



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**EVALUACIÓN DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA EL
ABASTECIMIENTO DE BATERÍAS SANITARIAS EN EDIFICACIONES
CONSTRUIDAS Y EDIFICACIONES NUEVAS**

TUTOR

Mgtr. LISSETTE SANCHEZ

AUTORES

JOHN ADRIANO FREIRE AVELLÁN

BRITNY TALIA MEDINA CABRERA

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO: Evaluación de reutilización de aguas grises para el abastecimiento de baterías sanitarias en edificaciones construidas y edificaciones nuevas

AUTOR/ES:

Freire Avellán John Adriano
Medina Cabrera Britny Talia

TUTOR:

Mgtr. Lissette Sánchez

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente Rocafuerte
de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniería Civil

FACULTAD: Ingeniería Industria y
Construcción

CARRERA: Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS:

115

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Diseño arquitectónico, Tratamiento de desechos, Agua, Ejecución de proyecto.

RESUMEN: El presente trabajo de tesis tuvo como propósito principal el diseño de un sistema de redes hidrosanitarias utilizando herramientas digitales como Revit y AutoCAD, con el fin de mejorar la planificación, coordinación y ejecución de obras sanitarias. A través del modelado tridimensional y el trabajo colaborativo que permite el entorno BIM, se logró optimizar los procesos constructivos y reducir posibles interferencias entre disciplinas, lo que representa un avance importante frente a los métodos tradicionales de diseño. Para encontrar más resultados se lleva a cabo el proceso de análisis sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en ellos se hacen ver el DBO DQO DBO5, entre otros. Estos resultados encontrados y verificados demuestran que el tratamiento puede alcanzar sus niveles de aceptabilidad como propuesta de mejoramiento, contribuyendo así la conservación de los recursos hídricos y el cumplimiento de las normativas para diseños o modelados. Otro aspecto fundamental abordado en esta investigación fue la comparación de costos entre sistemas de recirculación de aguas grises y los sistemas tradicionales ofrecidos por empresas proveedoras de agua potable. El análisis económico evidenció que, si bien la inversión inicial en sistemas de recirculación es mayor, el retorno de inversión se alcanza en un plazo razonable gracias al ahorro generado en el consumo de agua potable y en el pago de servicios. Para finalizar, esta propuesta de proyecto demuestra la rentabilidad de integrar tecnologías de diseños, criterios sobre la sostenibilidad y más aún el tema de análisis económico, para proponer soluciones eficientes en el ámbito hidrosanitario. Además, la implementación de sistemas para la reutilización de aguas grises es económicamente rentable y también genera una viabilidad técnica lo que representa una alternativa real frente a los desafíos actuales del uso eficiente del agua.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI ☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Freire Avellán John Adriano Medina Cabrera Britny Talia	Teléfono: 0991539565 0939886441	E-mail: jfreirea@ulvr.edu.ec bmedinat@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Dr. Marcial Sebastián Amores Calero Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Torres Rodríguez Jorge Enrique Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242 E-mail: jtorresr@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TT_2025A_FREIRE-
MEDINA

5%
Textos
sospechosos



5% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos (ignorado)
20% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: TT_2025A_FREIRE-MEDINA.pdf
ID del documento: 3c8037d334081cec19124c8c728c78b7e6d9ab63
Tamaño del documento original: 4,49 MB

Depositante: KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS
Fecha de depósito: 22/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 22/8/2025

Número de palabras: 23.590
Número de caracteres: 166.324

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.lexis.com.ec Código Orgánico del Ambiente Descargar PDF Código Orgá... https://www.lexis.com.ec/biblioteca/codigo-organico-ambiente 26 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (462 palabras)
2	www.gob.ec https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/CONSTITUCION 2008.pdf#:~:text=... 16 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (409 palabras)
3	www.cip.org.ec https://www.cip.org.ec/attachments/article/2137/BORRADOR REFORMA ANEXO I.doc 6 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (264 palabras)
4	www.oficial.ec Ordenanza Municipal 2015-04-24-21 Cantón Atacames: De prev... https://www.oficial.ec/ordenanza-municipal-2015-04-24-21-canton-atacames-prevencion-cont... 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (197 palabras)
5	1library.co TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL https://1library.co/article/texto-unificado-de-legislación-ambiental.y8r71j2q#:~:text=Se prohib... 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (160 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #2cd044 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	portal.corteconstitucional.gob.ec https://portal.corteconstitucional.gob.ec/Raiz/2015/002-15-DEE-CC/REL_SENTENCIA_002-15-D...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
3	dspace.unl.edu.ec Insuficiencia de la ley de aguas al garantizar el derecho hum... http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/16221	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
4	localhost Auditoria ambiental al plan de manejo del embalse Daule Peripa http://localhost:8080/xmli/bitstream/redug/6103/3/Tesis Larrea Echeverria # 11.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
5	www.dspace.uce.edu.ec Fundamentos científicos y legales que sustentan las c... http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20022	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://fundacionecomar.org/que-son-las>
- <https://cadenaser.com/andalucia/2025/04/01/detectan-un>
- https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/341?utm_source=chatgpt
- <https://sigmadafclarifiers.com/la>



Lisette Elisa
Sanchez Rivera
Time Stamping
Security Data

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s) Freire Avellán John Adriano y Medina Cabrera Britny Talia (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **EVALUACIÓN DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA EL ABASTECIMIENTO DE BATERÍAS SANITARIAS EN EDIFICACIONES CONSTRUIDAS Y EDIFICACIONES NUEVAS** totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor

Firma:



Freire Avellán John Adriano

C.I. 0931726467

Autor

Firma:



Medina Cabrera Britny Talia

C.I. 1250511639

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **EVALUACIÓN DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA EL ABASTECIMIENTO DE BATERÍAS SANITARIAS EN EDIFICACIONES CONSTRUIDAS Y EDIFICACIONES NUEVAS TOTALMENTE** designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **EVALUACIÓN DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA EL ABASTECIMIENTO DE BATERÍAS SANITARIAS EN EDIFICACIONES CONSTRUIDAS Y EDIFICACIONES NUEVAS** totalmente presentado por el (los) estudiante (s)) Freire Avellán John Adriano y Medina Cabrera Britny Talia como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

C.C. 0923061857

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, por haber iluminado mi camino durante cada etapa de mi vida. Gracias por las oportunidades que has puesto en mi vida, por los caminos que se han abierto, y por no soltar mi mano cuando más lo necesitaba. Ha sido tu voluntad la que ha guiado mis pasos hasta este momento trascendental, y por ello te entrego mi gratitud más sincera. A mi madre, mi primer refugio y mi fuerza silenciosa, gracias por jamás rendirte. Por creer en mí incluso cuando ni yo mismo lo hacía, por apoyarme en cada paso, y, sobre todo, por esos años difíciles de mi infancia en los que estudiar se convertía en un reto. Gracias por tu paciencia, tu sacrificio y por impulsarme a seguir adelante con amor incondicional.

A mi padre, mi guía y mi ejemplo de vida, gracias por tu apoyo constante, por estar presente en cada decisión importante y por enseñarme que la verdadera grandeza está en la humildad, el esfuerzo y la perseverancia. Tu ejemplo me ha inspirado a seguir con determinación y responsabilidad. Eres, sin duda, mi mayor admiración. A mis hermanos, gracias por estar siempre a mi lado, en las buenas y en las malas, ofreciéndome su compañía, sus consejos y su afecto incondicional. Y a mi hermano, en particular, gracias por ser mi faro, mi modelo a seguir. Tu constancia, tu ética y tu forma de ver la vida me han motivado a ser mejor persona y mejor profesional. Este logro no es únicamente mío, sino de todos ustedes, que han sido mi mi fuerza y mi inspiración. Gracias

FREIRE JOHN

A mi familia, por su apoyo incondicional, por proveerme siempre de lo necesario y por transmitirme valiosas enseñanzas que han forjado mi crecimiento personal, de manera especial, a mi padre, a mi madre, a mi hermana y a mis sobrinos cuyo respaldo y guía han sido pilares esenciales para llegar a ser la persona y profesional que soy hoy.

MEDINA BRITNY

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, quien ha sido el fundamento de cada uno de mis pasos, el motivo de mis triunfos. Sin Su presencia en mi vida, nada de esto habría sido posible. A Él entrego esta meta cumplida. A mis padres, con todo mi amor, por ser el motor de mi vida. Esta dedicatoria es para ustedes, porque se merecen todo en este mundo. Gracias por su amor incansable, por sus sacrificios, por enseñarme con el ejemplo y por estar presentes en cada etapa de mi crecimiento. Cada página de este trabajo lleva el reflejo de sus esfuerzos y el eco de su apoyo incondicional.

Y a mis dos profesores del colegio, quienes vieron en mí un potencial que aún no reconocía. Gracias por orientarme, por motivarme, y por ser parte fundamental en la decisión de seguir esta carrera. Sus palabras, enseñanzas y confianza marcaron una diferencia crucial en mi vida. Esta dedicatoria también es para ustedes, con sincero aprecio y reconocimiento.

FREIRE JOHN

A Dios, por acompañarme en cada paso de este camino, por fortalecer mi corazón, iluminar mi mente y bendecirme con la presencia de personas que han sido mi apoyo y compañía a lo largo de todos mis años de formación profesional. A mi mami y mi papi por ser quienes siempre están a mi lado apoyándome para seguir adelante y no dar un paso atrás, agradecer sus consejos para hacer de mí una buena persona.

A mi hermana Diana por ser mi mejor amiga y brindarme su apoyo incondicional y estar en los momentos más difíciles de mi día. A mis amigas del trabajo por ser grandes mentoras y una fuente constante de inspiración que me impulsa a superarme cada día.

A mi mejor amiga por celebrar mis pequeños avances como grandes logros. También a Israel por creer en mi cuando ni yo mismo lo hacía, gracias por acompañarme, tu apoyo fue la clave.

MEDINA BRITNY

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tuvo como propósito principal el diseño de un sistema de redes hidrosanitarias utilizando herramientas digitales como Revit y AutoCAD, con el fin de mejorar la planificación, coordinación y ejecución de obras sanitarias. A través del modelado tridimensional y el trabajo colaborativo que permite el entorno BIM, se logró optimizar los procesos constructivos y reducir posibles interferencias entre disciplinas, lo que representa un avance importante frente a los métodos tradicionales de diseño.

Para encontrar más resultados se lleva a cabo el proceso de análisis sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en ellos se hacen ver el DBO DQO DBO5, entre otros. Estos resultados encontrados y verificados demuestran que el tratamiento puede alcanzar sus niveles de aceptabilidad como propuesta de mejoramiento, contribuyendo así la conservación de los recursos hídricos y el cumplimiento de las normativas para diseños o modelados.

Otro aspecto fundamental abordado en esta investigación fue la comparación de costos entre sistemas de recirculación de aguas grises y los sistemas tradicionales ofrecidos por empresas proveedoras de agua potable. El análisis económico evidenció que, si bien la inversión inicial en sistemas de recirculación es mayor, el retorno de inversión se alcanza en un plazo razonable gracias al ahorro generado en el consumo de agua potable y en el pago de servicios.

Para finalizar, esta propuesta de proyecto demuestra la rentabilidad de integrar tecnologías de diseños, criterios sobre la sostenibilidad y más aún el tema de análisis económico, para proponer soluciones eficientes en el ámbito hidrosanitario. Además, la implementación de sistemas para la reutilización de aguas grises es económicamente rentable y también genera una viabilidad técnica lo que representa una alternativa real frente a los desafíos actuales del uso eficiente del agua.

Palabras claves: Diseño arquitectónico, Tratamiento de desechos, Agua, Ejecución de proyecto.

ABSTRACT

The main purpose of this thesis was the design of a hydro-sanitary network system using digital tools such as Revit and AutoCAD, with the aim of improving the planning, coordination, and execution of sanitary works. Through three-dimensional modeling and the collaborative environment provided by BIM, it was possible to optimize construction processes and reduce potential interferences between disciplines, representing a significant improvement over traditional design methods.

To obtain further results, an analysis was carried out on physicochemical and microbiological parameters, including BOD, COD, BOD5, among others. The findings verified that the treatment process can reach acceptable levels as a proposed improvement, thus contributing to the conservation of water resources and compliance with regulatory standards for design and modeling.

Another key aspect addressed in this research was the cost comparison between greywater recirculation systems and traditional systems offered by potable water suppliers. The economic analysis showed that although the initial investment in recirculation systems is higher, the return on investment can be achieved within a reasonable period thanks to the savings generated in potable water consumption and service payments.

In conclusion, this project demonstrates the profitability of integrating design technologies with sustainability criteria and economic analysis to propose efficient solutions in the hydro-sanitary field. Moreover, the implementation of greywater reuse systems is not only economically viable but also technically feasible, offering a real alternative in addressing current challenges related to efficient water use.

Keywords: Architectural design, Waste treatment, Water, Project execution.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1.1 Tema:.....	2
1.2 Planteamiento del Problema:	2
1.3 Formulación del Problema:	3
1.4 Objetivo General	3
1.5 Objetivos Específicos.....	3
1.6 Idea a Defender (Hipótesis)	3
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	3
CAPÍTULO II	5
2.1 Marco Teórico.....	5
2.2 Antecedentes:.....	5
2.3 Fundamentación teórica:	8
2.3.1 Aguas residuales	8
2.3.2 Características de las aguas residuales	8
2.3.3 Tipos y clasificación de las aguas residuales	9
2.3.4 Aguas grises	10
2.3.5 Componentes de las aguas grises	12
2.3.6 Características de las aguas grises	13
2.3.7 Aguas pluviales	14
2.3.8 Composición de las aguas pluviales	14
2.3.9 Sistema de tratamiento de aguas grises	15
2.3.10 Almacenamiento de las aguas residuales	17
2.3.11 Tratamientos físicos en el proceso de las aguas grises	17
2.3.12 Hidrosanitarias	21
2.3.13 Importancia del sistema de aguas jabonosas	22

2.3.14	Propiedades microbiológicas de las aguas grises	23
2.3.15	Costos del sistema de tratamiento de aguas grises	24
2.3.16	Costos de mantenimiento referencial	25
2.3.17	Materiales utilizados para el tratamiento de aguas grises	26
2.3.18	Parámetros para el diseño de tratamiento de aguas grises	28
2.3.19	Fórmulas de cálculo para la recolección de aguas grises	30
2.4	Marco Legal	31
2.4.1	Constitución: Republica del Ecuador 2008 Elementos constitutivos	31
2.4.2	Capítulo: derechos del buen vivir Sección primera: agua y alimentación	31
2.4.3	Sección sexta: Habitación y vivienda	31
2.4.4	Agenda 2030 y los objetivos de Desarrollo sostenible	31
2.4.5	Normas de la Organización Mundial de la Salud	32
2.4.6	Régimen de Desarrollo; Sectores estratégicos y empresas públicas	32
2.4.7	Régimen del Buen vivir: Biodiversidad y recursos naturales	32
2.4.8	Certificaciones Ambientales	33
2.4.9	Norma generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado	33
CAPITULO III		35
MARCO METODOLOGICO		35
3.1	Enfoque de la investigación:	35
3.2	Alcance de la investigación	35
3.3	Técnicas e instrumentos	36
3.3.1	Técnicas utilizadas:	36
3.3.2	Instrumentos	37
3.4	Población y muestra	40

3.4.1	Población	40
3.4.2	Muestra	40
CAPITULO IV		41
4.1	Resultados y Análisis de los resultados	41
4.1.1	Resultados de las encuestas	41
4.1.2	Resultados del diseño de hidrosanitario	51
4.1.3	Resultados de los parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos del agua tratada	60
4.1.4	Resultados del cálculo de la dotación diaria y cisterna	63
4.1.5	Resultados de presupuesto referencial de Hidrosanitario	68
4.1.6	Resultados de costos de agua potable entre AMAGUA e INTERAGUA	71
4.1.7	Resultados de recuperación de la inversión en un sistema de reutilización	74
4.1.8	Resultados del Sistema de hidrosanitaria convencional	76
4.2	Análisis de los resultados	79
4.2.1	Análisis de los resultados de las encuestas	79
4.2.2	Análisis de los resultados de los diseños	80
4.2.3	Análisis de presupuestos referenciales del sistema hidrosanitario	81
4.2.4	Análisis entre costos de agua potable entre AMAGUA e INTERAGUA	83
4.2.5	Análisis de presupuestos referenciales del sistema hidrosanitario	83
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		86
BIBLIOGRAFIA		87
ANEXOS		90

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Línea de la investigación	4
Tabla 2. Componentes de las aguas grises	12
Tabla 3. Características de las aguas residuales	13
Tabla 4. Composición de aguas Pluviales.....	15
Tabla 5. Etapas del sistema de captación.....	16
Tabla 6. Dimensiones de los almacenamientos de las aguas residuales.....	17
Tabla 7. Tamaños de filtros.....	20
Tabla 8. Costo referencial des sistema de tratamiento para aguas grises	25
Tabla 9. Costos de mantenimiento referenciales	26
Tabla 10. Diámetros de los materiales	27
Tabla 11. Resultados de la pregunta 1.....	41
Tabla 12. Resultados de la pregunta 2.....	42
Tabla 13. Resultados de la pregunta 3.....	43
Tabla 14. Resultados de la pregunta 4.....	44
Tabla 15. Resultados de la pregunta 5.....	45
Tabla 16. Resultados de la pregunta 6.....	46
Tabla 17. Respuestas de la pregunta 7.....	47
Tabla 18. Resultados de la pregunta 8.....	48
Tabla 19. Tabulación de los resultados de la pregunta 8	48
Tabla 20. Resultados de la pregunta 9.....	49
Tabla 21. Resultados de la pregunta 10.....	50
Tabla 22. Resultados del consumo total diario.....	63
Tabla 23. Resultados de la Distribución del consumo.....	63
Tabla 24. Resultados del volumen de los sistemas m3/día.....	64
Tabla 25. Resultados del dimensionamiento de cisterna	64
Tabla 26. Resultados del dimensionamiento de Caudales.....	65
Tabla 27. Resultados del Cálculo en bombas	66
Tabla 28. Costos referenciales de sistemas.....	72
Tabla 29. Ahorro mensual proyectado por operadora	74
Tabla 30. Periodo de recuperación	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las aguas residuales	10
Figura 2. Aguas grises en Ecuador	11
Figura 3. Sistema de captación de aguas grises.....	16
Figura 4. Sedimentador.....	19
Figura 5. Filtrador de Arena	20
Figura 6. Reutilización de aguas jabonosas.....	23
Figura 7. Tratamientos para las propiedades.....	24
Figura 8. Línea de tratamiento	28
Figura 9. Reutilización de aguas residuales.....	29
Figura 10. Tabulación de los resultados de la pregunta 1.....	41
Figura 11. Tabulación de los resultados de la pregunta 2.....	42
Figura 12. Tabulación de los resultados de la pregunta 3.....	43
Figura 13. Tabulación de los resultados de la pregunta 4.....	44
Figura 14. Tabulación de los resultados de la pregunta 5.....	45
Figura 15. Tabulación de los resultados de la pregunta 6.....	46
Figura 16. Tabulación de los resultados de la pregunta 7.....	47
Figura 17. Tabulación de los resultados de la pregunta 9.....	49
Figura 18. Tabulación de los resultados de la pregunta 10.....	50
Figura 19. Red de sistema hidrosanitario sótano	53
Figura 20. Red de sistema hidrosanitario planta baja	54
Figura 21. Red de sistema hidrosanitario Piso 1	55
Figura 22. Red de sistema hidrosanitario Piso 2.....	56
Figura 23. Red de hidrosanitario piso 9.....	57
Figura 24. Edificación para mejoramiento del sistema	58
Figura 25. Red hidrosanitaria en el edificio	59
Figura 26. Tuberías para el sistema.....	59
Figura 27. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	61
Figura 28. Parámetros del DBO5	62
Figura 29. Resultados de los cálculos de las tuberías	67
Figura 30. Resultados de presupuesto referencial de sistema de Hidrosanitaria.....	70
Figura 31. Tabulación de los resultados de presupuestos por empresas	73
Figura 32. Tabulación de resultados de periodo de recuperación.....	75
Figura 33. Diseño de Sistema hidrosanitario convencional planta baja	77

Figura 34. Diseño de Sistema hidrosanitario convencional Piso 2	77
Figura 35. Diseño de Sistema hidrosanitario convencional Piso 3	78
Figura 36. Diseño de Sistema hidrosanitario convencional Piso 4	78
Figura 37. Diseño de Sistema hidrosanitario convencional Piso 4	79
Figura 38. Tabulación de costos referencial de sistema Hidrosanitaria	82

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Pruebas de laboratorio del agua	90
Anexo 2 Muestras para estudios de laboratorio	91
Anexo 3 Análisis de las pruebas de laboratorio	92
Anexo 4 Resultados de las pruebas de laboratorio	93
Anexo 5 Diseño del Piso 3	94
Anexo 6 Diseño del Piso 4	95
Anexo 7 Piso 5	96
Anexo 8 Piso 6	97
Anexo 9 Piso 7	98

INTRODUCCIÓN

La escasez de recursos hídricos y el aumento del consumo urbano exigen la implementación de soluciones que optimicen el uso del agua. La reutilización de aguas grises provenientes de lavamanos, duchas y lavadoras surge como alternativa sostenible para disminuir el consumo de agua potable y preservar las fuentes naturales. Mediante herramientas BIM como Revit, complementadas con planos en AutoCAD, es posible optimizar el diseño y la coordinación de redes hidrosanitarias, mejorando la precisión y el control de costos.

Dentro del estudio el objetivo principal se basa en el diseño de un sistema de reutilización de aguas grises con el análisis técnico y la viabilidad económica, en el cual se va a llevar a cabo normativas en cuanto a los parámetros de calidad y la comparativa de los costos entre el sistema de reutilización y el sistema convencional. El diseño que se plantea elaborar en Revit va a permitir analizar e identificar las interferencias y optimizar los trazados respectivos, mientras que AutoCAD nos ayudará con el manejo de planos técnicos para la ejecución. Con ello se busca disminuir la dependencia de agua potable suministrada por empresas prestadoras y reducir gastos operativos.

En cuanto a los resultados estos evidencian que el uso de la reutilización de aguas grises es técnica y económicamente viable para la ejecución en un proyecto. Aunque la inversión inicial tienda a ser mayor a la de un sistema tradicional el ahorro acumulado permite recuperar la inversión en un plazo razonable. La utilidad del sistema BIM en el diseño mejorará la coordinación, minimizará errores constructivos y nos permite un realce a los proyectos por medio de su viabilidad técnica. Asimismo, el análisis de calidad asegura permite asegurar que el agua tratada sea apta para el uso no potable, para así preservar la seguridad de los usuarios.

Se recomienda como punto final incluir esta reutilización de aguas grises con normativas vigentes que aseguren la viabilidad de los resultados y la factibilidad de los análisis técnicos. Lo que nos asegura la fomentación del uso responsable del agua y la contribución a la sostenibilidad de edificaciones futuras.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Evaluación de reutilización de aguas grises para el abastecimiento de baterías sanitarias en edificaciones construidas y edificaciones nuevas

1.2 Planteamiento del Problema:

En las últimas décadas, el crecimiento de las ciudades y la presión sobre los recursos naturales han generado una crisis en el acceso y gestión del agua. En particular, el agua potable, un recurso vital, se utiliza indiscriminadamente en actividades que no requieren su alta calidad, como la descarga de inodoros en edificaciones. Este uso ineficiente no solo incrementa la demanda sobre fuentes de agua, sino que también eleva los costos asociados al tratamiento y distribución del recurso.

Además, las aguas grises que son provenientes del lavado de manos, lavanderías, entre otros suelen ser desechadas sin que se les de un tratamiento adecuado lo que en términos técnicos suele ser una pérdida de un recurso que puede ser reutilizable. En varias de las edificaciones se suele presentar estos inconvenientes ya que no existen sistemas que aprovechen este tipo de aguas, lo que genera problemas a simple vista como la contaminación ambiental y la saturación de las plantas de tratamientos de aguas residuales.

No obstante, las construcciones sostenibles son fundamentales implementarlas para que se permitan soluciones que optimicen el impacto ambiental y se pueda optimizar recursos. La reutilización de aguas grises son una alternativa viable para abastecer baterías sanitarias y disminuir el consumo excesivo de agua potable que promuevan las practicas sostenibles en edificaciones modernas, Sin embargo, la falta de diseños específicos adaptados a las necesidades locales limita la adopción de esta tecnología.

Por esta razón, es necesario diseñar un sistema que no solo nos permita la reutilización de las aguas grises, sino también que sea eficiente y económicamente rentable para tener edificaciones sostenibles en nuestro entorno. Es por ello que este

proyecto busca abordar una problemática que implica innovar un uso más responsable y consciente del recurso hídrico.

1.3 Formulación del Problema:

¿De qué manera beneficia la implementación del diseño de un sistema de reutilización de aguas grises para el abastecimiento de baterías sanitarias en edificaciones?

1.4 Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica y económica entre edificaciones con sistema de reutilización de aguas grises para el abastecimiento de baterías sanitarias y edificaciones convencionales.

1.5 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de redes hidrosanitarias mediante el uso de Revit y complementando con planos en AutoCAD, con el fin de optimizar la planificación, coordinación y gestión integral de obra.
- Realizar un análisis comparativo entre edificación con sistema de abastecimiento de baterías sanitarias y edificaciones convencionales.
- Comparar costos entre el sistema de recirculación de aguas grises con costos de un sistema convencional de empresas que prestan servicios de agua potable y ver el retorno de inversión.

1.6 Idea a Defender (Hipótesis)

Si se elabora un diseño de sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises en edificaciones con el propósito de abastecer las baterías sanitarias, se podrá demostrar que mediante tratamientos y aplicando normas sanitarias permite un ahorro considerable en el consumo de agua potable.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Las líneas de investigación de la Facultad de ingeniería, industria y construcción se basan en Territorio, Habitación, diseño y construcción (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2025)

Tabla 1.

Línea de la investigación

Dominios ULVR	Línea de Investigación Institucional	Línea de Investigación Facultad	Sub-línea de Investigación Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Técnica, Tecnología e Innovación	Modelaciones

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2025)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.2 Antecedentes:

De acuerdo con Costa (2020) se desarrolló el diseño de un sistema para el reciclaje de aguas grises en un edificio residencial de doce niveles situado en la ciudad de Tacna. El proyecto contempla la recolección de aguas provenientes de duchas, lavamanos y lavanderías, las cuales son conducidas a una planta de tratamiento ubicada en el sótano. Allí se someten a procesos continuos de depuración que permiten reutilizar el recurso en el abastecimiento de inodoros, labores de limpieza y riego de áreas verdes. La proyección indica que el sistema podría recuperar cerca del 40 % del consumo total de agua potable del edificio, generando un ahorro económico para sus habitantes y favoreciendo la sostenibilidad urbana. Asimismo, se plantea como un modelo replicable que podría contribuir a reducir el déficit hídrico en la localidad.

El estudio que se delimita es netamente relevante para la investigación a desarrollar ya que nos permite tener una idea clara sobre las posibles soluciones a implementar para así lograr reducir el consumo de agua potable. El enfoque proyectado sobre las aguas provenientes de duchas, lavanderías, lavamanos y, entre otros nos ayuda a respaldar la viabilidad técnica y funcional de estos tipos de sistemas a implementar. De esta manera al aplicar las soluciones se debe de establecer un precedente práctico que se pueda ser replicado y que se adapte a nuevas construcciones. Esto refuerza la relevancia de mejorar el sistema de tecnologías para diseños arquitectónicos que estén orientados al uso eficiente de los recursos.

Según Heredia (2020) desarrollaron una propuesta para un edificio en el Cercado de Lima, utilizando la metodología BIM con Revit MEP. Su propósito fue diseñar un sistema sostenible de aprovechamiento de aguas grises generadas en cocinas, lavabos y duchas. El agua tratada se utilizó en actividades que no requieren calidad potable, como el riego y la descarga de inodoros.

Los resultados indicaron una reducción significativa del consumo de agua potable y de las aguas residuales enviadas al alcantarillado, junto a una disminución

en los costos operativos para los residentes. El diseño fue evaluado como técnica y financieramente viable para su implementación.

La información detallada por el autor Escudero y Heredia indica que la integración del sistema BIM permite diseñar con mayor exactitud así mismo proyecta planos de manera más precisa lo que fomenta un desarrollo viable para la construcción y para ingenieros que utilizan estos programas. Además, su propuesta fomenta que la integración de sistema de recurso hídrico ayuda de manera significativa al medio ambiente y a la reducción de recurso en una PTAR. Para finalizar, este análisis técnico y económico permite la demostración de resultados que favorecen la implementación para enfoques de investigaciones sobre la utilidad de recursos hídricos y al diseño sostenible de la gestión hídrica eficiente en edificaciones nuevas.

En el estudio de Reyes (2021) propone un sistema de reutilización que reduce el consumo de agua en un 40,9 %. El estudio comparó el uso convencional (92,94 m³/mes por departamento) con el uso del sistema de reciclaje (54,93 m³/mes), lo cual generó un ahorro económico mensual de aproximadamente S/. 86,30 por departamento y proyectó un ahorro acumulado de S/. 20 712 en veinte años, la tesis se enfocó en reutilizar aguas grises para abastecer baños y limpieza, en un entorno controlado y seguro, demostrando beneficios económicos y ambientales.

El autor Reyes en su investigación de tesis doctoral nos instruye en la presentación de resultados que demuestran con datos concretos el impacto económico de incluir sistemas de reutilización de aguas grises para edificaciones. Al realizar un análisis comparativo del consumo tradicional de agua potable con el de un sistema mejorado evidencia una notable reducción en gastos lo que es rentable como proyecto ya que presenta ventajas técnicas de la factibilidad del sistema. Este análisis respalda la propuesta de la tesis sobre el diseño de sistema de reutilización en baterías sanitarias ya que representa una solución económicamente sostenible, y que esta alineada con la eficiencia y la sostenibilidad para el mejoramiento de la construcción.

En el siguiente estudio presentado por Quinto (2022) sobre un análisis de costo-beneficio para reutilización de aguas grises en tres edificios públicos del Poder Judicial en Chile. La investigación determinó que la inversión en sistemas de

tratamiento era rentable, con recuperación dentro del ciclo de vida de las edificaciones. Adicionalmente, se subrayó que el uso de aguas grises reduce la presión sobre los recursos hídricos y genera impactos positivos en dimensión social y ambiental.

Entre los principales aspectos destacados de este proyecto es la relación entre los costos de inicio y la rentabilidad que puede tener el mismo en su vida útil en largo periodo. Lo que se determina que a pesar de realizar un costo inicial alto la inversión a largo plazo se recupera. Además, se enfoca en la contribución de las tecnologías para disminuir las faltas y errores que se pueden cometer en análisis de resultados y en el cumplimiento de metas institucionales.

Cada uno de estos estudios son de relevancia para los enfoques y propuestas del proyecto a realizar ya que nos permiten tener una orientación más clara y con detalles que nos brindan soluciones a los problemas a desarrollar. Sin embargo, es importante precisar cada uno de los detalles encontrados y continuar con investigaciones futuras que permitan ser adaptadas a diferentes tipos de infraestructura. Asimismo, el estudio de los costos y beneficios para fortalecer un abito argumentativo para soluciones que puedan recuperar su inversión con tiempo lo que también será de ayuda para fomentar los recursos hídricos importantes en una localidad.

Los antecedentes revisados constituyen una base sólida para el desarrollo de la presente tesis, ya que permiten comprender cómo distintos enfoques técnicos, metodológicos y económicos han sido aplicados en contextos reales para la reutilización de aguas grises. Estos estudios demuestran que es posible integrar soluciones sostenibles en edificaciones mediante diseños adaptados a las normativas locales y al tipo de infraestructura, ya sea residencial o pública. Además, evidencian que la reutilización del agua no solo contribuye a la conservación de los recursos hídricos, sino que también representa una alternativa económicamente viable a largo plazo. Por tanto, estos trabajos previos fortalecen el planteamiento de esta investigación, al confirmar la pertinencia del uso de herramientas como BIM y la importancia de incorporar criterios de eficiencia hídrica en el diseño arquitectónico moderno.

2.3 Fundamentación teórica:

2.3.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son consideradas como el resultado de diversas actividades humanas entre ellas se destacan domésticas, las industriales, agrícolas o comerciales entre otras. Estas suelen contener en ocasiones sustancias de origen físicos o químicos que van a requerir de procesos con tratamientos que por lo general se realizan en una PTAR. Para que estas aguas no contaminen en su totalidad al medio ambiente deben ser debidamente tratadas para que así las personas puedan salvaguardar su salud, es importante considerar que hay que conservar los recursos hídricos disponibles y minimizar los efectos negativos sobre el entorno natural.

En zonas urbanas según Berruz (2020) por lo general es común que se presenten aguas residuales las cuales son transportadas a través de red de alcantarillado para luego llegar a plantas de tratamientos donde son sometidas a procesos de depuración. Sin embargo, la práctica no es el mismo proceso en todos los países tiende a ser diferente lo que es importante basarse en las normativas vigentes de cada País lo que es importante fortalecer los sistemas de gestión y tratamiento de aguas residuales.

2.3.2 Características de las aguas residuales

Una de las características más relevantes de las aguas residuales es su alta carga orgánica, derivada principalmente de restos alimenticios, excreciones humanas, detergentes y otros residuos domésticos o industriales. Esta materia orgánica es fácilmente biodegradable, pero en grandes cantidades puede consumir el oxígeno del agua en cuerpos receptores como ríos o lagos, afectando la vida acuática. Por esta razón, se utilizan parámetros como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) para evaluar el nivel de contaminación y planificar los procesos de tratamiento adecuados.

La presencia de microorganismos que se suelen presentarse en las aguas residuales es patógenos potenciales para el ser humano. Por lo general, las aguas residuales en especial las domésticas contienen parásitos y virus que representan en su totalidad un riesgo sanitario, esto ocurriría si no son eliminadas adecuadamente. Por lo que es necesario implementar proyectos que permitan la desinfección en cada

uno de los procesos a las que deben ser ejecutadas. Estas suelen ser la cloración, radiación o en ocasiones el uso de ozono, lo que va a depender de la calidad que es requerida para la proyección a futuro.

Además de la contaminación orgánica y microbiológica, las aguas residuales pueden presentar alteraciones en parámetros físicos como color, turbidez, temperatura y olor, los cuales también son indicadores de su nivel de deterioro. No obstante, todo este proceso va a depender de la procedencia ya que pueden contener compuestos químicos específicos los que pueden estar compuestos por farmacéuticos, pesticidas o grasas que van a requerir tratamientos complejos. Cada una de estas características hacen que el tratamiento se desarrolle de una manera efectiva y que este apta para proyectos viables con mejoras de sistemas de reutilización. Macias (2022)

2.3.3 Tipos y clasificación de las aguas residuales

En el contexto de las aguas residuales estas se tienden a clasificar en distintos tipos según su origen y la composición de la misma. Lo que es fundamental en la gestión eficiente para recursos ya que estos tipos de agua residual van a presentar características particulares. Méndez (2023)

Aguas residuales domesticas: según los estudios encontrados sobre este tipo de agua residual se establece que estas son provenientes de viviendas, edificaciones y establecimientos muy similares. Por lo que, se generan en las actividades cotidianas como el lavabo, duchas, inodoros, entre otros. Las aguas residuales domésticas por lo consiguiente contienen la materia orgánica, nutrientes, grasas, entre otros que aunque su composición suele varias van a requerir de tratamientos convencionales para la reutilización.

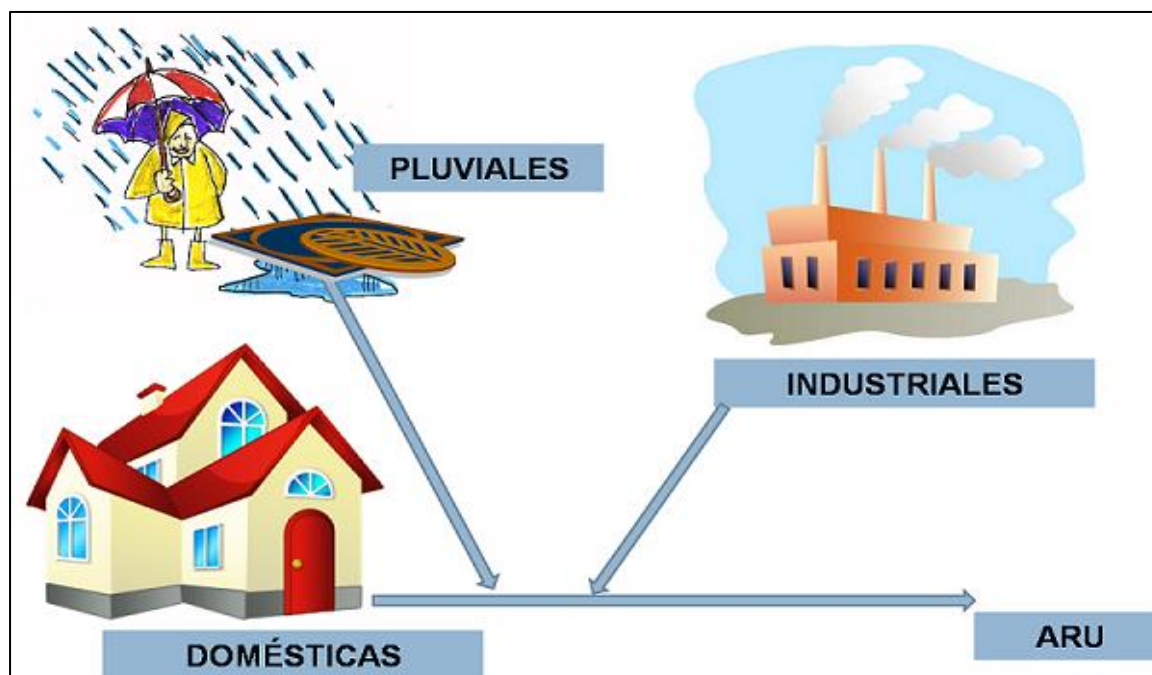
Aguas residuales industriales: Son aquellas generadas por procesos productivos en fábricas o plantas industriales. Su composición es altamente variable, dependiendo del tipo de industria, e incluye desde residuos orgánicos hasta sustancias químicas peligrosas, metales pesados o compuestos sintéticos. Dado su potencial contaminante, estas aguas requieren tratamientos especializados y, en muchos casos, deben someterse a procesos previos antes de su vertido o incorporación a sistemas de tratamiento municipales.

Aguas residuales agrícolas: son consideradas las aguas que provienen de riego, drenaje o en ocasiones de actividades que están estrechamente relacionadas con las producciones agropecuarias. Suelen contener restos de fertilizantes, pesticidas, materia orgánica y sedimentos., sin embargo, en ocasiones estas suelen ser menos contaminantes, pero de otra perspectiva suelen generar impactos negativos para le medio ambiente.

Aguas residuales urbanas: Corresponden a la mezcla de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales que se canalizan a través de redes de alcantarillado en ciudades o poblaciones. Esta combinación hace que presenten una carga contaminante diversa y requieran tratamientos integrales para asegurar que su vertido final no afecte la salud pública ni el equilibrio ecológico. Son las más comunes en contextos urbanos y representan un desafío importante para los sistemas de tratamiento. En la figura 1, se ilustra la clasificación de las aguas residuales

Figura 1.

Clasificación de las aguas residuales



Fuente: Berruz (2023)

2.3.4 Aguas grises

En zonas urbanas, se estima que las aguas grises representan entre el 50 % y el 80 % del volumen total de aguas residuales domésticas. Esta proporción depende de factores como el diseño de las instalaciones sanitarias y los hábitos de consumo

de los usuarios. Su abundancia y menor nivel de contaminación las convierten en una opción viable para reducir el uso de agua potable en actividades no esenciales.

Estos resultados van a depender netamente de la baja carga de microorganismos y compuestos orgánicos que por lo general las aguas egras son diferentes. Las aguas grises son en términos consideradas como una alternativa que es viables para la reutilización y eficiencia en el uso doméstico que pueden ser tratadas mediante procesos simples. De acuerdo con datos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises va a disminuir el consumo que se genera en una vivienda diariamente el cual puede ser hasta un 30% de beneficio que en términos de costos también genera una rentabilidad financiera.

Por ello, se concluye que la reutilización de aguas grises va a proyectarse a una viabilidad tanto técnica como económica porque disminuye la cantidad de efluentes que llegan a los sistemas de alcantarillados de los sectores para poder ser tratadas respectivamente. Esto ayuda a reducir la carga operativa y energética de dichas infraestructuras. Además, su implementación promueve una cultura de sostenibilidad en el diseño y uso de edificaciones modernas.

Figura 2.

Aguas grises en Ecuador



Fuente: Tomalá (2021)

2.3.5 Componentes de las aguas grises

Las aguas grises están compuestas principalmente por materia orgánica biodegradable, proveniente de restos de jabón, detergentes, residuos de alimentos, aceites, células de la piel y cabello. Estos elementos, aunque no representan un peligro grave como los presentes en las aguas negras, pueden generar malos olores, coloración y turbidez si no se tratan adecuadamente. La presencia de esta materia orgánica también puede favorecer el crecimiento de bacterias y hongos si se almacena por tiempos prolongados.

Además, para verificación de procesos desde el punto de vista microbiológicos las propiedades pueden generar una menor cantidad de patógenos en comparación a la de otros tratamientos efectuados, Sin embargo, aún pueden encontrarse bacterias como *Escherichia coli*, hongos y otros microorganismos que provienen de la piel o la ropa. Por esta razón, aunque su riesgo sanitario es menor, se recomienda aplicar una etapa de desinfección.

Tabla 2.

Componentes de las aguas grises

Categoría	Componente	Origen Común	Observaciones
Materia Orgánica	Restos de jabón	Lavamanos, duchas, lavadoras	Biodegradable, requiere tratamiento básico
Materia Orgánica	Detergentes	Lavadoras, fregaderos	Contiene tensioactivos
Materia Orgánica	Aceites y grasas	Lavado de manos, cocina	Puede formar películas que dificultan el tratamiento
Químicos	Fosfatos	Detergentes, suavizantes	Causa eutrofización si no se trata
Químicos	Nitrógeno	Productos de limpieza	Puede formar nitratos perjudiciales
Químicos	Tensioactivos	Jabones, champús, limpiadores	Dificultan procesos biológicos si están en exceso
Microbiológicos	Bacterias (Ej. <i>E. coli</i>)	Contacto humano, residuos orgánicos	Riesgo bajo a moderado, se recomienda desinfección
Microbiológicos	Hongos y esporas	Ropa sucia, duchas	Riesgo menor, pero posible proliferación
Físicos	Cabello y fibras	Duchas, lavadoras	Pueden obstruir filtros o sistemas
Físicos	Sólidos suspendidos	General	Causan turbidez, requieren fil

Fuente: Mendiola (2022)

2.3.6 Características de las aguas grises

Una de las características principales y la más importante es su variabilidad en calidad, dependiendo del tipo de actividad que las genere, el uso de productos de limpieza y los hábitos del hogar. También presentan un color claro a ligeramente grisáceo, con presencia de sólidos en suspensión y un olor característico suave, aunque este puede intensificarse si se almacenan sin tratamiento.

Estas propiedades hacen que el tratamiento y la reutilización de las aguas grises sea una alternativa viable para la conservación del agua potable en edificaciones residenciales y comerciales. Así mismo, para detalle más complejo una característica adicional es su carga moderada que por lo general a menor carga biológica y química las aguas pueden ser tratadas de manera más recurrente y fácil. Peña (2022)

Tabla 3.

Características de las aguas residuales

Parámetro	Descripción	Observación
Origen	Ducha, lavamanos, lavadora, lavavajillas	No incluye aguas de inodoros
Carga orgánica	Moderada	Requiere tratamiento básico
Presencia de patógenos	Baja	Riesgo sanitario reducido
Color	Gris claro a gris oscuro	Depende del tiempo de almacenamiento
Olor	Suave a moderado	Se intensifica si no se trata
Sólidos en suspensión	Moderada presencia	Puede generar obstrucciones
Sustancias químicas	Detergentes, jabones, aceites, fosfatos	Impactan la calidad del agua
Variabilidad	Alta, según hábitos y productos de uso doméstico	Necesario caracterizar antes del tratamiento
Potencial de reutilización	Alto, para usos no potables (riego, sanitarios, limpieza)	Reduce el consumo de agua potable

Fuente: Peña (2022)

2.3.7 Aguas pluviales

El aprovechamiento de las aguas pluviales se ha convertido en una estrategia clave para enfrentar los desafíos relacionados con la escasez de recursos hídricos. Por lo consiguiente, estas aguas provienen directamente de las precipitaciones que van a representar un porcentaje de efluente que puede ser también recolectada mediante sistemas para múltiples fines, que pueden ser de aprovechamientos para zonas urbanas donde el consumo de agua tiene a ser elevado.

Además, al realizar o planificar gestiones mejoradas con procesos que permitan disminuir los riesgos de inundaciones que siempre suelen presentarse a simple vista donde el suelo impermeabilizado impide la infiltración natural. La recolección y almacenamiento de este recurso ayuda a controlar el caudal superficial durante lluvias intensas, lo que va a impedir que se colapse el sistema de drenaje y también va a favorecer la reducción de materiales a utilizar.

2.3.8 Composición de las aguas pluviales

Las aguas pluviales, al provenir directamente de la atmósfera, son en esencia limpias al inicio de la precipitación. Sin embargo, a medida que entran en contacto con superficies como techos, calles, carreteras y suelos, arrastran diversos contaminantes que modifican su calidad. Este fenómeno se conoce como escorrentía pluvial, y su composición puede variar según factores como la ubicación geográfica, la actividad humana en la zona y la temporada del año.

Entre los componentes más comunes se encuentran sedimentos (tierra, arena y partículas en suspensión), hidrocarburos (provenientes de combustibles y aceites de vehículos), metales pesados (como plomo, zinc o cobre), nutrientes (como nitratos y fosfatos), materia orgánica y microorganismos patógenos. También es frecuente la presencia de residuos domésticos y químicos que se acumulan en superficies urbanas.

Según Campos (2021) dado su potencial contaminante, el aprovechamiento de aguas pluviales requiere al menos un tratamiento básico antes de su uso no potable. Este proceso puede incluir la filtración de sólidos, la separación de aceites y la desinfección microbiológica, dependiendo del tipo de uso final previsto (riego, limpieza, sistemas sanitarios, entre otros).

Tabla 4.

Composición de aguas Pluviales

Componente	Origen Común	Presencia Aproximada
Sedimentos	Arrastre de polvo, tierra y arena de techos y calles	Alta
Materia orgánica	Hojas, restos vegetales, excremento de animales	Media
Hidrocarburos	Combustibles y aceites vehiculares	Baja a media
Metales pesados	Tejados metálicos, frenos y llantas	Baja
Nitratos y fosfatos	Fertilizantes y residuos agrícolas	Variable
Microorganismos (bacterias)	Aves, animales domésticos, residuos orgánicos	Baja a media
Residuos químicos	Detergentes, pinturas, productos domésticos	Baja

Fuente: Rosado (2022)

2.3.9 Sistema de tratamiento de aguas grises

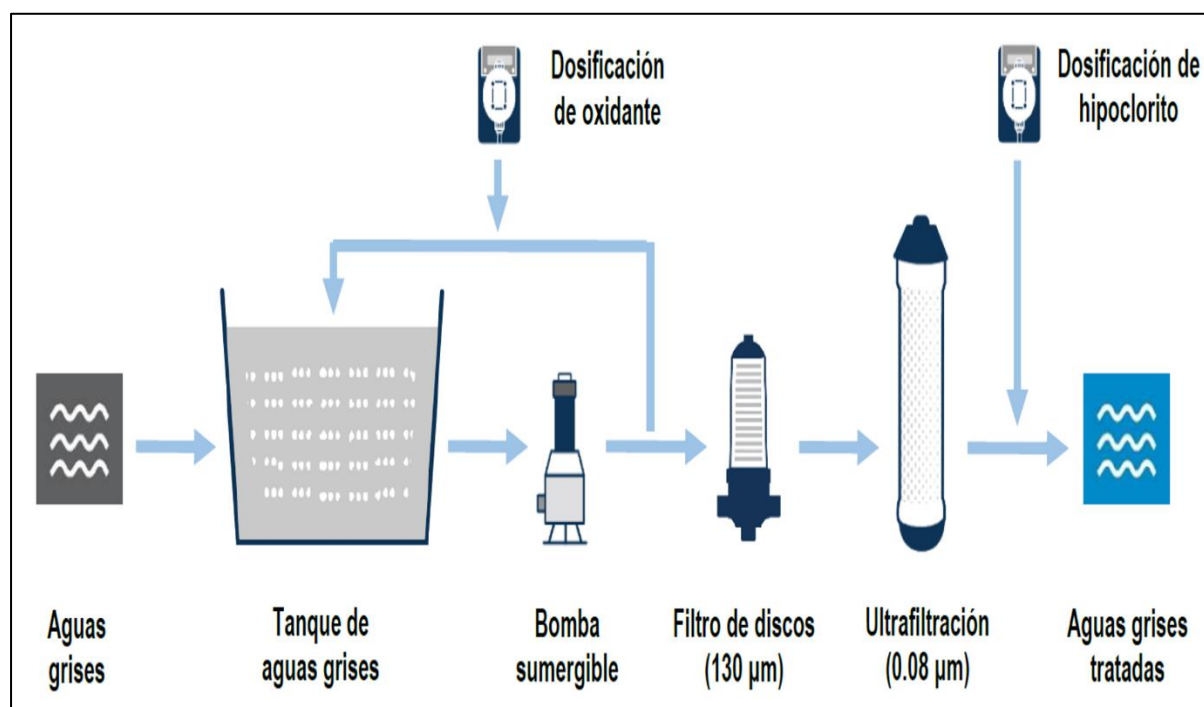
El tratamiento de aguas grises es un proceso que permite aprovechar el agua residual doméstica que proviene de actividades como el aseo personal, el lavado de ropa o el uso de lavamanos. Estas aguas, al no contener residuos fecales, presentan una menor carga contaminante y pueden ser reutilizadas tras someterlas a procesos de purificación adecuados. Su tratamiento representa una alternativa eficiente para reducir el consumo de agua potable en edificaciones, contribuyendo a la sostenibilidad del recurso.

El sistema que se ejecuta para estos tratamientos puede incluir diversas etapas, que van desde la recolección del agua desde puntos de generación, luego fase de filtrado para hacer la retención de impurezas, lo que nos lleva al tratamiento de procesos físicos y biológicos que van a eliminar la materia orgánica. Para garantizar su seguridad en usos no potables, se aplica un proceso de desinfección, normalmente a través de cloro, luz ultravioleta u ozono. Una vez que se trata el agua se debe de almacenar en un tanque seguro esta debe o puede emplearse en la descarga de inodoros el agua se almacena en un tanque seguro hasta su redistribución el riego de áreas verdes o la limpieza de superficies, reduciendo así la demanda de agua potable. Implementar este tipo de sistemas en edificaciones

modernas no solo promueve el uso racional del recurso hídrico, sino que también apoya los principios de construcción ecológica y eficiencia ambiental. Fábregas (2021)

Figura 3.

Sistema de captación de aguas grises



Fuente: Arellano (2022)

Tabla 5.

Etapas del sistema de captación

Etapas del Sistema	Descripción	Objetivo
Captación	Recolección desde lavamanos, duchas y lavadoras	Acopiar agua gris disponible
Pretratamiento	Filtro de sólidos, pelos, restos de jabón	Evitar obstrucciones
Tratamiento primario	Decantación de sólidos y separación de grasas	Reducir carga orgánica y sólidos
Tratamiento biológico	Biofiltros, humedales, lechos de arena	Degradar materia orgánica
Desinfección	Cloración, luz UV, ozonificación	Eliminar bacterias y virus
Almacenamiento	Tanque hermético para agua tratada	Garantizar disponibilidad de agua
Redistribución	Tubería para inodoros, riego o limpieza	Reutilizar el agua de forma segura

Fuente: Arellano (2022)

2.3.10 Almacenamiento de las aguas residuales

Las dimensiones de un sistema de almacenamiento o tratamiento de aguas residuales dependen de varios factores clave, como la cantidad de agua generada, el número de usuarios, el tiempo de retención requerido y el tipo de tratamiento que se aplicará. Es fundamental realizar un cálculo detallado para asegurar que el volumen del tanque o sistema sea suficiente para contener y tratar adecuadamente los efluentes sin generar reboses ni problemas operativos.

Almacenadas en condiciones no controladas, las aguas grises pueden iniciar procesos anaerobios que limitan su calidad para reutilización o tratamiento. Estudios demuestran que el tratamiento anaerobio de aguas grises con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de aproximadamente 12 horas y temperatura de 32 °C logra una remoción del 51 % de la DQO, aunque con limitada eficacia en la eliminación de tensioactivos (24 %) y una tasa de metanización del 32 %. Estos resultados reflejan la necesidad de balancear el TRH para optimizar la degradación biológica sin comprometer la calidad del efluente almacenado.

Tabla 6.

Dimensiones de los almacenamientos de las aguas residuales

Cantidad de Usuarios	Capacidad Recomendada (Litros)	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Tiempo de Retención (días)
1 – 5	1.000 – 2.000	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5	1.5 – 2.0	1 – 2
6 – 10	2.500 – 4.000	2.0 – 2.5	1.5 – 2.0	2.0 – 2.5	2 – 3
11 – 20	5.000 – 8.000	2.5 – 3.5	2.0 – 2.5	2.5 – 3.0	3 – 4
21 – 50	10.000 – 20.000	3.5 – 5.0	2.5 – 3.0	3.0 – 3.5	4 – 5
Más de 50	25.000 o más	Según diseño técnico específico			Según análisis de caudal y retención

Fuente: Campos (2024)

2.3.11 Tratamientos físicos en el proceso de las aguas grises

Los tratamientos físicos aplicados a las aguas grises constituyen la primera etapa en los procesos de depuración, centrados en la eliminación de sólidos suspendidos y materiales flotantes sin recurrir a reacciones químicas. Estas técnicas son esenciales para mejorar la calidad del agua antes de su tratamiento avanzado.

Su implementación permite un pretratamiento eficaz que facilita el funcionamiento de las siguientes fases del sistema.

Sedimentación: considerado método físico que nos ayuda a que las partículas se separen en el agua, lo que ayuda a que se puedan asentar en el fondo del recipiente la cual están bajo gravedad. Estas aguas suelen tener una producción de carga baja tanto en materia orgánica y en sólidos. Es por ello que este proceso suele ser muy importante para el tratamiento de las aguas residuales. Dado que estas aguas suelen tener una baja carga de materia orgánica y sólidos, la sedimentación resulta una etapa previa al tratamiento, práctica y efectiva para mejorar las condiciones del agua antes de su reutilización. Además, este proceso puede complementarse con elementos como rejillas o trampas, que ayudan a retener materiales de mayor tamaño antes de que el agua ingrese a la zona de sedimentación.

Para el diseño de un sedimentador (o tanque de sedimentación) para tratamiento de aguas grises, se utilizan varias fórmulas dependiendo del enfoque de diseño (por tiempo de retención, carga superficial o carga hidráulica). A continuación, te muestro la fórmula más común basada en el tiempo de retención hidráulico (TRH):

Fórmula general del volumen del sedimentador: $V=Q \cdot t$

Donde:

- V = Volumen del sedimentador (m^3)
- Q = Caudal de aguas grises (m^3/h)
- t = Tiempo de retención (h) (*generalmente entre 0.5 y 1 hora para aplicaciones domésticas*)

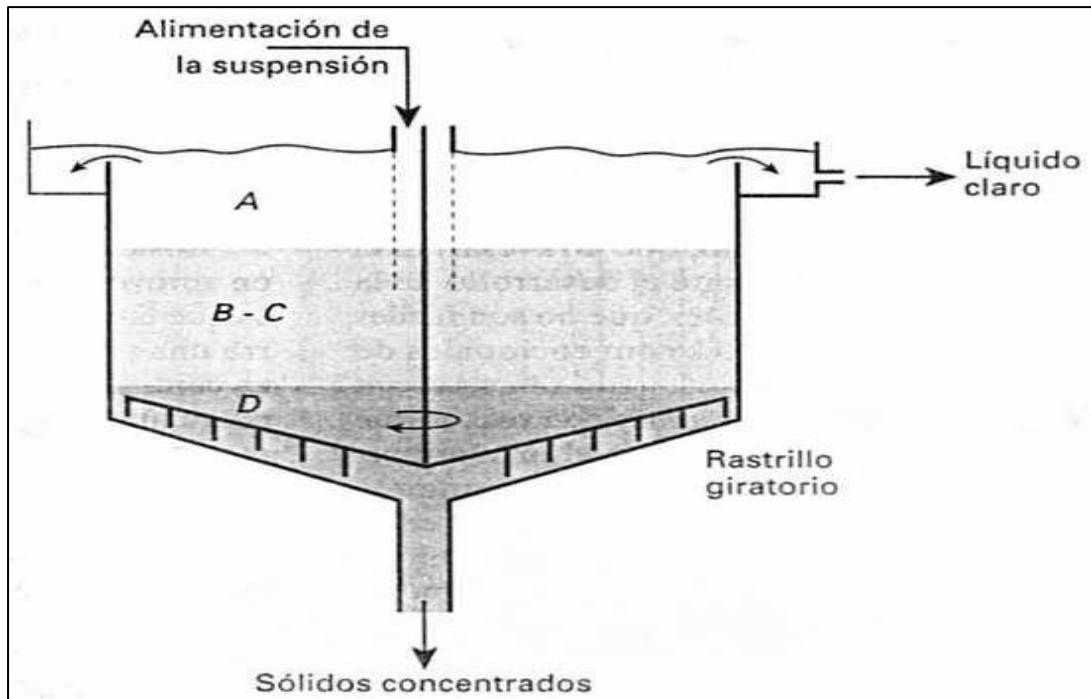
Fórmula para el área superficial del sedimentador: $A=VsQ$

Donde:

- A = Área superficial del sedimentador (m^2)
- Q = Caudal (m^3/h)
- V_s = Velocidad de sedimentación o carga superficial (m/h) (*usualmente entre 0.3 y 1.2 m/h dependiendo del tipo de partícula y uso del sistema*)

Figura 4.

Sedimentador



Fuente: Ramírez (2020)

Filtración: La filtración es un proceso físico esencial en el tratamiento de aguas grises, especialmente aquellas procedentes de lavamanos, ya que permite eliminar partículas pequeñas, residuos de jabón, cabellos, sedimentos y otros materiales en suspensión. Debido a que este tipo de aguas residuales tiene una carga contaminante relativamente baja en comparación con otros efluentes domésticos, su tratamiento no requiere métodos complejos. La filtración es ideal para funcionar como una etapa inicial o intermedia antes de aplicar procesos como la desinfección o la reutilización.

Para el tratamiento de aguas grises, se utilizan en ocasiones filtros que son sencillos los cuales están compuestos por capas de grava y arena que van a retener cada una de las partículas a través de un medio granular poroso. Por otra parte, el agua atraviesa varias capas con tamaños que deben ser variables de granos donde los sólidos quedaran atrapados.

Sin embargo, en sistemas que son implementados con mayor avance se utilizan los filtros de carbón el cual les permite eliminar no solo partículas pequeñas, sino que también van a eliminar olores y compuestos orgánicos disueltos.

Tabla 7.

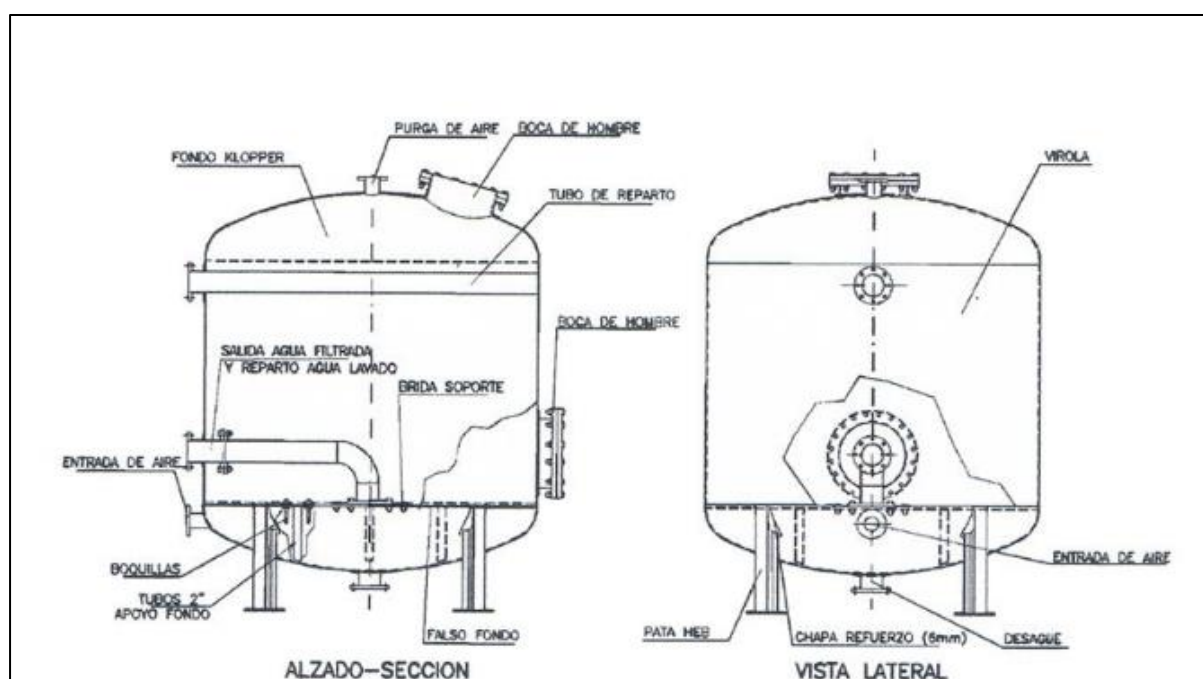
Tamaños de filtros

Tipo de Filtro	Área Superficial (m²)	Profundidad (m)	Tamaño de Grano (mm)	Caudal Recomendado (m³/h)	Observaciones
Filtro de grava	0.5 – 1.5	0.3 – 0.5	4 – 8	0.2 – 1.0	Capa gruesa para retener sólidos grandes
Filtro de arena	0.5 – 1.5	0.4 – 0.6	0.2 – 1	0.2 – 1.0	Capa fina para retener partículas pequeñas
Filtro de carbón activado	0.5 – 1.0	0.5 – 1.0	N/A	0.1 – 0.5	Elimina compuestos químicos y olores

Fuente: Cosío (2021)

Figura 5.

Filtrador de Arena



Fuente: Cosío (2021)

Ecuación de velocidad de filtración superficial (VFS): $VFS = Q / A$

- VFS = Velocidad de filtración superficial (m/s o m³/m²·s)
- Q = Caudal de agua que ingresa al filtro (m³/s)
- A = Área superficial del filtro (m²)

Esta ecuación permite dimensionar el filtro para evitar sobrecargas hidráulicas y garantizar que el agua tenga suficiente tiempo de contacto con el medio filtrante.

Tiempo de retención hidráulica (TRH): $TRH = V / Q$

- TRH = Tiempo de retención (s o h)
- V = Volumen total útil del filtro (m^3)
- Q = Caudal de entrada (m^3/s)

Esto te permite calcular cuánto tiempo permanece el agua dentro del filtro, un parámetro crítico para la eficiencia del proceso.

2.3.12 Hidrosanitarias

Mediante los diseños de instalaciones hidrosanitarias se constituye un elemento esencial para la planificación de las edificaciones de manera sostenible, lo que garantiza que el suministro de la misma sea adecuado y la evaluación sea mas eficiente tanto en las aguas residuales y pluviales. Por medio de este sistema se identifican características esenciales que permiten la distribución de agua fría y caliente. El diseño a emplearse debe de cumplir con cada uno de los parámetros de diseños que se aplican en las normativas dependiendo el país donde se implemente. Así mismo, debe de tener en consideración la red de mantenimiento y la compatibilidad de los sistemas

El uso de las herramientas como programas de Revit y AutoCAD nos permiten la facilidad de la elaboración de planos estructuras más precisos y así mismo la coordinación entre disciplinas lo que tendrá un resultado acogedor minimizando cada error en obra y optimizando el tiempo que en un futuro también sea viable en lo económico. No obstante, la aplicación de tecnologías para el uso eficiente de los recursos son una postura viable para las construcciones de edificaciones que permitan que se pueda implementar sistemas de recolección de aguas grises para mejorar el rendimiento de los sistemas de tratamientos.

De este modo, las soluciones hidrosanitarias no solo responden a una necesidad funcional, sino que también aportan valor en términos de sostenibilidad, ahorro de recursos y eficiencia operativa a lo largo del ciclo de vida de la construcción.

2.3.13 Importancia del sistema de aguas jabonosas

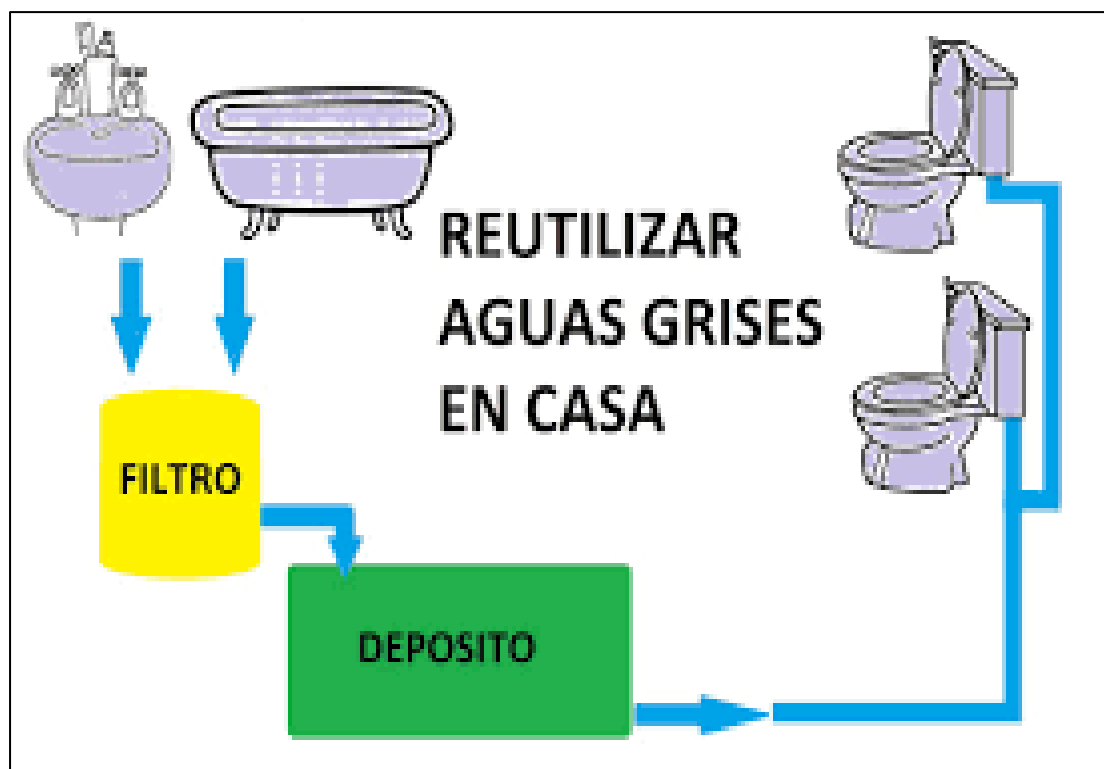
La ejecución de sistemas de aguas jabonosas también conocidas como las aguas grises presentan una serie de importancias entre ellas las más destacadas tenemos: permite la recolección de aguas residuales, así mismo, nos ayuda en la conducción y el tratamiento de la misma. La implementación permite la separación de las aguas lo que facilita en cierto sentido el tratamiento y la posterior reutilización para usos no potables.

La importancia del sistema radica en su capacidad para disminuir significativamente la demanda de agua tratada, especialmente en edificaciones de alto consumo como hospitales, escuelas, conjuntos residenciales o edificios públicos. Además, el ahorro económico que representa un gasto menor a mediano y largo plazo ya que este sistema contribuye directamente al ahorro del recurso hídrico, aligerando la presión sobre cada una de las fuentes naturales que puedan existir. La aplicación de este mecanismo también nos ayudara a poder mitigar impactos significativos en el medio ambiente.

En consecuencia, la utilidad de las aguas jabonosas tratadas fomenta la sostenibilidad y viabilidad en tecnologías limpias para usos constructivos. Para que el sistema pueda usar correctamente es necesario considerar aspectos técnicos biológicos y tener evaluación de los resultados que consideren necesarias. Así, se daría de manera más efectiva y que pueda dar un avance prioritario no una desventaja lo que va a permitir una solución efectiva y estratégica para alcanzar una ejecución de sostenibilidad rentable.

Figura 6.

Reutilización de aguas jabonosas



Fuente: Tituana (2023)

2.3.14 Propiedades microbiológicas de las aguas grises

Las aguas grises, al provenir de actividades domésticas como el lavado de manos, duchas, lavandería y lavamanos, contienen diversos microorganismos que pueden representar un riesgo sanitario si no se tratan adecuadamente. A continuación, se describen cinco propiedades microbiológicas comunes presentes en este tipo de aguas:

Uno de los indicadores más relevantes en el análisis microbiológico de las aguas grises es la presencia de coliformes fecales, especialmente *Escherichia coli*. Según estudios realizados las aguas grises no incluyen aguas negras, porque sus propiedades la contaminan por contacto indirecto con materias fecales que tienden a ser dañinas para la población. En este proceso suelen encontrarse coliformes fecales que señalan contaminación biológica y que por lo general son usadas para parámetros de evaluación en las necesidades del respectivo tratamiento.

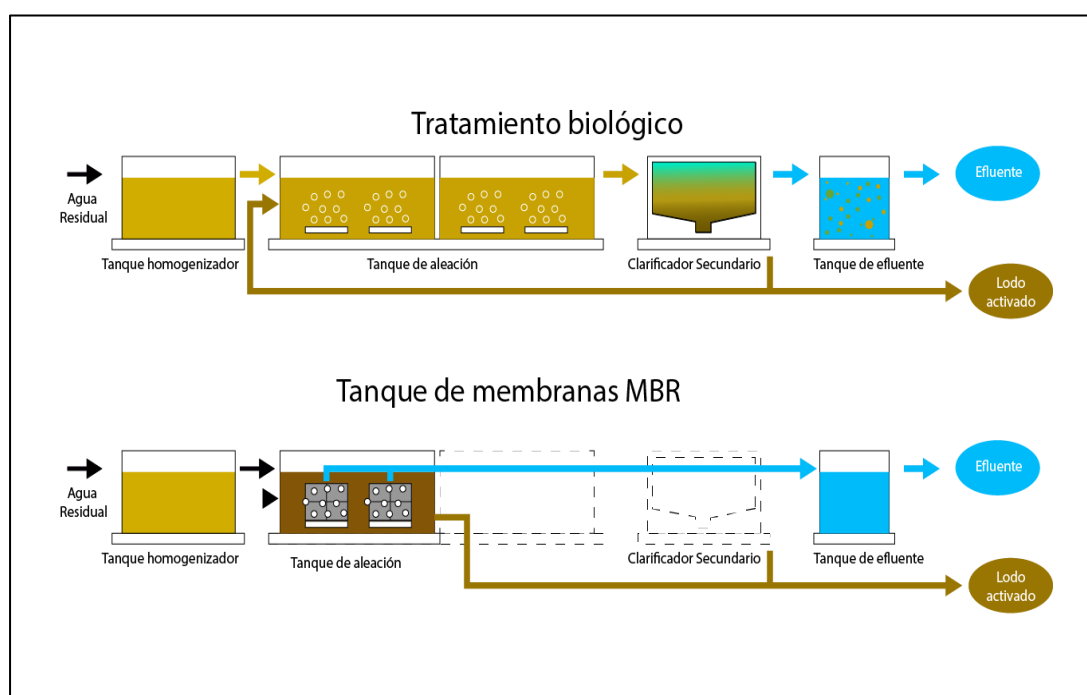
También, se suele encontrar el *Staphylococcus aureus*, que esta presente por lo general en el agua de descarga de duchas y lavamanos, ya que se presenta de

forma natural en la piel de los humanos. Este elemento o microorganismo tienen ser de mal carácter ya que causa infecciones si se entra en contacto con el mismo. Lo que nos indica que a pesar de que las aguas grises se consideran aguas limpias pueden contener muchos agentes que contaminen o perjudiquen en la salud del ser humano.

Finalmente, es común encontrar hongos y levaduras, como *Candida spp.*, en las aguas provenientes de duchas y lavanderías. Aunque muchos de estos microorganismos son oportunistas, pueden causar infecciones cutáneas o en mucosas, especialmente en personas con sistemas inmunológicos debilitados. Su presencia, aunque menos crítica que la de las bacterias patógenas, también debe ser considerada en los procesos de tratamiento de aguas grises.

Figura 7.

Tratamientos para las propiedades



Fuente: Tituana (2023)

2.3.15 Costos del sistema de tratamiento de aguas grises

El tratamiento de aguas grises se ha consolidado como una estrategia efectiva y sostenible para afrontar la creciente presión sobre los recursos hídricos en contextos urbanos y rurales. Mediante la implementación de sistemas de reutilización bien diseñados, es posible reducir considerablemente el uso de agua potable en actividades donde no se requiere un estándar de calidad elevado, como el riego de

áreas verdes, lavado de pisos o la descarga en inodoros. Esto no solo permite optimizar el consumo, sino también minimizar el desperdicio de agua limpia en tareas cotidianas.

Adicionalmente, la reutilización de aguas grises tiene un impacto positivo en la infraestructura urbana, aliviando la carga sobre las redes de alcantarillado y las plantas de tratamiento de aguas residuales. Esto contribuye a prolongar la vida útil de dichas infraestructuras, disminuye los riesgos de desbordamientos y ayuda a controlar la contaminación en cuerpos receptores. En edificaciones con enfoque sustentable, como aquellas certificadas bajo normas ambientales (LEED, EDGE, etc.), este tipo de sistemas añade valor y mejora el desempeño ambiental general del proyecto.

Tabla 8.

Costo referencial des sistema de tratamiento para aguas grises

Elemento del Sistema	Descripción	Costo Aproximado (USD)
Tanque de sedimentación	Contenedor para separar sólidos por gravedad (plástico o concreto)	100 – 300
Filtro de grava y arena	Estructura con medio granular para retención de partículas	50 – 150
Filtro de carbón activado	Unidad para remoción de compuestos orgánicos y olores	80 – 200
Sistema de tuberías	PVC o polietileno para conducción del agua gris	50 – 100
Bomba de recirculación (opcional)	Para mejorar el flujo hacia filtros o zonas de reuso	100 – 250
Mano de obra e instalación	Costos de montaje, pruebas y adecuaciones	150 – 400
Mantenimiento anual estimado	Reemplazo de filtros, limpieza de tanques, revisión de equipos	50 – 100

Fuente: Tauro (2021)

2.3.16 Costos de mantenimiento referencial

El mantenimiento de un sistema de tratamiento de aguas grises es fundamental para garantizar su funcionamiento eficiente, prolongar su vida útil y asegurar la calidad del agua reutilizada. Aunque estos sistemas pueden tener bajos costos operativos en comparación con otros métodos convencionales, requieren revisiones periódicas, limpieza de filtros, remoción de sedimentos y, en algunos casos, reposición de

materiales filtrantes. El descuido de estas tareas puede provocar fallas, obstrucciones o una disminución en la calidad del agua tratada, afectando su reutilización segura. Dentro del análisis del desglose de cada costo por mantenimientos se puede identificar que mediante el proceso de reutilización de aguas grises aseguramos la optimización y la viabilidad del sistema lo que radica un beneficio en términos de costos.

Tabla 9.

Costos de mantenimiento referenciales

Concepto	Frecuencia	Costo Unitario (USD)	Costo Anual Estimado (USD)
Limpieza de sedimentador	Trimestral (4 veces/año)	15.00	60.00
Revisión de filtros de grava y arena	Bimestral (6 veces/año)	10.00	60.00
Reemplazo parcial de material filtrante	Anual	40.00	40.00
Limpieza y revisión de tuberías	Semestral (2 veces/año)	20.00	40.00
Revisión general del sistema (técnico externo)	Anual	50.00	50.00
Total estimado anual			250.00

Fuente: Tauro (2021)

2.3.17 Materiales utilizados para el tratamiento de aguas grises

En un sistema de reutilización de aguas grises, diversos componentes cumplen funciones clave para garantizar un tratamiento eficiente y seguro del recurso. Entre ellos, los tanques de almacenamiento permiten regular el flujo y retener temporalmente el agua antes o después de su depuración, mientras que los filtros de grava y arena actúan como primera barrera para remover partículas sólidas. El carbón activado mejora la calidad del agua eliminando olores y compuestos orgánicos, y las tuberías de PVC facilitan el transporte del líquido dentro del sistema gracias a su resistencia y durabilidad.

A su vez, dispositivos como rejillas o trampas de sólidos previenen obstrucciones, las bombas permiten superar desniveles cuando no hay pendiente natural, y las válvulas de control dirigen el caudal hacia las etapas requeridas.

Tanques de almacenamiento: considerados como embaces o recipientes que son utilizados para las aguas grises durante o después de los procesos pueden estar presentes los plásticos, concreto o fibras de vidrio que van a permitir un flujo regular.

Filtros de grava y arena: los filtros de grava por otro lado son capas de material que permiten la retención de partículas sólidas y funcionan por medio de barreras físicas.

Carbón activado: es un material poroso que se desarrolla mediante la actuación de absorbentes lo que nos ayuda a eliminar compuestos organicos disueltos.

Rejillas o trampas de sólidos: Dispositivos que capturan residuos grandes como cabellos, papel o restos de jabón antes de que entren al sistema de tratamiento. Ayudan a evitar obstrucciones y daños en los filtros.

Bombas de agua: Equipos que permiten impulsar el flujo de agua cuando el sistema no cuenta con pendiente suficiente. Son esenciales en diseños donde el almacenamiento y la descarga están a diferentes niveles.

Tabla 10.

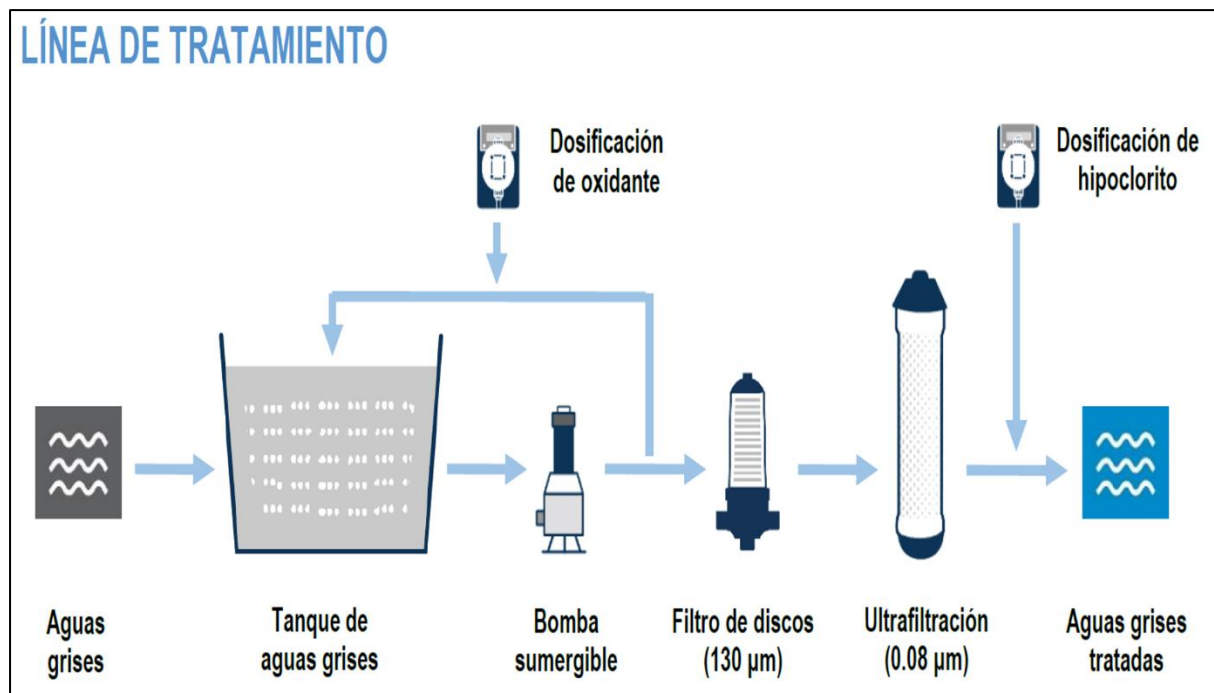
Diámetros de los materiales

Material o componente	Diámetro aproximado	Observaciones
Tuberías de PVC	50 mm a 110 mm (2" a 4.5")	Varía según caudal y número de usuarios
Filtro de grava y arena	300 mm a 600 mm (diámetro del cilindro)	Para hogares pequeños o medianos
Tanques de almacenamiento	0.6 m a 1.5 m (diámetro interno)	Capacidad de 200 a 1000 litros
Trampa de sólidos/rejillas	75 mm a 150 mm	Depende del flujo de entrada
Bomba de agua (entrada/salida)	25 mm a 50 mm (1" a 2")	Según capacidad de succión y descarga
Válvulas de control	25 mm a 100 mm	Según el diámetro de la tubería en la que se instalan
Filtro de carbón activado	150 mm a 300 mm	Puede usarse como cartucho o lecho granular
Desinfección UV (tubería interna)	25 mm a 50 mm	Compatible con caudales reducidos

Fuente: Méndez (2021)

Figura 8.

Línea de tratamiento



Fuente: Méndez (2021)

2.3.18 Parámetros para el diseño de tratamiento de aguas grises

Caudal diario: El caudal diario es la cantidad de agua gris generada por día, expresada en litros o metros cúbicos. Este parámetro es esencial para dimensionar adecuadamente las unidades de tratamiento, ya que determina el volumen de agua que pasará por el sistema. Su cálculo depende del número de usuarios, los artefactos que generan aguas grises (duchas, lavamanos, lavadoras, etc.) y los hábitos de consumo. Conocer el caudal permite definir tiempos de retención hidráulica, capacidades de almacenamiento y flujo en cada etapa del tratamiento.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): La DBO5 nos indica la cantidad del oxígeno que suele descomponerse en la materia orgánica. Debe estar presente en el agua por 5 días. Los niveles del DBO5 en ocasiones tienden a ser menores que el del DBO, por esta razón es importen mantener las respectivas, medidas ya que de esta manera se pueden evitar los malos.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): el DQO como factor técnico nos ayuda a determinar la cantidad necesaria de oxígeno, que está presente en toda la materia. Este valor por lo general suele ser mayor al DBO5 y es utilizado para tener un grado

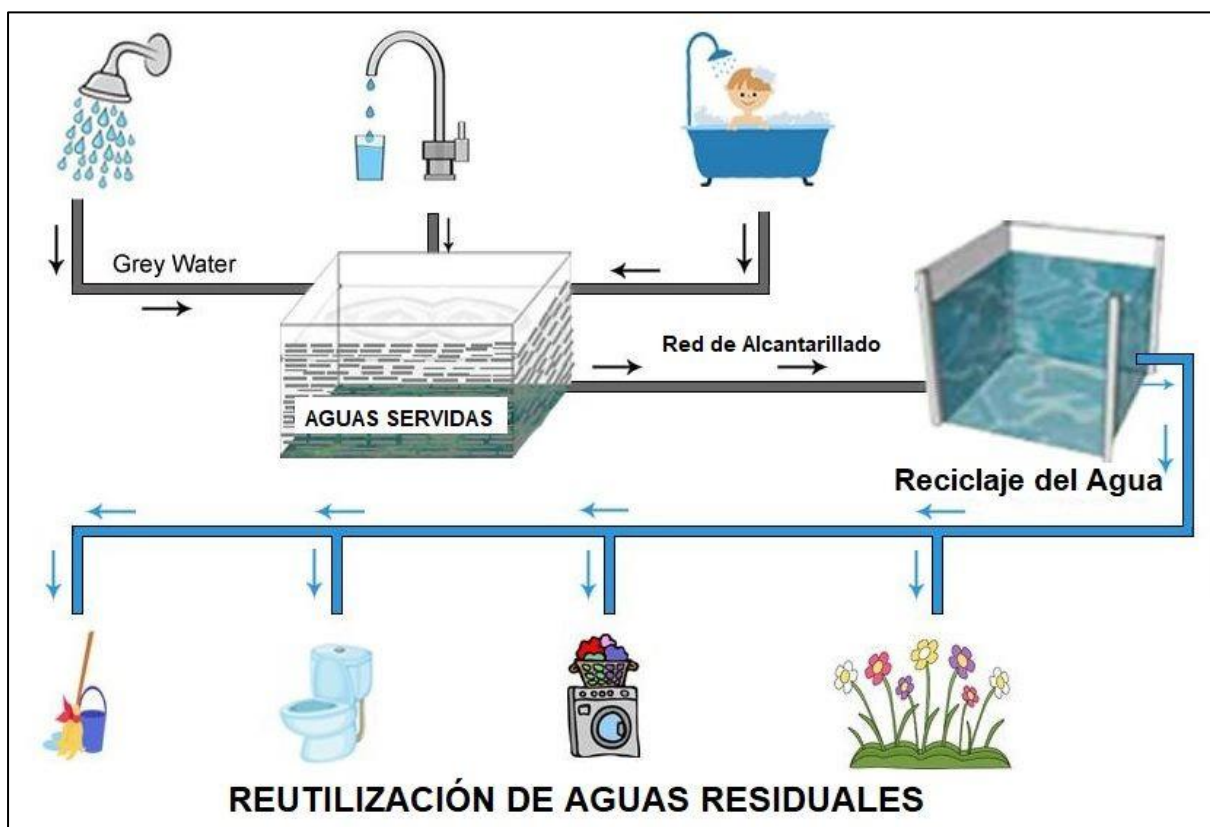
de contaminación menor especialmente cuando se pretende reutilizar el agua para fines no potables como el riego o descarga de inodoros.

Sólidos Suspendidos Totales (SST): los sólidos suspendidos están dentro de los parámetros de partículas físicas las cuales no se disuelven y tienden a estar flotando en el agua. Para la medición se debe tener en cuenta la medición del SST ya que estos sólidos pueden dañar los y dañar los equipos lo que sería un costo adicional. La concentración de SST en aguas grises varía según la fuente, siendo más alta en aguas provenientes de lavadoras o duchas.

pH: El pH indica el nivel de acidez o alcalinidad del agua gris, en una escala de 0 a 14. Un pH equilibrado es fundamental para garantizar la estabilidad del tratamiento, ya que niveles extremos pueden afectar la eficiencia de los procesos biológicos y químicos. Generalmente, las aguas grises presentan un pH cercano a la neutralidad (entre 6 y 8), aunque puede variar si se usan productos de limpieza con alta carga química. Controlar el pH ayuda a proteger los materiales del sistema y a asegurar un tratamiento efectivo y seguro.

Figura 9.

Reutilización de aguas residuales



Fuente: Castillo (2021)

2.3.19 Fórmulas de cálculo para la recolección de aguas grises

En el diseño de sistemas de tratamiento de aguas grises, es esencial aplicar fórmulas técnicas que permitan dimensionar adecuadamente cada componente del proceso. Estas ecuaciones facilitan la estimación del caudal, la carga contaminante y los tiempos de retención necesarios para un tratamiento eficiente. A través de estos cálculos se garantiza la funcionalidad del sistema, su sostenibilidad y su capacidad para cumplir con los estándares de calidad del agua tratada.

Cálculo del caudal promedio diario de aguas grises: **$Q = N \times C$**

- **Q:** Caudal diario de aguas grises (L/día)
- **N:** Número de personas o usuarios
- **C:** Consumo promedio de agua gris generada por persona al día (L/persona·día)

Cálculo del caudal máximo instantáneo: **$Q_{\text{máx}} = Q \times F$**

- **Q_{máx}:** Caudal máximo (L/s)
- **Q:** Caudal promedio (L/s)
- **F:** Factor de variación o pico (valor entre 1.5 y 3, según el tipo de uso)

Tiempo de retención hidráulica (TRH): **$TRH = V / Q$**

- **TRH:** Tiempo de retención (horas o días)
- **V:** Volumen del tanque o unidad de tratamiento (m³)
- **Q:** Caudal de entrada (m³/día o m³/hora)

Carga orgánica (DBO5 o DQO): **$Carga = Q \times C$**

- **Carga:** Carga contaminante diaria (g/día o kg/día)
- **Q:** Caudal diario (L/día o m³/día)
- **C:** Concentración del contaminante (mg/L o g/m³)

2.4 Marco Legal

2.4.1 Constitución: Republica del Ecuador 2008 Elementos constitutivos

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado: Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes. (Constitucion de la republica, 2008)

2.4.2 Capítulo: derechos del buen vivir Sección primera: agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art.14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

2.4.3 Sección sexta: Habitación y vivienda

Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

2.4.4 Agenda 20230 y los objetivos de Desarrollo sostenible

Art. 77.- La Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó los ODS en 2015, donde el ODS 6 se centra en garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Este objetivo promueve la reutilización segura de aguas residuales como una estrategia clave.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el estado

establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

2.4.5 Normas de la Organización Mundial de la Salud

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley.

2.4.6 Régimen de Desarrollo; Sectores estratégicos y empresas públicas

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

2.4.7 Régimen del Buen vivir: Biodiversidad y recursos naturales

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental.

Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a: Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio.

La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

Sección sexta: Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Sección séptima: Biosfera, ecología urbana y energías alternativas Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

2.4.8 Certificaciones Ambientales

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): Sistema de certificación internacional que incluye créditos por la reutilización de aguas grises.

ISO 24511:2007: Norma internacional para la gestión de servicios de aguas residuales, que proporciona directrices sobre el manejo eficiente y seguro.

2.4.9 Norma generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

ART 5.2.3.1 Los sistemas de drenaje industrial para las aguas domésticas y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.

ART 5.2.3.2 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes,

empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

ART 5.2.3.3 Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, para tratamiento conjunto. En cuyo caso se deberá contar con la autorización de la Autoridad Nacional de Control Ambiental.

ART 5.2.3.4 Cuando los regulados, aun cumpliendo con las normas de descarga, contribuyan con una carga que afecte a la planta de tratamiento, la Autoridad Nacional de Control Ambiental podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos que la Entidad Prestadora de Servicio deberá realizar para justificar esta decisión.

ART 5.2.3.5 Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario o de aguas lluvias de cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, entre otras; (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).

Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.

Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, aceites minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.

Cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Enfoque de la investigación:

El presente trabajo utiliza una metodología de investigación mixta, integrando técnicas cuantitativas y cualitativas para obtener un entendimiento completo sobre la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises destinado al abastecimiento de baterías sanitarias en edificaciones sostenibles. Esta aproximación permite evaluar objetivamente los aspectos técnicos y económicos del sistema, a la vez que explora las percepciones y factores contextuales que influyen en su viabilidad y aceptación social.

En la parte cuantitativa, se examinan variables medibles como el volumen de aguas grises generadas, los costos asociados a la instalación y mantenimiento del sistema, así como el ahorro potencial en el consumo de agua potable. Estos datos se recopilan mediante simulaciones en software BIM y se apoyan en el diseño técnico desarrollado, junto con presupuestos referenciales y normativas vigentes.

Por otro lado, el enfoque cualitativo se enfoca en analizar la viabilidad social, regulatoria y operativa del sistema, además de revisar experiencias previas documentadas en fuentes científicas y técnicas. Este análisis contribuye a identificar los factores culturales, institucionales y ambientales que pueden facilitar o dificultar la adopción de esta tecnología en el sector de la construcción local.

De este modo, la combinación de ambos enfoques permite la triangulación de información, fortaleciendo la validez de los resultados y asegurando la coherencia entre los objetivos planteados y las conclusiones obtenidas.

3.2 Alcance de la investigación

La investigación que se presenta tiene un carácter descriptivo, enfocándose en detallar y analizar las principales variables técnicas, económicas y operativas vinculadas al diseño e implementación de un sistema de reutilización de aguas grises para el abastecimiento de baterías sanitarias en edificaciones sostenibles. Este tipo de estudio permite examinar minuciosamente los componentes del sistema, los

procesos de tratamiento, así como los métodos de almacenamiento y distribución, además de evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua tratada.

El trabajo ofrece una descripción clara del diseño hidráulico desarrollado mediante la metodología BIM, identificando las fases de recolección, filtración, almacenamiento y distribución del agua reutilizada. También incluye estimaciones presupuestarias detalladas que facilitan la identificación de los recursos necesarios para la implementación del sistema, comparándolos con las soluciones convencionales.

Este enfoque no tiene como objetivo establecer relaciones causales o verificar hipótesis complejas, sino proporcionar una base sólida de información técnica que permita evaluar la factibilidad del sistema en el contexto de edificaciones sostenibles, constituyéndose en un fundamento para futuras investigaciones con perspectivas explicativas o experimentales.

3.3 Técnicas e instrumentos

3.3.1 *Técnicas utilizadas:*

Para la investigación se emplearon diversas técnicas que nos han permitido encontrar los resultados de manera rápida y eficiente. Se realizó el respectivo análisis de la información y la técnica principal fue el análisis documental, en el cual se emplearon los estudios de normativas vigentes, estudios previos sobre tesis ya desarrolladas, lo que nos permitió establecer una base con enfoque sólido

Se empleó un método cuantitativo por esta razón se empleó las simulaciones de software que nos permita dar desarrollo a diseños arquitectónicos para las dimensiones del modelado a proyectar. Para finalizar se implementa un análisis de costos para tener referencias de los posibles gastos sobre el sistema a desarrollar. Esta herramienta permitió obtener datos precisos y visualizaciones detalladas del sistema, optimizando la planificación y evaluación técnica.

3.3.2 Instrumentos

Se aplicaron instrumentos como listas de chequeo y fichas técnicas para sistematizar la información sobre materiales, parámetros de calidad del agua y costos asociados. Estos instrumentos facilitaron la organización de los datos y garantizaron la consistencia y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Para la recolección de datos en esta investigación se utilizó una encuesta estructurada dirigida a los usuarios y expertos relacionados con el uso y percepción del sistema de reutilización de aguas grises. La encuesta permitió obtener información directa sobre aspectos técnicos, económicos y sociales, así como la aceptación y viabilidad del sistema en las edificaciones estudiadas.

Encuesta dirigida a Ingenieros civiles

TEMA: Diseño del sistema de reutilización de aguas grises para el abastecimiento de baterías sanitarias en edificaciones.

¿Qué tan factible considera la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises en edificaciones urbanas desde el punto de vista técnico?

- Muy factible
- Factible con ciertas adaptaciones
- Poco factible
- Nada factible

En su experiencia, ¿cuál es el principal desafío técnico para el diseño de un sistema de reutilización de aguas grises?

- Selección de equipos y materiales
- Integración con la red hidrosanitaria existente
- Control de calidad del agua tratada
- Costos de operación y mantenimiento

¿Qué tecnología de tratamiento considera más adecuada para el reúso de aguas grises en sanitarios?

- Filtros mecánicos y sedimentadores
- Sistemas biológicos (biofiltros, humedales)
- Tratamiento físico-químico
- Otro (especificar)

Desde el punto de vista de diseño, ¿cuál es el factor más determinante para garantizar la eficiencia del sistema?

- Correcto dimensionamiento hidráulico
- Ubicación estratégica de los tanques y equipos
- Automatización y control del sistema
- Mantenimiento preventivo programado

¿Considera que la metodología (Revit) aporta ventajas significativas en el diseño e implementación de sistemas de reutilización de aguas grises?

- Sí, mejora la coordinación y precisión del diseño
- Aporta beneficios moderados
- No presenta ventajas relevantes
- No tengo experiencia

¿Qué criterio considera más importante al seleccionar materiales para las tuberías en un sistema de reutilización de aguas grises?

- Durabilidad y resistencia a la corrosión
- Costo económico
- Compatibilidad con el tratamiento del agua
- Facilidad de instalación y mantenimiento

¿Cuál es el principal riesgo técnico que debe considerarse en la operación de un sistema de reutilización de aguas grises?

- Obstrucción y acumulación de sedimentos
- Contaminación microbiológica

- Fallas en bombas y equipos
- Fugas y pérdidas hidráulicas

¿Qué herramienta o método considera más eficaz para monitorear la calidad del agua tratada en sistemas de reutilización?

- Análisis de laboratorio periódico
- Sensores y sistemas automatizados en tiempo real
- Inspecciones visuales y mantenimiento preventivo
- Registro manual de parámetros y controles

En su opinión, ¿cuál es el principal beneficio ambiental de implementar un sistema de reutilización de aguas grises en edificaciones urbanas?

- Reducción del consumo de agua potable
- Disminución de la carga en sistemas de alcantarillado
- Conservación de recursos hídricos locales
- Mitigación del impacto ambiental general

¿Qué tan importante considera la capacitación del personal para la correcta operación y mantenimiento del sistema de reutilización de aguas grises?

- Muy importante
- Moderadamente importante
- Poco importante
- No es importante

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población objeto de este estudio está conformada por los residentes y usuarios de edificaciones que potencialmente pueden implementar sistemas de reutilización de aguas grises para el abastecimiento de baterías sanitarias. Esto incluye tanto propietarios como administradores de viviendas, edificios residenciales y comerciales en la zona de estudio, quienes tienen un interés directo o indirecto en las prácticas de ahorro y gestión eficiente del recurso hídrico.

3.4.2 Muestra

La muestra fue empleada para 15 ingeniero civiles, en el cual se considera su experiencia dentro del diseño las construcciones y sobre los mantenimientos del sistema de aguas grises. Los ingenieros fueron previstos con encuestas con el propósito de obtener una información más detallada. La elección de este grupo respondió a la necesidad de contar con informantes clave que, por su formación y trayectoria, pudieran aportar criterios especializados, asegurando así que los resultados reflejen un análisis fundamentado y acorde a la realidad técnica del contexto estudiado.

CAPITULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Resultados y Análisis de los resultados

4.1.1 Resultados de las encuestas

Los resultados de las encuestas aplicadas a profesionales del sector de la ingeniería sanitaria revelan una percepción positiva y fundamentada sobre la viabilidad técnica de implementar sistemas de reutilización de aguas grises en edificaciones urbanas. La mayoría de los encuestados considera que este tipo de soluciones son muy factibles o factibles con ciertas adaptaciones, destacando como principales desafíos la integración con la red hidrosanitaria existente y el control de calidad del agua tratada.

Tabla 11.

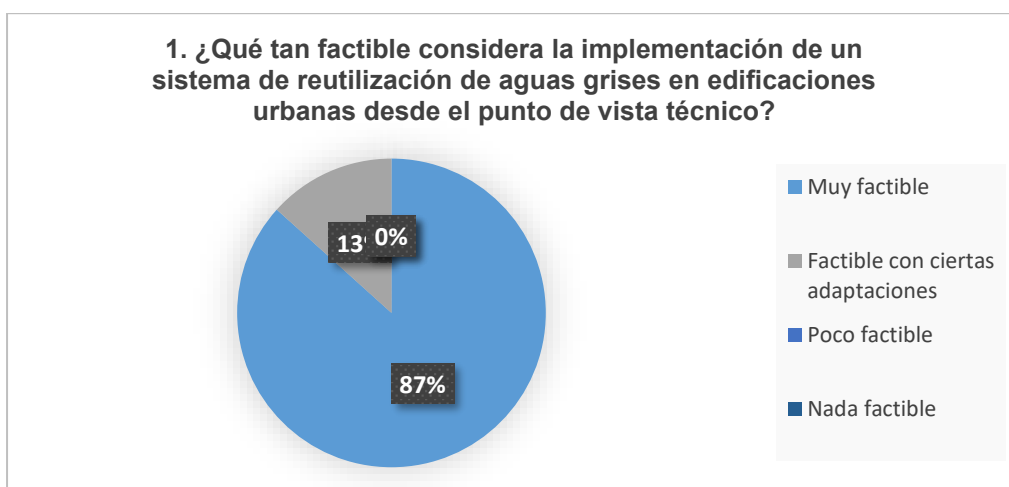
Resultados de la pregunta 1

1. ¿Qué tan factible considera la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises en edificaciones urbanas desde el punto de vista técnico?	TOTAL
Muy factible	13
Factible con ciertas adaptaciones	2
Poco factible	0
Nada factible	0
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 10.

Tabulación de los resultados de la pregunta 1



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: En los resultados obtenidos para la pregunta dirigida a ingenieros civiles, se observa que la gran mayoría considera técnicamente viable la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises en edificaciones urbanas. El 86,7 % (13 de 15) la califica como muy factible, mientras que el 13,3 % (2 de 15) la considera factible con ciertas adaptaciones. No se registraron respuestas que la cataloguen como poco factible o nada factible, lo que evidencia una percepción ampliamente positiva sobre su viabilidad técnica.

Tabla 12.

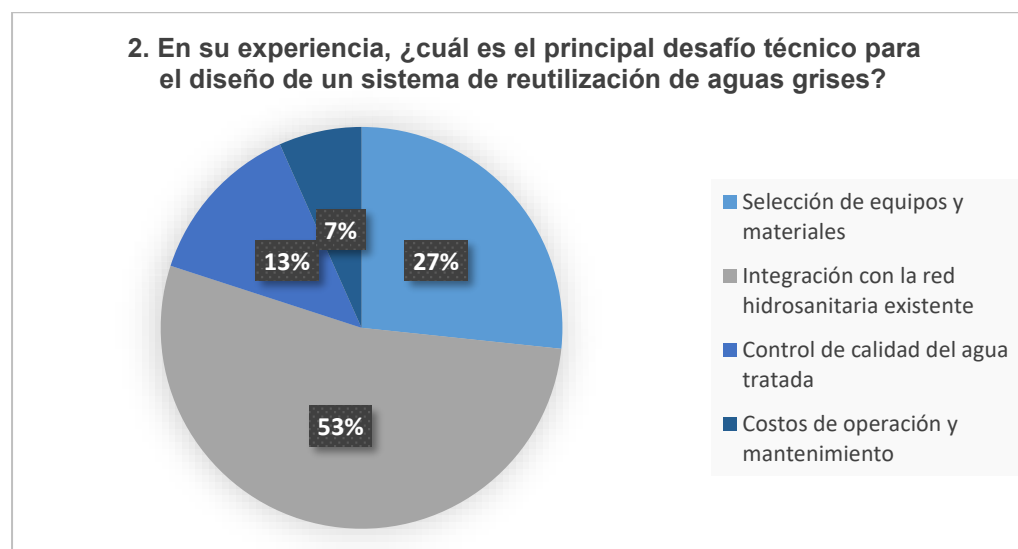
Resultados de la pregunta 2

2. En su experiencia, ¿cuál es el principal desafío técnico para el diseño de un sistema de reutilización de aguas grises?	TOTAL
Selección de equipos y materiales	4
Integración con la red hidrosanitaria existente	8
Control de calidad del agua tratada	2
Costos de operación y mantenimiento	1
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 11.

Tabulación de los resultados de la pregunta 2



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: En esta pregunta, los ingenieros civiles identificaron como principal desafío técnico la integración con la red hidrosanitaria existente, con un 53,3 % de las respuestas (8 de 15), lo que refleja la relevancia de adaptar el sistema de

reutilización a la infraestructura ya construida. En segundo lugar, la selección de equipos y materiales fue mencionada por el 26,7 % (4 de 15), seguida por el control de calidad del agua tratada con un 13,3 % (2 de 15) y, finalmente, los costos de operación y mantenimiento con un 6,7 % (1 de 15). Estos resultados evidencian que los retos se concentran principalmente en aspectos de compatibilidad y diseño técnico.

Tabla 13.

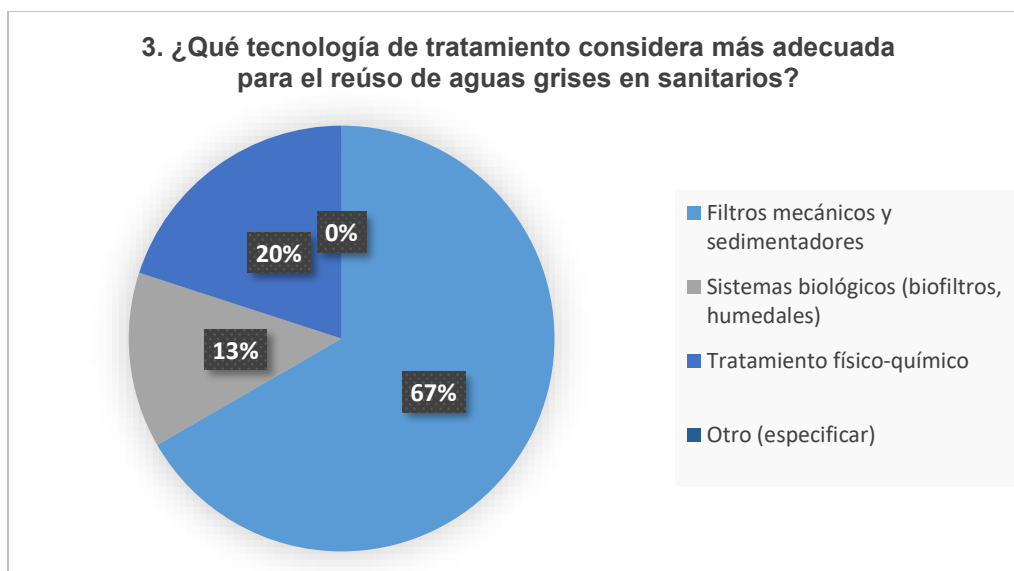
Resultados de la pregunta 3

3. ¿Qué tecnología de tratamiento considera más adecuada para el reúso de aguas grises en sanitarios?	TOTAL
Filtros mecánicos y sedimentadores	10
Sistemas biológicos (biofiltros, humedales)	2
Tratamiento físico-químico	3
Otro (especificar)	0
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 12.

Tabulación de los resultados de la pregunta 3



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: En cuanto a la tecnología de tratamiento más adecuada para el reúso de aguas grises en sanitarios, la mayoría de los ingenieros civiles encuestados optó por filtros mecánicos y sedimentadores, con un 66,7 % de las respuestas (10 de 15), destacando su eficiencia y facilidad de implementación. En segundo lugar, el

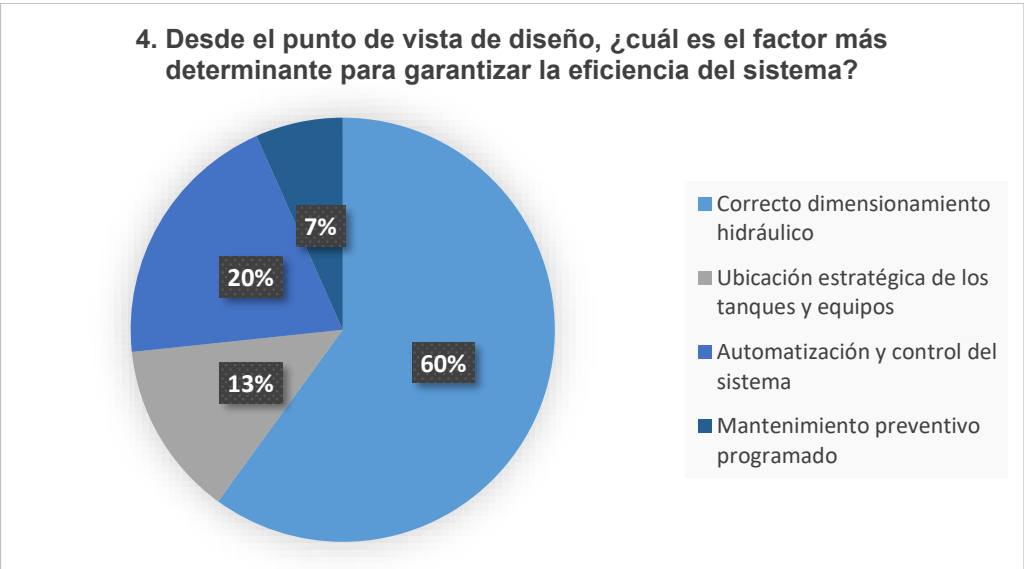
tratamiento físico-químico fue seleccionado por el 20 % (3 de 15), mientras que los sistemas biológicos como biofiltros o humedales obtuvieron un 13,3 % (2 de 15). No se registraron respuestas en la opción, lo que indica una clara preferencia por métodos de filtración y sedimentación.

Tabla 14.
Resultados de la pregunta 4

4. Desde el punto de vista de diseño, ¿cuál es el factor más determinante para garantizar la eficiencia del sistema?	TOTAL
Correcto dimensionamiento hidráulico	9
Ubicación estratégica de los tanques y equipos	2
Automatización y control del sistema	3
Mantenimiento preventivo programado	1
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 13.
Tabulación de los resultados de la pregunta 4



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: En los resultados obtenidos, el correcto dimensionamiento hidráulico fue identificado como el factor más determinante para garantizar la eficiencia del sistema, con un 60 % de las respuestas (9 de 15), lo que evidencia la importancia de un cálculo preciso en el rendimiento global. La automatización y

control del sistema ocupó el segundo lugar con un 20 % (3 de 15), seguida por la ubicación estratégica de los tanques y equipos con un 13,3 % (2 de 15). Finalmente, el mantenimiento preventivo programado fue mencionado por un 6,7 % (1 de 15), lo que refleja que, aunque todos los factores son relevantes, la prioridad está en el diseño hidráulico inicial.

Tabla 15.

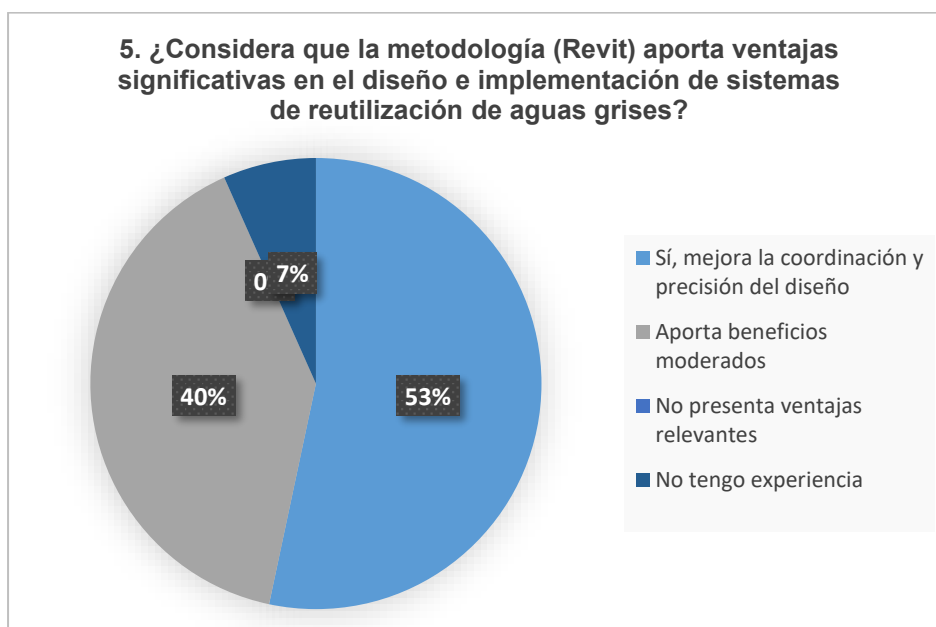
Resultados de la pregunta 5

5. ¿Considera que la metodología (Revit) aporta ventajas significativas en el diseño e implementación de sistemas de reutilización de aguas grises?	TOTAL
Sí, mejora la coordinación y precisión del diseño	8
Aporta beneficios moderados	6
No presenta ventajas relevantes	0
No tengo experiencia	1
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 14.

Tabulación de los resultados de la pregunta 5



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: En esta pregunta, la mayoría de los ingenieros civiles reconoció que la metodología Revit aporta ventajas significativas en el diseño e implementación de sistemas de reutilización de aguas grises. El 53,3 % (8 de 15) indicó que mejora la

coordinación y precisión del diseño, mientras que el 40 % (6 de 15) consideró que ofrece beneficios moderados. No se registraron respuestas que la consideren sin ventajas relevantes, y solo un 6,7 % (1 de 15) manifestó no tener experiencia con esta herramienta. Estos resultados reflejan una percepción mayoritariamente positiva sobre el uso de Revit en este tipo de proyectos.

Tabla 16.

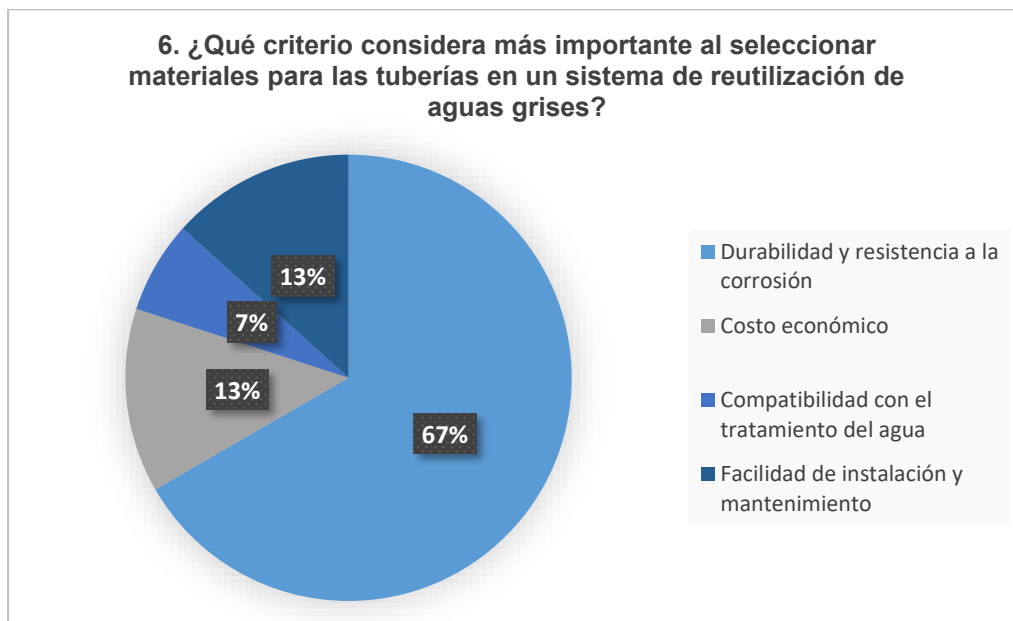
Resultados de la pregunta 6

6. ¿Qué criterio considera más importante al seleccionar materiales para las tuberías en un sistema de reutilización de aguas grises?	TOTAL
Durabilidad y resistencia a la corrosión	10
Costo económico	2
Compatibilidad con el tratamiento del agua	1
Facilidad de instalación y mantenimiento	2
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 15.

Tabulación de los resultados de la pregunta 6



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: En relación con la selección de materiales para las tuberías en un sistema de reutilización de aguas grises, la mayoría de los ingenieros civiles prioriza la durabilidad y resistencia a la corrosión, representando el 66,7 % de las respuestas (10 de 15). En menor medida, el costo económico y la facilidad de

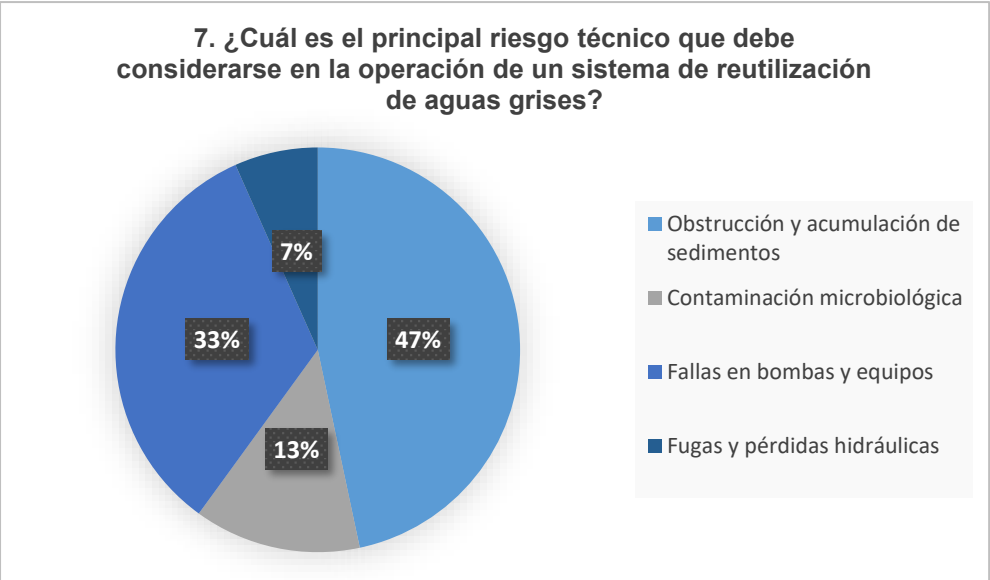
instalación y mantenimiento fueron considerados importantes, con un 13,3 % cada uno (2 de 15). Finalmente, la compatibilidad con el tratamiento del agua recibió un 6,7 % (1 de 15). Estos resultados reflejan que la longevidad y la resistencia del material son factores clave en la selección.

Tabla 17.
Respuestas de la pregunta 7

7. ¿Cuál es el principal riesgo técnico que debe considerarse en la operación de un sistema de reutilización de aguas grises?	TOTAL
Obstrucción y acumulación de sedimentos	7
Contaminación microbiológica	2
Fallas en bombas y equipos	5
Fugas y pérdidas hidráulicas	1
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 16.
Tabulación de los resultados de la pregunta 7



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: En cuanto a los riesgos técnicos en la operación de sistemas de reutilización de aguas grises, la obstrucción y acumulación de sedimentos fue identificada como el principal riesgo, con un 46,7 % de las respuestas (7 de 15). Le sigue la falla en bombas y equipos, con un 33,3 % (5 de 15), mientras que la contaminación microbiológica fue mencionada por un 13,3 % (2 de 15). Finalmente,

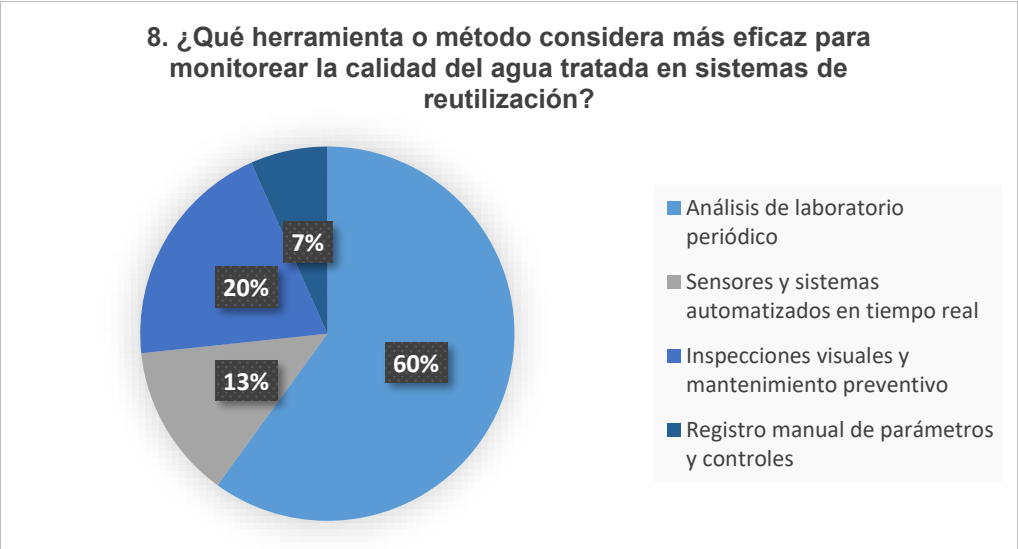
las fugas y pérdidas hidráulicas representaron un 6,7 % (1 de 15). Estos resultados subrayan la importancia de un mantenimiento adecuado para evitar bloqueos y asegurar la continuidad operativa del sistema.

Tabla 18.
Resultados de la pregunta 8

8. ¿Qué herramienta o método considera más eficaz para monitorear la calidad del agua tratada en sistemas de reutilización?	TOTAL
Análisis de laboratorio periódico	9
Sensores y sistemas automatizados en tiempo real	2
Inspecciones visuales y mantenimiento preventivo	3
Registro manual de parámetros y controles	1
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Tabla 19.
Tabulación de los resultados de la pregunta 8



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: Respecto a las herramientas y métodos para monitorear la calidad del agua tratada en sistemas de reutilización, la mayoría de los ingenieros civiles (60 %, 9 de 15) considera que el análisis de laboratorio periódico es el método más eficaz. En menor proporción, el uso de sensores y sistemas automatizados en tiempo real fue elegido por el 13,3 % (2 de 15), mientras que las inspecciones visuales y el mantenimiento preventivo obtuvieron un 20 % (3 de 15). Finalmente, solo un 6,7

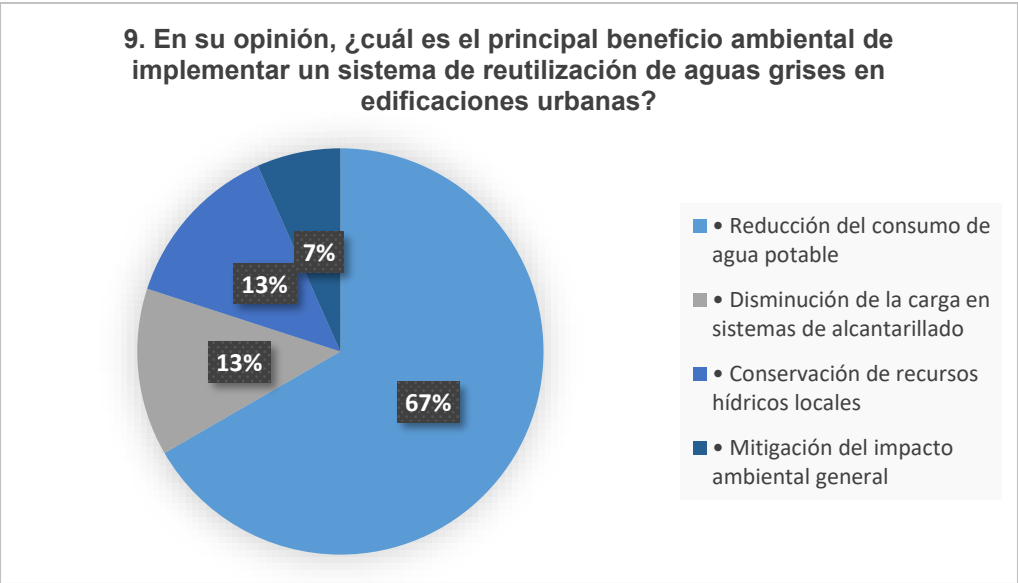
% (1 de 15) optó por el registro manual de parámetros y controles. Esto evidencia una preferencia por métodos confiables y rigurosos para asegurar la calidad del agua reutilizada.

Tabla 20.
Resultados de la pregunta 9

9. En su opinión, ¿cuál es el principal beneficio ambiental de implementar un sistema de reutilización de aguas grises en edificaciones urbanas?	TOTAL
• Reducción del consumo de agua potable	10
• Disminución de la carga en sistemas de alcantarillado	2
• Conservación de recursos hídricos locales	2
• Mitigación del impacto ambiental general	1
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 17.
Tabulación de los resultados de la pregunta 9



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: La mayoría de los ingenieros encuestados considera que el principal beneficio ambiental de implementar un sistema de reutilización de aguas grises en edificaciones urbanas es la reducción del consumo de agua potable, con 10 de 15 respuestas, lo que destaca la importancia de optimizar el uso de este recurso.

Tabla 21.

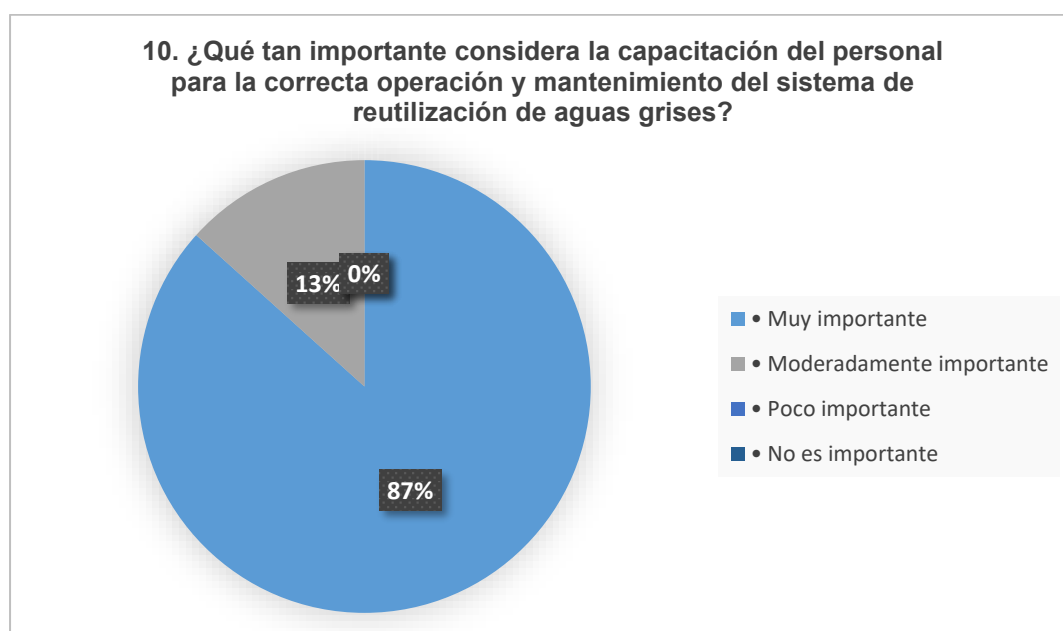
Resultados de la pregunta 10

10. ¿Qué tan importante considera la capacitación del personal para la correcta operación y mantenimiento del sistema de reutilización de aguas grises?	TOTAL
• Muy importante	13
• Moderadamente importante	2
• Poco importante	0
• No es importante	0
TOTAL	15

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 18.

Tabulación de los resultados de la pregunta 10



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: La capacitación del personal para la correcta operación y mantenimiento del sistema de reutilización de aguas grises es considerada muy importante por la gran mayoría de los ingenieros encuestados, con 13 de 15 respuestas. Solo 2 participantes la valoran como moderadamente importante, y ninguno la considera poco o nada importante. Estos resultados subrayan la relevancia de contar con personal capacitado para asegurar el buen funcionamiento y la durabilidad del sistema, minimizando riesgos operativos y garantizando la eficiencia del proceso.

4.1.2 Resultados del diseño de hidrosanitario

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del diseño hidrosanitario, en los cuales se describe de manera detallada el desempeño y las características de cada componente del sistema. Se incluye la distribución de las redes de abastecimiento, evacuación y ventilación, así como el dimensionamiento de tuberías, accesorios y equipos, con el fin de evidenciar el cumplimiento de los criterios técnicos y normativos establecidos.

En la figura 19, se presenta la distribución que abastece múltiples servicios sanitarios, organizada mediante tuberías de diferentes diámetros, desde 20 mm hasta 110 mm. Esta variación en los diámetros permite distribuir el caudal de forma eficiente, diferenciando claramente entre las líneas principales y las derivaciones hacia los aparatos. Además, muchas de las tuberías están señaladas como suspendidas, lo que facilita el acceso para mantenimiento y evita interferencias con otras instalaciones arquitectónicas del edificio.

Otro resultado relevante es la incorporación de múltiples válvulas de control distribuidas estratégicamente a lo largo del sistema. Estas válvulas, de tamaños que van desde 1" hasta 3", permiten sectorizar la red, lo cual es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema en condiciones de operación, mantenimiento o emergencia. También se identificaron montantes de agua potable y agua clarificada, lo que indica que el sistema está diseñado para dar servicio a varios niveles del edificio, manteniendo la presión y el suministro continuo.

Del análisis del segundo plano hidráulico planta baja figura 20, se confirma la distribución detallada de un sistema de suministro de agua para una zona con alto número de aparatos sanitarios, incluyendo lavamanos, inodoros y duchas. Las tuberías están organizadas en circuitos diferenciados, identificados por su tipo, diámetro y posición. Se utilizan tuberías de distintos diámetros, como 20 mm, 25 mm, 32 mm, 50 mm, 75 mm, 90 mm y hasta 110 mm, lo cual demuestra un diseño escalonado que responde a los requerimientos de caudal y presión para cada punto de consumo.

En la figura 21 se presenta como resultado una red de tuberías correspondiente al sistema de drenaje sanitario y ventilación. Se identifican tuberías

de PVC con distintos diámetros (DN Ø110 mm, Ø108 mm, Ø50 mm y Ø75 mm), lo cual evidencia un diseño que responde a las distintas cargas sanitarias que se generan en los diferentes espacios del edificio. El sistema incorpora elementos clave como bajantes sanitarias, tapones de registro suspendidos y montantes de ventilación, que garantizan un funcionamiento hidráulico seguro y conforme a normativa. Además, se observan líneas de ventilación secundaria (PVC VENT Ø50 mm), necesarias para evitar vacíos de sifón y permitir un adecuado flujo de aire en el sistema.

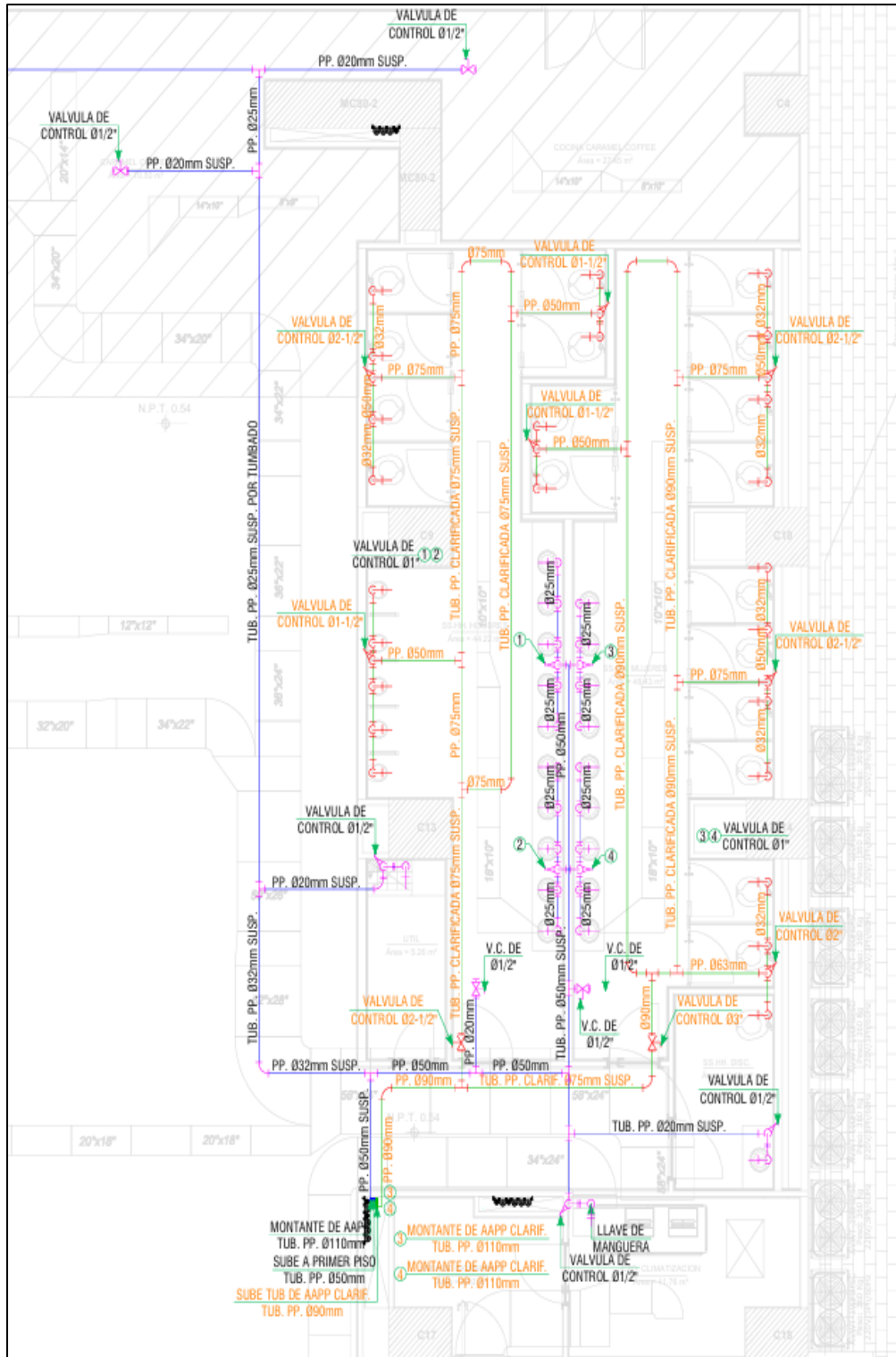
En el plano de piso 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 figura 22 se identifican diversas tuberías sanitarias y de ventilación fabricadas en PVC, con una correcta diferenciación de diámetros según su función. Las tuberías principales de desagüe cuentan con diámetros de Ø110 mm y Ø160 mm, destinadas al traslado de aguas negras y grises provenientes de múltiples aparatos sanitarios. Para las derivaciones hacia inodoros, lavamanos y urinarios, se utilizan tuberías de Ø101 mm y Ø50 mm, respectivamente, adecuadas para los caudales individuales de cada artefacto.

Asimismo, se observa una red de ventilación secundaria conformada por tuberías de Ø50 mm y Ø75 mm, necesarias para evitar la succión de trampas hidráulicas y permitir una ventilación adecuada del sistema. Todos estos elementos están correctamente distribuidos dentro de los núcleos de servicios higiénicos, permitiendo un flujo eficiente de las aguas residuales y asegurando el cumplimiento con los parámetros técnicos establecidos para instalaciones sanitarias.

El plano del piso 9 figura 23 se da como resultado la instalación hidráulica diseñada específicamente para la distribución de agua clarificada, destinada a servicios sanitarios. Se identifican tuberías de diferentes diámetros: Ø32 mm, Ø63 mm, y Ø75 mm, distribuidas estratégicamente en sentido horizontal y suspendidas en plafón (indicadas como "SUSP."). Las tuberías de Ø63 mm son las más utilizadas en las líneas secundarias, alimentando directamente a los inodoros, mientras que las de Ø75 mm actúan como conductoras principales, conectadas a un montante vertical que asciende desde un nivel inferior.

Figura 19.

Red de sistema hidrosanitario sótano



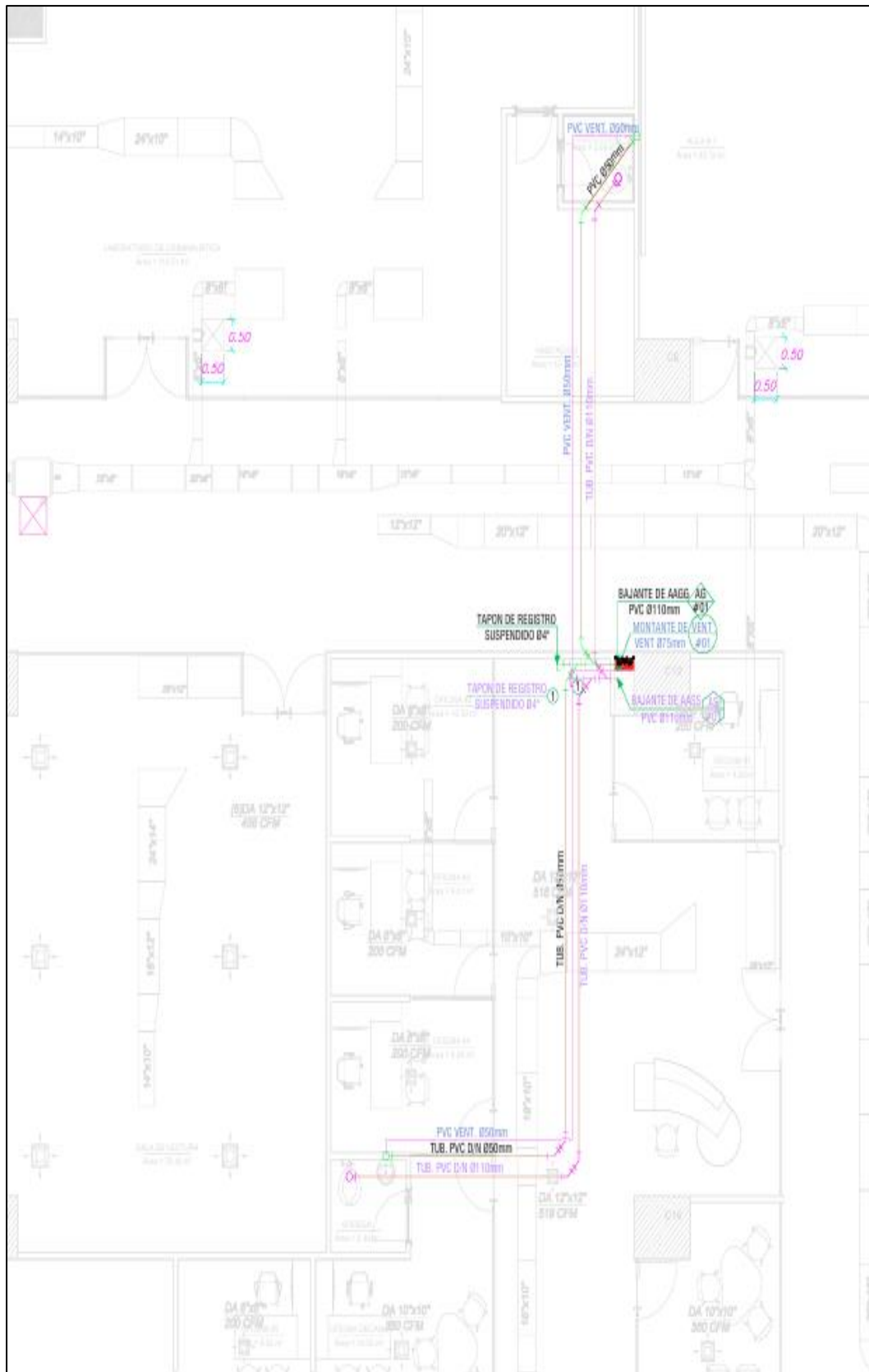
Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Red de sistema hidrosanitario planta baja



Figura 21.

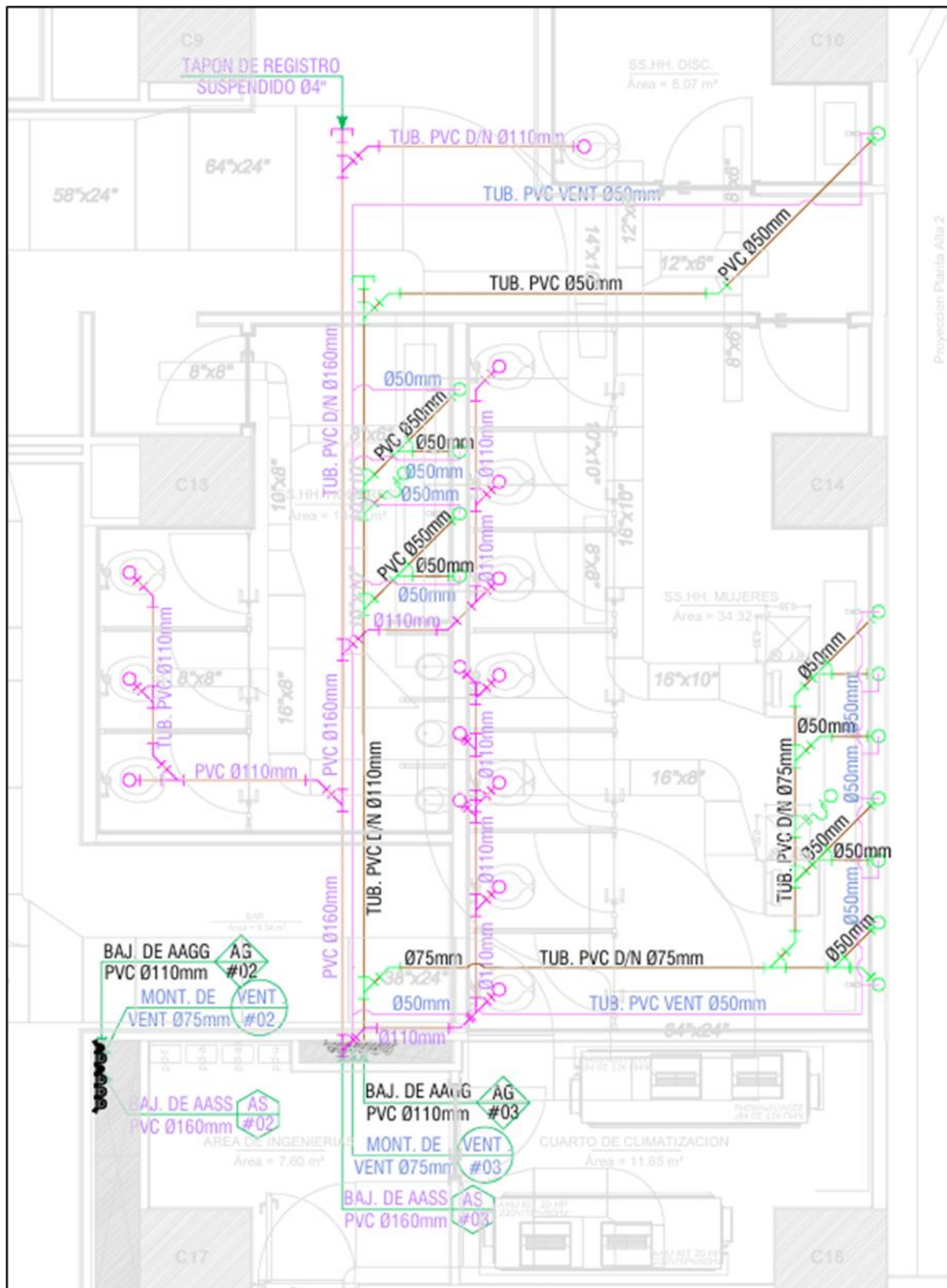
Red de sistema hidrosanitario Piso 1



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 22.

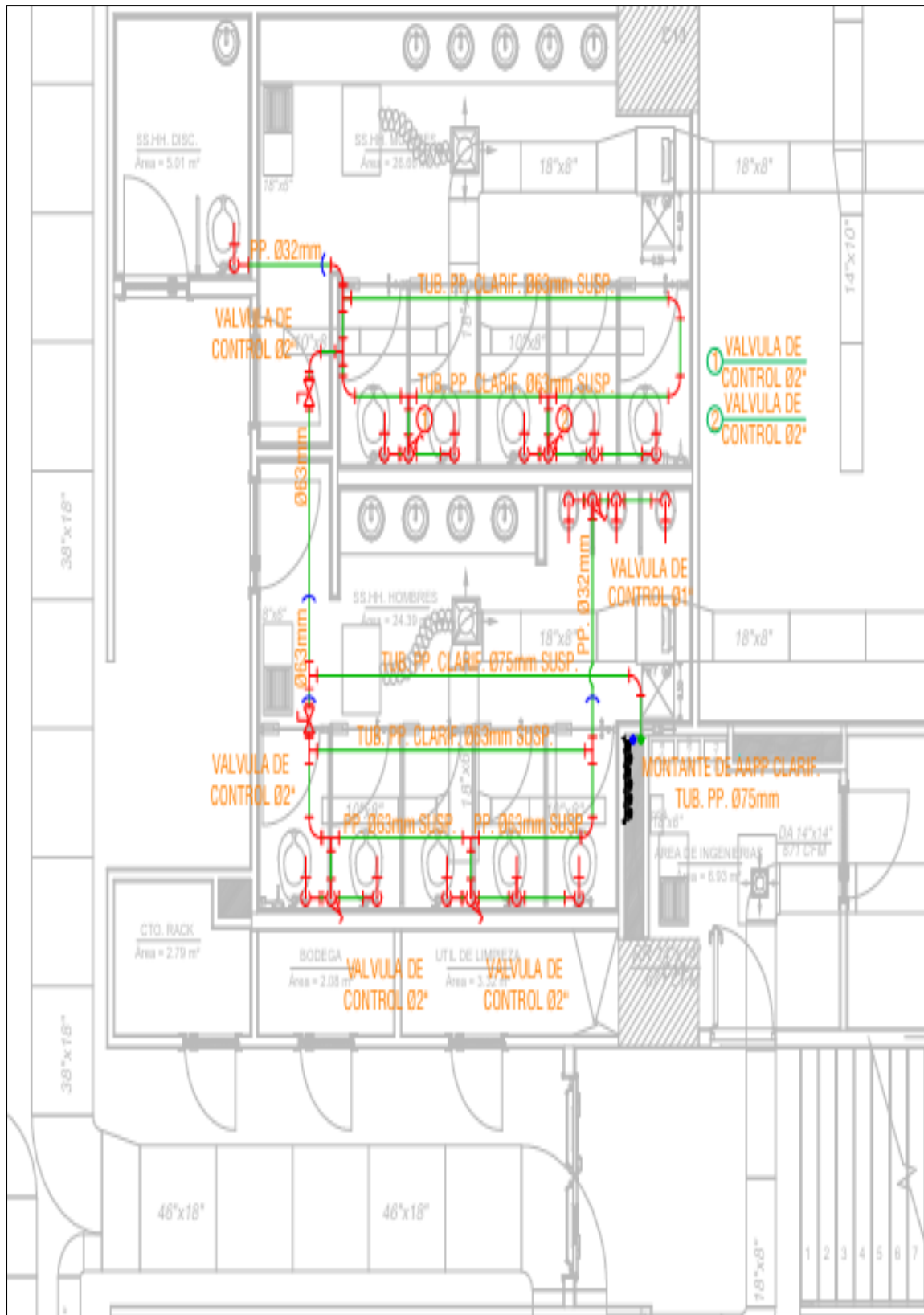
Red de sistema hidrosanitario Piso 2



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

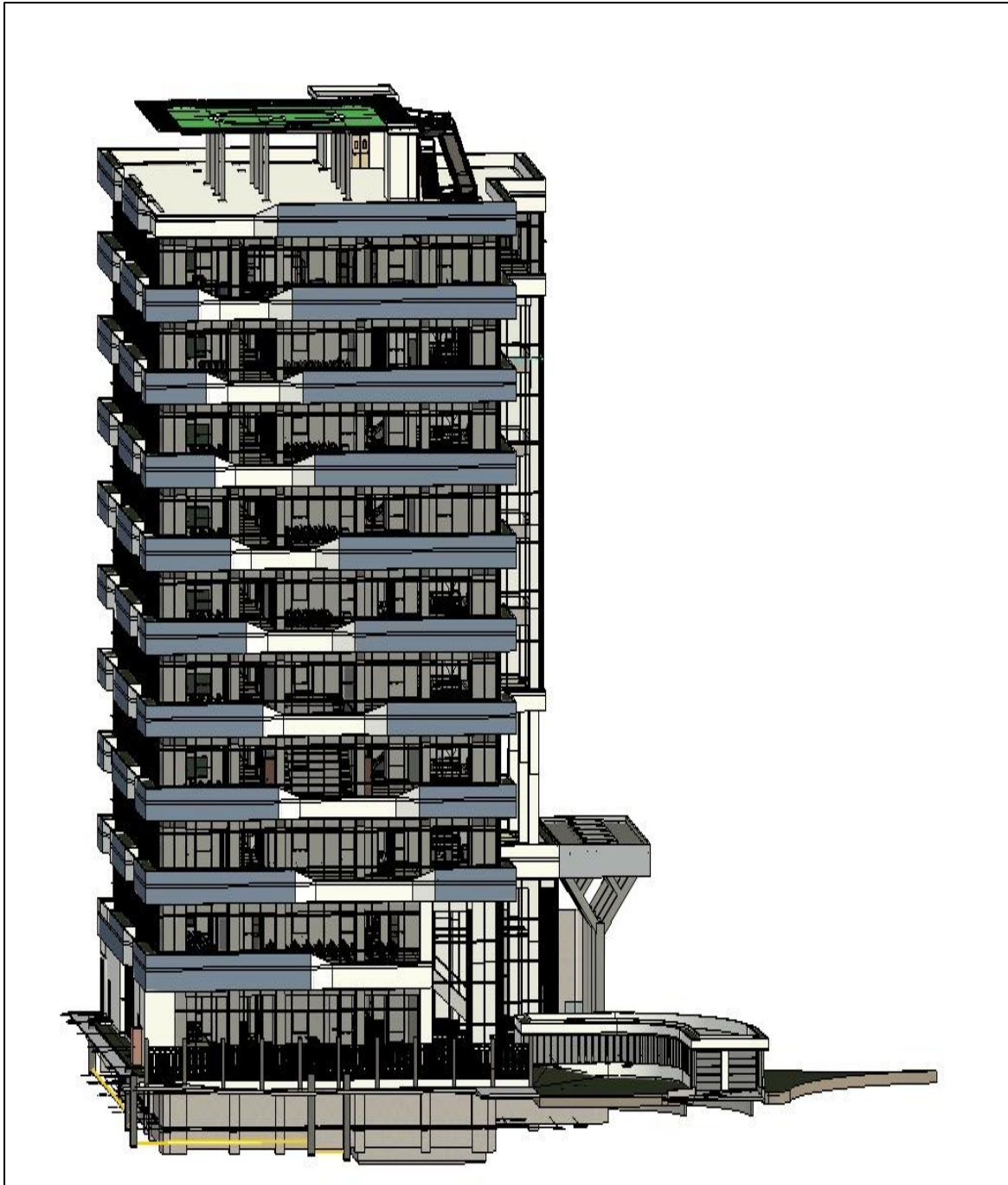
Figura 23.

Red de hidrosanitario piso 9



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

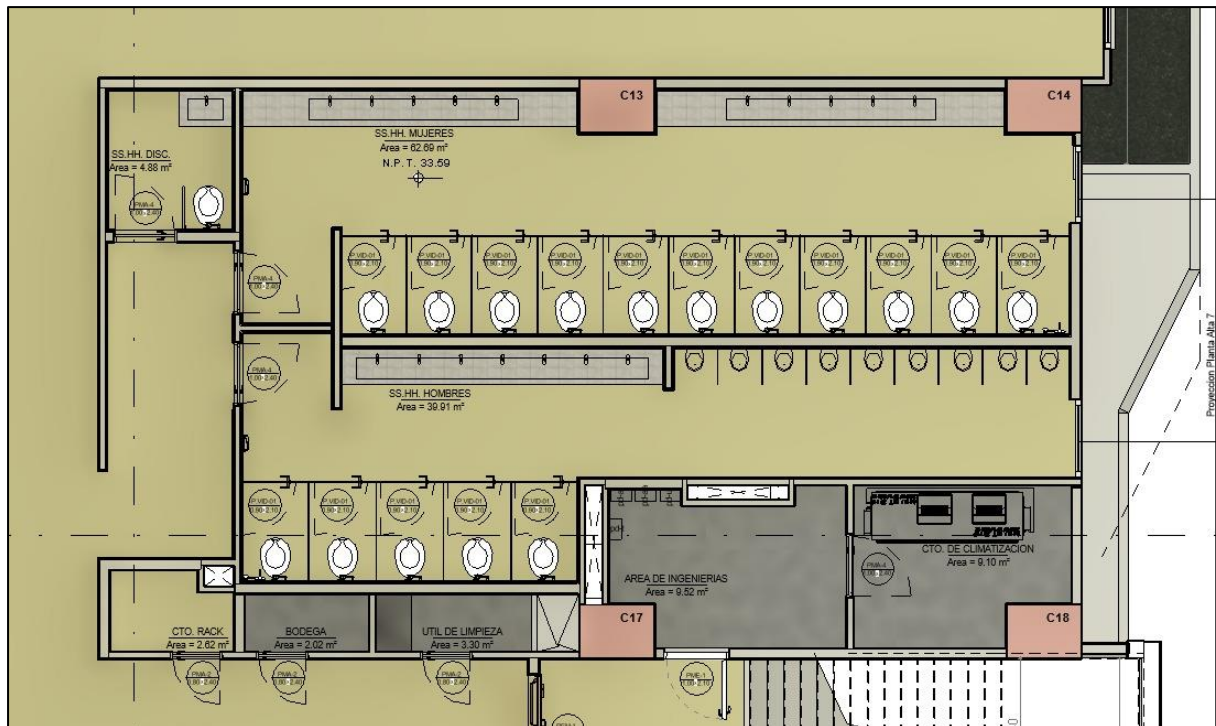
Figura 24.
Edificación para mejoramiento del sistema



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 25.

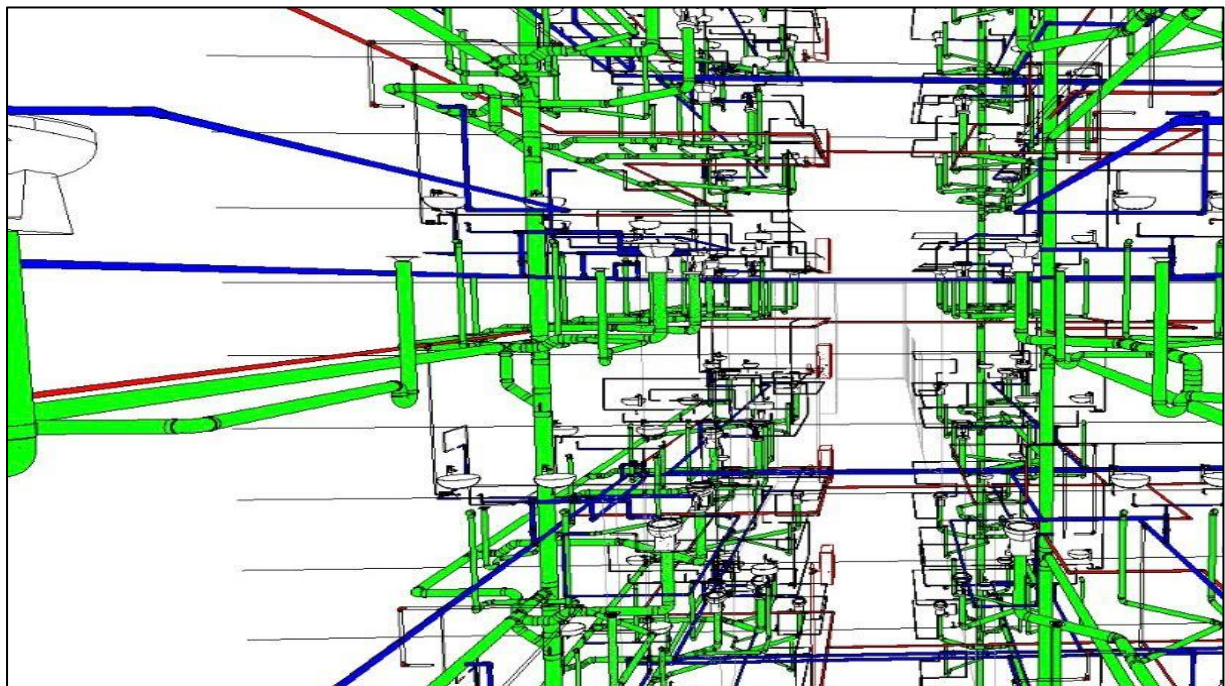
Red hidrosanitaria en el edificio



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 26.

Tuberías para el sistema



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

4.1.3 Resultados de los parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos del agua tratada

Los resultados del análisis físico-químico de la muestra de agua gris recolectada el 04 de agosto de 2025 indican que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) alcanzó un valor de 505 mg/l, lo cual representa un 257% por encima del límite de referencia (200 mg/l). Este parámetro es fundamental, ya que refleja la cantidad de materia orgánica e inorgánica oxidada químicamente presente en el agua. Niveles elevados de DQO como este evidencian una alta carga contaminante y baja capacidad de autodepuración del recurso, lo cual representa un riesgo potencial para el ambiente si el agua no recibe un tratamiento adecuado antes de su reutilización o vertido.

En cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST), el resultado fue de 138 mg/l, ligeramente superior al límite de referencia establecido de 130 mg/l. Esta concentración indica una carga moderada de partículas en suspensión, que pueden influir en la turbidez del agua, obstruir sistemas hidráulicos o disminuir la eficiencia de los tratamientos posteriores. Relacionado con este punto, la turbidez registrada fue de 30 FAU, un valor relativamente alto, lo cual refuerza la presencia significativa de material particulado en la muestra.

Respecto a los parámetros microbiológicos y desinfectantes, el análisis muestra un contenido de Cloro libre residual de 0,04 mg/l, lo cual es muy bajo y sugiere que el agua no ha recibido un proceso de desinfección eficiente o reciente. Además, se detectó una concentración de coliformes fecales inferior a $1,8 \times 10^2$ NMP/100 ml, valor que, aunque no excede algunos estándares internacionales para aguas grises tratadas, sí refleja la posible presencia de contaminación biológica. Este hallazgo destaca la necesidad de incorporar un proceso de desinfección en cualquier propuesta de reutilización de esta agua, especialmente si está destinada a usos no potables como riego o descarga sanitaria. Para finalizar el DBO5 nos da como resultado 223,2 con un límite de referencia de 100.

Figura 27.

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos



ingcestudios

Laboratorio de calidad de aguas.

INFORME DE RESULTADOS						No.0229-25
FECHA DEL INFORME: 2025/08/06		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Ubicación con GPS:				
Atención : Srta. Britny Medina		Tipo de Muestra : Simple		Identificación de la muestra : Agua Gris		
Dirección :		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013		Fecha de Toma : 2025/08/04		
Solicitado por :		Responsable toma de muestra : Muestra entregada por cliente		Hora : T°C : 28,7		
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Fecha de Ingreso : 2025/08/04				
F.Inicio del Análisis : 2025/08/04 T°C : 29						
F.Fin del Análisis : 2025/08/06 %H : 60,1						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Limites de referencia
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	505	7%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	138,00	8%	Standards methods – Método gravimétrico	PE 1.8	130
*Turbiedad	FAU	30	--	Método Absorbotométrico 8237	PE 1.22	--
*Cloro libre residual	mg/l	0,04	--	DR/890 Datalogging colorimeter (Handbook) – Método DPD (almohadillas de polvo) 8021	PE 1.39	----
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1,8x10 ²	--	Standard Methonds 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.7	2.000



Firmado electrónicamente por:
MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Mario Márquez
Jefe del Laboratorio

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 28.

Parámetros del DBO5



INFORME DE RESULTADOS						No.0229-25
FECHA DEL INFORME: 2025/08/13			DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA			
INFORMACIÓN DEL CLIENTE			Ubicación con GPS:			
Atención : Srta. Britny Medina			Tipo de Muestra : Simple			
Dirección :			Identificación de la muestra : Agua Gris			
Solicitado por :			Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013			
			Fecha de Toma : 2025/08/04			
CONDICIONES DEL ANÁLISIS			Responsable toma de muestra : Muestra entregada por cliente			
F.Inicio del Análisis : 2025/08/04 T°C : 29			Hora :		T°C : 28,7	
F.Fin del Análisis : 2025/08/06 %H : 60,1			Fecha de Ingreso : 2025/08/04			
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	505	7%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	138,00	8%	Standards methods – Método gravimétrico	PE 1.8	130
*Turbiedad	FAU	30	--	Método Absorbotométrico 8237	PE 1.22	--
*Cloro libre residual	mg/l	0,04	--	DR/890 Datalogging colorimeter (Handbook) – Método DPD (almohadillas de polvo) 8021	PE 1.39	----
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1,8x10 ²	--	Standard Methonds 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.7	2.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	223,2	17%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.39	100



Firmado electrónicamente por:
MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS
Validar únicamente con FirmadEC

Ing. Mario Márquez
Jefe del Laboratorio

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

4.1.4 Resultados del cálculo de la dotación diaria y cisterna

De acuerdo a la normativa NEC-HS cap. 16, menciona que la dotación diaria en personas para edificaciones de nivel superior es de 40 a 60 Litros por día. Entonces nosotros trabajamos con el valor máximo que es 60L/día. Nuestro modelo de edificación abarca 6093 personas al día.

Tabla 22.

Resultados del consumo total diario

Concepto	Valor	Unidad
Cantidad de personas	6,093	Personas
Dotación	60	litros/persona/día
Consumo total	365,580	litros/día
Consumo total	365.58	m³/día

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultado: El consumo total estimado de agua es de 365.58 metros cúbicos por día, considerando una población de 6,093 personas y una dotación de 60 litros diarios por persona. Este valor sirve como base para dimensionar sistemas de abastecimiento o tratamiento de aguas residuales en un proyecto hidráulico o sanitario.

Tabla 23.

Resultados de la Distribución del consumo

Sistema de aguas	Porcentajes %
Sistema de agua servida (aguas grises)	55%
Sistema de aguas potable (aguas grises)	45%

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: En el análisis de los sistemas de agua, se observa que el **55 %** corresponde al sistema de agua servida (aguas grises), mientras que el **45 %** representa al sistema de agua potable. Estos porcentajes reflejan una distribución equilibrada entre ambos sistemas, destacando la relevancia del tratamiento y

reutilización de aguas grises para optimizar el consumo de agua potable en las edificaciones.

Tabla 24.

Resultados del volumen de los sistemas m³/día

Sistema de Agua	Porcentaje	Volumen (m ³ /día)
Sistema de agua servida (aguas grises)	55%	201.07
Sistema de agua potable	45%	164.51
Total	100%	365.58

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: Los resultados muestran que, del volumen total de agua considerada (365.58 m³/día), el 55 % corresponde al sistema de agua servida o aguas grises, representando un caudal de 201.07 m³/día, mientras que el 45 % restante pertenece al sistema de agua potable, con un volumen de 164.51 m³/día. Esta distribución refleja la importancia de gestionar adecuadamente las aguas grises para su posible reutilización, contribuyendo así a la optimización del uso del recurso hídrico en la edificación.

Nota: El sistema de aguas servidas que alimenta la cisterna de agua grises tiene un ingreso de agua de 201,07 m³/día, mientras tanto el consumo de agua en las piezas sanitarias ya dichas tiene un consumo de agua de 164,51 m³/día. Por ello tenemos 36,46 m³/día de sobra

Tabla 25.

Resultados del dimensionamiento de cisterna

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción
Largo (LL)	12.51	Metros	Longitud interna de la cisterna.
Ancho (AA)	3	Metros	Ancho interno de la cisterna.
Alto (PP)	3.10	Metros	Altura útil interna de la cisterna.
Volumen bruto (V)	116.34	m ³	Calculado como $L \times A \times PL \times A \times P$.
Porcentaje de uso (%)	90	%	Factor de uso útil (10% de reserva o espacio no aprovechable).
Volumen útil (V útil)	105.25	m ³	Volumen efectivo de almacenamiento (90% del volumen bruto).

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Resultados: Se determinó el dimensionamiento de la cisterna considerando un largo de 12.51 metros, un ancho de 3 metros y una altura útil de 3.10 metros, lo que da como resultado un volumen bruto de 116.34 m³. Sin embargo, para asegurar un funcionamiento adecuado y prever un margen de seguridad, se tomó en cuenta solo el 90% de este volumen como volumen útil. De esta manera, la cisterna presenta una capacidad efectiva de almacenamiento de 105.25 m³, valor que será destinado al suministro del caudal requerido para el proyecto.

El sistema cuenta con una capacidad de llenado diario (201.07 m³) mayor al consumo (164.51 m³), lo que significa que puede abastecerse de forma continua. Esto permite que la cisterna trabaje como tanque de regulación, es decir: Se vacía gradualmente conforme se distribuye el consumo durante el día. Mientras el abastecimiento sea constante y confiable, esta configuración es viable y evita sobredimensionar innecesariamente el tanque.

Los resultados obtenidos indican que el caudal calculado para el sistema es de **11,00 L/s** (equivalente a **174,54 GPM**), mientras que, para efectos de diseño, se adoptó un caudal de **205 GPM**, que corresponde a **12,92 L/s**. Esta diferencia refleja un margen de seguridad incorporado en la etapa de dimensionamiento, lo que permite afrontar posibles variaciones en la demanda y garantizar un funcionamiento estable del sistema. Por su parte, cada una de las bombas instaladas presenta una capacidad de **68,33 GPM (4,306 L/s)**, lo que, al operar en conjunto, cubre con holgura el caudal de diseño, asegurando la redundancia operativa y minimizando el riesgo de interrupción del servicio ante eventuales fallas o mantenimientos.

Tabla 26.

Resultados del dimensionamiento de Caudales

CAUDALES		
DESCRIPCION	UNIDAD	TOTALES
Caudal calculado	Lts/seg	11.00
Caudal calculado	GPM	174.54
Caudal asumido diseño	GPM	205
Caudal asumido diseño	Lts/seg	12.92
Caudal bomba 1 y 2	GPM	68.33
	Lts/seg	4.306

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

El cálculo determinó que cada bomba requiere una potencia aproximada de 7,537 HP para operar a una presión de 115 psi; sin embargo, se optó por instalar equipos de 10 HP, lo que proporciona un margen de seguridad cercano al 33 % frente a la demanda estimada.

Esta decisión garantiza que el sistema pueda responder adecuadamente ante incrementos en el caudal, pérdidas adicionales en la red o variaciones operativas, asegurando además una mayor confiabilidad y continuidad del servicio cuando las tres bombas trabajen en conjunto con la configuración prevista.

Tabla 27.

Resultados del Cálculo en bombas

CALCULO DE BOMBAS				
DESCRIPCION	UNIDAD	TRABAJO PSI	TOTALES	CAPACIDAD ASUMIDA
BOMBA 1, 2 y 3	Hp	115.00	7.537	10

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 29.

Resultados de los cálculos de las tuberías

PISO	Equipos Sanitarios											N° aparatos	(Q) (l/seg)			F.S.		Q diseño (l/seg)	Diam.(mm)		C coeficiente	L longitud (m)	J m/m	R(m) radio hidraulico
	Lav.	I. de Tanque	Freg	Lavadora	I. de Flux.	Urinaros comunes	Urinaros Flux.	Duchas	F/C	Bidet	Uaves de Manguer		fluxometro (l/seg)	comunes (l/seg)	(max)(l/seg)	Comunes	Fluxometro		Diam. Nominal	Diam. Interno				
MONTANTE DERECHA																								
PISO NOVENO	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	18.00	0.00	18.00	0.47	0.237	4.27	75.00	50.00	140.00	10.00	0.0982	0.01
MONTANTE 9no al 8avo																								
PISO OCTAVO	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	30.00	0.00	30.00	0.41	0.160	4.80	75.00	50.00	140.00	10.00	0.1218	0.02
MONTANTE 8avo al 7mo																		9.07	90.00	83.20	140.00	10.00	0.0333	0.02
PISO SEPTIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	30.00	0.00	30.00	0.41	0.160	4.80	75.00	50.00	140.00	10.00	0.1218	0.02
MONTANTE 7mo al 6to																		13.87	90.00	83.20	140.00	10.00	0.0730	0.02
PISO SEXTO	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	30.00	0.00	30.00	0.41	0.160	4.80	75.00	50.00	140.00	10.00	0.1218	0.02
MONTANTE 6to al 5to																		18.67	110.00	103.20	140.00	10.00	0.0444	0.03
PISO QUINTO	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	30.00	0.00	30.00	0.41	0.160	4.80	75.00	50.00	140.00	10.00	0.1218	0.02
MONTANTE 5to al 4to																		4.80	75.00	50.00	140.00	10.00	0.1218	0.02
PISO CUARTO	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	30.00	0.00	30.00	0.41	0.160	4.80	75.00	50.00	140.00	10.00	0.1218	0.02
MONTANTE 4to al 3ero																		9.60	90.00	83.20	140.00	10.00	0.0370	0.02
PISO TERCERO	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	30.00	0.00	30.00	0.41	0.160	4.80	75.00	50.00	140.00	10.00	0.1218	0.02
MONTANTE 3ero al 2do																		14.40	90.00	83.20	140.00	10.00	0.0783	0.02
PISO SEGUNDO	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	30.00	0.00	30.00	0.41	0.160	4.80	75.00	50.00	140.00	10.00	0.1218	0.02
MONTANTE 2do al 1ero																		19.20	110.00	103.20	140.00	10.00	0.0468	0.03
PRIMER PISO	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	18.00	0.00	18.00	0.47	0.237	4.27	75.00	50.00	140.00	10.00	0.0982	0.02
MONTANTE 1er a P. Baja																		23.47	110.00	103.20	140.00	10.00	0.0678	0.03
PLANTA BAJA	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	31.00	0.00	31.00	0.42	0.169	5.22	90.00	83.20	140.00	10.00	0.0120	0.02
MONTANTE P. Baja a Sotano																		28.70	110.00	103.20	140.00	10.00	0.0984	0.03
SOTANO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	25.00	16.60	140.00	10.00	0.0000	0.01
TOTAL	0.00	0.00	0.00	0.00	160.00	0.00	74.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.00	431.00	0.00	431.00	0.30	0.026	11.00	110.00	103.20	140.00	100.00	0.0167	0.03

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

4.1.5 Resultados de presupuesto referencial de Hidrosanitario

El sistema hidrosanitario incluye tuberías PVC termofusión de varios diámetros, donde destaca la tubería de 75 mm con 361.40 metros utilizados a un precio unitario de 17.12, generando un costo total de 6,187.17. Esta tubería es fundamental para la conducción eficiente del agua, garantizando resistencia y durabilidad. También se emplean tuberías de 110 mm (102.15 metros), 90 mm (34.46 metros) y otros diámetros menores, que en conjunto suman una inversión importante de materiales, reflejando la magnitud y alcance del proyecto para cubrir las distintas necesidades hidráulicas.

Por otro lado, los puntos de abastecimiento de agua potable (AAPP) representan otro ítem clave con 149 unidades de 1" y 71 unidades de 3/4", cuyo costo total supera los 8,900. Estos puntos aseguran el acceso y distribución adecuada del agua a diferentes áreas, mostrando la importancia de la red para la operación diaria. Las válvulas de paso, con tamaños que van desde 1" hasta 3", suman 86 unidades con un costo total de más de 11,400, permitiendo un control preciso del flujo de agua, lo cual es esencial para la seguridad y mantenimiento del sistema.

Además, los soportes para tuberías, con más de 600 unidades instaladas en total, representan un gasto cercano a los 6,200. Estos soportes son cruciales para mantener la integridad estructural del sistema, evitando movimientos y daños en las tuberías durante su operación. Las pruebas hidrostáticas y de estanqueidad, que cubren más de 1,190 metros de tuberías, con un costo combinado superior a los 2,300, aseguran que el sistema esté libre de fugas y que cumpla con las especificaciones técnicas, garantizando un funcionamiento seguro y duradero.

El suministro e instalación del sistema de bombeo Pedrollo de 15HP, con un costo significativo de 12,305, representa el corazón del sistema para mantener la presión y distribución del agua en toda la red. Complementan este sistema los accesorios y tuberías D/N de diferentes diámetros, que suman más de 380 metros con un costo total que supera los 5,400. Estos componentes aseguran la funcionalidad integral del sistema hidrosanitario, permitiendo un uso eficiente y confiable del recurso hídrico en el proyecto.

En cuanto a las tuberías PVC D/N con accesorios, se emplearon distintas medidas para completar el sistema hidrosanitario. Se utilizaron 199.46 metros de tubería de 110 mm, con un precio unitario de 16.51, lo que suma un costo total de 3,293.08. Además, la tubería de 75 mm tuvo una cantidad de 120.40 metros, con un costo de 1,584.46, y la tubería de 50 mm alcanzó 69.28 metros, con un costo total de 590.96. Estas tuberías con sus accesorios son fundamentales para la conexión segura y duradera dentro del sistema, asegurando la continuidad del flujo y la resistencia a las presiones del agua.

Los puntos AASS de diámetro 50 mm, con una cantidad de 163 unidades, representan una inversión importante de 3,832.13, lo que evidencia la necesidad de un suministro eficiente y estable para distintas áreas del proyecto. Por otro lado, los soportes de tuberías, con 305 unidades, generan un costo de 3,004.25. Estos soportes cumplen la función vital de mantener la estructura de la red, evitando daños por movimientos o vibraciones, lo cual es fundamental para prolongar la vida útil del sistema hidrosanitario.

El tapón de PVC de 110 mm, aunque en menor cantidad (10 unidades), es indispensable para el cierre y mantenimiento de la red, con un costo total de 87.50. Por otra parte, las pruebas de estanqueidad que cubren 389.14 metros de tubería, con un precio unitario de 2.76, suman un costo total de 1,074.03. Estas pruebas son esenciales para verificar la hermeticidad del sistema, garantizando que no existan fugas ni fallas, lo que asegura un funcionamiento óptimo y confiable del sistema instalado.

Figura 30.

Resultados de presupuesto referencial de sistema de Hidrosanitaria

PRESUPUESTO HIDROSANITARIO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	SISTEMA HIDROSANITARIO				\$ 64 491.51
1.1.1	Tubería PVC termofusión de 110mm	m	102.15	23.68	2 418.91
1.1.2	Tubería PVC termofusión de 90mm	m	34.46	18.96	653.36
1.1.3	Tubería PVC termofusión de 75mm	m	361.40	17.12	6 187.17
1.1.4	Tubería PVC termofusión de 63mm	m	140.35	15.76	2 211.92
1.1.5	Tubería PVC termofusión de 50mm	m	22.20	14.49	321.68
1.1.6	Tubería PVC termofusión de 32mm	m	98.50	11.07	1 090.40
1.1.7	Tubería PVC termofusión de 25mm	m	45.25	7.72	349.33
1.1.8	Punto de AAPP de 1"	u	149.00	42.21	6 289.29
1.1.9	Punto de AAPP de 3/4"	u	71.00	36.94	2 622.74
1.1.10	Válvula de paso de 3"	u	1.00	211.37	211.37
1.1.11	Válvula de paso de 2 1/2"	u	18.00	188.44	3 391.92
1.1.12	Válvula de paso de 2"	u	42.00	162.80	6 837.60
1.1.13	Válvula de paso de 1 1/2"	u	3.00	92.55	277.65
1.1.14	Válvula de paso de 1"	u	22.00	42.27	929.94
1.1.15	Soportes de tuberías	u	327.00	9.85	3 220.95
1.1.16	Pruebas hidrostática de presión en tuberías	m	804.31	1.54	1 238.64
1.1.17	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO PEDROLLO 15HP; INCLUYE PANEL DE CONTROL - 3 UNIDADES	u	1.00	12 305.00	12 305.00
1.2.1	Tubería PVC D/N de 110mm + Accesorios	m	199.46	16.51	3 293.08
1.2.2	Tubería PVC D/N de 75mm + Accesorios	m	120.40	13.16	1 584.46
1.2.3	Tubería PVC D/N de 50mm + Accesorios	m	69.28	8.53	590.96
1.2.4	Punto AASS de D=50mm	u	163.00	23.51	3 832.13
1.2.5	Soportes de tuberías	u	305.00	9.85	3 004.25
1.2.6	Tapon de pvc 110mm	u	10.00	8.75	87.50
1.2.7	Pruebas de estanqueidad	m	389.14	2.76	1 074.03
	Sistema sedimentador de trampa de grasas, con tapa de marco y contramarco	u	1.00	466.79	466.79
		SUB TOTAL SIN IVA			\$ 64 491.51

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Finalmente, el sistema sedimentador de trampa de grasas, con su tapa de marco y contramarco, tuvo un costo unitario de 466.79, siendo un componente clave para la separación y eliminación de grasas en el sistema, protegiendo las tuberías y mejorando la calidad del agua tratada. Este elemento contribuye significativamente a la eficiencia y mantenimiento del sistema hidrosanitario, evitando obstrucciones y facilitando un manejo adecuado de los residuos.

El subtotal sin IVA de \$64,491.51 representa el costo total estimado para la ejecución completa del sistema hidrosanitario, incluyendo todos los materiales, accesorios, válvulas, soportes y pruebas necesarias para garantizar su correcto funcionamiento. Este monto refleja una planificación detallada y precisa, que considera tanto la cantidad como el precio unitario de cada componente, asegurando así una adecuada gestión financiera y técnica del proyecto.

4.1.6 Resultados de costos de agua potable entre AMAGUA e INTERAGUA

Con el fin de evaluar los costos operativos relacionados con el suministro de agua potable para edificaciones de alto consumo como instalaciones educativas o institucionales se realizó un análisis comparativo entre dos operadoras de servicios públicos del litoral ecuatoriano: AMAGUA C.E.M., que opera en sectores de Samborondón y La Aurora, e INTERAGUA, empresa concesionaria del servicio en la ciudad de Guayaquil.

Se consideró un consumo diario de 164,51 m³, equivalente a una demanda intensiva, durante 26 días hábiles de un mes típico de 30 días (excluyendo domingos), alcanzando un consumo mensual total de 4.277,26 m³.

Costo estimado del servicio con AMAGUA: Según la ordenanza municipal vigente para el cantón Daule, el valor por metro cúbico en el rango correspondiente al consumo mensual indicado es de US\$ 0,6953/m³. Además, se incluye un cargo fijo mensual asociado al tipo de medidor, el cual para un diámetro de 1 pulgada asciende a US\$ 6,26. En este caso, no se contemplan cargos adicionales por alcantarillado o tratamiento de aguas residuales, dado que en muchas urbanizaciones atendidas por AMAGUA estas tarifas están integradas en otras estructuras contractuales o no se aplican de forma directa al usuario.

- Consumo mensual: 4.277,26 m³
- Costo por consumo: $4.277,26 \text{ m}^3 \times 0,6953 \text{ US\$/m}^3 = \text{US\$ } 2.974,81$
- Cargo fijo (medidor de 1"): US\$ 6,26
- Total, mensual estimado: US\$ 2.981,07

Costo estimado del servicio con INTERAGUA: En el caso de INTERAGUA, el consumo de 4.277,26 m³ se encuentra dentro del rango de tarifa más alta establecido para volúmenes mayores a 2.500 m³ mensuales, con un costo unitario de

US\$ 2,158/m³. A este valor se suma un recargo por concepto de alcantarillado equivalente al 80 % del valor del consumo de agua potable, y un cargo fijo mensual de US\$ 21,60 para medidores de 1".

- Consumo mensual: 4.277,26 m³
- Costo por consumo: 4.277,26 m³ × 2,158 US\$/m³ = US\$ 9.233,49
- Alcantarillado (80 %): 9.233,49 × 0,80 = US\$ 7.386,79
- Cargo fijo (medidor de 1"): US\$ 21,60
- **Total, mensual estimado: US\$ 16.641,88**

Análisis comparativo: La diferencia entre ambas operadoras es significativa. Para un mismo volumen de agua consumido, el costo mensual con INTERAGUA es aproximadamente 5,58 veces mayor que el costo con AMAGUA. Esto se debe tanto a la tarifa por metro cúbico considerablemente más alta en los rangos superiores de INTERAGUA, como a la inclusión del recargo por alcantarillado, el cual no está presente en la facturación de AMAGUA bajo las condiciones analizadas.

Tabla 28.

Costos referenciales de sistemas

Empresa	Costo por m ³	Alcantarillado	Cargo fijo (1")	Total, mensual estimado
AMAGUA	US\$ 0,6953	No aplica	US\$ 6,26	US\$ 2.981,07
INTERAGUA	US\$ 2,158	80 % del consumo	US\$ 21,60	US\$ 16.641,88

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

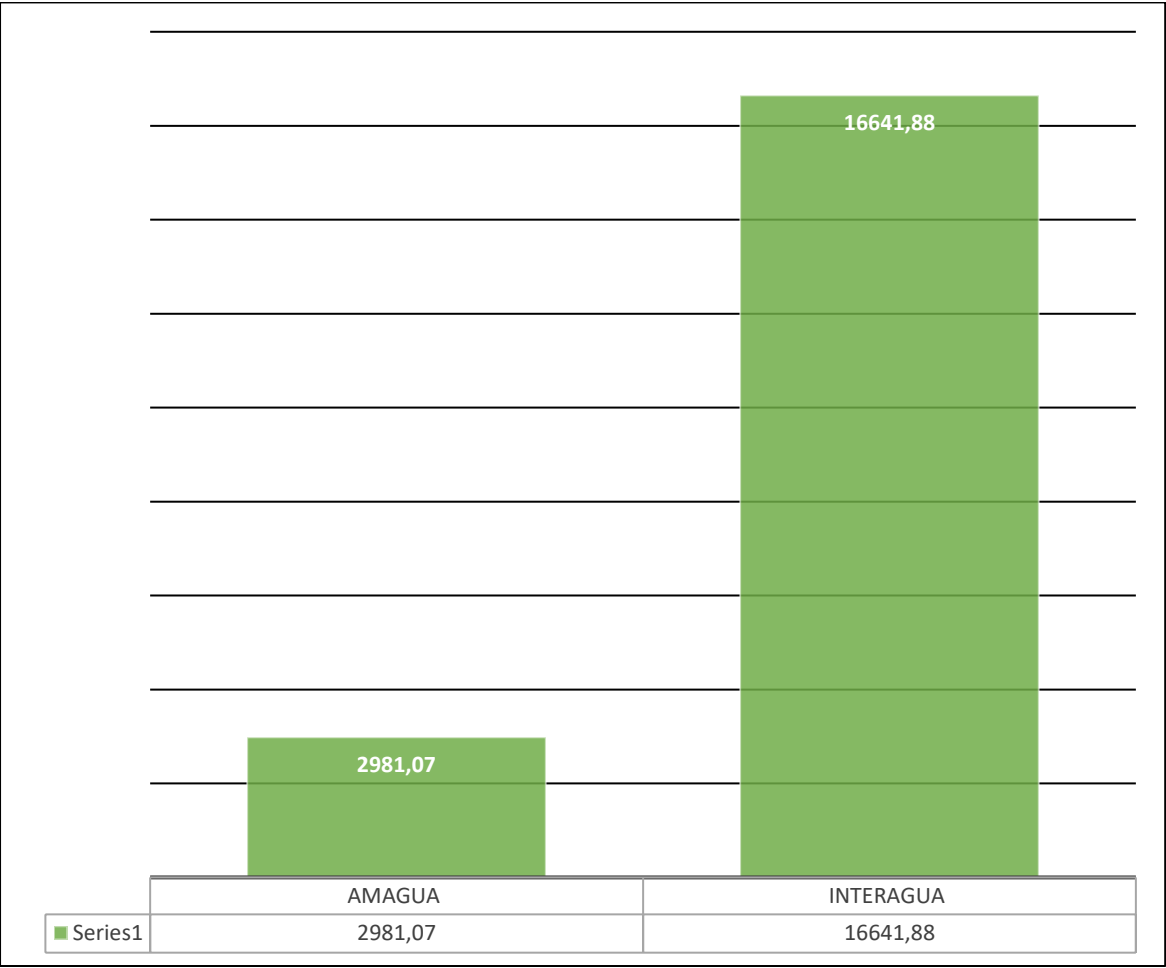
Esta diferencia sustancial en los costos evidencia la importancia de considerar el marco tarifario de cada operadora al momento de diseñar sistemas de abastecimiento, presupuestar gastos operativos o evaluar la viabilidad económica de proyectos que implican consumos intensivos de agua potable. Dado que las tarifas pueden variar significativamente según la región, el proveedor y el tipo de usuario, pasar por alto estos factores puede llevar a estimaciones de costos inexactas y a una planificación financiera deficiente.

Por ello, es fundamental contar con un conocimiento detallado de las estructuras tarifarias locales para desarrollar soluciones de gestión del agua que sean

sostenibles y rentables, especialmente en sectores donde la demanda hídrica es alta y los costos operativos representan una parte importante del presupuesto.

Incluir el análisis tarifario desde las primeras etapas del diseño del proyecto ayuda a asegurar que las inversiones en sistemas alternativos, como la recirculación de aguas grises, generen beneficios económicos óptimos y contribuyan a una mayor eficiencia en el uso del recurso a largo plazo.

Figura 31.
Tabulación de los resultados de presupuestos por empresas



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

4.1.7 Resultados de recuperación de la inversión en un sistema de reutilización

Con el objetivo de mejorar la eficiencia hídrica y reducir costos operativos en edificaciones de alto consumo, se ha implementado un sistema de reutilización de aguas grises con una inversión total de US\$ 64.491,51. Para evaluar la viabilidad económica de esta inversión, se realiza un análisis del tiempo de recuperación comparando los ahorros generados en relación con los costos actuales del servicio de agua potable ofrecidos por dos operadoras: AMAGUA e INTERAGUA.

- Inversión total: US\$ 64.491,51
- Volumen de agua reutilizada: equivalente al consumo diario original:
 $164,51 \text{ m}^3/\text{día durante 26 días/mes} = 4.277,26 \text{ m}^3/\text{mes}$
- Se asume que el sistema de reutilización elimina completamente la necesidad de consumir esa cantidad desde la red pública.
- No se consideran costos de operación, mantenimiento ni depreciación para este análisis inicial.

Tabla 29.

Ahorro mensual proyectado por operadora

Operadora	Costo mensual evitado (ahorro)
AMAGUA	US\$ 2.981,07
INTERAGUA	US\$ 16.641,88

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Cálculo del período de recuperación: El período de recuperación se calcula dividiendo el monto de la inversión entre el ahorro mensual estimado:

- Con AMAGUA: $64.491,51 / 2.981,07 \approx 21,63 \text{ meses} \approx 1 \text{ año y } 10 \text{ meses}$
- Con INTERAGUA: $64.491,51 / 16.641,88 \approx 3,87 \text{ meses} \approx 4 \text{ meses}$

El análisis evidencia una diferencia sustancial en el período de recuperación de la inversión dependiendo de la operadora de agua potable con la que se compare. En un escenario donde se evitan los pagos a INTERAGUA, el sistema se amortiza en menos de 4 meses, lo que lo convierte en una alternativa altamente rentable. Por el contrario, si se compara con los costos actuales de AMAGUA, el tiempo de recuperación se extiende a casi 2 años, lo cual, aunque menos inmediato, sigue

siendo una inversión razonablemente recuperable en el corto plazo, considerando la vida útil del sistema, que normalmente supera los 15 años.

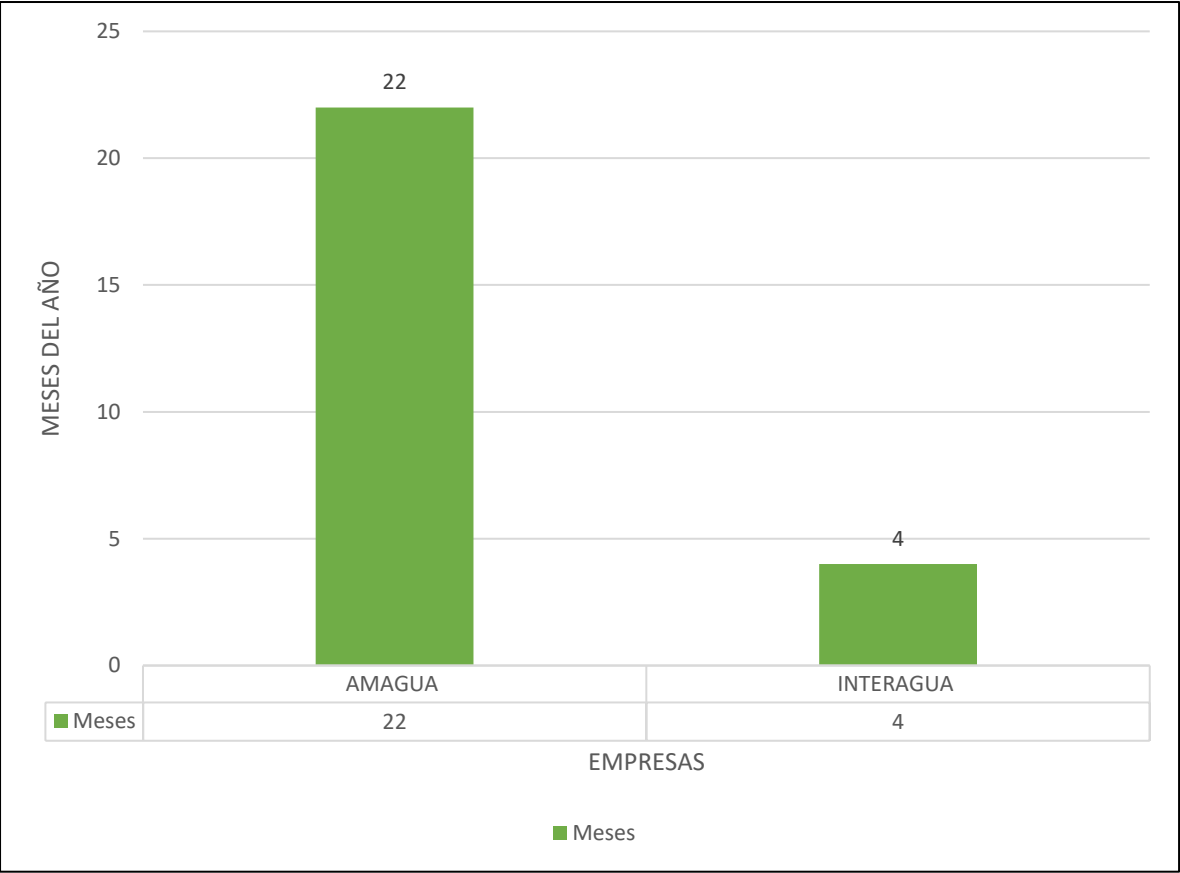
Este resultado demuestra que la viabilidad financiera de las tecnologías de reutilización de agua está directamente relacionada con los costos del recurso hídrico en cada jurisdicción. En contextos donde la tarifa del agua potable es elevada, como en Guayaquil, la implementación de este tipo de soluciones no solo tiene un impacto ambiental positivo, sino que representa un ahorro económico significativo y rápido.

Tabla 30.
Periodo de recuperación

EMPRESAS	MESES
AMAGUA	22 MESES
INTERAGUA	4 MESES

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 32.
Tabulación de resultados de periodo de recuperación



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

4.1.8 Resultados del Sistema de hidrosanitaria convencional

El plano de la planta baja evidencia una organización arquitectónica bien definida, en la cual se integran áreas comunes como el lobby, lounge y zonas de circulación, junto con los accesos a los departamentos. La disposición centralizada de ascensores y escaleras asegura un fácil desplazamiento vertical dentro del edificio, mientras que la ubicación estratégica de los accesos principales garantiza un flujo ordenado de usuarios y visitantes.

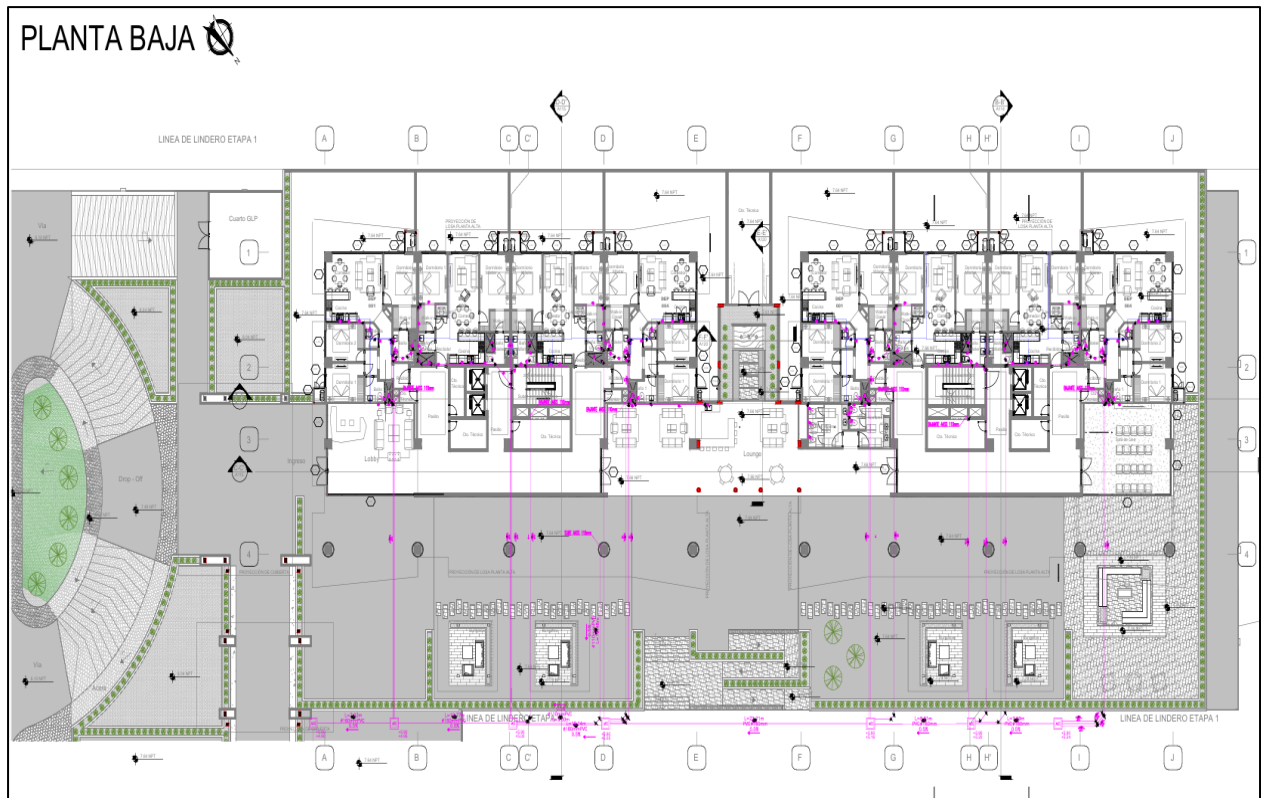
Se observa además la incorporación de espacios exteriores ajardinados y áreas de estancia que complementan la funcionalidad del conjunto. Estos elementos no solo cumplen una función estética, sino que también aportan a la ventilación e iluminación natural de las zonas internas. El diseño busca equilibrar la relación entre los espacios interiores y exteriores, generando un entorno más confortable y armonioso para los residentes.

En el plano también se incluyen instalaciones técnicas representadas con trazos y símbolos especializados, como ductos de servicios y conexiones sanitarias, lo que demuestra una adecuada coordinación entre la arquitectura y las redes hidrosanitarias. Esta integración permite anticipar posibles interferencias y facilita la ejecución de obra, optimizando tiempos y costos durante la construcción.

Finalmente, se destacan las zonas destinadas a servicios complementarios como el cuarto de GLP y áreas de acceso vehicular tipo “drop off”, que refuerzan la funcionalidad del proyecto. En conjunto, el diseño de la planta baja presenta un balance entre habitabilidad, accesibilidad y eficiencia técnica, garantizando así que la edificación responda a criterios tanto de comodidad como de seguridad.

Figura 33.

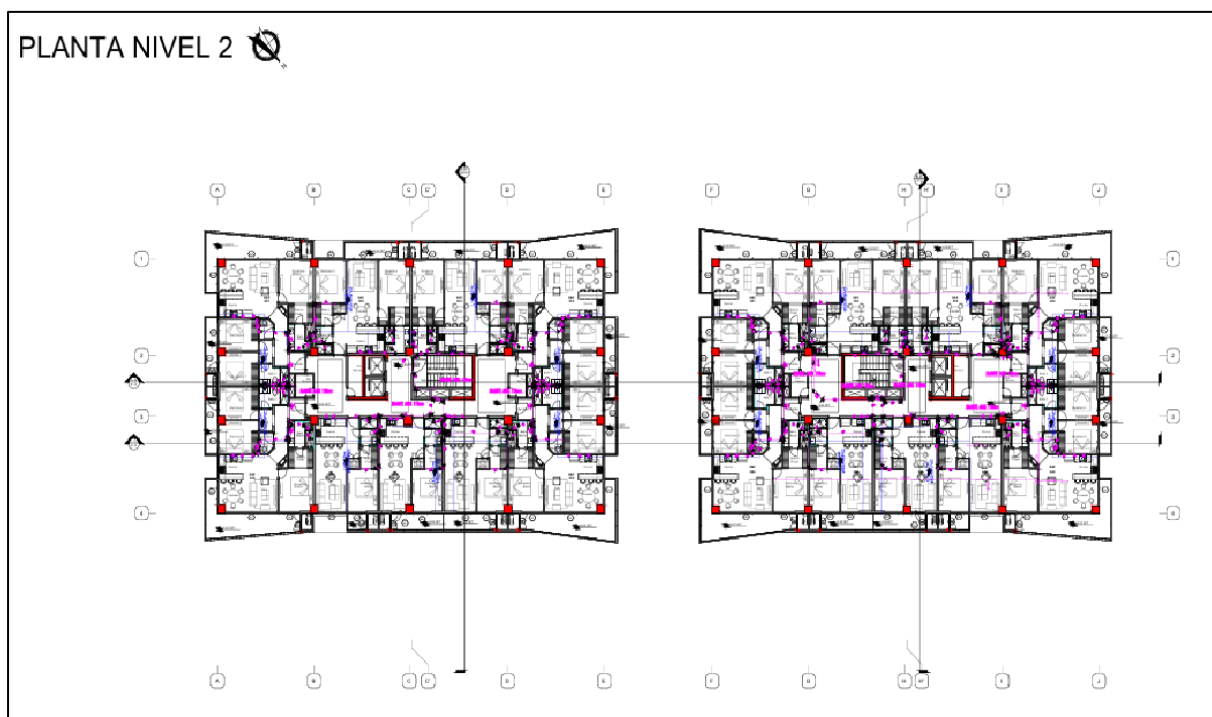
Diseño de Sistema hidrosanitario convencional planta baja



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 34.

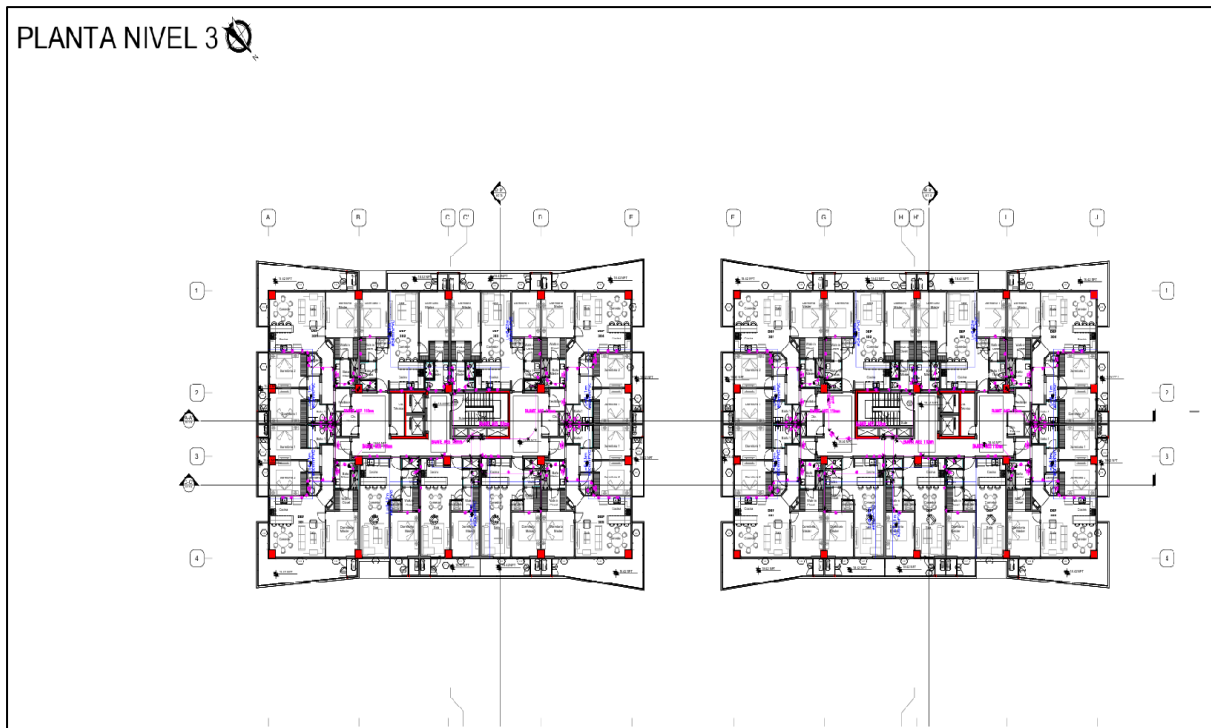
Diseño de Sistema hidrosanitario convencional Piso 2



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 35.

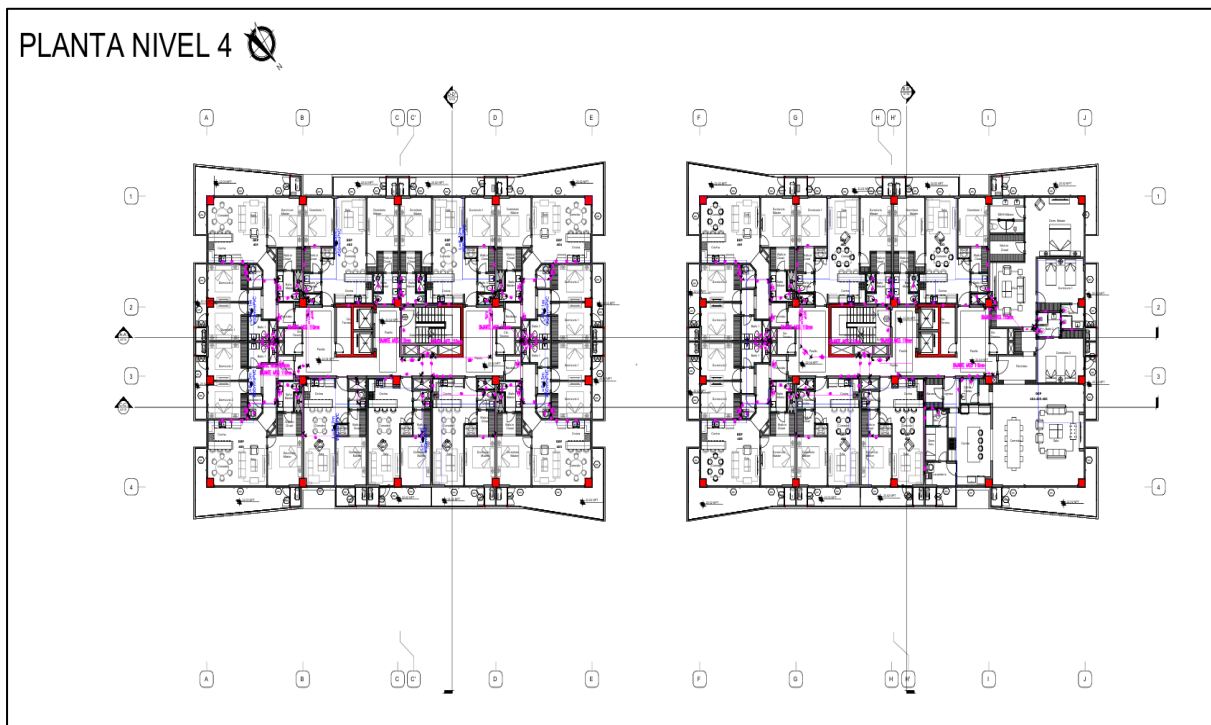
Diseño de Sistema hidrosanitario convencional Piso 3



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 36.

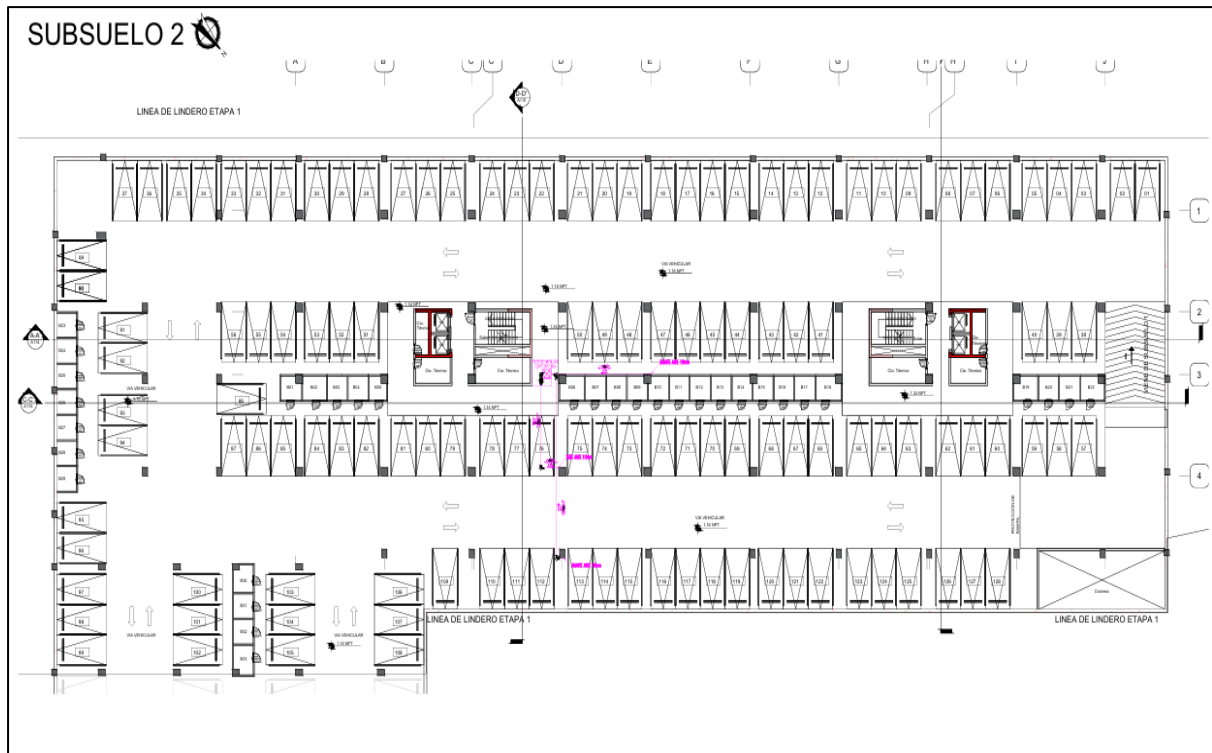
Diseño de Sistema hidrosanitario convencional Piso 4



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Figura 37.

Diseño de Sistema hidrosanitario convencional Piso 4



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

4.2 Análisis de los resultados

4.2.1 Análisis de los resultados de las encuestas

El análisis de los resultados revela un claro consenso entre los profesionales encuestados sobre la factibilidad técnica y la importancia de implementar sistemas de reutilización de aguas grises en edificaciones urbanas. La mayoría considera que estos sistemas son muy factibles, siempre y cuando se realicen ciertas adaptaciones, lo que refleja una apertura a integrar nuevas tecnologías y métodos que contribuyan a la eficiencia hídrica y sostenibilidad en la construcción.

Uno de los principales desafíos técnicos identificados es la selección adecuada de equipos y materiales, junto con la integración con la red hidrosanitaria existente. Estos aspectos son vitales para asegurar que el sistema funcione de manera eficiente y segura, evitando problemas como obstrucciones, fugas o contaminación. Además, el control de calidad del agua tratada y los costos de operación también son factores determinantes que requieren especial atención durante el diseño y la gestión del sistema.

En cuanto a las tecnologías de tratamiento, los filtros mecánicos y sedimentadores son percibidos como las opciones más adecuadas para el reúso en baterías sanitarias, debido a su simplicidad y efectividad en la eliminación de sólidos y sedimentos. Por otro lado, la precisión en el diseño, especialmente el correcto dimensionamiento hidráulico y la ubicación estratégica de los equipos, son claves para garantizar la eficiencia y durabilidad del sistema. La utilización de metodologías digitales como Revit es valorada positivamente por su capacidad para mejorar la coordinación y precisión en el diseño, facilitando la planificación integral de las redes hidrosanitarias.

Finalmente, los resultados destacan la importancia de la capacitación del personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema, ya que la mayoría coincide en que esta es fundamental para asegurar un funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil de las instalaciones. También se reconoce que el principal beneficio ambiental de estos sistemas es la reducción en el consumo de agua potable, lo que contribuye a la conservación de recursos hídricos y a la sostenibilidad ambiental de las edificaciones urbanas.

En conclusión, los datos obtenidos reflejan una postura favorable hacia la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises, siempre que se consideren adecuadamente los aspectos técnicos, económicos y humanos involucrados, posicionándolos como una alternativa viable y responsable frente a los desafíos actuales en el manejo eficiente del agua.

4.2.2 *Análisis de los resultados de los diseños*

El análisis del diseño hidrosanitario para el edificio de nueve pisos refleja una planificación técnica detallada y bien estructurada, que responde adecuadamente a las necesidades hidráulicas de cada nivel. La distribución de tuberías con diámetros variados, desde 20 mm hasta 160 mm, demuestra un dimensionamiento cuidadoso que garantiza un flujo eficiente y una correcta presión en todos los puntos de consumo, tanto para agua potable como para agua clarificada. La repetición del diseño en los pisos 2 al 8 indica una estandarización que facilita la construcción y el mantenimiento, a la vez que asegura uniformidad en el servicio a lo largo del edificio.

El sistema de drenaje y ventilación está diseñado conforme a las normativas técnicas, incorporando tuberías de PVC con diámetros adecuados para manejar las

cargas sanitarias esperadas, además de incluir elementos clave como bajantes, tapones de registro y redes de ventilación secundaria. Esto previene problemas comunes como vacíos en trampas hidráulicas o malos olores, asegurando un correcto funcionamiento sanitario y la seguridad del sistema. La atención a detalles como la suspensión de tuberías también contribuye a la facilidad de acceso para mantenimiento y reduce interferencias con otras instalaciones.

Asimismo, la incorporación estratégica de válvulas de paso en puntos críticos, especialmente en el piso 9, refleja un enfoque orientado al control y la eficiencia operativa, permitiendo sectorizar el sistema para diferentes zonas del edificio, como baños de hombres, mujeres y personas con discapacidad. Esto no solo mejora la gestión del sistema, sino que también facilita intervenciones rápidas ante posibles fallas o mantenimiento, incrementando la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

Para finalizar, la integración de tuberías específicas para el agua clarificada, junto con el uso de tecnología moderna en la disposición y dimensionamiento, denota un compromiso con el ahorro y la reutilización eficiente del recurso hídrico. En conjunto, los resultados del diseño evidencian un sistema hidrosanitario robusto, sostenible y adaptable, capaz de satisfacer la demanda hidráulica de un edificio multifuncional de gran altura, garantizando el cumplimiento de las normativas técnicas y contribuyendo a la gestión eficiente del agua.

4.2.3 Análisis de presupuestos referenciales del sistema hidrosanitario

El análisis del presupuesto más grande para el sistema hidrosanitario refleja una planificación integral y detallada que considera todos los componentes necesarios para garantizar un funcionamiento eficiente y duradero en un edificio de nueve pisos. La inversión significativa asignada a tuberías de diversos diámetros, válvulas de paso, soportes y sistemas de bombeo demuestra el compromiso con una infraestructura robusta, capaz de satisfacer las demandas hidráulicas de la edificación.

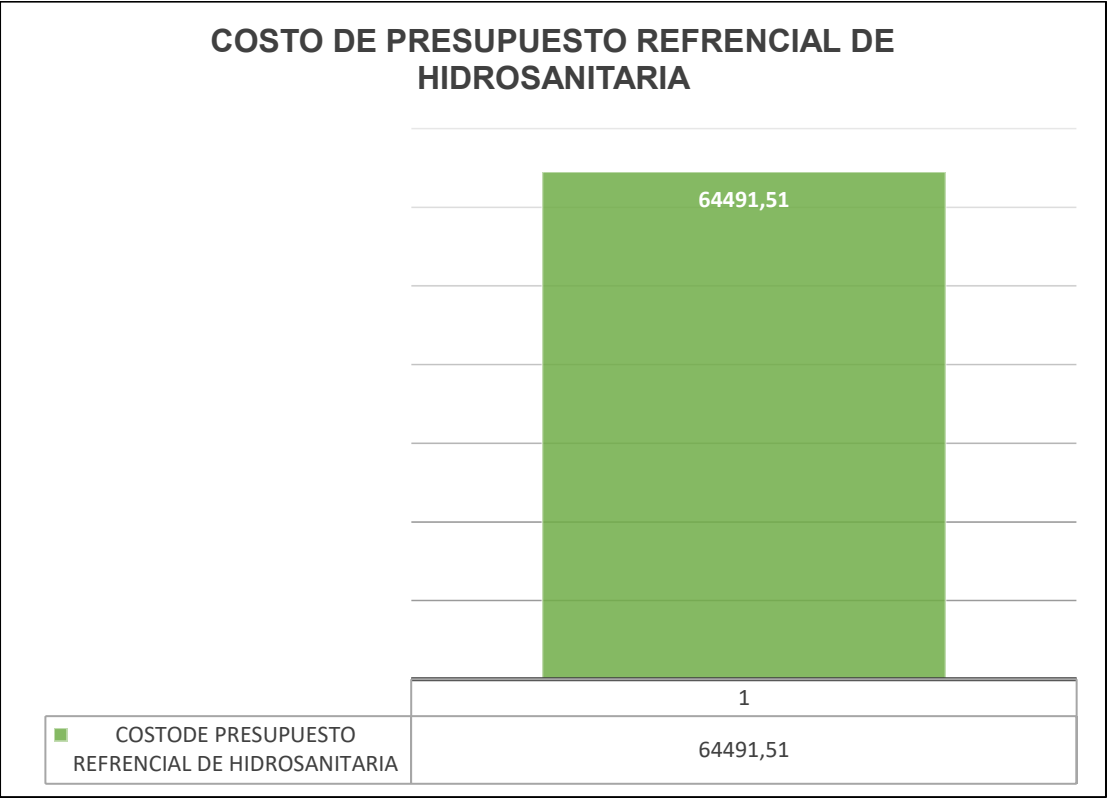
Además, se destaca la importancia de utilizar materiales de calidad y realizar una correcta instalación, factores fundamentales para prevenir fallas futuras y asegurar la sostenibilidad del sistema. El presupuesto también contempla actividades esenciales como pruebas hidroestáticas y de estanqueidad, que son claves para verificar la integridad de tuberías y conexiones, previniendo fugas y asegurando un

desempeño óptimo. La inclusión de equipos de bombeo de alta potencia con paneles de control evidencia una apuesta por la automatización y el control eficiente, lo que mejora la gestión del suministro de agua clarificada y contribuye al ahorro energético.

Este monto significativo representa una inversión inicial importante, pero necesaria para obtener beneficios a largo plazo, tales como la reducción del consumo de agua potable a través de la reutilización y la facilidad de mantenimiento gracias a un diseño estandarizado y de alta calidad. La distribución detallada del costo por cada componente permite un control riguroso y un seguimiento efectivo durante la ejecución del proyecto, facilitando la toma de decisiones oportunas y el cumplimiento de los objetivos técnicos y financieros.

En resumen, el costo total estimado para la ejecución completa del sistema hidrosanitario es de \$64,491.51 (sin incluir IVA), cifra que engloba materiales, accesorios, válvulas, soportes, equipos de bombeo y pruebas necesarias para asegurar la funcionalidad y durabilidad del sistema. Esta inversión refleja una planificación meticulosa y orientada a la eficiencia, sostenibilidad y calidad en el diseño e implementación del sistema hidráulico para el edificio.

Figura 38.
Tabulación de costos referencial de sistema Hidrosanitaria



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

4.2.4 Análisis entre costos de agua potable entre AMAGUA e INTERAGUA

El análisis comparativo entre AMAGUA y INTERAGUA revela diferencias significativas en los costos operativos asociados al suministro de agua potable para consumos intensivos en edificaciones, como instituciones educativas o instalaciones similares. Mientras que AMAGUA ofrece un costo unitario relativamente bajo de 0,6953 US\$/m³ sin cargos adicionales por alcantarillado, INTERAGUA presenta una tarifa mucho más elevada de 2,158 US\$/m³, además de un recargo del 80% sobre el consumo por concepto de alcantarillado y un cargo fijo superior. Esta estructura tarifaria provoca que el costo mensual estimado con INTERAGUA sea aproximadamente 5.5 veces mayor al de AMAGUA para el mismo volumen de consumo.

Esta disparidad tiene un impacto directo en la planificación financiera y operativa de proyectos con alta demanda hídrica. En particular, la alta tarifa y los recargos adicionales en la zona servida por INTERAGUA pueden representar un costo operativo elevado, lo que subraya la necesidad de evaluar cuidadosamente la viabilidad económica al seleccionar el proveedor de servicios o diseñar sistemas alternativos de abastecimiento. Por el contrario, la estructura tarifaria de AMAGUA, más favorable, reduce la presión financiera y facilita la gestión eficiente del recurso.

Asimismo, estos resultados enfatizan la importancia de incluir el análisis tarifario desde las etapas iniciales de diseño de sistemas hidrosanitarios, especialmente cuando se consideran estrategias como la reutilización de aguas grises. Incorporar tecnologías de ahorro y recirculación puede generar beneficios económicos sustanciales al mitigar los costos elevados de consumo, sobre todo en zonas donde las tarifas y recargos son elevados. En conclusión, conocer y entender las diferencias tarifarias locales es fundamental para asegurar la sostenibilidad y rentabilidad de proyectos hidráulicos en edificaciones de alto consumo.

4.2.5 Análisis de presupuestos referenciales del sistema hidrosanitario

El análisis del periodo de recuperación de la inversión en un sistema de reutilización de aguas grises revela una clara relación entre los costos del agua potable de cada operadora y la rentabilidad del sistema. Con una inversión total de US\$ 64.491,51, el ahorro mensual generado por evitar el uso de agua potable varía significativamente según la empresa proveedora del servicio. En el caso de

INTERAGUA, con tarifas altas y recargos adicionales, el sistema se amortiza en tan solo 4 meses, lo que convierte la inversión en una estrategia altamente rentable y sostenible desde el punto de vista económico.

Esta rápida recuperación respalda la implementación inmediata de tecnologías de reutilización en zonas con tarifas similares. Por otro lado, para edificaciones que operan bajo el servicio de AMAGUA, donde las tarifas son considerablemente más bajas, el periodo de recuperación se extiende a aproximadamente 22 meses. Aunque más prolongado, este tiempo sigue siendo corto si se considera que la vida útil de los sistemas de reutilización suele superar los 15 años, lo que garantiza beneficios económicos sostenidos a mediano y largo plazo. Esto convierte la inversión en una alternativa financieramente viable, incluso en escenarios de tarifas más bajas.

Este contraste pone en evidencia que el contexto tarifario es un factor clave para la toma de decisiones sobre proyectos de eficiencia hídrica. En lugares con tarifas elevadas de agua potable, la reutilización de aguas grises representa no solo una acción ambientalmente responsable, sino también una estrategia de retorno rápido sobre la inversión. En cambio, en zonas con menores tarifas, si bien el retorno es más lento, sigue justificándose por el ahorro acumulado a lo largo del tiempo y por el valor añadido en sostenibilidad.

En conclusión, este tipo de análisis económico es fundamental en la fase de planificación de proyectos de reutilización hídrica. Permite anticipar los beneficios financieros, adaptar el diseño a las condiciones locales y asegurar que la implementación de tecnologías sostenibles sea también una decisión acertada desde la perspectiva económica.

CONCLUSIONES

El uso de Revit complementado con planos en AutoCAD permitió desarrollar un diseño integral de las redes hidrosanitarias para la reutilización de aguas grises, facilitando la coordinación entre disciplinas, la detección temprana de interferencias y la optimización de espacios en la edificación. Este enfoque digital contribuye a una planificación más eficiente, reduce errores durante la construcción y asegura que el sistema proyectado cumpla con los requerimientos técnicos y funcionales establecidos.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados demostraron que el agua tratada mediante el sistema diseñado cumple con los estándares de calidad exigidos para su uso en baterías sanitarias, garantizando la seguridad y salubridad de los usuarios. Esto evidencia que la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises no solo es técnicamente viable, sino que también puede mantener niveles adecuados de higiene y cumplir con la normativa vigente.

La comparación entre los costos del sistema de reutilización de aguas grises y los de un suministro tradicional de agua potable mostró que, aunque la inversión inicial es superior, el sistema permite un ahorro significativo a mediano y largo plazo. El análisis económico evidencia que la recuperación de la inversión es factible, demostrando que la adopción de tecnologías sostenibles en edificaciones ofrece beneficios financieros, ambientales y de eficiencia en el uso del recurso hídrico.

La implementación de un sistema de reutilización de aguas grises en edificaciones demuestra ser una alternativa sostenible que integra aspectos técnicos, económicos y ambientales. Su aplicación no solo contribuye a la eficiencia en el uso del recurso hídrico y a la reducción del consumo de agua potable, sino que también promueve prácticas responsables en la gestión de los servicios sanitarios, fortaleciendo la conciencia ambiental de los usuarios y fomentando soluciones innovadoras en el diseño y operación de edificaciones.

RECOMENDACIONES

Se recomienda fomentar el uso de herramientas digitales como planos en AutoCAD o Revit en proyectos hidrosanitarios desde las etapas iniciales de diseño. La implementación de metodologías BIM no solo mejora la coordinación entre especialidades, sino que también permite anticipar errores, optimizar recursos y reducir retrabajos durante la ejecución de obra. Las instituciones educativas y empresas del sector construcción deberían fortalecer la capacitación en estas herramientas para consolidar su uso como estándar profesional.

En cuanto al tratamiento de aguas grises, es fundamental establecer protocolos de monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua tratada. Esto garantizará la calidad del recurso reutilizado y el cumplimiento normativo. Además, se sugiere incluir estos sistemas en normativas locales de construcción sostenible, incentivando su aplicación mediante beneficios tributarios o certificaciones ambientales.

Desde el punto de vista económico, se recomienda realizar estudios de viabilidad financiera adaptados a distintos tipos de edificaciones (residenciales, comerciales, institucionales), para identificar en qué contextos el sistema de recirculación de aguas grises ofrece un retorno más rápido y eficiente. Este análisis permitirá a los inversionistas tomar decisiones informadas y reducir su dependencia de servicios convencionales de agua potable.

Finalmente, es importante promover una mayor conciencia social y ambiental sobre el uso racional del agua. La adopción de tecnologías de reutilización debe ir acompañada de campañas de educación y sensibilización, tanto en comunidades como en sectores técnicos. El éxito de estos sistemas no solo depende de su diseño e implementación, sino también del compromiso de los usuarios con el mantenimiento, uso adecuado y valoración del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFIA

- Arellano, M. (2022). *Diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable* (1ra Edición ed.). Quiro, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Berruz, R. (2021). Componentes de las aguas residuales. 3, 333. Lima, Peru: Tecnología en Marcha. Obtenido de <https://fundacionecomar.org/que-son-las-aguas-residuales/>
- Campos, E. (Febrero de 2021). Aumento de contaminantes en aguas pluviales componentes principales para estudios analíticos. 67. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://cadenaser.com/andalucia/2025/04/01/detectan-un-aumento-de-contaminantes-en-el-agua-de-lluvia-por-la-influencia-de-las-balsas-de-fosfoyesos-radio-huelva/>
- Constitucion de la republica. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Costa, L. (Julio de 2020). Diseño de un sistema de reciclaje en un edificio de Tacna piso 12. 213. Tacna, Mexico. Obtenido de https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/341?utm_source=chatgpt.com
- Fabregas, J. (31 de Enero de 2024). *Tratamiento primario de aguas residuales mediante sistemas DAF*. Obtenido de <https://sigmadafclarifiers.com/la-flotacion-daf-como-tratamiento-primario-en-la-depuracion-de-aguas/>
- Gruconsa, A. (2022). *INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA DISTRIBUCIÓN POR BOMBEO PARA COOPERATIVA SAN FRANCISCO*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Criterios de Diseño Hidráulico FASE II. Recuperado el 1 de Febrero de 2020
- Heredia, P. V. (Enero de 2020). Propuesta para un edificio en el Cercado de Lima, utilizando la metodología BIM con Revit MEP. 2.1, 133. Lima, Peru. Obtenido de https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/341?utm_source=chatgpt.com
- Hernandez, L. (Abril de 2022). Comparación de tres sistemas para el tratamiento biológico de aguas grises. 3. Países Bajos. Obtenido de Comparación de tres sistemas para el tratamiento biológico de aguas grises

INEN. (2020). *Normativas para la construccion de vias* (Vol. 2). Guayaquil, Ecuador.
Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec>

León, P. (2020). Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec>

Ley organica de control y gestion de riesgos . (2004). Obtenido de
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCION-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACION-AMBIENTAL.pdf>

Macas. (2023). *Estudio del tratamiento complementario en sistemas*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado el 27 de Febrero de 2023

Macias. (2022). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales*.
Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de
<https://es.scribd.com/presentation/517694981/Caracteristicas-de-Aguas-Residuales1>

Maldonado, J. (Agosto de 2023). Obtenido de <https://www.finanzas.gob.ec/normas-tecnicas-del-sinfiip/>

Manterola, C. (Septiembre de 2020). Obtenido de
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Mendez, J. (2023). *Clasificacion y tipos de aguas residuales* (Vol. 3). Bogota, Manabí, Colombia : Universidad de Colombia. Obtenido de
<https://lacontaminacion.org/aguas-residuales/>

Mendez, W. (2022). *SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS CON BIODIGESTORES PARA LA COMUNIDAD EL RAMITO, PARROQUIA LA UNION DEL CANTÓN JIPIJAPA*. Manabí, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Mendoza, I. (Abril de 2020). Obtenido de
<https://www.primicias.ec/noticias/economia/ministerio-transporte-baja-ejecucion-presupuesto-obras/>

Ministerio de Ambiente. (2024). *Benefician de un Sistema de Alcantarillado y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*. Santa Rosa - Cayambe. Recuperado el 25 de Abril de 2024, de <https://www.ambiente.gob.ec/455-habitantes-de->

santa-rosa-de-cusubamba-se-benefician-de-un-sistema-de-alcantarillado-y-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales/

Miranda, G. (2022). *Evaluación del tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación de efluentes generados por la empresa de lácteos Marlen ubicada en el cantón Tisaleo provincia de Tungurahua*. Ambato, Ecuador: UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES. Obtenido de <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/6535>

Mora, Z. (2023). *Componentes y características de las aguas pluviales y sus funcionamiento*. Libro, Ingeniería civil, Bogotá. Obtenido de https://golatam.veoliawatertechnologies.com/es/blog/beneficios-de-tratar-las-aguas-pluviales?utm_source

Peña, E. (2022). *Característica de las aguas residuales y grises en estudio hidrosanitarios*. Informe, Universidad de Guayaquil, Ingeniería Civil, Guayaquil. Obtenido de <https://sanitronec.com/tratamiento-de-aguas-residuales-un-paso-fundamental-para-el-desarrollo-sostenible/>

Quinto, E. (2022). *Diseño y modelamiento de un sistema sanitario para reutilizar las aguas grises en viviendas multifamiliares en la provincia de Acobamba Huancavelica*. Tesis, Universidad de Huacavelica, Ingeniería civil, Huancavelica. Obtenido de https://repositorio.unh.edu.pe/items/0a0c5b37-6e1e-4b4f-b994-66fd8b477232?utm_source

Rene, E. (2021). *Tecnologías de tratamiento de aguas residuales y recuperación de recursos*. Tecnologías y evaluaciones de energía sostenible. doi:10.1016/j.seta.2021.101432

Reyes, R. (Agosto de 2021). *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, Universidad de San Martín de Porres, Ingeniería civil, Colombia. Obtenido de handle/20.500.12727/6671?utm_source

UNESCO. (2020). *Agua y cambio climático*. Revista de Obras Públicas.

Universidad Laica Vicente Rocafuerte. (23 de 02 de 2025). *Universidad Laica Vicente Rocafuerte*. Obtenido de Universidad Laica Vicente Rocafuerte : <https://www.ulvr.edu.ec/unidad-de-titulacion-2>

ANEXOS

Anexo 1

Pruebas de laboratorio del agua



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Anexo 2

Muestras para estudios de laboratorio



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Anexo 3

Análisis de las pruebas de laboratorio



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Anexo 4

Resultados de las pruebas de laboratorio



ingeestudios

Laboratorio de calidad de aguas.

INFORME DE RESULTADOS						No.0229-25
FECHA DEL INFORME: 2025/08/06		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Ubicación con GPS:				
Atención : Srta. Britny Medina		Tipo de Muestra : Simple		Identificación de la muestra : Agua Gris		
Dirección :		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013		Fecha de Toma : 2025/08/04		
Solicitado por :		Responsable toma de muestra : Muestra entregada por cliente		Hora : T°C : 28,7		
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		RESULTADOS				
F.Inicio del Análisis : 2025/08/04	T°C : 29					
F.Fin del Análisis : 2025/08/06	%H : 60,1	Fecha de Ingreso : 2025/08/04				
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	505	7%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	138,00	8%	Standards methods – Método gravimétrico	PE 1.8	130
*Turbiedad	FAU	30	--	Método Absorbotométrico 8237	PE 1.22	--
*Cloro libre residual	mg/l	0,04	--	DR/890 Datalogging colorimeter (Handbook) – Método DPD (almohadillas de polvo) 8021	PE 1.39	----
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1,8x10 ²	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.7	2.000



Validar documento con Fomacó

MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS

Ing. Mario Márquez
Jefe del Laboratorio

NOTAS:

- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
- No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
- Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
- INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registrará al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
- Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

(U*) Incertidumbre de medida

NO APLICA: --	LÍMITE DE CUANTIFICACION: LDQ	
---------------	-------------------------------	--

Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Anexo 5

Diseño del Piso 3



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Diseño del Piso 4



Anexo 7

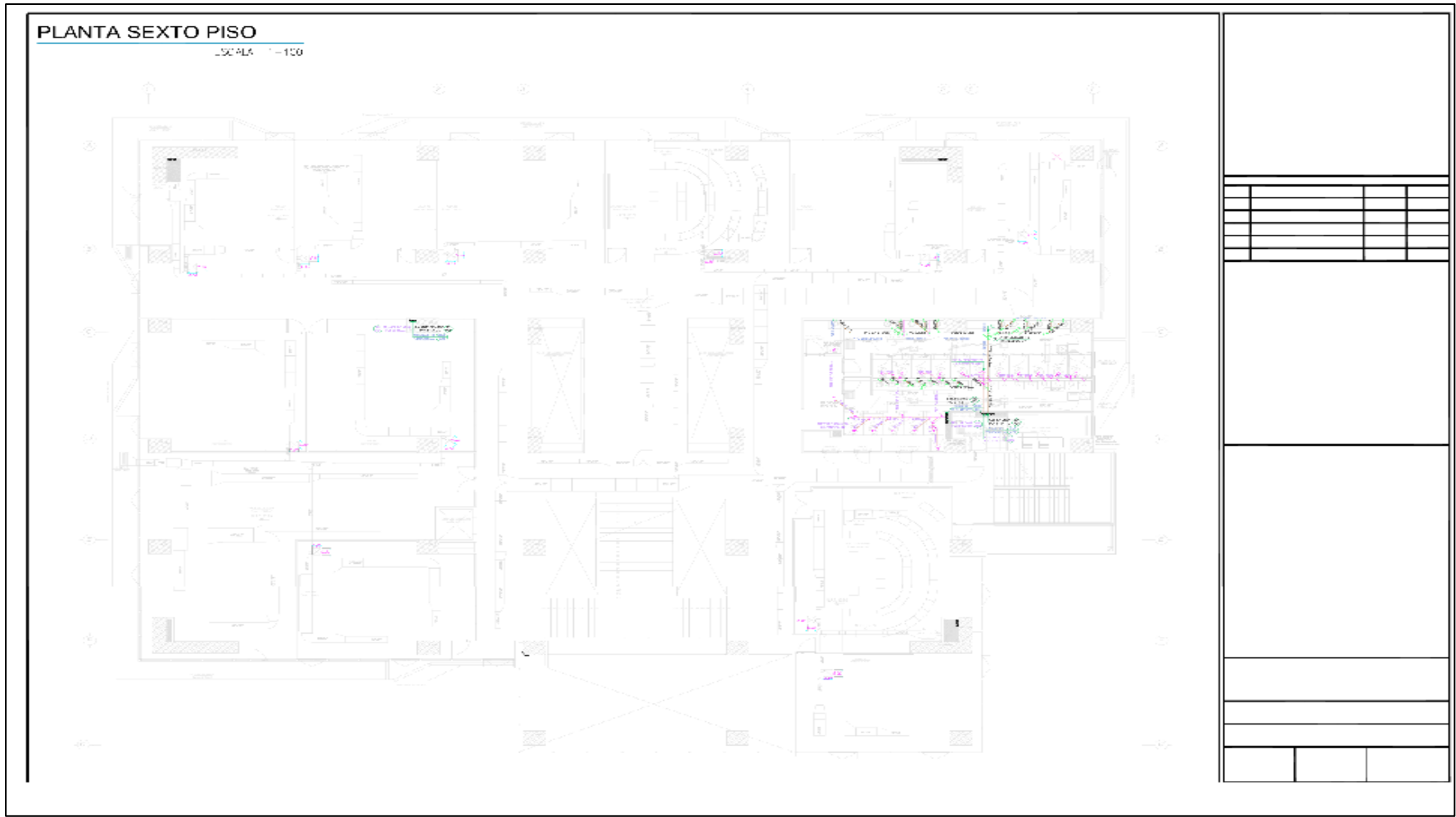
Piso 5



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Anexo 8

Piso 6



Elaborado por: Freire & Medina (2025)

Anexo 9

Piso 7



Elaborado por: Freire & Medina (2025)