

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises y su
aprovechamiento para un desarrollo sostenible en
edificaciones destinadas a hospedaje**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Jhohany Jhent Guillen Mendoza

Asesor:

Ing. Ferrer Canaza Rojas

Lima, diciembre del 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Ing. Ferrer Canaza Rojas, de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“ALTERNATIVA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES Y SU APROVECHAMIENTO PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE EN EDIFICACIONES DESTINADAS A HOSPEDAJE”** constituye la memoria que presenta la Bachiller Jhohany Jhent Guillen Mendoza para obtener el título profesional de ingeniero civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 17 días del mes de diciembre del año 2021.


Ing. Ferrer Canaza Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **17** día(s) del mes de **diciembre** del año 2021 siendo las **11:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Roberto Roland Yoctun Rios**, el secretario: **Ing. Reymundo Jaulis Palomino** y los demás miembros: **Mg. Leonel Chahuares Paucar** y el asesor **Ing. Ferrer Canaza Rojas**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en edificaciones destinadas a hospedaje"

.....de el(los)/la(las) bachiller/es: a)..... **JHOHANY JHENT GUILLEN MENDOZA**...

.....b)

.....conducente a la obtención del título profesional de

INGENIERO CIVIL

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **JHOHANY JHENT GUILLEN MENDOZA**


CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	14	C	ACEPTABLE	BUENO

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Roberto
Roland Yoctun
Rios



Secretario
Ing. Reymundo
Jaulis Palomino

Asesor
Ing. Ferrer Canaza
Rojas

Miembro
Mg. Leonel
Chahuares Paucar

Miembro

Candidato/a (a)
Jhohany Jhent
Guillen Mendoza

Candidato/a (b)

Dedicatoria

Le dedico a Dios, que me dio la suficiente fuerza y fortaleza en momentos difíciles, por ser mi guía, mi mejor amigo, mi consejero y sendero.

A mi familia por siempre estar presente en cada paso y darme ánimo para salir adelante ante los retos que me da la vida.

Agradecimiento

A Dios, por darme la vida y brindarme sus bendiciones que me han permitido seguir adelante en el día a día en este camino de superación. Y a mi familia por su apoyo incondicional.

A la universidad peruana unión por darme la oportunidad de ser uno de sus estudiantes hasta terminar mis estudios. A mis tutores y asesores, quienes, con sus conocimientos, orientaciones, su paciencia y motivación nos guiaron para que pudiéramos terminar nuestros estudios con éxito y en particular aquellos que nos ayudaron a convertir mis debilidades en fortalezas. A todas las personas que de una u otra manera estuvieron pendientes de nosotros durante nuestros estudios, las cuales son muchas.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
Introducción	13
Capítulo I. Planteamiento del problema	15
1.1. Descripción de la problemática	15
1.2. Formulación del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3 Objetivos de la investigación	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. La justificación, importancia y alcances de la investigación	18
1.5. Presuposición filosófica	19
1.6. Limitaciones de la investigación	19
Capítulo II. Revisión de la literatura	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.1.1 Antecedentes nacionales	21
2.1.2 Antecedentes internacionales	24
2.2 Bases teóricas	26
2.2.1 Agua	26
2.2.2 Usos del agua	27
2.3 Aguas residuales	28
2.3.1 Aguas residuales de origen doméstico	28
2.3.2. Características de las aguas residuales	30
2.3.3. Aguas Negras	30
2.3.4. Aguas Grises	31
2.3.5. Composición de aguas grises según origen	32
2.3.6. Beneficios de las aguas grises	33

2.3.7. Tipos de tratamiento para aguas grises	34
2.3.8. Manejo de las aguas grises por infiltración subsuperficial	34
2.4. Pretratamiento	35
2.4.1. Tipos de reúsos para aguas grises	36
2.4.2. Recargas de acuíferos	37
2.4.3. Cantidad producida de aguas grises en Lima	37
Capítulo III. Materiales y métodos	38
3.1. Metodología y tipo de investigación	38
3.2. Diseño de investigación	38
3.3. Lugar de estudio	38
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección	38
3.4.1 Técnica	39
3.4.2. Instrumentos	39
3.5. Procedimiento de la ejecución de la propuesta	39
Capítulo IV. Análisis y desarrollo de la propuesta	42
4.1. Análisis de lugar	42
4.1.1. Aspectos de diseño	42
4.1.10. Recursos para obtener las aguas grises	68
4.1.11. Límites máximos permisibles (LMP) del agua tratada	69
4.1.2. Criterios de diseño	42
4.1.3. Criterios de instalación	44
4.1.4. Distribución de zonas que requieren suministro de agua	44
4.1.5. Cantidad de agua demandada por aparato	55
4.1.6. Cantidad de agua demandada por habitación	61
4.1.7. Cantidad de agua demandada ideal y real	62
4.1.8. Costo del consumo real para el edificio	64
4.1.9. Demanda de aguas grises	65
4.2. Producción de aguas grises	70
4.2.1. Diseño de las redes de captación y distribución	72
4.2.2. Redes de captación aguas grises	72
4.2.3. Red de distribución del agua tratada	76
4.2.4. Desarrollo de la planta modular de tratamiento	76
4.2.5. Características de la planta de tratamiento	81
4.2.6. Procesos para el tratamiento del agua gris	82

4.2.7. Filtro vertical	91
4.2.8. Almacenamiento del agua tratada y equipo de bombeo	93
4.2.9. Sistema de bombas	93
4.2.10. Equipo de bombeo	94
4.3. Estudio económico del diseño	96
4.3.1. Consumo promedio de agua potable	96
4.3.2. Costos de agua potable en el edificio (con el sistema de reciclaje)	96
4.3.3. Presupuesto total del sistema de reciclado y tiempo de recuperación	98
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones	101
5.1. Conclusiones	101
5.2. Recomendaciones	101
Referencias bibliográficas	103
Anexos	111
Anexo 1: Recibos de consumo de luz del hotel base para la comparación	111
Anexo 2: Planos arquitectónicos de los sótanos	112
Anexo 3: Fichas de recolección de datos	115
Anexo 4: Ficha de entrevista	116
Anexo 5: Distribución de tuberías de agua grises	117

Índice de tablas

Tabla N° 1: Dotación de agua fría para un hotel	43
Tabla N° 2: Dotación de agua caliente para un hotel	43
Tabla N° 3: Datos obtenidos para el caño	55
Tabla N° 4: Datos obtenidos para la ducha	57
Tabla N° 5: Datos obtenidos para el inodoro	59
Tabla N° 6: Cantidad de agua demandada ideal y real	62
Tabla N° 7: Cantidad de agua demandada ideal y real mensual de los aparatos	64
Tabla N° 8: Gasto de agua por las áreas verdes	65
Tabla N° 9: Cantidad de demanda de aguas grises en los salones de eventos y el semisótano administrativo total	66
Tabla N° 10: Cantidad de demanda de aguas grises	67
Tabla N° 11: Recursos disponibles para las aguas grises	69
Tabla N° 12: Límites máximos permisibles para el agua gris	69
Tabla N° 13: Producción de agua gris mínima, media y máxima de agua gris en el edificio en un mes	71
Tabla N° 14: Volumen promedio de producción de agua gris mensual	71
Tabla N° 15: Características de los materiales de relleno empleados en los filtros percoladores	86
Tabla N° 16: Propiedades físicas de los medios filtrantes de los filtros percoladores	87
Tabla N° 17: Consumo del hotel para comparación	96
Tabla N° 18: Compilación de la dotación de agua potable y aguas grises	96
Tabla N° 19: Costos de agua potable en el edificio (Con el sistema de reciclaje)	97
Tabla N° 20: Presupuesto de la planta de tratamiento	98
Tabla N° 21: Presupuesto total del sistema de tratamiento de aguas grises	100

Índice de figuras

Figura N° 1: Fuentes de aguas grises	31
Figura N° 2: Composición de aguas servidas según origen	32
Figura N° 3: Características de aguas grises según origen	32
Figura N° 4: Comparación de tasas de descomposición de aguas grises y aguas negras	33
Figura N° 5: tratamiento de aguas grises, sistema de 2 barriles	34
Figura N° 6: Recomendaciones de infiltraciones de las aguas grises.	35
Figura N° 7: Flujograma del proceso para realizar la investigación	41
Figura N° 8: Plano arquitectónico del primer piso	45
Figura N° 9: Plano arquitectónico del segundo piso	46
Figura N° 10: Plano arquitectónico del tercer piso	46
Figura N° 11: Plano arquitectónico del decimoséptimo piso	46
Figura N° 12: Plano arquitectónico de la azotea	47
Figura N° 13: Ensayo para el caño	49
Figura N° 14: Datos para el caño	49
Figura N° 15: Ensayo para la ducha	51
Figura N° 16: Datos para la ducha	51
Figura N° 17: Ensayo para el inodoro	53
Figura N° 18: Datos para el inodoro	53
Figura N° 19: Porcentajes de la cantidad de consumo por cada aparato en cada habitación por persona por día	54
Figura N° 20: Porcentajes de la demanda de aguas grises	60
Figura N° 21: Distribución de las redes de captación de agua grises	65
Figura N° 22: Ábaco para cálculo hidráulico de tuberías PVC NTP-ISO 4422 - CLASE 10 (SERIE 10)	66
Figura N° 23: Distribución de las cisternas	69
Figura N° 24: Distribución de las tuberías 1	69
Figura N° 25: Distribución de las tuberías 2	70
Figura N° 26: Distribución de las tuberías 3	70
Figura N° 27: Ubicación de la planta de tratamiento de aguas grises	71
Figura N° 28: Diseño de la planta de tratamiento de aguas grises	72
Figura N° 29: Espacio para la planta de tratamiento de aguas grises	73
Figura N° 30: Soportes de polipropileno para filtro percolador	76

Figura N° 31: Formación de biopelícula	81
Figura N° 32: Arena silíceo	84
Figura N° 33: Antracita	84
Figura N° 34: Grava silíceo	85
Figura N° 35: Equipo de bombeo	87

Resumen

La presente investigación se titula “Alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en edificaciones destinadas a hospedaje”, cuyo objetivo es proponer una alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en edificaciones destinadas a hospedaje en el hotel Iberostar de Miraflores. La metodología empleada para la elaboración de la tesis fue de enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo no experimental, transeccional o transversal. En el cual se plantea la propuesta a partir de la información obtenida mediante un estudio de campo en el lugar, ya que el hotel aún se encuentra en construcción. Además de ello, se hacen las entrevistas a las personas técnicas que están elaborando el proyecto para poder indagar sobre aspectos puntuales para el diseño de una planta de tratamiento de aguas grises para los inodoros y el riego de las áreas verdes. En conclusión, los beneficios directos que proporciona construir un sistema de reciclado, sería un ahorro en el consumo de agua potable y, por ende, en la economía de los usuarios dentro del hotel; se realiza un ahorro de S/. 3355.86 nuevos soles de forma mensual. Lo que finalmente, es un ahorro correspondiente al porcentaje de 20.60% del gasto total. Además, el monto a invertir para que el proyecto de aguas grises para el hotel funcione de forma óptima es de S/. 400 840.00 nuevos soles, el cual involucra que los costos de operación y mantenimiento corresponden a S/. 120 000.00 nuevos soles, el costo del control básico del agua tratada es de S/. 120 000.00 nuevos soles y finalmente el costo de la planta de tratamiento de aguas grises e instalación de redes es de S/. 160 840.00 nuevos soles.

Palabras claves: aguas grises, sistema, hotel.

Abstract

This research is entitled "Alternative to a greywater treatment system and its use for sustainable development in buildings intended for accommodation", the objective of which is to propose an alternative for a greywater treatment system and its use for sustainable development in buildings intended for lodging at the Iberostar hotel in Miraflores. The methodology used to prepare the thesis was quantitative, descriptive, non-experimental, transectional or cross-sectional. In which the proposal is made based on the information obtained through a field study in place, since the hotel is still under construction. In addition, interviews are conducted with the technical people who are developing the project to inquire about specific aspects for the design of a gray water treatment plant for toilets and irrigation of green areas. In conclusion, the direct benefits that building a recycling system would provide would be savings in drinking water consumption and, therefore, in the economy of users within the hotel; a saving of S /. 3355.86 nuevos soles on a monthly basis. What finally, is a saving corresponding to the percentage of 24.24% of the total expense. In addition, the amount to be invested so that the gray water project for the hotel works optimally is S /. 400 840.00 nuevos soles, which implies that the operation and maintenance costs correspond to S /. 120,000.00 nuevos soles, the cost of basic control of treated water is S /. 120,000.00 nuevos soles and finally the cost of the gray water treatment plant and installation of networks is S /. 160 840.00 nuevos soles.

Keywords: gray water, system, hotel.

Introducción

Las aguas grises vienen a ser uno de los recursos que provienen de un proceso de reciclaje, estas tienen la función de sustituir el agua de consumo humano que se usa para el trabajo de riego de jardines, limpieza y otras actividades.

Se denominan aguas grises, pues su proceder es de las duchas, bañeras y lavamanos. Sin embargo, el requisito para su uso es que no contengan materia fecal, además existen aguas que no son recicladas como las provenientes de cocinas y lavadoras por el alto contenido de contaminación. En conclusión, tienen una composición de materia orgánica e inorgánica incluyendo microorganismos. Su tratamiento es mediante filtros adecuados.

Es por ello, que la presente tesis se titula “Alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en edificaciones destinadas a hospedaje” y el objetivo es proponer una alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises.

La presente investigación consta de cinco capítulos los mismos que están distribuidos de la siguiente forma:

Primer apartado o también denominado capítulo 1, en el cual se realiza el planteamiento del problema, abarca desde el planteamiento de problema, formulación del problema, seguido de la justificación y los objetivos.

Segundo apartado o Capítulo II, se considera la revisión de la literatura, que consta de los antecedentes de la investigación, las bases teóricas de las variables y finalmente, la definición de términos básicos.

Tercer apartado o Capítulo III, se consideran los materiales y métodos, que consta del tipo y nivel de investigación, diseño de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos y métodos de análisis de datos.

En el Capítulo IV, se realizó el análisis y desarrollo de la propuesta, en donde se desarrolla el análisis del lugar, el diseño del sistema de aguas grises y el estudio económico del diseño.

En el capítulo V, en donde se desarrollan las conclusiones, y recomendaciones.

Finalmente, se describen las referencias bibliográficas y los anexos.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la problemática

El mundo hoy en día se encuentra en una situación especial, puesto que vivimos en una población numerosa, que hace uso de los recursos naturales en gran manera. Esto a medida del paso del tiempo ha conllevado a que el ser humano plantee nuevas estrategias de uso, siendo que el agua es el recurso indispensable para la vida.

Dentro de la realidad actual vivimos enfrentando crisis medioambientales que dependen mucho de nuestro cuidado, como el calentamiento global, además de agotar los recursos como el agua, por el incremento de la población.

Los países y gobernantes son conscientes de la situación es por esa razón que plasman estrategias para prevenir el seguir agotando los recursos, sin embargo, no se logran optimizar en la totalidad lo planificado, esto depende de los ciudadanos mismos e incluso de las empresas, pues depende del compromiso con el medio ambiente. Esta adecuación no debe ser solo una solución técnica, sino debe incluir un análisis de las implicaciones sociales, políticas y culturales (Loza, 2017).

En este sentido es cuando los gobiernos de los países desarrollados al ver la escasez del agua siendo esta necesaria para todo tipo de actividades, se plantearon reutilizar las aguas de uso doméstico, siendo denominadas aguas grises. A nivel mundial el 23% del recurso del agua es usado por la industria, el 70% por la agricultura y el 7% por el área doméstica (PNUD, 2019).

Dentro del 23% a nivel mundial dedicado a la industria se encuentra el sector hotelero, según BBC (2014), el uso del agua mantiene gran interés para esta industria, pues su infraestructura necesita del cuidado y la imagen comercial, el sector hotelero mantiene jardines y riego que son parte de su gestión hotelera, sin embargo, el ahorro de

dinero al rehusar lo que han estado gastando mediante un sistema de filtración es muy notorio en aquellas empresas que ya lo aplicaron.

De esa forma y viendo las actividades de los hoteles, muchos de ellos hacen uso del agua de acuerdo a su tipología (playa, spa, negocios, low-cost), el consumo de agua puede variar entre 0.2 m^3 y 0.5 m^3 por cliente y día.

El uso del agua dependerá de la estructura del hotel, si cuenta con piscina y zonas ajardinadas para que su uso sea mayor, generalmente los hoteles son aquellos que gastan mayor cantidad de agua potable en riego de jardines, aumentando los gastos y en algunos casos siendo excesivo. Es así que formulan el reúso de las aguas para disminuir costos en el riego de sus jardines y a la misma vez cuidar del planeta y sus recursos.

El Perú cuenta con 1.89 % de la disponibilidad de agua dulce a nivel mundial. Además, con tres vertientes en su territorio, una disponibilidad de casi 2 billones de metros cúbicos de agua cada año. Sin embargo, por nuestra geografía, la vertiente del Pacífico donde reside el 66 % de la población sólo cuenta con una disponibilidad de 2,2 % de acceso al agua. (Ana, 2019).

El uso del agua en las empresas peruanas, se caracteriza por sectores, industrial, agricultura y minería. Así también el sector hotelero gasta en agua 0.316 m^3 por persona al día, existiendo un exceso donde (Sedapal, 2019) menciona que lo máximo que una persona debería consumir por día es 0.15 m^3 . Es así que nace la explicación, donde se muestra que 0.08 m^3 de agua por día son usados en jardines y los distritos que más utilizan son Miraflores y San Isidro, llevando a que su consumo genere gastos para los hoteles en base a pagos y también, el recurso se utilice de manera poco consciente de su escasez. Además, menciona el diario (La república, 2017) que el consumo de agua en Miraflores y San Isidro es muy elevado a comparación de otros distritos como Chosica, y Lurigancho, siendo de preocupación para la OMC.

El impacto que crea el desarrollo de proyectos sostenibles dentro del país genera un inmenso ahorro del recurso pues según (Cartagena ,2021) menciona que los países que aplican proyectos con el fin de proteger el ambiente y los recursos básicos generan un beneficio para la persona y las empresas. Así mismo considera (Flores,2016) que los más beneficiados de la aplicación de proyectos que cuiden el medio ambiente son las futuras generaciones, pues un recurso como el agua será preservado, por ello es que hace énfasis en el tratamiento de las aguas grises, pues considera que el agua potable no se debería desperdiciar en proyectos de jardines y riego, sino más bien reusar el agua aún rescatable y aquella que no esté totalmente contaminadas para tener un proceso de mantenimiento de jardines. Un claro ejemplo de tratamientos de aguas residuales en Perú es la realizada por la ciudad de Cusco, este proyecto ahora más de 230000 soles por año en cargos de transporte y relleno biosólido, utilizando aguas grises para los riegos agricultores, su inversión primordial está en el proceso que determina a limpieza de estas aguas para volver a usarlas.

Al aplicar el tratamiento de aguas grises algunos de los hoteles en el mundo han reducido sus gastos y ahorrar el agua a ser usada es así que según la OMS (2019) menciona que las ciudades desarrolladas como EE.UU, Japón, Corea del sur, utilizan aguas residuales, representando solo el 7% de las tierras de regadío, esto les ha dado muy buenos resultados, siendo así, y porque se quiere un mejor planeta sostenible y sustentable es que se propone dar una alternativa de tratamiento de aguas grises en el riego de jardines para la sostenibilidad y sustentabilidad en el hotel Iberostar de Miraflores, Lima 2020.

1.2. Formulación del problema

Tras haber visto la problemática a nivel macro, y micro de las realidades del uso del agua y su propuesta de solución se plantea lo siguiente.

1.2.1. Problema general

¿Por qué la alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises y su aprovechamiento generan desarrollo sostenible en el hotel Iberostar de Miraflores?

1.2.2. Problemas específicos

¿Por qué elaborar una propuesta de tratamiento de aguas grises en el riego de jardines y abastecimiento de inodoros para la etapa del diseño del proyecto, genera desarrollo sostenible en el hotel Iberostar de Miraflores, Lima 2020?

¿Por qué elaborar una propuesta de tratamiento de aguas grises en el riego de jardines y abastecimiento de inodoros para la etapa del coste del proyecto, generan desarrollo sostenible en el hotel Iberostar de Miraflores, Lima 2020?

¿Por qué la propuesta de aguas grises es un proyecto que implica desarrollo sostenible en el hotel Iberostar de Miraflores, Lima 2020?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Proponer una alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en edificaciones destinadas a hospedaje en el hotel Iberostar de Miraflores.

1.3.2. Objetivos específicos

Elaborar una propuesta de tratamiento de aguas grises en el riego de jardines y abastecimiento de inodoros, en el hotel Iberostar de Miraflores.

Elaborar una propuesta de tratamiento de aguas grises en el riego de jardines, para el análisis comparativo entre lo que se tiene y lo que se está proponiendo, en el hotel Iberostar de Miraflores.

Proponer un proyecto que mantenga características de desarrollo sostenible en el hotel Iberostar – Miraflores

1.4. La justificación, importancia y alcances de la investigación

Al ser el agua un recurso muy importante, es de importancia social debido a que esto involucra a todos como seres humanos que requerimos de este recurso, esta investigación aporta propuestas de alternativas que toman los hoteles para poder ahorrar y así también cuidar de los recursos, dando seguridad al ciudadano de una sostenibilidad, a la vez ayudar a que la reutilización de las aguas grises se vea como un tema del cual hablar, sirviendo como fuente para otras investigaciones.

A nivel metodológico la investigación al dar alternativas, estas podrán ser aplicables y comprobables, se sustenta también con teoría sobre el uso del agua y sus componentes, para dar también a concientizar al público o clientes sobre la responsabilidad social que debería tener el sector industrial.

A nivel empresa ayuda en la inversión de un sistema para el trato de estas aguas, que ayuda a reducir gastos innecesarios en sus recursos, a la vez fortalece su compromiso con la sociedad, también permite ser un medio de comunicación para los hogares, que también pueden aplicar esto.

Su infraestructura es la misma y los jardines se ven cuidados como deseen. A nivel universidad este estudio aporta conocimiento para futuras investigaciones, en el cual pueden encontrar el sustento requerido.

El objetivo de esta tesis es proponer una alternativa de un sistema de tratamiento de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en edificaciones destinadas a hospedaje en el hotel Iberostar de Miraflores.

Por lo cual se propone instalar una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) el cual se proyecta instalarlo en el cuarto de bombas ubicado en el sótano 7, este PTAR realizará la limpieza del agua usada específicamente de las duchas y lavamanos siendo almacenados en un reservorio para luego ser tratadas pasando por un proceso de tratamiento mediante una serie de filtros que a su vez son almacenados en otro reservorio

donde se almacena sólo el agua tratada para posteriormente ser impulsado hacia el riego de jardines y abastecimiento de inodoros de las habitaciones del Hotel Iberostar Miraflores. El diseño cuenta con tuberías independientes para el abastecimiento de aguas grises esto para identificar las tuberías en el hotel.

1.5. Presuposición filosófica

La presente investigación se basa en los principios cristianos de la Universidad Peruana Unión, ya que busca investigar y a la vez generar beneficios para la población a estudiar, aplicando los principios cristianos regulados por la institución.

El agua dentro del sistema cristiano y no cristiano es un recurso que se debe cuidar, sin embargo, tiene implicancia muy importante en nuestra cosmovisión, el agua es compartida como vida, ya que el ser humano es dependiente de eso. En la biblia menciona en éxodo 7:24 Y todos los egipcios cavaron en los alrededores del Nilo en busca de agua para beber, porque no podían beber de las aguas del Nilo.

En tiempos de los egipcios el agua era valorada y ellos creían que por gracia de Dios este recurso llegaba, por eso cuidaban de él. En el libro de los Salmos encontramos la siguiente declaración sobre la utilidad del agua " Tú eres el que envía las fuentes por los arroyos; van entre los montes; dan de beber a todas las bestias del campo; mitigan su sed los asnos monteses. A sus orillas habitan las aves de los cielos; cantan entre las ramas. El riega los montes desde sus aposentos; del fruto de sus obras se sacia la tierra". (Salmos 104:10-13), Es responsabilidad de cada ser humano el cuidado del agua y su uso es decisión de cada uno, pero como ser humanos con la capacidad de crear, debemos tener herramientas que hagan frente a los problemas que nosotros mismo creamos.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones de la investigación se basan solo en el tiempo que se requiere para

ejecutarlo, sin embargo, se organizaron los tiempos para poder hacer posible el término del estudio.

Capítulo II

Revisión de la literatura

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes nacionales

López y Aguilar (2014) en su investigación titulada “Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo sanitario –ambiental en los servicios de agua potable y de la disposición sanitaria de excretas y aguas residuales, en el centro poblado de Molino Chocope” se propuso como objetivo proveer un método simple de brindar respuesta y de esa forma hacer frente a la amenaza, vulnerabilidad y riesgo ambiental.

Jauregui (2013) en su tesis titulada “Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales” se propuso como objetivo dar un alcance de la situación real del Perú en el tema de saneamiento. Donde establecerán vías para reutilizar el agua y buscar estructuras que permitan concientizar a las personas sobre la calidad de vida en urbanizaciones sostenibles. Llegando a concluir que en el Perú el actual sistema de alcantarillado y el panorama es un plan que se está dejando por futuras generaciones. Con la propuesta que se está planteando en este trabajo: “Descentralización, Urbanizaciones Sostenibles”, se busca no solo solucionar los problemas relacionados al manejo de aguas residuales, sino también generar beneficios para el sector económico, político y ambiental.

Delgado (2017) en su tesis titulada “Diseño de un sistema de reciclado de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible en una vivienda multifamiliar de doce pisos en la ciudad de Tacna, 2017” Plasmar el diseño de una vivienda donde existan varias familias, que se encuentre aprovechando el máximo de los recursos naturales, además que el sistema que se plasme logre reducir el gasto abundante de agua. Además, plantea como estrategia minimizar el uso de agua potable e incentiva al ahorro,

además del uso de aguas grises, que se obtienen de las duchas, lavadoras y lavamanos. Se realizó el estudio en la estructura de un edificio de 12 pisos.

Cedron & Cribilleros (2017) en su investigación “Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución” se planteó como objetivo realizar un diagnóstico de la situación sobre el sistema de tratamiento de aguas en el distrito de Moche, buscando un sistema que reemplace las lagunas de estabilización existente, así como promover la reutilización del efluente. El sistema que propone se realizó bajo la regulación establecida por SENCICO (Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la construcción) y el reglamento nacional de edificaciones. Su estudio fue de tipo aplicada, donde llegó a concluir que actualmente el lugar de estudio no mantiene tecnología adecuada que permita descontaminar el afluente, así mismo su sistema consiste en laguna de estabilización, siendo así que solo tiene el 50% de su carga del caudal.

Arana (2016) en su tesis titulada “Utilización de aguas residuales tratadas como alternativa de riego de parques y jardines en el distrito de Jesús María” se planteó como objetivo se refiere a una planta de tratamiento de aguas residuales, en la cual serán tratadas aguas residuales provenientes de las redes de alcantarillado cercanas a la zona de estudio, con la finalidad de utilizarlas con fines de riego para todas las áreas verdes del distrito de Jesús María.

2.1.2 Antecedentes internacionales

Aguilar (2012) en su tesis titulada “sistemas de tratamientos de aguas grises domésticas, como una alternativa para la seguridad hídrica de Tijuana” tuvo como objetivo realizar un estudio de percepción de dos grupos sociales, los cuales son fundamentales para definir de manera crucial, adoptando un sistema de tratamiento de aguas grises.

También se encontró que el nivel educativo no fue un factor de influencia en los

resultados. Cabe mencionar que los resultados obtenidos respecto al grupo de estudio de clase alta indican la existencia de ciertas limitaciones metodológicas, ya que los cuestionarios enviados vía correo electrónico a los encuestados, fueron contestados solo por los que estuvieron dispuestos a hacerlo, lo cual genera un posible sesgo de autoselección en la muestra de este grupo de estudio. El conocimiento de los resultados de este estudio será de utilidad para los actores clave en la administración y uso del recurso hídrico

Quivera (2012) en su tesis titulada “ El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México” se propuso como objetivo el tratamiento de aguas residuales domésticas en asentamientos humanos dispersos, un problema que compete al desarrollo local sostenible, para el saneamiento de estas aguas han surgido una serie de tecnologías, una de ellas son las denominadas alternativas, cuyas características son adecuadas para esos casos.

Bajo dicho contexto, se formuló una propuesta con la técnica SUTRANE para las aguas residuales de las viviendas aledañas a la Laguna de San Miguel Almaya, México. El enfoque del Desarrollo Local Sustentable es un instrumento teórico que permite estudiar el tratamiento de agua residual doméstico bajo principios de participación de los agentes locales en el cuidado de sus recursos naturales, como un medio esencial para que las medidas sean adecuadas a su contexto, se apropien de ellas y sean factibles de contribuir al desarrollo.

Hidalgo (2015) en su tesis titulada “Reutilización y sostenibilidad: el aprovechamiento de las aguas grises y las aguas pluviales” se propuso como Objetivo determinar el por qué la reutilización de las aguas es importantes y pluviales, además realizó un estudio a profundidad, en la medida que al pasar los años el ser humano ha ido

aprovechando el agua de distintas formas. Muestra el proceso de la reutilización mediante la ejecución experimental y detalla que mediante la reutilización de esta agua se puede llevar a ahorrar un 40% del agua consumida en los hogares, sustituyendo aguas de mejor calidad que anteriormente se empleaban para descargas de cisternas o riego de jardines. Pero para conseguir este objetivo se requiere de un marco legal que regule el uso e implantación de los sistemas de reutilización de aguas grises y aguas pluviales, tanto a nivel europeo como a nivel nacional o autonómico, inexistente en la actualidad.

De Anda Sánchez (2017) en su investigación “ Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México ” se propuso como objetivo discutir de forma general la cobertura de saneamiento de las aguas residuales municipales en México, conocer específicamente la situación de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (Ptarm) que se encuentran en estado de abandono o fuera de operación, y las causas por las que una parte importante de la inversión realizada por los tres órdenes de gobierno no se logró traducir en un beneficio para la sociedad. En el conocimiento de las causas de la problemática por la que atraviesan algunas de las Ptarm en México, se analizan algunas alternativas tecnológicas que pueden ser consideradas para incrementar, de forma sustentable, la cobertura de saneamiento de las aguas residuales en el país y de esta forma avanzar en el compromiso nacional.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

Para definir el agua existen varias investigaciones y definiciones, todas coinciden en que es un líquido que no tiene color ni sabor, compuesto por hidrógeno y oxígeno, un recurso natural que da vida al planeta.

Dicha definición se extrajo de las opiniones de los siguientes autores:

Contreras et al. (2008), indican que es un líquido cuyas características no tiene

color, es inodoro, e insípido que está combinado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O).

Ibáñez (2012) define el agua como una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es un elemento vital para la supervivencia de toda especie viva, de la corteza terrestre más de la mitad está cubierta por agua con un 71%. Los cuales se ubican en los océanos con un el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los almacenes subterráneos, los permafrost y los glaciares suponen el 1,72% y lo demás 0.04% que se distribuye de manera decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

Por otro lado, Matamoros & Toro (2017) menciona que el agua es un elemento lo cual está compuesto por un átomo de oxígeno y dos hidrógenos.

Loayza & Cano (2015) mencionan que el agua como motor de desarrollo y fuentes de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre.

Álvarez et al (2002) citado por Rey (2006) El agua es un recurso de propiedad común, está considerado libre, no tiene propietario y cualquiera puede usarlo de manera gratuita o bien pagando un precio muy bajo por el mismo, independientemente de que exista una disposición a pagar por él. Se considera que el agua no tiene precio dado porque se está asociado a motivos históricos, socioculturales, si no que se gestiona y administra el recurso.

Para Rodríguez (2010) expone un concepto particular donde el agua se puede visualizar analizar y conceptualizar desde muchas perspectivas: este recurso es vida, cultura, economía, religión, salud, desarrollo, tecnología, distribución, gestión, uso, conflicto, riqueza, belleza, seguridad y muchas cosas más.

Y por último Guerrero et al (2006) define que el agua es un recurso vital para el

desarrollo social y económico de los países, esto debido a que un acceso a agua y saneamiento mejorados constituyen factores de relevancia para promover una mayor inclusión social y contribuir en la reducción de la pobreza.

Monforte & Cantú (2009) El agua es considerada como fuente de vida debido a su función esencial en los procesos biológicos y a su importancia como elemento fundamental de desarrollo.

2.2.2 Usos del agua

Los usos que le da el ser humano al agua tienen diferentes funciones de ello se mencionan los siguientes:

Toledo (2002) indica que el 0.007% del elemento está disponible para el consumo del ser humano, sumando un total de 4,200 km³ a nivel mundial esta se divide entre 6,000 millones de personas que calculando representa 700 m³ por usuario al año, se estima que esta cifra no simboliza la disponibilidad real del agua, puesto que este varía cada año y va de acuerdo a la distribución geográfica y no administrativa.

Por otro lado, Ibáñez (2012) menciona que se ha estimado que los humanos consumen «directamente o indirectamente» alrededor de un 54% del agua dulce superficial disponible en el mundo. Este porcentaje se desglosa en:

Rey (2006) aporta que el agua es un insumo en diversos procesos productivos, y ésta se utiliza de manera similar a como pueden hacerlo otros factores (tierra, capital, materias primas) en la toma de decisiones de los agentes, Además, en torno al ciclo completo del agua se encuentran asociados una serie de bienes y servicios que sí se integran dentro del mercado como cualquier otro bien privado, pero cuyo precio se verá afectado por esta circunstancia.

Llegando a la conclusión con Daza (2008) a que el agua, principalmente se ha utilizado para beber y satisfacer la primera necesidad del ser humano, posteriormente, el

agua comenzó a utilizarse para regar, apareciendo a continuación, muchos años después, los denominados usos industriales.

2.3. Aguas residuales

2.3.1. Aguas residuales de origen doméstico

De origen doméstico vienen a ser cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada por un tipo de tratamiento doméstico, desde la ducha o lavar ropa hasta el agua que se usa para trapear o regar plantas.

Gonzales (2011) define aguas residuales como líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales.

Seoanez (1995) citado por Loayza & Cano (2015) Son los que proceden de la evacuación de los residuos y manipulaciones de cocinas (desperdicios, arenas de lavado, residuos animales y vegetales, detergentes y partículas), de los lavados domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes MES, sales, etc.), y de la actividad general de las viviendas.

López (2006), también menciona que el uso del agua doméstica puede ser: bebidas, higiene personal, higiene de la vivencia, vehículo para eliminar residuos varios.

Epigares & Pérez (1999) proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos.

OEFA (2014) manifiesta que viene de origen residencial y comercial, entre otros, provenientes de una acción humana, y deben ser acomodadas correctamente.

García et al (2006) Las aguas residuales domésticas son aquellas aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios y generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.

Blázquez & Montero (2010) son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños,

cocinas, lavanderías, etc.). Son conductos de agua usada proveniente de residuos humanos que son llevados a través de alcantarillas por medio de descargas de instalaciones hidráulicas.

2.3.2. Características de las aguas residuales

Podemos decir que las aguas residuales poseen las siguientes características:

- Líquido turbio
- Color: amarillo a gris
- Olor séptico
- Partículas suspendidas
- Heces, residuos vegetales, papel, plástico
- Flujo en la alcantarilla: variable

2.3.3. Aguas negras

Se le denomina al agua contaminada con sustancias fecales y orina, emergida naturalmente del hombre

Muñoz (2008) menciona que las aguas negras son el tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Es vital la necesidad de canales, tratamiento y desalojo.

Así también Gonzales (2011) comenta que estas aguas son líquidos provenientes de inodoros; trasladan desechos humanos y orinas, nitrógeno y coliformes fecales. Acotando a la idea Lozano (2016) que estas aguas transportan heces y orina, provenientes del inodoro.

Y por último la definición que está en total acuerdo con las anteriores:

INCYTU (2019), indica que son aquellas cuya calidad ha sido ostentada negativamente por la acción humana. Descienden de viviendas, poblaciones y áreas industriales y arrastran contaminantes y detritos.

2.3.4. Aguas grises

Gonzales (2011) define como líquidos procedentes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales.

Lozano (2016) indica que son aguas jabonosas que pueden contener grasas también, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora.

La Asociación española de empresas del sector del agua (2018) señala que están formadas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos. Así mismo este recurso cuando se recicla de manera correcta, puede servir como fuente que cubran ciertas actividades humanas como, por ejemplo; recarga de cisternas de WC, riegos, limpieza y uso en todo tipo de construcciones.

Muñoz (2008), señala que las aguas grises o aguas residuales no cloacales son las aguas generadas por los usos domésticos, tales como el lavado de utensilios y de ropa, así como el baño de las personas. Se distinguen de las aguas cloacales contaminadas con desechos del retrete por no contienen bacterias *Escherichia coli*.

Franco (2007), considera que las aguas grises, a las aguas residuales domésticas, con excepción de las provenientes de inodoros y urinarios.



Figura N° 1. Fuentes de aguas grises

Fuente: Franco (2007)

2.3.5. Composición de aguas grises según origen

Según Alvarado (2007), las composiciones de las aguas grises son, 34% de inodoros, 22% lavadoras, 7% lavamanos, 10% lava vajillas, y 27% duchas y tinas.

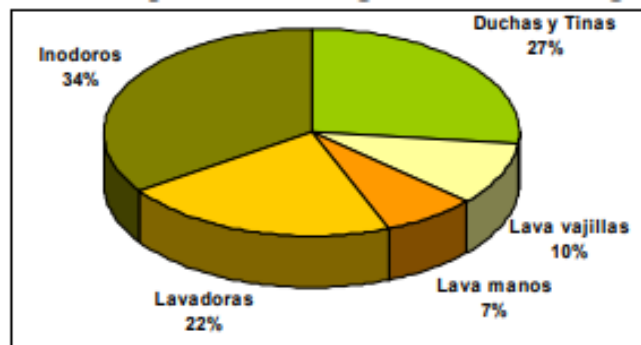


Figura N° 2. Composición de aguas servidas según origen

Fuente: Alvarado (2007)

Origen	Características
Lava vajillas	<ul style="list-style-type: none"> -Altamente contaminada con partículas de comida, aceites y grasas. -Cantidades variables de coliformes. -Generalmente presenta mayor cantidad de SST que las aguas servidas. -Crecimiento de microorganismos. Descomposición rápida. Mal olor. -Contiene detergentes, blanqueadores. Espumas. -Alta demanda de oxígeno. -Usualmente se considera como agua negra.
Ducha, Tina y Lavamanos	<ul style="list-style-type: none"> -Generalmente corresponde al agua menos contaminada (aguas grises claras). -Ducha y tina presentan coliformes. -Puede contener orina, que es estéril en personas sanas, no obstante algunas infecciones en la vejiga pueden hacer que exista presencia de microorganismos, el potencial de éstos para sobrevivir y causar infecciones es considerado remoto. -Contiene pelos y productos de limpieza como jabón, shampoo y pasta de dientes. -Baja demanda de oxígeno.
Lavadora	<ul style="list-style-type: none"> -Contiene coliformes. -Contiene detergentes (sodio, fósforo, boro, amonio, nitrógeno). Espumas. -Alto pH. -Alta Salinidad -Alta cantidad de sólidos suspendidos (pelusas), alta turbiedad.
Piscinas	<ul style="list-style-type: none"> -Altas concentraciones de microorganismos. -Gran presencia de químicos (residuos químicos de productos para mantenimiento, aceites para el cuerpo, cosméticos, etc.) -Polvo, pelos, pelusas. -Generalmente no se considera esta agua en recuperación de aguas grises, debido al gran volumen evacuado en poco tiempo.

Figura N° 3. Características de aguas grises según origen

Fuente: Alvarado (2007)

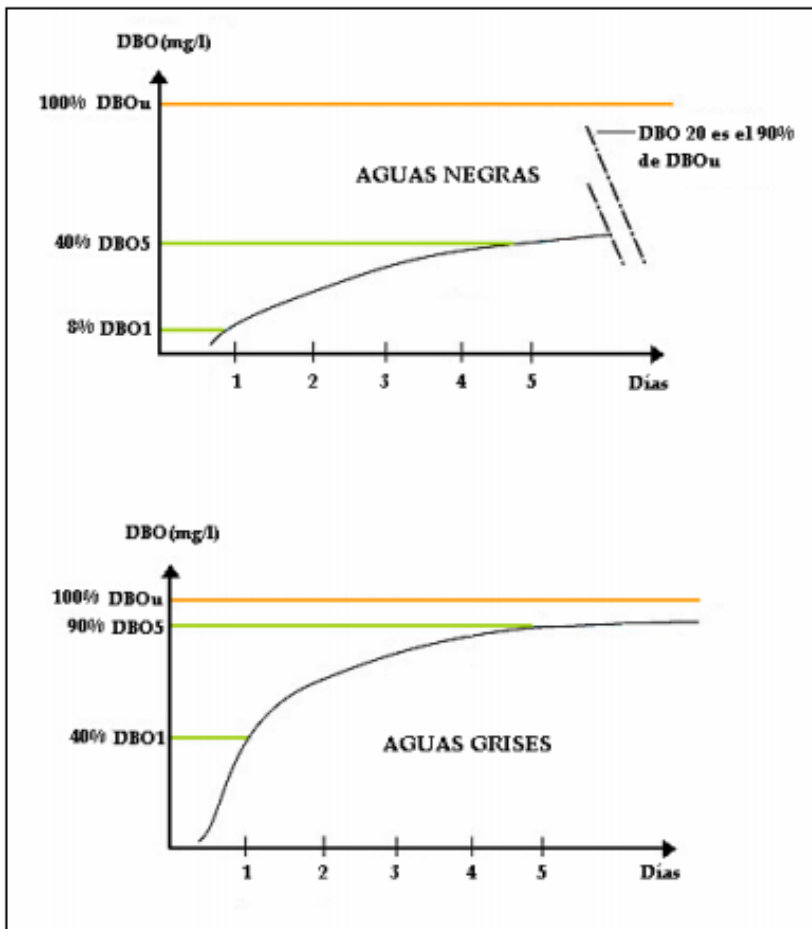


Figura N° 4. Comparación de tasas de descomposición de aguas grises y aguas negras

Fuente: Olson (1967)

2.3.6. Beneficios de las aguas grises

Reutilizar las aguas grises es un componente importante de las prácticas sustentables del uso de agua, hay muchos beneficios en el uso de las aguas grises en lugar de agua potable para el riego (Allen, 2015).

Así mismo la presente autora menciona que usar aguas grises conlleva los siguientes beneficios:

- Disminuir el uso de agua potable de 16% a 40%, dependiendo del sitio y el diseño del sistema (Cohen 2009).
- Reduce el consumo del agua por aguas residuales
- Uso eficiente del agua para riego, diversificando los suministros del agua municipal.

- Reducir las necesidades de energía y químicos empleados para tratar las aguas residuales.

2.3.7. Tipos de tratamiento para aguas grises

Sistema de 2 barriles

El Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo (IDRC) Canadá, Red Inter Islámica sobre Desarrollo y Manejo de Recursos Hídricos (INWRDAM) en Jordania y la ONG, realizaron un tratamiento de agua con bajo costo para hogares, como lo muestra (Franco, 2007).

Funciona con dos barriles de plástico con 0.16 m³ cada uno, su utilidad se ve refleja en la clarificación o purificación de manera simple, concentrándose en la desviación al primer barril, en el cual su proceso muestra, sedimentación de sólidos y flotación de aceites, grasas y jabón, así mismo esta sustancia es trasladada al segundo barril, por medio de una tubería de PVC de 50 mm. Y se activa cuando el flotador esté lleno permitiendo la activación de la bomba, dando una irrigación por goteo, el proceso termina cuando el flotador desciende, dejando de bombear, Este sistema es adecuado para pequeñas familias. (Franco, 2007)

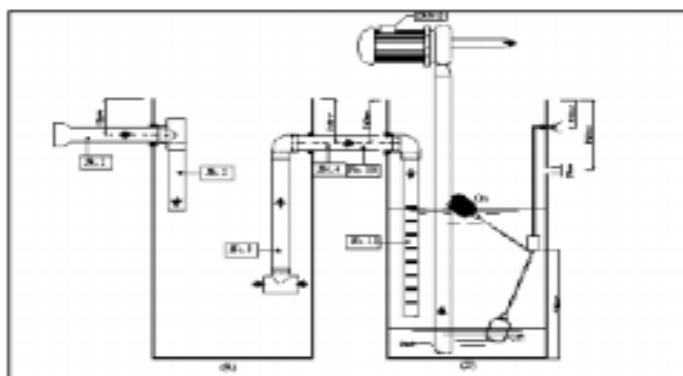


Figura N° 5. tratamiento de aguas grises, sistema de 2 barriles

Fuente: Franco (2007)

2.3.8. Manejo de las aguas grises por infiltración subsuperficial

Garduño (2018) muestra el manejo de las aguas grises de la siguiente forma.

La infiltración subsuperficial de las aguas grises es un procedimiento sencillo y con un costo mínimo para la administración y tratamiento. Las ventajas de acoger estos sistemas son:

- No requieren de bombeo
- Utilización de poca tubería
- Mantenimiento mínimo o nulo
- De fácil operación y construcción

Dado este proceso nos permite un mejor sostenimiento del agua además evita la pérdida de agua, como el desperdicio de agua en la superficie que ocasiona contaminación y a la aparición de mosquitos y olores no deseados.

Textura de suelo	Rangos de aplicación
Grava gruesa	No adecuado
Arena gruesa a mediana	50 litros por día por m ²
Arena fina	30 litros por día por m ²
Limo	25 litros por día por m ²
Limoso arcilloso	8 litros por día por m ²
Arcilloso	No adecuado

Figura N° 6. Recomendaciones de infiltraciones de las aguas grises.

Fuente: Garduño (2018).

2.4. Pretratamiento

El pretratamiento se sitúa en la salida del lavadero comercial que recepciona las aguas grises y permite estancar los residuos suspendidos (como los restos de comida, grasas, pelos, y fibras textiles) antes de entrar al sistema de infiltración. Su tratamiento consta:

1. Se necesita una coladera de cocina tamaño grande o regular de preferencia de acero inoxidable para que retenga las sustancias sólidas, colocándola bajo el drenaje del

lavadero.

2. PVC de 4" a 2", sirve para mantener la coladera y permite recibir el agua del lavadero y canalizar hacia el interior de la cubeta. Para la colocación se agujerea la tapa de la cubeta con un sacabocado de 2" posteriormente se incrusta la reducción.

3. Cubeta de 0.020 m³ con un agujero en el fondo, donde se instalará un tubo de PVC de 1" y 2 codos de 45 °, para redireccionar hacia la zona de infiltración.

4. 2 Blocks que levantan la cubeta y permiten la salida del tubo de PVC de 1" para descarga por la parte baja guiándome hacia el lugar de infiltración.

2.4.1. Tipos de reusos para aguas grises

Existen varios tipos de reuso de las aguas grises cada uno con un fin.

Usos urbanos

Los usos urbanos que le dan a las aguas grises van destinados a riegos de zonas verdes, lucha contra incendios, sanitarios, aire acondicionado, lavado de coches, riego de calles y caudales ecológicos.

Usos agrícolas

El uso agrícola se da más en las zonas de siembra, puesto que lo utilizan para regar sus productos a cosechar como, cultivos, Tipos de tratamiento para aguas grises.

Restauración ambiental y usos recreacionales

Los centros de recreación usan las aguas grises para el mantenimientos y preservación ambiental así mismo para lagunas, paseo en bote, pesca y natación.

Usos industriales y mineros

La industria y minería son consumidores frecuentes del agua que ellos reciclan, sin embargo, no es muy común que utilicen aguas grises para sus obras, esto se debe a la cultura que no radica o fundamenta el uso de estas en nuestro país. Sin embargo, países desarrollados como EE. UU y España aplican el uso de las aguas grises.

2.4.2. Recargas de acuíferos

Las aguas residuales tratadas pueden descargarse directamente en cuerpos de agua receptores (como ríos, lagos, etcétera) o ser introducidas a los acuíferos de manera directa o indirecta, para incrementar el grado de disponibilidad de los recursos hídricos (Tilley et al. 2018; Conagua 2015).

2.4.3. Cantidad producida de aguas grises en Lima

En la ciudad de Lima conformada por cerca de 10 millones de personas, calculando en promedio consumen 0.25 m^3 de agua al día por habitante, lo que se genere una cantidad de aguas usadas o residuales domésticas denominadas “ARD”

En Lima solo se cuenta con el sistema de alcantarillado al 69.65%, lo que muestra que el resto de agua son desechadas en ríos, lagos o zonas vertientes de domicilios, asimismo Lima genera alrededor de $1'202,286.00 \text{ m}^3$ de ARD. En el fenómeno del Niño en el 2017, en SEDAPAL se evidenció la carencia de alguna contingencia en la ciudad ante eventos naturales que causó que el río Rímac llegue con más turbulencia sólida, dando como consecuencia que las plantas de tratamiento de agua potable, no se pudieran procesar de manera normal para su potabilización, causando un quiebre para el efecto (Chumpitaz y Morales, 2018).

- **Impacto beneficio que genera aplicar proyectos sostenibles en el Perú**

El impacto que crea el desarrollo de proyectos sostenibles dentro del país genera un inmenso ahorro del recurso pues según (Cartagena, 2021) menciona que los países que aplican proyectos con el fin de proteger el ambiente y los recursos básicos generan un beneficio para la persona y las empresas. Así mismo considera (Flores, 2016) que los más beneficiados de la aplicación de proyectos que cuiden el medio ambiente son las futuras generaciones, pues un recurso como el agua será preservado, por ello es que hace énfasis en el tratamiento de las aguas grises, pues considera que el agua potable no se debería

desperdiciar en proyectos de jardines y riego, sino más bien reusar el agua aún rescatable y aquella que no esté totalmente contaminadas para tener un proceso de mantenimiento de jardines. Un claro ejemplo de tratamientos de aguas residuales en Perú es la realizada por la ciudad de Cusco, este proyecto ahora más de 230000 soles por año en cargos de transporte y relleno biosólido, utilizando aguas grises para los riegos agricultores, su inversión primordial está en el proceso que determina a limpieza de estas aguas para volver a usarlas.

Es así que se rescata que el ejecutar proyectos de desarrollo sostenible trae consigo beneficios de ahorro de los recursos, pero también un ahorro monetario contribuyendo con las comunidades e instituciones que se fundamentan en su uso.

Por otro lado, López (2016) señala que de 10 proyectos sostenibles ejecutados en el Perú el 45% ya ejecutan un tratamiento de aguas residuales en viviendas, obteniendo que el ahorro del recurso es casi del 85% y además el monetario es de casi el 50%, este comparativo se evaluó de manera mensual.

Capítulo III

Materiales y métodos

3.1. Metodología y tipo de investigación

La presente investigación fue de enfoque cuantitativo donde el objetivo, profundidad y calidad de la información según señala (Hernández et al., 2010).

El objetivo de la investigación cuantitativa fue describir mediante sustento numérico la propuesta que se plantea, la cual se realizará mediante el análisis comparativo y la toma de datos de forma empírica (Taylor y Bogdan, 1984).

El tipo de investigación fue descriptivo, debido a que la investigación busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describe tendencias de un grupo de población (Behar, 2010).

La investigación descriptiva se encarga de puntualizar las características de la población que está estudiando. Esta metodología se centra más en el “qué”, en lugar del “por qué” del sujeto de investigación. (Hernández et al., 2010).

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación fue no experimental, transeccional o transversal, puesto que no se manipularon ni ejecutaron resultados. Su fin es proponer y con ello beneficiar al lector, con futuras ejecuciones por parte de él, además que se observan comportamientos a nivel macro de los hoteles.

3.3. Lugar de estudio

El estudio fue realizado en el diseño del Hotel Iberostar de 17 pisos, 6 sótanos con un área de construcción de 2 113 m², se encuentra en la Av. Malecón 28 de Julio 385, cruce con la calle Manco Cápac, frente al Club Tenis Las Terrazas, en el distrito de Miraflores.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección

3.4.1 Técnica

Las técnicas de investigación que se emplearon en la investigación fueron:

- a. Análisis documental según cumplimiento de normas; revisión de guías, directivas, expedientes de ejecución que estén en vigencia a lo actualizado.
- b. Entrevistas individuales y colectivas.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos son:

- a. Fichas de recolección de datos
- b. Ficha de entrevista

3.5. Procedimiento de la ejecución de la propuesta

Alternativa de tratamiento de aguas grises en el riego de jardines y en los inodoros.

Para la elaboración de la propuesta de tratamiento de aguas grises en el riego de jardines e inodoros se va a desarrollar las siguientes actividades:

Evaluación preliminar del lugar de estudio

Dentro de esta actividad se realizaron las visitas de inspección y observación necesarios para el inicio de la elaboración de la propuesta del sistema, de manera general y así ver la viabilidad del estudio.

Criterios básicos del diseño

Dentro de este proceso se tomaron los criterios básicos para realizar los cálculos necesarios que apoyen la elaboración de la propuesta del sistema.

Estudio de campo

Dentro de este proceso se realizó las siguientes actividades como: estudio de planos, estudios de consumo del punto comparativo con otros hoteles, preguntando a los técnicos e ingenieros sobre la viabilidad del proyecto.

Diseño del sistema de aguas grises

En este proceso se realizó la elaboración del diseño del tratamiento de aguas grises basado en el sistema de reciclaje de agua.

Este diseño fue enfocado en lo siguiente:

- El diseño de la red de montantes de las aguas grises.
- Diseño de las cisternas, bombas y filtros a usar.
- El diseño de la red de impulsión hacia los jardines.

Presupuesto del proyecto

Dentro del costo del proyecto se realizó el presupuesto que se necesitará para ejecutar el proyecto que se va proponer, en base a materiales y gastos de ejecución.

Presentación de la estadística

Dentro de la presentación de la estadística del ahorro, se detallaron y mostraron datos del ahorro del recurso del proyecto comparado a la realidad en la que se sostienen. Donde se realizaron proyecciones de ahorro de agua con la aplicación del proyecto, además de analizar el gasto de agua de los años anteriores (información de primera mano con los administrativos del hotel).

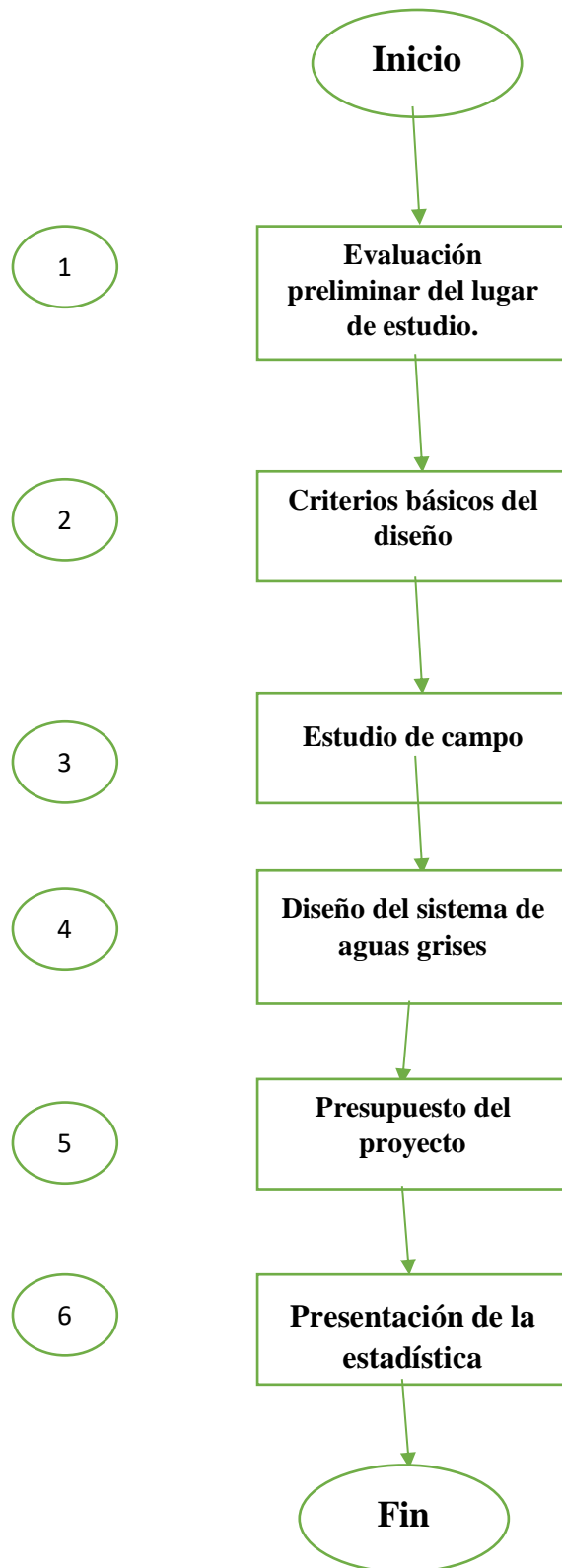


Figura N° 7: Flujograma del proceso para realizar la investigación

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV

Análisis y desarrollo de la propuesta

4.1. Análisis de lugar

4.1.1. Aspectos de diseño

El proyecto contó con una sala de bombas en el sótano, en la cual el uso de bombas hidráulicas distribuirá el agua para evitar sistemas de tanques de agua elevados. Los tanques de agua y las bombas reducen el espacio de trabajo, por lo que el tamaño de la planta de agua tratada se reduce al máximo, lo que significa eficiencia en el proyecto. Además, el ambiente contará con buena ventilación, hermeticidad, marcado correcto, protección conveniente para evitar el contacto con insectos y roedores, y solo el personal autorizado podrá realizar las operaciones de limpieza y mantenimiento. El hotel adopta un diseño acústico, para que las bombas no generen ruido y de esta manera no moleste o fastidie a los residentes.

Todos los componentes del sistema de redistribución del agua tratada fueron independientes y marcados para su mejor utilización. Estas redes estuvieron conectadas a la estructura sin dañarla, lo que ayudó a una correcta distribución en la instalación de la tubería y evita el riesgo a que exista un problema de conexión.

Las aguas grises fueron distribuidas por gravedad, desde los puntos de producción hasta el sistema de almacenaje de aguas grises, siempre a través de una red separativa de tuberías y con la ventilación correspondiente que se diseñarán según especificaciones del reglamento nacional de edificaciones y se identificarán convenientemente. El sistema de aguas grises contó con filtros que evitaron que algún obstáculo bloquee los sistemas de bombeo o de distribución del agua gris.

4.1.2. Criterios de diseño

En el diseño de la red de agua del hotel, existe una dotación de los establecimientos

de hospedaje y de agua caliente, que deben cumplir de la siguiente manera:

Tabla N° 1:

Dotación de agua fría para un hotel

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Hotel, apart-hoteles y dormitorio. hostales.	0.500 m ³ por dormitorio 0.025 m ³ por m ² de área
Albergues.	destinado a dormitorio

Fuente: RNE IS.010

Tabla N° 2:

Dotación de agua caliente para un hotel

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Hotel, apart-hoteles y dormitorio. hostales.	0.500 m ³ por dormitorio 0.100 m ³ por m ²
Albergues.	

Fuente: RNE IS.010

Con este dato teórico vemos que la dotación diaria de agua fría sería de 0.025 m³ de m² de área de acuerdo a la tabla N° 1 destinado al dormitorio y 0.100 m³ por m² para agua caliente según la tabla N° 2.

El diseño de la instalación para las aguas grises se deberá considerarse los siguientes conceptos básicos:

- Demanda de agua: la demanda del agua depende de la cantidad del uso que se necesita para regar los jardines, en tanto la frecuencia de riego como del área a regar.
- Producción de agua gris: la producción de agua gris depende de toda el agua que se consume en el hotel, depende principalmente del uso del hotel.
- Calidad del agua gris: para poder verificar la calidad de agua gris es necesario que se pueda realizar un pequeño estudio observacional para ver si dicha agua no

contiene contaminantes que no permitan que se cumplan los objetivos que se requieren. Y si se quiere ser más preciso, es recomendable que se haga un estudio microbiológico.

- Uso del agua gris: para este caso específico, se usa para el riego de las áreas verdes que pertenecen al hotel.

4.1.3. Criterios de instalación

Se resaltarán aspectos de la instalación que se considera de mayor importancia:

- Capacidad del sistema: el diseño del sistema de reciclaje de aguas grises debe realizarse con el objetivo de aprovechar una cantidad relevante de aguas grises de calidad aceptable.
- Independencia y autosuficiencia del sistema: todos los elementos integrantes del sistema de reutilización de aguas grises deben tener un circuito independiente del sistema de agua apta para consumo humano, a su vez garantizar el suministro de agua incluso en posible corte de energía o en horas de mantenimiento.
- Seguridad y señalización: el sistema de tratamiento y distribución del agua tratada debe estar debidamente señalizada tanto para el agua que se va a usar para los inodoros como para el regadío de las áreas verdes y de esta manera, se evitan las confusiones.
- Redes de distribución: la red de distribución del agua tratada será bombeada desde el sótano a los puntos del tanque inodoro y para el riego de los espacios verdes, todo esto con un equipo de bombas con silenciadores.

4.1.4. Distribución de zonas que requieren suministro de agua

Por cada piso y sótanos realizamos la distribución de las zonas que requieran de un suministro de agua.

Piso N° 1

El primer piso cuenta con:

- Jardines exteriores
- 1 zona de servicios higiénicos
- 1 zona del bar

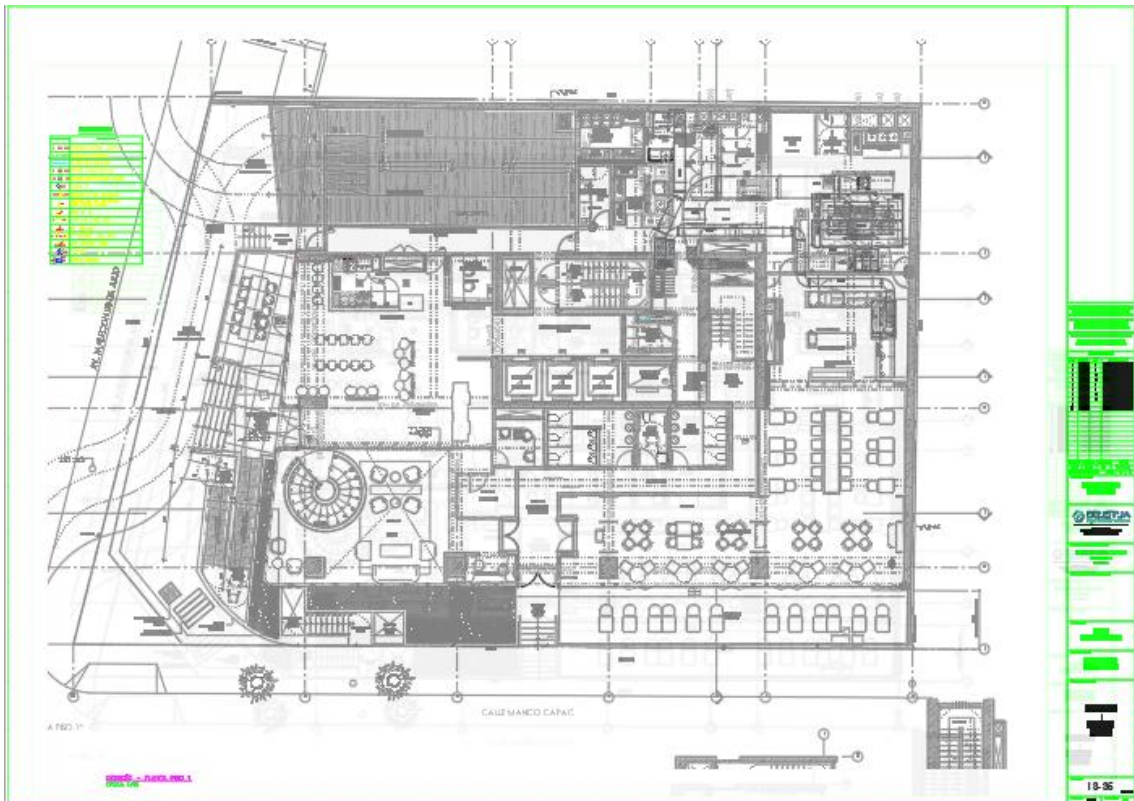


Figura N° 8: Plano arquitectónico del primer piso

Fuente: Elaboración propia

Piso N° 2

El primer piso cuenta con:

- 1 zona de servicios higiénicos
- 1 zona para oficio para bebidas
- 1 zona de jardinería

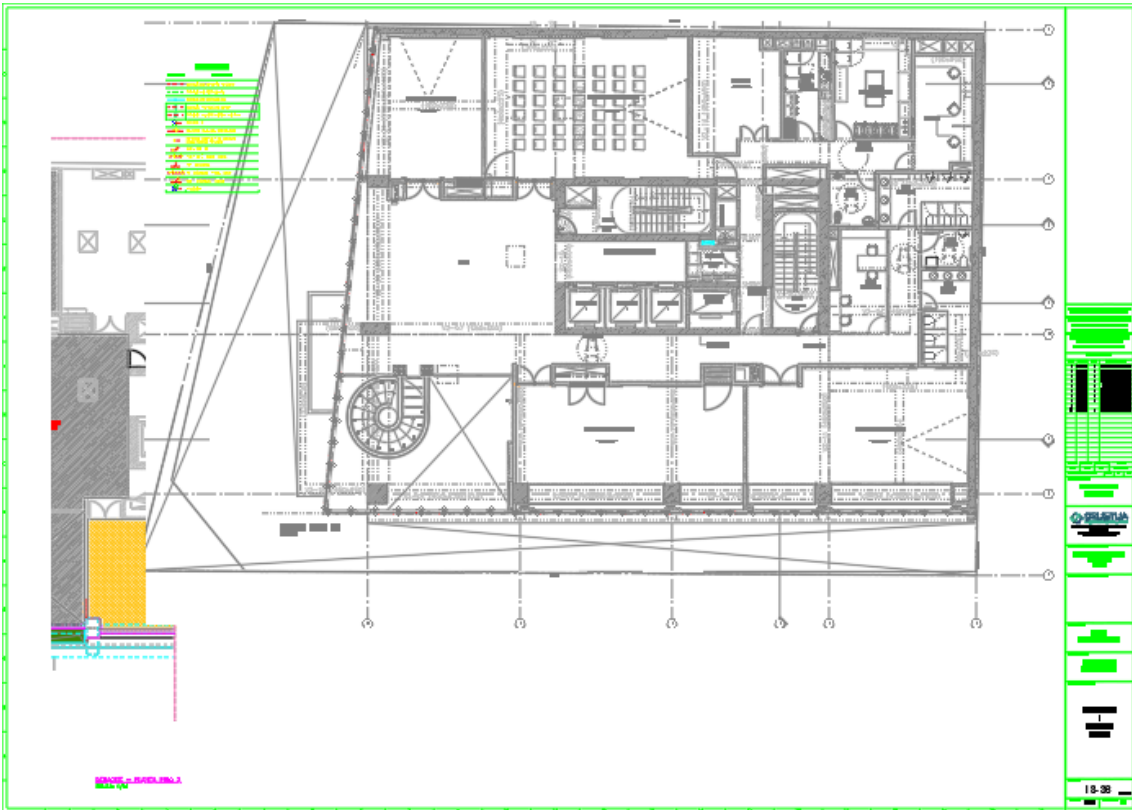


Figura N° 9: Plano arquitectónico del segundo piso

Fuente: Elaboración propia

Piso N° 3

A partir de este piso hasta el 16, serán habitaciones, entonces, este piso cuenta con:

- 17 habitaciones
- zonas de jardines

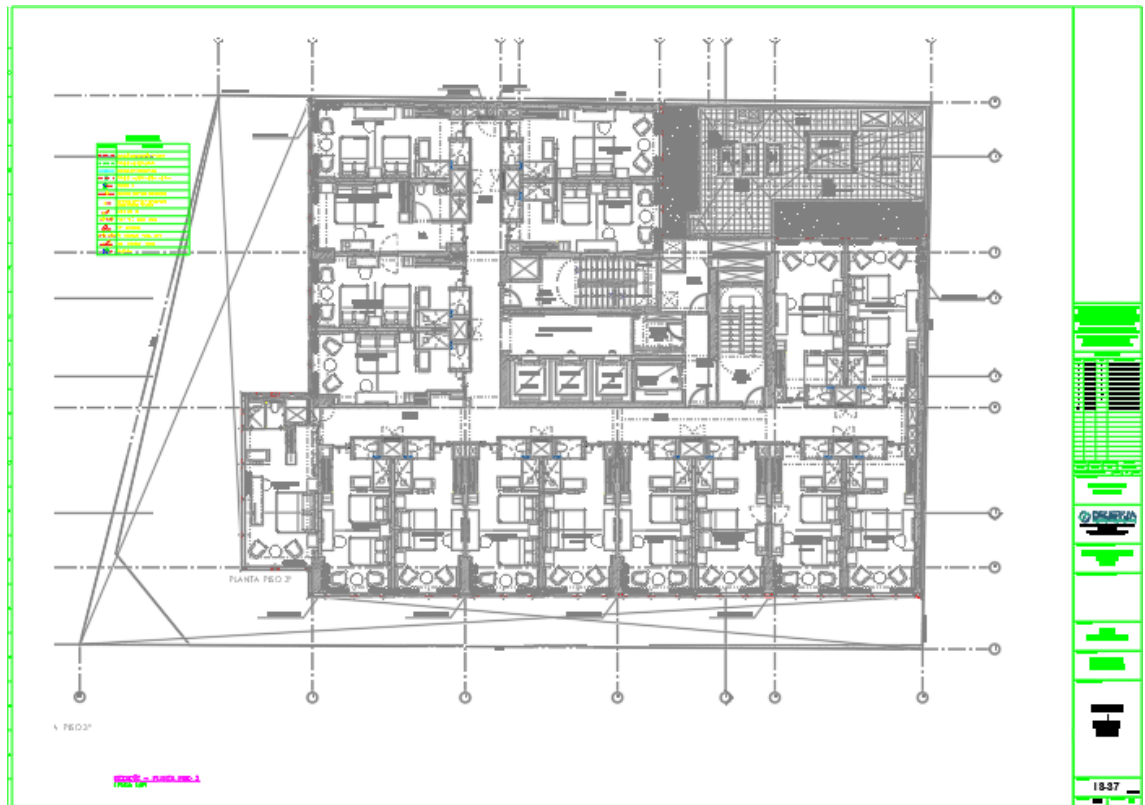


Figura N° 10: Plano arquitectónico del tercer piso

Fuente: Elaboración propia

Piso N° 17

Este piso cuenta con:

- 1 servicios higiénicos
- 1 vestidor con servicios higiénicos
- 1 bar
- 1 cocina
- 1 sala de masajes

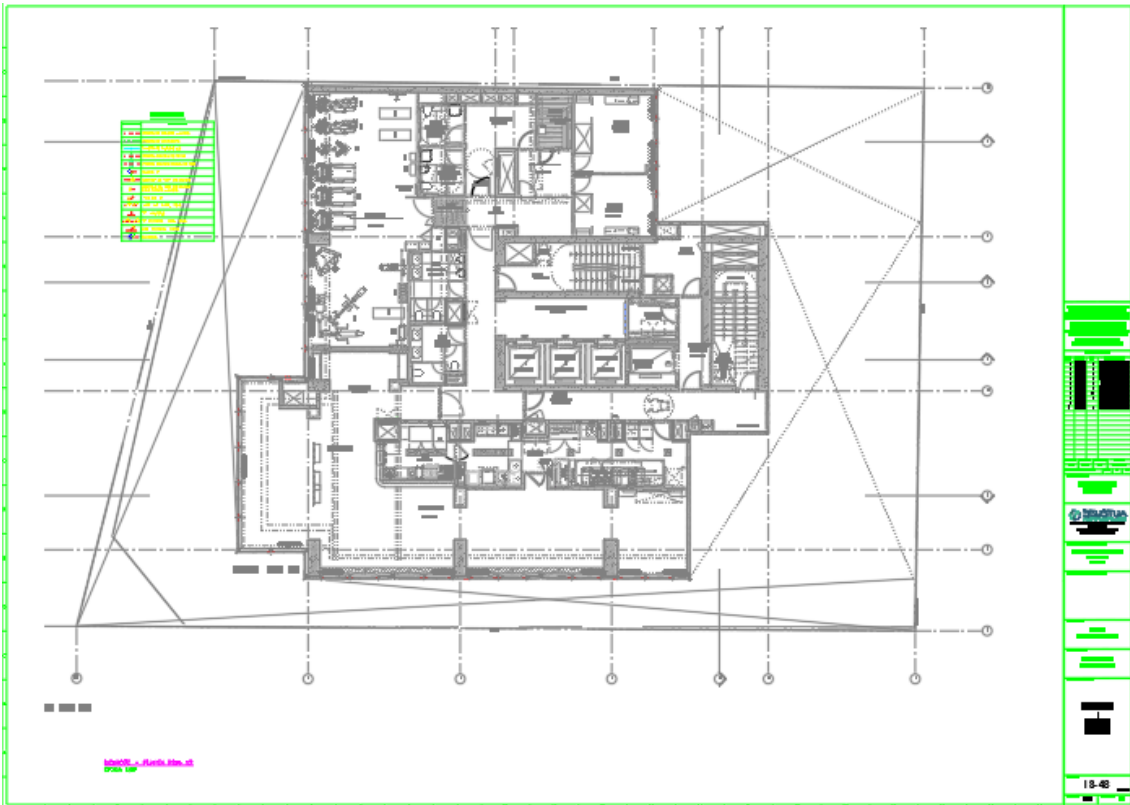


Figura N° 11: Plano arquitectónico del decimoséptimo piso

Fuente: Elaboración propia

Azotea

La azotea cuenta con:

- 1 bar
- 1 piscina
- 1 área de jardinería
- 1 servicios higiénicos
- espacios de jardinería
- 1 oficio bar

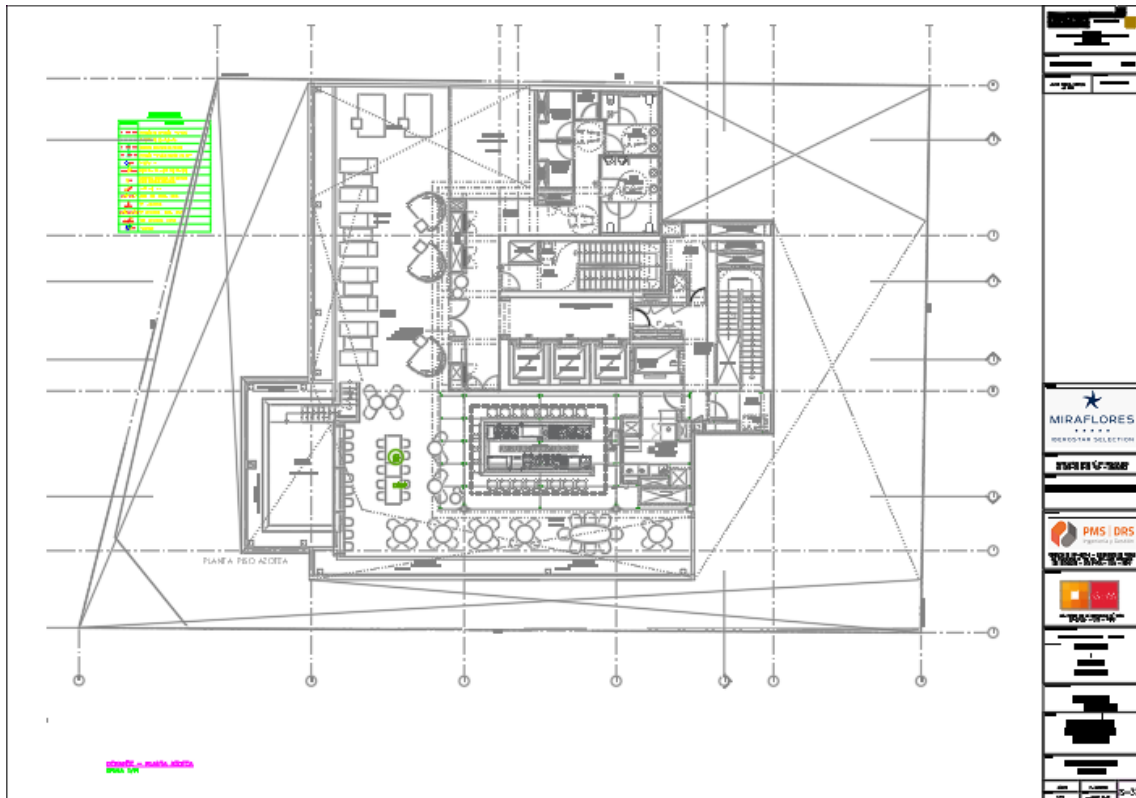


Figura N° 12: Plano arquitectónico de la azotea

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Cantidad de agua demandada por aparato

Este punto servirá como referencia del cálculo de la cantidad de agua por cada aparato que se tiene en el hotel, tomando en consideración que dicho recurso ha sido obtenido mediante el método empírico, es decir, mediante un ensayo de 10 pruebas para cada aparato de un consumo diario en promedio.

Aparato caño

Se hizo un ensayo de 20 días teniendo en consideración que se mide tomando como referencia un recipiente equivalente a 0.001 m^3 . Entonces se obtiene los siguientes datos:

Tabla N 3:

Datos obtenidos para el caño

Día	Cantidad de agua (m ³)	Día	Cantidad de agua (m ³)
1	0.012	11	0.012
2	0.008	12	0.008
3	0.016	13	0.016
4	0.012	14	0.012
5	0.016	15	0.016
6	0.012	16	0.012
7	0.016	17	0.016
8	0.012	18	0.012
9	0.012	19	0.012
10	0.016	20	0.016

Fuente: Elaboración propia

Calculando,

$$\text{Promedio} = \frac{0.012 + 0.008 + 0.016 + \dots + 0.012 + 0.016}{20} = 0.0132 \text{ m}^3 \quad (1)$$

En promedio el valor de gasto por caño por litro por persona en una habitación por día es de 0.0132 m³ de acuerdo a los datos promediados de la tabla N° 3



Figura N° 13: Ensayo para el caño

Fuente: Elaboración propia

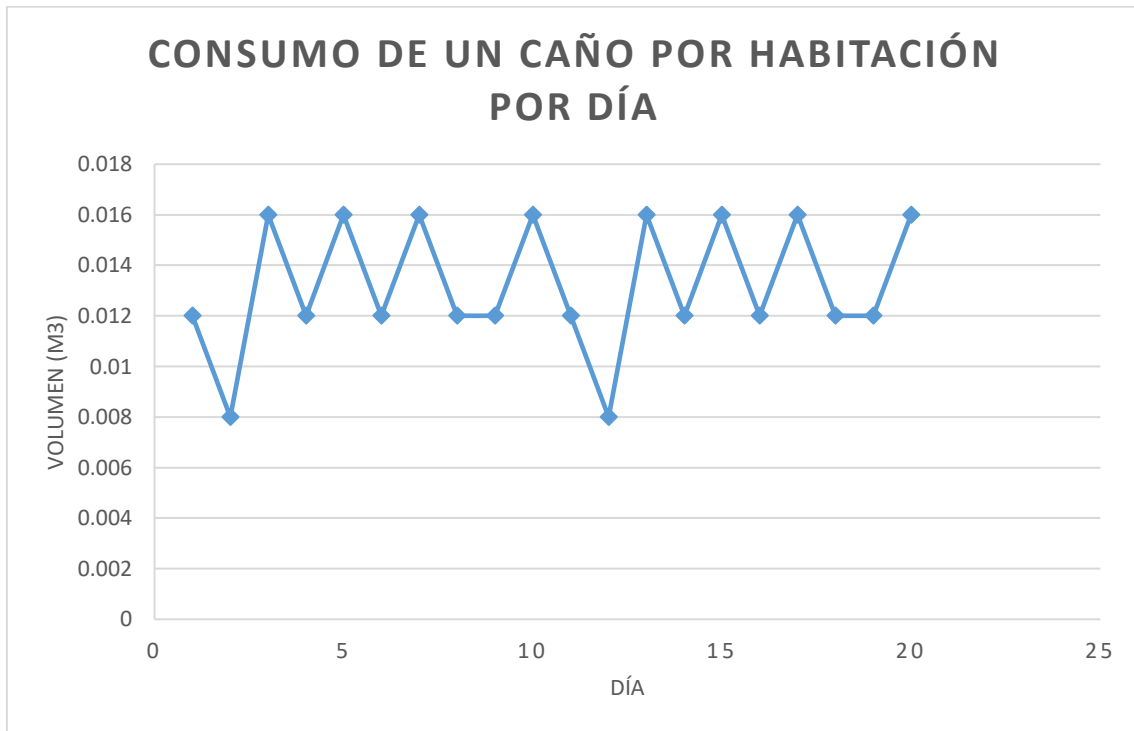


Figura N° 14: Datos para el caño

Fuente: Elaboración propia

Aparato ducha

Se hizo un ensayo de 20 días teniendo en consideración los siguientes datos, tomando en consideración que solo se usó la ducha para bañarse:

Tabla N° 4:

Datos obtenidos para la ducha

Día	Cantidad de agua (m ³)	Día	Cantidad de agua (m ³)
1	0.250	11	0.250
2	0.250	12	0.250
3	0.250	13	0.250
4	0.300	14	0.300
5	0.300	15	0.300

6	0.350	16	0.350
7	0.300	17	0.300
8	0.350	18	0.350
9	0.250	19	0.250
10	0.250	20	0.250

Fuente: Elaboración propia

Calculando,

$$\text{Promedio} = \frac{0.250+0.250+0.250+\dots+0.350+0.250}{20} = 0.285 \text{ m}^3 \quad (2)$$

En promedio el valor de gasto por caño por litro por persona en una habitación por día es de 0.285 m³ de acuerdo a los datos promediados de la tabla N° 4.



Figura N° 15: Ensayo para la ducha

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 16: Datos para la ducha

Fuente: Elaboración propia

Aparato inodoro

Se hizo un ensayo de 20 días teniendo en consideración que cada vez que se jala del interruptor se drena 0.005 m³. Entonces se calcula que:

Tabla N° 5:

Datos obtenidos para el inodoro

Día	Cantidad de agua (m ³)	Día	Cantidad de agua (m ³)
1	0.015	11	0.015
2	0.015	12	0.015
3	0.015	13	0.015
4	0.020	14	0.020
5	0.015	15	0.015
6	0.015	16	0.015

7	0.015	17	0.015
8	0.015	18	0.015
9	0.015	19	0.015
10	0.020	20	0.020

Fuente: Elaboración propia

Calculando,

$$\text{Promedio} = \frac{0.015 + 0.015 + \dots + 0.015 + 0.020}{20} = 0.016 \text{ m}^3 \quad (3)$$

El promedio de consumo por el inodoro es de 0.016 m³ por día por persona por habitación de acuerdo a los datos promediados de la tabla N° 5.



Figura N° 17: Ensayo para el inodoro

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 18: Datos para el inodoro

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Cantidad de agua demandada por habitación

Este punto toma en consideración el agua que se tiene demandada por cada habitación.

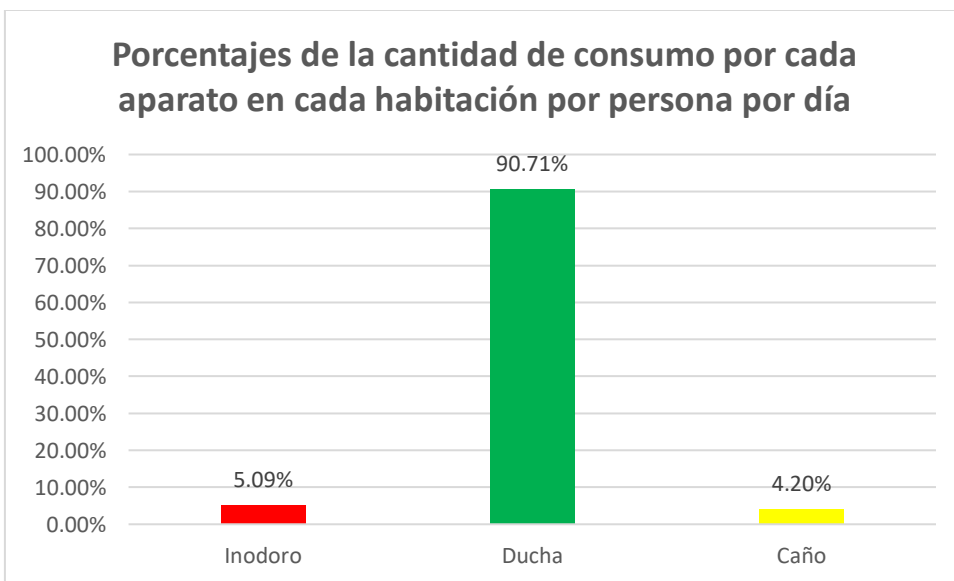


Figura N° 19: Porcentajes de la cantidad de consumo por cada aparato en cada

habitación por persona por día

Fuente: Elaboración propia

Calculando, los porcentajes, se tiene

$$\text{Porcentaje para el inodoro} = \frac{16}{285+16+13.2} \times 100\% = 5.09\% \quad (4)$$

$$\text{Porcentaje para la ducha} = \frac{285}{285+16+13.2} \times 100\% = 90.71\% \quad (5)$$

$$\text{Porcentaje para el caño} = \frac{13.2}{285+16+13.2} \times 100\% = 4.20\% \quad (6)$$

Entonces, se observa de acuerdo a la figura 32, que de los tres aparatos el que consume más agua es la ducha dentro de la habitación con un 90.71% del consumo total de agua, luego el inodoro, con un valor de 5,09% y finalmente, el consumo en el caño, representa un 4,20%. De la suma de las ecuaciones (1), (2) y (3), se tiene que el consumo total de agua es de 0.3142 m³ por habitación por persona.

4.1.7. Cantidad de agua demandada ideal y real

Este punto toma en cuenta el agua demandada ideal que representa el caso que todas las habitaciones están llenas y el caso real con la demanda real y frecuente que suele acudir al hotel.

El hotel cuenta con 214 habitaciones de acuerdo a la tabla N° 6, de las cuales cada habitación cuenta con una ducha, un inodoro y un caño. Además de ello, se plantea que en promedio 150 usuarios deben estar hospedados en las instalaciones del hotel. Entonces, se plantea la cantidad de agua demandada ideal y real de forma diaria.

Tabla N° 6:

Cantidad de agua demandada ideal y real

Descripción	N° de	Cantidad de	Número	Agua	Agua
-------------	-------	-------------	--------	------	------

	aparatos	agua por persona usada (m ³)	de personas en un hotel de forma diaria (personas)	requerida por todas las habitaciones hotel – caso ideal (m ³)	requerida por todas las habitaciones hotel – caso real (m ³)
Inodoro	214	0.016	150	3.424	2.400
Caño	214	0.0132	150	2.825	1.980
Ducha	214	0.285	150	60.990	42.750
Total		0.3142		67.2388	47.130

Fuente: Elaboración propia

Realizando cálculos,

Agua requerida por todas las habitaciones hotel – caso ideal para el inodoro =
 $214 \times 0.016 = 3.424 \text{ m}^3$.

(7)

Agua requerida por todas las habitaciones hotel – caso ideal para el caño = $214 \times$
 $0.0132 = 2.825 \text{ m}^3$. (8)

Agua requerida por todas las habitaciones hotel – caso ideal para la ducha = 214
 $\times 0.285 = 60.990 \text{ m}^3$. (9)

Agua requerida por todas las habitaciones hotel – caso real para el inodoro = 150
 $\times 0.016 = 2.400 \text{ m}^3$. (10)

Agua requerida por todas las habitaciones hotel – caso real para el caño = $150 \times$
 $0.0132 = 1.980 \text{ m}^3$. (11)

Agua requerida por todas las habitaciones hotel – caso real para la ducha = $150 \times$
 $0.285 = 42.750 \text{ m}^3$. (12)

Entonces, se tiene que la cantidad de agua demandada ideal de todo el hotel respecto a las habitaciones es 67.2388 m³ por día, y la cantidad de agua demandada real es de 47.130 m³ por día de acuerdo a la tabla N°7.

Tabla N° 7:

Cantidad de agua demandada ideal y real mensual de los aparatos

Tipo	Valor diario (m ³)	Tiempo (días)	Valor mensual (m ³)
Cantidad de agua demandada ideal	67.2388	30	2017.164
Cantidad de agua demandada real	47.130	30	1413.900

Fuente: Elaboración propia

Calculando,

Cantidad de agua demandada ideal

$$\text{mensual} = 67.2388 \times 30 = 2017.164 \text{ m}^3 \quad (13)$$

Cantidad de agua demandada real

$$\text{mensual} = 47.130 \times 30 = 1413.900 \text{ m}^3 \quad (14)$$

4.1.8. Consumo real para el edificio

En este punto se obtiene el consumo real de todo el edificio. Para ello, se conoce que el consumo de la cantidad de agua demandada real mensual es 1413.900 m³ según el resultado obtenido de la ecuación (14), correspondiente a las habitaciones de los huéspedes, equivale a un 80% del consumo de todo el edificio, ya que el otro 20% corresponde al primer piso, los sótanos, la piscina y lo relacionado a los espacios comunes. Entonces, el consumo de la cantidad de agua demandada real de todo el edificio de forma proyectada mensualmente sería de 1767.375 m³. Tomando en consideración. Lo cual, queda sustentando por el siguiente cálculo:

Consumo de la cantidad de agua demandada real

$$\text{en todo el edificio} = 1413.900 \times 100\% / 80\% = 1767.375 \text{ m}^3 \quad (15)$$

4.1.9. Demanda de aguas grises

En este punto se toma en cuenta la demanda de aguas grises dentro del caso real con respecto a la cantidad de personas que acuden al hotel.

La demanda de agua grises proviene de los inodoros de todas las habitaciones de los huéspedes, de los salones de eventos, y del semisótano para el uso administrativo y para regar las áreas verdes.

Se entiende que, de la tabla N° 7, se obtiene que los inodoros tienen 2.400 m³ de agua diaria, y, por lo tanto, sería al mes un valor 72.000 m³. Sustentado por el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} &\text{Cantidad de agua demandada real por los inodoros} \\ &\text{de forma mensual} = 2.400 \times 30 = 72.000 \text{ m}^3 \quad (16) \end{aligned}$$

Como datos, se obtiene que el tamaño de áreas verdes es de 285 m² en todo el hotel.

Tabla N° 8:

Gasto de agua por las áreas verdes

Tipo	Cantidad	Factor	Densidad	EVT	Agua total
	de plantas				
Árboles	1	0.9	0.5	0.003.5	0.0019
Arbustos	4	0.6	0.9	0.003.5	0.0076
Plantas mixtas	5	0.7	1.0	0.003.5	0.0123
Pasto (m ²)	15 m ²	0.7	1.0	0.003.5	0.0368
				Total	0.0581

Fuente: CyD (2018)

Entonces, mediante la figura anterior, se tiene que para el área de 15 m² de pasto se utiliza de 0.0368 m³, y para el caso del hotel, que cuenta con 285 m² se necesita 0.6992 m³ por día para regar, el cual está demostrado por la siguiente ecuación:

Cantidad de agua en el área

$$\text{verde del hotel} = 0.0368 \times 285 / 15 = 0.6992 \text{ m}^3 \quad (17)$$

Tabla N° 9:

Cantidad de demanda de aguas grises en los salones de eventos y el semisótano administrativo total

Espacio	Cantidad de personas diariamente	Cantidad de agua por persona por inodoro (m ³)	Total, diario (m ³)	Total, mensual (m ³)
Salones de eventos en los pisos 1,2,17,18	350	0.016	5.600	168.000
Semisótano administrativo	75	0.016	1.200	36.000
Total			6.800	204.000

Fuente: Elaboración propia

Se muestran los siguientes cálculos que respaldan los datos hallados en la anterior tabla:

$$\text{Cantidad de demanda de aguas grises diaria de los salones de eventos en los pisos } 1,2,17,18 = 350 \times 0.016 = 5.600 \text{ m}^3 \quad (18)$$

$$\text{Cantidad de demanda de aguas grises mensual de los salones de eventos en los pisos } 1,2,17,18 = 5.600 \times 30 = 168.000 \text{ m}^3 \quad (19)$$

$$\text{Cantidad de demanda de aguas grises diaria del semisótano administrativo} = 75 \times 0.016 = 1.200 \text{ m}^3 \quad (20)$$

$$\text{Cantidad de demanda de aguas grises mensual del semisótano administrativo} = 1.200 \times 30 = 36.000 \text{ m}^3 \quad (21)$$

De acuerdo con la tabla N° 9, se tiene que en los salones de eventos en los pisos 1,2,17 y 18 pueden permanecer 350 personas de forma diaria y en el semisótano trabajan 75 personas en el área administrativa, en total serían 425 personas.

Por ende, la demanda de agua grises en estos lugares está representada por la siguiente tabla de acuerdo a los diferentes espacios del hotel.

Tabla N° 10:

Cantidad de demanda de aguas grises en el hotel

Espacio	Descripción	Cantidad de m ³ por día	Cantidad de m ³ al mes
Áreas verdes	Jardines	0.6992	20.976
Habitaciones	Inodoros	2.400	72.000
Salones de eventos pisos 1,2,17,18	Inodoros	5.600	168.000
Semisótano administrativo	Inodoros	1.200	36.000
Total		9.8992	296.976

Fuente: Elaboración propia

Entonces, los cálculos siguientes sustentan los valores de la tabla N° 10:

$$\text{Cantidad de m}^3 \text{ al mes por áreas verdes (jardines)} = 0.6992 \times 30 = 20.976 \text{ m}^3 \quad (22)$$

$$\text{Cantidad de m}^3 \text{ al mes por las habitaciones (inodoros)} = 2.400 \times 30 = 72.000 \text{ m}^3 \quad (23)$$

Cantidad de m³ al mes por las habitaciones de salones de eventos pisos 1,2,17,18 (inodoros) = 5.600x30=168.000 m³ (24)

Cantidad de m³ al mes del semisótano administrativo (inodoros) = 1.200x30=36.000 m³ (25)

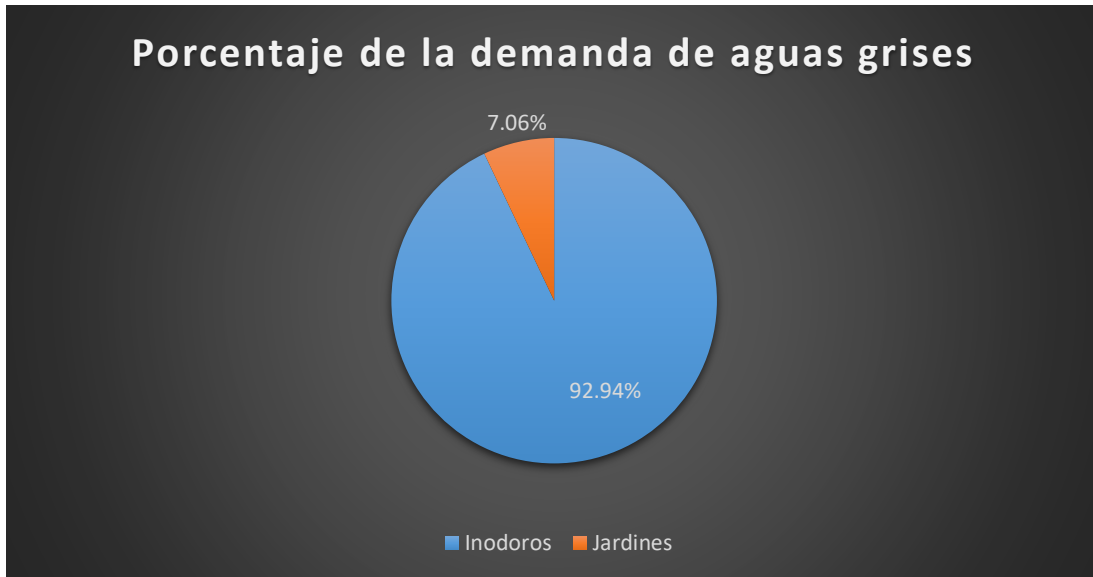


Figura N° 20: Porcentajes de la demanda de aguas grises

Fuente: Elaboración propia

Fundamentado con los cálculos:

Porcentaje de la demanda de aguas grises

$$\text{de los inodoros} = \frac{2.400 + 5.600 + 1.200}{9.8992} \times 100\% = 92.94\% \quad (26)$$

Porcentaje de la demanda de aguas grises

$$\text{de los jardines} = \frac{0.6992}{9.8992} \times 100\% = 7.06\% \quad (27)$$

De acuerdo a la figura N° 33 se tiene que los inodoros necesitan un 92.94% de la demanda de aguas grises mientras que los jardines indican un 7.06%.

4.1.10. Recursos para obtener las aguas grises

En este apartado, las aguas grises se obtendrán del consumo de los caños y las duchas de las habitaciones, ya que el agua que se usa para este tipo de aparatos es considerada como tal.

Tabla 11:

Recursos disponibles para las aguas grises

Descripción	Cantidad de agua disponible por día (m ³)	Cantidad de agua disponible por mes (m ³)
Caños	1.980	59.400
Ducha	42.750	1282.500
Total	44.730	1341.900

Fuente: Elaboración propia

Dicho tabla N° 11 está fundamentada en los siguientes cálculos:

Cantidad de agua disponible por mes (m³)

por los caños= $1.980 \times 30 = 59.400 \text{ m}^3$ (28)

Cantidad de agua disponible por mes (m³)

por la ducha= $42.720 \times 30 = 1282.500 \text{ m}^3$ (29)

4.1.11. Límites máximos permisibles (LMP) del agua tratada

Los límites máximos permisibles (LMP) se definen como la concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan un efluente, que al ser excedido causa o puede causar daños para la salud, bienestar humano y al ambiente, de acuerdo a lo establecido en el D.S. N°003-2008-MINAM. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente.

El procedimiento actualizado para la aprobación de los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales fue aprobado mediante D.S. N.° 003-2010-MINAM, donde su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

Tabla N° 12:

Límites máximos permisibles para el agua gris

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a
-----------	--------	----------------------------------

cuerpos de aguas		
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termo tolerantes	NMP/100 MI	10000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: MINAM (2010)

Todos estos límites deben cumplirse en el tratamiento de agua grises para verificar la calidad del agua. Pero dado que en este trabajo solo es el planteamiento del diseño, más no la implementación, entonces no se puede realizar los estudios químicos y físicos ya que no se puede tomar muestras.

4.2. Producción de aguas grises

Este apartado, me indica la cantidad de volumen de producción de aguas grises y sus fuentes.

La producción de aguas grises planteado son las siguientes:

La cantidad de recursos de agua grises es 1341.900 m³ de acuerdo a la tabla N° 11 y la demanda que se requiere es de 296.976 m³ según la tabla N° 10.

Realizando los siguientes cálculos:

$$\begin{aligned} &\text{Porcentaje de la producción mínima} \\ \text{de aguas grises} &= 296.976 \times 100\% / 1341.900 = 22.131\% \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} &\text{Porcentaje de la producción máxima} \\ \text{de aguas grises} &= 22.131\% + 10\% = 32.131\% \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} &\text{Producción máxima de aguas grises} \\ &= 1341.900 \times 32.131\% = 431.166 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (32)$$

Producción media de aguas grises

$$= \frac{296.976+431.166}{2} = 364.071 \text{ m}^3 \quad (33)$$

Entonces, el valor de la demanda equivale al 22.131% de la cantidad de recursos disponibles de acuerdo a la ecuación (30), por lo tanto, se asume un error máximo del 10% agregado a la demanda requerida, por lo cual se fijó a un 32.131% según la ecuación (31) de la cantidad de recursos como máximo, es decir, 431.166 m³ de acuerdo a la ecuación (32). Y como un nivel medio la cantidad de 364.071 m³ según la ecuación (33).

Tabla N° 13:

Producción de agua gris mínima, media y máxima de agua gris en el edificio en un mes

Datos del edificio		Datos del estudio	
575 personas	Producción mínima de aguas grises (m ³)	Producción media de aguas grises (m ³)	Producción máxima de aguas grises (m ³)
	296.976	364.071	431.166

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 14:

Volumen promedio de producción de agua gris mensual

Descripción	Cantidad de agua gris producida mensualmente (m ³)
Producción de agua gris por los caños	59.400
Producción de agua gris por las duchas	304.671
Total, de producción de agua gris	364.071

Calculando,

Producción de agua gris por las duchas

$$=364.071-59.400=304.671 \text{ m}^3 \quad (34)$$

Todo el recurso disponible de los caños va a ser tratado para convertirlo en agua gris, y solo 304.674 m³ de agua gris que se segrega por las duchas va a ser tratado para ser reutilizado de tal manera que se cumpla con la cantidad de 364.071 m³ de agua en un mes de acuerdo a la tabla N° 14. Además, no olvidemos que la demanda mensual es de 296.976 m³ de agua grises que se usarán para los inodoros y para el riego de las áreas verdes, con lo cual tenemos un déficit positivo de 67.095 m³ de agua grises, los cuales estarán almacenados en un reservorio.

4.2.1. Diseño de las redes de captación y distribución

Teniendo todos los datos anteriores, entonces se realiza el diseño de las tuberías. Para ello, el diseño de la red de almacenamiento y distribución seguirá los pasos del Código Nacional de Edificación IS.010 "Instalación Sanitaria de Hoteles", pero como no se menciona la red de suministro de agua tratada, la norma se adoptará con apoyo técnico.

4.2.2. Redes de captación aguas grises

La red de tuberías de drenaje se utilizará para la red de tuberías de aguas grises. Se identificarán según el color específico de NTP 399.012, donde el verde y el rojo representan tuberías de agua fría y caliente. Además, si la tubería de desagüe debe ser negra, puede elegir el gris que representa el agua gris y adjuntar una etiqueta que indique la dirección del flujo de agua y / o indicar que el agua contiene elementos grises.



Figura N° 21: Distribución de las redes de captación de agua grises

Fuente: Elaboración propia

Se tiene de conocimiento que la tubería que se usa para transportar el agua es a base de PVC de 2 pulgadas, entonces a priori se podría utilizar el mismo diámetro de la tubería para poder transportar el agua gris hacia todos los inodoros y para regar los jardines del hotel. Entonces, se calcula el diámetro de la tubería de PVC mediante la fórmula Hazen & Williams:

$$Q = 0.2788CD^{2.63} \left(\frac{J}{L} \right)^{0.54} \quad (35)$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s

C = 150 (Coeficiente de flujo)

D = Diámetro interno de la tubería en m.

J = Pérdida de carga en m.

L = Longitud de tubería en m

Se toma en cuenta que el factor C=150, se usa para tuberías de PVC el cuál ha sido obtenido mediante ensayos en el Laboratorio de Hidráulica Alden del Instituto

Politécnico de Worcester.

Ahora el valor de caudal Q se obtiene del dato de la tabla N° 14, específicamente respecto al volumen de la producción de agua gris mensualmente 364.071 m³/mes mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 364.071 \frac{m^3}{mes} \times \frac{1 mes}{30 \times 24 horas} = 0.506 m^3/s$$

(36)

Y se tiene una longitud hasta el último piso de 57.5 m (pues cada piso tiene una altura de 2.5 m y son en total son 17 pisos y 6 sótanos)

Y con respecto a la pérdida de carga en m, se toma el dato a partir del diámetro que se usa para el transporte del agua y desagüe, el cual es 2 pulgadas, lo que corresponde al Abaco para cálculo hidráulico de tuberías PVC NTP-ISO 4422 - CLASE 10 (SERIE 10).

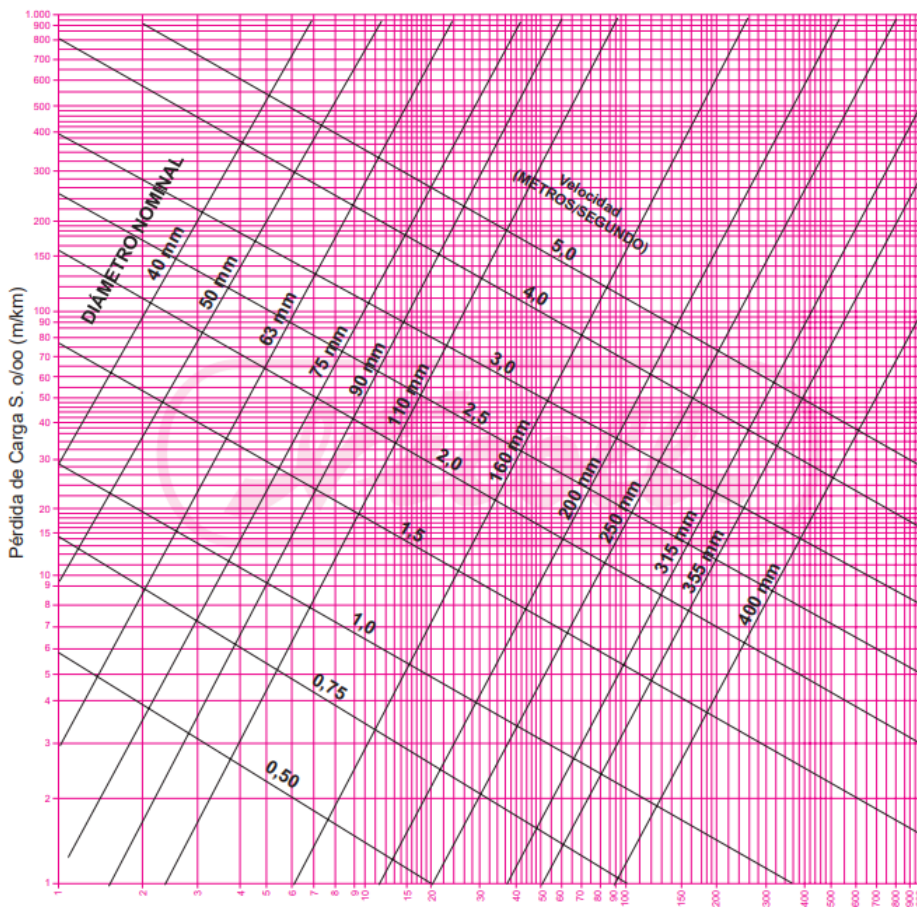


Figura N° 22: Ábaco para cálculo hidráulico de tuberías PVC NTP-ISO 4422 - CLASE 10 (SERIE 10)

Fuente: Nicoll Perú S.A. (2006)

De la figura 18, se observa que para nuestro caso se obtiene aproximadamente $J=110$ m/km

Teniendo todos los datos anteriores, y reemplazando en la ecuación (35):

$$0.00843 = 0.2788 \times 150 D^{2.63} \left(\frac{110}{57.5} \right)^{0.54}$$
$$D=0.0344 \text{ m} \tag{37}$$

Entonces, se puede entender que el diámetro necesario es de 0.0344 m, lo cual permite que se pueda usar una tubería de mayor diámetro, es decir, de 2 pulgadas (0.0508 m)., ya que es fácil de instalar y de bajo precio, con un diámetro de 2 pulgadas.

Además, cabe en consideración que las tuberías de desagüe, de agua potable y de aguas grises deben encontrarse separadas una de la otra a una distancia de 0.10 m. Y se debe considerar que debe estar aislado la tubería de agua caliente para evitar la formación de condensado. Los equipos de saneamiento equipados con equipos que desagüe al sistema de drenaje del hotel, al tanque de agua o varias partes del sistema de suministro de agua se llevarán a cabo de manera indirecta para evitar conexiones cruzadas o interferencias entre el sistema de distribución de agua para la vida humana y la red de suministro de agua. Su instalación de postes debe colocarse en un espacio que pueda repararse, modificarse o quitarse. Y el sistema de drenaje debe estar suficientemente ventilado para mantener la presión atmosférica en todo momento y proteger el sello de agua de cada unidad del sistema.

Aspectos de diseño:

La red de aguas grises debe cumplir las siguientes condiciones:

- Evacuación rápidamente de las aguas, alejándose de los aparatos sanitarios.

- Drenaje de agua rápidamente, lejos de equipos sanitarios, evitando que el aire, los olores y los patógenos ingresen al hotel desde la tubería.
- El material PVC de la tubería debe resistir los efectos corrosivos del agua transportada.
- Se recomienda que el sistema de ventilación tenga una válvula de admisión.

Para el diseño de esta red se usará un sistema de bombeo a presión constante, este sistema permitirá el uso de un contenedor que almacenará las aguas grises.

4.2.3. Red de distribución del agua tratada

La tubería de agua tratada irá adosada a la estructura fijándose a la estructura evitando que se produzcan esfuerzos secundarios, la tubería de aguas grises compartirá el mismo ducto donde esté la red de agua potable, agua caliente y agua residual, teniendo una separación mínima de 0.10 m entre los ejes. Y estas instalaciones deben permitir su revisión, reparación, remoción y mantenimiento.

Y con respecto a la medición de salida de esta agua tratada, se tendrán medidores que medirán el volumen de agua tratada que se usa. Y a la vez, la cisterna en donde se almacena el agua tratada tendrá un controlador automatizado que indica la producción en todo momento.

4.2.4. Diseño de la planta modular de tratamiento

Ahora se realiza el diseño de la planta modular de tratamiento. El equipo de tratamiento modular diseñado para el hotel se caracteriza por una combinación de tratamiento aeróbico y anaeróbico, y está equipado con un sistema de floculación, decantador y módulo de desinfección final para descargar el agua tratada a una calidad de agua innecesaria.

La propuesta de fácil instalación, operación y reducción de volumen cambiará el concepto de tratamiento de aguas grises, centrándose en el uso doméstico e industrial,

utilizando el menor consumo químico y bajo consumo energético, y con una vida útil de unos 20 años.

La planta estará ubicada en el cuarto de bombas y cisternas, específicamente debajo del sótano 6, en donde se encuentran el sistema de agua caliente, las bombas para que el agua llegue a todos los pisos del edificio y las tuberías principales.



Figura N° 23: Distribución de las cisternas

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 24: Distribución de las tuberías 1

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 25: Distribución de las tuberías 2

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 26: Distribución de las tuberías 3

Fuente: Elaboración propia

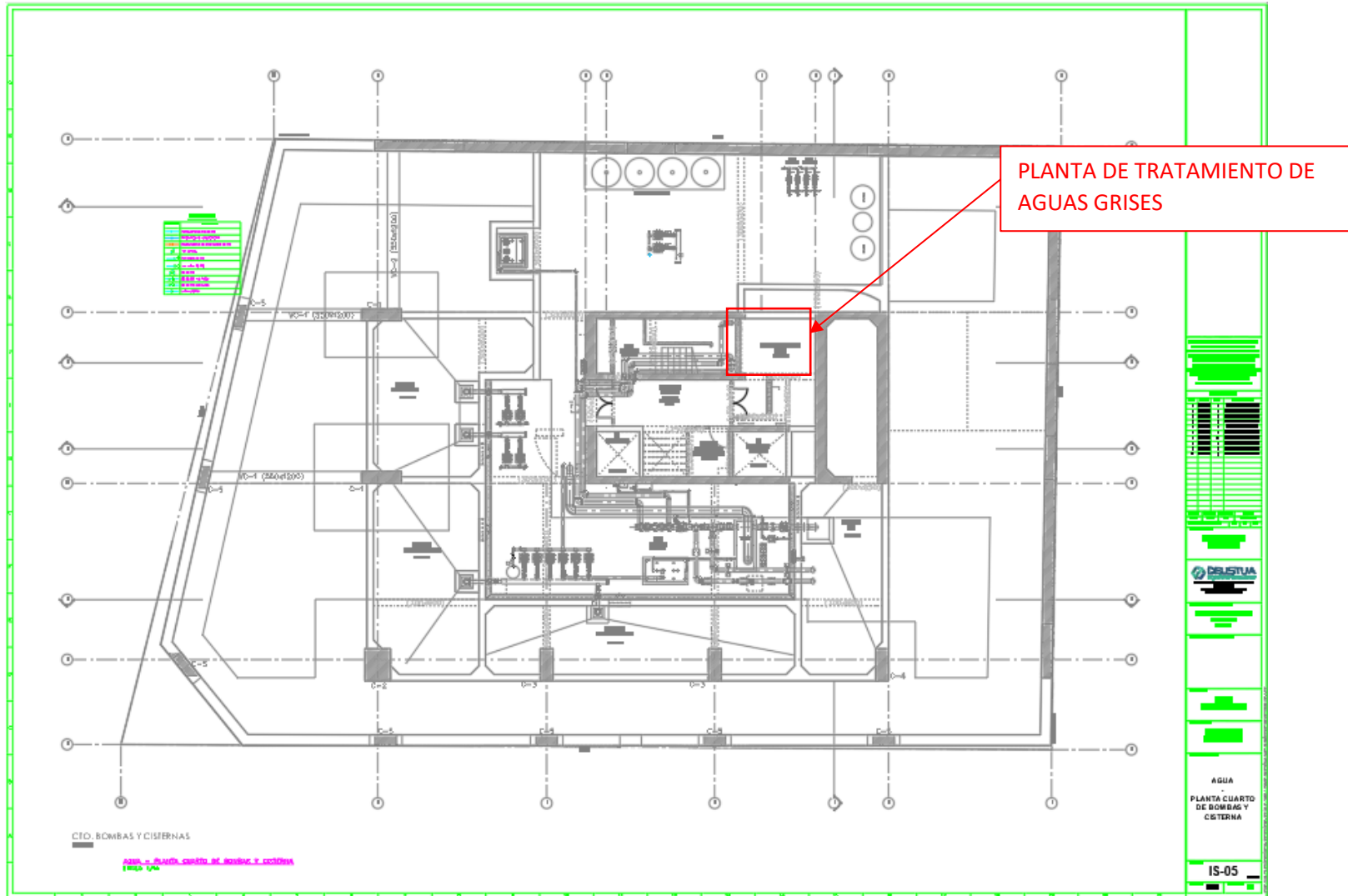


Figura N° 27: Ubicación de la planta de tratamiento de aguas grises

Fuente: Elaboración propia

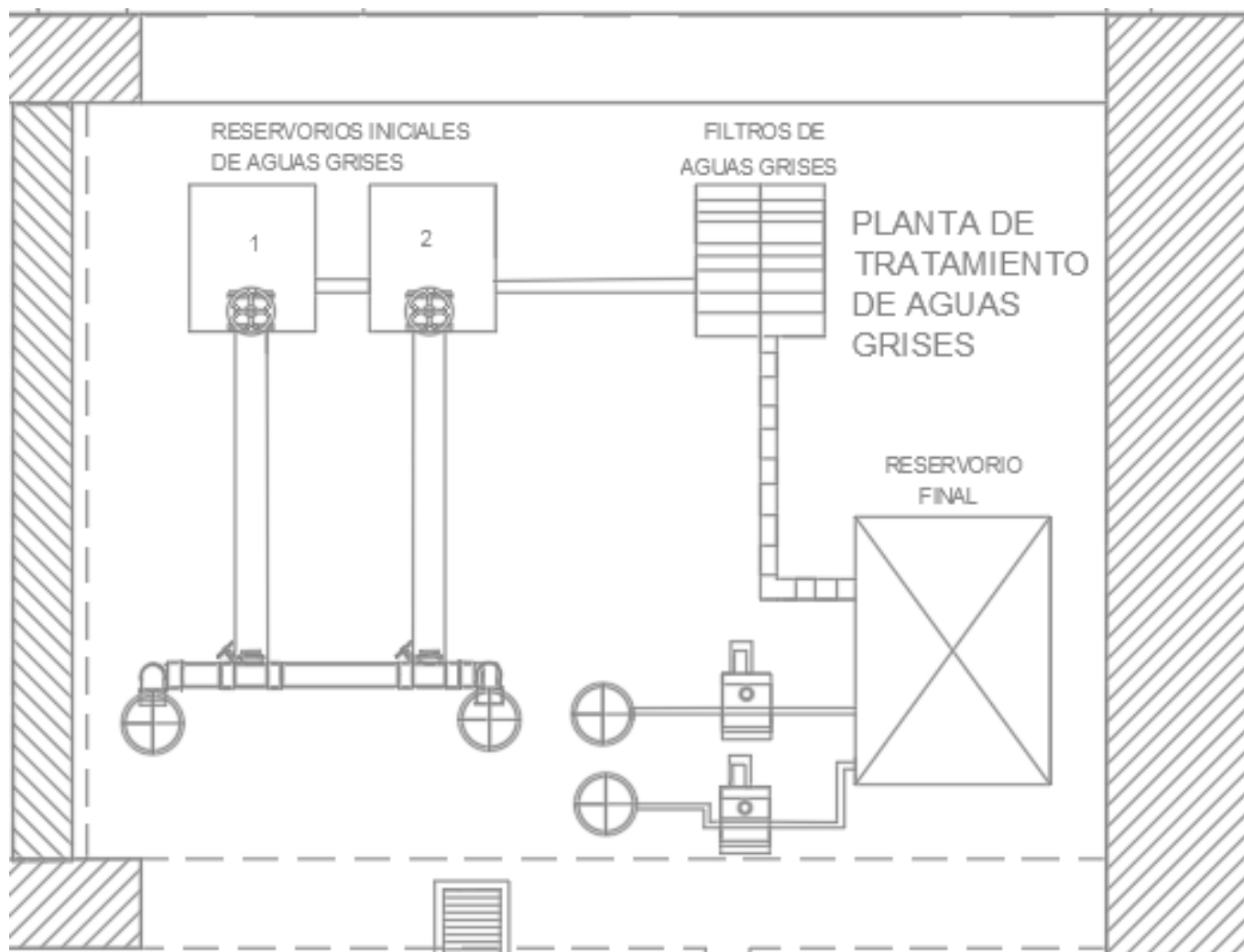


Figura N° 28: Diseño de la planta de tratamiento de aguas grises

Fuente: Elaboración propia

El espacio es de aproximadamente de 24 m².



Figura N° 29: Espacio para la planta de tratamiento de aguas grises

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Características de la planta de tratamiento

El material diseñado para esta planta es poliéster reforzado con fibra de vidrio (alta resistencia mecánica). El sistema está compuesto para tratamiento biológico; un tanque horizontal, moldeado, roscado y de estructura cilíndrica de doble pared, de 1.77 metros de altura, 2.20 metros de diámetro y 6.728 metros cúbicos de volumen total.

El cual se fundamenta por el cálculo:

$$\text{Volumen del tanque} = 1.77 \times 1.1^2 \times \pi = 6.728 \text{ m}^3 \quad (38)$$

El diseño de la planta cubre una producción promedio de agua grises de 0.0211 m³/persona x día, un caudal medio de 0.141 litros/seg (0,506 metros cúbicos/hora según la ecuación (36)) y funcionamiento las 24 horas.

Estos cálculos se obtienen mediante las siguientes ecuaciones:

Producción promedio de agua grises por persona por día

$$= 364.071 \text{ m}^3 / 575 \times 30 \text{ persona x día} = 0.0211 \text{ m}^3 / \text{persona x día} \quad (39)$$

$$Q = \frac{0.506 \text{ m}^3}{\text{hora}} = \frac{0.506 \times 1000}{3600} = 0.141 \frac{\text{litros}}{\text{s}} \quad (40)$$

El punto más sutil de todo el proceso de diseño es la selección del tiempo de retención hidráulica (HRT) y la carga orgánica (CO) adecuada. La elección incorrecta de estos parámetros pondrá en peligro la fiabilidad de todo el proceso de diseño. En ausencia de investigación para determinar estos parámetros a través de experimentos en condiciones locales, estos dos valores generalmente se obtienen consultando cuidadosamente la literatura profesional.

El dimensionamiento de la planta estará en función con el tiempo de retención hidráulico que se haya con la siguiente ecuación:

$$TRH=V/Q \quad (41)$$

TRH = tiempo de retención hidráulica (h)

V = Volumen de la planta (m³)

Q = Caudal (m³/h)

$$TRH=6.728/0.506=13.29 \text{ horas} \quad (42)$$

Son 13.29 horas de retención hidráulica para que cumpla con el ciclo de tratamiento adecuado, para este tipo de procesos combinados el TRH debe estar entre 12 a 15 horas.

4.2.6. Procesos para el tratamiento del agua gris

Los procesos de tratamiento seguirán los parámetros del RNE OS.090 “Plantas de tratamiento de aguas residuales”.

Cribas de desgaste: Todas las plantas de tratamiento requieren cribas gruesas, incluso si son las más sencillas. Es una opción ideal para proteger la planta de procesamiento de objetos que puedan causar obstáculos en diferentes etapas de procesamiento, y para lograr una separación efectiva de sólidos en suspensión y placas

delgadas más grandes. Utiliza placas de acero inoxidable y rejillas de separación, las cuales son fáciles de mantener limpio.

Cámara de estabilización y desengrasado: es un compartimento del depósito de agua, cuando el agua entra en la grasa, la grasa se retiene y la mayor parte del lodo se deposita por gravedad. La tubería de entrada está a 0,5 metros del fondo y el agua fluye a la siguiente cámara de 1,8 metros de altura.

En esta cámara, encontrará una boya que puede ajustar el funcionamiento de la bomba de entrada y trabajar con el nivel del agua en la cámara de estabilidad y el tanque de malla gruesa.

El nivel máximo de agua de llenado de la planta de tratamiento es de 1,90 metros y el nivel mínimo de agua es de 1,6 metros, el cual será controlado por las boyas de entrada y salida. La cámara concentrará la mayor parte del lodo y la grasa, por lo que la limpieza será una parte importante de la cámara. Los lodos y la grasa pueden acumularse hasta por 1 a 3 días y luego pueden limpiarse manualmente o con una bomba de absorción. Los residuos generados a partir de lodos y grasas se pueden utilizar para fertilización y / o alimento por microorganismos biológicos.

Cámara de filtro percolador de flujo ascendente anaeróbico: el filtro percolador es un proceso de biodegradación por bacterias anaeróbicas y su diseño hidráulico puede separar la grasa. El método de tratamiento de filtración consiste en hacer que el agua gris fluya a través del fondo de la incubadora y que el agua fluya a través del portador biológico compuesto de polipropileno de alta densidad, que es una opción ideal para la propagación y el cultivo de colonias de bacterias anaeróbicas. Degradar rápidamente la materia orgánica. Estos portadores en contacto con las aguas residuales forman un grupo de microorganismos, que se adhieren a las grietas para formar una biopelícula de biomasa

activa. Se mantiene mediante la estructura del reactor, y el movimiento del distribuidor está controlado por la reacción dinámica de su salida de aguas grises. Se debe considerar el espacio libre entre 150 mm y 225 mm para distribuir las aguas grises que ingresan a la cámara.

El tratamiento de aguas residuales con filtros percoladores es principalmente un proceso de oxidación bioquímica. Por lo tanto, las principales mediciones utilizadas para evaluar la intensidad de las aguas residuales aplicadas y la calidad del efluente del filtro se basan en el sistema de eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno soluble (DBO) y los sólidos suspendidos totales (SST) a 20 ° C. Junto con la entrada, estos parámetros se utilizan para calcular la carga orgánica aplicada al filtro y determinar su eficiencia.

Para los diseños de la nitrificación, se debe considerar el Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK) de entrada y salida.

La cantidad y calidad de las aguas residuales que reciben las plantas de tratamiento puede variar considerablemente. Sin embargo, una ventaja del proceso de filtración por goteo es que puede manejar condiciones pico sin problemas graves. Uno de los beneficios que se mencionan a menudo es su capacidad para suavizar la carga de DBO antes del tratamiento con lodos activados.



Figura N° 30: Soportes de polipropileno para filtro percolador

Fuente: GEXCOM - GEOFUTURE, (s.f.)

Este relleno debe permitir un buen contacto entre el agua a tratar y circulante con la biopelícula fijada sobre el mismo y, al mismo tiempo, la evacuación de los lodos que se va desprendiendo del soporte para evitar la colmatación del filtro.

Las principales características de los materiales de relleno empleados en los filtros percoladores son:

Tabla N° 15:

Superficie específica (m ² /m ³)	Índice de huecos (%)	Uniformidad	Densidad (kg/m ³)	Resistencia mecánica y durabilidad	Inercia química
Mida el área expuesta del material de relleno por unidad de volumen. Cuanto mayor sea la superficie específica, mayor será la capacidad de fijar la membrana bacteriana y, por lo tanto, mayor será la capacidad de procesamiento del filtro percolador. La superficie debe ser superior a 40 m ² / m ³ (WEF, 1992).	La parte vacía del relleno es relativa al volumen total del relleno. Cuanto mayor sea el índice de vacíos, menor será el riesgo de taponamiento del material de relleno. Cuanto mayor sea la carga orgánica aplicada al filtro percolador, mayor debe ser el tamaño del vacío o la brecha porque la biopelícula formada en estas condiciones tiene un mayor espesor. El índice debe ser siempre superior al 50% y el tamaño del espacio o espacio no debe ser inferior a 1-1,5 cm.	La uniformidad del relleno facilita la circulación de agua y aire en el relleno y reduce su taponamiento.	Cuanto menor sea, mayor será la altura del material de relleno y, por tanto, menor será el espacio necesario.	El material de relleno debe poder soportar su transporte y colocación en el filtro percolador sin deteriorarse. La capa inferior del relleno dentro del filtro de goteo debe soportar todo el peso del soporte sin deformaciones mayores que puedan provocar atascos.	El material debe ser inerte a los componentes del agua residual a tratar para evitar su degradación.

Características de los materiales de relleno empleados en los filtros percoladores

Fuente: Elaboración propia

El material de relleno ideal es un material de relleno con un área de superficie específica alta, alta porosidad y bajo costo. La temperatura del agua gris afecta la eficiencia del sistema de tratamiento biológico. La temperatura afecta la velocidad de reacción biológica, la velocidad de transferencia del sustrato y la eficiencia de separación sólido-líquido. El efecto de la temperatura sobre el rendimiento del filtro percolador debe separarse de los efectos biológicos y no biológicos. Solo se pueden utilizar datos de efluentes y efluentes de DBO o DQO soluble para evaluar la respuesta biológica a los cambios de temperatura.

El efecto físico de la temperatura se mide por la relativa facilidad con la que los sólidos suspendidos totales pueden separarse del efluente. Las malas características de sedimentación de los sólidos aumentarán la DBO de salida porque no permanecerán en el sedimentador. Sin embargo, con respecto al efecto de la temperatura sobre el rendimiento de los filtros de goteo, existen grandes diferencias en la literatura de la industria. Existe evidencia de que la mayoría de los efectos de la temperatura se deben a la mala ventilación del alimento y al diseño de control de la biomasa, así como a una mala clarificación durante las estaciones frías y / o húmedas.

Tabla N° 16:

Propiedades físicas de los medios filtrantes de los filtros percoladores

Medio	Tamaño nominal, mm	Masa por unidad de volumen, kg/m ³	Superficie específica, m ² /m ³	Porcentaje de huecos, %
Gravas de río				
Pequeñas	25-62,5	1.250-1.440	55-69	40-50
Grandes	100-125	800-990	39-164	50-60
Escorias de altos hornos				
Pequeñas	50-75	900-1.200	55-69	40-50

Grandes	75-125	800-990	46-59	50-60
Plástico				
Convencional	600x600x1.200 ^b	32-96	79-98	94-97
Alta superficie específica	600x600x1.200 ^b	32-96	98-196	94-97
Madera de Secuoya	1.200x1.200x500	144-176	39-49	70-80
	b			
Relleno desordenado	25-87,5	48-96	125-279	90-95

Fuente: Metcalf & Eddy (1995)

Cámara aerobia de lodos activados con lecho fluidizado (MBBR)

Debido al espacio limitado para la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales, es necesario desarrollar nuevas tecnologías para aumentar la capacidad del sistema de depuración por unidad de área de construcción, lo que no solo es adecuado para nuevos sistemas, sino que también mejora la eficiencia de las plantas existentes. Camargo, 2011). En la tecnología de Reactor de Biomasa de Lecho Móvil (MBBR), la biomasa está protegida en soportes plásticos específicos, los cuales están cuidadosamente diseñados para tener una alta superficie interna. Estos portadores se suspenden y mezclan en la fase líquida.

Los envases de plástico son el material más utilizado para el soporte de biopelículas. Las características más importantes son el área del lecho, la densidad, la rugosidad y porosidad, la durabilidad y su influencia en la efectividad del proceso. Las áreas grandes permiten más biomasa por unidad de volumen y más huecos permiten una mayor transferencia de oxígeno y reducen los problemas de obstrucción en lechos fijos (Wuertz et al., 2003). En la actualidad, los materiales plásticos más utilizados para soportar la biomasa en MBBR son: polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo moldeado (PVC), fibra de poliéster o tiras de película de PVC.

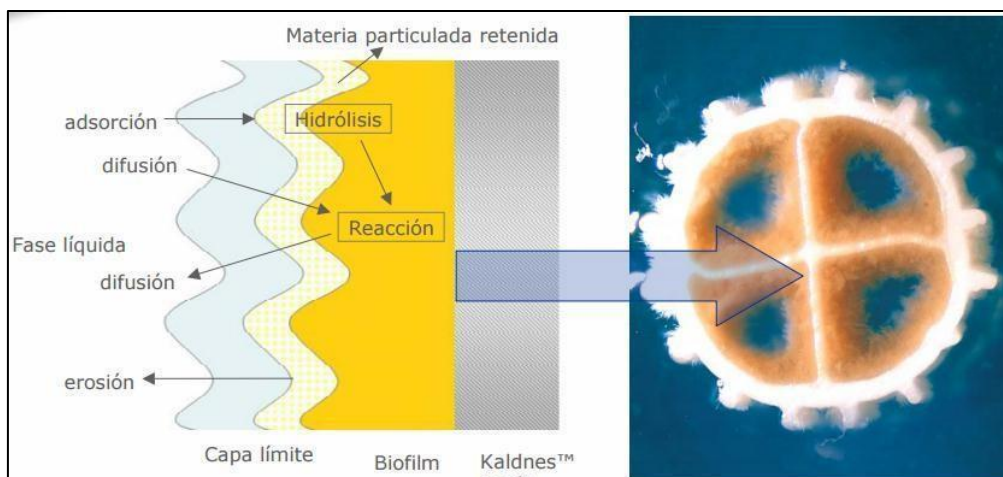


Figura N° 31: Formación de biopelícula

Fuente: Anoxkaldnes (2017)

Principales consideraciones para el diseño

Las principales características del soporte de interés son: durabilidad, densidad de área específica (relación de geometría de área a volumen) y porcentaje de vacíos. Para la desnitrificación en reactores MBBR, dependiendo del grado de pretratamiento, se recomienda un tiempo de retención hidráulica de 3 a 5 horas (McGettigan et al., 2009). Cuando solo es necesario eliminar la materia orgánica, el tiempo de retención hidráulica es de 90 minutos y el mínimo es de 60 minutos. En un reactor aeróbico, la circulación es provocada por la acción de las burbujas inyectadas en el tanque por el sistema difusor de burbujas gruesas.

Los soportes pueden ocupar desde un 30% de llenado (McGettigan et al., 2009) hasta un 67 % (Hem et al., 1994) del volumen total. La experiencia demuestra que la eficiencia en el mezclado decrece a porcentajes mayores del 70% de llenado. (Ødegaard et al., 1994).

Debido a que los MBBR son procesos principalmente de biomasa fija, la capacidad del tratamiento está en función del área superficial del soporte en el reactor. Esta área es calculada mediante el cociente de la superficie total del soporte disponible para el establecimiento de la biopelícula en el reactor y el volumen del líquido en el

reactor.

Características del aireador

En los MBBR la aireación se usa, además de suplir el oxígeno necesario para remover el exceso de lodo de los medios de soporte mediante fuerzas cortantes del aire turbulento y para aumentar la transferencia de masa. Algunas compañías que fabrican los MBBR (AnoxKaldnes, 2010) utilizan un diseño con burbuja gruesa, mediante el uso de tuberías de acero inoxidable con perforaciones de 4 mm de diámetro. El diseño es simple pero robusto, la red de aireación se logra con materiales resistentes que permitan tolerar las condiciones adversas en el reactor, estando este en servicio o cuando está fuera de servicio y haya sido drenado soportando todo el peso del empaque que se acumula en fondo del tanque.

Cámara de decantación secundaria: este proceso de decantación secundaria tiene como objetivo impedir el paso de sólidos en suspensión más pequeños, que no hayan sido retenidos en los procesos previos, para esto se necesitará de un sistema lamelar tipo colmena (60° de inclinación con respecto a la vertical), fabricado en PVC para sedimentación acelerada de los lodos de mayor densidad y flóculos de menor tamaño.

Cámara de bombeo y estabilización: este compartimiento se encarga de recolectar el agua clarificada procedente del proceso de sedimentación secundaria para colocarla a disposición final por bombeo hacia el filtro vertical. La bomba será sumergida y controlada por una boya.

Proceso de Floculación y Cloración: En el recorrido hacia el filtro vertical se le suministra al agua, cloro y floculante, el primero para asegurar la durabilidad y calidad del agua, y el segundo para aglutinar los sólidos en suspensión más pequeños y puedan ser retenidos en la siguiente parte del proceso. Este proceso se controlará por dosificadores automáticos para una aplicación constante y uniforme, ya que mantener una

concentración constante de cloro y floculante puede ser un reto si el gasto de agua residual es variable. Un sistema de clorado y floculación controlada por bucle de retroalimentación con el medidor de flujo es ideal: si las variaciones instantáneas de gasto pueden ser grandes, se puede considerar añadir un tanque de ecualización a la salida del tratamiento secundario.

Floculación: Esta etapa de la mezcla, corresponde a una mezcla lenta que tiene por objeto permitir los contactos entre los flóculos, la turbiedad y el color, la mezcla debe ser lo suficiente para crear diferencias de velocidad del agua dentro de la unidad, pero no muy grande, ya que los flóculos corren el riesgo de romperse; aún si el tiempo es no más del tiempo óptimo de floculación.

Clarificación: El cloro en sus múltiples formas ha sido usado durante mucho tiempo con propósitos de sanitización del agua, al punto que en la percepción común de la gente es sinónimo de inocuidad bacteriana o incluso de agua potable. El otro ámbito en el que se usa, con fines similares, pero circunstancias muy diferentes: el tratamiento terciario del agua residual.

4.2.7. Filtro vertical

El flujo llega a la etapa final pasando por tres capas de: Arena, Antracita y Grava. Donde son retenidos los sólidos en suspensión obtenidos después de la floculación del agua.

La arena silíceo o arena de sílice es un compuesto resultante de la combinación de la sílice con el oxígeno. Es uno de los lechos filtrantes más usados para la depuración de agua potable



Figura N° 32: Arena silícea

Fuente: Loza (2017)

La antracita es un excelente medio de filtración para clarificación del agua en uso potable o industrial, cuando es usada en combinación con arenas filtrantes. Es un carbón mineral, de color negro, brillante, con gran dureza, presenta mayor contenido en carbono, hasta un 95%



Figura N° 33: Antracita

Fuente: Loza (2017)

Además, se utiliza la grava silícea se utiliza como soporte de los medios filtrantes, la parte cóncava del filtro verticales un área que no intervienen en la filtración, en la mayoría de los casos es recomendable rellenar con grava silícea está área, por ser un

material que no le imparte ninguna característica al agua a tratar y es mucho más económica



Figura N° 34: Grava silícea

Fuente: Loza (2017)

4.2.8. Almacenamiento del agua tratada y equipo de bombeo

Almacenamiento del agua tratada: La cisterna para el almacenamiento del agua tratada estará debajo del piso terminado para tener un mayor espacio y se pueda operar los motores y tableros de distribución cómodamente. Si se utiliza el sistema de bombeo, el volumen mínimo a usar será igual al consumo diario con un volumen superior a los 1000 litros.

4.2.9. Sistema de bombas

Al llegar al nivel mínimo el tablero de distribución hará sonar una alerta que avisará al operador, donde manualmente regulará el nivel de agua tratada con agua potable conectada a la cisterna para emergencias y mantenimiento. La tubería saldrá de la cisterna de agua potable hacia la cisterna de agua tratada sin tener contacto.

La cisterna de almacenamiento de agua tratada estará construida de materiales

resistentes a zonas húmedas y las paredes como el fondo tiene que estar impermeabilizadas. Se debe prever que las labores de mantenimiento o limpieza sean efectuadas sin causar interrupciones prolongadas de servicio.

4.2.10. Equipo de bombeo

El equipo de bombeo, consta de 2 bombas centrífuga multietapa GrundFos para instalación vertical con puertos de aspiración y de descarga al mismo nivel, los cuales serán usados para el agua tratada, teniendo las siguientes características:

- Líquido bombeado: Agua
- Temperatura del líquido durante el funcionamiento: 20 °C
- Densidad: 998.2 kg/m³
- Velocidad predeterminada: 3529 rpm
- Caudal real calculado: 6.2 l/s
- Caudal nominal: 5.694 l/s
- Altura resultante de la bomba: 111 m
- Orientación de bomba: Vertical
- Clase eficiencia IE: IE2 - IE3
- Potencia nominal - P2: 11 kW
- Potencia (P2) requerida por la bomba: 11 kW
- Frecuencia de red: 60 Hz
- Tensión nominal: 3 x 220-277D/380-480 Y V
- Eficiencia: IE2 90,2% - IE3 91,0%



Figura N° 35: Equipo de bombeo

Fuente: Loza (2017)

Se escogió dichas bombas, ya que el caudal que tiene para ser procesado es 6.2 l/s, el cual es mayor al que se requiere 0.141 l/s, dato obtenido de la ecuación (40). Además, la altura máxima de bombeo es de 111 m, que es un valor mayor a la altura de todo el hotel, el cual cuenta con 17 pisos y 6 sótanos.

Puesta en servicio: Las recomendaciones básicas para la puesta en servicio se realizarán de acuerdo a las instrucciones facilitadas de los fabricantes de cada producto. En el caso de la criba de desbaste se recomienda hacer una revisión de las rejillas, que estén bien colocadas y no haya una obstrucción, al igual que en el punto de rebose. La superficie de cada cámara tiene que estar completamente libre de materiales y/o desechos orgánicos e inorgánicos que generan taponamientos en el sistema. Antes que la planta esté en contacto con el agua gris, se recomienda circular agua potable en la planta de tratamiento y verificar que las cámaras trabajen adecuadamente, al igual que los niveles de control y el equipo de bombas. Cuando ingrese el agua gris a la planta de tratamiento se observará los procesos, llevando un control en los primeros días para su regulación y configuración.

4.3. Estudio económico del diseño

4.3.1. Consumo promedio de agua potable

Para poder hallar este valor, entonces vamos a extrapolar este dato a partir de la comparación con otro hotel, cuyo consumo lo tenemos ya obtenido mediante los diferentes consumos realizados. El hotel para la comparación tiene 12 pisos y 2 sótanos de un hotel ya construido, los cuales tenemos el consumo en dos meses que a continuación se detallan (ver anexo 1):

Tabla N° 17:

Consumo del hotel para comparación

Mes de consumo	Consumo en soles (S/.)	Volumen de agua consumida (litros)
Junio 2019	10443.50	1117000
Julio 2019	9389.00	1011000

Fuente: Elaboración propia

El promedio de consumo es de 9916.25 soles. Entonces por comparación, podemos hallar que para nuestra proyección de consumo para nuestro hotel que aún está en construcción, que correspondería a 17 pisos y 6 sótanos, sería de S/. 16291.00 nuevos soles.

El cual se fundamenta con el siguiente cálculo:

Consumo del hotel proyectado = $9916.25 \times \frac{23}{14} = 16291.00$ nuevos soles

4.3.2. Costos de agua potable en el edificio (con el sistema de reciclaje)

Para analizar el ahorro de agua que este sistema de reciclado genera, se utiliza la dotación promedio calculada:

Tabla N° 18:

Compilación de la dotación de agua potable y aguas grises

Agua potable

Dotación promedio	1767.375 m ³ /mes
Agua gris (m ³ /mes)	
Producción mínima	296.976
Producción media	364.071
Producción máxima	431.166

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 18 el valor calculado del agua potable está dada por la dotación promedio en el edificio (1767.375 m³/mes).

Para el cálculo de los costos de ahorro se utilizará la producción media de aguas grises de 431.166 m³/mes.

Se presenta a continuación, los costos con o sin el sistema de tratamiento de aguas grises.

Tabla N° 19:

Costos de agua potable en el edificio con y sin el sistema de tratamiento de aguas grises

Descripción	Dotación en el edificio		Facturación
	m ³ /día	m ³ /mes	
Agua potable	58.9125	1767.375	S/. 16291.00
Dotación en el edificio			
	m ³ /día	m ³ /mes	
Agua gris	12.136	364.071	S/. 3355.86
Dotación en el edificio			
Nueva dotación	litros/día	litros/mes	
ahorrando	46.777	1403.304	S/. 12935.14
	% de ahorro		20.60%

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, de lo mostrado en la tabla N° 19, podemos deducir que se tiene un ahorro del 20.60% en lo económico, pero lo más importante es que preservemos el agua.

Se ahorrará por mes el valor de S/. 3355.86 nuevos soles, que en un mes equivale a 364.071 m³.

4.3.3. Presupuesto total del sistema de reciclado y tiempo de recuperación

Para realizar el presupuesto de todo el sistema de reciclado se contactó y se pudo cotizar con proveedores a nivel nacional e internacional. Empresas dedicadas a la producción de recursos para el tratamiento de aguas residuales. A continuación, se muestra la siguiente tabla, el presupuesto total del sistema de reciclado:

Tabla N° 20:

Presupuesto de la planta de tratamiento

Material	Descripción	Und	Cant	P.U	Total
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	Criba de desbaste + PTAR	und	1.00	S/.15000.00	S/.15000.00
Reja de aluminio	Criba de desbaste	und	2.00	S/. 600.00	S/.1200.00
Bomba sumergible	Criba de desbaste + PTAR (Con sensor incluido)	und	2.00	S/. 5700.00	S/. 11400.00
Soportes de polipropileno	Filtro percolador de flujo	m3	2.00	S/. 3500.00	S/. 7000.00

	ascendente anaeróbico					
	Proceso aerobio de	m ³				
Soportes de polietileno	lodos activados con lecho fluidizado - MBBR		2.00	S/. 2000.00	S/. 4000.00	
Difusor de aire	MBBR	und	1.00	S/. 2500.00	S/. 2500.00	
Blower	MBBR	und	1.00	S/. 1500.00	S/. 1500.00	
Panel lamelar	Decantación secundaria	und	1.00	S/. 1300.00	S/. 1300.00	
Tablero de distribución	tablero de distribución con PLC	und	1.00	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	
Equipo de bombas	Bombeo	und	1.00	S/. 8000.00	S/. 8000.00	
Sensor de nivel	Cisterna de agua tratada	und	1.00	S/. 70.00	S/. 70.00	
Bomba dosificadora de cloro	Proceso de cloración	und	1.00	S/. 1500.00	S/. 1500.00	
Bomba dosificadora floculante	Proceso de floculación	und	1.00	S/. 1300.00	S/. 1300.00	
Filtro vertical	Filtro de arena, antracita y grava	und	1.00	S/. 500.00	S/. 500.00	
TOTAL					S/. 60840.00	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 20, tiene un costo aproximado para la planta de tratamiento de S/. 60840.00 nuevos soles. El costo de instalación es de S/. 100 000.00. Entonces, el costo de la planta es de S/. 160 840.00 nuevos soles. Tomemos en cuenta que el costo de la operación y mantenimiento es de S/. 120 000.00 y el costo de control básico del agua tratada es de S/. 120 000.00 nuevos soles

Tabla N° 21:

Presupuesto total del sistema de tratamiento de aguas grises

Costos de operación y mantenimiento	S/. 120 000.00
Controles básicos y eléctrico del agua tratada	S/. 120 000.00
Costo de la planta de tratamiento de aguas grises e instalación de redes	S/. 160 840.00
Total	S/. 400 840.00

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que el costo del proyecto es S/. 400 840.00 nuevos soles y se ahorra mensual un valor de S/. 3355.86 nuevos soles, entonces se tendrá un tiempo de recuperación de lo invertido en 13 años 10 meses y 28 días.

Lo cual se respalda con el cálculo siguiente:

Tiempo de recuperación de lo invertido

$$= \frac{400840}{3355.86} = 119.44 \text{ meses} = 9 \text{ años } 11 \text{ meses y } 14 \text{ días}$$

(43)

4.3.3.1 Características de desarrollo sostenible en el hotel Iberostar

Dentro del contexto sobre la sostenibilidad hotelera y la implicancia que da el ejecutar el proyecto de aguas grises, compromete cuestiones medioambientales que tienen mucha importancia, pues pasa de ser una causa social marginal al ámbito a

desarrollar buenas prácticas empresariales. Y el uso del agua está en vanguardia de las preocupaciones ambientales, especialmente en la industria hotelera, pues se incorpora responsabilidad social empresarial.

Mírales (2019) menciona que un proyecto es aplicable dentro del desarrollo sostenible cuando éste cumplía con cuatro características fundamentales, los cuales son:

- Buscar mejor la actividad económica o mejorar el sistema ambiental
- Asegura que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, los cercanos y los usuarios.
- Usa los recursos de manera eficiente.
- Promueve el máximo reciclaje y reutilización
- Establece la implementación de tecnologías limpias
- Restaurar ecosistemas dañados.

Es de esa forma los proyectos que guarden o fundamenten tener características de desarrollo sostenible deben cumplir con lo anteriormente mencionado, siendo así que el proyecto actualmente presentado guarda relación y cumple las característica de desarrollo sostenible, al aplicar el uso de aguas grises en el hotel Iberostar de Miraflores, mejorará el aspecto económico del hotel pues sus recursos financieros invertirán menores cantidades en el uso de agua, cumpliendo un ahorro considerable, por otro lado el uso de aguas grises aporta a la calidad de vida de los ciudadanos y también el desarrollo ambiental, pues se usará para riego de jardines y plantas que permiten mantener mayores márgenes saludables de oxigenación. El recurso del agua será utilizado eficientemente, pues no se desperdiciará y así se evitará el uso de agua excesivo que resulta grave para este recurso natural.

También este proyecto está promoviendo el reciclaje, mediante la reutilización de aguas poco contaminadas para uso externo y no humano que gestiona el hotel.

La tecnología que se usará para la aplicación de este proceso, es una tecnología limpia pues no implica químicos que dañen o máquinas que sobre expongan los beneficios del recurso.

Y por último aporta con la restauración de ecosistemas dañados, pues el proyecto permitirá que las plantas se mantengan sanas y todo aquello para lo que se usen las aguas reutilizables.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- El diseño de la planta de tratamiento de aguas grises propuesto, cumple con los parámetros de los estándares de calidad, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los beneficios directos que proporciona el construir un sistema de reciclado, genera un ahorro en el consumo de agua potable y, por ende, en la economía de los usuarios dentro del hotel; se realiza un ahorro de S/. 3355.86 nuevos soles de forma mensual. Finalmente, es un ahorro correspondiente al porcentaje de 20.60% del gasto total.
- El monto a invertir para que el proyecto de aguas grises para el hotel esté funcionando de forma eficiente es de S/. 400 840.00 nuevos soles, el cual involucra que los costos de operación y mantenimiento corresponden a S/. 120 000.00 nuevos soles, el costo del control básico del agua tratada es de S/. 120 000.00 nuevos soles y finalmente el costo de la planta de tratamiento de aguas grises e instalación de redes es de S/. 160 840.00 nuevos soles. Y se tendrá un tiempo de recuperación de lo invertido en 9 años 11 meses y 14 días.
- Por lo cual también se concluye que el proyecto o diseño planteado trae consigo el propósito de brindar desarrollo sostenible en beneficio de la sociedad y el Hotel de Miraflores, el ahorro del recurso del agua lo hará un contribuidor con el cuidado del medio ambiente, además del ahorro monetario también es parte del ejemplo a los demás condominios o incluso casa propia, el desarrollo que se gestiona tiene la mira de prevenir aún más el desperdicio del agua y por ende usar el recurso que

es reusable, generando así que se compruebe que el presente proyecto si aporta con el desarrollo sostenible.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que se pueda realizar un estudio químico, físico y biológico cuando se implemente este proyecto para poder observar la eficiencia real y eficacia del proceso de filtración. Entre ellos medir los parámetros de DBO, DQO, pH y la temperatura de forma constante.
- Es recomendable que, aparte de este tipo de procesos para tratar aguas grises, es recomendable usar otras tecnologías para poder ahorrar otros aspectos dentro del hotel, como el uso de paneles solares para generar luz en la terraza del hotel o en el alumbrado externo del primer piso, de tal manera, que siga con la postura de una edificación sostenible.
- Además de todo lo anterior, se recomienda que las personas que se hospeden dentro del hotel puedan tener conciencia de reciclaje y de no botar al suelo algún desperdicio que ellos generan.
- Es recomendable que las personas que operen este sistema de tratamiento de aguas grises conozcan todos los procesos y sepan controlar y manipular con eficiencia y eficacia los aparatos que conforman dicho sistema.

Referencias bibliográficas

- Abu, Zeeman, Fayyad, Jules, Grey water treatment in a series anaerobic – Aerobic system for irrigation, Thesis Bioresource university Technology 101 (2010) 41–50.
- Al-Hamaiedeh y Bino (2010). Efecto de la reutilización de aguas grises tratadas en riego sobre suelos y plantas. *Desalinización*, 256 (1-3), 115-119.
- Jayyousi y Oregón (2003). Reutilización de aguas grises: hacia una gestión sostenible del agua. *Desalación*, 156 (1-3), 181-192.
- Altozano (2021) Paseo de la alameda, Tacna. *Recuperado de:*
<http://altozano.pe/proyectos/paseo-de-la-alameda/>
- Ambrosio y Tejero (2000). Reducción simultánea de DBO (C), NH₄ + y desnitrificación en un reactor de biopelícula. In *XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*.
- España (2016). Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. *AQUA ESPAÑA*. *https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Guia_tecnica%20gris_es.pdf*
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22901/1/TESIS%20FINAL,20>.
- Arboleda (1992). Métodos de aplicación de cloro. Ed Acodal. Colombia.
- Jáuregui (2013). Urbanizaciones sostenibles: Descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales. (Tesis de grado). Facultad de ciencias e ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- BBC Mundo. (2014). Un poco de orina para que todo sea verde. *Recuperado de:*
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/02/140207_ciencia_orina_reciclaje_f

ertilizante_np

- Rodríguez (2011). *Efecto de la aireación sobre la remoción de materia orgánica y nitrógeno en biorreactores de lecho móvil*. (Tesis de maestría). Facultad de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Carvajal, Coppard, Fuentes y Ghosh, Yaqub (2006) *Informe sobre el desarrollo humano 2006*: PNUD. Recuperado de:
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2006_es_completo.pdf
- Collazos (2008). *Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales*. Bogotá: Universidad Nacional - Facultad de Ingeniería
- CEPIS – OPS (1996). *Curso de tratamiento y uso de aguas residuales*. Lima: CEPIS, OPS & OMS.
- Chaillou, Gérente, Andrès, y Wolbert, D. (2011). Bathroom Greywater Characterization and Potential Treatments for Reuse. *Water Air Soil Pollut*, 215, 31–42.
- Dwa (1997). *Plants with Submerged Fixed Beds – ATV Manual for Biological and Advanced Wastewater Treatment (in German)*, 4th, Ernst und Sohn, Berlin. 197–213.
- Eriksson, Auffarth, Henze y Ledin, A. (2002). Características de las aguas residuales grises. *Agua urbana*, 4 (1), 85-104
- Fresneda (2012). El mundo: Un planeta saturado por la población y el consumo. Londres, RU.: Recuperado de
<http://www.elmundo.es/elmundo/2012/04/26/ciencia/1335456278.html>
- Friedler y Hadari (2006). Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi storey buildings. *Desalination*, 221–234.

- Gallo (2010). *Plantas de tratamiento de aguas grises*. Buenos Aires.: Universidad de Morón - Facultad de Arquitectura.
- Winward, GP, Avery, LM, Frazer-Williams, R., Pidou, M., Jeffrey, P., Stephenson, T. y Jefferson, B. (2008). Un estudio de la calidad microbiana de las aguas grises y una evaluación de las tecnologías de tratamiento para su reutilización. *Ingeniería ecológica*, 32 (2),187-197.
- Hem, L. J, B. Rusten, y Odegaard H. (1994). Nitrification in a Moving Bed Biofilm Reactor. *Water Science and Technology*, vol 28, 1425-1433.
- Hocaoglu, S., Insel, G., UbayCokgor, E., & Baban, A. a. (2010). COD fractionation and biodegradation kineticsof segregated domestic wastewater: blackand grey waterfractions. *Chemical Technology and Biotechnology*
- Hoffmann, H.; Platzer, C.; Winker, M.; Von Muench, E. (2011). *Technology Review of Constructed Wetlands – Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment*. Eschborn, Germany - GIZ y ECOSAN. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Hossein y Reza, (2007). Upgrading of Wastewater Treatment Plant Using an Aerated Submerged Fixed Film Reactor (ASFFR) *European Journal of Scientific*.
- Hu, y Gagnon (2006). Factors affecting recirculating biofilters (RBFs) for treating municipal wastewater. *Journal of Environmental Eng.Sci.* vol.5, 349- 357.
- Hypes, (1974). *Manual of greywater treatment practice: Characterisation of typical household greywater*. J.H.T.: Winneberger.
- Jamrah, Al-Futaisi, Prathapar, y Al Harris (2008). *Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in Oman*. Nerw York: Springer Science.

- Jefferson, Palmer, Jeffrey, Stuetz, y Judd, (2004). Grey water characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. *Water Science and Technology*, 157–164.
- Hernández, Temmink y Zeeman, C.J.N. Buisman, Removal of micropollutants from aerobically treated grey water via ozone and activated carbon, *Water Research* 45 (2011) 2887-2896.
- Li, Wichmann y Otterpohl (2009). Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment*
- Matos, Sampaio, & Bentes (2012). Greywater Use in Irrigation: Characteristics, Advantages and Concerns. *Irrigation - Water Management, Pollution and Alternative Strategies.*, 159 - 184.
- McGettigan, Stinson y Wilson, (2009). Tertiary Denitrifying MBBRs: The Right Choice? *Proceedings of the Water Environment Federation, WEFTEC 2009: Session 11 through Session 20*, 446-457.
- March, Gual, y Orozco (2004). Experiences on greywater re-use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island, Spain). *Desalination*.
- Metcalf y Eddy, Revisado por Tchobanoglous y Burton (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización (1º Edición)*. Madrid: McGraw- Hill.
- Ministerio del Ambiente (2009). Disposición para implementación de los ECA para agua. Decreto Supremo N°023-2009-MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2015). Disposición para implementación de los ECA para agua. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2008). Disposición para implementación de los ECA para

agua. Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones (rne). ii.3 obras de saneamiento os. 100, is. 010, os. 090.

Niño. y Martínez. (2013). *Estudio de las aguas grises domesticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá*. (Tesis de grado). Facultad de ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana.

Monks (2014). ¿Beberemos pronto agua del inodoro? *CNN en español*. Recuperado de: <http://cnnespanol.cnn.com/2014/05/01/beberemos-pronto-agua-de-inodoro/>

Morel y Diener (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods. Dübendorf, Switzerland.: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)*.

Nolasco, D. Platzer, C. & Ortega, E. (2016). Tecnologías Innovadoras para el Tratamiento y Reúso de Aguas residuales. Sistematización de la IV Conferencia Latinoamericana de Saneamiento – latinosan Perú 2016.

OMS – Organización Mundial de la Salud. (1990). Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Ginebra, Suiza.

OEFA - Organismo de evaluación y fiscalización ambiental. (2014). *La fiscalización ambiental en aguas residuales*. Recuperado de: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Odegaard. H et al., (1994). A New Moving Bed Biofilm Reactor-Applications and Results. *Water Science and Technology*. Vol.29 No.10-11 p.157-165.

- PNUD, (2006). Informe sobre desarrollo humano 2006. España, Barcelona.:
Editorial Aedos, S.A.
- Pinxiang (2015). Recuperado de: https://www.alibaba.com/product-detail/MBBR-Biofilm-carrier-Kaldne-MBBR-bio_60426173016.html
- Prabir (2014), Energy generation from grey water in high raised buildings: The case of India, IRAN, Renewable Energy
- Rojas, Sánchez, Matiz y Salcedo (2010). Avaliação de três métodos para a inativação de coliformes totais e *Escherichia coli* presentes em águas residuais domésticas utilizadas para a irrigação. *Universitas Scientiarum*, 15(2), 139-149.
- Sin Fronteras. (2017). Tacna tiene un déficit hídrico de 246 litros de agua por segundo. Perú, Tacna. Recuperado de: <http://www.diariosinfronteras.pe/2017/01/14/tacna-tiene-deficit-de-246-litros-de-agua-por-segundo/>
- SUNASS - Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2008). Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Perú: Biblioteca Nacional del Perú.
- Suárez. (2014). Falta de agua potable es el mayor problema a resolver en Tacna. *El Comercio*. Recuperado de: <http://elcomercio.pe/peru/tacna/falta-agua-potable-mayor-problema-resolver-tacna-363713>
- Tjandraatmadja, & Diaper. (2006). Sources of critical contaminants in domestic wastewater - a literature review. CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship.

Anexos

Anexo 1: Recibos de consumo de luz del hotel base para la comparación

sedapal SOCIEDAD DE DESARROLLO DE HOTELES PERUANOS
 AV BELLAUNDE VICTOR ANDRES 196
 LIMA NOROCCIDENTAL, EL SAN ISIDRO
 EDIFICACION HOTELERA DE 11 PISOS REF N1
 RUC: 20513218887
 Sector: 051
 OC: AV TINGO MARIA 800 LIMA (CERC LIMA)

Suministro N° 5861976-8
 115749/06

Fecha de emisión: 10/06/2019
 Partido de consumo: 06/06/2019-06/06/2019
 N° de recibos: 0813699-11001201906
 Mes facturado: 58619761321
 Fecha de vencimiento: 25/06/2019
 Junio 2019

LECTURA DE MEDIDOR	
Medidor:	Adiutor: Actual: Consumo (m3):
8080000180	94190 95307 1117

INFORMACION COMPLEMENTARIA	
Structure Tarifa (12/69/269)	
Tarifa rango Agua Alcant.	
COMERCIAL 6 x 1800 3.368 2.499	
1800 x 6x1 3.731 2.688	
Numero de abastecedor	
Código 5139H	
Frecuencia 23820	
Se 90-90 hrs.	
Nota 24.00 hrs.	
Diámetro Conex 40 mm.	

DETALLE DE FACTURACION		
Concepto:	Importe:	
Volumen de Agua Potable	1.117,00 m3	6.332,87
Servicio de Alcantarillado		2.812,96
Cargo Fijo		3,04
I.O.T.	6.850,47 x 18%	1.593,08
Redondeo del mes anterior		0,03
Redondeo del mes actual		-0,08
Consumo del mes		10.443,80

Importe total a pagar: S/ ****10,443.50

Gracias por la puntualidad en sus pagos

MENSAJES

El 1% de la facturación mensualmente por los conceptos de agua potable, alcantarillado y cargo fijo se destina al financiamiento de la Reducción por Servicios Ecosistémicos (MRSE), para la conservación, restauración o uso sostenible de los ecosistemas que proveen de agua.

El monto de su recibo destinado al MRSE es: S/ *****8.50

Por lo que esperamos! Dichos montos indeseables se hacen pasar por trabajadores de SEDAPAL. Denuncie ante la comisaría de su distrito o a través de la línea WhatsApp 022-810000.

Para sus consultas y requerimientos llámanos al **317 8000 de Aquafono**

sedapal SOCIEDAD DE DESARROLLO DE HOTELES PERUANOS
 AV BELLAUNDE, VICTOR ANDRES 196
 URB ROSARIO, EL SAN SIDRO
 EDIFICACION HOTELERA DE 11 PISOS REF N° RUC: 2051321987
 Sector: 051
 OC: AV TINGO MARIA 600 LIMA (CERC LIMA)

Suministro N° 5861976-8

Fecha de emisión: 05/07/2019
 Ref. de cobro: 10237400-11001201907
 N° de recibó: 6819761336
 Mes facturado: Julio 2019
 Fecha de vencimiento: 24/07/2019

INFORMACION GENERAL
 Titular de la conexión: SOCIEDAD DE DESARROLLO DE HOTELES PERUANOS
 Dirección del suministro: AV BELLAUNDE, VICTOR ANDRES 196 NUEVO- URB
 Distrito: SAN SIDRO
 Tipo de facturación: Mensual
 Frecuencia de facturación: Mensual
 Lectura: CO "A" L
 Categoría: NO RESIDENCIAL
 Tipo de descargo: NO DOMESTICO
 Unid. de Lkto: 1
 Actividad: CENTROS DE ALOJAMIENTO

LECTURA DE MEDIDOR
 Medidor: ED100001500
 Actual: 96307
 Consumo (m3): 1011

DETALLE DE FACTURACION

Concepto	Unidad	Consumo	Importe
Volumen de Agua Potable	m ³	1,011.00	5,903.26
Servicio de Acarriado			2,528.48
Cargo Fijo			5.04
IGU		7,366.78 x 18%	1,326.02
Redondeo del mes anterior			-0.08
Redondeo del mes actual			-0.08
Consumo del mes			9,389.00

Importe total a pagar: S/ ****9,389.00

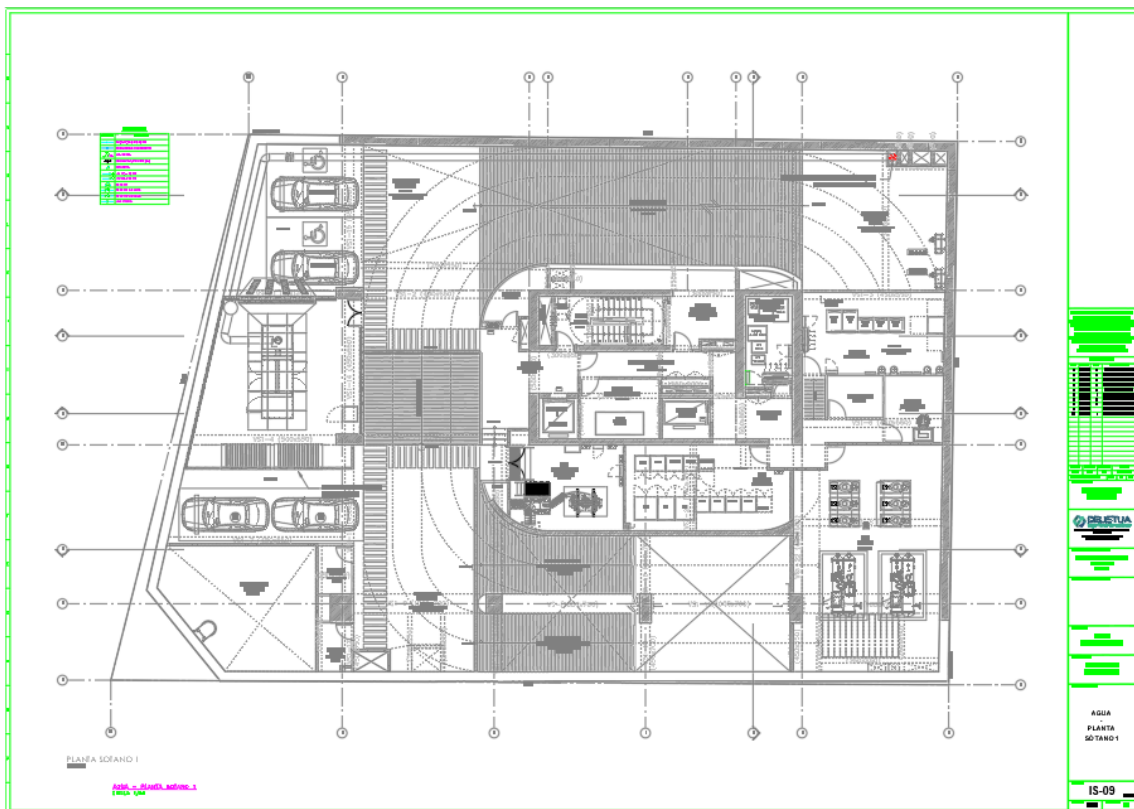
MENSAJES
 Gracias por la puntualidad en sus pagos.
 El 1% de lo facturado mensualmente por los conceptos de agua potable, acarriado y cargo fijo se destina al Mecanismo de Restitución por Servicios Esenciales (MRSE), para la compensación, restauración o uso sostenible de los ecosistemas con consumo de agua.
 El monto de su recibo destinado al MRSE es: S/ *****78.57
 Toma duchas de 5 minutos, cierra el caño mientras te lavas.
 Debido a la suspensión del servicio por obras de la Línea 2 del Metro de Lima, su facturación de este mes se ha afectado días, los cuales ya hemos descontado en este recibo.

EVOLUCION DE SU CONSUMO DE AGUA

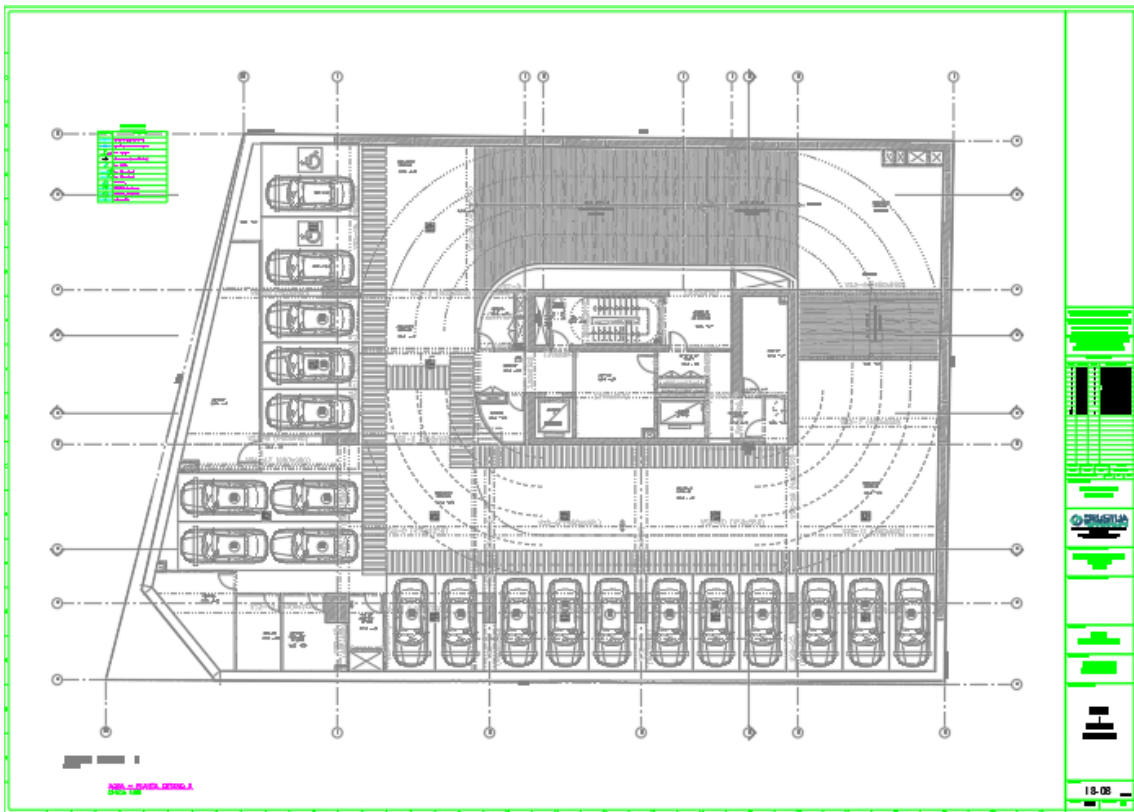
Para tus consultas y requerimientos llámanos al 317 8000 de Aquafono

Anexo 2: Planos arquitectónico de los sótanos

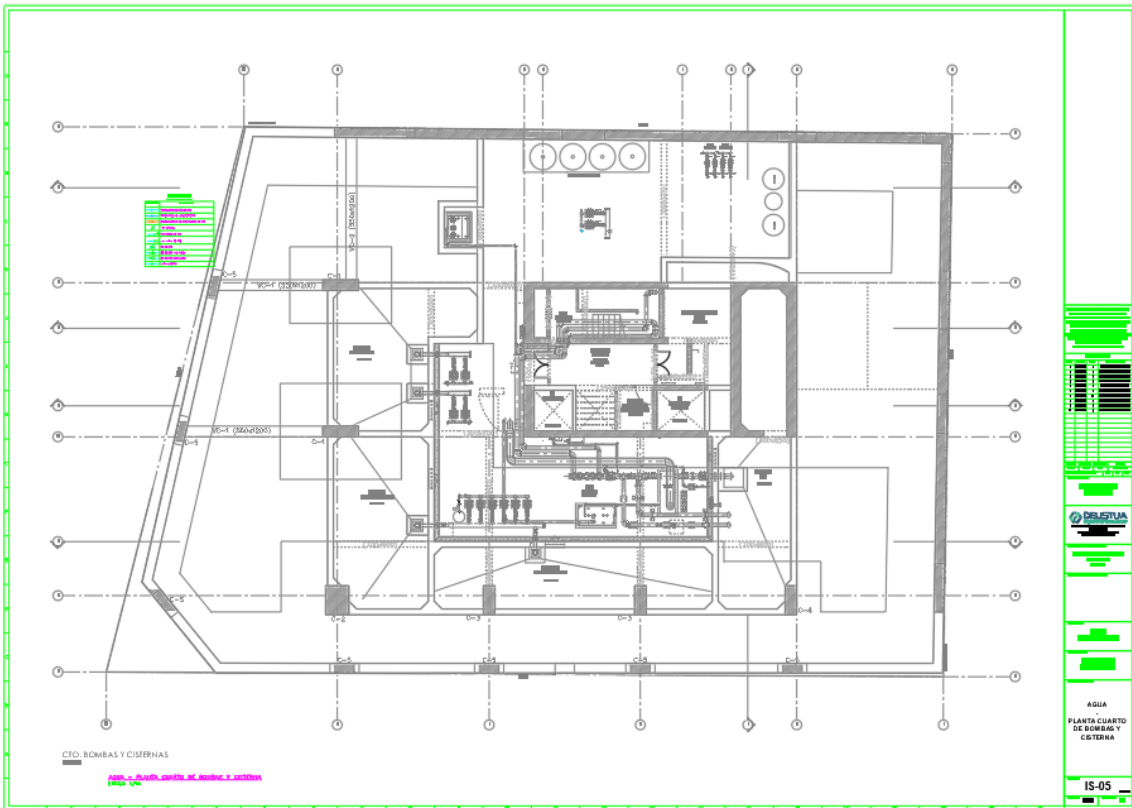
Sótano 1



Sótano 2-3-4-5



Sótano 6



Anexo 3: Fichas de recolección de datos

Consumo de agua

Tipo de aparato: _____

Día: _____

Frecuencia de uso: _____

Volumen: _____

Distribución por pisos

Piso: _____

Espacio: _____

Número de caños: _____

Número de inodoros: _____

Número de duchas: _____

Preguntas

1.- ¿Qué tipo de bomba se usa para el bombeo del agua?

2.- ¿Cuáles son las características de los tubos de bombeo?

3.- ¿Cuántas personas podrían acudir diariamente a hospedarse?

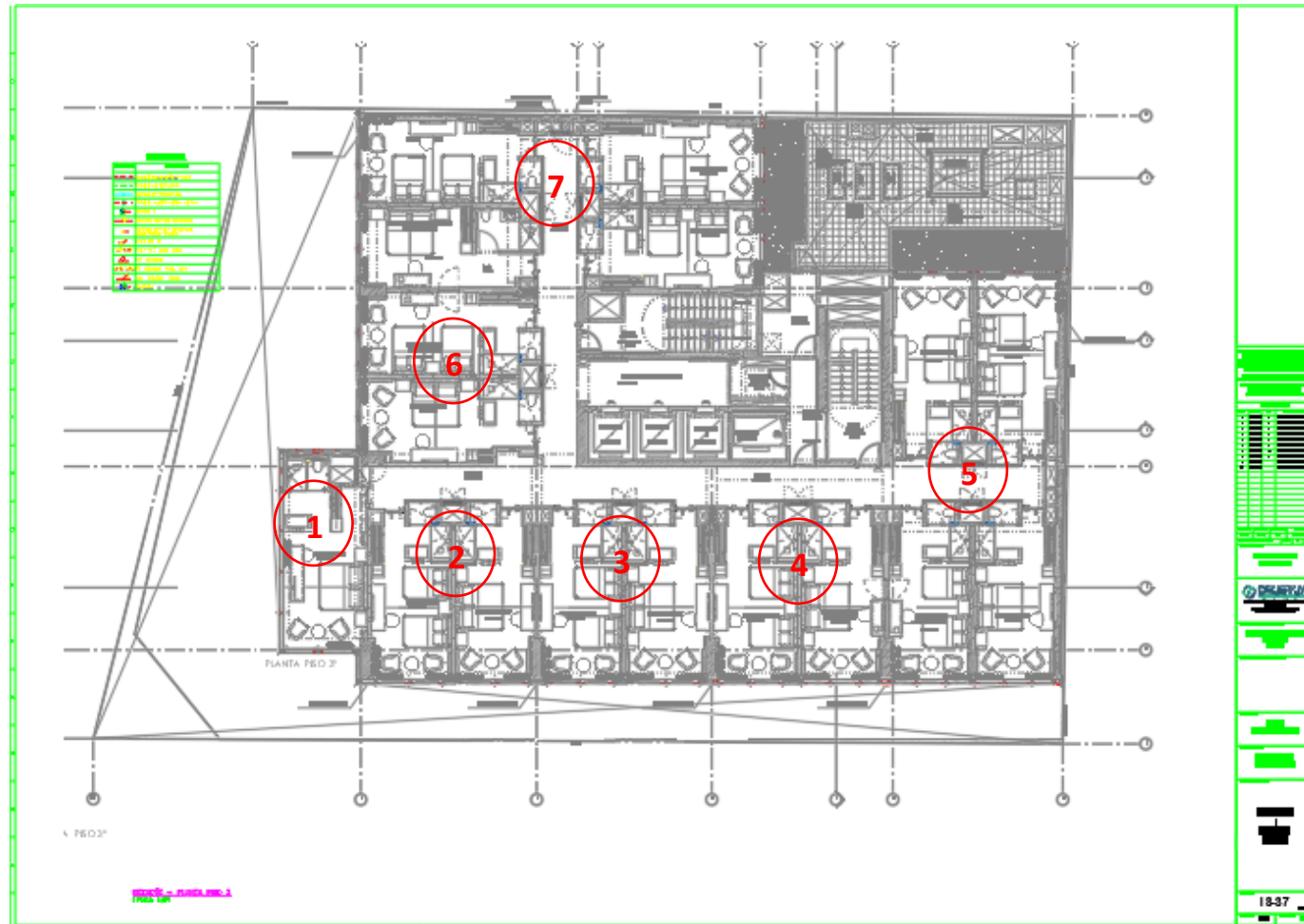
4.- ¿Cuántas personas acudirían a los salones de eventos?

5.- ¿Cuántos litros podría consumir el hotel por un mes?

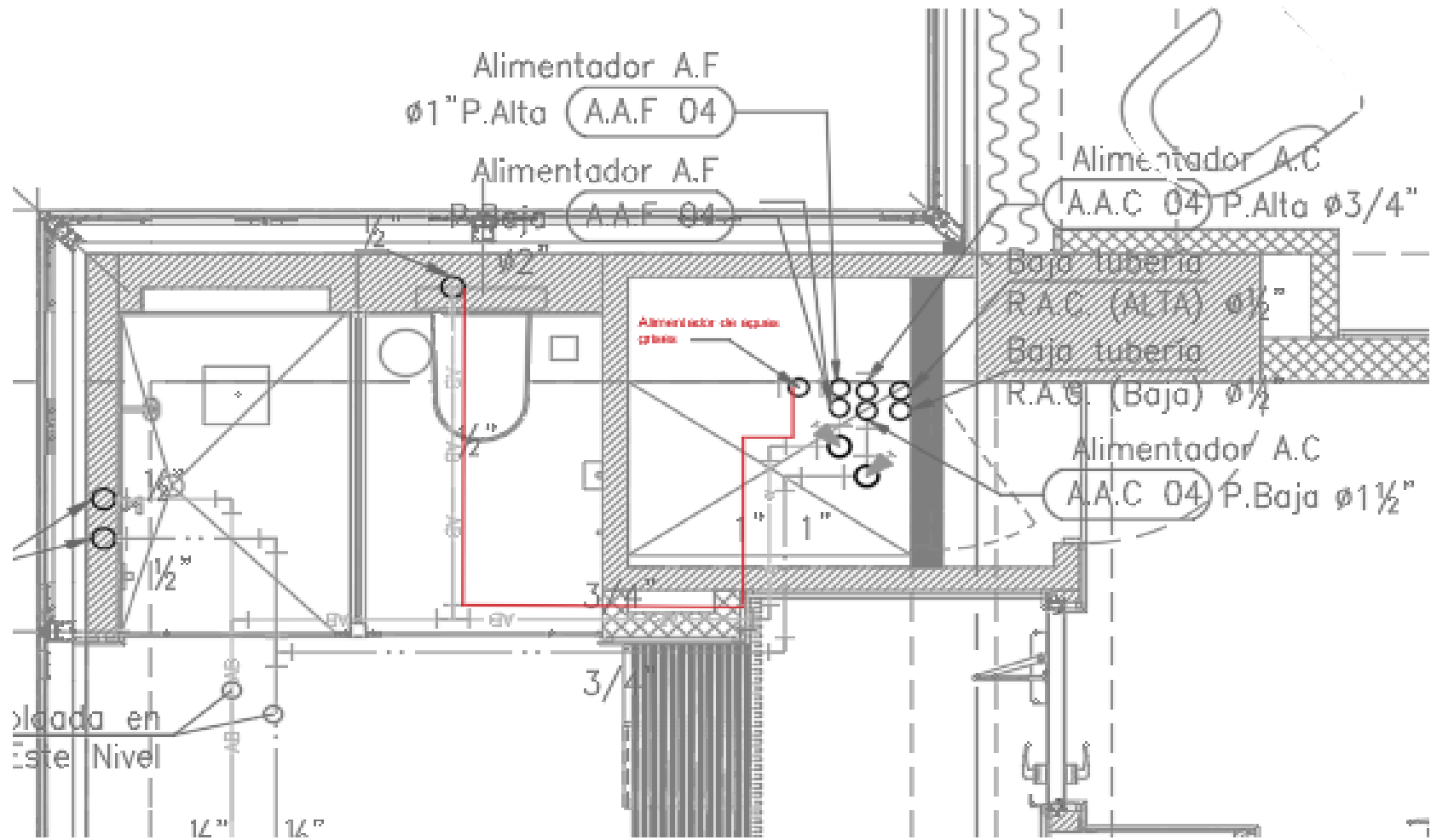
6.- ¿Cuántas personas aproximadamente están en los salones?

Anexo 5: Distribución de tuberías de agua grises

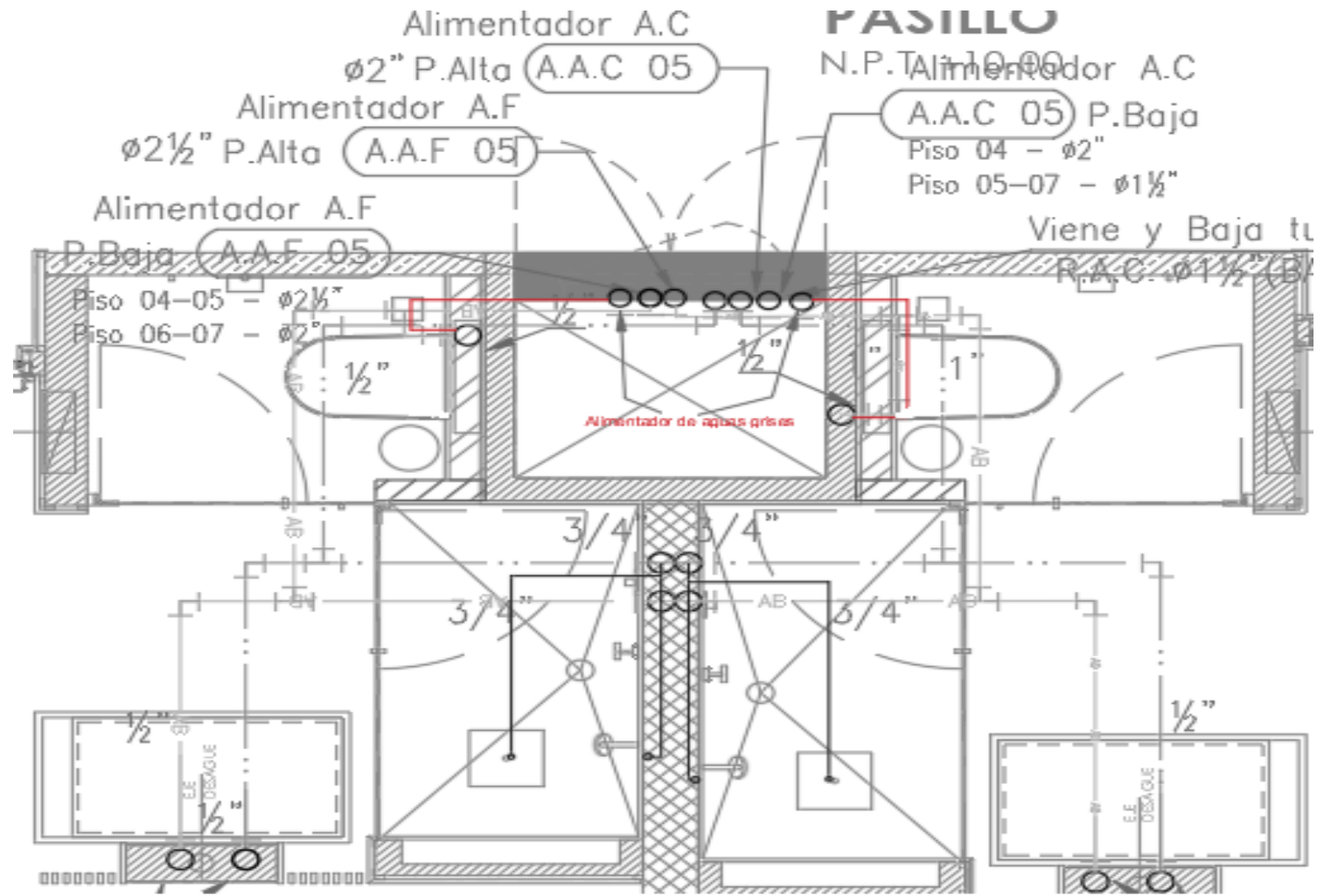
Distribución de las tuberías de aguas grises en los pisos donde están los departamentos, desde los pisos 3 hasta el 16, en donde están los dormitorios



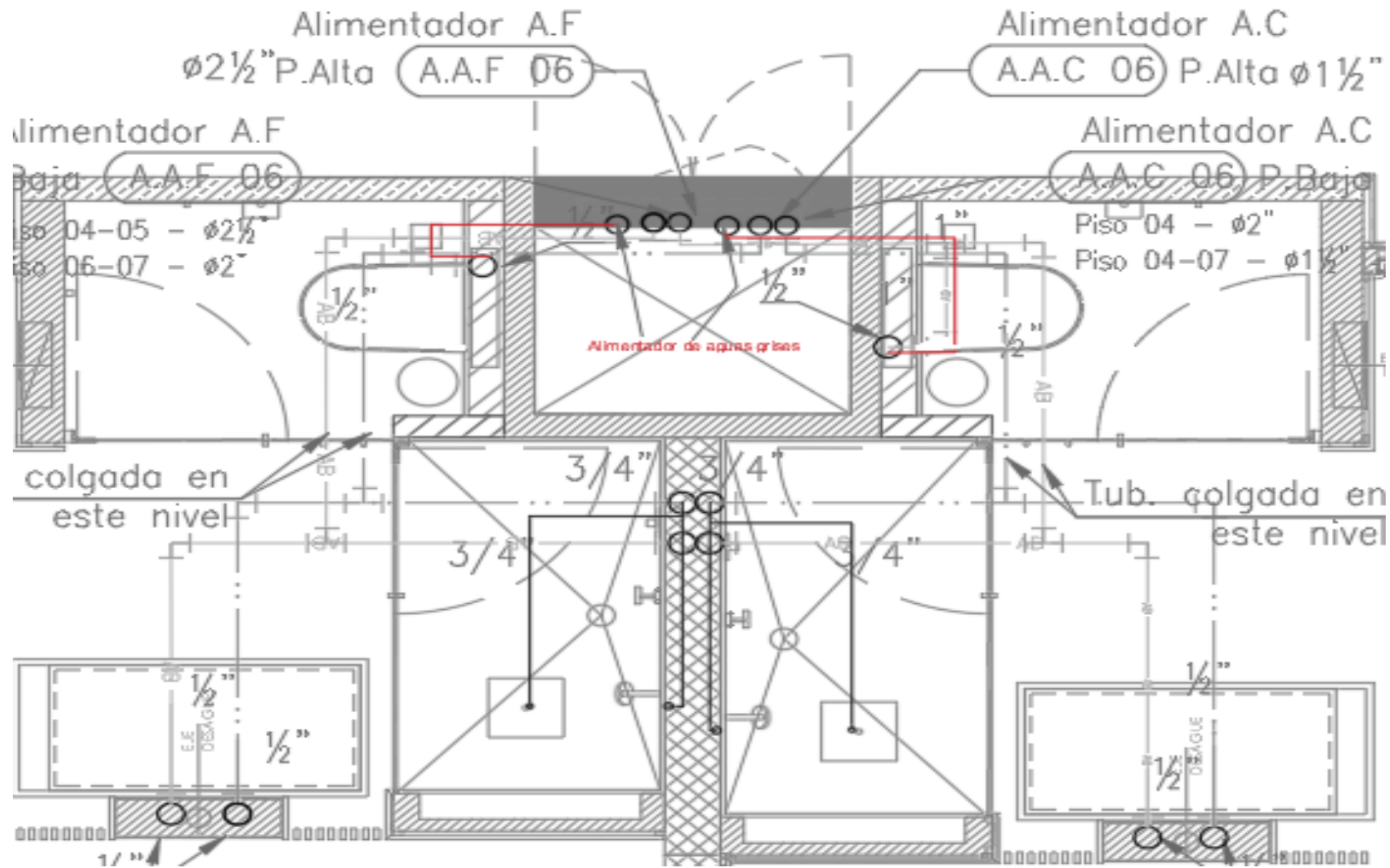
Zona 1: Tuberías de aguas residuales (color rojo) y su alimentador.



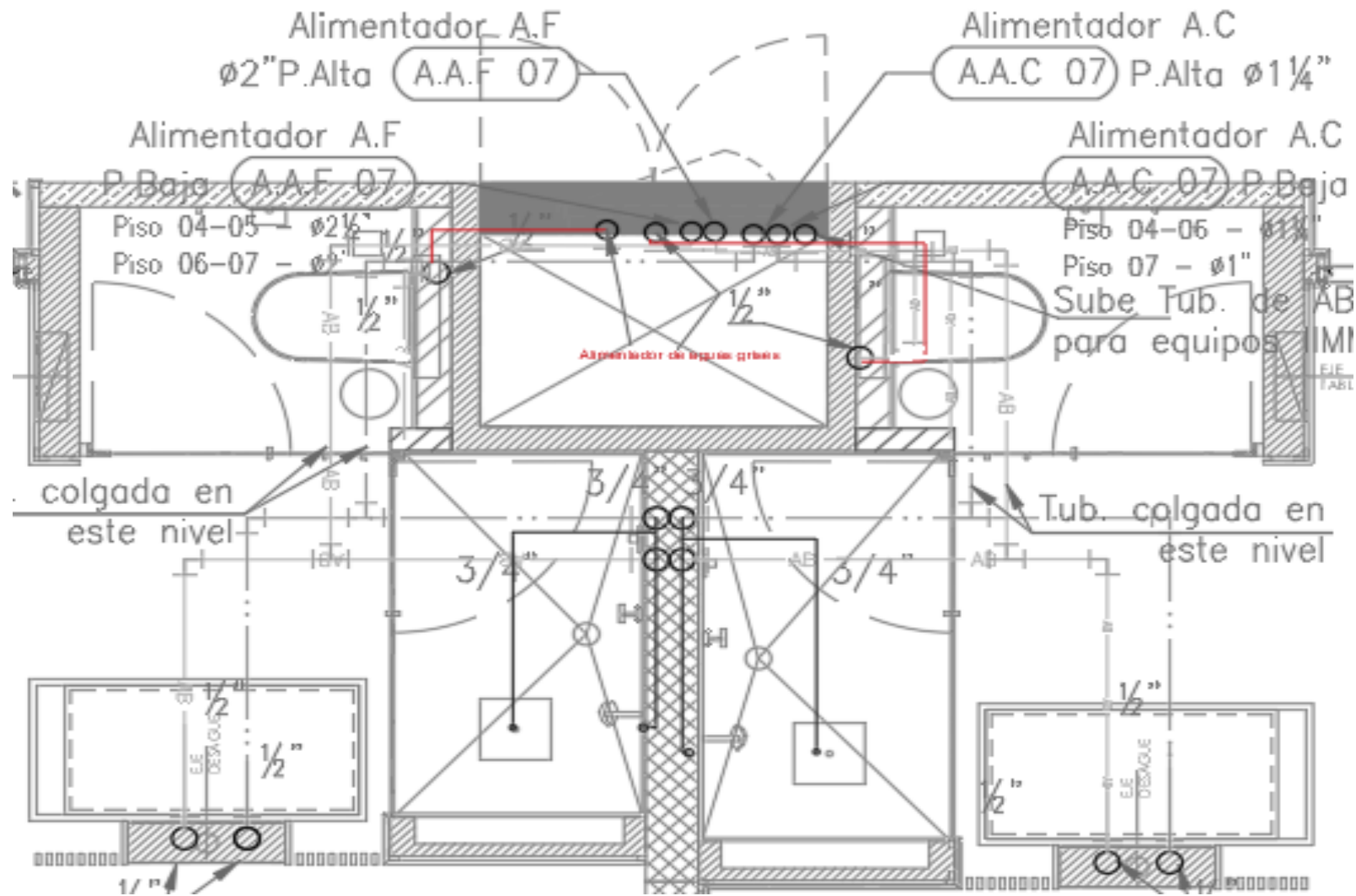
Zona 2: Tuberías de aguas residuales (color rojo) y su alimentador.



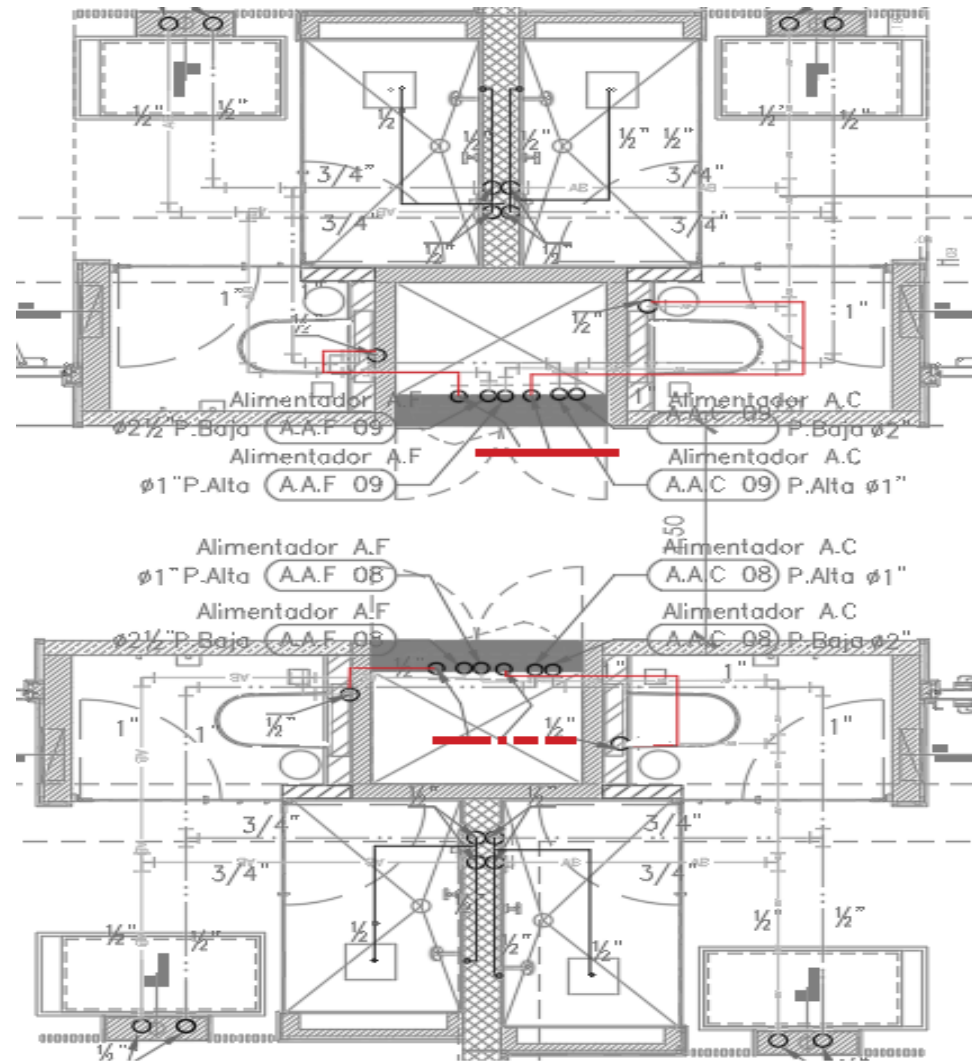
Zona 3: Tuberías de aguas residuales (color rojo) y su alimentador.



Zona 4: Tuberías de aguas residuales (color rojo) y su alimentador.



Zona 5: Tuberías de aguas residuales (color rojo) y su alimentador.



Zona 6: Tuberías de aguas residuales (color rojo) y su alimentador.

