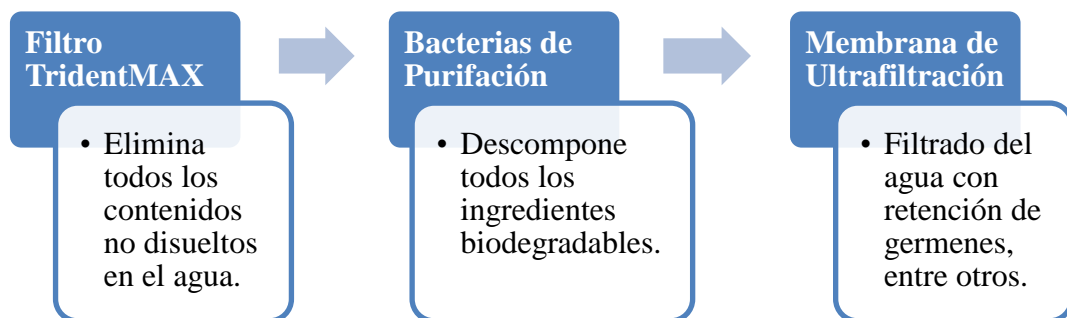
**Figura 7.** Logo de la empresa DEHOUST.



Fuente: Adaptado de *Dehoust GmbH Logo Vector* [Ilustración], por LogoVectorSeek.Com, 2021, LogoVectorSeek.Com ([www.logovectorseek.com](http://www.logovectorseek.com)). (DEHOUST, 2021)

El modelo que se utilizará para los cálculos es el “Gestor de Aguas Grises Tipo 3”, un sistema basado en tecnología de membranas de ultrafiltración, que se basa en el tratado de aguas grises provenientes de duchas, bañeras y lavamanos utilizando la metodología de la Figura 08.

**Figura 8.** Proceso de tratamiento del “Gestor de Aguas Grises Tipo 3”.



Fuente: Elaboración propia.

Según la ficha técnica del GWM Type 3 DEHOUST (2022), el tratado de las aguas grises inicia con el filtro TridentMax, que se encarga de contener residuos como pelusas y cabellos provenientes de lavamanos y duchas posterior al aseo general de los habitantes. Además, contiene una unidad de retrolavado automático que mantiene la placa del filtro limpia y lista para su correcto funcionamiento.

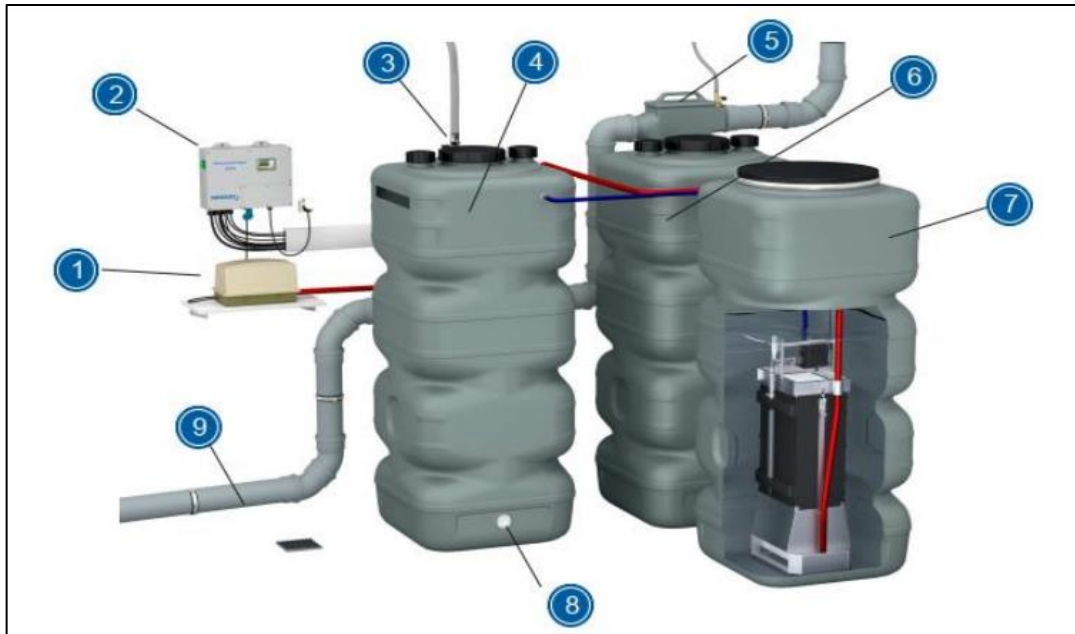
Posteriormente, la unidad de control emplea las bacterias de purificación para descomponer ingredientes como residuos de jabón o champú.

Finalmente, el agua pretratada es absorbida por las membranas de ultrafiltración mediante la presión hidrostática reteniendo todas las partículas sólidas y disueltas que hayan podido pasar los dos procesos anteriores, como gérmenes y virus gracias al tamaño de sus poros, los cuales tienen un ancho de 38 nanómetros. Para la limpieza de las membranas, se utiliza un proceso de lavado de aire optimizado con burbujas, alargando la vida útil del sistema y reduciendo el costo de mantenimiento al mínimo.

Para una mejor visualización de los componentes, se presenta la Figura 09.



**Figura 9.** Principales componentes del “Gestor de Aguas Grises Tipo 3”



Fuente: Adaptado de *Grey Watermanager Type 3* [Ilustración], por Dehoust, 2021, Dehoust (www.Dehoust.com).

**Tabla 11.** Principales componentes del sistema de tratamiento.

<b>Principales Componentes</b>	
1. Compresor de aire	6. Almacenamiento de aguas grises
2. Unidad de Control del GWM	7. Unidad BMT
3. Sistema de distribución de agua tratada	8. Conexión a bomba de presión
4. Almacenamiento de agua tratada	9. Desborde a alcantarillado
5. Filtro TridentMAX	

Fuente: Elaboración propia.

El resultado del proceso de ultrafiltración, genera una calidad de agua inodora y libre de gérmenes capaz de permanecer almacenada por un tiempo prolongando cumpliendo con la norma europea EN 16941-2. (DEHOUST , 2022)

**Figura 10.** *Calidad de agua trata posterior al proceso de ultrafiltración.*

Parameter	Raw greywater	Treated greywater
COD [mg/ltr]	150 – 400	< 20
BOD <sub>5</sub> [mg/ltr]	85 – 200	< 3
Suspended solids [mg/ltr]	30 – 70	0
pH	7,5 – 8,2	7 – 9
Total coliform bacteria [cfu/100 ml]	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>7</sup>	<100
Eschericha coli [cfu/100 ml]	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>7</sup>	<10

Fuente: Adaptado de *Grey Watermanager Type 3* [Ilustración], por Dehoust, 2021, Dehoust ([www.Dehoust.com](http://www.Dehoust.com)).

DEHOUST permite modificar los elementos de sus sistemas de acuerdo a las necesidades del cliente, por ende, para el almacenaje de las aguas grises se utilizaron sus depósitos fabricados en polietileno de alta calidad modelo PE 4000DF en color negro con dimensiones 2430 x 995 x 1650 mm, el cual se muestra en la Figura 10.

Los detalles constructivos se muestran en el Anexo 03.

**Figura 11.** *Deposito modelo PE 4000DF en color negro DEHOUST.*



Fuente: Adaptado de *Deposito de plástico PE 4000DF* [Ilustración], por Dehoust, 2021, Dehoust ([www.Dehoust.com](http://www.Dehoust.com)).

La cantidad de unidades necesarias a utilizar para almacenar el volumen de aguas grises calculado en el paso 01, se obtendrá con la Ecuación 08.

$$D_{ag} = \frac{P_{tag} \text{ m}^3}{V_{dg} \text{ m}^3} \quad (8)$$

Donde:

$D_{ag}$  = Depósitos de aguas grises (unidades).

$P_{tag}$  = Producción total de aguas grises ( $\text{m}^3$ ).

$V_{dg}$  = Volumen de depósito aguas grises ( $\text{m}^3$ ).

El modelo GWM Tipo 3 a utilizar en el diseño, tiene una capacidad de tratamiento equivalente a  $3 \text{ m}^3/\text{día}$ , utilizando el resultado de la demanda de agua tratada, se calculará las unidades de módulos necesarios mediante la Ecuación 09.

$$GWM = \frac{Dtat \text{ m}^3}{Vbg \text{ m}^3} \quad (9)$$

Donde:

GWM = Gestor de aguas grises (unidades).

Dtag = Demanda total de agua tratada ( $\text{m}^3$ ).

Vbg= Volumen de biogestor ( $\text{m}^3$ ).

El agua tratada deberá ser almacenada en depósitos de igual o mayor volumen del que se requiera y con las mismas características de resistencia respecto al polietileno. Estimando que la demanda de agua tratada sea menor a la producción de aguas grises, se utilizara el modelo PE 2500DF en color blanco con las dimensiones 187 x 995 x 1650 mm. Los detalles constructivos se muestran en Anexo 04.

La cantidad de depósitos para agua tratada se calculará mediante la Ecuación 10.

$$Dat = \frac{Dtat \text{ m}^3}{Vdt \text{ m}^3} \quad (10)$$

Donde:

Dat = Depósitos de agua tratada (unidades).

Dtag = Demanda total de agua tratada ( $\text{m}^3$ ).

Vbd = Volumen de depósito agua tratada ( $\text{m}^3$ ).

✓ **Paso 4: Calcular diámetros para red distribución de agua tratada.**

Como se mencionó en las bases teóricas, el cálculo del diámetro para tuberías de distribución se debe realizar mediante el método Hunter, estimando el máximo gasto diario.

Debido a que el agua tratada provendrá de un sistema de tratamiento ubicado en el sótano del edificio, la red de distribución contará con una tubería de impulsión que lleve el agua hacia los tanques de inodoros.

Para hallar la capacidad de la tubería de impulsión es necesario obtener el producto de la cantidad de inodoros por piso y su unidad de gasto establecido en la Tabla 08. Los resultados se señalarán en la Tabla 24.

La sumatoria de las unidades de gasto parcial, dará como resultado la máxima demanda en caso todos los inodoros sean descargados al mismo tiempo. Este dato deberá ser interpolado con la información del Anexo 1 mediante la Ecuación 11.

$$Gp = Y_1 + \left[ \left( \frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) * (Y_2 - Y_1) \right] \quad (11)$$

Donde:

Gp: Gasto probable (litros/segundo)

Habiendo obtenido el gasto probable, este resultado se verificará en la Tabla 12 para hallar el diámetro de la tubería de impulsión.

**Tabla 12.** *Diámetros de las tuberías de impulsión en función del gasto de bombeo*

<b>Gasto de bombeo en L/s</b>	<b>Diámetro de la tubería de impulsión</b>
Hasta 0.50	20 (3/4")

---

Hasta 1.00	25 (1")
Hasta 1.60	32 (1 ¼")
Hasta 3.00	40 (1 ½")
Hasta 5.00	50 (2")
Hasta 8.00	65 (2 ½")
Hasta 15.00	75 (3")
Hasta 25.00	100 (4")

---

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, Anexo 5, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

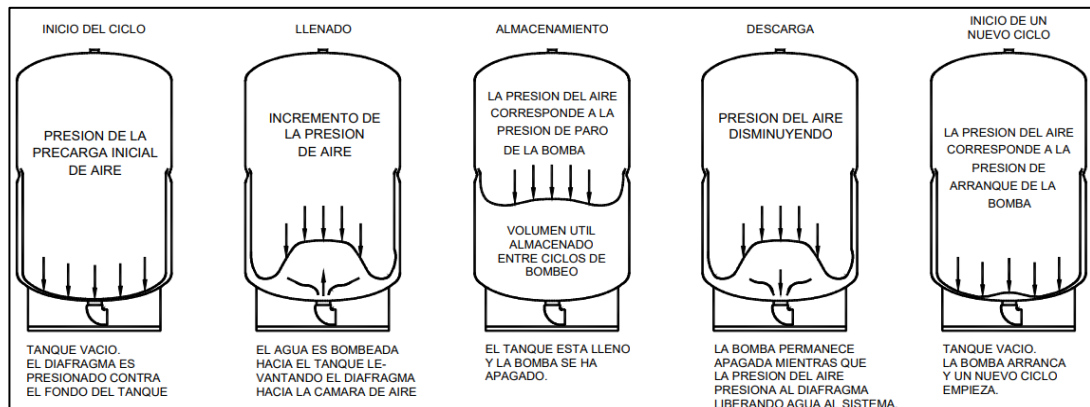
Verificando el rango en el que se encuentra la máxima demanda, se mostrará el diámetro mínimo escogido para la tubería de impulsión en la Tabla 25.

La tubería de impulsión estará conectado a un equipo de bombeo hidroneumático debido a las ventajas que aporta, como la capacidad de operar a una presión constante, evitar un costo económico mayor en la instalación de un tanque elevado, exceso de tuberías y poder utilizar espacios reducidos.

El dispositivo seleccionado para la distribución de agua tratada es el “Equipo Hidroneumático con Tanque de Membrana Champion” perteneciente a la empresa peruana Hidrostal, compañía con más de 60 años en el diseño y fabricación de equipos de bombeo.

Los pasos que realiza el equipo hidroneumático para su correcto funcionamiento se muestran en la Figura 12.

**Figura 12.** *Secuencia de Funcionamiento del Tanque Hidroneumático.*



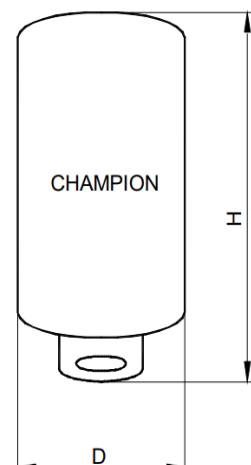
Fuente: Adaptado de *Secuencia de Funcionamiento del Tanque Hidroneumático* [Ilustración], por Hidrostral, 2014, Hidrostral ([www.Hidrostral.com.pe](http://www.Hidrostral.com.pe)).

Hidrostral otorga diferentes tanques hidroneumáticos de membranas según los requerimientos del proyecto, específicamente la cantidad de puntos sanitarios a abastecer y la altura total del edificio.

Los modelos de los equipos se muestran en la Figura 13.

**Figura 13.** *Modelos y características del equipo de bombeo con membrana.*

MODELO DEL TANQUE	VOLUMEN TOTAL (GAL)	VOLUMEN UTIL			PRESION DE PRECARGA (PSI)	DIMENSIONES (PULG)		DIAMETRO DE DESCARGA (PULG)	PESO (LB)	
		20/40 PSI	30/50 PSI	40/60 PSI		D	H			
VERTICAL CON BASE	CH-20	20.0	7.3	6.2	5.4	28	15	32	1	35
	CH-32	32.0	11.2	9.9	8.6	28	15	48	1	43
	CH-62	62.0	22.9	19.2	16.7	38	22	47	1 1/4	92
	CH-86	86.0	31.8	26.7	23.2	38	26	47	1 1/4	123
	CH-119	119.0	44.0	36.9	32.1	38	26	62	1 1/4	166



Fuente: Adaptado de *Tabla de datos técnicos* [Ilustración], por Hidrostral, 2014, Hidrostral ([www.Hidrostral.com.pe](http://www.Hidrostral.com.pe)).

Para hallar el modelo y características específicas del tipo de tanque que se requiere en el sistema, se extraerá la cantidad total de inodoros en todo el multifamiliar y sus unidades de gasto de la Tabla 24.

Los valores del total de unidades de gasto con la cantidad de pisos del edificio estudiado se delimitarán la grafico del Anexo 5 y los resultados obtenidos se detallarán en la Tabla 26.

✓ **Paso 5: Calcular el ahorro hídrico generado en el edificio.**

El ahorro hídrico es la diferencia de volumen entre la demanda de agua tratada y la dotación total que pueda tener el edificio.

El cálculo del consumo total diario de agua en un proyecto dependerá del uso que se le asigne en el diseño; es decir, viviendas unifamiliares, multifamiliares, hoteles o locales educacionales. Además de los ambientes anexos que estos contengan como piscinas, bares y otros. (MVCS, 2018, p.591-596).

En el presente trabajo, se desarrollará una propuesta de sistema de reutilización de aguas grises en un proyecto multifamiliar por lo qué, solo se empleará la información correspondiente a este tipo de edificación.

En la Tabla 13 se indica los litros por día requeridos para viviendas multifamiliares según el número de dormitorios que contenga.

**Tabla 13.** *Dotación diaria de agua fría para vivienda multifamiliares.*

Número de dormitorios por departamento	Dotación por departamento
	L/d
1	500
2	850



3	1200
4	1350
5	1500

---

Fuente: Adaptado de Norma IS.010, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Reglamento Nacional de Edificaciones.

La contabilización y dotación de departamentos se mostrará por piso en las Tablas 27 y 28.

Se utilizo 2 tablas para enumerar la cantidad de dormitorios debido a que existen pisos atípicos como el caso del 1er nivel y típicos del 2do a 7mo nivel.

La norma IS.010 también menciona dotaciones para áreas comunes y estacionamientos que se hayan considerado en el diseño de un proyecto, siendo de 06 litros/ $m^2$ /día y 02 litros/ $m^2$ /día correspondientemente.

Para hallar la dotación de áreas comunes y estacionamientos, se extraerá su área útil de los planos mostrados en el Anexo 2. Indicando los datos en la Tabla 29.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE,2018), el caudal que se vierte en los desagües, es igual al 80% del volumen de agua potable consumida o dotación diaria total.

Teniendo el dato de la dotación diaria, se usará el coeficiente de retorno indicado en la norma OS.070 del RNE para halla el volumen de aguas residuales mediante la Ecuación 12.

$$Ar = C - Ddt \quad (12)$$

Donde:

Ar: Volumen agua residuales.

C: Coeficiente de retorno del 80%

Ddt: Dotación diaria total.

En el paso 03 se obtendrá la cantidad de agua tratada en metros cúbicos, este dato se comparará con la dotación total y el volumen de aguas residuales, dando como resultado el porcentaje de ahorro hídrico en la Tabla 30.

✓ **Paso 6: Calcular el ahorro económico generado en el edificio.**

Según el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL,2023) el cobro de los servicios que brinda una empresa prestadora está compuesto por tarifas y sus unidades de cobro, los cuales incluyen asignaciones de consumo imputables a usuarios que no cuentan con un medidor.

Las tarifas de cobro por parte de SEDAPAL se clasifican en 02 categorías, residencial en donde el monto monetario dependerá de la clase social del usuario y no residencial, en donde se encuentran comercios y otros. Esta información se muestra en el Anexo 6.

El edificio multifamiliar se encuentra dentro de la categoría residencial, perteneciendo a la subcategoría de “Domestico No Beneficiario” pues sus habitantes no son de bajos recursos y el monto dependerá del volumen de dotación mensual. Los datos económicos de las características mencionadas, se extraerá de manera independiente en la Tabla 31.

En este apartado ya se tendrá calculado la dotación diaria generada en el edificio, sabiendo que el tarifario considera el consumo mensual se proyectará la dotación a 30 días, utilizando la Ecuación 13.

$$D_m = D_{dt} \times 30 \text{ días} \quad (13)$$

Donde:

$D_m$ : Dotación mensual.

$D_{dt}$ : Dotación diaria total.

Las tarifas del recibo mensual del consumo de agua en el edificio sin un sistema de tratamiento de aguas grises se indicarán en la Tabla 32 identificando el monto total a pagar.

De igual manera, se calculará una tarifa total a pagar considerando la implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises utilizando la Tabla 33.

El porcentaje de ahorro económico se calculará comparando los tarifarios mensual con y sin sistema de tratamiento de aguas grises mediante la Ecuación 14.

$$Ah \% = S/.T_{ct} \div S/ T_{st} \quad (14)$$

Donde:

$Ah \%$ : Porcentaje de ahorro económico.

$S/.T_{ct}$ : Tarifario mensual con sistema de tratamiento.

$S/.T_{st}$ : Tarifario mensual sin sistema de tratamiento.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

En los cálculos se asumirán valores referentes a parámetros sanitarios de acuerdo al reglamento vigente para instalaciones sanitarias y la cantidad de departamentos que conforman el proyecto.

#### ✓ Resultado 1: Volumen de aguas grises generado en el edificio.

El edificio contempla un aforo de 112 personas distribuidas según el tipo de departamento y la cantidad de dormitorios:

- Departamento con 02 dormitorios: 03 personas
- Departamento con 01 dormitorio: 02 personas
- Dúplex con 02 dormitorios: 04 personas

Se recopiló la información de las actividades domésticas realizadas por una familia de 4 personas con el fin de estimar un mínimo, promedio y máxima producción de aguas grises por habitante.

**Tabla 14.** Cantidad de usos de aparatos sanitarios en departamento – 04 personas.

Aparatos Sanitarios	Unidad	Agua Gris	Agua Negra	Cantidad de usos/día						
				L	M	M	J	V	S	D
Inodoro	02		✓	20	18	21	20	15	23	22
Lavamanos*	02	✓		38	35	31	33	29	27	35
Duchas	01	✓		04	04	04	04	03	02	04
Lavadora	01	✓		00	00	00	00	00	02	01
Lavarropa	01	✓		02	00	00	00	00	03	00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: \*Las actividades de consumo para lavamanos contempla cepillado de dientes, lavado de manos y aseo general.

Utilizando la información mostrada en las bases teóricas respecto al consumo de agua diaria según la actividad domestica que se realice, se calculó los litros/día para una familia de 4 personas.

**Tabla 15.** Litros/día de aguas grises por aparato sanitario.

Aparatos Sanitarios	Litros	Cantidad de litros/día								
		A G	A N	L	M	M	J	V	S	D
Inodoro	06		✓	180	108	126	120	90	138	132
Lavamanos*	07	✓		266	245	217	231	203	189	245
Duchas	20	✓		80	80	80	80	60	40	80
Lavadora**	230	✓		00	00	00	00	00	460	230
Lavarropa	20	✓		40	00	00	00	00	60	00
<b>Litros/día – Aguas grises</b>				<b>386</b>	<b>325</b>	<b>297</b>	<b>311</b>	<b>263</b>	<b>749</b>	<b>555</b>
<b>Litros/día – Aguas negras</b>				<b>180</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>120</b>	<b>90</b>	<b>138</b>	<b>132</b>

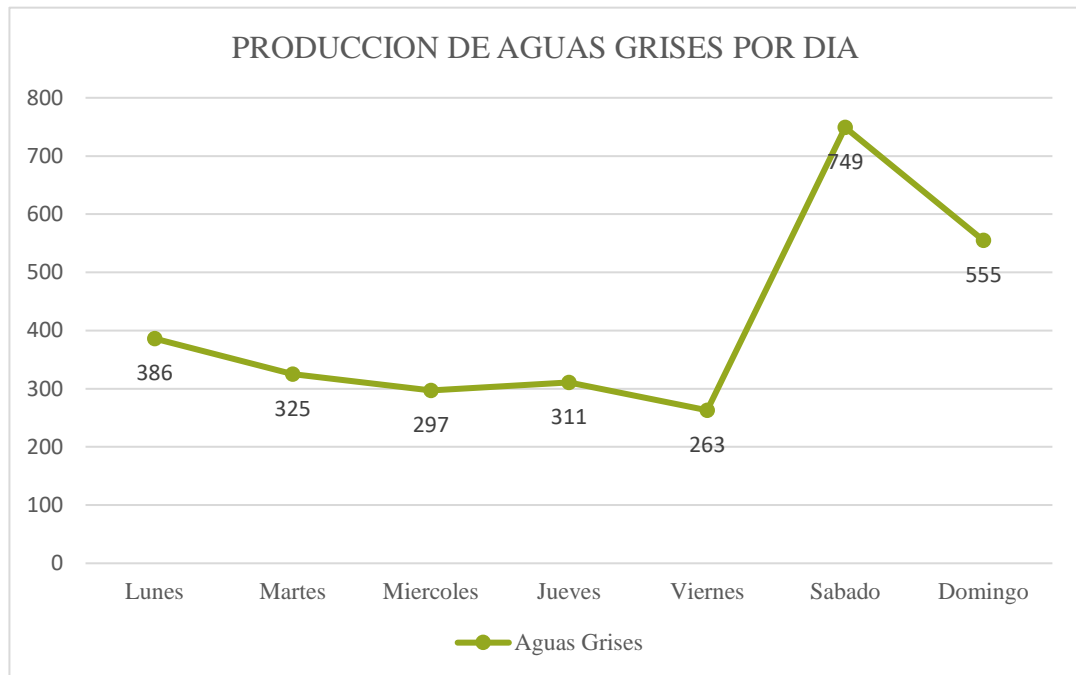
Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: \*La dotación para lavamanos se modificó a 07 litros, debido a un ensayo propio en donde se contabilizó el volumen promedio generado por uso del grifo de lavamanos.

\*\*La dotación para lavadora se consideró 230 litros, puesto que es el volumen de descarga por tanda del aparato que utiliza la familia analizada, ver Anexo 2.

Teniendo las cantidades de aguas grises que se produce al día, se señaló en un diagrama de líneas para identificar la máxima y mínima producción de aguas grises, como se representa en la Figura 14.

**Figura 14.** Producción de aguas grises por día.



Fuente: Elaboración propia.

Se verifica en la Figura 8, las cantidades de aguas grises que se producen en el departamento por día, teniendo un máximo de 749 litros/día y un mínimo de 263 litros/día para un departamento con 4 habitantes.

Para hallar el volumen de aguas grises generado por habitante se utilizó las Ecuaciones 02, 03 y 04 teniendo en consideración la cantidad de días y habitantes analizados.

$$Pag = 2886 \text{ litros} \div 7 \text{ días} \div 4 \text{ habitantes} = 103 \text{ litros/habitante/día}$$

$$V_{mxag} = 749 \text{ litros} \div 4 \text{ habitantes} = 187 \text{ litros/habitante/día}$$

$$V_{mnag} = 263 \text{ litros} \div 4 \text{ habitantes} = 65 \text{ litros/habitante/día}$$

El aforo del edificio estudiado es de 112 personas, con los resultados anteriores se calculó los litros/día total en el proyecto.

**Tabla 16.** *Dotación de aguas grises en el edificio.*

Mínima	Media	Máxima
7280 l/d	11536 l/d	20944 l/d
7.280 m <sup>3</sup> /d	11.536 m <sup>3</sup> /d	20.944 m <sup>3</sup> /d
0.084 l/s	0.134 l/s	0.242 l/s

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla mostrada, se indica el total de aguas grises generadas por lavamanos, duchas, lavadoras y lavarropa, las cuales alcanzan un máximo de 20.94 m<sup>3</sup>/d,

✓ **Resultado 2: Diámetros para red desagüe de aguas grises.**

La red de desagüe de aguas grises se identificó siguiendo los criterios de la norma NTP 399.012, asumiendo el color verde olivo como se muestra en el Anexo 02.

El cálculo de las unidades de descarga de los aparatos sanitarios se realizó por piso y departamento, teniendo en cuenta la distribución de estos:

- Piso 01 (Npt +/- 0.00 m): Sala de usos múltiples, baño de visitas y jardín al aire libre con áreas de uso común además de 04 departamentos.
- Piso 02 al 06 (Npt +16.50 m): 06 departamentos.
- Piso 07: 06 departamentos dúplex.
- Azotea (Npt +19.25 m): Áreas comunes de los departamentos del 7mo piso.

Las unidades de descargas para lavamanos, duchas, lavadoras y lavarropa se agruparon en las siguientes tablas:

**Tabla 17.** *Unidades de descarga del 7mo piso.*

<b>Aparato Sanitario</b>	<b>Und</b>	<b>UD</b>	<b>Total UD</b>	<b>Diámetro</b>
Lavamanos	03	01	03	2"
Ducha	03	02	06	2"
Lavadora	01	02	02	2"
Lavarropa	01	02	02	2"
<b>Total por departamento</b>			<b>13</b>	
<b>Total por piso</b>			<b>78</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18.** *Unidades de descarga del 2do al 6to piso.*

<b>Aparato Sanitario</b>	<b>Und</b>	<b>UD</b>	<b>Total UD</b>	<b>Diámetro</b>
Lavamanos	02	01	02	2"
Ducha	02	02	04	2"



Lavadora	01	02	02	2"
Lavarropa	01	02	02	2"
<b>Total por departamento</b>			<b>10</b>	
<b>Total por piso</b>			<b>60</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 19.** Unidades de descarga del 1er piso.

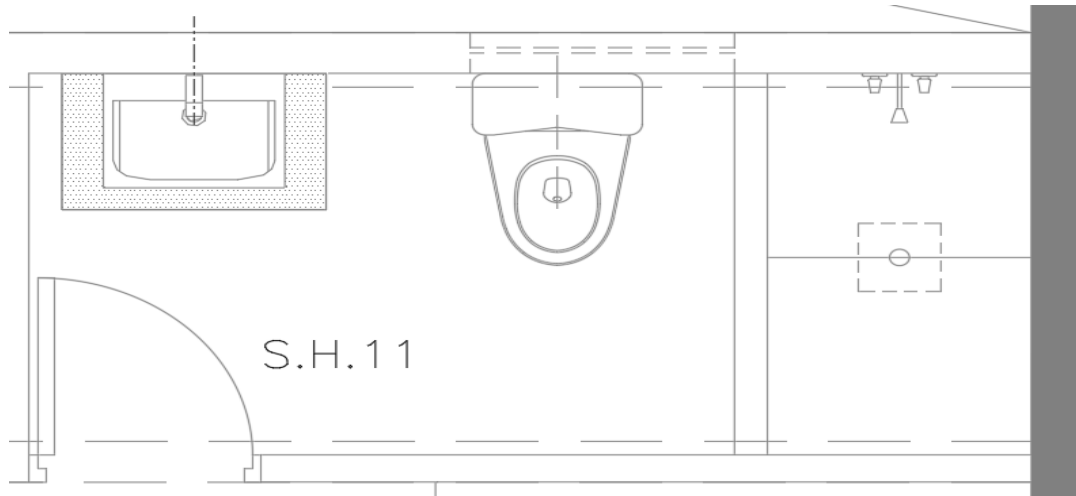
<b>Aparato Sanitario</b>	<b>Und</b>	<b>UD</b>	<b>Total UD</b>	<b>Diámetro</b>
Lavamanos	02	01	02	2"
Lavamanos área común	04	01	04	2"
Ducha	02	02	04	2"
Lavadora	01	02	02	2"
Lavarropa	01	02	02	2"
<b>Total por departamento</b>			<b>10</b>	
<b>Total por piso</b>			<b>44</b>	

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas mostradas anteriormente se hallaron las unidades descarga por piso, las cuales varían según el tipo de departamento. Además, se identificó las dimensiones de los ramales, siendo de 2" y teniendo como función evacuar por gravedad las aguas grises a la montantes más cercana.

Los mobiliarios sanitarios, se mantienen en todos los departamentos como se muestra en la distribución arquitectónica de la Figura 15.

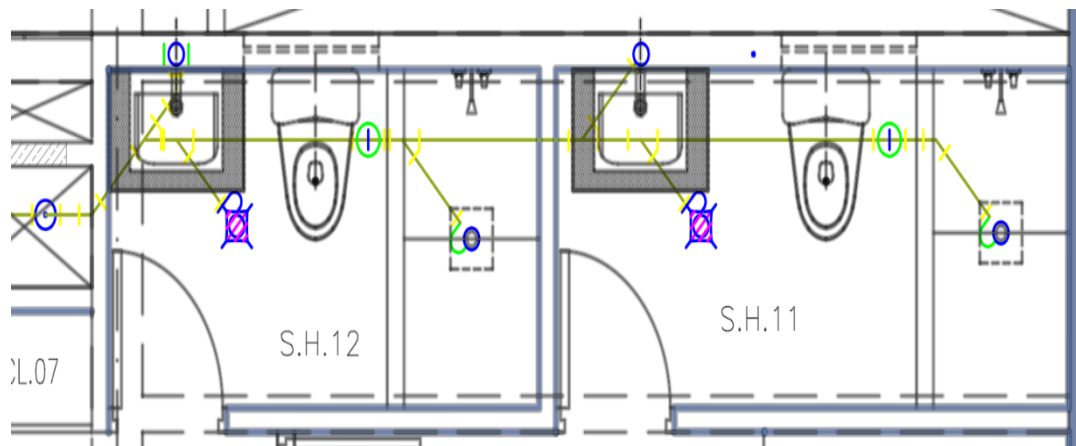
**Figura 15.** Baño modelo típico distribuido en los departamentos.



Fuente: Elaboración propia.

El diámetro de las tuberías horizontales, encargadas de recolectar las aguas grises de los ramales y descargarlas en las montantes, se calculó identificando la conexión con mayor unidades de descarga, como se muestra en la Figura 16.

**Figura 16.** Tubería horizontal con mayor unidad de descarga contenida.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 16, se muestra la conexión del colector a 02 lavamanos y 02 duchas, verificando las unidades de descarga de estos aparatos sanitarios en resultados anteriores, se halló el diámetro de la tubería horizontal.

**Tabla 20.** *Diámetro de tubería horizontal de desagüe.*

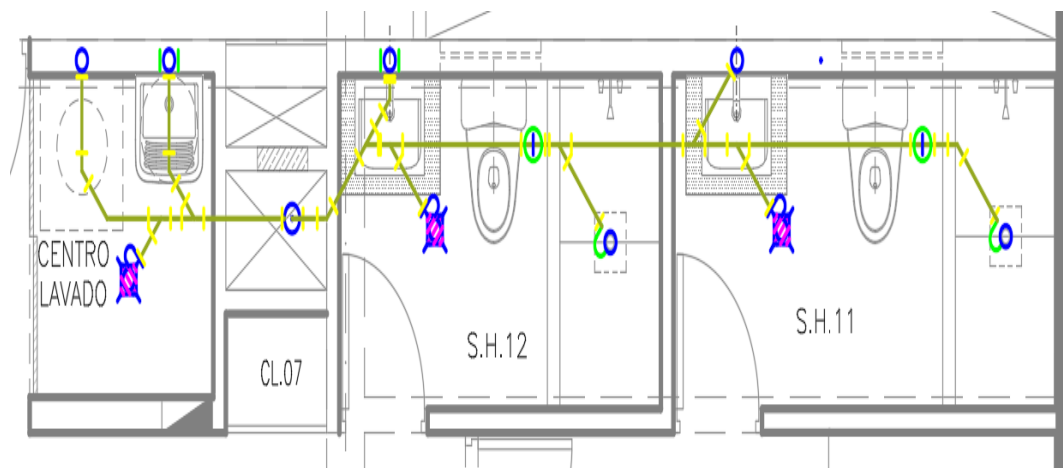
Descripción	Cantidad	UD	UD Parcial	Diámetro
Lavamanos	02	01	02	2"
Duchas	02	02	04	
<b>Total</b>			06	

Fuente: Elaboración propia.

Las tuberías horizontales graficadas en los planos sanitarios del Anexo 02, deben tener un diámetro de 2", esta dimensión se empleó para todos los departamentos considerando una homogenización en el diseño de la red.

Las montantes, son tuberías verticales encargadas de dirigir las aguas grises hacia los depósitos de almacenamiento, sus dimensiones se calcularon considerando la mayor cantidad de unidades de descarga que contiene una tubería como se muestra en la Figura 17.

**Figura 17.** *Montantes con mayor unidad de descarga contenida.*



Fuente: Elaboración propia.

Lo montante mostrada en el gráfico anterior, recoge las aguas vertidas de 02 lavamanos, 02 duchas, 01 lavadora y 01 lavarropa, utilizando los datos de la Tabla 05 se halló el diámetro requerido en caso todos los aparatos operen al mismo tiempo.

**Tabla 21.** *Diámetro de montante por piso.*

<b>Diámetro de tuberías de montantes de aguas grises</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>UD</b>	<b>UD Parcial</b>	<b>Diámetro</b>
Lavamanos	02	01	02	
Duchas	02	02	04	
Lavadora	01	02	02	3"
Lavarropa	01	02	02	
<b>Total</b>			10	

Fuente: Elaboración propia.

El diámetro de la montante para aguas grises, la cual baja hacia el sistema de tratamiento es de 3", con este resultado se obtuvo la tubería de ventilación como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 22.** *Diámetro de la tubería de ventilación.*

<b>Ø Montante</b>	<b>UD</b>	<b>H Edificio</b>	<b>Ø Tub. Ventilación</b>
3"	10	20 m	2"

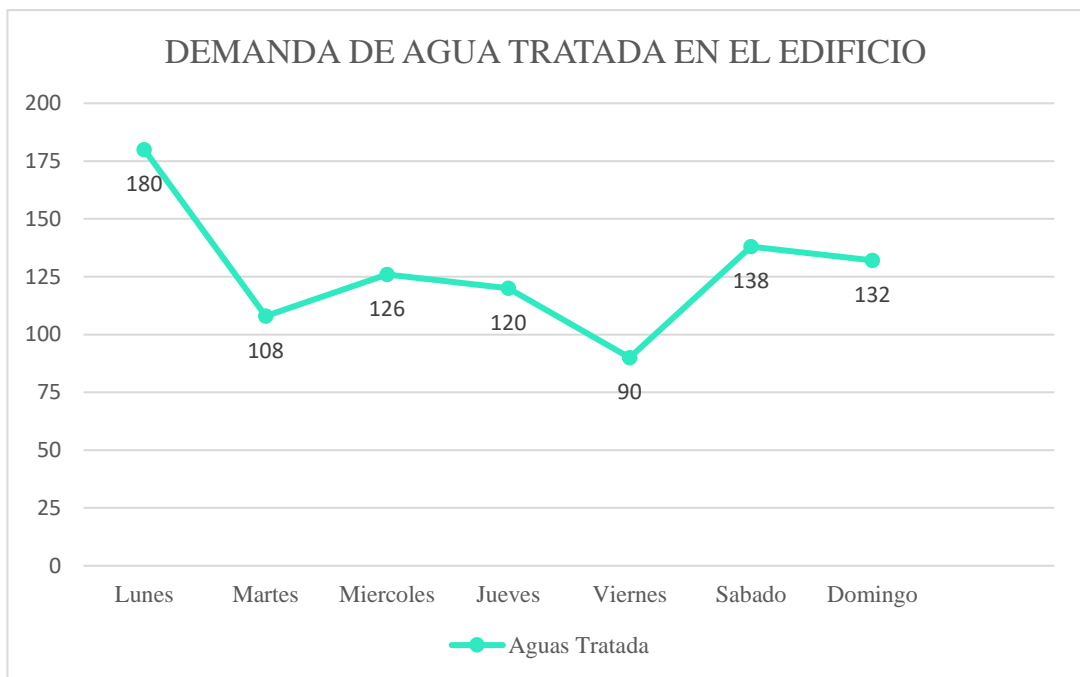
Fuente: Elaboración propia.

✓ **Resultado 3: Sistema de tratamiento para aguas grises.**

El diseño de la red de tratamiento contempla el dimensionamiento de una cisterna en donde desemboca las aguas grises y otra para aguas tratadas posterior al paso por las membranas de ultrafiltración.

En los resultados del paso 1, se identificó el número de usos y la cantidad de litros demandados de agua tratada para cada día de la semana, permitiendo identificar mediante una gráfica de líneas un máximo y mínimo litros/día.

**Figura 18.** *Demanda de aguas tratada por día.*



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica anterior, se identificó una demanda máxima de 180 litros/día y una mínima de 90 litros/día. Considerando que este volumen de agua tratada es para una familia de 4 personas, se estimó una cantidad de agua por habitante.

$$V_{pat} = 894 \text{ litros} \div 7 \text{ días} \div 4 \text{ habitantes} = 31 \text{ litros/habitante/día}$$

$$V_{mxat} = 180 \text{ litros} \div 4 \text{ habitantes} = 45 \text{ litros/habitante/día}$$

$$V_{mnat} = 90 \text{ litros} \div 4 \text{ habitantes} = 23 \text{ litros/habitante/día}$$

Como se mencionó, el edificio está diseñado para un aforo de 112 habitantes por lo que las dotaciones se identificaron en la siguiente tabla:

**Tabla 23.** *Demanda de agua tratada en el edificio.*

Mínima	Media	Máxima
2576 l/d	3472 l/d	5040 l/d
2.576 m <sup>3</sup> /d	3.472 m <sup>3</sup> /d	5.040 m <sup>3</sup> /d
0.03 l/s	0.04 l/s	0.06 l/s

Fuente: Elaboración propia.

El total de aguas tratada demandado para descargas de inodoro es 5.040 m<sup>3</sup>/día como máximo y 2.576 m<sup>3</sup>/día mínimo.

La producción promedio de aguas grises cubre la demanda máxima de agua tratada en el edificio, por ende, la cisterna de almacenamiento para el volumen generado por lavamanos, duchas, lavadoras y lavarropa debe ser igual o mayor a 11.536 m<sup>3</sup>, manteniendo una reserva que proporcione agua tratada por un 1 día.

Por lo tanto, la cantidad de depósitos requeridos son:

$$D_{ag} = \frac{11.536 \text{ m}^3}{3.98 \text{ m}^3} = 2.89 = 3 \text{ u}$$

De la ecuación, se verifica que se requiere 3 unidades de depósitos de polietileno para el almacenamiento de aguas grises teniendo un volumen constructivo de 11.94 m<sup>3</sup>.

Continuando con el recorrido del sistema, como se mencionó en el procedimiento, se utilizó el modelo de gestor de agua tipo 3 de la empresa DEHOUST, la cual realiza un proceso de ultrafiltración de  $3.00 \text{ m}^3/\text{día}$ . Comparando este dato con la demanda diaria para descarga de inodoros, siendo igual a  $5.040 \text{ m}^3/\text{d}$ , se obtuvo:

$$GWM = \frac{5.040 \text{ m}^3}{3.00 \text{ m}^3} = 1.68 = 2 u$$

Como se muestra en la ecuación, se requiere dos unidades de gestores de aguas grises, teniendo un volumen de  $6.00 \text{ m}^3$ . De esta manera se cumple con el 5% adicional requerido por la norma OS.010 para compensar el gasto de agua en el lavado de filtros.

Posterior al proceso de ultrafiltración, el agua tratada se almacena en depósitos de alta resistencia de igual características que las utilizadas para el acopio de aguas grises.

Sabiendo que el sistema tiene una capacidad de tratamiento para  $6.00 \text{ m}^3$  y los depósitos utilizados para esta fase tienen unas dimensiones de  $1.87 \times 0.995 \times 1.650 \text{ m}$ , se halló la cantidad necesaria para el diseño:

$$Dat = \frac{6.00 \text{ m}^3}{3.07 \text{ m}^3} = 1.95 = 2 u$$

De la formula, se obtuvo que se necesita 2 unidades de depósitos para almacenar el volumen de agua tratada, con un volumen constructivo de  $6.14 \text{ m}^3$ , el cual pasara a ser utilizados en el llenado de tanques de inodoro.

✓ **Resultado 4: Diámetros para red de distribución de agua tratada.**

El diseño de la red de tuberías para agua tratada tiene como finalidad abastecer a los tanques de inodoros en el edificio mediante un sistema de presión con tanque hidroneumático, evitando el uso de tanques elevados y siguiendo la recomendación de la norma IS.010, la cual sugiere para un volumen mayor a 1000 litros.

La esquematización de la red se realizó según la norma NTP 399.012, asignándole el color verde agua como se muestra en el Anexo 05.

El diámetro de la red de impulsión se calculó utilizando el método Hunter, identificando la cantidad de tanques inodoros y sus unidades de gasto como se muestra en la tabla:

**Tabla 24.** *Unidades de gasto de aparatos sanitarios en baños.*

Nivel	Aparato sanitario	Uso	Cantidad	UG	UG Parcial
7mo	Tanque Inodoro	Privado	18	1.5	27
6to	Tanque Inodoro	Privado	12	1.5	18
5to	Tanque Inodoro	Privado	12	1.5	18
4to	Tanque Inodoro	Privado	12	1.5	18
3ro	Tanque Inodoro	Privado	12	1.5	18
2do	Tanque Inodoro	Privado	12	1.5	18
1er	Tanque inodoro	Público	04	2.5	10



	Tanque Inodoro	Privado	12	1.5	18
1er Sótano	Tanque inodoro	-	-	-	-
2do Sótano	Tanque inodoro	-	-	-	-
<b>Total</b>			<b>94</b>	<b>13</b>	<b>145</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo un total de 145 unidades de gasto para todos los inodoros del multifamiliar contemplando uso privado como público, interpolando con los datos del Anexo 1 se halló la máxima demanda o gasto probable.

$$G_p = 1.98 + \left[ \left( \frac{145 - 140}{150 - 140} \right) * (2.06 - 1.98) \right]$$

$$G_p = 2.02 \text{ litros/segundo}$$

De la ecuación, se obtiene un gasto probable de 2.02 l/s para los 94 inodoros del edificio. Verificando los datos en la Tabla 23 se obtuvo el diámetro necesario para la tubería de impulsión:

**Tabla 25.** *Diámetro mínimo de la tubería de impulsión.*

Gasto de bombeo en L/s	Ø de tubería de impulsión en mm
Hasta 3,00	40 (1 ½")

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se obtuvo el diámetro mínimo requerido para la tubería de impulsión, siendo 1 ½".

El equipo de bombeo seleccionado para impulsar el agua tratada hacia las cisternas de inodoros, es un tanque hidroneumático de membrana Champion. Las variables necesarias para hallar el modelo específico son las unidades de gasto total de inodoros en el edificio y el número de pisos.

De la tabla anterior, se extrajo que las unidades de gasto total es igual a 145 y el edificio cuenta con 7 niveles, por lo que al delimitar estos datos en la tabla del Anexo 5, se obtuvo las especificaciones técnicas del modelo de tanque hidroneumático requerido.

**Tabla 26.** *Modelo de tanque hidroneumático con membrana calculado.*

ITEM	Descripción
1M	01 Tanque tipo Multi H-404
1B	01 Bomba tipo Multi H-404
CH-86	Modelo del Tanque
2.0 M/T	Potencia 2.0 HP Monofásico / Trifásico

Fuente: Elaboración propia.

El modelo necesario para las 145 unidades de gasto y los 07 de pisos del edificio es el CH-86, el cual tiene un volumen de 86 gal y unas dimensiones de 70 cm de diámetro y 120 cm de alto, como se puede verificar en la Figura 13.

✓ **Resultado 5: Ahorro hídrico generado en el edificio.**

La demanda total de agua en el edificio se calculó utilizando la metodología expuesta en la norma IS.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Sabiendo que los tipos de departamentos del edificio son para 02, 03 y 04 habitantes según las necesidades de los propietarios, se contabilizó la cantidad de dormitorios por piso.

**Tabla 27.** *Dotación de agua por norma IS.010 del 1er piso.*

Nivel	Cantidad	Tipo	Dotación	Demanda
1er	02 departamentos	02 dormitorios	850 l/día	1700 l/día
	02 departamentos	01 dormitorio	500 l/día	1000 l/día
<b>Total</b>				<b>2700 l/día</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 28.** *Dotación de agua por norma IS.010 del 2do al 7mo piso.*

Nivel	Cantidad	Tipo	Dotación	Demanda
2do al 7mo	04 departamentos	02 dormitorios	850 l/día	3400 l/día
	02 departamentos	01 dormitorio	500 l/día	1000 l/día
<b>Total por piso</b>				<b>4400 l/día</b>
<b>Total del 2do al 7mo piso</b>				<b>26400 l/día</b>

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas, se obtuvo la dotación total para los 40 departamentos según la cantidad de dormitorios siendo 29100 litros/día. La normativa peruana también indica una dotación específica para zonas de áreas comunes y estacionamientos como

es el caso de los 2 sótanos y 1er piso del edificio estudiado, indicando los datos en la siguiente tabla:

**Tabla 29.** Dotación de agua por norma IS.010 de áreas sociales.

Nivel	Espacio arquitectónico	Área útil	Dotación	Demanda
1er	Recepción y áreas comunes	259 m <sup>2</sup>	06 l/m <sup>2</sup> /d	1652 l/día
1er sótano	Estacionamientos	826 m <sup>2</sup>	02 l/m <sup>2</sup> /d	1652 l/día
2do sótano	Estacionamientos	826 m <sup>2</sup>	02 l/m <sup>2</sup> /d	1554 l/día
<b>Total</b>				<b>4858 l/día</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos anteriores, se estimó la dotación diaria total en el edificio equivalente a 33958 litros/día o 33.96 m<sup>3</sup>/día.

Siguiendo la teoría indicada en las bases teóricas y procedimientos, se calculó el caudal de agua con lo establecido en la norma OS.070, en donde estima que el 80% de la dotación diaria de agua desemboca en alcantarillado.

$$Ar = 80 \% \times 33.96 \text{ m}^3$$

$$Ar = 27.17 \text{ m}^3$$

Habiendo calculado anteriormente el volumen de agua tratada demandado por la descarga de inodoros, siendo 6.00 m<sup>3</sup> y el volumen de agua residuales en el edificio, se obtuvo:

**Tabla 30.** Porcentaje de ahorro hídrico posterior al tratamiento de aguas grises.

Descripción	Volumen	Agua tratada	% Ahorro
Dotación total de agua	33.96 m <sup>3</sup>	6.00 m <sup>3</sup>	17.67 %
Volumen de aguas residuales	27.17 m <sup>3</sup>	6.00 m <sup>3</sup>	22.08 %

Fuente: Elaboración propia.

El ahorro hídrico generado en el edificio por un sistema de reutilización de aguas grises es mayor al 10% tanto si es evaluado con la dotación total diaria, siendo 17% y con el volumen de aguas residuales equivalente a 22.08%.

✓ **Resultado 6: Ahorro económico generado en el edificio.**

En este apartado, se utilizó los datos económicos del ámbito residencial no beneficiario del Anexo 6 para extraer el tarifario de consumo de agua potable y desagüe considerando un volumen no mayor a 20 m<sup>3</sup>, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 31. Tarifario del consumo de agua – Domestico No Beneficiario.**

Tarifa agua potable	Tarifa del desagüe	Cargo fijo mensual	IGV
S/ 1.859 / m <sup>3</sup>	S/ 1.160 / m <sup>3</sup>	S/ 6.256	0.18

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene la dotación diaria del edificio, sin embargo, los recibos de agua se emiten de manera mensual, por lo que se consideró 30 días para el cálculo del servicio.

$$\text{Dotación mensual} = 33.96 \text{ m}^3/\text{día} \times 30 \text{ días} = 1018.80 \text{ m}^3$$

El tarifario mensual del consumo de agua en el edificio estudiado se señalaron en la siguiente tabla:

**Tabla 32.** *Tarifa mensual sin tratamiento de aguas grises.*

<b>Dotación</b>	<b>Agua potable</b>	<b>Desagüe</b>	<b>Cargo fijo</b>	<b>IGV</b>	<b>Total</b>
1018.80 m <sup>3</sup>	S/ 1893.95	S/ 1181.81	S/ 6.256	S/ 554.76	S/ 3636.78

Fuente: Elaboración propia.

El recibo mensual de agua por pagar del edificio sin un sistema de reutilización de aguas grises estima a S/ 3636.78 soles, los cuales es distribuido entre los 40 departamentos que conforman el edificio, dependiendo la cantidad de habitantes y por ende sus actividades domesticas sanitarias.

El tarifario mensual con la implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises se basó en la diferencia de la dotación total menos el volumen estimado de tratamiento, 180 m<sup>3</sup>/mes.

**Tabla 33.** *Tarifa mensual con tratamiento de aguas grises.*

<b>Dotación</b>	<b>Agua potable</b>	<b>Desagüe</b>	<b>Cargo fijo</b>	<b>IGV</b>	<b>Total</b>
838.80 m <sup>3</sup>	S/ 1559.33	S/ 973.01	S/ 6.256	S/ 456.95	S/ 2995.54

Fuente: Elaboración propia.

El ahorro generado posterior a la implementación de un sistema de tratamiento equivale a S/. 641.24, siendo el resultado de la diferencia entre pagos de recibos donde se contempla o no el sistema diseñado.

Llevando estos resultados estadísticos, se obtuvo el porcentaje de ahorro económico en el edificio.

$$Ah = S/.641.24 \div S/ 3636.78 = 17.63\%$$

Se obtuvo un ahorro económico del 17.63% posterior al comparativo del pago de recibo de agua con la existencia de un sistema de tratamiento.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### LIMITACIONES

Se tuvo las siguientes limitaciones en la realización de la presente investigación:

Se solicitó la autorización a la constructora encargada que realizó el proyecto, la cual nos dio la autorización en un primer momento, sin embargo, la junta vecinal no estuvo de acuerdo por lo que no se empleó datos específicos del multifamiliar en la presente tesis.

El actual Reglamento de Edificaciones, no cuenta con una normativa específica que estipule los parámetros para el cálculo de aguas grises dependiendo el tipo de edificación como sí lo especifica la estimación de la dotación diaria de agua potable.

En el Perú, la concientización ambiental y el concepto de reutilización de aguas grises en edificaciones aún no tiene la importancia que se merece, por ende, no se encontró empresas que desarrollen tecnologías compactas que puedan ser instaladas en espacios reducidos.

### DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se compararon con la información de estudios antecedentes:

Según Meléndez et al (2019), en Portugal se realizó un sistema de tratamiento de aguas residuales para un edificio residencial utilizando un reactor aerobio y un filtrado mediante membranas, obteniendo un ahorro hídrico de  $300 m^3$



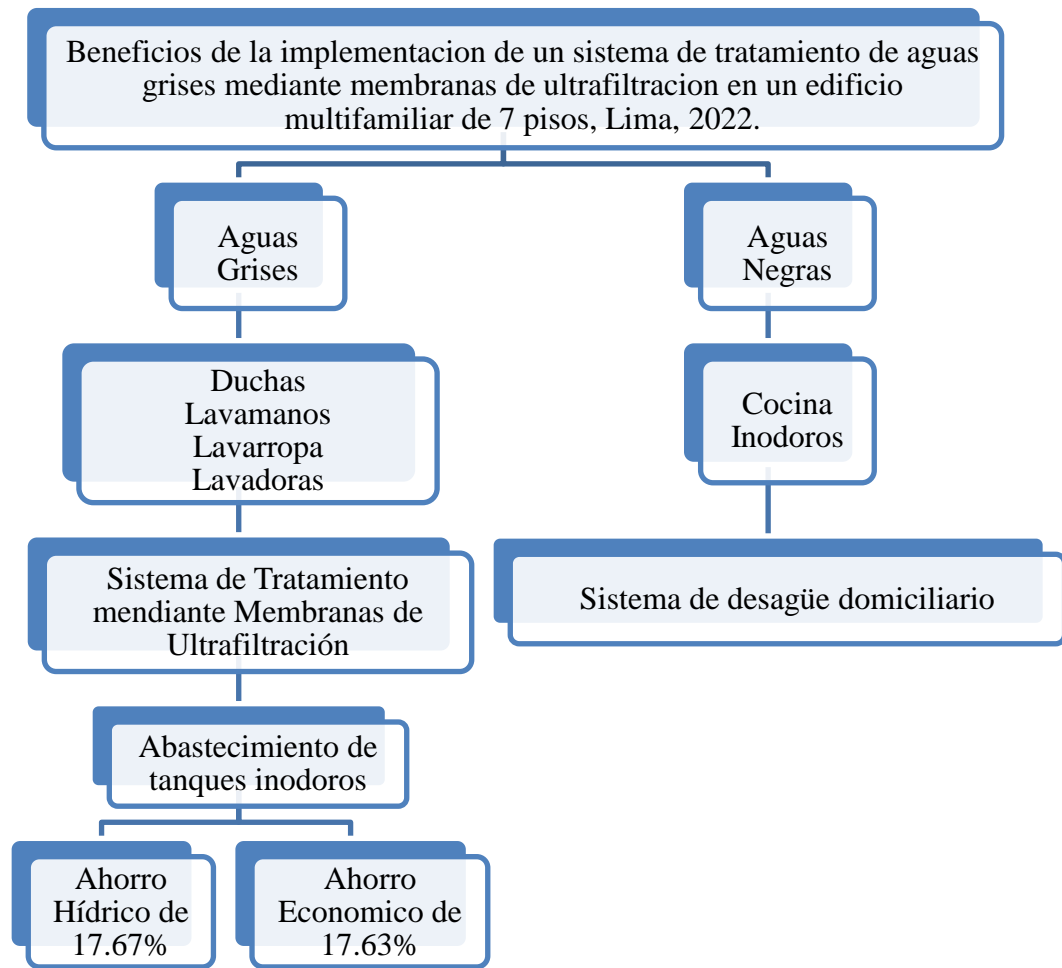
mensuales o lo equivalente a  $10 \text{ m}^3$  por día. Comparado con lo calculado en la presente investigación es 0.6 veces más, sin embargo, se debe considerar que el volumen de agua tratada es destinado solo al llenado de tanques inodoros, de emplearse para regadío y/o limpieza el flujo sería mayor.

Según Perez et al (2013), se estableció un sistema de reutilización de aguas residuales domesticas para su uso en el sector agrícola, este hecho se ejecuto debido a la grave deficiencia en calidad de agua de una sus cuencas mas importantes; la Cuenca del Rio Grande. Al igual que el estudio realizando en Costa Rica, la principal intención de la presente investigación es ayudar a conservar el medio ambiente y aportar con sistemas innovadores para el cuidado del agua.

Según Valera (2017), se realizó un estudio al edificio multifamiliar Canto Bello en el distrito de San Juan de Lurigancho en donde se implementó un sistema de reutilización de aguas grises, teniendo como resultado una reducción económica mensual del 25%. Contrastado con lo obtenido posterior al sistema de membranas de ultrafiltración, el ahorro en Canto Bello lo supera en un 7.37%; no obstante, de usarse el agua trata en regadío de áreas verdes, la estimación ascendería a mas del 25%.

## CONCLUSIONES

**Figura 19.** *Organigrama de resultados.*



Fuente: Elaboración propia.

Del estudio realizado se obtuvo las siguientes conclusiones:

El volumen total de aguas grises vertido por aparatos sanitarios como lavamanos, duchas, lavadoras y lavarropa es igual a  $20.94 \text{ m}^3$ , capacidad que representa un 22.08% de las aguas residuales descargadas en el edificio; es decir 2.08% más de lo estimado en las hipótesis.

La descarga de inodoros genera una demanda de agua tratada equivalente a  $5.040 \text{ m}^3$ , el sistema empleado para el proceso del tratamiento cumple con los estándares de calidad de agua para su reutilización pues se basa en la normativa europea EN 16941-2.

El ahorro hídrico generado por la reutilización de aguas grises en el edificio es igual a 17.67% de la dotación diaria total requerido por los 112 habitantes del multifamiliar, superando el 10% hipotetizado.

El ahorro económico generado por el sistema de biogestores con membrana de ultrafiltración es S/ 641.24 soles, semejante a un 17.63% del consumo total sin consideran la reutilización de aguas, además lo obtenido es 7.63% mas de lo estimado en las hipótesis.

## **IMPLICANCIAS**

El diseño de un sistema de reutilización de aguas grises, se realizó con la intención de lograr las siguientes implicancias:

Desarrollar una concientización acerca del cuidado del agua a través de la reutilización de aguas grises provenientes de actividades domesticas usando tecnologías con membranas de ultrafiltración que reemplazan sistemas tradicionales como lodos activados, osmosis inversa, entre otros.

Demostrar el porcentaje de ahorro económico e hídrico que genera la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises compacto en un proyecto multifamiliar, teniendo como función el llenado de tanques de inodoros.

Evidenciar la carencia de la normativa peruana ante la problemática de reutilización de aguas grises comparado con parámetros establecidos en otros países que generan empresas emergentes dedicadas a desarrollar tecnologías que cumplan los estándares de calidad y por ende el continuo desarrollo de su nación.

## REFERENCIAS

- AEDyR. (2020). *Diferencias entre microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y osmosis inversa*.  
Obtenido de Asociación Española de Desalación y Reutilización:  
<https://aedyr.com/diferencias-microfiltracion-ultrafiltracion-nanofiltracion-osmosis-inversa/>
- AQUA ESPAÑA. (2018). *Aguas Grises: Origen, Composición y Tecnologías para su reciclaje*.  
España: Asociación Española de Empresas del Sector del Agua.
- Baquero, M. (2013). Ahorro de agua y reutilización en la edificación en la ciudad de Cuenca, Ecuador  
. ESTOA.
- Blasco, E. (1995). *Instalaciones Sanitarias en Edificaciones*. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú  
[CIP].
- Burbano, J. (2015). *Análisis de la reutilización de las aguas grises en edificaciones domiciliarias  
(tesis de titulación)*. Obtenido de  
[http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/420/1/analisis%20de%20la%20reutiliza  
cion%20de%20aguas%20grises%20en%20edificaciones%20domiciliarias.pdf](http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/420/1/analisis%20de%20la%20reutiliza%20cion%20de%20aguas%20grises%20en%20edificaciones%20domiciliarias.pdf)
- Candiotti, E. (2018). *Sistema de Tratamiento de Aguas Grises para Fomentar el Ahorro Hídrico en  
el Edificio Multifamiliar del Asentamiento Humano Micaela Bastidas Sect. 2 Mz. A26*.  
Obtenido de  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38364/Candiotti\\_LE.pdf?seq  
uence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38364/Candiotti_LE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Canqui, B. (2018). *Sistema de reciclado de aguas grises para un edificio de viviendas de 10 pisos  
[Tesis de licenciatura]*. Obtenido de  
[https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/22094/PG-  
2244.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/22094/PG-2244.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carbotecnia. (2021). *¿Que es la ultrafiltración?* Obtenido de Carbotecnia:  
[https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/que-es-la-  
ultrafiltracion/](https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/que-es-la-ultrafiltracion/)
- Collacci, A. (02 de 05 de 2018). *La situación de las aguas residuales en Lima*. Obtenido de Clima  
de Cambios PUCP: [https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/la-situacion-de-las-  
aguas-residuales-en-lima/](https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/la-situacion-de-las-aguas-residuales-en-lima/)
- Contreras, M. (2009). *Diseño y Construcción de un sistema electromecánico para reciclar aguas  
grises y conducir las a los servicios higiénicos en una casa promedio*. Obtenido de  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1716/1/CD-2754.pdf>

- Cruz, J., Gómez, D., Luz, S., & Cuervo, J. (2014). Aplicación Electronica para el ahorro de agua en una vivienda familiar. *Entramado* 10, N°2, 323-335. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2654/265433711021.pdf>
- DEHOUST . (2022). *Watermanager Type 3 (GWM Type 3)*. Obtenido de DEHOUST: [https://www.dehoust.com/ProductFiles/Files/Datasheet/en-001/dhdb\\_gwm\\_english\\_202103.pdf](https://www.dehoust.com/ProductFiles/Files/Datasheet/en-001/dhdb_gwm_english_202103.pdf)
- DEHOUST. (2021). *Deposito de plástico PE 4000DF*. Obtenido de DEHOUST: <https://www.dehoust.com/en-001/Products/8EFD65C2-628B-4A42-A2EB-FE2ED6FAC3E2/Plastic-storage-tank-PE-4000DF-Black>
- Dulce, C., & Tamariz, C. (2018). *Costo de modelo de tratamiento de aguas grises domiciliarias en una vivienda multifamiliar, con fines de reutilización en inodoros (Tesis de titulación)*. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31163/Dulce\\_FCL-Tamariz\\_MCD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31163/Dulce_FCL-Tamariz_MCD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva* 11, N°3, 147-170. Obtenido de <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/fernandez.pdf>
- Inducción a la Investigación*. (2019). Obtenido de Justificación en la Investigación: <http://florfanyasantacruz.blogspot.com/2015/09/justificacion-de-la-investigacion.html#:~:text=Existen%20tres%20tipos%20de%20justificaci%C3%B3n%3A%20te%C3%B3rica%2C%20pr%C3%A1ctica%20y%20metodol%C3%B3gica>.
- Inducción en la Investigación*. (2015). Obtenido de Justificación de la Investigación: <http://florfanyasantacruz.blogspot.com/2015/09/justificacion-de-la-investigacion.html#:~:text=Existen%20tres%20tipos%20de%20justificaci%C3%B3n%3A%20te%C3%B3rica%2C%20pr%C3%A1ctica%20y%20metodol%C3%B3gica>.
- LogoVectorSeek.Com. (2021). *Dehoust GmbH Logo Vector*. Obtenido de LogoVectorSeek.Com: <https://logovectorseek.com/dehoust-gmbh-logo-vector-svg/>
- Loza, J. (2017). *Diseño de un sistema de reciclado de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en una vivienda multifamiliar de doce pisos en la ciudad de Tacna (Tesis de titulación)*. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/341/Loza-Delgado-Paolo-Jes%c3%bas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meléndez, J., Lemos, M., Dominguez, I., & Oviedo, E. (2019). Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal. *UIS Ingenierías* 18, N°1, 225-235. Obtenido de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/8781/8680>

- Minchan, A., Vásquez, B., Vásquez, C., Moreno, D., Ordoñez, F. d., Rojas, N., . . . Ponce, R. (2019). *Programa de entrenamiento en salud dirigido a personal del servicio militar voluntario*. Obtenido de Instituto Nacional de la Salud [INS]: [https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1139/Programa\\_entrenamiento\\_Salud\\_Publica\\_Participantes\\_Tomo\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1139/Programa_entrenamiento_Salud_Publica_Participantes_Tomo_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2018). *Norma IS.010*. Peru: GRUPO UNIVERSITARIO.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2018). Norma OS.010. En *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 115). Perú: GRUPO UNIVERSITARIO.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2018). Norma OS.020. En *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 116). Perú: GRUPO UNIVERISTARIO .
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2018). Norma OS.090. En *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 167). Perú: GRUPO UNIVERSITARIO.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma OS.070*. Perú: GRUPO UNIVERSITARIO.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: GRUPO UNIVERSITARIO SAC.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). *Conoce cuánto gastas en agua y cuánto puedes ahorrar en tu vida cotidiana con la Revista MINAM*. Obtenido de MINAM: <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/conoce-cuanto-gastas-en-agua-y-cuanto-puedes-ahorrar-en-tu-vida-cotidiana-con-la-revista-minam/#:~:text=Litros%20por%20actividad&text=Un%20ca%C3%B1o%20abierto%3A%2020%20litros,a%2018%20litros%20cada%20vez.>
- Muestro Probabilístico*. (s.f.). Obtenido de Excel para todos: <https://excelparatodos.com/muestreo-probabilistico/#:~:text=de%20muestreo%20probabil%C3%ADstico-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20muestreo%20probabil%C3%ADstico%3F,hacer%20parte%20de%20una%20muestra.>
- Narváez, L., Miranda, J., & Narváez, L. (2012). *Remoción de contaminantes de aguas grises mediante el uso de humedales artificiales en viviendas sustentables del estado de Querétaro*. Mexico.
- Oblitas, J. (2018). *Guía de investigación científica 2018*. Universidad Privada del Norte.
- Ochoa, J. (2012). *Aguas Grises: Recoleccion, Tratamiento, Uso e Integracion en la Edificacion Habitacional*. Universidad Autonoma Nacional de Mexico.

- Ochoa, J. (2012). *Aguas Grises: Recolección, tratamiento, uso e integración en la edificación habitacional (tesis de maestría)*. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2012/noviembre/0686170/0686170.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Cultura las Ciencias y la Educación. (2016). *El agua y El Empleo*. Obtenido de [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244041\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244041_spa)
- Oz Perú. (27 de 02 de 2017). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas en el Perú*. Obtenido de Oz Perú: <https://www.oz-peru.com/planta-tratamiento-aguas-residuales-domesticas-peru/>
- Pérez, C., Coto, J., Salgado, V., Herrera, J., Fernández, J., & Benavides, C. (2013). Tratamiento de aguas residuales con tecnologías alternativas en una pequeña unidad doméstica-productiva. *Uniciencia* 27, N°1, 319-331.
- Solis, C., Velez, C., & Ramirez, J. (2017). *Tecnología de membranas: Ultrafiltracion*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-83672017000200026](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672017000200026)
- Suárez, J., Burgos, A., Cambeses, H. d., Torres, D., & Ures, P. (2012). *El reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural*. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SUAREZ%20et%20al.%202012.%20El%20reciclaje%20de%20aguas%20grises%20como%20complemento%20a%20las%20estrategias%20de%20gesti%C3%B3n.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SUAREZ%20et%20al.%202012.%20El%20reciclaje%20de%20aguas%20grises%20como%20complemento%20a%20las%20estrategias%20de%20gesti%C3%B3n.pdf)
- Tamayo, C., & Silva, I. (s.f). *Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos*. Obtenido de <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/23.pdf>
- Tesis y Másters. (s.f). *¿Qué son los instrumentos de recolección de datos?* Obtenido de Tesis y Másters: <https://tesisymasters.mx/instrumentos-de-recoleccion-de-datos/#:~:text=Una%20t%C3%A9cnica%20o%20instrumento%20de,fen%C3%B3meno%20que%20se%20desean%20conocer>.
- Toledo, N. (s.f). *Población y Muestra*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf>
- Valencia, F. (2019). *Ecoeficiencia en el uso del agua, su reutilización y manejo de residuos sólidos en la institución educativa estatal Almirante Miguel Grau (Tesis de Titulación)*. Perú.
- Valera, A. (2017). *Tratamiento de aguas grises para reutilizar en servicios higiénicos de una vivienda multifamiliar del edificio Canto Bello en San Juan de Lurigancho (tesis de titulación)*. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16657/Valera\\_MAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16657/Valera_MAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Zarza, L. (2019). *¿Que es la ultrafiltración?* Obtenido de iagua:  
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-ultrafiltracion>



## ANEXOS

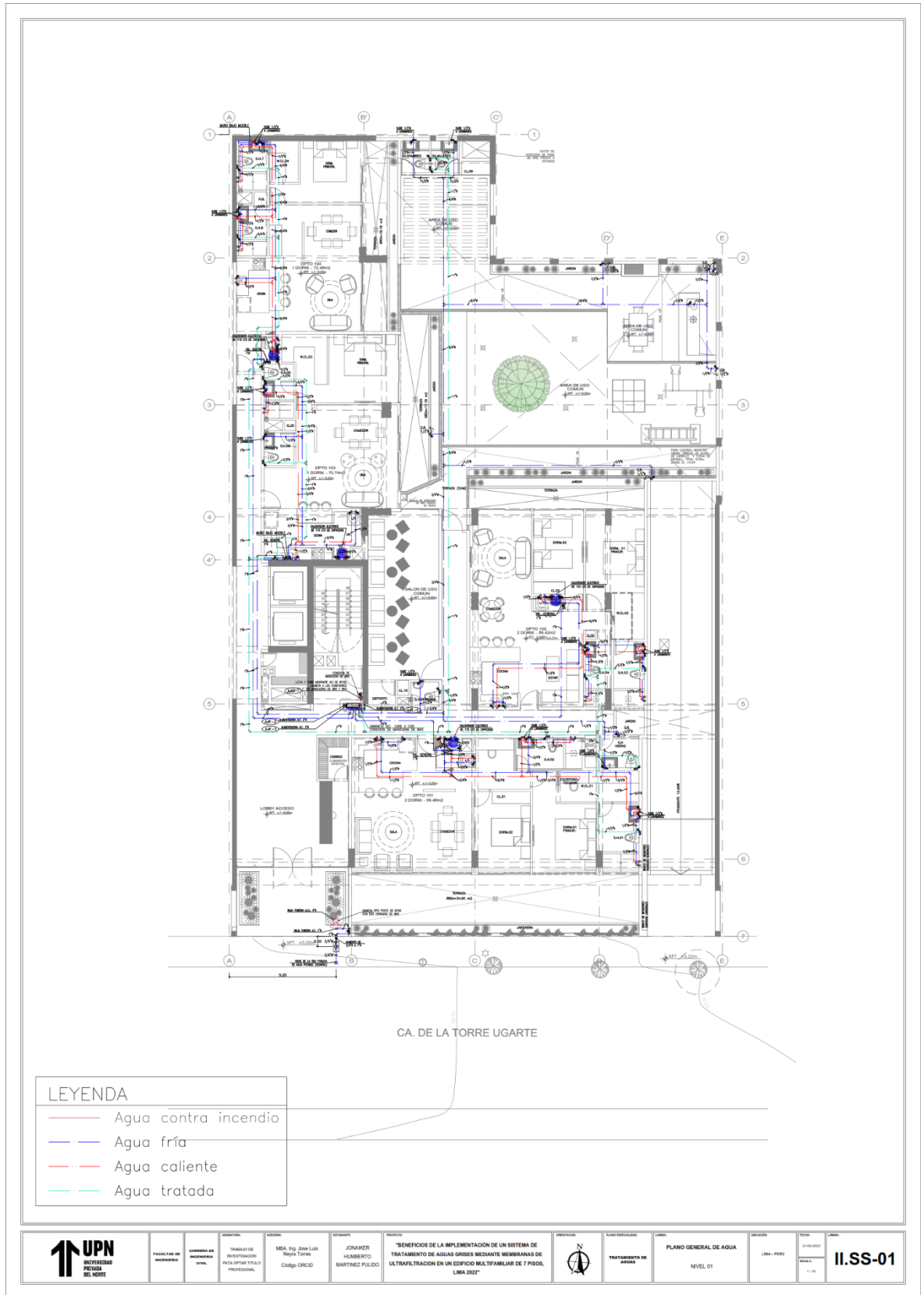
### ANEXO 1

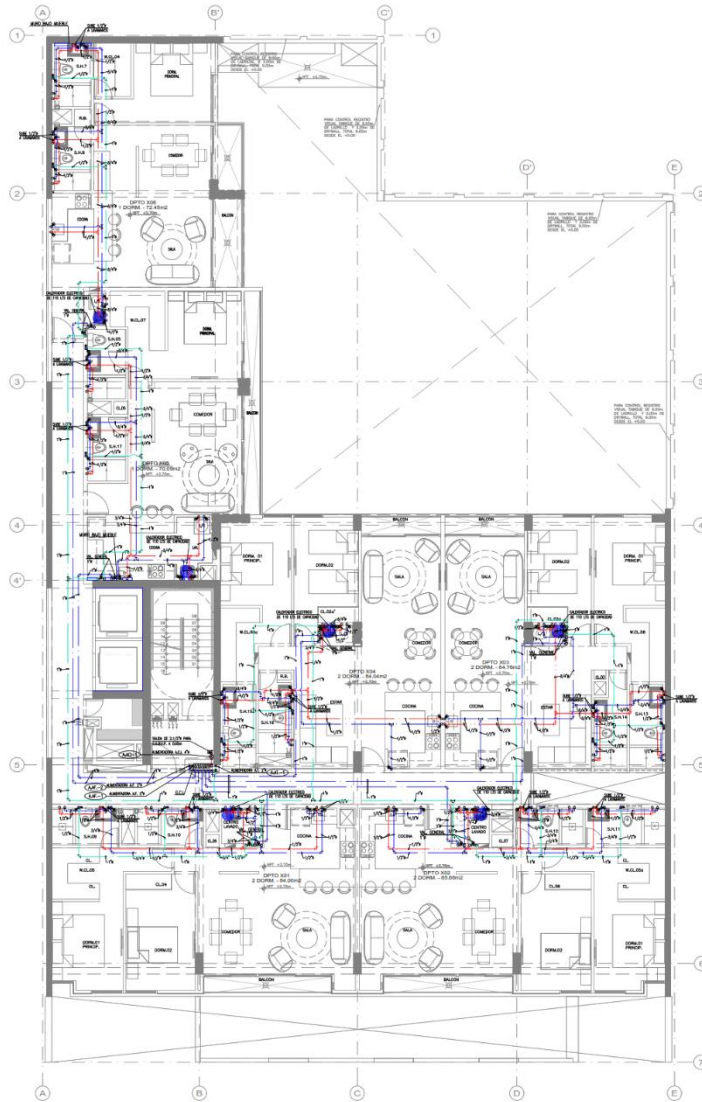
#### GASTOS PROBABLES PARA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HUNTER

N° de unidades	GASTO PROBABLE		N° de unidades	GASTO PROBABLE		N° de unidades	GASTO PROBABLE
	TANQUE	VÁLVULA		TANQUE	VÁLVULA		
3	0,12	-	120	1,83	2,72	1100	8,27
4	0,16	-	130	1,91	2,80	1200	8,70
5	0,23	0,91	140	1,98	2,85	1300	9,15
6	0,25	0,94	150	2,06	2,95	1400	9,56
7	0,28	0,97	160	2,14	3,04	1500	9,90
8	0,29	1,00	170	2,22	3,12	1600	10,42
9	0,32	1,03	180	2,29	3,20	1700	10,85
10	0,43	1,06	190	2,37	3,25	1800	11,25
12	0,38	1,12	200	2,45	3,36	1900	11,71
14	0,42	1,17	210	2,53	3,44	2000	12,14
16	0,46	1,22	220	2,60	3,51	2100	12,57
18	0,50	1,27	230	2,65	3,58	2200	13,00
20	0,54	1,33	240	2,75	3,65	2300	13,42
22	0,58	1,37	250	2,84	3,71	2400	13,86
24	0,61	1,42	260	2,91	3,79	2500	14,29
26	0,67	1,45	270	2,99	3,87	2600	14,71
28	0,71	1,51	280	3,07	3,94	2700	15,12
30	0,75	1,55	290	3,15	4,04	2800	15,53
32	0,79	1,59	300	3,32	4,12	2900	15,97
34	0,82	1,63	320	3,37	4,24	3000	16,20
36	0,85	1,67	340	3,52	4,35	3100	16,51
38	0,88	1,70	380	3,67	4,46	3200	17,23
40	0,91	1,74	390	3,83	4,60	3300	17,85
42	0,95	1,78	400	3,97	4,72	3400	18,07
44	1,00	1,82	420	4,12	4,84	3500	18,40
46	1,03	1,84	440	4,27	4,96	3600	18,91
48	1,09	1,92	460	4,42	5,08	3700	19,23
50	1,13	1,97	480	4,57	5,20	3800	19,75
55	1,19	2,04	500	4,71	5,31	3900	20,17
60	1,25	2,11	550	5,02	5,57	4000	20,50
65	1,31	2,17	600	5,34	5,83	PARA EL NÚMERO DE UNIDADES DE ESTA COLUMNA ES INDIFERENTE QUE LOS APARATOS SEAN DE TANQUE O DE VÁLVULA	
70	1,36	2,23	650	5,85	6,09		
75	1,41	2,29	700	5,95	6,35		
80	1,45	2,35	750	6,20	6,61		
85	1,50	2,40	800	6,60	6,84		
90	1,56	2,45	850	6,91	7,11		
95	1,62	2,50	900	7,22	7,36		
100	1,67	2,55	950	7,53	7,61		
110	1,75	2,60	1000	7,84	7,85		

NOTA: Los gastos están dados en L/s y corresponden a un ajuste de la tabla original del Método de Hunter.

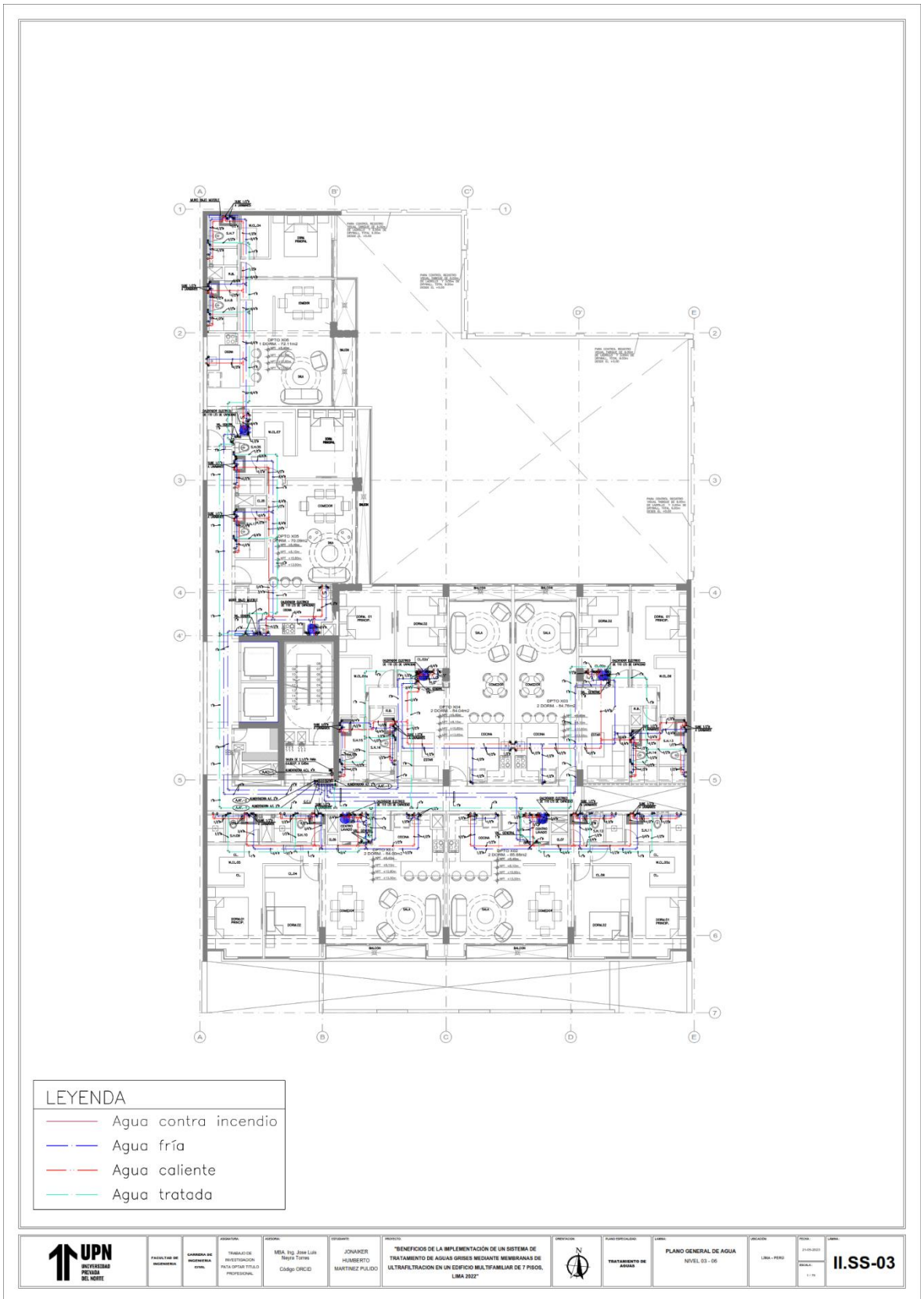
**ANEXO 2**

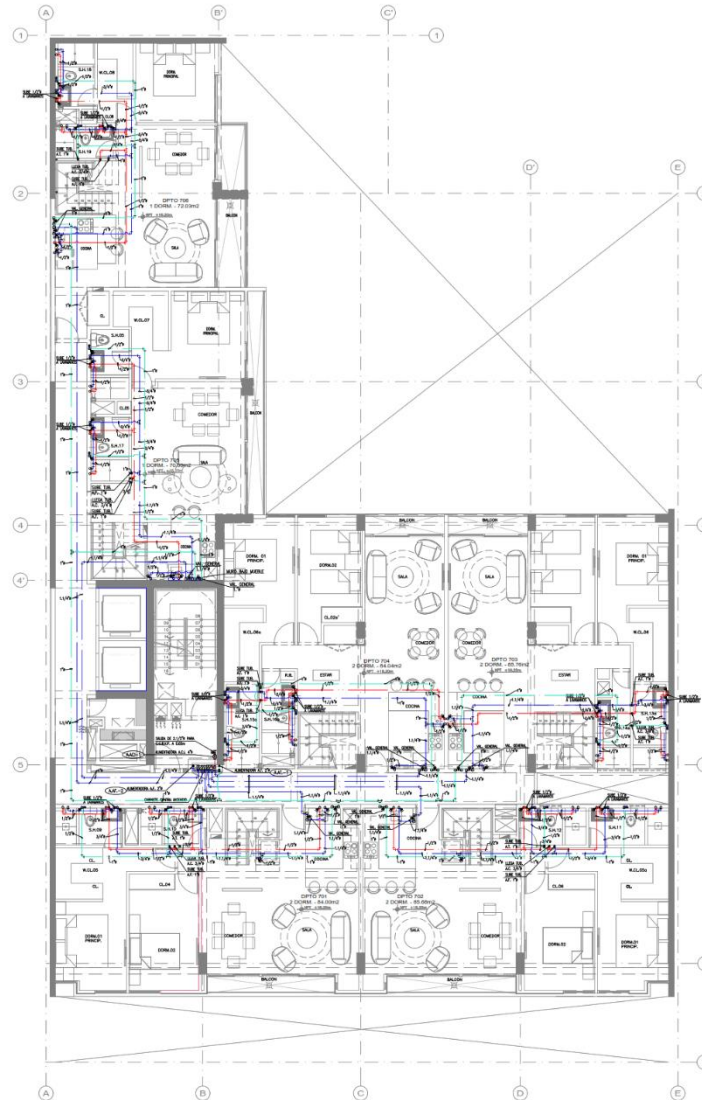




LEYENDA	
	Agua contra incendio
	Agua fría
	Agua caliente
	Agua tratada

	FACULTAD DE INGENIERÍA	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	ASIGNATURA: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA GRUPOS PEQUEÑOS	TÍTULO: MSc. Ing. José Luis Rojas Torres Código: ORO-01	AUTOR: JONAKER HUMBERTO MARTÍNEZ PULIDO	TÍTULO: "BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS MEDIANTE MEMBRANAS DE ULTRAFILTRACIÓN EN UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 7 PISOS, LIMA 2022"		PLAN GENERAL DE DESAGUE	UBICACIÓN: LIMA - PERÚ NIVEL: 02	FECHA: 21-02-2023 HORA: 11:16	<b>II.SS-02</b>



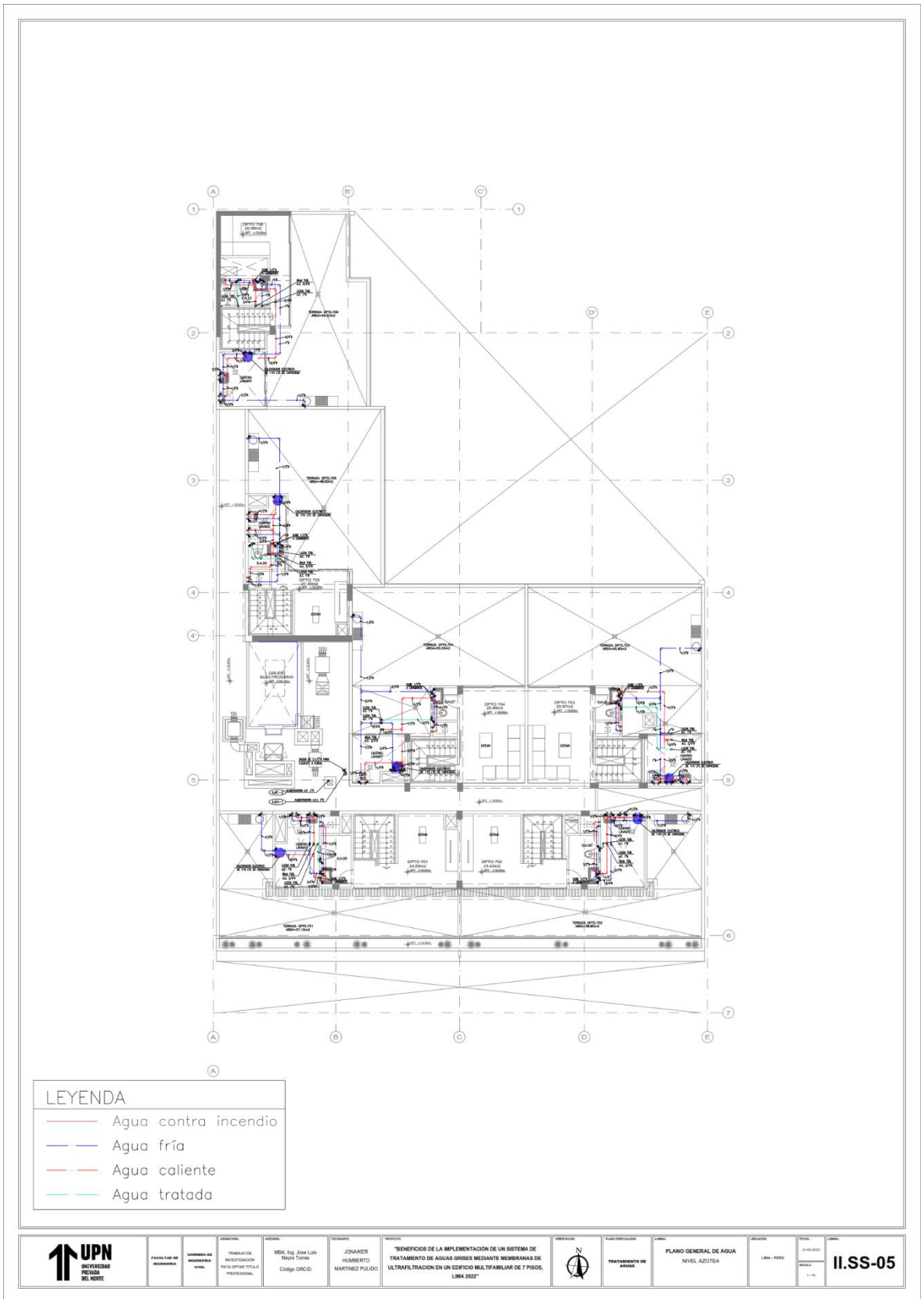


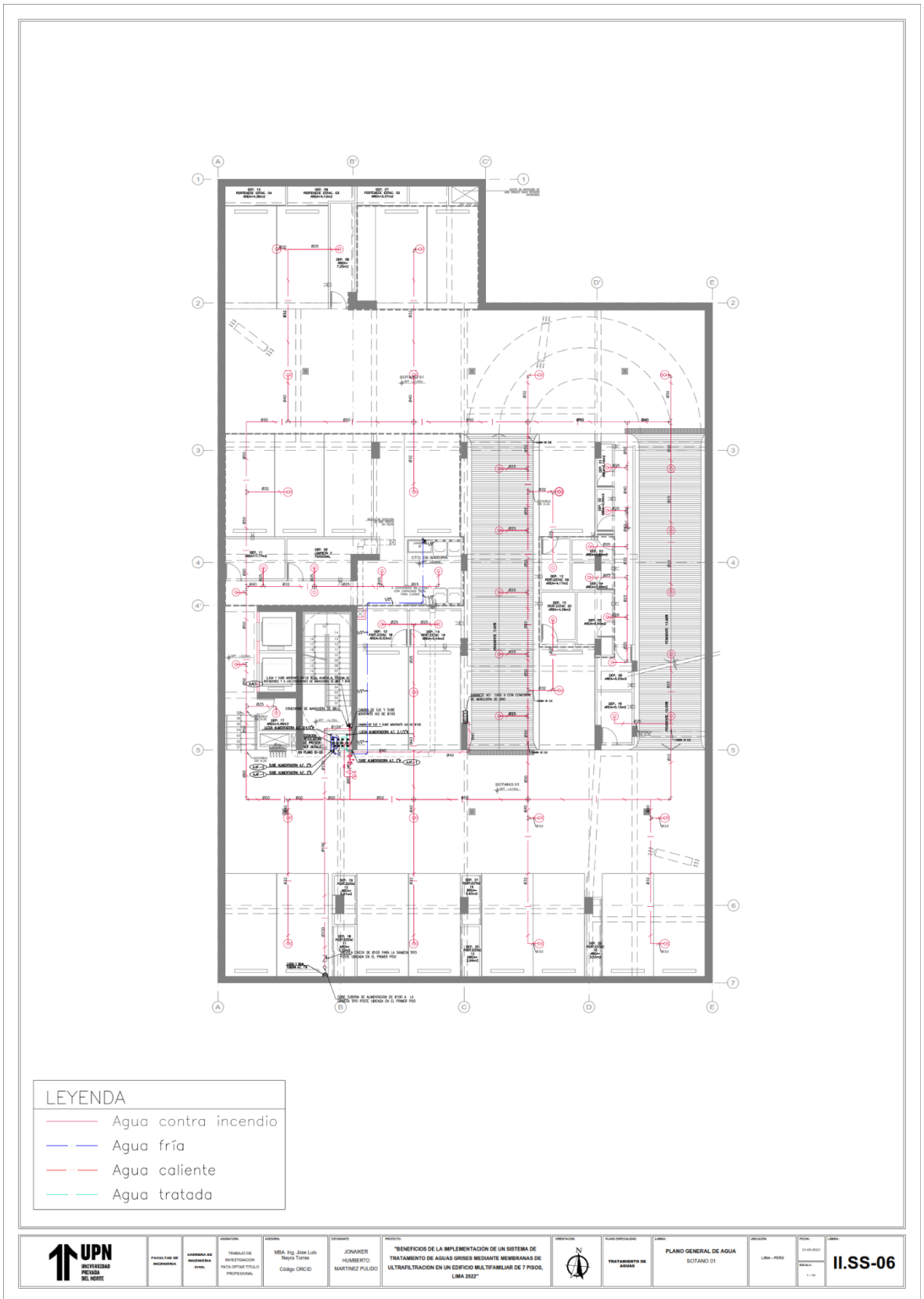
**LEYENDA**

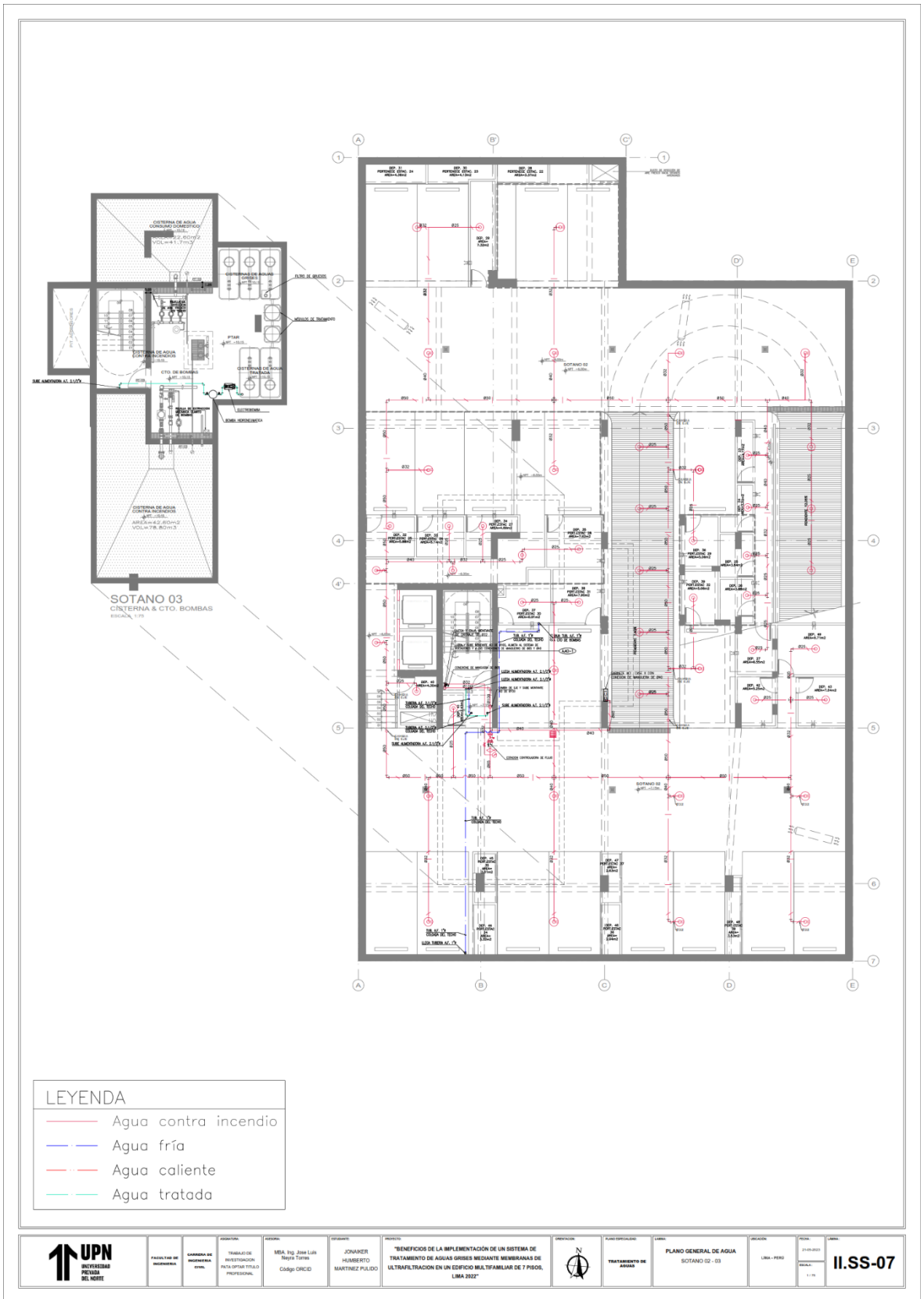
	Agua contra incendio
	Agua fría
	Agua caliente
	Agua tratada

	FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA EN INGENIERÍA CIVIL	ASISTENTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PÉLO MARTÍNEZ PULIDO PROFESIONAL	REGISTRO MIA. Ing. José Luis Rojas Torres Código ORCID	DISEÑO JONAKER HUMBERTO MARTÍNEZ PULIDO	PROYECTO "BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS MEDIANTE MEMBRANAS DE ULTRAFILTRACIÓN EN UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 7 PISOS, LIMA 2022"	METODOLOGÍA 	PAÑO DE DISEÑO TRATAMIENTO DE AGUAS	LÍNEA PLANO GENERAL DE AGUA NIVEL 07	UBICACIÓN LIMA - PERÚ	FECHA 21-02-2023	LÍNEA II.SS-04
										FECHA 01/04	







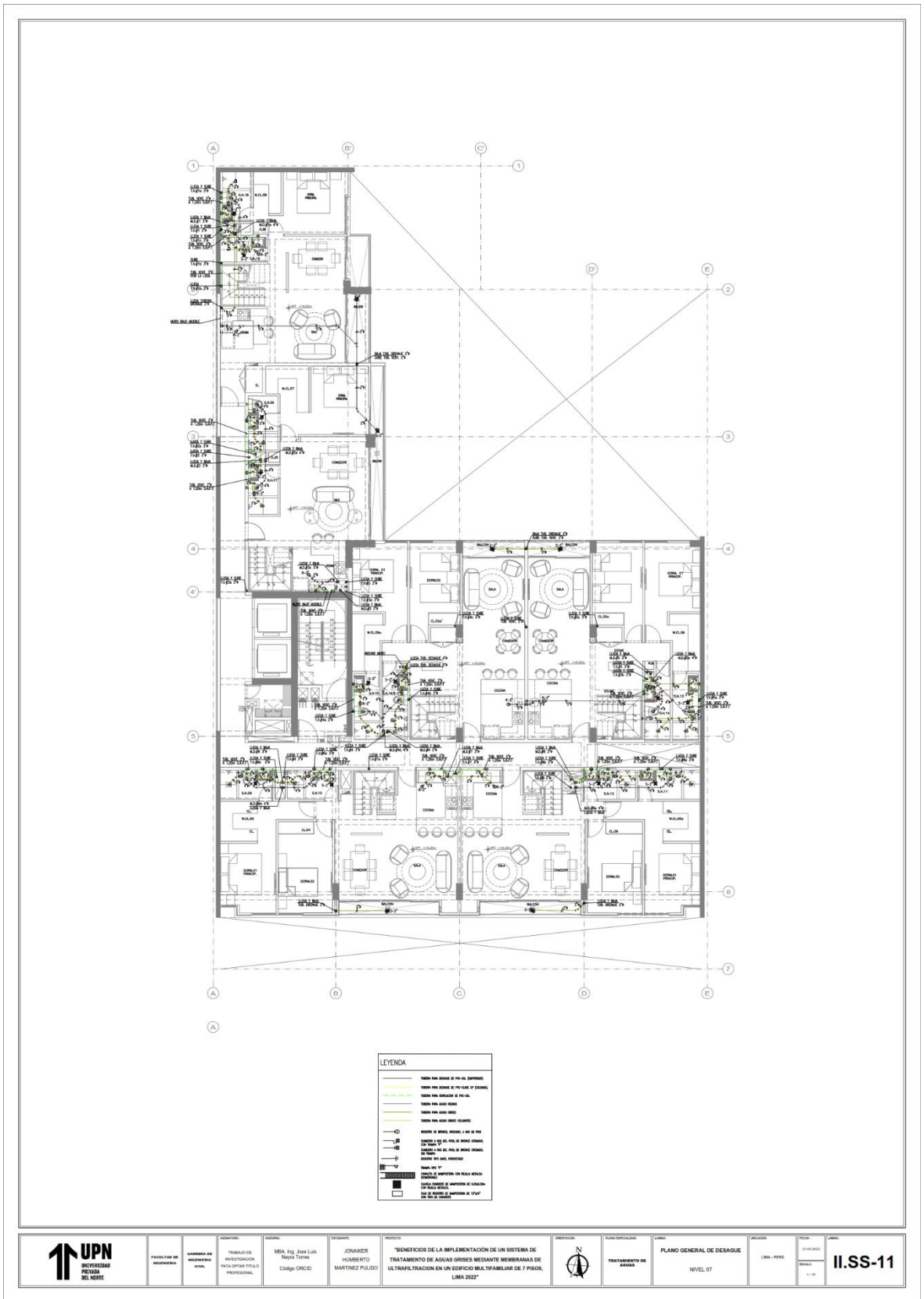




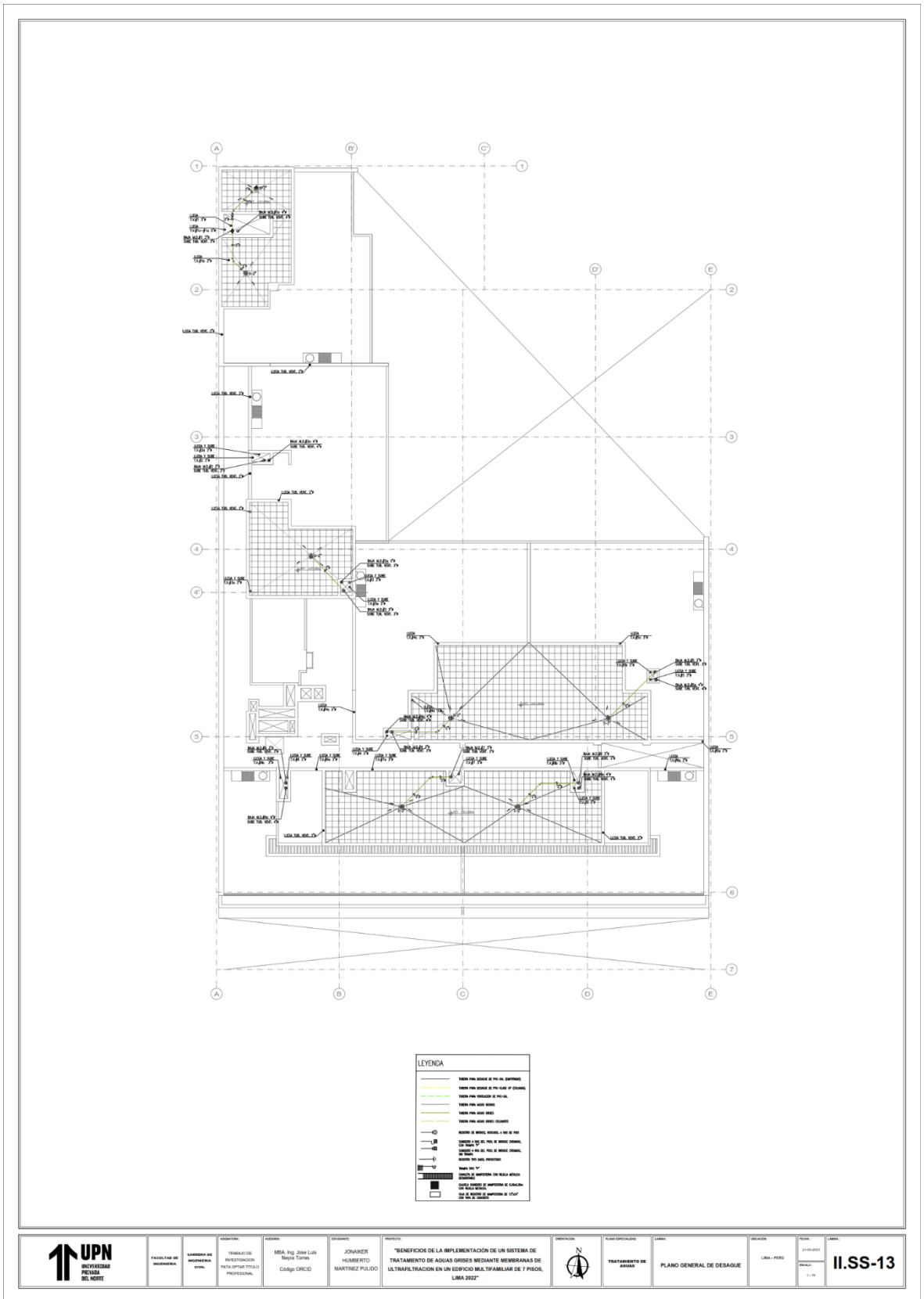












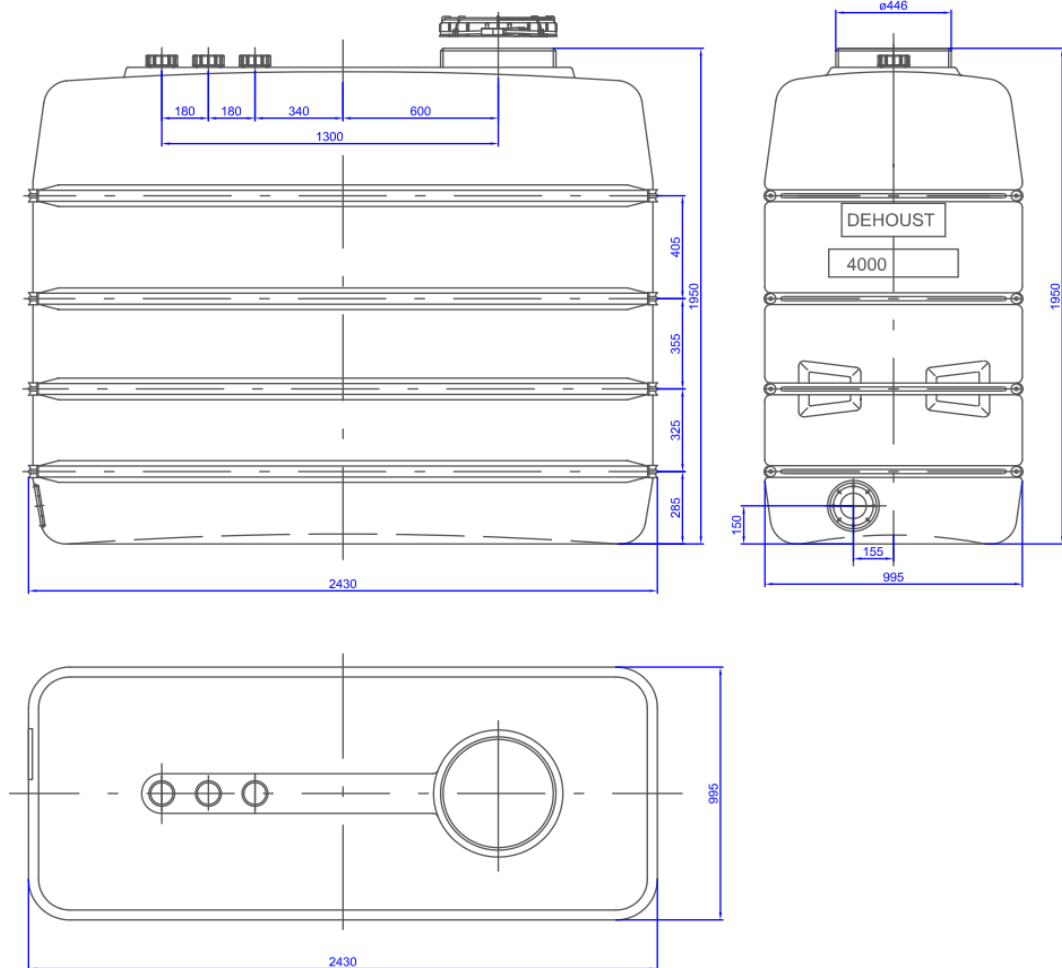




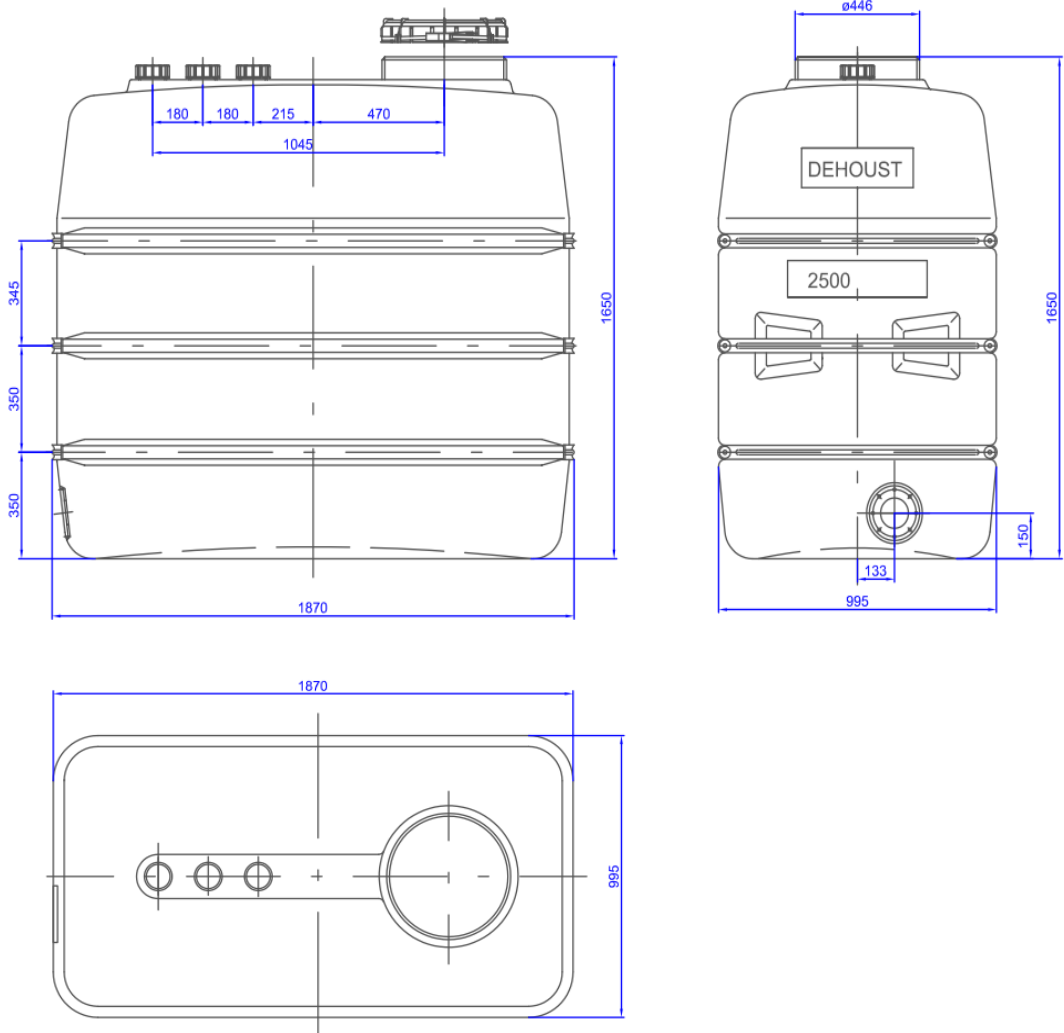




### ANEXO 3



### ANEXO 4



### ANEXO 5

VALORES	Q [l/s]	NUMERO DE PISOS												TUBERIA QUE SALE DEL EQUIPO					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
		20 - 40 PSI		25 - 45		30 - 50		35 - 55		40 - 60		45 - 65			50 - 70		55 - 75		60 - 80
20	0.54	1M 1B CH20 A1I - 0.6 M			1M 1B CH-32 A1I - 1.4 M						1M 1B CH-82 MULTI H-204 - 1.5 M / T						3/4"		
30	0.68	1M 1B CH-32 A1I - 0.8 M															1"		
40	0.85	1M 1B CH-32 MULTI H-202 - 0.75 M / T																	
50	1.16																		
60	1.25				1M 1B CH-32 MULTI H-203 - 1.0 M / T									1M 1B CH-88 MULTI H-404 - 2.0 M / T			1.1/4"		
70	1.34																		
80	1.45	1M 1B CH-82 MULTI H-402 - 1.0 M / T															1.1/2"		
100	1.67																		
120	1.83				1M 1B CH-82 MULTI H-403 - 1.5 M / T									1M 1B CH-119 MULTI H-405 - 2.5 M / T					
150	2																2"		
200	2.45										2M 1B CH-119 MULTI H-804 - 3.3 T								
240	2.75	2M 1B CH-82 MULTI H-802 - 2.0 M / T						2M 1B CH-88 MULTI H-803 - 2.5 T											
280	3.07																2"		
320	3.37										2M 1B CH-119 C1.1/2 x 2 - 5.7 T								
400	3.97	2M 1B CH-119 B1.1/2 x 2 - 3.4 T																	
600	5.34				3M 1B CH-119 B1.1/2 x 2 - 5.7 T												2.1/2"		
800	6.6							3M 1B CH-119 C1.1/2 x 2 - 8.8 T						3M 1B CH-119 MULTI V-1804 - 10.0 T					

## ANEXO 6

### ESTRUCTURA TARIFARIA

Por los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado

1. CARGO FIJO (S/ / Mes) 6,256

2. CARGO POR VOLUMEN

CLASE CATEGORIA	RANGOS DE CONSUMOS	TARIFA (S/ / m <sup>3</sup> )			
		GRUPO TARIFARIO 1 <sup>(1)</sup>		GRUPO TARIFARIO 2 <sup>(2)</sup>	
		m <sup>3</sup> /mes	Agua Potable	Alcantarillado <sup>(3)</sup>	Agua Potable
<b>RESIDENCIAL</b>					
Social	0 a más	1,580	0,740	1,580	0,740
Doméstico No Beneficiario	0 a 20	1,859	1,160	2,640	1,624
	20 a más	-	-	6,747	3,216
	20 a 50	2,640	1,624	-	-
	50 a más	6,747	3,216	-	-
Doméstico Beneficiario	0 a 10	1,580	0,740	1,580	0,740
	10 a 20	1,763	0,860	1,763	0,860
	20 a 50	2,640	1,624	2,640	1,624
	50 a más	6,747	3,216	6,747	3,216
<b>NO RESIDENCIAL</b>					
Comercial y Otros	0 a 1000	6,747	3,216	6,747	3,216
	1000 a más	7,238	3,448	7,238	3,448
Industrial	0 a más	7,238	3,448	7,238	3,448
Estatat	0 a más	4,436	2,047	4,436	2,047

<sup>(1)</sup> El Grupo Tarifario 1 comprende a todos los distritos administrados por SEDAPAL S.A. con excepción de los distritos de Punta Negra, Punta Hermosa, San Bartolo y Santa María del Mar.

<sup>(2)</sup> El Grupo Tarifario 2 comprende a los distritos de Punta Negra, Punta Hermosa, San Bartolo y Santa María del Mar.

<sup>(3)</sup> Incluye los servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales.