



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN EL DISTRITO DE
COMAS - LIMA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE
AGUA POTABLE**

PRESENTADA POR

RICARDO MARTIN HERENCIA RAMOS

JENSY HAYRO SANDOVAL CADILLO

ASESOR

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

VÍCTOR ANTONIO ZELAYA JARA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2020



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN EL DISTRITO
DE COMAS - LIMA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE
AGUA POTABLE**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

HERENCIA RAMOS, RICARDO MARTIN

SANDOVAL CADILLO, JENSY HAYRO

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo, primero, a DIOS por darme las bendiciones para poder alcanzar esta meta; segundo, a mi madre Raquel quien me enseñó que para lograr grandes cosas debo hacer grandes sacrificios; tercero, a mi padre Ricardo quien me enseñó que más importante es el bienestar familiar que lo material. También se lo dedico a mis hermanos Ricardo y Verioska quienes siempre están presentes en mi interior; y a mi novia Kimberly quien a diario me ayuda a ser mejor.

Martín Herencia R.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo, primero, a DIOS por darme las bendiciones para poder alcanzar esta meta; segundo, a mi padre Mansueto y mi madre Judith quienes, con todo su esfuerzo, sacaron adelante a sus hijos. También deseo dedicar mi trabajo a mis hermanos Amelia y Carlos quienes me acompañaron en mi vida profesional con sus consejos de su experiencia; y a la señora Gloria que me apoyó y me mostró que la vida nos solo es vivir por una meta económica o material, sino por lo que llevamos en nuestro interior.

Hayro Sandoval C.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos, primero, a Dios por brindarnos salud, vida y por ser quién está en los momentos más difíciles. Él con su misericordia nos levanta y nos impulsa a seguir, y, sobre todo, por darnos las fuerzas y la capacidad para poder cumplir nuestros objetivos y nunca rendirnos.

Segundo, nuestro infinito agradecimiento es con nuestros asesores, el Mg. Juan Manuel Oblitas Santa María y el Dr. Víctor Antonio Zelaya Jara, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Los autores

ÍNDICE

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción de la situación problemática	16
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Objetivos de la investigación.....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos	20
1.4. Justificación de la investigación	21
1.4.1. Importancia de la investigación.....	21
1.5. Alcances y limitaciones.....	21
1.6. Viabilidad de la investigación	21
1.6.1. Viabilidad técnica	21
1.6.2. Viabilidad económica	22
1.6.3. Viabilidad social	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23
2.1.2. Antecedentes nacionales	25
2.2. Bases teóricas	26
2.2.1. Plantas de tratamientos de aguas residuales	26
2.2.2. Aguas grises	28
2.2.3. Componentes de tratamiento de aguas grises.....	29
2.2.4. Cámara de paso o inspección.....	30
2.2.5. Filtros	31
2.2.6. Estudio hidrológico.....	32

2.2.7. Estudio de población.....	32
2.3. Definición de términos básicos	32
2.4. Formulación de la hipótesis	33
2.4.1. Hipótesis general	33
2.4.2. Hipótesis específicas	33
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	35
3.1. Tipo de investigación	35
3.1.1. Enfoque de la investigación	35
3.1.2. Alcance de la investigación.....	35
3.1.3. Diseño de la investigación	35
3.2. Variables.....	36
3.2.1. Variable independiente	36
3.2.2. Variable dependiente	36
3.2.3. Título de la investigación.....	37
3.2.4. Matriz de operacionalización de las variables.....	37
3.3. Población y muestra	38
3.3.1. Población	38
3.3.2. Muestra	38
3.4. Técnicas para el procesamiento de datos	39
CAPÍTULO IV DESARROLLO	40
4.1. Generalidades.....	40
4.2. Cálculo del caudal máximo de llegada.....	41
4.3. Cálculo del volumen de trampa de grasa.....	47
4.4. Cálculo del volumen de la cámara de paso	48
4.5. Cálculo del volumen de cisterna de agua tratada	49
4.6. Cálculo del equipo de bombeo de la cámara de paso a la cisterna de agua tratada.....	50
4.6.1. Cálculo del diámetro de tuberías	50
4.6.2. Cálculo de la altura dinámica total (H. D. T.).....	51
4.7. Cálculo de la máxima demanda simultánea.....	55
4.8. Cálculo del equipo de bombeo de la cisterna de agua tratada a la distribución.....	56
4.8.1. Cálculo del diámetro de tuberías	56
4.8.2. Cálculo de la altura dinámica total (H. D. T.).....	57

4.9. Cálculo del volumen de la cámara de desagüe	82
4.9.1. Cálculo de volumen de desagüe.....	82
4.9.2. Cálculo de volumen de sumidero.....	84
4.10. Cálculo del equipo de bombeo de la cámara de desagüe	85
4.10.1. Cálculo del diámetro de tuberías	85
4.10.2. Cálculo de la altura dinámica total (H. D. T.).....	86
4.11. Cálculo de los filtros utilizados	89
CAPÍTULO V RESULTADOS	90
5.1. Resultados del sistema de recolección	90
5.1.1. Diámetro de tuberías	90
5.1.2. Cálculo del volumen de trampa de grasa.....	90
5.1.3. Cálculo del volumen de la cámara de paso	91
5.2. Resultados de la cámara de tratamiento	91
5.2.1. Diámetro de tuberías y equipo de bombeo	91
5.2.2. Sistema de filtros	92
5.3. Resultados del sistema de distribución	92
5.3.1. Diseño del volumen de cisterna de agua tratada	93
5.3.2. Diámetro de tuberías y equipo de bombeo	93
5.4. Resultados del sistema de evacuación	94
5.4.1. Volumen de la cámara de desagüe	94
5.4.2. Diámetro de tuberías y equipo de bombeo	95
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	96
6.1. Contrastación de Hipótesis General	96
6.2. Contrastación de las hipótesis específicas	96
6.2.1. Contrastación de la hipótesis 1	96
6.2.2. Contrastación de la hipótesis 2	96
6.2.3. Contrastación de la hipótesis 3	97
6.2.4. Contrastación de la hipótesis 4	97
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES.....	100
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	101
ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tabla de consumo por distrito en Lima</i>	17
Tabla 2 <i>Cantidad de lavamanos</i>	41
Tabla 3 <i>Cantidad de duchas</i>	42
Tabla 4 <i>Cantidad de lavanderías</i>	42
Tabla 5 <i>Cantidad de lavadoras</i>	43
Tabla 6 <i>Cantidad total de descargas</i>	43
Tabla 7 <i>Distribución de descarga de montantes</i>	45
Tabla 8 <i>Distribución de descarga de montantes</i>	46
Tabla 9 <i>Cantidad total de U. H. de recolección</i>	47
Tabla 10 <i>Cantidad de inodoros</i>	49
Tabla 11 <i>Cantidad total de U. H. para inodoros</i>	55
Tabla 12 <i>Cantidad de U. H. en el tramo F-G</i>	61
Tabla 13 <i>Cantidad de U. H. en el tramo G-H</i>	62
Tabla 14 <i>Cantidad de U. H. en el tramo H-I</i>	63
Tabla 15 <i>Cantidad de U. H. en el tramo I-J</i>	64
Tabla 16 <i>Cantidad de U. H. en el tramo J-K</i>	65
Tabla 17 <i>Cantidad de U. H. en el tramo K-L</i>	66
Tabla 18 <i>Cantidad de U. H. en el tramo L-M</i>	67
Tabla 19 <i>Cantidad de U. H. en el tramo M-N</i>	68
Tabla 20 <i>Cantidad de U. H. en el tramo N-Ñ</i>	69
Tabla 21 <i>Cantidad de U. H. en el tramo Ñ-O</i>	70
Tabla 22 <i>Cantidad de U. H. en el tramo O-P</i>	71
Tabla 23 <i>Cantidad de U. H. en el tramo P-Q</i>	72
Tabla 24 <i>Cantidad de U. H. en el tramo Q-R</i>	73
Tabla 25 <i>Cantidad de U. H. en el tramo R-S</i>	74
Tabla 26 <i>Cantidad de U. H. en el tramo S-T</i>	75
Tabla 27 <i>Cantidad de U. H. en el tramo T-U</i>	76
Tabla 28 <i>Cantidad de U. H. en el tramo U-V</i>	77
Tabla 29 <i>Cantidad de U. H. en el tramo V-W</i>	78
Tabla 30 <i>Cantidad de U. H. en el tramo W-X</i>	79
Tabla 31 <i>Cantidad de U. H. en el tramo B'-C'</i>	80
Tabla 32 <i>Cantidad de U. H. en el tramo C'-D'</i>	81

Tabla 33 <i>Dotación por departamento según número de dormitorios.</i>	82
Tabla 34 <i>Dotación diaria total.</i>	83
Tabla 35 <i>Cantidad total de U. H.</i>	83
Tabla 36 <i>Porcentaje de aguas grises y aguas negras generadas.</i>	84
Tabla 37 <i>Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso privado)</i>	108
Tabla 38 <i>Diámetros de las tuberías de impulsión en función del gasto de bombeo</i>	109
Tabla 39 <i>Gastos probables para la aplicación del método de Hunter</i>	110
Tabla 40 <i>6. Unidades de descarga</i>	111
Tabla 41 <i>6 Número máximo de unidades de descarga que puede ser conectado a los ductos horizontales de desagüe y a las montantes</i>	112
Tabla 42 <i>Encuesta de consumo diario en departamentos</i>	113
Tabla 43 <i>Abaco 1: pérdida de carga por accesorios</i>	117

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Registro de saneamiento en el Perú.....	19
<i>Figura 2.</i> Aguas grises	29
<i>Figura 3.</i> Porcentaje de aguas grises en viviendas.....	29
<i>Figura 4.</i> Estructura de trampa de grasa	30
<i>Figura 5.</i> Estructura de cámara de paso.....	31
<i>Figura 6.</i> Esquemas de filtros multimedia	32
<i>Figura 7.</i> Esquema de bombeo de la cámara de paso a la cisterna de agua tratada.....	51
<i>Figura 8.</i> Esquema de bombeo de la cisterna de agua tratada a la distribución	58
<i>Figura 9.</i> Esquema de bombeo de la cámara de desagüe	86
<i>Figura 10.</i> Ábaco 1: Pérdida de carga en accesorios	118

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia	105
Anexo 2 Tabla 37.....	108
Anexo 3 Tabla 38.....	109
Anexo 4 Tabla 39.....	110
Anexo 5 Tabla 40.....	111
Anexo 6 Tabla 41.....	112
Anexo 7 Tabla 42.....	113
Anexo 8 Ábaco 1.....	117
Anexo 9 Planos ISAG	119
Anexo 10 Planos ISAT.....	130

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo fundamental brindar una alternativa para mejorar la eficiencia del uso de agua en Comas a partir de la reducción del consumo de agua potable de la red pública, y así beneficiar a las demás viviendas aledañas. Con tal objetivo, se usó como población de estudio un edificio multifamiliar proyectado de 20 pisos y se analizó las instalaciones sanitarias de agua y desagüe que conforman la edificación. La metodología desarrollada fue cuantitativa, por ser un proceso secuencial y probatorio y porque proporciona valores medibles. Así también, el diseño de la tesis es no experimental y su tipo de investigación fue descriptivo, pues está enfocada en el reúso del agua residual (aguas grises) para el desarrollo sostenible en edificios multifamiliares en el distrito de Comas. El problema de esta investigación se originó de la situación actual que atraviesa el distrito de Comas a causa de la escasez hídrica. Por ello, el objetivo principal es el diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises que reduzca el consumo de agua potable en función de las normas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones y de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la universidad. Finalmente, se ratificó las hipótesis de solución y se logró diseñar el sistema de tratamiento para el edificio multifamiliar.

Palabras Claves: aguas grises, reutilización, diseño, sistema de tratamiento, reducción, consumo, abastecimiento, caudal, diámetro de tubería, electrobomba.

ABSTRACT

The main objective of this research is to provide an alternative to improve the efficiency of water use in Comas by reducing the consumption of drinking water from the public network, and thus benefit other neighboring homes. To this end, a 20-story projected multifamily building was used as the study population and the water and sewage facilities that make up the building were analyzed. The methodology developed was quantitative, because it is a sequential and probative process and because it provides measurable values. Also, the design of the thesis is non-experimental and its type of research was descriptive, since it is focused on the reuse of wastewater (gray water) for sustainable development in multi-family buildings in the Comas district. The problem of this research originated from the current situation that the district of Comas is going through due to water scarcity. Therefore, the main objective is the design of a gray water treatment system that reduces the consumption of drinking water based on the technical standards of the National Building Regulations and the application of the knowledge acquired at the university. Finally, the solution hypotheses were ratified and the treatment system for the multi-family building was designed.

Keywords: gray water, reuse, design, treatment system, reduction, consumption, supply, flow, pipe diameter, electric pump.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis se elaboró con el fin de brindar una solución al problema de la escasez hídrica —originada por diversos factores, como el excesivo uso del agua potable— en el distrito de Comas. Entre los antecedentes, se pueden encontrar diversas alternativas de solución, pero todas dependen del tipo de edificación (viviendas, comercios e industrias) y del uso para el que han sido destinadas. En tal sentido, como objetivo general, se eligió una solución aplicable a edificios multifamiliares basada en el tratamiento de aguas grises a través de un sistema de recolección, una cámara de tratamiento, un sistema de distribución y un sistema de evacuación.

La implementación de este tratamiento requirió desarrollar cuatro sistemas: de recolección, de tratamiento, de distribución y de evacuación. En función de esto, se plantearon los objetivos específicos de la tesis. Con respecto al primer sistema, los objetivos específicos consisten en calcular los diámetros de la tubería y el volumen de almacenamiento del sistema de recolección. El segundo sistema requirió del cálculo de los diámetros de la tubería, del sistema de filtros y del equipo de bombeo. Por su parte, para el sistema de distribución se necesitaron determinar el volumen de almacenamiento, calcular los diámetros de tubería y del equipo de bombeo. Por último, en el sistema de evacuación se calculó el volumen de desagüe, los diámetros de tubería y el equipo de bombeo.

La hipótesis trabajada plantea que, en un edificio multifamiliar del distrito de Comas, se reducirá el consumo de agua potable gracias a la elaboración del diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises.

En cuanto a las limitaciones de esta investigación, la principal radicó en la dificultad para la recolección física de datos, debido al estado de emergencia sanitaria generado por la pandemia. Sin embargo, dicha limitación se superó con encuestas virtuales.

El alcance de esta tesis se remite a su condición de proyecto de prueba, por lo que, por el momento, solo se podrá realizar en el distrito de Comas, Lima.

Los resultados de esta tesis se han plasmado en seis capítulos. En el primer capítulo, se plantea el problema; en el segundo capítulo, se presenta el marco teórico; en el tercer capítulo, se describe la metodología de investigación; en el cuarto capítulo, se consigna el desarrollo; en el quinto capítulo, se indican los resultados; y, finalmente, en el sexto capítulo, se contrastan dichos resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la situación problemática

Debido a su ubicación geográfica, Lima se encuentra en un valle abastecido por tres ríos (Chillón, Rímac y Lurín) de caudal irregular, por lo que se deduce que el agua es un recurso limitado. Debido a esto, la fuente de abastecimiento de agua potable se recolecta del subsuelo y de lagunas (Marcapomacocha, Yuracmayo y Huascacocha) localizadas entre 4300 y 4450 m s. n. m. que alimentan al río Rímac en épocas de estiaje; es decir, entre mayo y diciembre. Por otro lado, el río Rímac ha perdido casi la tercera parte de su caudal, pues los glaciares han desaparecido por la contaminación y el calentamiento global en los últimos años.

En Lima y Callao, a causa de las sequías y las pérdidas de cuencas de abastecimiento, la distribución del servicio de agua potable es escasa y en ocasiones inexistente, ya sea por problemas de organización, por falta de dicho recurso o por la contaminación. A esto se suma la insuficiente información que la población maneja en cuanto al uso óptimo de este recurso.

El uso ineficiente del agua potable ha sido demostrado por el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal). Según esta empresa estatal, el consumo promedio de agua por peruano es aproximadamente 163 litros de agua por día, pese a que la OMS considera que una persona debería gastar máximo 100 litros diarios (ver la tabla 1). La situación es más clamorosa

cuando se desagregan los datos. Así, por ejemplo, según el Sedapal, en el distrito de San Isidro, el consumo promedio por persona al día es 477 ℓ de agua potable, más del 400 % de lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS). En Miraflores, el promedio es 395,2 ℓ, mientras que, en Barranco, Lince y San Borja, se consume 218,7 ℓ, 240,1 ℓ y 248,1 ℓ, respectivamente. Tales manejos ineficientes, sumados a los efectos de la contaminación, derivan no solo en un déficit (5,3 m³/s) en la distribución del agua, sino en la posibilidad de que se agote este recurso, tal como ha sucedido en la Ciudad del Cabo, Sudáfrica.

Con el fin de lograr la sostenibilidad y preservar este recurso para que las futuras generaciones cubran sin dificultad sus necesidades de alimentación y aseo, el Sedapal ha promovido campañas destinadas a concientizar sobre su uso responsable.

La empresa Sedapal potabiliza el agua del río Rímac en sus plantas de La Atarjea (17,5 m³/s) y de Huachipa, (5 m³/s), mientras que procesa el caudal del Chillón —en la planta del mismo nombre— a razón solo de 2 m³/s, pues este río anualmente pierde volumen por la contaminación. En el año 2019, se implementó una nueva planta desalinizadora, cuya producción esperada es de 0,4 m³/s de agua potable. Dado que la producción conjunta de las plantas es insuficiente, para abastecer a la población, el Sedapal ha debido recurrir a captaciones y reservas producidas por la lluvia.

Tabla 1
Tabla de consumo por distrito en Lima

Consumo de Agua por distritos	
Distrito	Litros por persona al día
San Isidro	447,5
Miraflores	395,2
La Molina	258,6
San Borja	248,1
Lince	240,1
Santiago de Surco	225,3
Jesús María	222,9
Barranco	218,7
Magdalena	216,7
Pueblo Libre	202,8
San Miguel	186,2

Lima	182,5
Surquillo	182,2
San Luis	181,5
Breña	176,1
La Victoria	168,9
Los Olivos	124,6
Rímac	111,7
San Martín de Porres	110,3
Chorrillos	106,4
El Agustino	102,0
Santa Anita	99,2
San Juan de Miraflores	98,4
San Bartolo	90,8
Ate	90,1
Comas	89,9
San Juan de Lurigancho	88,6
Punta Hermosa	87,7
Villa María del Triunfo	78,7
Carabaylo	77,0
Independencia	76,7
Villa el Salvador	75,1
Puente Piedra	73,5
Santa Rosa	65,6
Ancón	64,0
Punta Negra	59,8
Lurín	59,4
Pucusana	48,5
Cieneguilla	40,4
Pachacámac	36,1
Lurigancho	15,2

Fuente: Sedapal, *Consumo de Agua por distritos 2017*

Según el INEI (2018), Lima cuenta con 9 320 000 habitantes, y el 93,9 % de los hogares cuentan con el servicio de agua potable y alcantarillado; es decir, solo queda por suministrar dichos servicios a 568,520 habitantes.

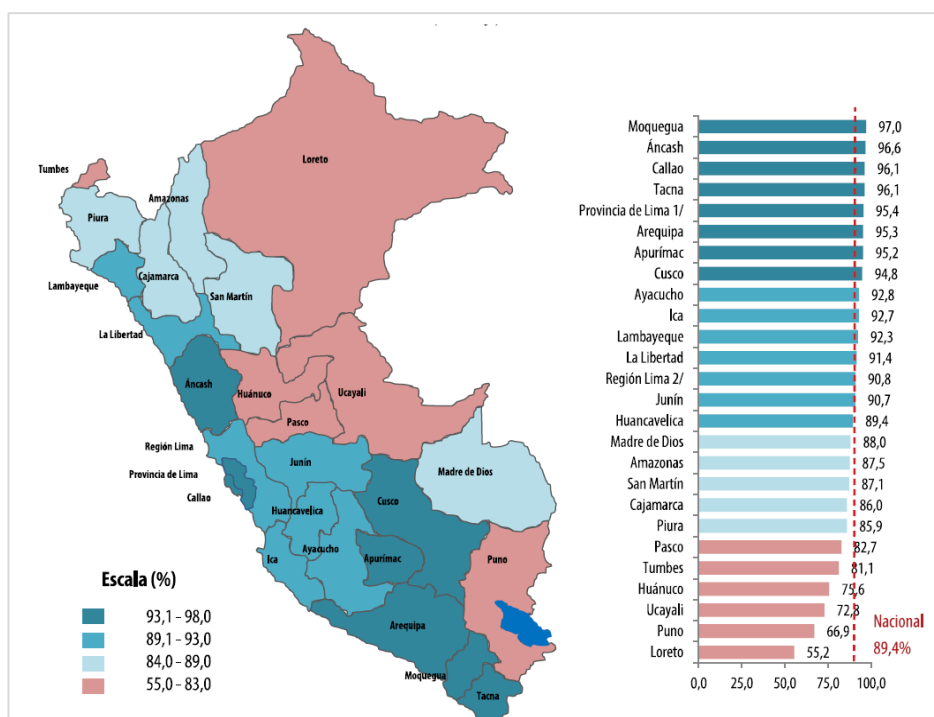


Figura 1.Registro de saneamiento en el Perú.
Fuente: INEI, Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2017.

1.2. Formulación del problema

El principal problema de este estudio consiste en el planteamiento de una alternativa para mejorar la eficiencia del uso del agua en el distrito de Comas a partir de la reutilización de aguas grises. Así también, se pretende que su aplicación en otros distritos logre paliar la escasez de este recurso en la capital y en el Callao.

1.2.1. Problema general

En función del problema indicado, se plantea la pregunta principal que guiará el enfoque de la investigación:

¿El diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises en edificios multifamiliares en el distrito de Comas (Lima) permite la reducción del consumo de agua potable?

1.2.2. Problemas específicos

Del problema general se derivan cuatro problemas específicos, a saber:

- ¿Se puede calcular el diámetro de las tuberías y el volumen de almacenamiento de recolección que permitirán la reducción del consumo diario de agua potable?
- ¿Se puede calcular el diámetro de las tuberías, los sistemas de filtros y el equipo de bombeo de tratamiento que permitirán la reducción del consumo diario de agua potable?
- ¿Se puede diseñar el volumen de almacenamiento, el diámetro de tuberías y el equipo de bombeo de distribución que permitirán la reducción del consumo diario de agua potable?
- ¿Se puede calcular el volumen de desagüe, el diámetro de tuberías y el equipo de bombeo de evacuación que permitirán la reducción del consumo diario de agua potable?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

El objetivo general de la tesis consiste en diseñar un sistema de tratamiento de aguas grises en edificios multifamiliares en el distrito de Comas, Lima, lo que permitirá la reducción del consumo de agua potable.

1.3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son cuatro:

- Calcular el diámetro de las tuberías y el volumen de almacenamiento de recolección para reducir el consumo de agua potable mediante la disminución del volumen de consumo diario.
- Calcular el diámetro de las tuberías, los sistemas de filtros y el equipo de bombeo de tratamiento para reducir el consumo de agua potable mediante la disminución del volumen de consumo diario.
- Diseñar el volumen de almacenamiento, el diámetro de tuberías y el equipo de bombeo de distribución para reducir el consumo de agua potable mediante la disminución del volumen de consumo diario.

- Calcular el volumen de desagüe, el diámetro de tuberías y el equipo de bombeo de evacuación para reducir el consumo de agua potable mediante la disminución del volumen de consumo diario.

1.4. Justificación de la investigación

La realización de este estudio busca solucionar el problema del abastecimiento escaso del agua potable en la capital a partir de la reducción del margen de consumo de este recurso por persona al día. Además, el sistema mejorará la economía de las familias limeñas, pues disminuirá sus gastos en este servicio.

1.4.1. Importancia de la investigación

La presente investigación plantea una alternativa para mejorar el sistema de abastecimiento mermado de la red pública de agua en el distrito de Comas.

1.5. Alcances y limitaciones

Por ser un proyecto de prueba, se realizó solo en el distrito de Comas. Se eligió este distrito porque atraviesa problemas de abastecimiento de agua potable.

El método de recolección de datos para los estudios de aceptación y comportamiento del sistema no se realizó físicamente, sino solo de manera virtual debido al estado de emergencia sanitaria ocasionado por la pandemia.

1.6. Viabilidad de la investigación

1.6.1. Viabilidad técnica

Para realizar la investigación, se contó con la bibliografía y con los cálculos de diseño empleados en las especialidades de instalaciones sanitarias, así también, se utilizó los equipos de nuestro centro de estudios para realizar las pruebas de laboratorio del proceso de purificación.

1.6.2. Viabilidad económica

La presente tesis fue autofinanciada en su totalidad por los mismos autores quienes costearon todos los recursos básicos de gabinete.

1.6.3. Viabilidad social

La aplicación del diseño del sistema de reutilización reducirá la contaminación a la que está expuesta la población limeña, además, no solo aliviará la economía de las familias comeñas, sino que optimizará el sistema de abastecimiento en la red pública de agua potable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Con el fin de reducir el excesivo consumo de agua potable y su consecuente impacto ambiental, el presente estudio utilizó como guía las teorías ya existentes y comprobadas de investigaciones extranjeras y nacionales enfocadas en la reutilización de aguas grises en edificios multifamiliares y unifamiliares. Además, se tomó como referencia diversos recursos como manuales de aplicación de técnicas para el reúso doméstico de agua y la reducción del consumo de agua potable, estudios sociales, económicos y culturales sobre la viabilidad de sistemas alternos para la reducción del consumo de agua potable en viviendas, además de encuestas que calcularon porcentajes de ahorro a partir de la implementación de un sistema de reúso de aguas grises.

2.1.1. Antecedentes internacionales

a) Manual de diseño para manejo de aguas grises (2015)

La guía está destinada a personas sin conocimientos específicos sobre la materia. Su objetivo es enseñar a implementar métodos y técnicas para convertir una casa común en una vivienda sostenible a través del reúso de las aguas grises en el cuidado y el riego de las áreas verdes y el cultivos de consumo humano. En su contenido, detalla paso a paso la forma correcta de

la construcción de diseños básicos y directos, que utilizan materiales simples para conectar tuberías regulares que desembocan en las áreas a ser regadas. También especifica cuáles son los tipos de plantas que se puedan regar, así como su ciclo frecuente de riego.

b) Soto, Wendy (2012)

La tesis recopila datos enfocados en la escasez de agua que afronta la ciudad de Tijuana, México. Su fin fue comprobar qué tan eficiente resulta reutilizar las aguas grises de las viviendas. Así también, relaciona el nivel de conocimiento que la población tiene sobre el sistema, con su porcentaje de aceptación en función de cuatro factores: nivel socioeconómico, nivel de educación, presión ambiental y presión legal.

c) Bermejo, David (2012)

La investigación establece el marco teórico vigente acerca de la reutilización de aguas domésticas, también propone que se aplique un tratamiento interno y sostenible específico para la región de Murcia. Además, aborda factores socioculturales, legislativos, administrativos, económicos y medioambientales implicados en el reúso de aguas grises domésticas con miras a evaluar y comprobar la viabilidad de un sistema de reutilización de estas aguas o de las pluviales para disminuir el consumo de agua potable.

d) Rodríguez, Roberto (2008)

Con el fin de frenar la contaminación y el consumo de agua potable, en este seminario para un curso de ingeniería ambiental, se demuestra la importancia y los beneficios de la reutilización de las aguas grises en las viviendas o cultivos. Por otra parte, se propone tratamientos domésticos de aguas servidas como métodos para reusar aguas residuales.

e) Sancha, Ana & Ahumada, Gerardo (2007)

Esta tesis propone paliar la falta de agua en la ciudad de Santiago de Chile con el diseño de un sistema de tratamiento para reutilizar las aguas grises domésticas para los usos del hotel Plaza Sol del Loa (abastecimiento y

riego de áreas verdes) a través de un sistema de bombeo con tuberías, filtros básicos y coagulantes químicos. Además, consigna un apartado destinado a la implementación del diseño en viviendas mediante un sistema adicional y con un bombeo más específico.

2.1.2. Antecedentes nacionales

a) Valencia, Frank (2019)

La tesis propone solucionar el incremento del uso del agua, y el consecuente gasto público, en una institución educativa de la provincia de Arequipa. Para ello, plantea un sistema de recolección de aguas residuales basado en los criterios de la Guía Técnica Española de recomendaciones para el Reciclaje de Aguas Grises en Edificios.

b) Paria, Pedro (2018)

Esta tesis analiza, mediante una encuesta, la cantidad de aguas grises que se podría reutilizar en una vivienda unifamiliar con el objetivo de diseñar una estructura que permita esta reutilización. De tal forma, afirma, se podría mitigar la insuficiencia hídrica en el distrito de Independencia.

c) Cubas, Brigitte (2018)

La tesis demuestra la eficiencia de ahorro del consumo de agua potable en el condominio Bella Aurora (Nuevo Chimbote) a través de la reutilización de aguas residuales domésticas. La investigación no experimental recopiló y procesó datos de forma manual.

d) Loza, Paolo (2017)

El estudio se llevó a cabo en una multifamiliar de doce pisos, en la ciudad de Tacna. La tesis propone una forma de recolección y tratamiento de las aguas grises producidas en las viviendas. Su objetivo fue reducir gastos de los pobladores, ayudar a frenar el impacto ambiental y cuidar los recursos hídricos.

e) Arce, Luis (2013)

El trabajo plantea alternativas sostenibles y viables para la reducción del consumo de agua potable en el Perú como respuesta a las deficiencias en cuanto al saneamiento básico. Su fin es elevar la calidad de vida de los habitantes de urbanizaciones sostenibles.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Plantas de tratamientos de aguas residuales

Según el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM), el tratamiento de aguas residuales tiene como principal objetivo la desinfección y la eliminación de contaminantes, a partir de una serie de procesos físicos y químicos, con fines de uso doméstico o de riego.

Las plantas de tratamiento, en su mayoría, se enfocan en la purificación y limpieza de las aguas residuales gracias a distintos procesos que separan residuos y sólidos. Sin embargo, aunque las purifican en gran porcentaje, el ciclo de purificación queda en manos de la propia naturaleza, pues es ella la que oxigena el agua.

2.2.1.1. Tipos de tratamientos existentes en nuestro país

Las plantas de tratamiento están destinadas recuperar el agua, mediante procesos físicos, químicos y biológicos, en función de la calidad del agua que uno desea obtener, pues los estándares de calidad son variados.

El Fonam indica que el tratamiento de aguas residuales involucra diversas etapas o procesos, cuyas características diferenciales contribuyen al nivel de purificación. La etapa de la autodepuración consiste en la descomposición de los desechos a través de la metabolización: algas y microorganismos absorben las sustancias orgánicas (Metcalf y Eddy, 1995) y las transforman en dióxido de carbono, nitrógeno, etc. Luego de este proceso, se requiere otro destinado a la eliminación de patógenos o bacterias que atentan contra la salud de las personas. La eliminación se realiza en fases que cumplen con los estándares exigidos.

A continuación, se describe cada uno de los procesos que ocurren en una planta peruana de tratamiento de aguas residuales para uso doméstico: pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. Finalmente, se describe el tratamiento terciario, que no siempre es aplicado en nuestro país.

a. Pretratamiento

Es el proceso inicial empleado para separar elementos orgánicos y reducir las partículas sólidas que afectan los procesos físicos y biológicos. Se realiza mediante la descomposición de los sedimentos, de modo que su cantidad y tamaño no interfieran en los siguientes procesos. Los procedimientos que se llevan a cabo en esta etapa son los siguientes:

- Desbaste. Consiste en usar rejillas para separar partículas o materiales de tamaño considerable. Su método y el tamaño de las rejillas dependen del tipo de tratamiento que se desea lograr.
- Tamizado. Este proceso es similar al primero, pero se ejecuta con mayor eficiencia en cuanto a la segregación de partículas.
- Desarenador. Su objetivo es eliminar restos de arenisca o elementos similares en tamaño y componentes. En este proceso se consigue separar y desechar casi un 90 % de partículas, con lo cual se asegura que los aparatos mecánicos de bombeo no sufran daños en los demás procesos de purificación.
- Desaceitado y desengrasador. Para mejorar el estado y calidad del agua, en este proceso, las grasas, los aceites y los materiales flotantes ligeros son eliminados por medio de la insuflación de aire.

b. Tratamiento primario

Una vez que el agua ya está libre de elementos sólidos de mayor tamaño, el tratamiento primario termina la eliminación de componentes orgánicos e inorgánicos todavía existentes en el agua tratada. Gracias a esto, se logra disminuir las cargas que se tratarán biológicamente en las demás etapas. Los procesos que involucran el tratamiento primario son dos:

Sedimentación. Elimina los sólidos restantes con peso específico mayor que el agua las cuales por medio de la sedimentación. Los sólidos con menor peso que el agua quedarán flotando.

Coagulación y floculación. Retira los sólidos que, por tener menor peso específico que el agua, flotan aún en ella. Luego de su separación, se elimina un alto porcentaje de las partículas existentes en las aguas grises recolectadas.

c. Tratamiento secundario

En la mayor parte de esta etapa, se utilizan procesos biológicos para eliminar toda clase de contaminante residual en el agua. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006), la eficiencia en la remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) soluble de este tratamiento asciende al 80 %.

d. Tratamiento terciario

Esta etapa revela la calidad del agua por la evaluación de su estado, color, olor y sus componentes químicos. Por la evaluación de estos factores se determina las condiciones y usos que se le puede dar al resultado final. De esta manera se garantiza la seguridad y el bienestar no solo de la salud humana, sino de la comunidad.

2.2.2. Aguas grises

A continuación, se muestra un cuerpo de conocimientos útiles para realizar el diseño del sistema propuesto en este estudio.

Las aguas residuales provienen de los desagües domésticos, y son de dos tipos: aguas negras y aguas grises. Las aguas negras son las más contaminadas, a diferencia de las aguas grises. Las aguas grises provienen de lavadoras, duchas y lavatorios (Allen, 2015, p. 2). Dado que tuvieron un uso ligero, con pocos contaminantes y residuos orgánicos, pueden reutilizarse en cultivos para el consumo humano o para el uso doméstico después de un tratamiento sencillo. Incluso, en el caso de que se destinen al riego de áreas

verdes, pueden reutilizarse sin ningún tratamiento. El tratamiento de las aguas grises puede significar una reducción significativa (hasta 50 litros por persona al día) en el consumo diario doméstico.



Figura 2. Aguas grises

Fuente: iagua, www.iagua.es/blogs/cristina-asenjo-lopez/tratamiento-aguas-grises

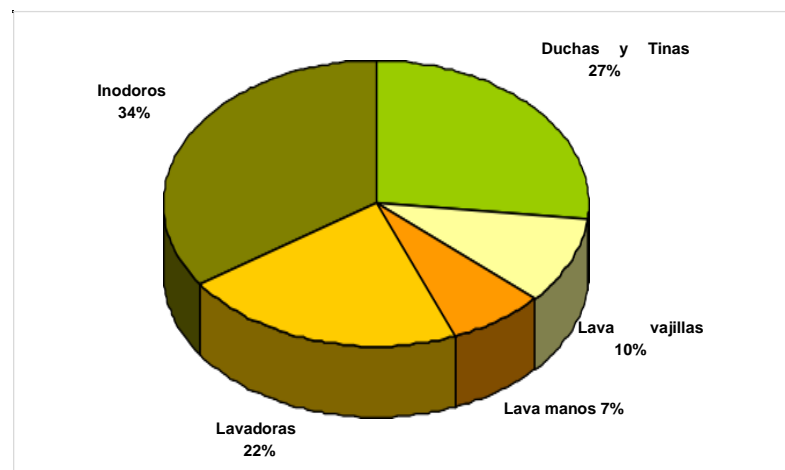


Figura 3. Porcentaje de aguas grises en viviendas

Fuente: Sancha, A. & Ahumada, G. (2007), tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación en Chile.

2.2.3. Componentes de tratamiento de aguas grises

Existe una gran variedad de sistemas de tratamiento para recuperar aguas grises. Así, pueden ser químicos (coagulación y floculación), físicos (goteo y trasvase), biológicos (lodos activados, filtros biológicos aireados y humedales) y de antisepsia (cloración, ozonificación y radiación UV). Los componentes que comprenden esta investigación siguen la línea de los utilizados en la tesis *Instalaciones sanitarias en el Hotel Ibis Reducto de Miraflores* (Padilla, 2015).

2.2.3.1. Trampa de grasa

Según el RNE IS 020, antes de la instalación de cualquier sistema de depuración biológico, se recomienda la eliminación de aceites y grasas, ya que estos dificultan los procesos de purificación y la degradación de la materia orgánica.

Eliminar las grasas resulta vital en bares, restaurante, hoteles e industrias, pues evitan la contaminación o —en el caso de la purificación de aguas servidas—ayudan en la limpieza.

La cámara de la figura 4 facilita el desecho de residuos que contengan aceites y grasas de origen animal y vegetal.

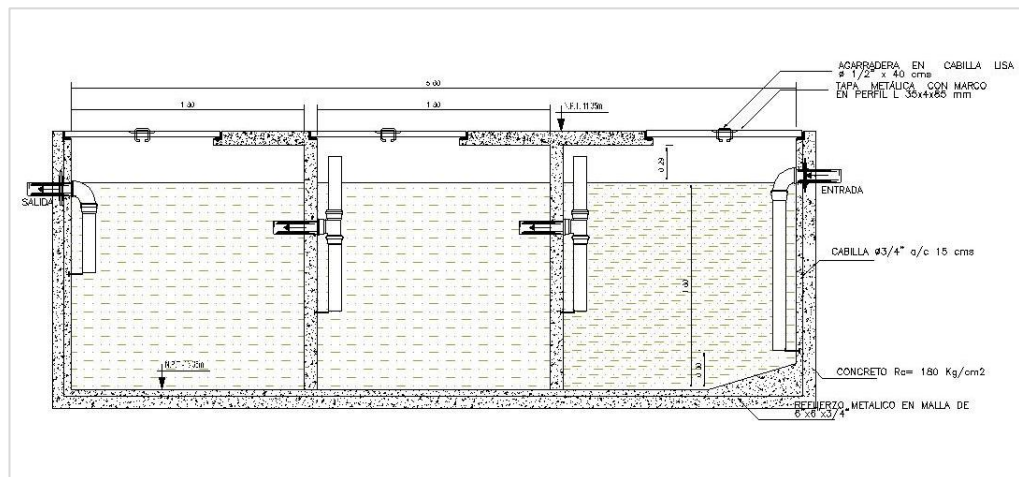


Figura 4. Estructura de trampa de grasa
Fuente: Elaborado por los autores.

2.2.4. Cámara de paso o inspección

Según el Sedapal, para el buen funcionamiento de un sistema de desagüe o de recolección, es muy importante el mantenimiento y la inspección que prevengan posibles inconvenientes.

La cámara de paso es una caja de concreto armado con aperturas para empalmar con las tuberías encargadas del transporte de residuos que, a su vez, se conectan con tuberías de PVC o de cemento. Su propósito es facilitar el mantenimiento o inspeccionar alguna falla ocasionada por obstrucciones en la tubería.

Tiempo atrás, en algunas viviendas no se exigía su instalación; sin embargo, esto ha cambiado. Por otra parte, en toda planta de tratamiento es vital para impedir obstrucciones en las tuberías de desagüe.

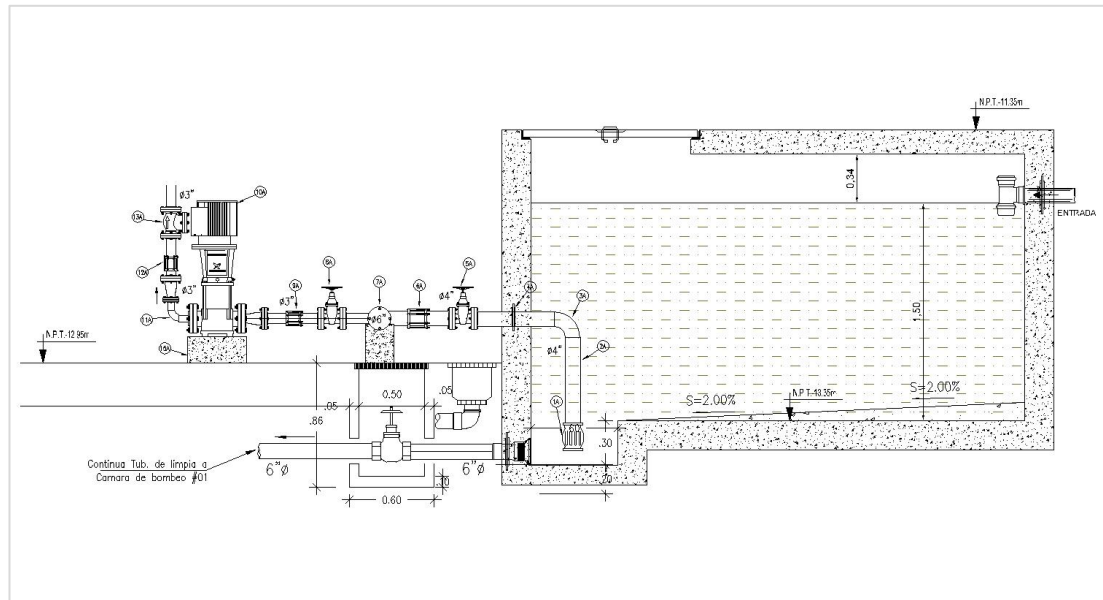


Figura 5. Estructura de cámara de paso
Fuente: Elaborado por los autores.

2.2.5. Filtros

El carbón activado, o carbón activo, está conformado por una cadena de átomos de carbono e hidrogeno. Puesto que es poroso y los residuos o compuestos sólidos o sedimentos se pegan a sus paredes, se utiliza en la purificación o tratamiento de gases o líquidos. Es tan efectivo que se ha erigido como el purificante más utilizado por el ser humano.

Cuando se utiliza en el tratamiento de aguas, consigue retener plaguicidas, grasas, aceites, detergentes, toxinas, compuestos que producen la descomposición de organismos (Almeida & Noboa, 2008).

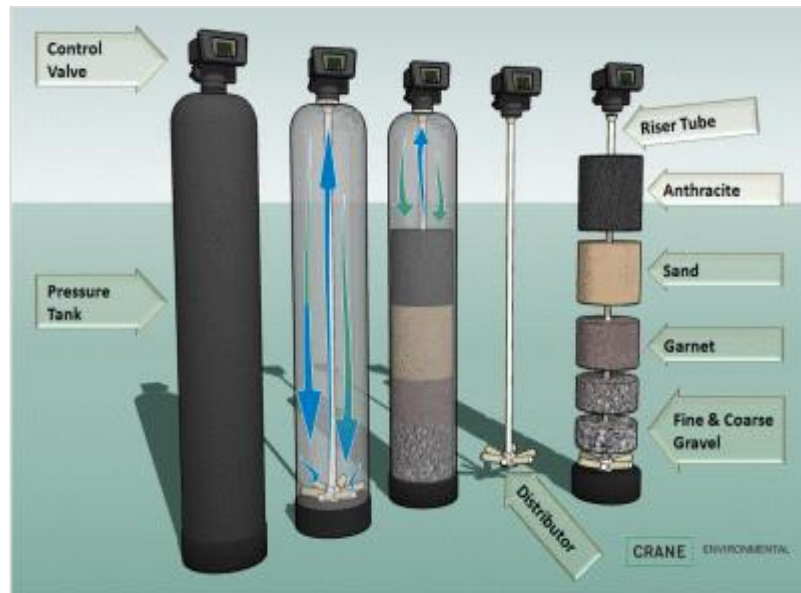


Figura 6. Esquemas de filtros multimedia
Fuente: Empresa distribuidora Pinterest

2.2.6. Estudio hidrológico

La hidrología es la disciplina científica dedicada al estudio de las aguas de la Tierra. Su estudio abarca la presencia, distribución y circulación a través del ciclo hidrológico, así como las interacciones con los seres vivos. También trata de las propiedades químicas y físicas del agua en todas sus fases.

El estudio hidrológico será determinante para este trabajo en cuanto al desarrollo del prototipo, su estudio y su funcionamiento. Los métodos de Hazen y Williams serán aplicados para determinar la calidad de agua y estructura, como lo indica el RNE.

2.2.7. Estudio de población

El estudio de población se enfoca en un grupo de habitantes de una localidad que comparte características como sexo, edad, economía o estado de salud. Su principal objetivo es conocer información que servirá al investigador. En esta investigación se aplicará las técnicas de muestreo probabilístico y muestreo no probabilístico.

2.3. Definición de términos básicos

a) Presión

La presión es una magnitud física escalar que muestra, con trayectorias perpendiculares, cuánta fuerza se aplica en una determinada línea. Según el sistema internacional de unidades, la presión se mide en pascal (Pa), que es equivalente a un newton (N).

En la línea de lo planteado por Reynolds, la presión en las tuberías se presenta con dos tipos de flujos: laminar y turbulento.

b) Residuo

Un residuo es la descomposición o la destrucción que resulta del uso o aprovechamiento de un material.

c) Diseño

El diseño es un proceso a través del cual se desarrolla un prototipo, estructura o esquema que el autor desea proponer o estudiar con una finalidad específica, que generalmente consiste en brindar ciertas características y beneficios a sus usuarios. En la actualidad, es muy usado en la arquitectura.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises en edificios multifamiliares en el distrito de Comas (Lima) permitirá la reducción del consumo de agua potable.

2.4.2. Hipótesis específicas

- El cálculo de los diámetros de tuberías y el volumen de almacenamiento de recolección permitirá reducir del consumo de agua potable mediante la disminución del volumen de consumo diario.
- El cálculo de los diámetros de tuberías, sistema de filtros y equipo de bombeo de tratamiento permitirá reducir del consumo de agua potable mediante la disminución del volumen de consumo diario, al formar parte de la cámara de tratamiento.

- El diseño del volumen de almacenamiento, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de distribución permitirá reducir del consumo de agua potable mediante la disminución del volumen de consumo diario.
- El cálculo del volumen de desagüe, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de evacuación permitirá reducir del consumo de agua potable mediante la disminución del volumen de consumo diario.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El diseño metodológico empleado en la siguiente investigación se basa en las necesidades de su enfoque, su alcance y su diseño.

3.1.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, pues es un proceso secuencial y probatorio que intenta cuantificar en valores contables y medibles las variables. Con el fin de aplicarlos en el diseño del nuevo sistema propuesto, se utilizaron conocimientos de cálculo hidrológico y estadística.

3.1.2. Alcance de la investigación

El estudio de esta investigación presenta un alcance descriptivo, porque está encaminada a reusar el agua residual (aguas grises) para el desarrollo sostenible en edificios multifamiliares en el distrito de Comas, de manera que logre paliar la escasez del recurso hídrico y consiga proteger el medio ambiente.

3.1.3. Diseño de la investigación

El diseño es no experimental. Se proyecta en el distrito de Comas con miras a mejorar el sistema de abastecimiento de la red de agua potable, a

reducir la contaminación de los mares causada por los desechos de los desagües, y a contribuir con la economía de los ciudadanos de la capital.

Tiene como base fundamental la reducción del consumo de agua y los desechos producidos por el sistema de saneamiento en los hogares de Comas.

Con las muestras experimentales, se propone estudiar los caudales encontrados en las viviendas para garantizar el buen funcionamiento del sistema; además, se propone estudiar los diseños para asegurar instalaciones adecuadas dentro de viviendas construidas y por construir. La investigación recurrió a herramientas digitales (Google forms) y a programas (AutoCAD y Excel).

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente

La variable independiente es “el diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises”.

Definición conceptual

Es una propuesta o prototipo compuesto por un sistema de recolección, una cámara de tratamiento, un sistema de distribución y un sistema de evacuación enfocados al tratamiento de aguas residuales producidas en un edificio multifamiliar.

Definición operacional

Será medida a través de normas sanitarias encontradas en el RNE IS 010.

3.2.2. Variable dependiente

La variable dependiente es la “reducción del consumo de agua potable” en la red pública existente.

Definición conceptual

Es una acción que busca el ahorro del caudal de agua potable enfocada a la red pública.

Definición operacional

Será medida por una encuesta que definirá el consumo de agua en inodoros. Con el resultado, se calculará el ahorro en el volumen de agua potable.

3.2.3. Título de la investigación

Diseño de un sistema de tratamiento de agua grises en edificios multifamiliares en el distrito de Comas - Lima para la reducción del consumo de agua potable

3.2.4. Matriz de operacionalización de las variables

A continuación, se presenta la matriz de consistencia de la presente investigación:

	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variable Independiente		Sistema de recolección	Diámetros de tuberías y volumen de almacenamiento de recolección.
	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises	Cámara de tratamiento	Diámetros de tuberías, sistema de filtros y equipo de bombeo de tratamiento.
		Sistema de distribución	Volumen de almacenamiento, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de distribución.
		Sistema de evacuación	Volumen de desagüe, diámetro de tuberías y equipo de bombeo
Variable Dependiente	Reducción del consumo de agua potable	Ahorro del caudal de agua potable	Reducción de volumen de consumo diario de agua potable

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

El estudio se realizó en el distrito de Comas, debido a que el incremento de la población ha requerido de nuevos proyectos multifamiliares de viviendas y el consecuente aumento del consumo de agua en este distrito. Se tomará como población a todo un edificio multifamiliar de 20 pisos, cuya capacidad es de 700 habitantes.

3.3.2. Muestra

La muestra, centrada en el distrito de Comas, se obtuvo mediante encuestas a los residentes de varios edificios multifamiliares. Además, se realizó la evaluación de muestra de población tipo finita.

Ya que se conoce la cantidad global de habitantes, la fórmula es la siguiente:

$$n = \frac{N * z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde

- n Tamaño de muestra buscado
- N Tamaño de la población o universo
- Z_{α} Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza
- e Error estimación máximo aceptado
- p, q Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

Para

Nivel de confianza	Z_{α}
99,70%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
68%	1,088
50%	0,674

Por lo tanto

$$\begin{aligned} N &= 700 \\ Z &= 68\% = 1,088 \\ e &= \pm 5\% \\ p &= 50 \\ q &= 50 \end{aligned}$$

Luego de aplicar la fórmula finita de muestra, la estimación es la siguiente:

$$n = 102 \text{ personas}$$

3.4. Técnicas para el procesamiento de datos

Debido a que Lima se ubica en una zona árida y su población ha aumentado en las zonas más accidentadas, resulta difícil distribuir y abastecer de agua potable a través de la red pública. A estos problemas se suma el incremento de la contaminación de las cuencas que alimentan a la población.

La técnica de recolección de datos consistió en una encuesta aplicada en la zona de estudio y proyección. Sin embargo, debido al estado de emergencia sanitaria causada la pandemia, se optó por realizar la encuesta de manera virtual, mediante la herramienta Google Forms.

Los resultados sirvieron para desarrollar el diseño y los cálculos exactos que determinaron todo el sistema, para usar determinadas teorías hidráulicas y de abastecimiento, y para diseñar el mecanismo y la red de distribución.

CAPÍTULO IV DESARROLLO

4.1. Generalidades

Se realizó el diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises para una vivienda multifamiliar de veinte pisos, con ocho departamentos por cada piso. En cada piso hay dos tipos de departamentos: cinco de tipo A (constan de dos dormitorios, una cocina, un lavadero de ropa, una lavandería, un baño principal y un baño secundario) y tres departamentos tipo B (constan de tres dormitorios, una cocina, un lavadero de ropa, una lavandería, un baño principal, un baño secundario y un baño de servicio). La excepción se encuentra en el primer piso, que solo alberga cuatro departamentos tipo A.

Solo los desagües provenientes de duchas, lavamanos, lavandería y lavadoras (aguas grises) fueron tratados para su reutilización en el abastecimiento de inodoros. Con este objetivo, se instaló una red de recolección de aguas grises independiente a la red de desagüe.

El sistema de tratamiento contó con una trampa de grasas, una cámara de paso, tres bombas de recirculación, dos filtros de carbono, dos filtros multimedia, una cisterna de almacenamiento y tres bombas de distribución. Además, se diseñó una cámara de desagüe con tres bombas para el rebose de aguas grises y agua tratada.

Esta investigación consiste en calcular el diámetro de tuberías, los volúmenes de almacenamiento y la potencia de las bombas que se implementarán en el diseño.

4.2. Cálculo del caudal máximo de llegada

Se colocaron los montantes de aguas grises en los ductos ya existentes de montantes de desagüe. Se calculó el total de aparatos sanitarios que abastecerán el sistema, tal como se observa en las siguientes tablas:

Tabla 2
Cantidad de lavamanos

Piso	Dep. tipo A	N.º dep.	Dep. tipo B	N.º dep.	Lavatorio
1	2	4	2	0	8
2	2	5	2	3	16
3	2	5	2	3	16
4	2	5	2	3	16
5	2	5	2	3	16
6	2	5	2	3	16
7	2	5	2	3	16
8	2	5	2	3	16
9	2	5	2	3	16
10	2	5	2	3	16
11	2	5	2	3	16
12	2	5	2	3	16
13	2	5	2	3	16
14	2	5	2	3	16
15	2	5	2	3	16
16	2	5	2	3	16
17	2	5	2	3	16
18	2	5	2	3	16
19	2	5	2	3	16
20	2	5	2	3	16
TOTAL					312

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 3
Cantidad de duchas

Piso	Dep. tipo A	N.º dep.	Dep. tipo B	N.º dep.	Ducha
1	2	4	2	0	8
2	2	5	3	3	19
3	2	5	3	3	19
4	2	5	3	3	19
5	2	5	3	3	19
6	2	5	3	3	19
7	2	5	3	3	19
8	2	5	3	3	19
9	2	5	3	3	19
10	2	5	3	3	19
11	2	5	3	3	19
12	2	5	3	3	19
13	2	5	3	3	19
14	2	5	3	3	19
15	2	5	3	3	19
16	2	5	3	3	19
17	2	5	3	3	19
18	2	5	3	3	19
19	2	5	3	3	19
20	2	5	3	3	19
TOTAL					369

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4
Cantidad de lavanderías

Piso	Dep. tipo A	N.º dep.	Dep. tipo B	N.º dep.	Lavandería
1	1	4	1	0	4
2	1	5	1	3	8
3	1	5	1	3	8
4	1	5	1	3	8
5	1	5	1	3	8
6	1	5	1	3	8
7	1	5	1	3	8
8	1	5	1	3	8
9	1	5	1	3	8
10	1	5	1	3	8
11	1	5	1	3	8
12	1	5	1	3	8
13	1	5	1	3	8
14	1	5	1	3	8
15	1	5	1	3	8
16	1	5	1	3	8
17	1	5	1	3	8
18	1	5	1	3	8
19	1	5	1	3	8
20	1	5	1	3	8
TOTAL					156

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 5
Cantidad de lavadoras

Piso	Dep. tipo A	N.º dep.	Dep. tipo B	N.º dep.	Lavadora
1	1	4	1	0	4
2	1	5	1	3	8
3	1	5	1	3	8
4	1	5	1	3	8
5	1	5	1	3	8
6	1	5	1	3	8
7	1	5	1	3	8
8	1	5	1	3	8
9	1	5	1	3	8
10	1	5	1	3	8
11	1	5	1	3	8
12	1	5	1	3	8
13	1	5	1	3	8
14	1	5	1	3	8
15	1	5	1	3	8
16	1	5	1	3	8
17	1	5	1	3	8
18	1	5	1	3	8
19	1	5	1	3	8
20	1	5	1	3	8
TOTAL					156

Fuente: Elaborado por los autores

A partir del RNE IS 010 (anexo 6), se calculó el número total de unidades de descarga (U. D.), como se observa en la tabla 6:

Tabla 6
Cantidad total de descargas

Nivel	Aparato sanitario	Cantidad	U.D.	Sub total U. D.
1.º Piso	Lavatorio	8	2	16
	Ducha	8	2	16
	Lavandería	4	2	8
	Lavadora	4	2	8
2.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
3.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
4.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
5.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
6.º Piso	Lavatorio	16	2	32

	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
7.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
8.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
9.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
10.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
11.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
12.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
13.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
14.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
15.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
16.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
17.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
18.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16

19.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
20.º Piso	Lavatorio	16	2	32
	Ducha	19	2	38
	Lavandería	8	2	16
	Lavadora	8	2	16
			Total U. D.	1986

Fuente: Elaborado por los autores

Puesto que la U. D. es 2 para lavatorios, duchas, lavanderías y lavadoras, el número total de U. D. es 1986.

Luego de calcular las U. D., se calculó las U. D. por montante —a partir de la suma de las descargas desde el nivel más alto hasta el nivel más bajo— para determinar el diámetro de tubería, como se observa en la tabla 7.

En la tabla 7, el número total de descargas en esta distribución es 1938 U. D. Dado que el cálculo de la tabla 7 fue 1986 U. D., la diferencia es de 48 U. D. Esta diferencia se debe a que las descargas serán enviadas directamente a la recolección sin necesidad de desembocar en la montantes. Con la ayuda del anexo 8 del RNE IS 010 para las montantes mayores a 60 U. D., pero menores de 500 U. D., se determinó que corresponde un diámetro de 4". Por lo tanto, para todas las montantes, el diámetro de tubería será 4".

Las montantes se conducen por colectores de 2", 4" y 6" que recolectan las descargas del primer piso y son derivadas por tres montantes principales al cuarto de máquinas, según la tabla 8. Como las descargas son mayores de 500 U. D., pero menores de 1900 U. D., corresponde un diámetro de 6" para las montantes principales.

Tabla 7
Distribución de descarga de montantes

Nivel	Montante			Total
	N.º 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14	N.º 3, 4, 5, 6, 7	N.º 8, 9, 15, 16	
20.º Piso al 2.º Piso	912	532	494	1938
1º Piso	10	24	14	48
UH	922	556	508	1986

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 8

Distribución de descarga de montantes

Nivel	Montante																Total
	N.º 1	N.º 2	N.º 3	N.º 4	N.º 5	N.º 6	N.º 7	N.º 8	N.º 9	N.º 10	N.º 11	N.º 12	N.º 13	N.º 14	N.º 15	N.º 16	
20° Piso	8	8	4	4	8	8	4	6	8	8	4	4	8	8	6	6	102
19° Piso	16	16	8	8	16	16	8	12	16	16	8	8	16	16	12	12	204
18° Piso	24	24	12	12	24	24	12	18	24	24	12	12	24	24	18	18	306
17° Piso	32	32	16	16	32	32	16	24	32	32	16	16	32	32	24	24	408
16° Piso	40	40	20	20	40	40	20	30	40	40	20	20	40	40	30	30	510
15° Piso	48	48	24	24	48	48	24	36	48	48	24	24	48	48	36	36	612
14° Piso	56	56	28	28	56	56	28	42	56	56	28	28	56	56	42	42	714
13° Piso	64	64	32	32	64	64	32	48	64	64	32	32	64	64	48	48	816
12° Piso	72	72	36	36	72	72	36	54	72	72	36	36	72	72	54	54	918
11° Piso	80	80	40	40	80	80	40	60	80	80	40	40	80	80	60	60	1020
10° Piso	88	88	44	44	88	88	44	66	88	88	44	44	88	88	66	66	1122
9° Piso	96	96	48	48	96	96	48	72	96	96	48	48	96	96	72	72	1224
8° Piso	104	104	52	52	104	104	52	78	104	104	52	52	104	104	78	78	1326
7° Piso	112	112	56	56	112	112	56	84	112	112	56	56	112	112	84	84	1428
6° Piso	120	120	60	60	120	120	60	90	120	120	60	60	120	120	90	90	1530
5° Piso	128	128	64	64	128	128	64	96	128	128	64	64	128	128	96	96	1632
4° Piso	136	136	68	68	136	136	68	102	136	136	68	68	136	136	102	102	1734
3° Piso	144	144	72	72	144	144	72	108	144	144	72	72	144	144	108	108	1836
2° Piso	152	152	76	76	152	152	76	114	152	152	76	76	152	152	114	114	1938
UH	152	152	76	76	152	152	76	114	152	152	76	76	152	152	114	114	1938

Fuente: Elaborado por los autores

Para calcular el caudal de llegada, se empleó el método de Hunter. Luego de hallar la cantidad total de aparatos sanitarios, se asignó las unidades Hunter (U. H.) de gasto de cada uno en función del anexo 2 del RNE IS 010, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 9

Cantidad total de U. H. de recolección

Aparato sanitario	Total de aparatos	U. G.	U. H.
Lavatorio	312	1	312
Ducha	369	2	738
Lavandería	156	3	468
Lavadora	156	3	468
Total N.º de U. H.			1986

Fuente: Elaborado por los autores

El número de U. H. es 1986; sin embargo, esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que debe ser interpolado.

N.º de unidades	Gasto probable	
1900	11,71	ℓ/s
1986	12,08	ℓ/s
2000	12,14	ℓ/s

Por tanto, para 1986 U. H., el gasto probable que llegarán a la trampa de grasa es 12,08 ℓ/s.

4.3. Cálculo del volumen de trampa de grasa

Las características de las aguas grises provenientes de las duchas, lavatorios, lavanderías y lavadoras varían en cada edificación. Con el fin de calcular el volumen de la trampa de grasa, se consideró las especificaciones técnicas de la edificación, por lo que se determinó un tiempo de operación de 8 h/d y un período de limpieza de 7 días.

Caudal de llegada (Q)	12,08	ℓ/s
Concentración de grasa (Cgr)	100	mg/ℓ
Concentración de sólidos sedimentarios (Cs)	8	ml/ℓ/h
Período de retención (Tr)	180	s
Tiempo de operación (To)	8	h/d
Período de limpieza (TI)	7	d
Densidad de grasa (Dgr)	0,5	gr/cm ³

- Volumen de líquido (Vliq) = Q x Tr
 - Vliq = 12,08 ℓ/s x 180 s = **2,174 ℓ**
- Masa de grasas (Mgr) = Cgr x Q x To x TI
 - Mgr = 100 mg/ℓ x 12,08 ℓ/s x 8 h/d x 7 d = **243,53 kg**
- Volumen de grasas (Vgr) = Mgr / Dgr
 - Vgr = 243,53 kg / 0,5 kg/ℓ = **487 ℓ**
- Volumen de sólidos (Vs) = Cs x Q x To x TI
 - Vs = 8,00 ml/ℓ/h x 12,08 ℓ/s x 8 h/d x 7 d = **19,482 ℓ**
- Volumen de trampa de grasa (V.T.G.) = Vliq + Vgr + Vs
 - V.T.G. = 2,174 ℓ + 487 ℓ + 19,482 ℓ = **22,144 ℓ**

Así, el volumen de la trampa de grasa es 22,15 m³, por lo que se consideró un volumen de 23,00 m³. En consecuencia, para el diseño, las dimensiones de la trampa de grasa en función de una relación 2:1 de ancho y largo son

Ancho: **5,40 m**
 Largo: **2,70 m**
 Alto: **1,60 m**

4.4. Cálculo del volumen de la cámara de paso

La cámara de paso sirve como respaldo del abastecimiento para el agua proveniente de la trampa de grasa. Se propuso un tiempo de retención para la cámara de paso de 20 minutos.

Caudal de llegada (Q)	12,08	ℓ/s
Período de retención (Tr)	1200	s

Volumen de cámara de paso (V. C. P.) = Q x Tr
 V.C.P. = 12,08 ℓ/s x 1200 s = 14,496 ℓ = **15,000 ℓ**

De esta manera, el volumen de la cisterna deberá ser 15,00 m³. En consecuencia, las dimensiones de la cámara de paso son

Ancho: **3,40 m**
 Largo: **3,00 m**
 Alto: **1,50 m**

4.5. Cálculo del volumen de cisterna de agua tratada

El agua purificada por tratamiento solo alimentará a los inodoros, por lo que se calculó el número de inodoros (tabla 10). Así, se consideró una dotación diaria para inodoros de 84 ℓ/d (anexo 9). Otra consideración para el diseño fue el RNE IS 010, según el cual, “cuando no exista tanque elevado, la capacidad de la cisterna debe ser, como mínimo, la dotación diaria”. De esta manera, se estableció el tiempo de retención en un día.

Tabla 10 *Cantidad de inodoros*

Piso	Dep. tipo A	N.º dep.	Dep. tipo B	N.º dep.	Inodoro
1	2	4	3	0	8
2	2	5	3	3	19
3	2	5	3	3	19
4	2	5	3	3	19
5	2	5	3	3	19
6	2	5	3	3	19
7	2	5	3	3	19
8	2	5	3	3	19
9	2	5	3	3	19
10	2	5	3	3	19
11	2	5	3	3	19
12	2	5	3	3	19
13	2	5	3	3	19
14	2	5	3	3	19
15	2	5	3	3	19
16	2	5	3	3	19
17	2	5	3	3	19
18	2	5	3	3	19
19	2	5	3	3	19
20	2	5	3	3	19
TOTAL					369

Fuente: Elaborado por los autores

	84	ℓ/d
Factor de seguridad (Fs)	30	%
Cantidad de inodoros (qi)	369	unids.
Tiempo de retención (Tr)	1	d

$$\text{Volumen cisterna de agua tratada (V.C.A.T.)} = Q \times q_i \times Tr \times Fs$$

$$V. C. A. T = 84 \text{ ℓ/d} \times 1,3 \times 369 \text{ unids.} \times 1 \text{ d} = 40,295 \text{ ℓ} = \mathbf{40,30 \text{ m}^3}$$

Por tanto, el volumen de la cisterna es 40,30 m³, por lo que se consideró un volumen de 41,60 m³. En consecuencia, las dimensiones de la cisterna son

Ancho:	5,20 m
Largo:	5,00 m
Alto:	1,60 m

4.6. Cálculo del equipo de bombeo de la cámara de paso a la cisterna de agua tratada

Para calcular el equipo de bombeo, debido que no se cuenta con tanque elevado, se asumió un tiempo de bombeo de 24 horas. Así, se proyectó dos bombas de funcionamiento alternado, además de una que operará en *stand by*, en caso de que alguna de las anteriores presente imperfecciones. Además, se determinó que la pérdida de carga por cada filtro es 4 m c. a., y que la presión de llegada de agua tratada a la cisterna es 2 m c. a.

4.6.1. Cálculo del diámetro de tuberías

Para calcular la tubería de impulsión, se utilizó el dato del ítem 4.2. (el caudal de llegada a la cámara de paso es 12,08 l/s), se determinó el diámetro de la tubería de impulsión (según el RNE IS 010, anexo 5), y se asumió el inmediato superior a la tubería de impulsión (según RNE IS 010) para identificar el diámetro de tubería de succión. En función de estos datos se planteó la siguiente fórmula:

$$Q_b = Q_m \left(\frac{24}{N} \right)$$

Donde:

- Q_b : Caudal de bombeo
- Q_m : Caudal máximo diario
- N: Tiempo de bombeo

Por lo tanto:

$$Q_b = 12,08 \text{ l/s} \left(\frac{24}{24} \right) = \mathbf{12.08 \text{ L/s}}$$

Según el RNE IS 010, anexo 5, a un caudal de 12,08 l/s le corresponde un diámetro de impulsión de 3"; en consecuencia, el diámetro de succión es 4". Sin embargo, cuando opere solamente una bomba, el caudal será de 6,04

ℓ/s; por lo tanto, le corresponde un diámetro de impulsión de 2½" y un diámetro de succión de 3" (ver detalle D1 de plano I. S. A. T.).

4.6.2. Cálculo de la altura dinámica total (H. D. T.)

La altura dinámica total para el equipo de bombeo se expresa con la siguiente fórmula:

$$H. D. T. = H_g + H_f + P_s$$

Donde:

H_g: Altura geométrica entre el punto de llegada a la cisterna de agua tratada y el nivel de la cámara de paso

H_f: Pérdida de carga en la tubería de succión e impulsión de la electrobomba (m)

P_s: Presión de salida en el punto más elevado (m)

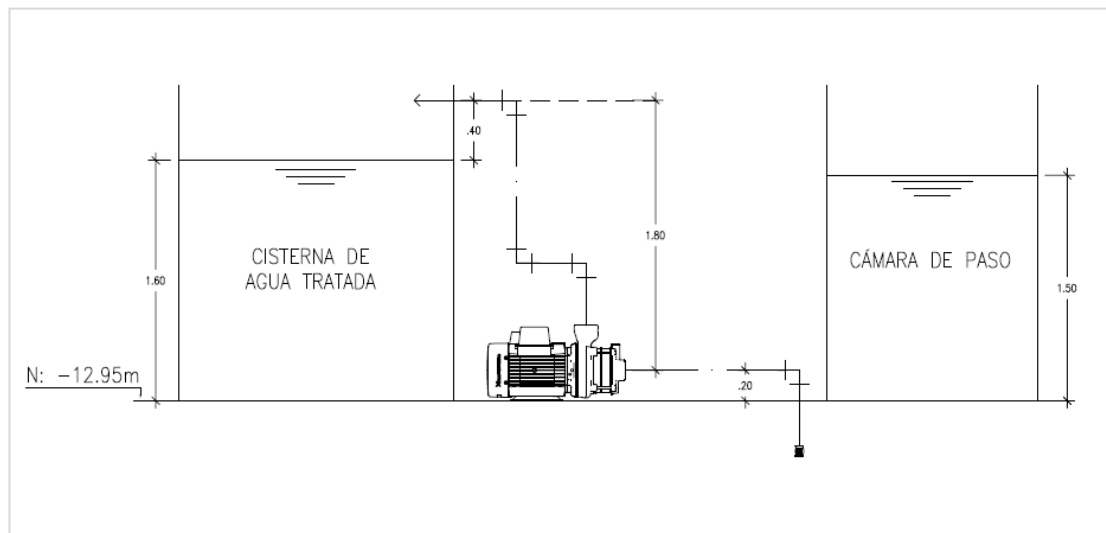


Figura 7. Esquema de bombeo de la cámara de paso a la cisterna de agua tratada
Fuente: Empresa distribuidora Pinterest

Altura Geométrica (H_g):

En la Figura 7 se observa lo siguiente:

H_g = Diferencia de cotas – altura de agua en la cisterna

$$H_g = 1,80 \text{ m} - 1,50 \text{ m} = \mathbf{0,30 \text{ m}}$$

Pérdida de carga en la tubería (H_f),

Para calcular la pérdida de carga en la tubería, se empleó la ecuación de Hazen y Williams.

$$h_f = 10,67 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga por accesorios, se halló las longitudes equivalentes de cada accesorio mediante el uso del ábaco 1.

Tramo A–B. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D1 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Canastilla de succión de 4"	1	8,300	8,300
Codo de 4" x 90°	1	3,500	3,500
Tee de 4"	1	2,300	2,300
Válv. compuerta de 4"	1	0,740	0,740
Longitud de tubería de 4"	1	3,580	3,580
		Longitud total	18,420

Por lo tanto:

Diámetro	4	pulg
Caudal	12,08	ℓ/s
C (Hazen William)	140	F°G°
Longitud	18,420	m
Hf A-B	0,40	m

* F°G° es símbolo de fierro galvanizado

Tramo B–C. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal será 6,04 ℓ/s por tratarse de una sola bomba (ver detalle D1 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Válv. compuerta de 3"	1	0,530	0,530
Reducción 4" a 3"	1	0,550	0,550
Longitud de tubería de 3"	1	0,800	0,800
		Longitud total	1,880

Por lo tanto:

Diámetro	3	pulg
Caudal	6,04	ℓ/s
C	140	F°G°
Longitud	1,080	m
Hf B-C	0,05	m

Tramo C–D. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal será 6,04 ℓ/s por tratarse de una sola bomba (ver detalle D1 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Codo de 2½" x 90°	1	2,200	2,200
Válv. retención de 2½"	1	5,200	5,200
Válv. compuerta de 2½"	1	0,480	0,480
Longitud de tubería de 2½"	1	1,540	1,540
Longitud Total			9,420

Por lo tanto:

Diámetro	2 1/2 pulg
Caudal	6,04 ℓ/s
C	140 F°G°
Longitud	9,420 m

Hf C-D 0,56 m

Tramo D–E. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D5 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Reducción de 3" a 2½"	1	0,480	0,480
Tee de 3"	1	5,500	5,500
Codo de 3" x 90°	2	2,600	5,200
Longitud de tubería de 3"	1	4,010	4,010
Longitud Total			16,790

Por lo tanto:

Diámetro	3	pulg
Caudal	12,08	ℓ/s
C	140	F°G°
Longitud	16,790	m

Hf D-E 1,48 m

Tramo E–F. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D5 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Válv. compuerta de 3"	1	0,530	0,530
Codo de 3" x 90°	1	2,600	2,600
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	4,160	4,160
		Longitud Total	8,890

Por lo tanto:

Diámetro	3	Pulg
Caudal	12,08	ℓ/s
C	150	PVC
Longitud	8,890	M
Hf E-F	0,69	M

Tramo F–G. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D5 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Válv. compuerta de 3"	1	0,530	0,530
Codo de 3" x 90°	1	2,600	2,600
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	4,700	4,700
		Longitud Total	9,430

Por lo tanto:

Diámetro	3	Pulg
Caudal	12,08	ℓ/s
C	150	PVC
Longitud	9,430	M
Hf F-G	0,73	M

De los resultados anteriores, se calculó la pérdida de carga en la tubería.

$$H_f = 0,40 + 0,05 + 0,56 + 1,48 + 0,69 + 0,73 + 4 \times (\text{pérdida de carga en filtro})$$

$$H_f = 19,92 \text{ m}$$

Entonces, la pérdida de carga en la tubería es **19,92 m**

Presión de salida (Ps): **2,00 m**

La altura dinámica total del equipo de bombeo es

$$\begin{aligned} \text{H. D. T.} &= H_g + H_f + P_s \\ \text{H. D. T.} &= 0,30 + 19,92 + 2,00 \\ \text{H. D. T.} &= 22,22 \text{ m} = \mathbf{23,00 \text{ m}} \end{aligned}$$

Así, las características de la bomba a seleccionar son las siguientes:

Caudal de bombeo	6,04	ℓ/s
Altura Dinámica Total	23,00	m
Eficiencia	65	%

Con estos datos, se calculó la potencia hidráulica estimada para cada electrobomba a partir de lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= \frac{Q_b \times HDT}{75 \times e} \\ \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= \frac{6,04 \text{ L/s} \times 23,00 \text{ m}}{75 \times 0,65} \\ \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= 2,85 \text{ HP} \\ \text{Potencia Electrobomba (Pe)} &= 3,35 \text{ HP} \end{aligned}$$

4.7. Cálculo de la máxima demanda simultánea

Como se indicó, solo se abastecerá a los inodoros. Su número total es 369, además, según el anexo N.º2 del RNE IS 010, la unidad de gasto es 3 para cada inodoro. Por tanto, el total es 1,107 U. H.

Tabla 11
Cantidad total de U. H. para inodoros

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoro	369	3	1,107
		Total U. H.	1,107

Fuente: Elaborado por los autores

A partir del anexo 3 del RNE IS 010, se concluye, el número de unidades Hunter es 1,107; sin embargo, esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
1,100	8,27	ℓ/s
1,107	8,30	ℓ/s
1,200	8,70	ℓ/s

4.8. Cálculo del equipo de bombeo de la cisterna de agua tratada a la distribución

Para calcular el equipo de bombeo, se asumió un tiempo de bombeo de 24 horas, debido que no se cuenta con tanque elevado. Así, se proyectó dos bombas de funcionamiento alternado, además de una que operará en *stand by*, en caso que alguna de las anteriores presente imperfecciones. Además, la presión de llegada a los inodoros se considerará la mínima (2 m c. a.), según las normas del RNE IS 010.

4.8.1. Cálculo del diámetro de tuberías

Para calcular el diámetro de la tubería de impulsión, se utilizó el dato del ítem 4.7 (la máxima demanda simultánea es 8,30 ℓ/s) y se asumió el inmediato superior a la tubería de impulsión (según RNE IS 010). En función de estos datos se planteó la siguiente fórmula:

$$Q_b = Q_m \left(\frac{24}{N} \right)$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo
 Q_m : Caudal máximo diario
 N : Tiempo de bombeo

Por lo tanto:

$$Q_b = 8,30 \text{ L/s} \left(\frac{24}{24} \right) = \mathbf{8.30 \text{ L/s}}$$

Según el anexo 5 del RNE IS 010, a un caudal de 8,30 ℓ/s le corresponde un diámetro de impulsión de 3", en consecuencia, el diámetro de succión es 4". Sin embargo, cuando opere solamente una bomba, el caudal

será 4,15 l/s; por lo tanto, le corresponde un diámetro de impulsión de 2" y el diámetro de succión será 2½" (ver detalle D2 del plano I. S. A. T.).

4.8.2. Cálculo de la altura dinámica total (H. D. T.)

La altura dinámica total del equipo de bombeo es

$$H. D. T. = H_g + H_f + P_s$$

Donde:

H_g: Altura geométrica entre el punto más alto de la distribución y el nivel de la cisterna de agua tratada.

H_f: Pérdida de carga en la tubería de succión e impulsión de la electrobomba (m).

P_s: Presión de salida en el inodoro (m).

Altura Geométrica (H_g)

En la Figura 8 se observa lo siguiente:

$$\begin{aligned} H_g &= \text{Diferencia de cotas} - \text{altura de agua en la cisterna} \\ H_g &= 62,30 \text{ m} - 1,60 \text{ m} = \mathbf{60,70 \text{ m}} \end{aligned}$$

Pérdida de carga en la tubería (H_f):

Para calcular la pérdida de carga en la tubería, se empleó la ecuación de Hazen y Williams:

$$hf = 10,67 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga por accesorios, se halló las longitudes equivalentes de cada accesorio mediante el uso del ábaco 1.

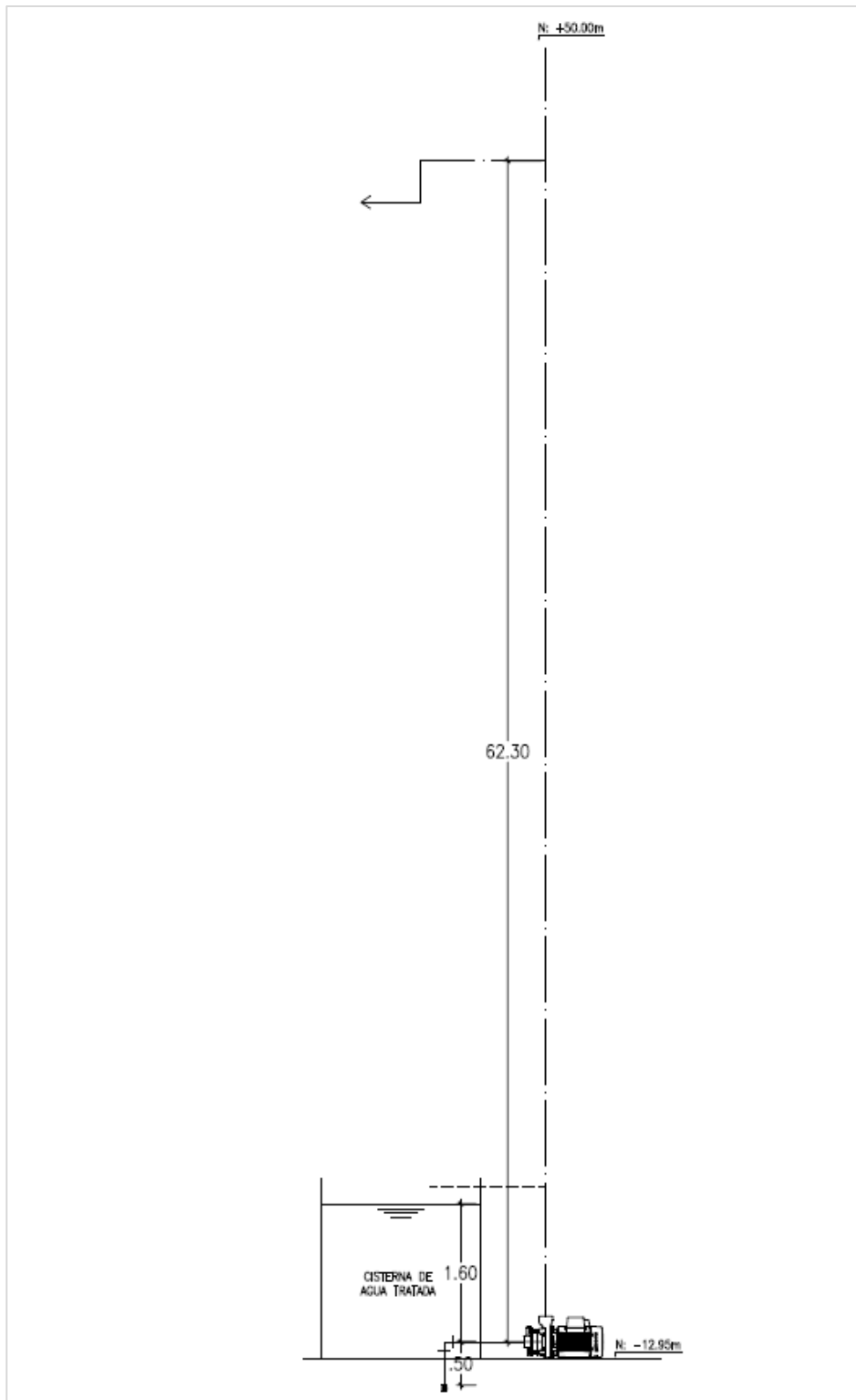


Figura 8. Esquema de bombeo de la cisterna de agua tratada a la distribución
Fuente: Elaborado por los autores

Tramo A–B. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D2 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Canastilla de succión de 4"	1	8,300	8,300
Codo de 4" x 90°	1	3,500	3,500
Tee de 4"	1	2,300	2,300
Válv. compuerta de 4"	1	0,740	0,740
Longitud de tubería de 4"	1	2,900	2,900
Longitud total			17,740

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	4	pulg	4	pulg
Caudal	8,30	ℓ/s	8,30	ℓ/s
C	140	F°G°	140	F°G°
Velocidad	1,02	m/s	1,02	m/s
Longitud			17,740	m
Hf A-B			0,19	m

Tramo B–C. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal será 4,15 ℓ/s por tratarse de una sola bomba (ver detalle D2 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Reducción 4" a 3"	1	0,550	0,550
Reducción 3" a 2½"	1	0,480	0,480
Válv. compuerta de 2½"	1	0,480	0,480
Longitud de tubería de 2½"	1	0,800	0,800
Longitud total			2,310

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	2 1/2	pulg
Caudal	4,15	ℓ/s	4,15	ℓ/s
C	140	F°G°	140	F°G°
Velocidad	1,31	m/s	1,31	m/s
Longitud			2,310	m
Hf B-C			0,07	m

Tramo C–D. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal será 4,15 l/s por tratarse de una sola bomba (ver detalle D2 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Válv. compuerta de 2"	1	0,370	0,370
Válv. retención de 2"	1	4,400	4,400
Codo de 2" x 90°	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 2"	1	1,540	1,540
		Longitud total	7,910

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2	pulg	2	pulg
Caudal	4,15	l/s	4,15	l/s
C	140	F°G°	140	F°G°
Velocidad	2,05	m/s	2,05	m/s
Longitud			7,910	m
Hf C-D			0,70	m

Tramo D–E. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Reducción de 3" a 2"	1	2,100	2,100
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Codo de 3" x 90°	1	2,600	2,600
Longitud de tubería de 3"	1	20,560	20,560
		Longitud total	28,460

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	3	pulg	3	pulg
Caudal	8,30	l/s	8,30	l/s
C	140	F°G°	140	F°G°

Velocidad **1,82 m/s 1,82 m/s**

Longitud 28,460 m

Hf D-E 1,26 m

Tramo E–F. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	4,780	4,780
		Longitud total	6,380

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	3	pulg	3	pulg
Caudal	8,30	ℓ/s	8,30	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,82	m/s	1,82	m/s
Longitud			6,380	m
Hf D-E			0,25	m

Tramo F–G. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 12
Cantidad de U. H. en el tramo F-G

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	361	3	1,083
		Total U. H.	1,083

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 12, el número de unidades Hunter es 1,083, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
1,000	7,84	ℓ/s
1,083	8,20	ℓ/s
1,100	8,27	ℓ/s

Así, para 1,083 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 8,20 l/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	2,500	2,500
		Longitud total	4,100

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	3	pulg	3	pulg
Caudal	8,20	l/s	8,20	l/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,80	m/s	1,80	m/s
Longitud			4,100	m
Hf F-G			0,16	m

Tramo G–H. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 13
Cantidad de U. H. en el tramo G-H

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	342	3	1,026
		Total U. H.	1,026

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla N.º13, el número de unidades Hunter es 1,026, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable
1,000	7,84 l/s
1,026	7,95 l/s
1,100	8,27 l/s

Así, para 1,026 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es de 7,95 l/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	2,500	2,500
		Longitud total	4,100

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	3	pulg
Caudal	7,95	ℓ/s	7,95	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	2,51	m/s	1,74	m/s
Longitud			4,100	m
Hf G-H			0,15	m

Tramo H-I. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 14
Cantidad de U. H. en el tramo H-I

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	323	3	969
		Total U. H.	969

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 14, el número de unidades Hunter es 969, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable
950	7,53 ℓ/s
969	7,65 ℓ/s
1,000	7,84 ℓ/s

Así, para 969 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 7,65 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	2,500	2,500
		Longitud total	4,100

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	3	pulg
Caudal	7,65	ℓ/s	7,65	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	2,41	m/s	1,68	m/s
Longitud			4,100	m
Hf H-I			0,14	m

Tramo I–J. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 15
Cantidad de U. H. en el tramo I-J

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	304	3	912
		Total U. H.	912

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 15, el número de unidades Hunter es 912, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
900	7,22	ℓ/s
912	7,29	ℓ/s
950	7,53	ℓ/s

Así, para 912 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 7,29 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	2,500	2,500
		Longitud total	4,100

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	3	pulg
Caudal	7,29	ℓ/s	7,29	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	2,30	m/s	1,60	m/s
Longitud			4,100	m
Hf I-J			0,13	m

Tramo J–K. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 16
Cantidad de U. H. en el tramo J-K

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	285	3	855
		Total U. H.	855

Fuente: Elaborado por los autores

Se observa en la tabla N.º16, el número de unidades Hunter es 855, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
850	6,91	ℓ/s
855	6,94	ℓ/s
900	7,22	ℓ/s

Así, para 855 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 6,94 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	2,500	2,500
		Longitud total	4,100

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	3	pulg
Caudal	6,94	ℓ/s	6,94	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	2,19	m/s	1,52	m/s
Longitud			4,100	m
Hf J-K			0,11	m

Tramo K–L. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 17
Cantidad de U. H. en el tramo K-L

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	266	3	798
		Total U. H.	798

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla N.º17, el número de unidades Hunter es 798, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
750	6,20	ℓ/s
798	6,58	ℓ/s
800	6,60	ℓ/s

Así, para 798 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 6,58 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	2,500	2,500
		Longitud total	4,100

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	3	pulg
Caudal	6,58	ℓ/s	6,58	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	2,08	m/s	1,44	m/s
Longitud			4,100	m
Hf K-L			0,10	m

Tramo L–M. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 18
Cantidad de U. H. en el tramo L-M

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	247	3	741
		Total U. H.	741

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla N.º18, el número de unidades Hunter es 741, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
700	5,95	ℓ/s
741	6,16	ℓ/s
750	6,20	ℓ/s

Así, para 741 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 6,16 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 3"	1	1,600	1,600
Longitud de tubería de 3"	1	2,500	2,500
		Longitud total	4,100

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	3	pulg
Caudal	6,16	ℓ/s	6,16	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,94	m/s	1,35	m/s
Longitud			4,100	m
Hf L-M			0,09	m

Tramo M–N. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 19
Cantidad de U. H. en el tramo M-N

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	228	3	684
		Total U. H.	684

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla N.º19, el número de unidades Hunter es 684, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable
650	5,85 ℓ/s
684	5,92 ℓ/s
700	5,95 ℓ/s

Así, para 684 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 5,92 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Reducción de 3" a 2½"	1	0,480	0,480
Tee de 2½"	1	1,350	1,350
Longitud de tubería de 2½"	1	2,500	2,500
		Longitud total	4,330

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	2 1/2	pulg
Caudal	5,92	ℓ/s	5,92	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,87	m/s	1,87	m/s
Longitud			4,330	m
Hf M-N			0,22	m

Tramo N-Ñ. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 20
Cantidad de U. H. en el tramo N-Ñ

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	209	3	627
		Total U. H.	627

Fuente: Elaborado por los autores

Se observa en la tabla 20, el número de unidades Hunter es 627, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
600	5,34	ℓ/s
627	5,62	ℓ/s
650	5,85	ℓ/s

Así, para 627 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 5,62 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 2½"	1	1,350	1,350
Longitud de tubería de 2½"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,850

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	2 1/2	pulg
Caudal	5,62	ℓ/s	5,62	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,77	m/s	1,77	m/s
Longitud			3,850	m
Hf N-Ñ			0,18	m

Tramo Ñ-O. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 21
Cantidad de U. H. en el tramo Ñ-O

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	190	3	570
		Total U. H.	570

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 21, el número de unidades Hunter es 570, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
550	5,02	ℓ/s
570	5,15	ℓ/s
600	5,34	ℓ/s

Así, para 570 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 5,15 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 2½"	1	1,350	1,350
Longitud de tubería de 2½"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,850

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2 1/2	pulg	2 1/2	pulg
Caudal	5,15	ℓ/s	5,15	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,63	m/s	1,63	m/s
Longitud			3,850	m
Hf N-O			0,15	m

Tramo O–P. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 22
Cantidad de U. H. en el tramo O-P

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	171	3	513
		Total U. H.	513

Fuente: Elaborado por los autores

Se observa en la tabla 22, el número de unidades Hunter es 513, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
500	4,71	ℓ/s
513	4,79	ℓ/s
550	5,02	ℓ/s

Así, para 513 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 4,79 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 2½"	1	1,350	1,350
Longitud de tubería de 2½"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,850

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2	pulg	2 1/2	pulg
Caudal	4,79	ℓ/s	4,79	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	2,36	m/s	1,51	m/s
Longitud			3,850	m
Hf O-P			0,13	m

Tramo P-Q. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 23
Cantidad de U. H. en el tramo P-Q

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	152	3	456
		Total U. H.	456

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 23, el número de unidades Hunter es 456, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
440	4,27	ℓ/s
456	4,39	ℓ/s
460	4,42	ℓ/s

Así, para 456 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 4,39 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 2½"	1	1,350	1,350
Longitud de tubería de 2½"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,850

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2	pulg	2 1/2	pulg
Caudal	4,39	ℓ/s	4,39	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	2,17	m/s	1,39	m/s
Longitud			3,850	m
Hf P-Q			0,11	m

Tramo Q–R. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 24
Cantidad de U. H. en el tramo Q-R

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	133	3	399
		Total U. H.	399

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 24, el número de unidades Hunter es 399, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
390	3,83	ℓ/s
399	3,96	ℓ/s
400	3,97	ℓ/s

Así, para 399 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 3,96 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 2½"	1	1,350	1,350
Longitud de tubería de 2½"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,850

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2	pulg	2 1/2	pulg
Caudal	3,96	ℓ/s	3,96	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,95	m/s	1,25	m/s
Longitud			3,850	m
Hf Q-R			0,09	m

Tramo R–S. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 25
Cantidad de U. H. en el tramo R-S

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	114	3	342
		Total U. H.	342

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 25, el número de unidades Hunter es 342, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
340	3,52	ℓ/s
342	3,53	ℓ/s
380	3,67	ℓ/s

Así, para 342 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 3,53 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Reducción de 2½" a 2"	1	0,390	0,390
Tee de 2"	1	1,090	1,090
Longitud de tubería de 2"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,980

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2	pulg	2	pulg
Caudal	3,53	ℓ/s	3,53	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,74	m/s	1,74	m/s
Longitud			3,980	m
Hf R-S			0,23	m

Tramo S–T. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 26
Cantidad de U. H. en el tramo S-T

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	95	3	285
		Total U. H.	285

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 26, el número de unidades Hunter es 285, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
280	3,07	ℓ/s
285	3,11	ℓ/s
290	3,15	ℓ/s

Así, para 285 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 3,11 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 2"	1	1,090	1,090
Longitud de tubería de 2"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,590

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	2	pulg	2	pulg
Caudal	3,11	ℓ/s	3,11	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,53	m/s	1,53	m/s
Longitud			3,590	m
Hf S-T			0,16	m

Tramo T-U. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 27

Cantidad de U. H. en el tramo T-U

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	76	3	228
		Total U. H.	228

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 27, el número de unidades Hunter es 228, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
220	2,6	ℓ/s
228	2,64	ℓ/s
230	2,65	ℓ/s

Así, para 228 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 2,64 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 2"	1	1,090	1,090
Longitud de tubería de 2"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,590

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	1 1/2	pulg	2	pulg
Caudal	2,64	ℓ/s	2,64	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	2,32	m/s	1,30	m/s
Longitud			3,590	m
Hf T-U			0,12	m

Tramo U–V. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 28
Cantidad de U. H. en el tramo U-V

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	57	3	171
		Total U. H.	171

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla N.º28, el número de unidades Hunter es 171, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable
170	2,22 ℓ/s
171	2,23 ℓ/s
180	2,29 ℓ/s

Así, para 171 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 2,23 ℓ/s. Se verificó que la velocidades fuesen menores a 1,90 m/s, en caso contrario, se consideró el diametro inmediato superior.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Tee de 2"	1	1,090	1,090
Longitud de tubería de 2"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,590

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	1 1/2	pulg	2	pulg
Caudal	2,23	ℓ/s	2,23	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,95	m/s	1,10	m/s
Longitud			3,590	m
Hf U-V			0,09	m

Tramo V–W. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 29
Cantidad de U. H. en el tramo V-W

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	38	3	114
		Total U. H.	114

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 29, el número de unidades Hunter es 114, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
110	1,75	ℓ/s
114	1,78	ℓ/s
120	1,83	ℓ/s

Así, para 114 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 1,78 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Reducción de 2" a 1½"	1	0,250	0,250
Tee de 1½"	1	0,700	0,700
Longitud de tubería de 1½"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,450

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	1 1/2	pulg	1 1/2	pulg
Caudal	1,78	ℓ/s	1,78	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,56	m/s	1,56	m/s
Longitud			3,450	m
Hf V-W			0,23	m

Tramo W–X. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 30
Cantidad de U. H. en el tramo W-X

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	19	3	57
		Total U. H.	57

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 30, el número de unidades Hunter es 57, pero esta cantidad no tiene generado un valor, por lo que se interpoló.

N.º de unidades	Gasto Probable	
55	1,19	ℓ/s
57	1,21	ℓ/s
60	1,25	ℓ/s

Así, para 57 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 1,21 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Reducción de 1½ a 1¼"	1	0,220	0,220
Tee de 1¼"	1	0,600	0,600
Longitud de tubería de 1¼"	1	2,500	2,500
		Longitud total	3,320

Por lo tanto:

	TEÓRICO		DISEÑO	
Diámetro	1 1/4	pulg	1 1/4	pulg
Caudal	1,21	ℓ/s	1,21	ℓ/s
C	150	PVC	150	PVC
Velocidad	1,53	m/s	1,53	m/s
Longitud			3,320	m
Hf W-X			0,26	m

Tramo A'–B'. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Válvula de globo de 1¼"	1	11,000	11,000
Tee de 1¼"	7	0,600	4,200
Codo 1¼" x 90°	1	0,920	0,920
Longitud de tubería de 1¼"	1	1,200	1,200
		Longitud total	17,320

Por lo tanto:

Diámetro	1 1/4	pulg
Caudal	1,21	ℓ/s
C	150	PVC
Velocidad	1,53	m/s
Longitud	17,320	m
Hf A'–B'	1,36	m

Tramo B'–C'. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 31
Cantidad de U. H. en el tramo B'–C'

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	2	3	6
		Total U. H.	6

Fuente: Elaborado por los autores

Así, para 6 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 0,25 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Reducción de 1¼" a 1"	1	0,180	0,180
Reducción de 1" a ¾"	1	0,140	0,180
Válvula de globo de ¾"	3	6,200	0,180
Medidor de ¾"	1	4,000	4,000
Codo ¾" x 90°	6	0,600	3,600
Longitud de tubería de ¾"	1	34,450	34,450
		Longitud total	38,050

Por lo tanto:

Diámetro	3/4	pulg
Caudal	0,25	ℓ/s
C	150	PVC
Velocidad	0,88	m/s
Longitud	38,050	m
Hf B'-C'	1,92	m

Tramo C'–D'. Se calculó la longitud equivalente por accesorios; sin embargo, el caudal varía (ver detalle D6 del plano I. S. A. T.).

Tabla 32
Cantidad de U. H. en el tramo C'-D'

Aparato sanitario	N.º de aparatos	U. G.	U. H.
Inodoros	1	3	3
		Total U. H.	3

Fuente: Elaborado por los autores

Así, para 1,083 U. H., el gasto probable que llegará en este tramo es 8,20 ℓ/s.

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Codo ½" x 90°	4	0,430	1,720
Tee de ½"	1	0,260	0,260
Válvula de globo de ½"	1	4,100	4,100
Longitud de tubería de ½"	1	4,180	4,180
		Longitud total	10,260

Por lo tanto:

Diámetro	1/2	pulg
Caudal	0,12	ℓ/s
C	150	PVC
Velocidad	0,95	m/s
Longitud	10,260	m
Hf C'-D'	0,96	m

De los resultados anteriores, se halló la pérdida de carga en la tubería:

$$\begin{aligned}
 H_f &= 0,19 + 0,07 + 0,70 + 1,26 + 0,25 + 0,16 + 0,15 + 0,14 + 0,13 + \\
 &\quad 0,11 + 0,10 + 0,09 + 0,22 + 0,18 + 0,15 + 0,13 + 0,11 + 0,09 + \\
 &\quad 0,23 + 0,16 + 0,12 + 0,09 + 0,23 + 0,26 + 1,36 + 1,92 + 0,96 \\
 H_f &= 9,54 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Entonces, la pérdida de carga en la tubería es **9,54 m**.

Presión de salida (Ps): **2,00 m**

La altura dinámica total del equipo de bombeo es

$$\begin{aligned} \text{H. D. T.} &= H_g + H_f + P_s \\ \text{H. D. T.} &= 60,70 + 9,54 + 2,00 \\ \text{H. D. T.} &= \mathbf{72,24 \text{ m}} \end{aligned}$$

Así, las características de la bomba a seleccionar son las siguientes:

Caudal de bombeo	4,15 l/s
Altura Dinámica Total	73,00 m
Eficiencia	65%

Con estos datos, se calculó la potencia hidráulica estimada para cada electrobomba.

$$\begin{aligned} \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= \frac{Q_b \times \text{HDT}}{75 \times e} \\ \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= \frac{4,15 \text{ l/s} \times 73,00 \text{ m}}{75 \times 0,65} \\ \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= 6,21 \text{ HP} \\ \text{Potencia Electrobomba (Pe)} &= \mathbf{7,31 \text{ HP}} \end{aligned}$$

4.9. Cálculo del volumen de la cámara de desagüe

Se diseñó una cámara de desagüe para eliminar el exceso de aguas grises recolectadas, asimismo, se aprovechó el pozo sumidero del rebose de la cisterna de agua tratada para evitar inundaciones o alguna tubería rota.

4.9.1. Cálculo de volumen de desagüe

Según la norma RNE IS 010 para almacenamiento de aguas residuales, se debe considerar la dotación diaria en función del número de dormitorios por departamento:

Tabla 33
Dotación por departamento según número de dormitorios.

Número de dormitorios por departamento	Dotación por departamento, L/d
1	500
2	850
3	1200
4	1350
5	1500

Fuente: RNE IS 010

Como existen dos tipos de departamentos, se calculó la dotación diaria total, como se observa en la tabla 34:

Tabla 34
Dotación diaria total.

Tipo de dep.	Cantidad de dep.	Dotación	Dotación parcial
2 Dorm.	99	850	84,150
3 Dorm.	57	1,200	68,400
		Dotación Total	152,550

Fuente: Elaborado por los autores

Se observa que la dotación es de 152,500 l/d aguas grises y aguas negras. En función del anexo 2 del RNE IS 010, se calculó las U. H. de cada aparato sanitario (tabla 35).

Tabla 35
Cantidad total de U. H.

Aparato sanitario	Total de aparatos	U. G.	U. H.
Lavatorio (A.G.)	312	1	312
Ducha (A.G.)	369	2	738
Lavandería (A.G.)	156	3	468
Lavadora (A.G.)	156	3	468
Inodoro (A.N.)	369	3	1107
Cocina (A.N.)	156	3	468
		Total N.º de U. H.	3561

Fuente: Elaborado por los autores

Luego de calcular el total de U. H. generado por los aparatos sanitarios, se determinó la proporción de aguas grises y de aguas negras generadas en todos los departamentos del edificio (tabla 36).

Tabla 36
Porcentaje de aguas grises y aguas negras generadas.

Tipo de agua residual	Cantidad de U. H.	Proporción
Aguas grises	1986	56%
Aguas negras	1575	44%

Fuente: Elaborado por los autores

En consecuencia, el volumen diario de aguas grises es

$$\begin{aligned} \text{Volumen de desagüe} &= 152,550 \text{ L/d} \times 1 \text{ día} \times 56\% \\ \text{Volumen de desagüe} &= 85,428 \text{ L} \end{aligned}$$

Se calculó la capacidad de la cámara de desagüe según la norma RNE IS 010 (“esta no será mayor al volumen equivalente a un 1/4 de la dotación diaria, ni menor al volumen equivalente a un 1/24 de la dotación diaria”).

Por lo tanto, se tiene lo siguiente:

Volumen de desagüe	85,428
1/4	21,357
1/24	3,560

La mayoría de las aguas grises generadas serán tratadas y solo un mínimo porcentaje desembocará en la cámara de desagüe; en consecuencia, el diseño contará con la mínima capacidad requerida por la norma.

Por lo tanto, el volumen de desagüe (V.D.) es **3,60 m3**.

4.9.2. Cálculo de volumen de sumidero

Debido a que la cisterna de agua tratada recibe un caudal de 6,04 l/s, se consideró la válvula abierta durante un período de 3 minutos.

Caudal de Llegada	6,04	l/s
Tiempo de retención	180	s

$$\begin{aligned} \text{Volumen de sumidero (V.S.)} &= 6,04 \text{ l/s} \times 180\text{s} \\ \text{V.S.} &= 1,087 \text{ L} = \mathbf{1,100 \text{ L}} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el volumen de sumidero es **1,10 m3**.

En conclusión, el volumen de la cámara de desagüe es

Volumen de cámara de desagüe (V.C.D.) = V.D. + V.S.

$$V.C.D. = 3,60 \text{ m}^3 + 1,10 \text{ m}^3 = \mathbf{4,70 \text{ m}^3}$$

4.10. Cálculo del equipo de bombeo de la cámara de desagüe

En función de la norma del RNE IS 010, se consideró dos bombas de funcionamiento alternado, y la capacidad de cada una será igual al gasto máximo.

4.10.1. Cálculo del diámetro de tuberías

Para calcular la máxima demanda, se consideró la diferencia entre el máximo caudal de recolección y el mínimo caudal de distribución. El caudal de recolección es 12,08 l/s. Esto se debe a que, cuando se realice el mantenimiento del sistema de tratamiento, todas las aguas grises descargarán en la cámara de desagüe. Así también, para el caudal de distribución se consideró 0,00 l/s en tanto que ningún inodoro estará en funcionamiento. Así, se tiene:

Caudal máximo de recolección	12,08	l/s
Caudal mínimo de distribución	0,00	l/s

Por lo tanto, el caudal máximo de exceso será 12,08 l/s.

Según el RNE IS 010, la capacidad total de bombeo debe ser por lo menos el 150% del gasto máximo que recibe la cámara; sin embargo, se consideró 175% para compensar el caudal del pozo sumidero:

$$Q_b = 12,08 \text{ L/s } 175\%$$

Por lo tanto:

$$Q_b = 12,08 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times 175\% = \mathbf{21.14 \text{ L/s}}$$

Según el anexo 5 del RNE IS 010, para a un caudal de 21,14 l/s le corresponde un diámetro de impulsión de 4".

4.10.2. Cálculo de la altura dinámica total (H. D. T.)

La altura dinámica total del equipo de bombeo es

$$H. D. T. = H_g + H_f + P_s$$

Donde:

H_g: Altura geométrica entre el punto de salida del desagüe y el nivel de la cámara de desagüe.

H_f: Pérdida de carga en la tubería de succión e impulsión de la electrobomba (m).

P_s: Presión de salida en el punto más elevado (m).

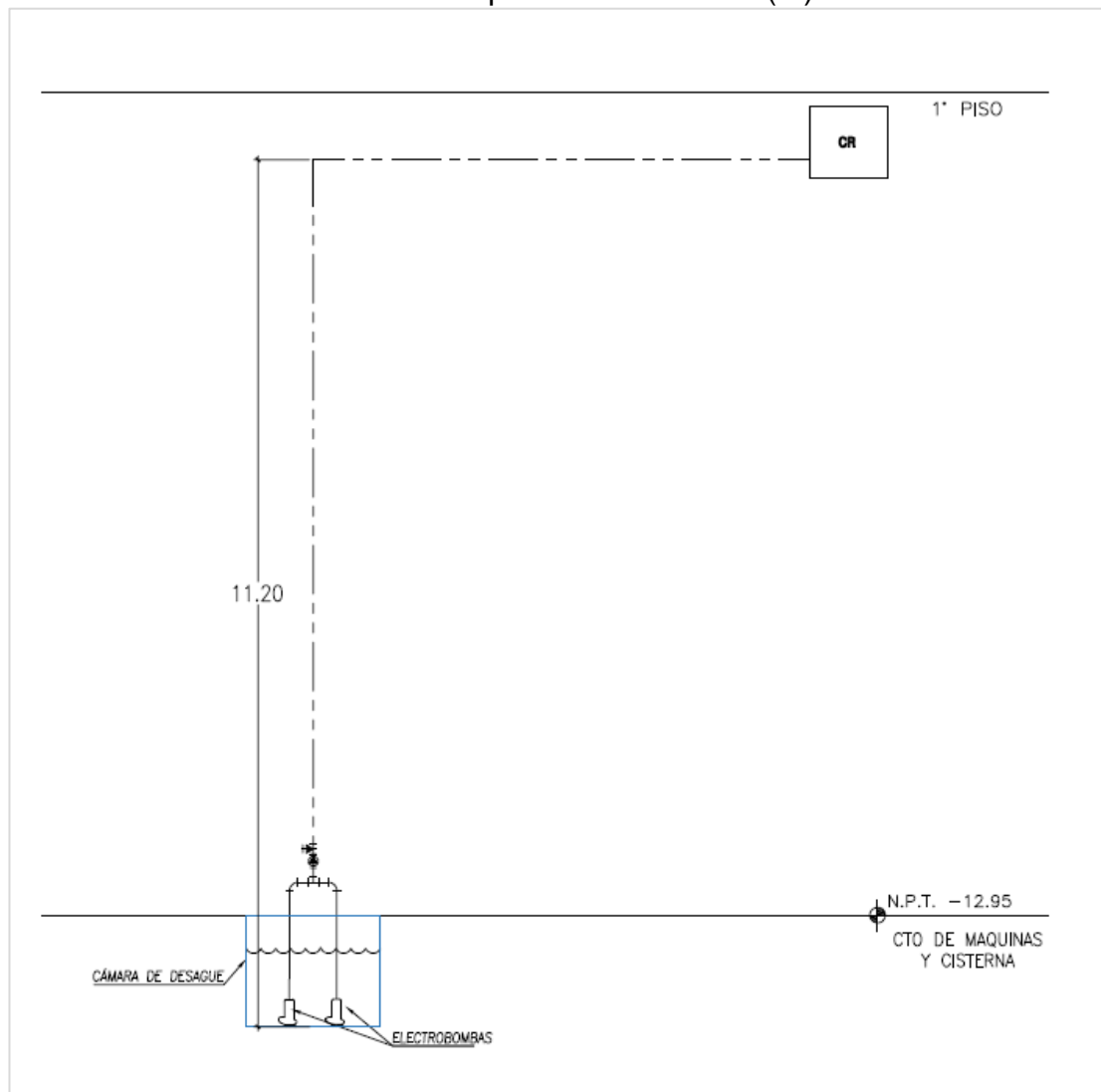


Figura 9. Esquema de bombeo de la cámara de desagüe
Fuente: Elaborado por los autores

Altura Geométrica (H_g)

En la Figura 9 se observa lo siguiente:

Hg = Diferencia de cotas – altura de agua en la cámara de desagüe
 Hg = 11,20 m – 0,00 m = **11,20 m**
 Pérdida de carga en la tubería (Hf)

Para calcular la pérdida de carga en la tubería se empleó la ecuación de Hazen y Williams.

$$hf = 10,67 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga por accesorios, se halló las longitudes equivalentes de cada accesorio mediante el uso del ábaco N.º1.

Tramo A–B. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D1 del plano I. S. A. G.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Válv. retención de 4"	1	8,400	8,400
Válv. compuerta de 4"	1	0,740	0,740
Codo 4" x 90°	1	3,500	3,500
Longitud de tubería de 4"	1	4,710	4,710
		Longitud total	17,350

Por lo tanto:

Diámetro	4	pulg
Caudal	21,14	ℓ/s
C	140	F°G°
Longitud	17,350	m
Hf A-B	1,06	m

Tramo B–C. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D1 del plano I. S. A. G.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Codo 4" x 90°	1	3,500	3,500
Tee de 4"	2	2,300	4,600
Longitud de tubería de 4"	1	2,180	2,180
		Longitud Total	10,280

Por lo tanto:

Diámetro	4	pulg
Caudal	21,14	ℓ/s
C	140	F°G°
Longitud	10,280	m
Hf B-C	0,63	m

Tramo C–D. Se calculó la longitud equivalente por accesorios (ver detalle D2 del plano I. S. A. G.).

Accesorios	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud parcial
Codo de 4" x 90°	1	3,500	3,500
Longitud de tubería de 4"	1	40,940	40,940
		Longitud Total	44,440

Por lo tanto:

Diámetro	4	pulg
Caudal	21,14	ℓ/s
C	150	PVC
Longitud	44,440	m
Hf C-D	2,40	m

De los resultados anteriores, se halló la pérdida de carga en la tubería:

$$H_f = 1,06 + 0,63 + 2,40$$
$$H_f = 4,10 \text{ m}$$

Entonces, la pérdida de carga en la tubería es **4,10 m**

Presión de salida (Ps): **0,00 m**

La altura dinámica total del equipo de bombeo es

$$H. D. T. = H_g + H_f + P_s$$
$$H. D. T. = 11,20 + 4,10 + 0,00$$
$$H. D. T. = \mathbf{15,30 \text{ m}}$$

Así, las características de la bomba a seleccionar son las siguientes:

Caudal de bombeo	21,14 ℓ/s
Altura Dinámica Total	16,00 m
Eficiencia	65%

Con estos datos, se calculó la potencia hidráulica estimada para cada electrobomba en función de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= \frac{Q_b \times HDT}{75 \times e} \\ \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= \frac{21,14 \text{ l/s} \times 16,00 \text{ m}}{75 \times 0,65} \\ \text{Potencia Hidráulica (Ph)} &= 6,94 \text{ HP} \\ \text{Potencia Electrobomba (Pe)} &= \mathbf{8,16 \text{ HP}} \end{aligned}$$

4.11. Cálculo de los filtros utilizados

Para el tratamiento de aguas grises, se utilizó dos filtros multimedia y dos filtros de carbón activado con las siguientes características:

$$\begin{aligned} \text{Filtro multimedia:} & \quad 16 \text{ gpm/pie}^2 \\ \text{Filtro carbón activado:} & \quad 15 \text{ gpm/pie}^2 \end{aligned}$$

El caudal que recorrerá los filtros es 12,08 l/s = 192 gpm.

$$\text{Área de filtro multimedia: } 192 \text{ gpm} / (16 \text{ gpm/pie}^2) = 12 \text{ pie}^2$$

Considerando dos filtros multimedia, cada filtro deberá tener 6,0 pie²

Por lo tanto, el diámetro del filtro es

$$\text{diámetro} = \sqrt{\frac{4 \times 6 \text{ pie}^2}{\pi}} = 2,8 \text{ pies}$$

En consecuencia, se eligió el filtro de 35" de diámetro.

$$\text{Área de filtro carbón activado: } 192 \text{ gpm} / (15 \text{ gpm/pie}^2) = 12,8 \text{ pie}^2$$

Considerando dos filtros multimedia, cada filtro deberá tener 6,4 pie²

Por lo tanto, el diámetro del filtro es

$$\text{diámetro} = \sqrt{\frac{4 \times 6,4 \text{ pie}^2}{\pi}} = 2,9 \text{ pies}$$

En consecuencia, se eligió el filtro de 35" de diámetro.

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1. Resultados del sistema de recolección

Este proceso involucra el cálculo de diámetros de tuberías y de volumen de almacenamiento:

5.1.1. Diámetro de tuberías

En función de la tabla N°8, las tuberías de las montates de recolección son de 4" de diámetro; mientras que los diámetros de las demás tuberías requeridas en el sistema de recolección (colgadas, enterradas y adosadas) se calcularon con la ayuda del anexo N°8 del RNE IS 010 (ver plano I. S. A. G.).

5.1.2. Cálculo del volumen de trampa de grasa

En función del caudal máximo de llegada y los datos específicos para el diseño de una trampa de grasa, se obtuvo el siguiente resultado:

Volumen de Trampa de Grasa	22,144	ℓ
Volumen de Trampa de Grasa	23,00	m ³

Las dimensiones establecidas para el diseño serán

Largo	5,40
Ancho	2,70
Altura útil	1,60

5.1.3. Cálculo del volumen de la cámara de paso

Utilizando el caudal de llegada y el tiempo de retención estimado en la cámara de paso, se obtuvo el siguiente resultado:

Volumen de Cámara de Paso	14,496	ℓ
Volumen de Cámara de Paso	15,00	m ³

Las dimensiones establecidas para el diseño son

Largo	3,80
Ancho	2,70
Altura útil	1,50

5.2. Resultados de la cámara de tratamiento

Este proceso involucra el cálculo de diámetros de tuberías, del sistema de filtros y del equipo de bombeo.

5.2.1. Diámetro de tuberías y equipo de bombeo

A partir del caudal de llegada, se calculó los diámetros de tubería y, posteriormente, se calculó la altura dinámica total (H. D. T.) y el equipo de bombeo.

Tramo	L. accesorio (m)	L. tubería (m)	L. total (m)	UH	Q (m ³ /s)	C	D (pulg)	Hf (m)
AB	14,840	3,700	18,540	1986	12,08	140	4	0,40
BC	1,080	1,000	2,080		6,04	140	3	0,05
CD	7,880	2,100	9,980		6,04	140	2 1/2	0,59
DE	12,780	2,700	15,480		12,08	140	3	1,37
EF	4,730	2,400	7,130		12,08	150	3	0,55
FG	4,730	2,000	6,730		12,08	150	3	0,52
GH	7,190	9,650	16,840		12,08	150	3	1,31
Hf total (m)								4,80

La pérdida de carga en la línea de impulsión es 4,80 m.

Luego, la altura dinámica total es 24,00 m.

Por lo tanto, la potencia hidráulica es

Potencia hidráulica	2,97	hp
---------------------	------	----

Finalmente, la potencia del motor para cada electrobomba es

Potencia electrobomba	3,50	hp
-----------------------	------	----

5.2.2. Sistema de filtros

A partir del caudal de llegada y la elección de la capacidad de los filtros, se calculó los diámetros de los filtros.

Filtro multimedia

Capacidad	16	gpm/pie ²
-----------	----	----------------------

Diámetro de filtro	35	pulg
--------------------	----	------

Filtro carbón activado

Capacidad	15	gpm/pie ²
-----------	----	----------------------

Diámetro de filtro	35	pulg
--------------------	----	------

5.3. Resultados del sistema de distribución

Este proceso involucra el diseño de volumen de almacenamiento, de diámetros de tuberías y de equipo de bombeo:

5.3.1. Diseño del volumen de cisterna de agua tratada

A partir de la dotación diaria del inodoro y la cantidad de inodoros en el edificio multifamiliar, se obtuvo el siguiente resultado:

Volumen de Cisterna de agua tratada	40,295	ℓ
Volumen de Cisterna de agua tratada	41,00	m ³

Las dimensiones establecidas par el diseño son

Largo	5,20
Ancho	5,00
Altura útil	1,60

5.3.2. Diámetro de tuberías y equipo de bombeo

A partir del caudal de llegada, se calculó los diámetros de tubería, la altura dinámica total (H. D. T.) y el equipo de bombeo.

Tramo	L accesorio (m)	L tubería (m)	L total (m)	UH	Q (m ³ /s)	C	D (pulg)	v (m/s)	Hf (m)
AB	14,840	1,200	16,040	1107	8,30	140	4	1,02	0,17
BC	1,510	1,000	2,510		4,15	140	2 1/2	1,31	0,07
CD	6,370	0,600	6,970		4,15	140	2	2,05	0,61
DE	7,900	7,000	14,900		8,30	140	3	1,82	0,66
EF	1,600	10,000	11,600	1107	8,30	150	3	1,82	0,45
FG	1,600	2,500	4,100	1083	8,20	150	3	1,80	0,16
GH	1,600	2,500	4,100	1026	7,95	150	3	1,74	0,15
HI	1,600	2,500	4,100	969	7,65	150	3	1,68	0,14
IJ	1,600	2,500	4,100	912	7,29	150	3	1,60	0,13
JK	1,600	2,500	4,100	855	6,94	150	3	1,52	0,11
KL	1,600	2,500	4,100	798	6,58	150	3	1,44	0,10
LM	1,600	2,500	4,100	741	6,16	150	3	1,35	0,09
MN	1,830	2,500	4,330	684	5,92	150	2 1/2	1,87	0,22
NÑ	1,350	2,500	3,850	627	5,62	150	2 1/2	1,77	0,18
ÑO	1,350	2,500	3,850	570	5,15	150	2 1/2	1,63	0,15
OP	1,350	2,500	3,850	513	4,79	150	2 1/2	1,51	0,13
PQ	1,350	2,500	3,850	456	4,39	150	2 1/2	1,39	0,11
QR	1,350	2,500	3,850	399	3,96	150	2 1/2	1,25	0,09
RS	1,480	2,500	3,980	342	3,53	150	2	1,74	0,23
ST	1,090	2,500	3,590	285	3,11	150	2	1,53	0,16
TU	1,090	2,500	3,590	228	2,64	150	2	1,30	0,12
UV	1,090	2,500	3,590	171	2,23	150	2	1,10	0,09
VW	0,950	2,500	3,450	114	1,78	150	1 1/2	1,56	0,23

WX	0,820	0,700	1,520	57	1,21	150	1 1/4	1,53	0,12
A'B'	16,120	1,200	17,320	57	1,21	150	1 1/4	1,53	1,36
B'C'	3,600	31,223	34,823	6	0,25	150	3/4	0,88	1,76
C'D'	6,080	3,400	9,480	3	0,12	150	1/2	0,95	0,89
								<u>Hf total (m)</u>	<u>8,68</u>

La pérdida de carga en la línea de impulsión es 8,68 m.

Luego, la altura dinámica total es 72,00 m.

Por lo tanto, la potencia hidráulica es

Potencia hidráulica 6,13 hp

Finalmente, la potencia del motor para cada electrobomba es

Potencia electrobomba 7,21 hp

5.4. Resultados del sistema de evacuación

Este proceso involucra el cálculo del volumen de desagüe, de los diámetros de tuberías y del equipo de bombeo:

5.4.1. Volumen de la cámara de desagüe

A partir de la dotación diaria de agua potable y de la proporción de aguas grises en el edificio multifamiliar, se calculó el volumen de desagüe; mientras que para el volumen de sumidero se utilizó el caudal de llegada y el tiempo de retención.

Volumen de cámara de desagüe 4,647 ℓ

Volumen de cámara de desagüe 4,70 m³

Las dimensiones establecidas para el diseño son

Largo	1,70
Ancho	1,20
Altura útil	2,40

5.4.2. Diámetro de tuberías y equipo de bombeo

A partir el caudal de llegada, se calculó los diámetros de tubería, la altura dinámica total (H. D. T.) y el equipo de bombeo

Tramo	L. accesorio (m)	L. tubería (m)	L. total (m)	Q (m ³ /s)	C	D (pulg)	Hf (m)
AB	9,130	2,500	11,630	21,14	140	4	0,71
BC	5,800	1,200	7,000	21,14	140	4	0,43
CD	2,600	20,000	22,600	21,14	150	4	1,22
<u>Hf total (m)</u>							<u>2,36</u>

La pérdida de carga en la línea de impulsión es 2,36 m.

La altura dinámica total es 14,00 m.

Por lo tanto, la potencia hidraulica es

Potencia
hidráulica 6,07 hp

Finalmente, la potencia del motor para cada electrobomba es

Potencia
electrobomba 7,14 hp

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de Hipótesis General

Se demostró que el diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises en edificios multifamiliares permite la reducción de 31,00 m³ del consumo diario de agua potable en el distrito de Comas – Lima; en consecuencia, el ahorro del caudal de agua potable es 930,00 m³ mensuales.

6.2. Contrastación de las hipótesis específicas

6.2.1. Contrastación de la hipótesis 1

Se demostró que el cálculo de los diámetros de tuberías permite que la recolección de aguas grises del edificio multifamiliar transporte los componentes de almacenamiento de pretratamiento; mientras que el cálculo de volumen de almacenamiento de recolección permite recibir las aguas grises en la trampa de grasa y someterlas a un pretratamiento para luego conducir el agua a la cámara de paso, lo que contribuyó a la reducción del consumo de agua.

6.2.2. Contrastación de la hipótesis 2

Se demostró que el cálculo del equipo de bombeo y los diámetros de tuberías permite transportar las aguas grises pretratadas provenientes de la cámara de paso al sistema de filtros; mientras que el cálculo de sistema de

filtros determina la capacidad de purificación de aguas grises del edificio multifamiliar permitió transportar el agua tratada a la cisterna, lo que contribuyó a la reducción del consumo de agua.

6.2.3. Contratación de la hipótesis 3

Se demostró que el diseño de la cisterna de agua tratada permite almacenar las aguas tratadas provenientes del sistema de filtros; mientras que el diseño del equipo de bombeo y los diámetros de tuberías permite transportar las aguas tratadas provenientes de la cisterna de agua tratada a la red de distribución del edificio multifamiliar, lo que contribuyó a la reducción del consumo de agua.

6.2.4. Contratación de la hipótesis 4

Se demostró que el cálculo del volumen de la cámara de desagüe permite recibir el exceso de agua grises y posibles fugas por deterioro de tuberías; mientras que el cálculo del equipo de bombeo y los diámetros de tuberías permite eliminar las aguas sobrantes del sistema, lo que contribuyó a la reducción del consumo de agua.

CONCLUSIONES

1. El diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises permite el ahorro diario de 31,00 m³ de agua potable en el edificio multifamiliar, asimismo, reduce en 30% el consumo de agua potable del edificio multifamiliar.
2. Los diámetros de tuberías para el sistema de recolección de aguas grises son de 4" para las montantes del piso 2 al piso 20, y de 6" para las montantes principales del piso 1 al cuarto de máquinas; asimismo, para las tuberías (empotradas, colgadas, enterradas y adosadas) los diámetros son de 2", 4" y 6".
3. El volumen de la trampa de grasa es 23,00 m³, con una altura útil de 1,50m; mientras que el volumen de la cámara de paso es 15,00 m³, con una altura útil de 1,50m.
4. Los diámetros de la tubería de la cámara de tratamiento varían de 2½" a 4"; los diámetros de filtros multimedia y de carbón activado serán 35", y tendrán una capacidad de 16 gpm/pie² y 15 gpm/pie² respectivamente; mientras que las electrobombas tienen una potencia de 3,35 hp.
5. El volumen de la cisterna de agua tratada es 41,00 m³, con una altura útil de 1,60m, los diámetros de las tuberías varían de ½" a 4"; mientras que las electrobombas tienen una potencia de 7,31 hp.
6. El volumen de la cámara de desagüe es 4,70 m³, con una altura útil de 1,70m, el diámetro de la tubería es 4"; mientras que las electrobombas tienen una potencia de 8,16 hp.
7. En función de las normas del RNE, se derivó las redes de agua y desagüe con el fin de proyectar las redes de distribución y de recolección,

respectivamente; asimismo, se recalculó el volumen de la cisterna de agua potable, tal como se observa en los planos adjuntos.

RECOMENDACIONES

1. Para un óptimo funcionamiento, el desarrollo del proyecto debe implicar una buena comunicación con las áreas que involucran el desarrollo del sistema.
2. El tratamiento de las aguas grises se ha diseñado con filtros y trampas de grasa para abastecer a los inodoros; sin embargo, se puede considerar añadir áreas verdes y lavamopas, para lo cual se requiere un estudio de la calidad del agua.
3. La trampa de grasa proyectadas y diseñadas para este sistema requerirá una limpieza semanal, con el fin de mantener un óptimo funcionamiento y tratamiento.
4. El diseño de distribución y recolección puede aplicarse en nuevos proyectos, según la arquitectura y la estructura proyectada.
5. Una alternativa para la cámara de desagüe es que se una al pozo sumidero del sistema de cisternas.
6. Se debería modificar las redes de desagüe en función del sistema de tratamiento de aguas grises, a sabiendas de que las tuberías serían de menor diámetro, ya que el sistema de recolección alivia dichas redes de desagüe.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Almeida, D. & Noboa, E. (2007). *Diseño de un filtro de carbón activado para la remoción de cloro libre residual del agua potable para uso en la industria farmacéutica* (tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico). Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3539>
- Allen, L. (2012). *Manual: diseño para manejo de aguas grises para riego exterior*. Recuperado de <https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>
- Arce, L. (2013). *Urbanizaciones sostenibles: Descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales* (tesis para optar el título de Ingeniería civil). Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20,500,12404/4568/ARCE_LUIS_AGUAS_RESIDUALES_RESIDENCIALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bermejo, D. (2012). *Reutilización de aguas residuales domésticas* (tesis para optar el grado de máster en arquitectura y urbanismo sostenible). Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/29576/1/MEMORIA_TFM_sep_2012_David_Bermejo.pdf
- Cubas, B. (2018). *Reducción del consumo de agua potable a través de la reutilización de aguas residuales domésticas, para el condominio*

- Bella Aurora, Nuevo Chimbote* (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20,500,12692/23744>
- NIH (2020). *Diccionario de cáncer del NCI*. Recuperado de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/estudio-de-poblacion>
- Certicalia (2020). *Definición de estudio hidrológico*. Recuperado de <https://www.certicalia.com/estudio-hidrologico/que-es-el-estudio-hidrologico>
- FONAM, 2010. *Definición de planta de tratamiento y tipos de tratamientos existente en el Perú*. Recuperado de http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/%24FILE/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf
- INEI. (2017). *Registro de saneamiento en el Perú*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf
- Loza, P. (2017). *Diseño de un sistema de reciclado de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en una vivienda multifamiliar de doce pisos en la ciudad de Tacna* (tesis para optar el título de ingeniería civil). Recuperado de <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/341/1/Loza-Delgado-Paolo-Jes%C3%BAs.pdf>
- Metcalf y Eddy (1995). *Ingeniería de aguas residuales*. Recuperado de https://www.academia.edu/35963101/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edici%C3%B3n_METCALF_and_EDDY_FREELIBROS_ORG_pdf
- Padilla, M. (2018). *Instalaciones sanitarias en el Hotel IBIS Reducto de Miraflores*. (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3213>
- Pari, P. (2018). *Reutilización de aguas grises domesticas ante la insuficiencia de agua potable en edificios multifamiliares* (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). Recuperado de <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/782>

- RNE-IS010 (2020). *Instalacione sanitarias para edificaciones*. Recuperado de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- RNE-IS020. *Tanque septicos*. Recuperado de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Rodríguez, R. (2008). *Reutilización de aguas grises*. (Seminario). Recuperado de http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/agua-reutilizacion_aguas_grises.pdf
- Sancha, A. & Ahumada, G. (2007). *Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación de caso en Chile* (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104596/franco_m.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Sedapal (2019). *Alternativas de solución por el cumplimiento de DS021-2009-Vivienda*. Recuperado de http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=735e9934-790b-4c1a-b1d2-9d28d5bf5848&groupId=10154
- Sedapal, 2017. Consumo de agua potable por distritos 2017. Recuperado de <https://cutt.ly/qdBmV7g>
- Soto, W. (2012). *Sistema de tratamiento de aguas grises domésticas, como una alternativa para la seguridad hídrica en Tijuana* (tesis para optar el grado de maestra en administración integral de ambiente). Recuperado de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2014/03/TESIS-Soto-Aguilar-Wendy-1.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 el Pedregal distrito de Majes - Caylloma – Arequipa* (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10194>
- Tafur, P. (2016). *Exceso de contaminación en aguas residuales*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/peru/exceso-de-contaminantes-en-aguas-residuales-703439/>

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA GRISES EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN EL DISTRITO DE COMAS - LIMA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE”.					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES		METODOLOGÍA
Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variable Independiente (VI): Diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises		Método de Investigación: Deductivo-Análisis
¿El diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises en edificios multifamiliares en el distrito de Comas, Lima permite la reducción del consumo de agua potable?	Diseñar un sistema de tratamiento de aguas grises en edificios multifamiliares en el distrito de Comas, Lima que permite la reducción del consumo de agua potable.	El diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises en edificios multifamiliares en el distrito de Comas, Lima permitirá la reducción del consumo de agua potable	DIMENSIONES	INDICADORES	Enfoque: Cuantitativo
			Sistema de recolección	Diámetros de tuberías y volumen de almacenamiento de recolección.	
			Cámara de tratamiento	Diámetros de tuberías, sistema de filtros y equipo de bombeo de tratamiento.	Diseño de Investigación: No experimental
			Sistema de distribución	Volumen de almacenamiento, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de distribución.	Población de estudio: El estudio se realiza en el distrito de Comas, Lima debido al incremento de la población, que requerirá nuevos proyectos multifamiliares, lo que lleva a un mayor consumo de agua en este distrito. Por lo tanto, se tomará como población a todo el edificio multifamiliar de 20 pisos, con una capacidad de 700 habitantes.
			Sistema de evacuación	Volumen de desagüe, diámetro de tuberías y equipo de bombeo.	

Problema Específicos:	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente (VD): Reducción del consumo de agua potable	
¿Se puede calcular los diámetros de tuberías y volumen de almacenamiento de recolección que permiten la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario?	Calcular los diámetros de tuberías y volumen de almacenamiento de recolección que permiten la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario.	El cálculo de los diámetros de tuberías y volumen de almacenamiento de recolección permitirán la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario.	Ahorro del caudal de agua potable.	Reducción de volumen de consumo diario
¿Se puede calcular los diámetros de tuberías, sistema de filtros y equipo de bombeo de tratamiento que permiten la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario?	Calcular los diámetros de tuberías, sistema de filtros y equipo de bombeo de tratamiento que permiten la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario.	El cálculo de los diámetros de tuberías, sistema de filtros y equipo de bombeo de tratamiento permitirán la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario, al formar parte de la cámara de tratamiento.		
Procedimiento de técnicas: En la primera etapa se realizará encuestas presenciales para la recolección de datos reales, con el fin de diseñar el sistema por medio de cálculos hidráulicos.				

<p>¿Se puede diseñar el volumen de almacenamiento, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de distribución que permiten la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario?</p>	<p>Diseñar el volumen de almacenamiento, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de distribución que permiten la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario.</p>	<p>El diseño del volumen de almacenamiento, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de distribución permitirán la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario.</p>			
<p>¿Se puede calcular el volumen de desagüe, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de evacuación que permiten la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario?</p>	<p>Calcular el volumen de desagüe, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de evacuación que permiten la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario.</p>	<p>El cálculo del volumen de desagüe, diámetro de tuberías y equipo de bombeo de evacuación permitirán la reducción del consumo de agua potable mediante la reducción de volumen de consumo diario.</p>			

Anexo 2

Tabla 37

Tabla 37
Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso privado)

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
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: Reglamento Nacional de Edificaciones IS 010

Anexo 3

Tabla 38

Tabla 38

Diámetros de las tuberías de impulsión en función del gasto de bombeo

Gasto de bombeo en l/s	Diámetro de la tubería de impulsión (mm)
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: Reglamento Nacional de Edificaciones IS 010

Anexo 4

Tabla 39

Tabla 39

Gastos probables para la aplicación del método de Hunter

N.º de unidades	Gasto Probable		N.º de unidades	Gasto Probable		N.º 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		
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		

PARA EL NÚMERO DE UNIDADES DE ESTA COLUMNA ES INDIFERENTE QUE LOS APARATOS SEAN DE TANQUE O DE VÁLVULA.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones IS 010

Anexo 5

Tabla 40

Tabla 40

6. *Unidades de descarga*

Tipos de aparatos	Diámetro mínimo de la trampa(mm)	Unidades de descarga
Inodoro (con tanque).	75 (3")	4
Inodoro (con tanque 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" - 1 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 pública.	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: Reglamento Nacional de Edificaciones IS 010

Anexo 6

Tabla 41

Tabla 41

6 Número máximo de unidades de descarga que puede ser conectado a los ductos horizontales de desagüe y a las montantes

Diámetro del tubo(mm)	Cualquier horizontal de desagüe (*)	Montantes de 3 pisos de altura	Montantes de más de 3 pisos	
			Total en la montante	Total por Piso
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: Reglamento Nacional de Edificaciones IS 010

Anexo 7

Tabla 42

Tabla 42
Encuesta de consumo diario en departamentos

¿Usted vive en un departamento?	¿Cuántos dormitorios tiene su vivienda?	¿Cuántas personas viven en su vivienda?	¿Su vivienda cuenta con una trabajadora del hogar?	¿Cuántos inodoros tienen su vivienda?	Sabemos que el uso de un inodoro es importante en nuestras vidas; sin embargo, su frecuencia de uso también es un factor de gasto en cuanto al uso de agua se refiere. En su caso, ¿qué frecuencia diaria le da a su inodoro?	Litros por descargas (5 ℓ)	Dotación diaria de un inodoro (ℓ/d)
Sí	3	5	No	2	6	5	75,00
Sí	4	5	No	2	3	5	37,50
Sí	2	1	No	2	3	5	7,50
Sí	2	4	No	2	4	5	40,00
Sí	3	3	No	3	7	5	35,00
Sí	2	4	No	1	10	5	200,00
Sí	2	4	No	2	6	5	60,00
Sí	2	7	No	2	10	5	175,00
Sí	3	5	No	3	6	5	50,00
Sí	2	6	No	1	10	5	300,00
Sí	2	3	No	2	5	5	37,50
Sí	2	6	No	1	10	5	300,00

Sí	2	4	No	2	3	5	30,00
Sí	3	4	No	1	6	5	120,00
Sí	3	4	No	1	5	5	100,00
Sí	3	4	No	2	4	5	40,00
Sí	2	3	No	2	5	5	37,50
Sí	3	4	No	1	6	5	120,00
Sí	3	4	No	3	3	5	20,00
Sí	4	5	No	3	8	5	66,67
Sí	3	4	Sí	2	3	5	30,00
Sí	2	3	No	2	4	5	30,00
Sí	5	7	No	1	8	5	280,00
Sí	3	1	No	3	3	5	5,00
Sí	3	4	No	1	5	5	100,00
Sí	2	2	No	2	8	5	40,00
Sí	3	6	No	3	14	5	140,00
Sí	2	3	No	2	14	5	105,00
Sí	2	1	No	3	3	5	5,00
Sí	3	2	No	2	6	5	30,00
Sí	2	5	No	1	12	5	300,00
Sí	3	2	Sí	2	6	5	30,00
Sí	2	3	No	3	8	5	40,00
Sí	3	3	No	2	7	5	52,50
Sí	3	3	No	1	9	5	135,00
Sí	2	4	No	2	9	5	90,00
Sí	2	3	No	3	10	5	50,00
Sí	3	1	No	1	14	5	70,00
Sí	3	5	No	2	11	5	137,50
Sí	2	2	No	3	14	5	46,67
Sí	2	3	No	2	10	5	75,00
Sí	3	3	No	1	12	5	180,00
Sí	3	3	Sí	1	8	5	120,00
Sí	2	5	No	3	13	5	108,33
Sí	2	3	No	2	14	5	105,00
Sí	3	5	No	3	10	5	83,33

Sí	2	6	No	3	13	5	130,00
Sí	3	4	No	3	6	5	40,00
Sí	3	6	No	2	14	5	210,00
Sí	2	4	No	3	10	5	66,67
Sí	3	3	No	2	3	5	22,50
Sí	3	2	No	3	9	5	30,00
Sí	2	2	No	3	3	5	10,00
Sí	2	5	Sí	3	9	5	75,00
Sí	3	4	No	2	11	5	110,00
Sí	2	2	No	3	10	5	33,33
Sí	3	2	No	1	7	5	70,00
Sí	2	6	No	2	7	5	105,00
Sí	3	4	No	2	7	5	70,00
Sí	2	4	No	3	3	5	20,00
Sí	3	5	No	2	8	5	100,00
Sí	3	5	No	3	6	5	50,00
Sí	2	4	No	3	5	5	33,33
Sí	3	2	No	2	8	5	40,00
Sí	3	1	Sí	3	6	5	10,00
Sí	3	4	No	2	10	5	100,00
Sí	2	2	No	3	6	5	20,00
Sí	3	6	No	3	8	5	80,00
Sí	2	4	No	3	14	5	93,33
Sí	2	6	No	2	8	5	120,00
Sí	3	3	No	3	6	5	30,00
Sí	3	6	No	1	7	5	210,00
Sí	2	2	No	3	4	5	13,33
Sí	3	1	No	3	11	5	18,33
Sí	3	5	No	3	12	5	100,00
Sí	2	1	Sí	3	10	5	16,67
Sí	3	3	No	3	5	5	25,00
Sí	2	4	No	3	11	5	73,33
Sí	2	3	No	2	8	5	60,00
Sí	3	4	No	3	12	5	80,00

Sí	2	1	No	1	3	5	15,00
Sí	3	6	No	3	3	5	30,00
Sí	2	2	No	2	9	5	45,00
Sí	2	5	No	2	5	5	62,50
Sí	2	1	No	3	11	5	18,33
Sí	3	3	No	2	9	5	67,50
Sí	2	4	Sí	1	4	5	80,00
Sí	2	5	No	2	7	5	87,50
Sí	2	4	No	3	14	5	93,33
Sí	2	2	No	1	5	5	50,00
Sí	2	6	No	1	14	5	420,00
Sí	3	6	No	3	7	5	70,00
Sí	2	4	No	1	7	5	140,00
Sí	2	2	No	2	3	5	15,00
Sí	2	1	No	3	12	5	20,00
Sí	3	5	No	3	9	5	75,00
Sí	3	3	No	1	9	5	135,00
Sí	3	6	Sí	1	8	5	240,00
Sí	3	6	No	1	7	5	210,00
Sí	2	2	No	2	11	5	55,00
Sí	3	2	No	3	13	5	43,33
Promedio de L/d							84,00

Fuente: Elaborado por los autores

Anexo 8

Ábaco 1

Tabla 43

Abaco 1: pérdida de carga por accesorios

Accesorio	Diámetro								
	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"
Válvula de globo	4,50 0	6,20 0		11,00 0					
Válvula de succión									8,30 0
Válvula <i>check</i>						4,40 0	5,20 0		
Válvula de compuerta						0,37 0	0,48 0	0,53 0	0,74 0
Reducción 4" a 3"								0,55 0	
Reducción 3" a 2½"							0,48 0		
reducción 2½" a 2"						0,39 0			
Reducción 2" a 1½"					0,25 0				
Reducción 1½" a 1¼"				0,220					
Reducción 1¼" a 1"			0,18 0						
Reducción 1" a ¾"		0,14 0							
Reducción ¾" a ½"	0,09 0								
Codo estándar	0,41 0	0,60 0				1,60 0	2,20 0	2,60 0	3,50 0
Tee estándar	0,26 0			0,600	0,70 0	1,09 0	1,35 0	1,60 0	2,30 0
Tee estándar a lateral								5,50 0	

Fuente: elaborado por los autores

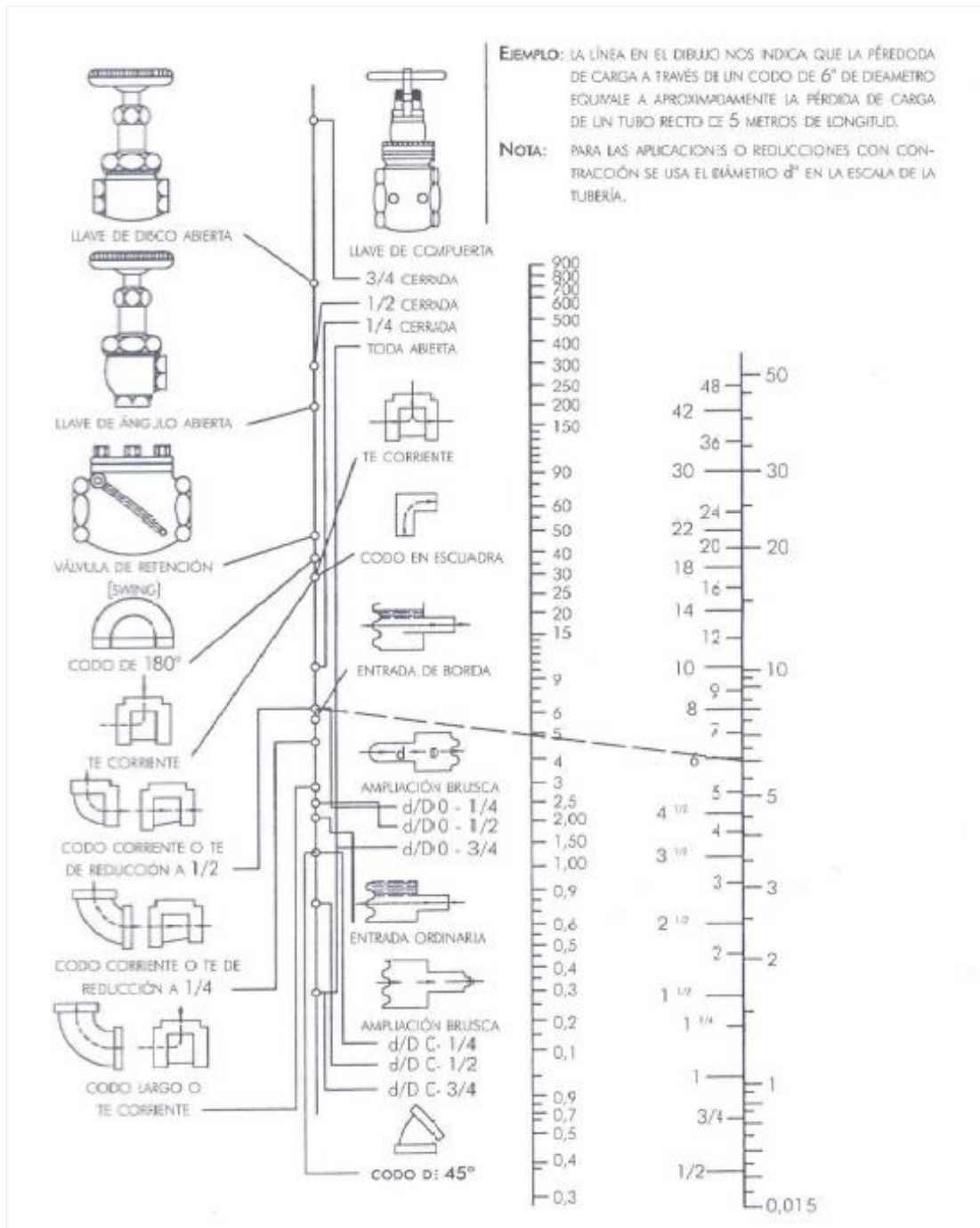
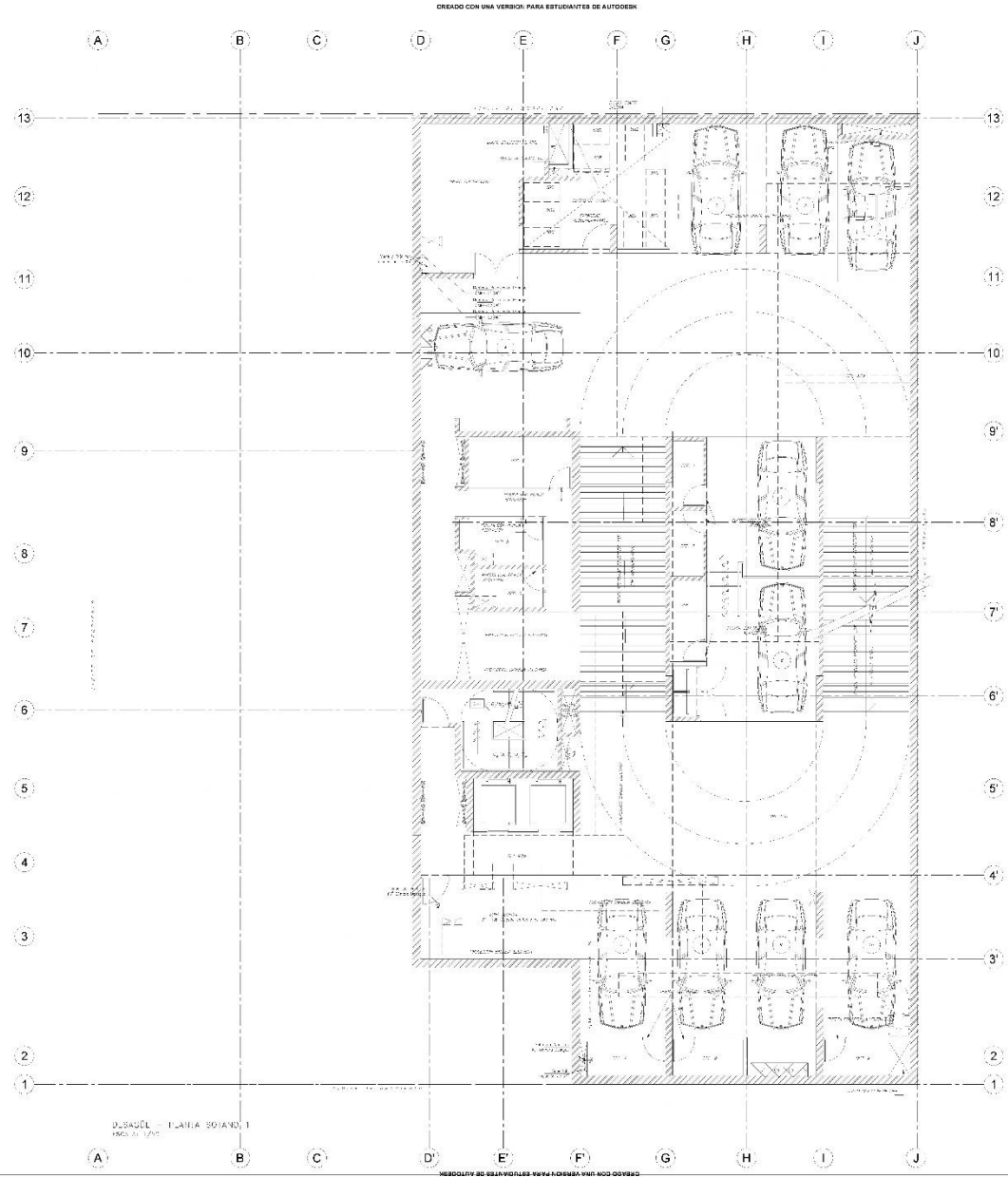


Figura 10. Ábaco 1: Pérdida de carga en accesorios
Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones IS 010

Anexo 9
Planos ISAG

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



DISEÑÓ: T. LAFIA BOIANO I
ARQUITECTO

LEYENDA

[Symbol]	ESTRUCTURA
[Symbol]	MEUBLES Y EQUIPO DE INTERIORES
[Symbol]	MEUBLES Y EQUIPO DE EXTERIORES
[Symbol]	MEUBLES Y EQUIPO DE INTERIORES
[Symbol]	MEUBLES Y EQUIPO DE EXTERIORES
[Symbol]	MEUBLES Y EQUIPO DE INTERIORES
[Symbol]	MEUBLES Y EQUIPO DE EXTERIORES
[Symbol]	MEUBLES Y EQUIPO DE INTERIORES
[Symbol]	MEUBLES Y EQUIPO DE EXTERIORES

OPERA DE:
**INSTALACIONES
 SANITARIAS
 DE AGUAS GRISAS**

INICIALES:
 HERENCIA RAMOS,
 RICARDO MARTÍN,
 SANDOVAL CADILLO,
 JENYF HAYNO

TÍTULO:
**EDIFICIO
 MULTIFAMILIAR**

TIPO DE:
**TALLER
 DE
 TESIS**

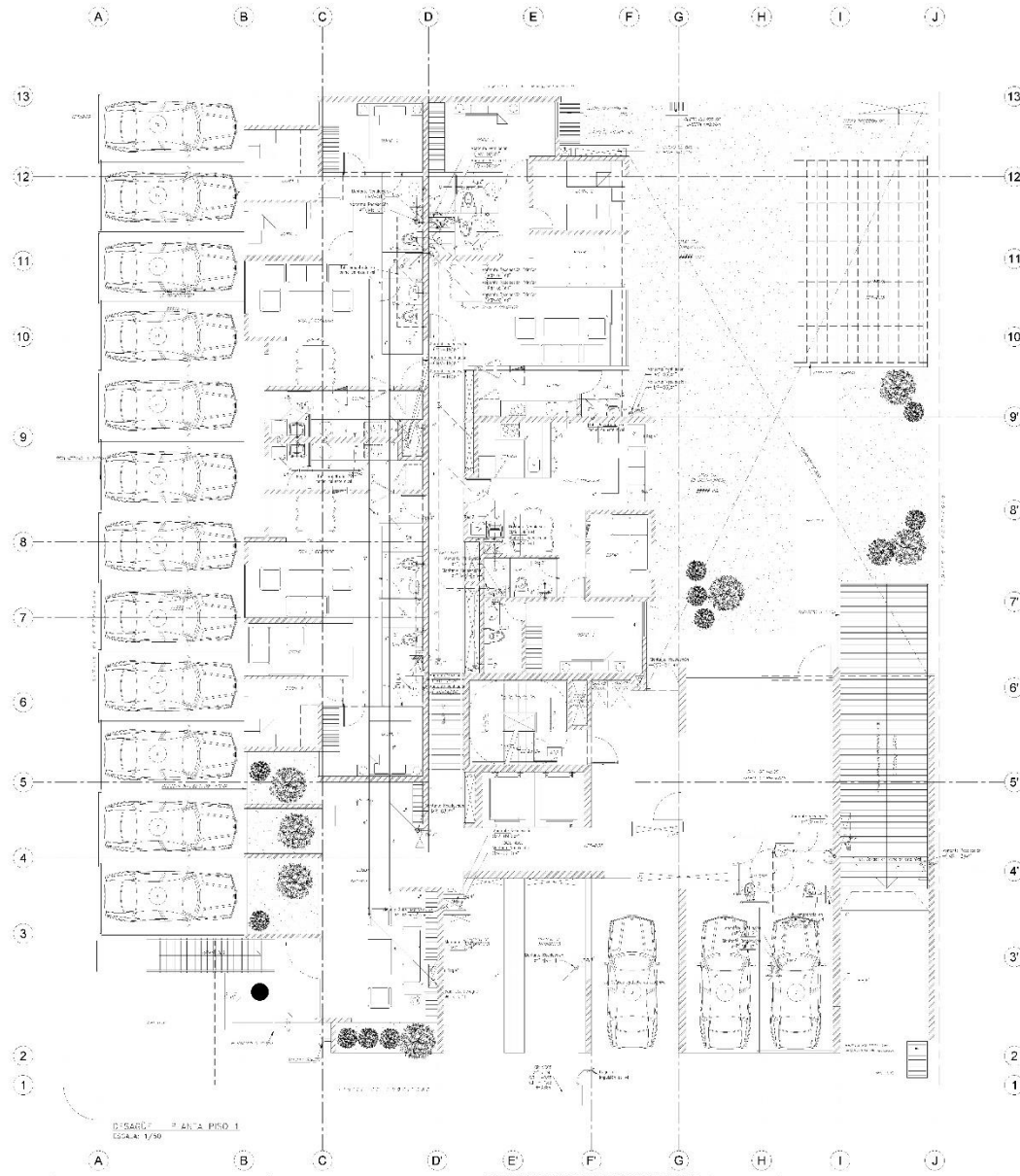
UBICACIÓN:
 DISTRITO DE SAN JUAN DE
 DE TRATAMIENTO
 DE AGUAS GRISAS
 EN EDIFICIOS
 MULTIFAMILIARES
 EN
 EL DISTRITO
 DE CONDES LIMA
 PARA LA REDUCCIÓN
 DEL CONSUMO
 DE
 AGUA POTABLE

ISAG - 04

FOYER: 1/50 | PÁGINA: 40

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



LEYENDA

1	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 20 CM
2	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 15 CM
3	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 10 CM
4	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 5 CM
5	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 3 CM
6	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 2 CM
7	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 1 CM
8	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 0.5 CM
9	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 0.2 CM
10	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 0.1 CM
11	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 0.05 CM
12	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 0.02 CM
13	TRINCHERA DE CABLES	TRINCHERA DE 0.01 CM

PROYECTO DE
INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUAS GRISAS

PROYECTO DE
HERENCIA RAMOS, RICARDO BARRIN, SANDOVAL CADILLO, JENNY HAYDO

PROYECTO DE
EDIFICIO MULTIFAMILIAR

CURSO
TALLER DE TESIS

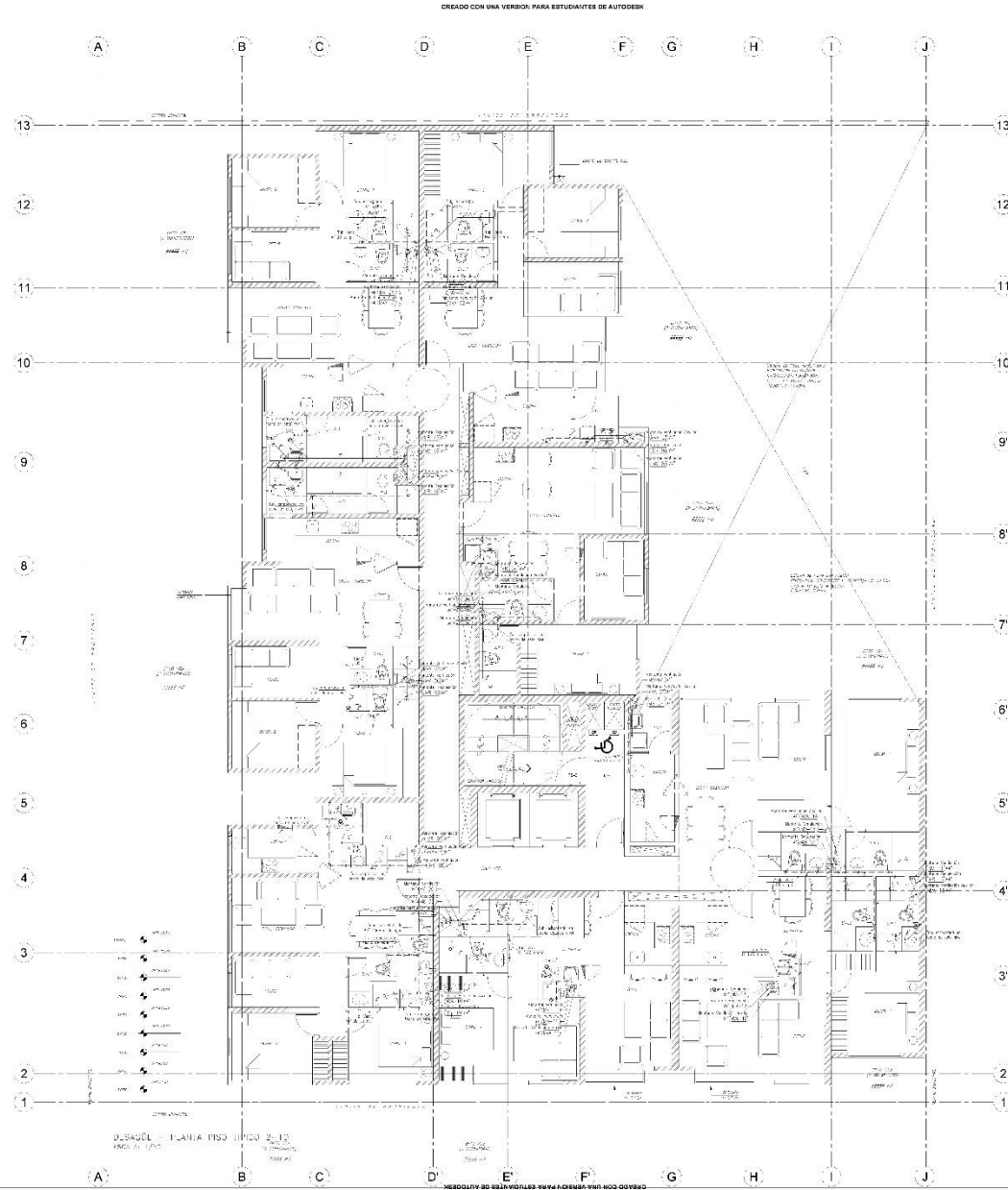
PROYECTO DE
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN EL DISTRITO DE COMAS-LARCA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE

ISAG - 05

FECHA: 1/20 AÑO: 20

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



DISEÑO DE PLANTA PISO 2-13

LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...

OPERA LAS INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUAS GRISAS

HERENCIA RADOS, RICARDO MARTÍN SANDOVAL CADILLO, JENNY HAYRO

EDIFICIO MULTIFAMILIAR

TALLER DE TESIS

BOSQUE DE TRATAMIENTO DE AGUA CRISIS EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN EL DISTRITO DE CONDES-LIMA PARA LA REBICCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE

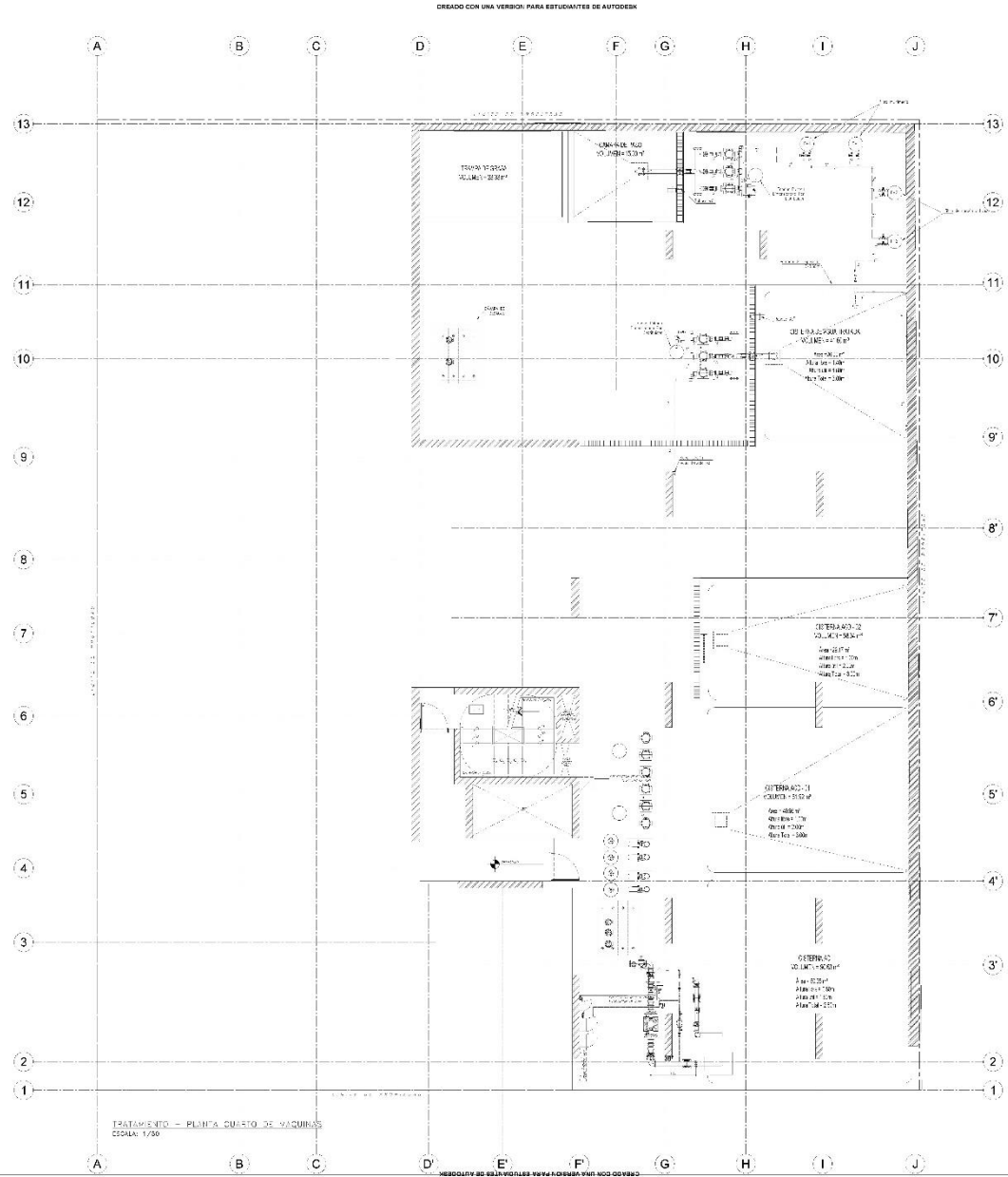
ISAG - 06

FOYSA 1/50 10/2017 40

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

Anexo 10
Planos ISAT

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



LEYENDA

1	DEBORA-03-12
2	DEBORA-03-11
3	DEBORA-03-10
4	DEBORA-03-09
5	DEBORA-03-08
6	DEBORA-03-07
7	DEBORA-03-06
8	DEBORA-03-05
9	DEBORA-03-04
10	DEBORA-03-03
11	DEBORA-03-02
12	DEBORA-03-01
13	DEBORA-03-00

OPERAÇÃO: INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA TRATADA

PROYECTO: FERRERIA RAMOS, RICARDO MARTIN SANDOVAL GABELLO, JENSY HAYRO

TITULO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR

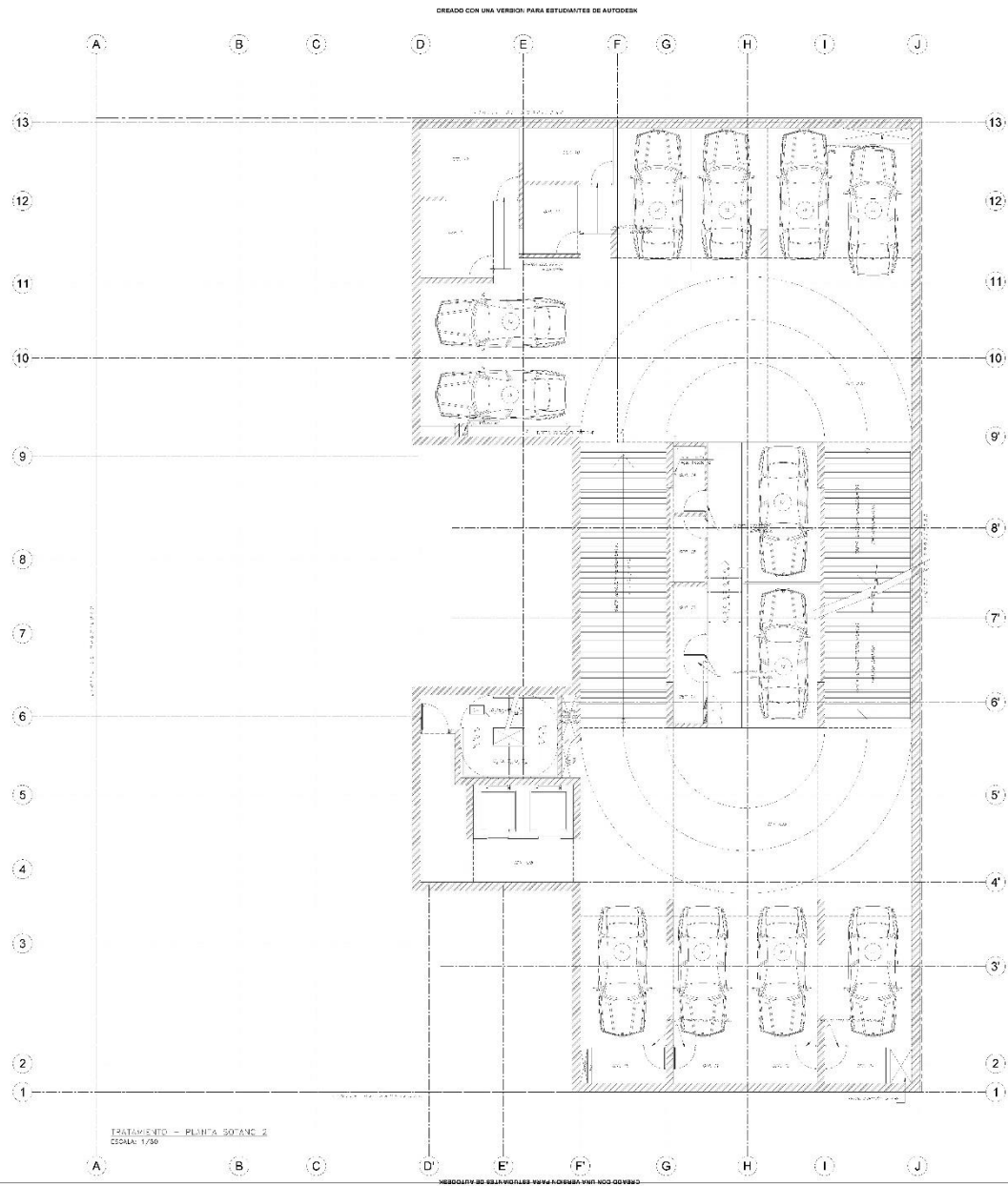
TIPO: TALLER DE TESIS

DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRISIS EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN EL DISTRITO DE COVAS-LIMA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE

I.S.A.T - 01

ESCALA: 1/50

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



LEYENDA	
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...
[Symbol]	...

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

PROYECTO:
INSTALACIONES
SANITARIAS
DE AGUA TRATADA

PROFESOR:
HERENCIA RAMOS,
RICARDO MARTIN,
SANDROVAL CABRILLO,
JENSY HAYRO

TÍTULO:
EDIFICIO
MULTIFAMILIAR

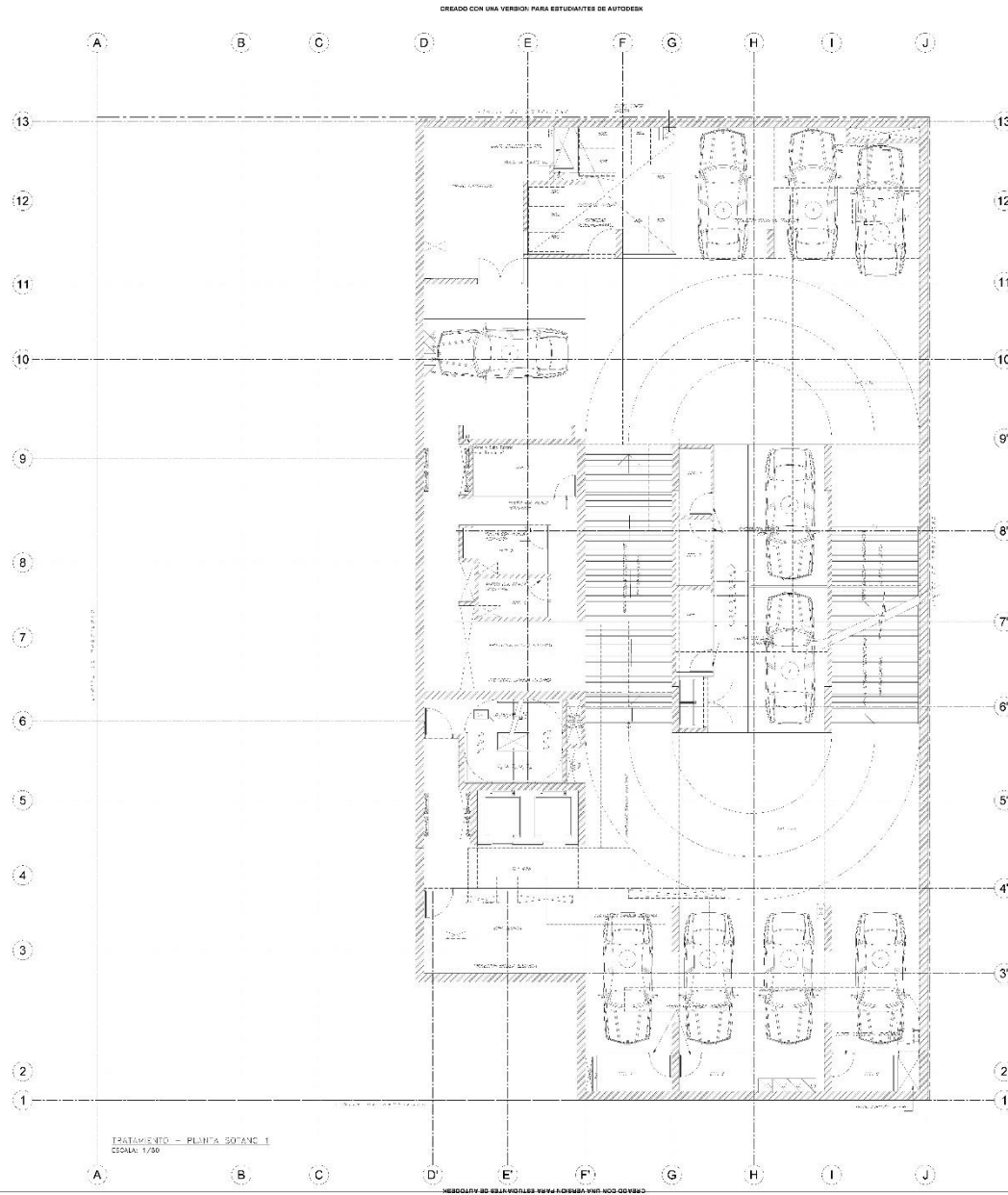
CATEGORÍA:
TALLER
DE
TESIS

TRABAJO PARA:
DISEÑO DE UN SISTEMA
DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL
EN EDIFICIOS
MULTIFAMILIARES
EN
EL DISTRITO
DE COMAS - LIMA
PARA LA REDUCCIÓN
DEL CONSUMO
DE
AGUA POTABLE

I.S.A.T - 03

ESCALA: 1/50

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



LEYENDA	
LINEAS FINAS	ESQUEMA
LINEAS GRUESAS	ESQUEMA
...	...

PROYECTO:
INSTALACIONES
SANITARIAS
DE AGUA TRATADA

PROYECTA:
HERENCIA RAMOS,
RICARDO MARTIN,
SANDROVAL CABRILLO,
JENSY MAYRO

TÍTULO:
EDIFICIO
MULTIFAMILIAR

TIPO DE
TALLER
DE
TESIS

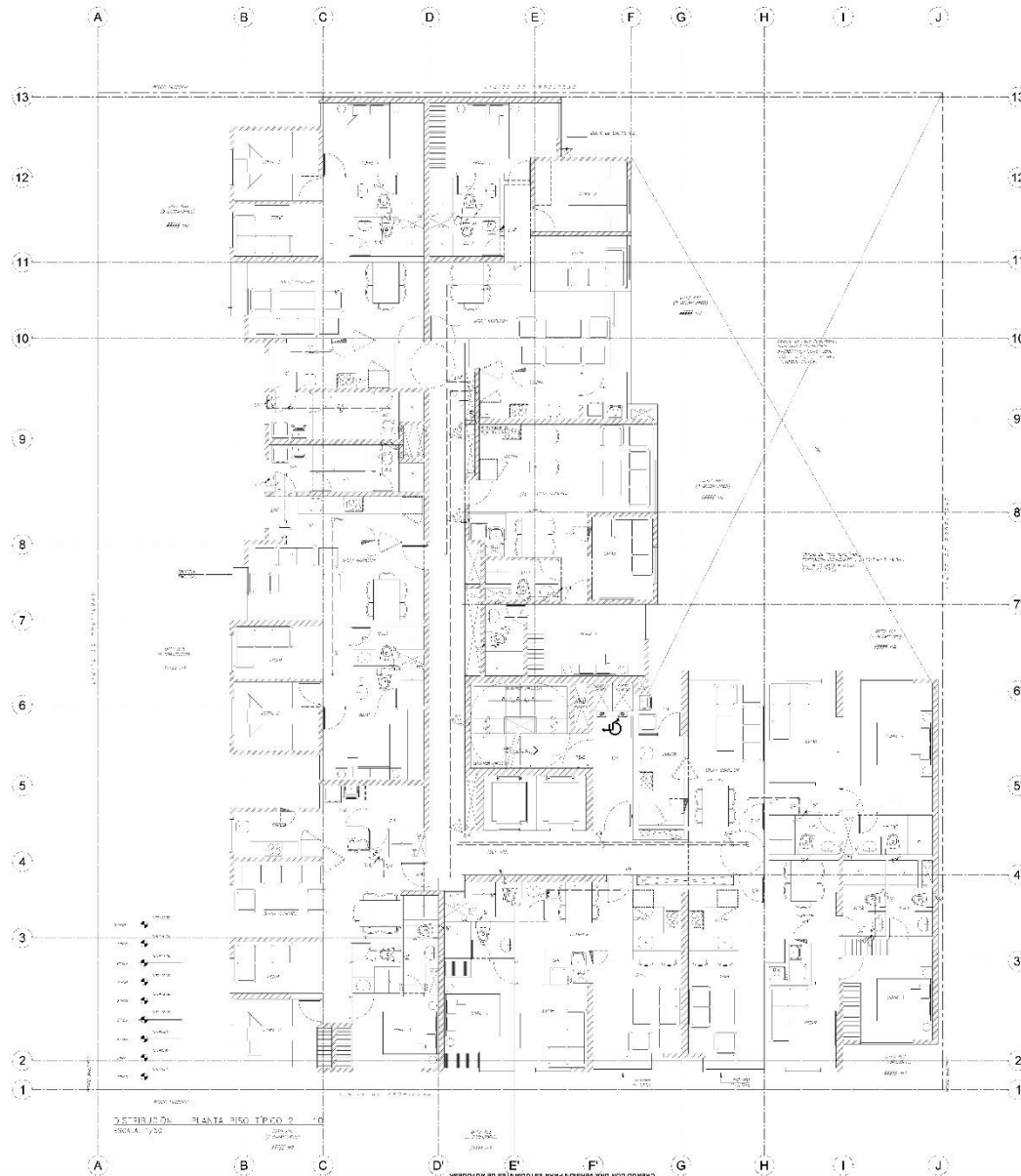
TRABAJO PARA:
DISEÑO DE UN SISTEMA
DE TRATAMIENTO
DE AGUA CRUDA
EN EDIFICIOS
MULTIFAMILIARES
EN
EL DISTRITO
DE COMAS - LIMA
PARA LA REPLICACIÓN
DEL CONSUMO
DE
AGUA POTABLE

I.S.A.T - 04

Escala: 1/50

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

PROYECTO:
**INSTALACIONES
 SANITARIAS
 DE AGUA TRATADA**

PROFESOR:
**HERENCIA RAMOS,
 RICARDO MARTÍN,
 SANDOVAL CABRILLO,
 JENSY HAYRO**

TÍTULO:
**EDIFICIO
 MULTIFAMILIAR**

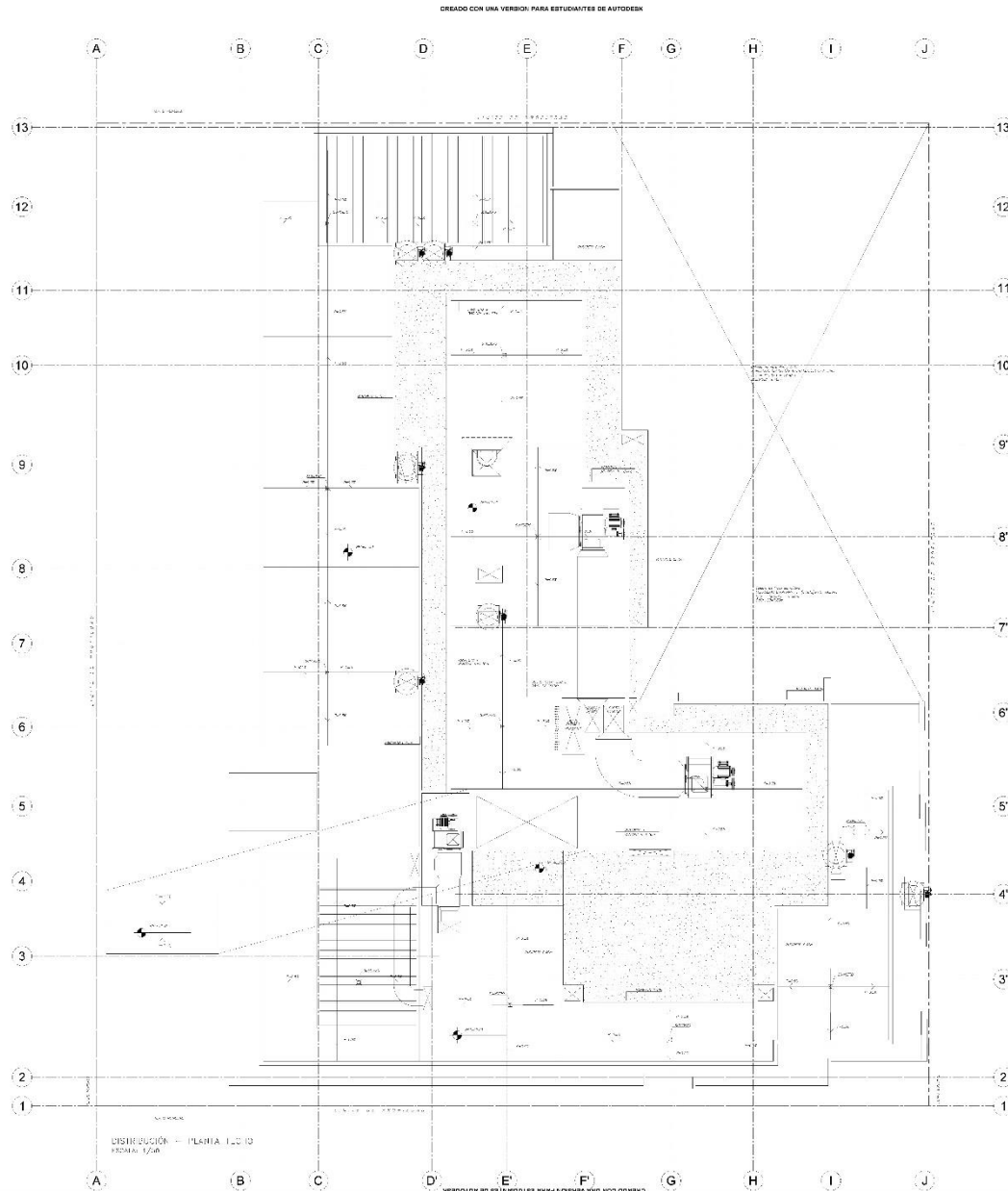
TIPO DE
**TALLER
 DE
 TESIS**

PLAZA PARA:
**DISEÑO DE UN SISTEMA
 DE TRATAMIENTO
 DE AGUA RESIDUAL
 EN EDIFICIOS
 MULTIFAMILIARES EN
 EL DISTRITO
 DE COMAS-LIMA
 PARA LA REPLICACIÓN
 DEL CONDOMINIO
 DE
 AGUA POTABLE**

I.S.A.T - 06

1750 A0

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



LEYENDA	
ALUMBRADO	ALUMBRADO
...	...

PROYECTO:
INSTALACIONES
SANITARIAS
DE AGUA TRATADA

PROFESOR:
HERENCIA RAMOS,
RICARDO MARTÍN,
SANDROVAL CABRILLO,
JENSY HAYRO

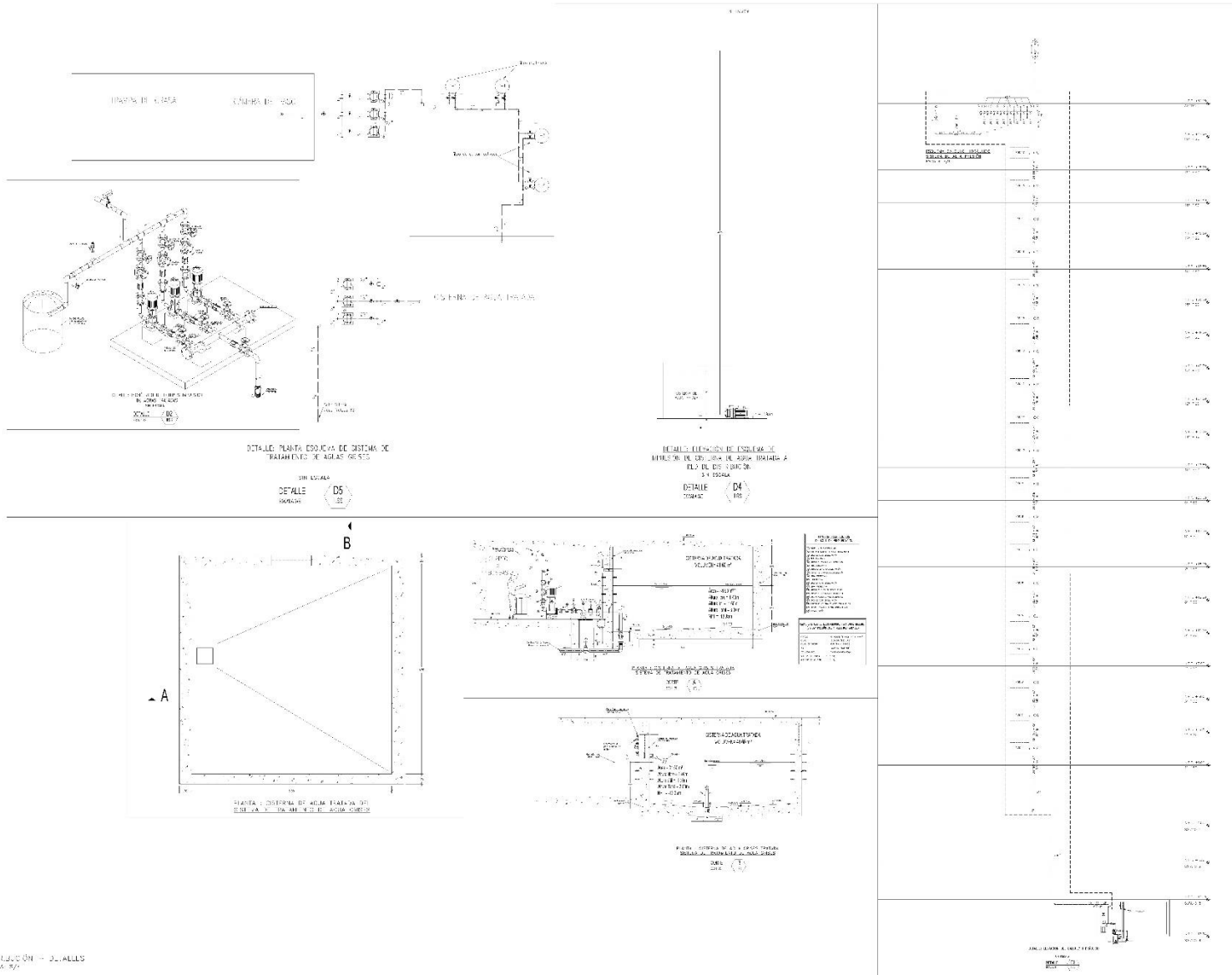
TÍTULO:
EDIFICIO
MULTIFAMILIAR

TEMÁTICA:
TALLER
DE
TESIS

OBJETIVO:
DISEÑO DE UN SISTEMA
DE TRATAMIENTO
DE AGUA CRUDA
EN EDIFICIOS
MULTIFAMILIARES
EN
EL DISTRITO
DE FOMAS - LIMA
PARA LA REDUCCIÓN
DEL CONSUMO
DE
AGUA POTABLE

I.S.A.T - 09

ESCALA: 1/50



CREADO CON UNA VERRIBI PARA ESTUDIANTE DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERRIBI PARA ESTUDIANTE DE AUTODESK

DS. TUBOS - DETALLES
1/100 - 1/20

PROYECTO:
INSTALACIONES
SANITARIAS
DE AGUA TRATADA

PROFESOR:
HERENCIA RAMOS,
RICARDO MARTIN,
SANDROVAL CABRILLO,
JENSY HAYDO

UBICACION:
EDIFICIO
MULTIFAMILIAR

TEMAS:
TALLER
DE
TESIS

PLANTAS:
DISEÑO DE UN SISTEMA
DE TRATAMIENTO
DE AGUA CRUDA
EN EDIFICIOS
MULTIFAMILIARES
EN
EL DISTRITO
DE COMAS - LIMA
PARA LA REDUCCION
DEL CONSUMO
DE
AGUA POTABLE

I.S.A.T - 10

1/50 1/200 A0