

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL**



TRABAJO DIRIGIDO

**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN HIDROSANITARIA Y LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN
DE AGUAS GRISES EN EL BLOQUE ADMINISTRATIVO
“CONSTRUCCIÓN CASA DE LAS CEBRAS – SANTA
BARBARA”**

**POSTULANTE: GABRIELA FLORES CHUMACERO
ASESOR ACADÉMICO: ING. JOSÉ AUGUSTO DÍAZ BENAVENTE
ASESOR INSTITUCIONAL G.A.M.L.P.: ING. ORLANDO ARTURO
JIMÉNEZ ÁLVAREZ**

LA PAZ - BOLIVIA

2021



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

AL SEÑOR PADRE CELESTIAL Y LA VIRGEN

Por ser mi fuerza y fortaleza en momentos de desesperación y angustia y por darme la existencia en este planeta tierra que cada día, pero cada día admiro la creación de nuestro divino creador.

A MIS MADRES

A mi abuela Aurora Jota Vargas Beltrán de Chumacero a quien dedico mi triunfo sin ti nada hubiera sido posible, gracias por criarme, enseñarme y por demostrarme con el ejemplo que en la vida que no hay obstáculo infranqueable. Ahora descansa en paz mamita a lado de mi abuelo Benjamín Chumacero Bejarano.

A mi madre Lic. Antonia Chumacero Vargas, porque siempre han sido un ejemplo a seguir, convirtiéndose en la inspiración que necesité en los momentos difíciles de mi camino. Sin su amor incondicional y apoyo fuera imposible alcanzar esta meta.

A MI SOBRINAS

Fernanda Antonia es ella quien me motivo e hizo posible a que continuara y termine este trabajo.

Aracely, quien me motivo proponiéndome ideas para este trabajo y que siempre confió en mí.

A MI TIO

Walter Chumacero Vargas, por ser como un padre y aconsejarme con cada lección contada y brindarme su apoyo incondicional, siempre que lo necesite.

A MI HERMANO

Benjamín Miguel Flores Ch.

Por ser una parte importantísima en mi vida, por compartir mis triunfos, alegrías y tristezas por brindarme una mano siempre que lo he necesitado, gracias.

A MI ESPOSO

Fabricio Renzo Torrez Ll.

Por empujarme a seguir y alentarme a que concluyera este proyecto con su amor y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, por refugiarme en sus ambientes, en mis años de estudio.

A los docentes Carrera de Ingeniería Civil, de cada materia desde inicié mi vida como estudiante universitaria y agradecerles porque gracias a sus consejos conocí el lado de la Ingeniería Civil.

A mi Asesor Académico Ing. José Augusto Díaz Benavente Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés por guiarme, enseñarme y sea posible la conclusión de este trabajo, gracias.

Al Gobierno Autónomo Municipal de La Paz - Dirección de Estudios de Pre Inversión Ing. Boris Bacarreza Bruno, Ing. Carla Hacha Carvajal por aceptarme en sus ambientes y darme un espacio para realizar mi pasantía modalidad trabajo dirigido y capacitarme en el ámbito institucional.

A mi Asesor Institucional Ing. Orlando Arturo Jiménez Álvarez por asesorarme y brindarme su apoyo en la etapa de diseño de este trabajo.

Al Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Mayor de San Andrés, por brindarme los espacios en sus ambientes de laboratorio en mis años de estudio y para la conclusión de mi trabajo con el asesoramiento correspondiente con los Ingenieros y técnicos del Instituto.

A los Docentes del Instituto de Ingeniería Sanitaria, Mención Ingeniería Sanitaria. Agradecerles por enseñarnos con sabiduría y paciencia a muchos universitarios de la carrera de Ingeniería, gracias.

Al Ing. William Aliaga Pampa, Gerente General de la Empresa Consultora CyBoT, por brindarme su apoyo siempre que necesite y por ser comprensible.

Al personal técnico del Instituto de Ingeniería Sanitaria:

Por colaborarme en mis ensayos facilitándome material de laboratorio y coordinación para el uso de los equipos y que gracias a su paciencia muchos estudiantes y tesis pasamos por ellos.

Al Personal de la Carrera de Ingeniería Civil Kardex, Secretaria y Biblioteca de la carrera de Ingeniería Civil, por colaborarnos en trámites, facilitándonos con su paciencia y amabilidad hacia todos los estudiantes.

A mi amiga, hermana y ahora madrina Arq. Gaby Fabiola Quispe Aduviri por apoyarme y brindarme su apoyo incondicional.

A mis tíos José Thomas Choque Infante y su esposa Felicidad Chumacero Vargas por cobijarme en su hogar y apoyarme en mis años de estudio.

A mis amigos de la Facultad de Ingeniería gracias por los años compartidos en nuestros años de estudio.

RESUMEN DE PROYECTO

Para el diseño de la instalación hidrosanitaria y la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises en el bloque administrativo “Construcción Casa de las cebras”, Zona de Santa Bárbara, se efectuaron muestreos de calidad de aguas grises de duchas y lavadoras en tres condiciones y en dos edificios de la ciudad, en base a normas de otros países, obteniéndose los valores DBO 500 a 800 mg/l y SST 1386 a 2248 mg/l. El Tratamiento recomendado fue de coagulación, floculación y filtración directa, con dosis óptima de 185 mg/l de Sulfato de aluminio, mediante pruebas de jarras en laboratorio. Los resultados en el efluente fueron: DBO 103 mg/l y SST de 8 mg/l. Se diseñó y calculó el sistema de tratamiento manual, con la dosis óptima, así como la instalación hidrosanitaria con un tratamiento del edificio, según **(RENISDA, 2011)** en **REVIT 2020**, con redes separadas, para que el agua gris sea almacenada y tratada, para limpieza de inodoros y urinarios.

PROJECT SUMMARY

For the design of the hydrosanitary installation and the implementation of a gray water reuse system in the administrative block " Zebra house construction", Santa Bárbara area, quality samples of gray water from showers and washing machines were carried out in three conditions and in two buildings in the city, based on standards from other countries, obtaining BOD values from 500 to 800 mg/l and SST from 1386 to 2248 mg/l. The recommended treatment was coagulation, flocculation and direct filtration, with an optimal dose of 185 mg/l of aluminum sulfate, through laboratory jar tests. The results in the effluent were: BOD 103 mg/l and TSS of 8 mg /l. The manual treatment system was designed and calculated, with the optimal dose, as well as the hydrosanitary installation with a treatment of the building, according to **(RENISDA, 2011)** in **REVIT 2020**, with separate networks, so that the gray water is stored and treated, for cleaning toilets and urinals.

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN HIDROSANITARIA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EL BLOQUE ADMINISTRATIVO “CONSTRUCCIÓN CASA DE LAS CEBRAS – SANTA BARBARA”

INDICE

CAPITULO 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	5
1.3 Objetivo General	8
1.4 Objetivo Especifico	8
1.5 Justificación	8
1.6 Metodología	10
CAPITULO 2	11
2.1 Fundamento Teórico	11
2.1.1 El Agua, salud la economía y el empleo	11
2.2 “Reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias” (RENISDA). Tercera revisión mayo 2011.	12
2.3 Instalación de agua potable	13
2.3.1 Sistemas de abastecimiento en edificios	15
2.3.1.1 Sistemas de abastecimiento combinado.....	15
2.3.1.2 Sistemas de abastecimiento a presión	15
2.3.2 Demandas	16
2.3.3 Dotaciones de agua en edificaciones.....	17
2.3.4 Determinación de la capacidad del tanque	18
2.3.5 Trazado de la red	19
2.4 Sistema de Alcantarillado	19
2.4.1 Instalaciones para desagüe de aguas servidas.....	19
2.4.1.1 Partes de una red - desagües sanitarias.....	19
2.4.1.1.1 Tubería de desagües sanitarios	19
2.4.1.1.2 Los sifones o trampas	20
2.4.1.1.3 Tubería de ventilación.....	21
2.4.2 Instalaciones pluviales.....	22
2.5 Sistema contra incendios	22
2.5.1 Características que debe cumplir un sistema contra incendio.....	22
2.5.2 Sistemas manuales con hidrantes	23
2.5.3 Estación de bombeo.....	23
2.6 Reutilización de aguas grises	26
2.6.1 La reutilización del agua residual y su contexto histórico	26
2.6.2 Agua apta para el consumo humano	27
2.6.3 Qué son las aguas grises	28
2.6.4 Aguas grises domésticas.....	28
2.6.4.1 Aguas grises crudas domésticas (Afluente).....	29
2.6.4.2 Aguas grises tratadas domésticas (Efluente).....	29
2.6.5 Consumo de agua domestica	29
2.6.6 Producción de aguas grises domésticas.....	32
2.6.7 Características generales	33
2.6.7.1 Características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas grises domésticas.....	36
2.6.7.2 Comparación de aguas grises y negras.....	37
2.6.8 Normativa nacional para el uso de aguas grises.....	39
2.6.9 Calidad de aguas grises crudas (Afluente).....	40
2.6.10 Calidad del agua gris tratada (Efluente).....	41
CAPITULO 3	44
3.1 Ubicación del proyecto	44
3.2 Aspectos generales bloque administrativo “construcción casa de las cebras – zona parque urbano central”	45
3.2.1 Características geopolíticas	46
3.2.1.1 Plan de Desarrollo Municipal “JAYMA Trabajo conjunto en Tierra Comunitaria” (PDM 2007-2011)	47
3.2.1.2 El “programa cebra” y su influencia en el JAYMA	48
3.3 Infraestructura del edificio - CASA DE LAS CEBRAS	48
3.3.1 Número de pisos y espacios del edificio	48
3.4 Ingeniería hidrosanitaria	49
3.4.1 Diagnostico situacional de los servicios	50
3.5 Identificación de impactos ambientales	52
3.6 Identificación de posibles riesgos	54
CAPITULO 4	55
4.1 Caracterización de las aguas grises a analizarse	55
4.2 Determinación de los parámetros de control	56

4.2.1 Metodología relacionada según: Ubicación del inmueble, toma de muestras, recolección, medición de volúmenes y análisis de laboratorio.....	56
4.3 Métodos y procedimiento.....	69
CAPITULO 5	71
5.1 Análisis y comparación de parámetros caracterizados	71
5.2 Análisis y comparación de resultados en la prueba ensayo de jarras.....	85
5.2.1 Porcentajes de Remoción de los Parámetros Fisicoquímicos con Sulfato de Aluminio	87
CAPITULO 6	88
6.1 Tratamiento de aguas grises y reuso	88
1.- Se experimentó un tratamiento casero como primera experiencia manual, según los resultados obtenidos de la caracterización del (CASO1, capítulo4).....	88
6.2 Experiencia Manual	88
6.2.1 Construcción del sistema manual en sitio	89
6.2.2 Preparación de los Filtros caseros	91
6.2.3 Prueba de jarras (Casero) - (Fecha 20/05/2019).....	94
6.2.4 Simulación por etapas Coagulación, Floculación y Filtración	99
6.3 Experiencia en laboratorio prueba de jarras.....	102
6.4 Resumen de los parámetros a usar en el diseño de tratamiento de las aguas grises para casa cebras.....	120
6.4.1 Dosis óptima en la prueba ensayo de jarras	120
6.4.2 Mejoramiento del sistema manual	121
6.4.3 Preparación de Filtros caseros	122
6.4.4 Posiciones de material granular para cada filtro.....	123
6.4.5 Preparación del simulador (Tanque mezclador).....	124
6.4.5.1 Simulación de coagulación y floculación:.....	124
6.5 Sistema de tratamiento propuesto para el proyecto – “CASA CEBRA”	126
6.5.1 Componentes del sistema de tratamiento propuesto para el proyecto	126
6.5.1.1 Tanque recolector de aguas grises o (Iguación)	126
6.5.1.1.1 Aplicación.....	126
6.5.1.1.2 Requisitos previos.....	127
6.5.1.1.3 Diseño.....	127
6.5.1.1.4 Características del tanque recolector de aguas grises.....	128
6.5.1.2 Tanque mezclador.....	128
6.5.1.2.1 Aplicación.....	128
6.5.1.2.2 Requisitos Previos	128
6.5.1.2.2.1 Sulfato de aluminio (Piedra alumbre)	128
6.5.1.2.2.2 pH.....	129
6.5.1.2.3 Diseño.....	130
6.5.1.2.3.1 Características de diseño	131
6.5.1.2.3.2 Semejanzas geométricas	131
6.5.1.2.3.3 Cálculo de potencia en el agitador	132
6.5.1.2.3.4 Número de Reynolds (Re).....	132
6.5.1.2.3.5 Número de potencia (Np).....	133
6.5.1.2.3.6 Número de Froude (Fr)	133
6.5.1.3 Equipo Dosificador	134
6.5.1.3.1 Aplicación.....	134
6.5.1.3.2 Características generales.....	134
6.5.1.3.3 Requisitos previos	135
6.5.1.3.4 Diseño.....	135
6.5.1.4 Filtración	135
6.5.1.4.1 Aplicación.....	135
6.5.1.4.2 La Filtración en Múltiples Etapas (FIME)	136
6.5.1.4.3 Criterios de selección	136
6.5.1.4.4 Diseño.....	137
6.5.1.4.5 Carbón activado	138
6.5.2 Descripción de los componentes del sistema de tratamiento	139
6.5.2.1 Descomposición funcional	139
6.5.3. Diseño del sistema planteado para aguas grises	140
6.5.3.1 Demanda de agua a tratar.....	140
6.5.3.2 Cálculo de caudal de aguas grises Edificio “CASA CEBRAS”.....	142
6.5.3.3 Diseño del tanque recolector de aguas grises (Tanque de igualación)	143
6.5.3.4 Diseño del tanque mezclador	146
6.5.3.5 Diseño del Equipo Dosificador.....	148
Fuente: Diseño y elaboración propia	150
6.5.3.6 Filtración	150
6.5.3.6.1 Diseño de Filtros	150
CAPITULO 7	154
7.1 Introducción.....	154
7.2 Sistema de distribución de agua potable	154
7.2.1 Sistema de distribución de agua caliente	167
7.2.2 Sistema de distribución del agua para el sistema contraincendios	172

7.3 Sistema de distribución del desagüe sanitario para aguas grises.....	179
7.4 Diseño del sistema de tratamiento.....	182
7.5 Sistema de distribución de agua tratada.....	182
7.5 Sistema del alcantarillado para agua negras.....	187
7.6 Sistema de ventilación y pluvial.....	190
7.7 Presupuesto y mantenimiento.....	193
CAPITULO 8.....	200
8.1 Conclusiones.....	200
8.2 Observaciones en los ensayos.....	202
8.3 Observaciones en el Diseño.....	204
8.4 Recomendaciones.....	205
CAPITULO 9.....	207
9.1 Bibliografía.....	207
9.2 Anexos.....	210
9.3 Planos.....	210

TABLAS

Tabla 1.1 Recomendación de descarga máxima en artefactos sanitarios.....	6
Tabla 2.1 Cuadro de dotaciones comerciales, públicos valores referenciales.....	18
Tabla 2.2 Experiencia en reciclaje, con restricciones, en agua residual en edificaciones.....	27
Tabla 2.3 Requerimiento mínimo de agua, según la norma Boliviana 689 señala.....	31
Tabla 2.4 Producción de aguas grises según: calidad, volumen y origen.....	33
Tabla 2.5 Producción de aguas grises según el punto de procedencia.....	33
Tabla 2.6 Producción de aguas grises según el tipo de agua.....	33
Tabla 2.7 Producción de agua gris en algunos países.....	33
Tabla 2.8 Características generales de las aguas grises crudas de acuerdo a su fuente.....	34
Tabla 2.9 a) Volumen de aguas grises domesticas generadas por habitante usando la (Tabla 1.1).....	34
Tabla 2.9 b) Volumen de aguas negras domesticas generadas por habitante.....	35
Tabla 2.10 Resumen caracterización de aguas grises, según diversas fuentes.....	35
Tabla 2.11 Parámetros físicos de aguas grises.....	36
Tabla 2.12 Parámetros químicos de aguas grises.....	37
Tabla 2.13 Comparación de aguas según diversos parámetros.....	39
Tabla 2.14 Rangos de contaminación de diferentes aguas grises (Fangyue y Wichmann, 2009).....	40
Tabla 2.15 Concentraciones normales de los parámetros de calidad de las aguas grises crudas domésticas combinadas de varios autores.....	40
Tabla 2.16 Resultados de la caracterización de las aguas grises.....	41
Tabla 2.17 Requerimientos de calidad para agua de riego y otros usos.....	42
Tabla 2.18 Criterios de calidad físico-químicos, aguas para inodoros.....	42
Tabla 2.19 Concentraciones de referencia para uso en sanitario.....	42
Tabla 2.20 Resultados análisis de laboratorio AQUA.....	43
Tabla 2.21 Normativa propuesta - Criterios de calidad para inodoros y urinarios.....	43
Tabla 2.22 Resumen propuesta - Criterios de calidad para inodoros y urinarios.....	43
Tabla 3.1 Situación legal del derecho propietario del sector de intervención.....	45
Tabla 3.2 Descripción sanitaria en general del edificio (CASA DE LAS CEBRAS).....	50
Tabla 4.1 Recolección de muestras en una vivienda.....	58
Tabla 4.2 Recolección de muestras en un edificio.....	58
Tabla 4.3 Fechas de muestreo y recepción de muestras a) y b).....	58
Tabla 4.3 a) Fechas de muestreo y recepción N° 202* (Vivienda).....	58
Tabla 4.3 b) Fechas de muestreo y recepción N° 203* (Edificio).....	59
Tabla 4.4 Resumen resultados de laboratorio para las muestras N° 202* y N° 203*.....	59
Tabla 4.5 Metodología de adecuación de puntos y toma de muestras.....	60
Tabla 4.6 Cantidades de agua tomadas (solo en la mañana) - 1ª persona.....	60
Tabla 4.7 Cantidades de agua tomadas (solo en la mañana) - 2ª persona.....	61
Tabla 4.8 Cantidades de agua tomadas (solo en la mañana) - 3ª persona.....	61
Tabla 4.9 Resumen de cantidades de agua tomadas (Solo en la mañana).....	61
Tabla 4.10 Cantidades de agua tomadas (Prueba piloto).....	61
Tabla 4.11 Fechas de muestreo y recepción N° 362 *.....	62
Tabla 4.12 Fechas de muestreo y recepción N° 363 **.....	62
Tabla 4.13 Resumen resultados de laboratorio muestras N° 362* y N° 363**.....	63
Tabla 4.14 Resumen de ensayos realizados según número de registro en laboratorio.....	65
Tabla 4.15 Cantidades de aguas grises recolectados solo ducha (3 personas)(Muestra 393*).....	66
Tabla 4.16 Resumen de aguas grises recolectadas solo en duchas (Muestra 393*).....	66
Tabla 4.17 Metodología de adecuación de puntos y toma de muestras(ducha y lavadora) (Muestra 465*).....	67
Tabla 4.18 Cantidad de aguas gris recolectados ducha y máquina de lavar(muestra 465*).....	67
Tabla 4.19 Resumen de aguas grises, recolectadas en ducha y máquina de lavar ropa(Muestra 465*).....	68
Tabla 4.20 Cantidades de aguas grises recolectadas en ducha y máquina de lavar ropa(Muestra 570*).....	68
Tabla 4.21 Resumen de aguas grises recolectadas en la ducha y máquina de lavar ropa(Muestra 570*).....	68

Tabla 4.22 Resultados de la caracterización - parámetros seleccionados del sistema planteado	69
Tabla 4.23 Normas para los ensayos de laboratorio - análisis físicos, químicos y bacteriológicos.....	70
Tabla 5.1 Resumen de ensayos – Caracterización de muestras en laboratorio	71
Tabla 5.1- (a) Resumen de ensayos	72
Tabla 5.2 Resumen de resultados de aguas grises crudas (Muestras 203* y 362*)	75
Tabla 5.3 Parámetros más comunes para las aguas residuales domésticas sin considerar el tamaño de población, además de ser los parámetros que con más frecuencia se hace referencia.....	76
Tabla 5.4 Comparación de concentraciones de aguas crudas (Afluente)(Muestra 362* y 573*)	76
Tabla 5.5 Comparación de concentraciones de aguas tratadas (efluente)(muestra 363** y 574**)	83
Tabla 5.6 Relación DQO - DBO para la muestra N° 574**.....	85
Tabla 5.7 Dosificaciones de sulfato de aluminio utilizadas para las pruebas iniciales del agua cruda – prueba de jarras	86
Tabla 5.8 Resultados finales de ensayo de jarras	86
Tabla 5.9 Resultados de la determinación de pH óptimo.....	86
Tabla 5.10 Remoción de turbiedad UNT	87
Tabla 6.1 Materiales utilizados en el ensayo de jarras casero.....	94
Tabla 6.2 Cantidad de sulfato vertidas a cada botella de 2 litros, ensayo casero	96
Tabla 6.3 Dosis de sulfato de aluminio en el ensayo casero) Vs turbiedad.....	98
Tabla 6.4 Cantidad de dosis - Sulfato de aluminio para litros de agua (Ensayo manual en sitio).....	100
Tabla 6.5 Dosificaciones para el ensayo N°362*(A)	103
Tabla 6.6 Resultados obtenidos finales, muestra N ° 362*(A)	104
Tabla 6.7 Dosificaciones para el ensayo N°393*(A)	106
Tabla 6.8 Resultados obtenidos finales muestra N° 393* (A)	107
Tabla 6.9 Resultados obtenidos finales muestra N° 393* (B)	108
Tabla 6.10 Resultados obtenidos finales muestra N° 393* (C)	110
Tabla 6.11 Dosificaciones para el ensayo N°465* (A)	111
Tabla 6.12 Resultados obtenidos finales muestra N° 465*(A)	111
Tabla 6.13 Resultados obtenidos finales muestra N° 465* (B)	113
Tabla 6.14 pH ajustado - muestra N° 465* (C)	115
Tabla 6.15 Resultados obtenidos finales muestra N° 465*(C)	116
Tabla 6.16 Dosificaciones para el ensayo muestra N° 570* (A)	117
Tabla 6.17 Resultados obtenidos finales muestra N° 570*(A)	118
Tabla 6.18 Resultados obtenidos finales muestra N° 570* (B)	119
Tabla 6.19 Cantidades de material granular a usar (sistema manual mejorado)	122
Tabla 6.20 Material: grava en (kg) para el filtro	123
Tabla 6.21 Material: arena en (kg) para el filtro	123
Tabla 6.22 Datos de entrada para el diseño de un agitador de fluidos	130
Tabla 6.23 Variación de la densidad del agua y la viscosidad dinámica del agua con la temperatura	130
Tabla 6.24 Constantes kl y kt para el cálculo de potencia, estanques con cuatro placas deflectoras con un ancho de 1/10 del diámetro del estanque.....	134
Tabla 6.25 Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FIME	136
Tabla 6.26 Guía de diseño para filtros gruesos ascendentes FGA.	137
Tabla 6.27 Lechos filtrantes recomendados en FGA.....	137
Tabla 6.28 Criterios de diseño recomendados para unidades de filtración lenta en arena FLA	137
Tabla 6.29 Granulometría del lecho filtrante.....	138
Tabla 6.30 Número de puntos que generan aguas grises (casa cebra).....	141
Tabla 6.31 Número de puntos considerados que generan aguas grises (casa cebra).....	141
Tabla 6.32 Cantidad de artefactos que generan aguas grises.....	142
Tabla 6.33 Cantidad de artefactos considerados en el diseño – Edificio (casa cebra).....	143
Tabla 6.34 Aguas grises generados en un día por los artefactos sanitarios para el diseño	143
Tabla 6.35 Parámetros técnicos (filtro de arena bypass).....	153
Tabla 7.1 Dotación de agua fría – Edificio “casa cebra”	155
Tabla 7.2 Requisitos para demanda de chorros de mangueras y duración del suministro de agua	156
Tabla 7.3 Verificación del diámetro de la tubería y velocidades - tubería de alimentación	158
Tabla 7.4 Capacidad de medidores – Edificio (casa cebra).....	158
Tabla 7.5 Cálculo de longitud equivalente de entrada al cisterna	159
Tabla 7.6 Cálculo de la presión de entrada al cisterna	159
Tabla 7.7 Pre cálculo de la presión requerida – Edificio (casa cebra).....	160
Tabla 7.8 Unidades de gasto por artefacto sanitario*. método de hunter	161
Tabla 7.9 Diseño de la red de distribución de agua potable	162
Tabla 7.10 Calculo de longitud equivalente - bomba	164
Tabla 7.11 Verificación del diámetro de la tubería y velocidades - bomba.....	165
Tabla 7.12 Potencia de la electrobomba en kw	167
Tabla 7.13 Estimación de consumos de agua caliente por regiones	168
Tabla 7.14 Diseño de la red de distribución de agua caliente.....	170
Tabla 7.15 Diseño de la red de distribución de agua caliente con recirculación	171
Tabla 7.16 Diseño de la red de distribución de agua potable - Sistema contra incendios – Bomba hidráulica	174
Tabla 7.17 Diseño de la red de distribución de agua potable - Sistema contra incendios – Bomba Jokey	175
Tabla 7.18 Cálculo de Pérdidas por Accesorio y Tubería Fg Dn	175
Tabla 7.19 Cálculo de la Longitud Equivalente	177
Tabla 7.20 Cálculo de Pérdidas por Accesorio y Tubería Fg Dn	177

Tabla 7.21 Cálculo de la Longitud Equivalente.....	179
Tabla 7.22 Descarga de agua grises de los artefactos sanitarios.....	180
Tabla 7.23 Unidades de gasto para los artefactos sanitarios analizados.....	181
Tabla 7.24 Bajante sanitaria 1- sistema de distribución para el desagüe para aguas grises.....	181
Tabla 7.25 Bajante sanitaria 2 - sistema de distribución para el desagüe para aguas grises.....	181
Tabla 7.26 Bajante sanitaria 4 - sistema de distribución para el desagüe para aguas grises.....	182
Tabla 7.27 Colectores horizontales al (sistema de tratamiento).....	182
Tabla 7.28 Diseño de la red de distribución de agua tratada.....	184
Tabla 7.29 Cálculo de la potencia de la bomba – Agua tratada.....	186
Tabla 7.30 Cálculo del volumen de tanque hidroneumático – Agua tratada.....	186
Tabla 7.31 Bajante sanitaria 1 - Sistema de distribución al alcantarillado municipal.....	188
Tabla 7.32 Bajante sanitaria 2 - Sistema de distribución al alcantarillado municipal.....	188
Tabla 7.33 Bajante sanitaria 3 - Sistema de distribución al alcantarillado municipal.....	188
Tabla 7.34 Bajante sanitaria 4 - Sistema de distribución al alcantarillado municipal.....	189
Tabla 7.35 Colectores horizontales (sistema de municipal).....	189
Tabla 7.36 Cantidad de artefactos sanitarios en cada sistema según las (Tablas 7.23 y 7.31).....	190
Tabla 7.37 Dimensionamiento de columnas de ventilación Tv1 - Shafts 1.....	191
Tabla 7.38 Dimensionamiento de columnas de ventilación Tv2 - Shafts 2.....	191
Tabla 7.39 Dimensionamiento de columnas de ventilación Tv3 - Shafts 3.....	191
Tabla 7.40 Dimensionamiento de columnas de ventilación Tv4 - Shafts 4.....	191
Tabla 7.41 Valores del coeficiente de escurrimiento "c".....	192
Tabla 7.42 Intensidad de lluvias en principales ciudades de Bolivia. duración 10 min.....	192
Tabla 7.43 Dimensionamiento de colectores para tramos horizontales (Tabla 10.11.2 del reglamento).....	193
Tabla 7.44 Dimensionamiento de bajantes pluviales (Tabla 10.10.1 del reglamento).....	193
Tabla 7.45 Dimensionamiento de canaletas – (Vista en planta, primer nivel).....	193
Tabla 7.46 Presupuesto diseño hidrosanitario separado, con sistema de reutilización.....	194
Tabla 7.47 Comparación económica con o sin sistema de reutilización.....	198

FIGURAS

Figura 2.1 Esquema de circuitos horizontales de alimentación hacia arriba con equipos de calentamiento en nivel inferior y más de un edificio.....	14
Figura 2.2 Ruta que sigue el agua fría y caliente.....	14
Figura 2.3 Sistemas de abastecimientos en edificios.....	15
Figura 2.3 a) Sistema combinado.....	15
Figura 2.3 b) Sistema a presión.....	15
Figura 2.4 Equipo de bombeo programado.....	16
Figura 2.5 Agua gris generada y demanda de agua tratada en la descarga de cisternas de inodoros.....	17
Figura 2.6 Tuberías de evacuación en edificios.....	20
Figura 2.7 Tuberías de ventilación en los desagües.....	21
Figura 2.8 Tipos de instalaciones con hidrantes.....	23
Figura 2.9 Hidrantes conectados a la red de agua fría y extintores.....	23
Figura 2.10 Bomba jockey.....	25
Figura 2.11 Parámetros sobre el uso del agua.....	31
Figura 3.1 Ubicación del proyecto.....	44
Figura 3.2 Vista panorámica avenida del poeta.....	45
Figura 3.3 Inauguran la casa cebrá para capacitar en cultura ciudadana y cultura de paz.....	45
Figura 3.4 Vista de frente Av. del Poeta.....	46
Figura 3.5 Vista aérea del edificio en 3d.....	49
Figura 3.6 Diseño vista panorámica del edificio en 3d.....	49
Figura 3.7 Planos topográfico-ubicación del proyecto.....	51
Figura 3.8 Planos del área de servicio actual de agua potable.....	51
Figura 3.9 Planos del área de servicio actual de alcantarillado.....	51
Figura 3.10 Área disponible para el tanque cisterna – Nivel sótano.....	52
Figura 4.1 Toma de muestras – Aguas grises.....	57
Figura 4.2 Muestras para análisis fisicoquímico y bacteriológico N° 202* y N° 203*.....	58
Figura 4.3 Muestras para análisis fisicoquímico y bacteriológico - Muestras N° 362* y 363**.....	62
Figura 5.1 Ensayo experimental prueba del filtro casero con arena, grava y carbón vegetal.....	80
Figura 5.2 Armado del sistema de tratamiento para aguas grises y posición de materiales.....	81
Figura 5.3 Ensayo experimental con sulfato de aluminio en polvo.....	82
Figura 5.4 Armado del sistema de tratamiento y resultados del tratamiento.....	82
Figura 6.1 Niveles de tratamiento de aguas residuales grises (Silva, 2008).....	89
Figura 6.2 Secuencia de procesos de reutilización de aguas grises.....	89
Figura 6.3 Esquema adoptado de tratamiento y remoción teórica.....	90
Figura 6.4 Construcción del sistema de tratamiento - (Simulador manual).....	91
Figura 6.5 Compra de agregados y lavado.....	91
Figura 6.6 Selección de material granular.....	92
Figura 6.7 Filtro grueso descendente.....	92

Figura 6.8 Filtro lento de arena incorporado, carbón activado	92
Figura 6.9 Colocado de grava, según la (Figura 6.7)	93
Figura 6.10 Colocado de arena y carbón activado, según la (Figura 6.8)	93
Figura 6.11 Filtros equipados con material granular.....	93
Figura 6.12 Llenado de botellas con aguas grises.....	94
Figura 6.13 Medición del pH - Muestras de aguas grises.....	95
Figura 6.14 Toma de muestras	95
Figura 6.14 a) 2 litros agua gris para análisis fisicoquímico y bacteriológico	95
Figura 6.14 b) 12 litros de aguas grises, para verter a 2 litros de agua gris a las 6 botellas de agua vital, para el ensayo de jarras casero, ver (Figura 6.16)	95
Figura 6.14 c) 12 litros de aguas grises para verter en el agitador manual, según regla de tres, ver (Figura 6.21)	95
Figura 6.15 Cantidad de sulfato de aluminio en polvo	95
Figura 6.16 Secuencia del colocado con sulfato de aluminio en polvo	96
Figura 6.17 Agitación rápida manual.....	97
Figura 6.18 Agitación lenta manual	97
Figura 6.19 Toma de muestras para medir la turbiedad	97
Figura 6.20 Agua no clarificada con floculos sedimentados	98
Figura 6.21 Agitador manual con 4 hélices, fabricadas de plástico.....	99
Figura 6.22 Agitador manual en proceso.....	100
Figura 6.23 Tanque de almacenamiento – Acumulador de aguas clarificadas	101
Figura 6.24 Proceso de filtrado de aguas clarificadas	101
Figura 6.25 Filtración de agua clarificadas con carbón activado.....	102
Figura 6.26 Agua tratada manualmente – Muestra N° 363**	102
Figura 6.27 Preparación de la dosificación de coagulante sulfato de aluminio granulado a una concentración de 1 %	103
Figura 6.28 Ensayo de jarras - Muestra N° 362* (A)	104
Figura 6.29 Corrección de pH con NaOH [1N]- Muestra N° 393* (A)	106
Figura 6.30 Ensayo de jarras - Muestra N° 393* (A)	107
Figura 6.31 Determinación de pH para la muestra N° 393*(C)	109
Figura 6.32 Ensayo de jarras - Muestra N° 393* (C)	110
Figura 6.33 Ensayo de jarras - Muestra N° 465* (A)	111
Figura 6.34 Determinación de DQO - Turbiedad más baja.....	115
Figura 6.35 Peso de Cal en gramos.....	115
Figura 6.36 Ajuste de pH con Cal	116
Figura 6.37 Ensayo de jarras - Muestra N° 465* (C)	116
Figura 6.38 Ensayo de jarras - Muestra N° 570* (A)	117
Figura 6.39 Sulfato de aluminio en agua destilada al 1%	120
Figura 6.40 Sistema de tratamiento modificado - Simulador casero para aguas grises	121
Figura 6.41 Análisis granulométrico del agregado (Material retenido en cada charola) Instituto de materiales, Cota Cota	122
Figura 6.42 Material retenido en cada charola	122
Figura 6.43 Filtro de grava descendente y filtro lento de arena con carbón activado	123
Figura 6.44 Filtros de grava y arena con carbón activado armados.....	123
Figura 6.45 Mezcla de aguas grises en laboratorio para la muestra N° 570* (B)	124
Figura 6.46 Floculación y sedimentación en el tanque mezclador	125
Figura 6.47 Muestras tomadas para análisis fisicoquímico N ° Muestra 573* y 574**	125
Figura 6.48 Dimensiones del tanque mezclador.....	130
Figura 6.49 Turbina del tipo hoja plana	131
Figura 6.50 Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina para el tanque mezclador	132
Figura 6.51 Placas deflectoras distribuidas en el tanque mezclador	132
Figura 6.52 Esquema adoptado de tratamiento “CASA CEBRA”	139
Figura 6.53 Diseño de agua potable Nivel 1 y Nivel 2	141
Figura 6.54 Diseño de alcantarillado sanitario Nivel 1 y Nivel 2.....	142
Figura 6.55 Volumen para aguas grises, que se necesita; $V_{cilindro} = 1703 \text{ l} = 1.703 \text{ m}^3$	145
Figura 6.56 Volumen de líquido que se necesita para el tanque mezclador; $V_c = 1703 \text{ l} = 1.703 \text{ m}^3$	146
Figura 6.57 Dimensiones del tanque mezclador propuesto	147
Figura 6.58 Equipo de dosificación	148
Figura 6.59 Cantidad de sulfato de aluminio en el dosificador.....	149
Figura 6.60 Esquema del sistema - Cantidad de sulfato de aluminio a dosificar.....	150
Figura 6.61 Filtro de grava y arena con carbón activado propuesto – Proceso de funcionamiento	153
Figura 6.62 Filtro a presión de arena - Carbón activado tratamiento de aguas residuales	153
Figura 7.1 Ubicación de bajantes sanitarias en los Shafts.....	157
Figura 7.2 Longitud de tubería de aducción – Edificio CASA CEBRA	159
Figura 7.3 Ejemplo- Isométrico Nivel 2 - (Baño mujeres, varones y PdC	161
Figura 7.4 a) Ejemplo isométrico Nivel 3 – Isométrico (trazo de tuberías de agua caliente)	169
Figura 7.4 b) Ejemplo isométrico Nivel 3 – Vista de frente (trazo de tuberías de agua caliente)	169
Figura 7.4 c) Ejemplo isométrico Nivel 3 – Vista en planta (trazo de tuberías de agua caliente)	169
Figura 7.5 Ejemplo del isométrico: Sistema contraincendios – Nivel 3	173
Figura 7.6 Detalle de hidrante y accesorios.....	173
Figura 7.7 Ejemplo: instalación de agua potable y descarga de aguas grises al sistema de tratamiento	179
Figura 7.8 Isométrico Nivel 3 (Baño mujeres, varones y PdC).....	180
Figura 7.9 Ejemplo: Isométrico Nivel 3 – Baños Vestidores varones y mujeres	182

Figura 7.10 Ejemplo: Isométrico Nivel 3 Baño Mujeres - Tuberías de aguas negras con desagüe al alcantarillado municipal de la ciudad de La Paz	187
Figura 7.11 Diseño del sistema de ventilación (SHAFTS 0) - Baño mujeres y varones	190

GRÁFICAS

Gráfica 2.1 Consumo de agua por departamentos, 2016 (en metros cúbicos)	30
Gráfica 2.2 Distribución estimada de la producción de agua gris por fuente en una vivienda	32
Gráfico 2.3 Consumo de agua	35
Gráfica 2.4 Comparación de tasas de descomposición de aguas grises y aguas negras	38
Gráfica 6.1 Dosis Vs. Turbiedad	98
Gráfica 6.2 Muestra N° 362*(A)- Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico	104
Gráfica 6.3 Muestra N° 393*(A) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico	107
Gráfico 6.4 Muestra N° 393*(B) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico	108
Gráfica 6.5 Muestra N° 465*(A) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico	112
Gráfica 6.6 Muestra N° 465* (B) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico	113
Gráfica 6.7 Según la (Tabla 6.13)	114
Gráfica 6.8 Muestra N° 570* (A) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico	118
Gráfica 6.9 Muestra N° 570* (B) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico	119
Gráfica 6.10 Np v/s Re, se utiliza para estimar la potencia de un impulsor de turbina de 6 placas planas y estanque con placas deflectoras	134

ABREVIACIONES

ONU = Organización de las Naciones Unidas, (organización formada por 192 países).

UNESCO = Organización de las naciones unidas para la educiaon y la ciencia y la cultural, (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)

WWAP = Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas).

CAO Cámara Agropecuaria del Oriente

PDM = Planes de Desarrollo Municipal

EPA = Agencia de Protección Ambiental

OMS = Organización Mundial de la Salud

CINARA = Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico de la Universidad del Valle – Colombia.

AQUA ESPAÑA = Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas, (Fundada en 1983).

L = Lavamanos

Lp = Lavaplatos

Lv = Lavandería

D = Ducha

I_{fx} = Inodoro Fluxómetro

Ca I = Caja de registro

Rp = Rejilla de piso

CAPITULO 1

1.1 Introducción

El agua juega un papel importante en los diferentes usos que se le puede dar, tales como el consumo doméstico, consumo público, uso en agricultura y ganadería, vías de comunicación, industrias y **para la construcción ocupa un 50 %, este último uso en lo que respecta a este proyecto.** (Valdez, 2014)¹

Según la edición correspondiente al año 2016, del Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, que fue coordinado por el programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas de la UNESCO en colaboración con los miembros y demás colaboradores de ONU - Agua, ilustra cómo la relación entre el agua y el empleo sustenta la promesa de un crecimiento económico inclusivo y sostenible para todos los países.

Entre las conclusiones de dicho informe se muestra que muchos puestos de trabajo, en los cuales se encuentra empleada la fuerza laboral mundial, dependen del agua.

La mitad de la mano de obra mundial, está empleada en ocho sectores que dependen del agua y de los recursos naturales: agricultura, bosques, pesca, energía, producción con uso intensivo de recursos, reciclaje, construcción y transportes.

Los análisis realizados en este informe de las Naciones Unidas han permitido estimar que más de 1.400 millones de puestos de trabajo, es decir, el 42% de la población activa mundial, **dependen en gran medida del agua.**

Se estima además que 1.200 millones de puestos de trabajo, es decir, el 36% de la población activa mundial, **son moderadamente dependientes del agua.** (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) ,2016)²

Durante la Cumbre Mundial del Agua en Brasilia 2018 compartiendo el agua, que se lleva a cabo en Centro de Convenciones Ulisses Guimarães y el Estadio Nacional de Brasilia en Brasil, se alertó que para el año 2030, el 47% de la población mundial sufrirá escasez de agua. La principal causa será el cambio climático, seguido por el derroche y la falta de políticas estatales para preservar los recursos hídricos. (El Deber, 2018)⁴

A simple vista, uno de los fenómenos de las consecuencias del cambio climático incluye el calentamiento global y sus efectos secundarios, que más gráficamente nos permite visualizar el impacto por el acelerado proceso del derretimiento de los glaciares, tormentas de lluvia más severos o las sequías más frecuentes.

América Latina no es la excepción, desde hace tiempo se venía advirtiendo sobre la futura desaparición de los glaciares y la escasez de agua, lamentablemente estas proyecciones sombrías fueron en muchos casos superadas por la realidad, lo que muchos expertos creían que sucedería el año 2030 ya está ocurriendo, los glaciares subtropicales bolivianos, peruanos y ecuatorianos son un claro ejemplo. (Andrés Repetto, 2009)⁵

Los efectos del calentamiento global de la atmósfera influyen negativamente en la preservación de los glaciares de la Cordillera de los Andes, que en los últimos 25 años han perdido casi la mitad de sus nieves eternas, con consecuencias dramáticas para el futuro de las reservas de agua dulce del país. En el Estado Plurinacional de Bolivia ha desaparecido el primer glaciar tropical: el glaciar Chacaltaya. (FAO. 2016. Sitio web AQUASTAT)⁶

La desaparición del lago Poopó 2015, el segundo más grande de Bolivia con una extensión de 2.33734 kilómetros cuadrados, desató un estado de alarma a tiempo en las autoridades. (Gabriela Keseberg Dávalos, 2017)³

La crisis del agua registrada en la ciudad de La Paz, en noviembre de 2016 por la sequía de sus fuentes de aprovisionamiento provocó, que cientos de miles de personas sufrieran la mayor escasez de este recurso fundamental de la historia de Bolivia. Lo más grave del caso es que estudios científicos habían alertado diez años antes que las ciudades de La Paz y Cochabamba enfrentarían graves déficits de agua producto del cambio climático y la falta de inversión pública. (El Deber, 2018)⁴

El país atravesó la peor sequía en 25 años llegando incluso a ser emergencia nacional por lo que miles de campesinos perdieron cosechas enteras teniendo que emigrar, según la Cámara Agropecuaria del Oriente (CAO), en Santa Cruz, las pérdidas agrarias en 2016 llegaron a 500 millones de euros. La escasez de lluvia y agua potable afectan en mayor o menor grado a dos tercios de Bolivia, reportó la

prensa nacional aunque es cierto que la crisis se debe en gran medida al cambio climático (efectos del Niño/a). (Gabriela Keseberg Dávalos, 2017)³

Resumiendo, Bolivia tiene una larga historia de problemas con el agua una de ellas es la famosa y ya casi legendaria la *guerra del agua* del año 2000 en Cochabamba. Paradójicamente Bolivia se halla entre los países más vulnerables al calentamiento global y a los déficits de agua, según declaración de la ONU. (El Deber, 2018)⁴

Por otro lado, la población mundial como es de esperarse, crece y el estilo de vida que llevamos no invita a un **consumo racional del agua**, más bien todo lo contrario. Si la población sigue aumentando al ritmo actual, de los 11.841,955 millones actuales pasarán a ser 16.967,285 millones en el año 2050. Esto se traduce en una exigencia de agua potable que para entonces será extremadamente elevada, difícilmente sostenible, imposible, según el último informe de Naciones Unidas 7.000 millones de personas sufrirán escasez de agua para el año 2050. (Humilde Martin de Lucas, 2017)⁷

Donde, el consumo per-cápita diario de agua potable en Bolivia alcanza los 300 litros, esta cantidad es muy superior a la cifra que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS), que sugiere utilizar 80 litros cada día.

De esta cantidad solo una pequeña parte es destinada realmente al consumo humano, que no suele ser superior a los 10 litros diarios. El resto del agua potable doméstica se emplea para distintas actividades como lavar, limpieza doméstica, regar, duchas, etc., siendo esto aproximadamente el 60% del total consumido.

(www.aquakitbolivia.com,2003)⁸

El consumo depende de las zonas geográficas costumbres y climas, en el occidente normalmente se usan 85 litros y en el oriente puede llegar de 250 a 300 litros. (La Razón/ Micaela Villa / 2015)¹⁶

Como consecuencia de esta situación se hace evidente que aún no entramos de forma seria al tema del ahorro de agua potable y aplicar nuevas tecnologías acerca del reuso. Así mismo, se hace obvia la falta de reglamentación que norme la incorporación de sistemas de reciclaje de desagües en las edificaciones.

Como es bien conocido las Instalaciones Hidrosanitarias en edificios están conformadas por el conjunto de instalaciones hidráulicas e instalaciones sanitarias,

siendo de gran importancia para la operación y el servicio para el que fueron proyectadas y construidas estas estructuras, estos servicios pueden ser listados en forma general de la siguiente manera: tuberías, accesorios, y otros aparatos para llevar el suministro de agua, y para retirar las aguas con desperdicios y los desechos que lleva el agua.

El suministro de agua potable y el desagüe de aguas residuales (aguas grises), es un procedimiento de obras, de ingeniería. (Guillermo Benjamín Pérez Morales, 2009)⁹, ya que en la naturaleza se encuentran diversos tipos de agua, los cuales dependiendo de sus características se puede determinar si son aptas para ser reutilizadas o para mezclas de concreto.

El cuidado del agua exige una actuación a todos los niveles y en todas las actividades económicas, actualmente en el sector de la construcción es responsable del 16% del consumo mundial de agua. (Valdez, 2014)¹

Esta alternativa de construcción del edificio, tanto en el diseño hidrosanitario, así como un sistema de reciclaje de aguas grises, conduce a un ahorro significativo de agua potable, partiendo del hecho de que se pretende construir un prototipo, el cual permita reutilizar las aguas grises que derivan de artefactos como la ducha, lavamanos, lavaplatos, lavandería o máquina de lavar ropa (lavadora), mediante un sistema de almacenamiento y filtrado para que después se pueda utilizar el agua reciclada en actividades como el vaciado de inodoros y urinarios esta captación de aguas grises están menos contaminadas.

Para poder tratar las aguas provenientes de lavamanos, duchas, lavaplatos, lavandería o máquina de lavar ropa que serían denominadas (aguas grises), es necesario que el inmueble disponga de **dos sistemas hidráulicos independientes**: por un lado, el de las aguas grises, es decir, el de las aguas que proceden de las duchas, lavamanos, lavaplatos, lavandería o máquina lavadora de ropa y otro de inodoros, urinarios que irán a los desagües sanitarias del inmueble.

Por este motivo, lo mejor para optimizar la amortización del sistema es planificar la inclusión de un sistema de aguas grises, **cuando se está planificando la construcción del Edificio.** (Cristian Mauricio Espinal Velasquez, David Ocampo Acosta Juan David Rojas García, 2014)¹², ya que estas aguas son recogidas y enviadas al sistema de tratamiento

de aguas grises, pasando por una serie de filtros y procedimientos, que permitirán tratar estas aguas.

Las aguas residuales principalmente las domesticas, que son las aguas generadas en ciertos procesos de la actividad de un edificio administrativo, departamento o un hogar, pueden ser clasificadas en dos subgrupos:

Las aguas negras: que son las aguas provenientes de los inodoros y urinarios, con material fecal.

Las aguas grises: que por lo general incluyen las aguas procedentes de los lavamanos, duchas, lavanderías o máquinas de lavar ropa y lavaplatos conteniendo detergentes, restos de alimentos, materia orgánica y otros contaminantes.

A continuación, se describe todo lo necesario, y este se encuentra repartido por capítulos acerca del diseño y de la implementación del sistema, haciendo un diseño empírico debido al enfoque que se le ha dado al proyecto planteado, por lo que se recurrió a la información encontrada en internet y bibliografía de autores entendidos en el tema.

Lo que se espera al terminar este proyecto es construir un modelo, para el sistema de reciclaje de aguas grises, diseñado teóricamente y simulado en el proyecto, y poder contribuir a reducir el impacto que estas tienen en el medio ambiente.

1.2 Antecedentes

Se elaboró el diseño de la instalación hidrosanitaria de un edificio de siete niveles, tomando en cuenta todos los factores que influyen en un proyecto de este tipo, así como los elementos que lo conforman, tales como: tuberías y accesorios, equipos de bombeo, cisterna, depósitos de agua y un sistema de reutilización de aguas grises.

(Luis Carlos Rodríguez Soza, 2007)¹⁰

El diseño de las instalaciones hidrosanitarias en edificios ha sido una disciplina de la Ingeniería Civil que no ha tomado la suficiente atención e importancia por parte de la sociedad, en lo que respecta al consumo de suministro de agua potable. (Juan Guillermo Silva Domínguez. 2013)¹³

Ahora bien, en los edificios el agua se usa para diferentes fines desde el consumo humano, riego, limpieza, hasta para sistemas de control de incendios.

La especificación más importante desde el punto de vista hidráulico, es la definición de la demanda de agua de cada uno de los artefactos sanitarios, ya que de ello dependerá el gasto que deberá pasar por las tuberías.

En la (Tabla 1.1), se muestran algunos valores recomendados para artefactos sanitarios que cumplen con la normativa de descarga máxima.

Tabla 1.1 Recomendación de descarga máxima en muebles sanitarios

Uso / Artefacto	L / min
Lavamanos corriente	9,46
Lavaplatos o pileta de cocina de 20 mm	22,71
Ducha, 15 mm	9,46
Inodoro c / tanque de gravedad	11,36
Urinario Corriente	5,68
Lavandería, 15 mm	9,46
Maquina de lavar ropa (3,50 a 7 Kg) , Lavadora	15,14

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias Julio, 2011 Bolivia. (National plumbing code, 2006)²²

Debido a este consumo es necesario replantear el rendimiento del sistema hidráulico de un edificio para lograr un adecuado uso del recurso agua. (Criterios de sustentabilidad en el uso de agua)¹¹

Para esto es posible adecuar las tuberías hidráulicas y sanitarias para la separación de las aguas grises y negras. (Mónica Ardila Galvis, 2013)¹⁴

Por lo que es necesario que la vivienda disponga de dos sistemas hidráulicos independientes:

- **Sistema de recolección de aguas grises:** puntos sanitarios que generan estas aguas como son lavamanos, ducha, lavandería o máquina de lavar ropa y lavaplatos, para tratamiento y recirculación.
- **Sistema de recolección de aguas negras:** resto puntos inodoros y urinarios que son conducidas al desagüe de la casa.

Para perfeccionar el sistema es necesario planificar un sistema de aguas grises, cuando se está planificando la construcción del inmueble, por lo que estas aguas grises son recogidas y enviadas al sistema de tratamiento de aguas grises, pasando por una serie de filtros y procedimientos, que permitirán tratar estas aguas y puedan ser distribuidas por presión al edificio. (Cristian Mauricio Espinal Velasquez, David Ocampo Acosta Juan David Rojas García, 2014)¹²

Debido al creciente deterioro del entorno y escasez de agua, se propone un sistema que reuse dichas aguas grises domésticas generadas en el inmueble. (Patricia Jamillette Kestler Rojas, 2004)¹⁷

Por lo que respecta, este sistema de reutilización de aguas grises ahorraría 35,6 litros por persona al día al desviar esos líquidos al inodoro domiciliario, según una investigación de ingeniería dirigida por Wilson Quispe, estudiante Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés. (Boris Gonzales, 2011)¹⁵

En la Universidad Mayor de San Andrés el Ingeniero León Quispe Rossemary desarrolló su proyecto de grado, en el año 2005, consultando diferentes artículos de investigación relacionados con problemáticas, que son abarcadas en la rama de la Ingeniería Civil. Adicionalmente evaluó el desarrollo de un prototipo utilizado para el tratamiento de aguas grises en el Edificio Crispiere Nardin Ubicado en la Av. Camacho de la ciudad de La Paz con el nombre de **reutilización de aguas grises en una vivienda** asesorado por el Ingeniero José Díaz Benavente.

Otro tipo de Investigación de la Universidad Mayor de San Andrés de la Carrera de Ingeniería Industrial dirigido por el equipo denominado H₂O Vida, que contó con la participación de los estudiantes Franz Calle, Marcelo Alarcón, Pablo Cárdenas, Diana Calle, Alisson Ulloa y Kimberly Morales.

El sistema diseñado por Wilson Quispe capta las aguas grises, pasando por un filtro, para almacenarlas en un tanque que está en el piso inmediatamente inferior del edificio. Este tanque a su vez envía las aguas grises al inodoro de ese departamento; al convertirse en aguas negras o cloacales se desechan definitivamente. Wilson Quispe dice que para concretar el sistema en un edificio de cinco plantas se necesita hacer mediciones del caudal de agua, estudios de la calidad de agua, pruebas del sistema de control electrónico y cálculos de la capacidad de los tanques centrales.

(Boris Gonzales, 2011)¹⁵

A nivel mundial se ha hecho evidente y se está volviendo común la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises. Una muestra clara de ello es que Estados Unidos, Japón y Australia han sido los pioneros en la reutilización de aguas grises. (Mónica Ardila Galvis, 2013)¹⁴

1.3 Objetivo General

Efectuar el diseño de la instalación hidrosanitaria, en la CASA DE LAS CEBRAS del G.A.M.L.P., según recomendaciones del reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA Julio, 2011), proyectando las redes separadas de los colectores de agua gris y agua negra, para que posteriormente se realice el reciclaje de las aguas grises tratadas para el uso y limpieza de inodoros y urinarios.

1.4 Objetivo Especifico

- Conocer la evolución del concepto de reutilización del agua a lo largo de la historia y cuándo se plantea por primera vez el reciclaje de las aguas grises.
- Caracterizar las aguas de un Edificio similar de la urbe urbana, mediante parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.
- Implementar un sistema de reuso de aguas grises de acuerdo a las condiciones locales y parámetros establecidos y así reducir la utilización del agua potable.
- Ubicar los puntos de captación de aguas grises en el edificio.
- Proponer un diseño de separación de aguas negras y aguas grises para viabilizar el reuso de las aguas grises.
- Realizar el diseño de la red de alcantarillado, pluvial, sanitario y red de agua potable, agua caliente y sistema contra incendios del bloque administrativo, tomando en cuenta las consideraciones del diseño arquitectónico y características de la zona del proyecto se hará según (RENISDA julio, 2011).
- Elaboración de especificaciones técnicas, precios unitarios según los cálculos métricos de planos arquitectónicos y sanitarios a realizarse y mostrar el ahorro económico.

1.5 Justificación

Bolivia atravesó en la Gestión 2016 - 2017 su peor crisis de agua en 25 años ello puede empeorar (BBC Mundo, 2016). (Gabriela Keseberg Dávalos, 2017)³

En esos años Senamhi declaró que existe una probabilidad del 70% al 75% que “El Niño” esté presente. El fenómeno de El Niño es el resultado del calentamiento de las aguas del océano Pacífico tropical, que afecta a la circulación del viento, al cambiar su curso normal, y provoca lluvias y otros eventos. (La razón, 2018)¹⁸ Por estas razones el ahorro de agua y cambio climático están íntimamente relacionados.

En este contexto es posible vislumbrar alternativas que permitan considerar las aguas grises, como una fuente real de aprovechamiento tanto a nivel individual como colectivo, lo cual, tendría un resultado en favor del medio ambiente, propiciando la preservación de éste recurso que día a día se extingue a mayor escala y mejorando la calidad de vida de las personas por el ahorro económico que significa y la conciencia ambiental que ello crea.

Para resolver el problema y entrar en un ahorro significativo de lo que nos aqueja mundialmente y de vital importancia del agua, debemos partir del diseño hidrosanitario, (Según recomendaciones del reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias RENISDA Julio, 2011) del edificio con un adecuado suministro de agua potable ya que este pasará por las redes de distribución, tanques de almacenamiento, montantes de agua, artefactos sanitarios como es el caso de duchas, lavamanos, lavanderías o máquinas de lavar ropa (lavadora) y lavaplatos. Estos artefactos sanitarios serán los que generarán de acuerdo al uso ocupacional del edificio las aguas en estudio llamadas aguas grises.

Para poder tratar las aguas grises es necesario que la vivienda disponga de dos sistemas hidráulicos independientes como ya se mencionó, para optimizar la amortización del sistema es planificar la inclusión de un sistema de aguas grises cuando se está planificando la construcción del inmueble.

Siendo de vital importancia partir del diseño Hidrosanitario y ver las diferentes soluciones que se le puede dar a este proyecto en lo que concierne un sistema de recolección de aguas grises.

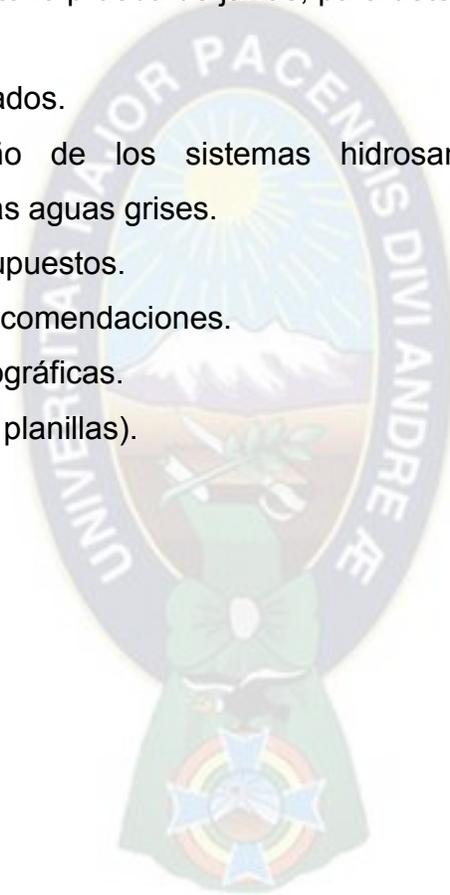
Por otro lado, las aguas grises, se diferencian de las aguas negras, porque generalmente contienen una carga orgánica contaminante inferior y contienen bajas concentraciones lo que las convierte en un recurso atractivo, porque pueden ser de gran utilidad para los usuarios residenciales, y a su vez éstas generalmente se recuperan más fácil que las aguas negras ya que tienen menos nitrógeno y fósforo.

En este contexto, la reutilización de las aguas grises, provenientes de los artefactos de una instalación sanitaria según la Norma Boliviana se aplicará en la construcción de la “CASA CEBRA” para su funcionamiento.

1.6 Metodología

La metodología que se ha seguido para el desarrollo de este trabajo fue:

- Recopilación de bibliografía general.
- Recopilación de planos arquitectónicos.
- Muestreo y análisis de aguas grises en edificios similares para caracterizar el agua gris.
- Ensayo manual prueba de jarras y simulación del sistema planteado.
- Ensayo de laboratorio prueba de jarras, para determinar dosis óptima y tiempo de retención.
- Análisis de resultados.
- Cálculo y diseño de los sistemas hidrosanitarios con tratamiento y recirculación de las aguas grises.
- Cómputos y presupuestos.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Referencias Bibliográficas.
- Anexos (Planos y planillas).



CAPITULO 2

2.1 Fundamento Teórico

2.1.1 El Agua, salud la economía y el empleo

Tres cuartos de los empleos en el mundo dependen del agua. En efecto, la carencia y los problemas de acceso al agua son factores que provocan limitaciones para el futuro crecimiento económico.

Esta afirmación es constatada por la edición 2016 del Informe mundial de Naciones Unidas sobre la valorización de recursos hídricos, “El agua y el empleo”, que fue presentado el 22 de marzo en Ginebra, en el marco del Día Mundial del Agua.

El agua desde su extracción hasta su retorno a la naturaleza, luego de pasar por sus diferentes usos, el agua es un factor clave para la creación de empleo en ámbitos relacionados directamente a la gestión de este recurso (suministro, infraestructura, tratamiento de aguas residuales) o a sectores económicos basados en recursos hídricos como la agricultura, la pesca, la energía, la industria y la salud.

En suma, el acceso a una fuente de agua potable y el saneamiento favorece a la educación y la salud de los trabajadores, factor indispensable de progreso. (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) ,2016)²

Los principales retos a los que en este siglo se enfrenta la humanidad en materia de agua son la sequía y las inundaciones, pero también la sobreexplotación y la contaminación de los recursos hídricos.

La cuestión es que hay agua suficiente como para satisfacer las necesidades crecientes del mundo, **pero no si no cambiamos radicalmente el modo en que se usa, se maneja y se comparte.**

Las inversiones en infraestructuras hídricas son fundamentales para el suministro de agua (cantidad y calidad), allí donde el usuario lo necesite debe ser fiable y predecible para apoyar las inversiones sostenibles desde el punto de vista financiero en las actividades económicas. Ello requiere infraestructuras tanto materiales como inmateriales que se financien, exploten y mantengan de forma fiable. (Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo, 2015)¹⁹

Por otro lado, la garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud.

La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correcta de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo), para mantener y proteger la calidad del agua tratada.

Ahora bien, en los edificios, el agua se usa para diferentes fines, desde consumo humano, riego, limpieza, hasta para sistemas de control de incendios, debido a este consumo, es necesario replantear el rendimiento del sistema hidrológico de un edificio para lograr un adecuado uso del recurso agua. (FAO. 2016. Sitio web AQUASTAT)⁶

El sistema hidráulico es el camino que recorre el agua dentro del edificio, desde su entrada como agua potable, hasta su salida, pasando por sistemas eficientes de distribución de agua, captación de lluvia, reciclaje, tratamiento, entre otras. La reducción en el consumo de agua del edificio y un replanteamiento de estrategias de disposición de agua residual dentro del ambiente construido puede aumentar la cantidad de agua disponible en la red municipal de agua potable, mejorar la salud de las personas y reducir amenazas a los ecosistemas.

2.2 “Reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias” (RENISDA). Tercera revisión mayo 2011.

Este reglamento nacional, se constituye en uno de los instrumentos normativos técnicos más importantes del sector, que permitirá reglamentar el diseño y la construcción de los sistemas sanitarios domiciliarios y será de utilidad a las Entidades Prestadoras de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSAS), Gobiernos Municipales.

Tiene por objeto establecer los **requisitos técnicos mínimos** para la planificación, el diseño, la construcción y puesta en servicio de las instalaciones domiciliarias de agua potable, evacuación de aguas residuales y el drenaje de las aguas pluviales.

(Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias Julio, 2011 Bolivia)²²

2.3 Instalación de agua potable

El cálculo de esta instalación es dotar a todo el edificio de agua fría y caliente ver (Figura 2.1). Los cálculos de agua fría y caliente se hacen de forma separada ya que necesitan distintas tuberías.

El cálculo de las instalaciones se hace siguiendo unos pasos predeterminados, primero el trazado de la instalación, cálculo del caudal real, pérdida de carga y comprobación de la presión en los puntos más desfavorables.

En resumen, el suministro de agua requiere una instalación compuesta de los siguientes bloques: acometida, contador e instalación tanques y equipos a bombeo y presión.

Para el dimensionamiento de la instalación se tiene en cuenta que el abastecimiento, realizado por EPSAS suministradora de agua potable, garantiza una presión de 20 m.c.a. normalmente esta presión es suficiente para poder conectar directamente nuestra instalación sin necesidad de intercalar un dispositivo elevador y para poder desprejar las pérdidas de carga que se producen en la instalación.

Al ser la presión inferior (agua fría) en la acometida no se necesita válvula reductora de presión. Todas las tuberías de la instalación son de PVC y eventualmente cobre, para agua caliente, situándolas a una distancia no menor de 30 cm de toda conducción.

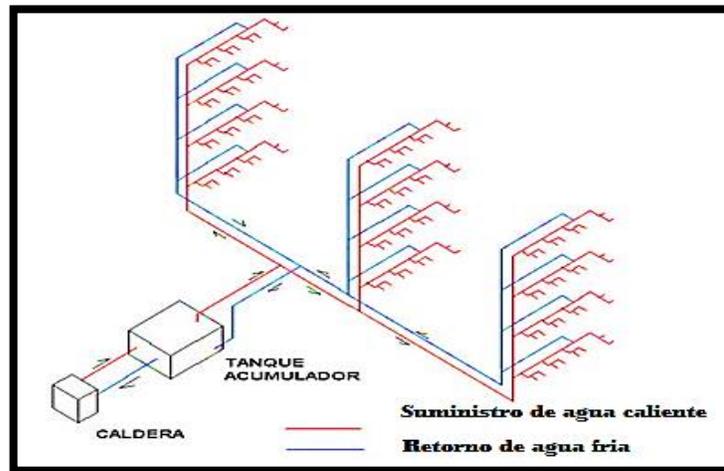
La instalación lleva distintas llaves de paso en aquellos lugares que se crea oportuno, para cortar el suministro o una zona determinada en aquellos casos que se produzca una avería. Además, todos los aparatos sanitarios (Inodoro, duchas y lavamanos, etc.) llevan una llave que corte el abastecimiento de dicho aparato.

La instalación de agua fría se dispone a una altura por debajo de cada losa de cada piso o (techo).

En la instalación se tendrá en cuenta que las tuberías de agua fría irán por debajo de cada losa y separadas 200 mm, como mínimo de la red de agua caliente, (Figura 2.1), para evitar pérdidas.

Para la instalación de agua caliente será necesaria la instalación de un calentador eléctrico o a gas, que cubrirá las necesidades de agua caliente en los vestuarios y cuartos de baño. (Luis Carlos Rodríguez Soza, 2007)¹⁰

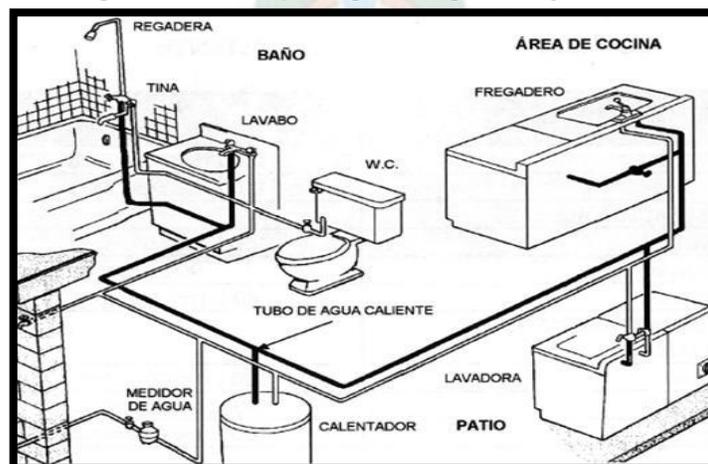
Figura 2.1 Esquema de circuitos horizontales de alimentación hacia arriba con equipos de calentamiento en nivel inferior y más de un edificio



Fuente: (Carlos Mario Luque Moreno, Bogotá, Colombia 2016)⁶⁰

El calentador deberá estar preparado para soportar las presiones de la red de alimentación de agua fría más la presión producida por el calentamiento del agua caliente. La elección del acumulador eléctrico se ha basado en la gran ventaja que supone no necesitar un conducto de evacuación, la no peligrosidad de explosión, la no necesidad de grandes espacios y la multiplicidad de usos. Se parte de la instalación de agua fría, el agua caliente se suministrará solo a duchas y lavaplatos. En el cálculo de las instalaciones se ha tenido en cuenta que cumpla la norma. El calentador se prevé con las obligadas válvulas de seguridad, válvula de retención o anti retorno que evita el retorno del agua caliente a la tubería de agua fría y otras.

Figura 2.2 Ruta que sigue el agua fría y caliente



Fuente: (Carlos Mario Luque Moreno, Bogotá, Colombia 2016)⁶⁰

2.3.1 Sistemas de abastecimiento en edificios

Un sistema de abastecimiento de agua consiste en una infraestructura que recolecta, trata, almacena y distribuye agua.

El primer paso para ejecutar un proyecto de este tipo es determinar qué sistema de abastecimiento se va a emplear, de forma que se pueda planificar una instalación eficiente y sin mayores contratiempos.

2.3.1.1 Sistemas de abastecimiento combinado

Se requiere de una combinación de presión y gravedad, por lo que es necesario el uso de tanques y bombas. (Figura 2.3, a)

2.3.1.2 Sistemas de abastecimiento a presión

Este resulta el más complejo, depende principalmente de los siguientes factores:

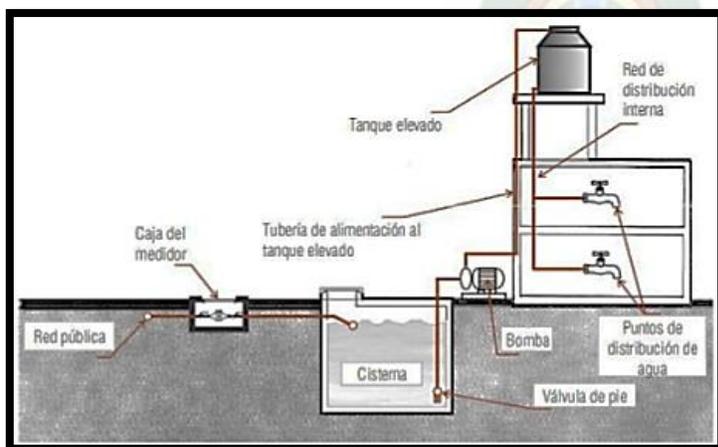
- Tipo de servicio
- Tipo de edificación
- Volumen de agua requerida
- Simultaneidad de los servicios
- Número de accesorios
- Número de niveles

Es recomendable en edificaciones donde se instalan muebles de fluxómetro, en los que eventualmente es necesario contar con agua presurizada (Figura 2.3, b y 2.4), este problema se puede resolver por medio de:

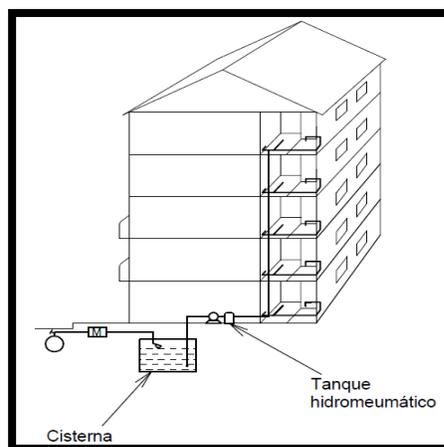
- ✓ Equipos hidroneumáticos
- ✓ Equipos de bombeo programados

Figura 2.3 Sistemas de abastecimientos en edificios

a) Sistema combinado

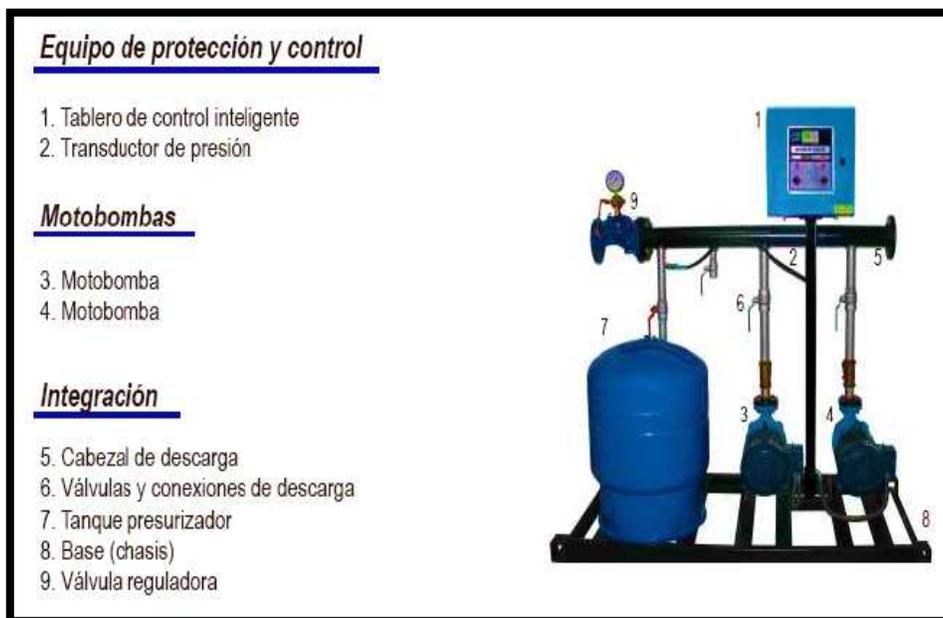


b) Sistema a presión



Fuente: Instalaciones hidráulicas y sanitarias en Edificios, Guillermo Benjamín Pérez Morales

Figura 2.4 Equipo de bombeo programado



Fuente: Instalaciones hidráulicas y sanitarias en Edificios, Guillermo Benjamín Pérez Morales

2.3.2 Demandas

La determinación de la demanda de agua es muy variable, debido a que los artefactos sanitarios en los edificios, al ser utilizados por los individuos, son operados de manera intermitente y de forma irregular, si se comparan los tiempos en que se usan con los que no se utilizan, son mayores estos últimos, por lo que no se hace necesario diseñar para la demanda máxima. (Juan Guillermo Silva Domínguez, 2013)¹³

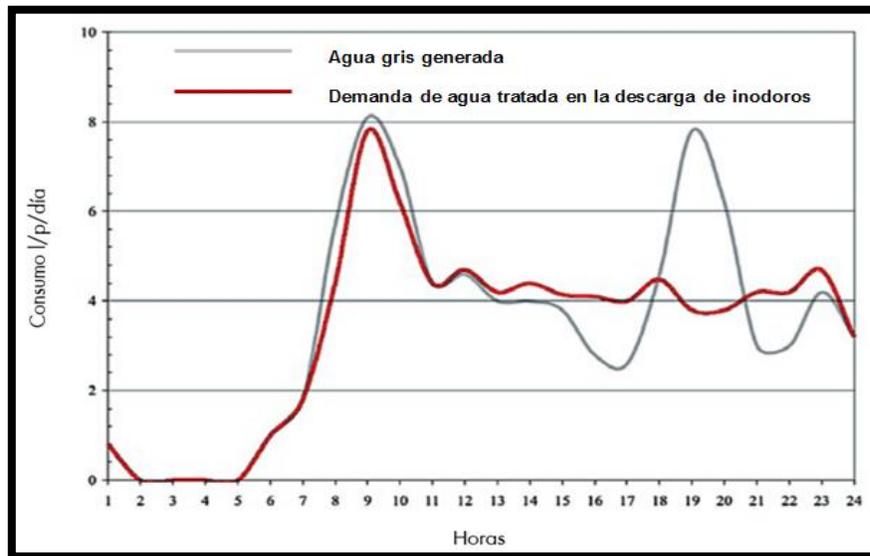
La especificación más importante desde el punto de vista hidráulico, es la definición de la demanda de agua de cada uno del artefacto sanitario, ya que de ello dependerá el gasto que deberá pasar por las tuberías la (Tabla 1.1, Cap.1) muestran algunos valores recomendados. (Luis Carlos Rodríguez Soza, 2007)¹⁰

Dado que el principal uso es alimentar al inodoro, la demanda de caudal será semejante a la producción de aguas grises, por lo que los depósitos no deben ser sobredimensionados ya que no es provechoso acumular grandes cantidades de agua reciclada. (Eillyn Ivonne Morales Vallejos, 2013)⁴⁰

En la (Figura 2.5), se observa como gran parte del agua potable que se usa para el inodoro, podría sustituirse por agua gris tratada.

Una cuestión, sin embargo, a tener en cuenta es el hecho de que el aporte de aguas grises y su consumo una vez tratadas son muy variables a lo largo del día.

Figura 2.5 Agua gris generada y demanda de agua tratada en la descarga de cisternas de inodoros



Fuente: Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises, En Edificios Aqua España, noviembre 2011.³⁸

Es por ello que debe considerarse la instalación de un sistema de almacenamiento que optimice su aprovechamiento. De esta forma se podrá garantizar el suministro de agua tratada incluso en horas de baja producción de aguas grises. (AQUA España, 2011)³⁸

2.3.3 Dotaciones de agua en edificaciones

El diseño de una instalación hidráulica de agua en un edificio comprende la cantidad de agua necesaria para alimentos, servicios sanitarios, calefacción, aire acondicionado, fabricación y protección contra incendio.

De conformidad a lo anterior, se ha establecido una serie de valores para determinar la dotación de agua que se debe abastecer a las edificaciones en las instalaciones sanitarias interiores en edificios, dado que ella permite conocer si la fuente de suministro tiene capacidad suficiente para determinar los volúmenes de los tanques de almacenamiento de acuerdo con el sistema de distribución que sea adoptado.

(Guillermo Benjamín Pérez Morales, 2009)⁹

Como en el caso de cualquier sistema de abastecimiento de agua, la dotación de agua para edificios es muy variable y depende de una serie de factores entre los cuales se pueden citar: uso del edificio, área, costumbres y hábitos de sus ocupantes. (Luis Carlos Rodríguez Soza, 2007)¹⁰

Es lógico que variará en función del uso que se le dé, siendo los valores más comúnmente usados los de la (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Cuadro de dotaciones comerciales, públicos valores referenciales

Tipo de inmueble/ Utilización	Dotación
Centros educativos, escuelas, colegios, universidades y otros similares, alumnado externo	50 L/alumno. día
Centros educativos, escuelas, colegios, universidades y otros similares, alumnado interno	120 L/alumno. día
Edificios de oficinas, personal	50 L/persona. día o 6,0 L/m ² . día
Parqueos sin lavado de automóviles	2 L/m ² . día
Centros de salud, hospitales, clínicas, personal médico, paramédico.	50 L/persona. día
Centros de salud, hospitales, clínicas, internos	400 – 800 L/cama. día
Centros de Salud, hospitales, clínicas, personal de oficinas, visitas	20 L/persona. día
Locales industriales, dotación por operario o personal de oficinas	50 L/persona. día
Locales comerciales, mercados, supermercados, empleados	50 L/empleador. día
Locales comerciales, uso general	5 L/m ² . día
Riego de jardines	2 L / m ² . día
Mercados, supermercados	10 L/m ² . día
Restaurantes, bares y similares	20 L/m ² . día
Salas de espectáculos sin considerar equipos de acondicionamiento de aire	25 L/butaca. día
Coliseos, gimnasios, locales deportivos	1 L/espectador. día
Regimientos y cuarteles	120 L/persona. día
Hoteles y similares	100 - 200 L/cama. día

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias Julio, 2011 Bolivia. (National plumbing code, 2006)²²

2.3.4 Determinación de la capacidad del tanque

El diseño de suministro depende directamente del tipo de uso que se le dé a la edificación, de esto depende la estimación del consumo de la dotación y demanda.

Es fundamental conocer la capacidad del depósito, para diseñar el sistema en función del número de usuarios de las instalaciones, se calcula su tamaño para llegar a un equilibrio entre el espacio utilizado y la capacidad del mismo.

Para la determinación de la capacidad, se necesita saber que volumen ocupará el consumo de todo un día en un edificio, según la (Tabla 2.1) se hará en base a la arquitectura del inmueble de los ambientes.

Se recomienda que las bombas deban arrancar, toda vez que el nivel del agua alcance los 2/3 del volumen útil del tanque. (RENISDA Julio, 2011 Bolivia) ²²

2.3.5 Trazado de la red

Los planos arquitectónicos son indispensables, ya que de ellos dependen la colocación de los muebles sanitarios y demás dispositivos propios de la instalación.

Dichos planos deben definir la localización de los aparatos sanitarios dentro de la edificación, para poder decidir el trazo más conveniente de la instalación hidráulica y de drenaje. Es importante en el trazo de los isométricos, indicar correctamente las diferentes posiciones de codos, tees, válvulas, etc.

2.4 Sistema de Alcantarillado

2.4.1 Instalaciones para desagüe de aguas servidas

Comprende todas las tuberías y accesorios de los ramales horizontales, primarios y secundarios de recolección de los artefactos sanitarios, sus conexiones con las tuberías de las columnas o bajantes de evacuación vertical y la prolongación hasta conectar a un sistema de ramales horizontales localizados en el cielo raso, para luego conducir estas aguas a un recolector principal y su posterior descarga a la red de alcantarillado público (Tixi Cali Luis David, 2014)²⁵

2.4.1.1 Partes de una red - desagües sanitarias

2.4.1.1.1 Tubería de desagües sanitarios

Conjunto de tuberías de evacuación de aguas de un edificio puede dividirse en tres partes, (Figura 2.6).

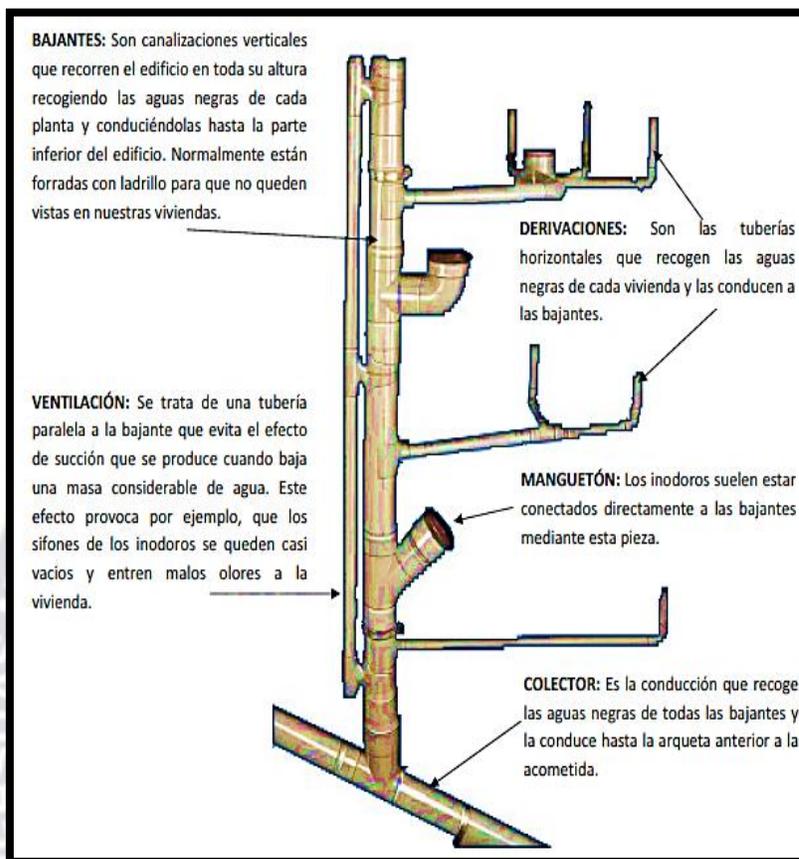
- a) Derivaciones
- b) Columnas
- c) Colectores

a) Derivaciones: Son las que enlazan los artefactos sanitarios con las columnas o bajantes. Son simples cuando sirven a un solo aparato, y compuestas cuando sirven a varios. En el primer caso, el diámetro depende del tipo de artefacto. En el segundo, varía con la pendiente y el número de artefactos servidos. (Luis Carlos Rodríguez Soza, 2007)¹⁰

Figura 2.6 Tuberías de evacuación en edificios

b) Columnas:

Llamadas también bajantes, son las tuberías de desagüe vertical. Aunque usualmente no se practica, se recomienda que se enlacen por su parte inferior a los colectores horizontales descarga en dos formas, o se coloca un sifón en la base de cada columna, entre esta y el colector, o bien, se enlazan directamente las columnas con el colector, disponiendo un sifón al final de éste.



Fuente: Manual de diseño hidrosanitario ⁵⁷

Las columnas en su parte superior, deben prolongarse hasta atravesar la terraza del edificio y dejar abierto su extremo superior, que puede cubrirse con un sombrerete, cuyo objeto no es solo de proteger la columna contra la entrada de cuerpos extraños, sino facilitar por la acción del viento, una aspiración de los gases contenidos en aquella.

d) Colectores:

Son las tuberías horizontales que recogen el agua al pie de las columnas y la llevan a la red de alcantarillado público o exterior.

Los diversos colectores que forman la red horizontal de saneamiento, se unen a su vez en un colector final que lleva el agua a la alcantarilla o red exterior de desagüe. Los materiales más empleados son el concreto, cemento normalizado, PVC, asbesto cemento y hierro fundido. (Luis Carlos Rodríguez Soza, 2007)¹⁰

2.4.1.1.2 Los sifones o trampas

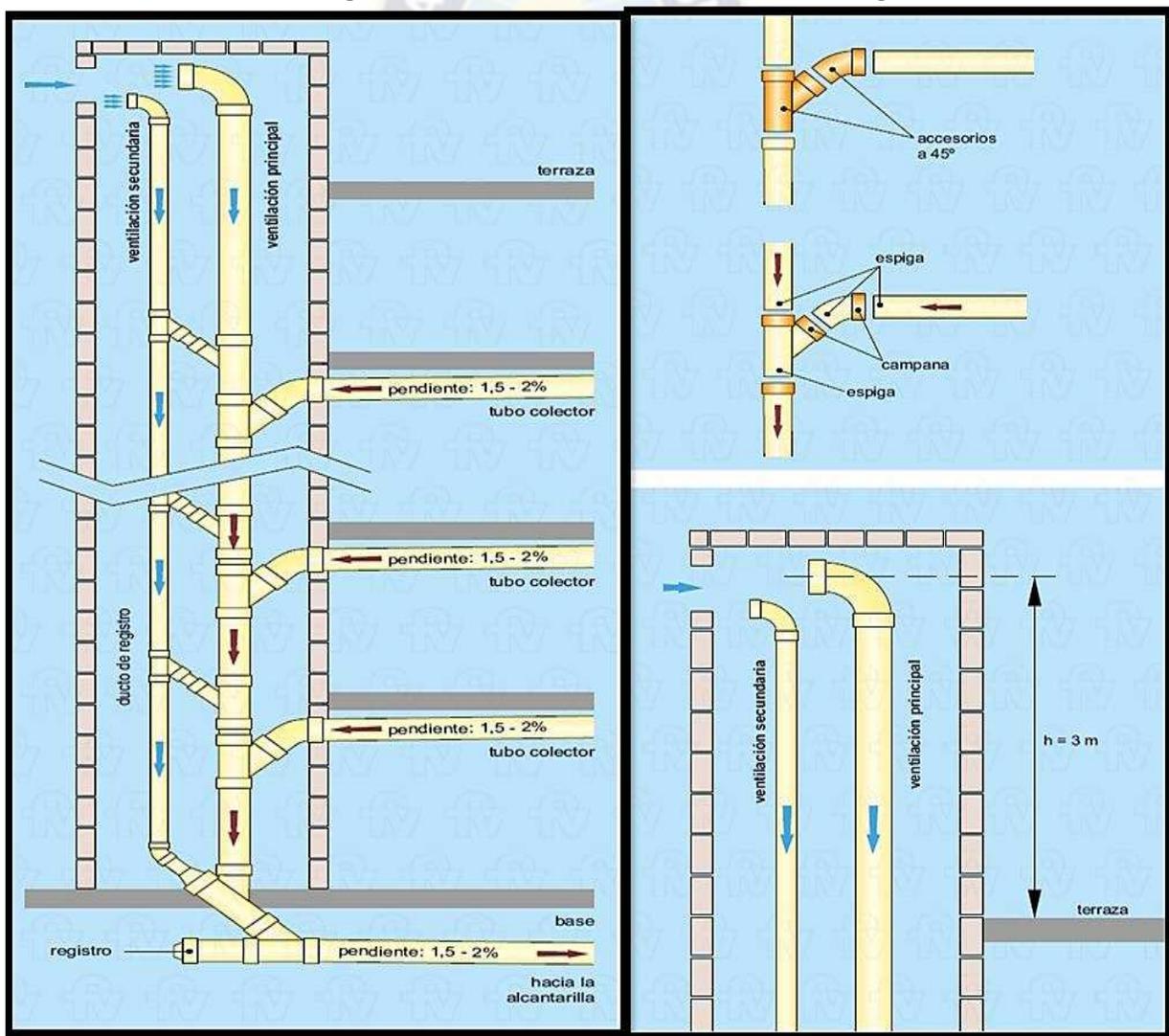
Es un dispositivo que tiene por objeto evitar que pasen al interior de los edificios las emanaciones procedentes de la red de evacuación, y al mismo tiempo deben permitir

paso fácil de las materias sólidas en suspensión en el agua, sin que aquellas queden retenidas o se depositen obstruyendo la trampa.

2.4.1.1.3 Tubería de ventilación

Tuberías que acometen a la red de desagüe cerca de las trampas, estableciendo una comunicación con el aire exterior, según la (Figura 2.7). Consta de las derivaciones que salen de los artefactos y se enlazan a las columnas de ventilación. Las derivaciones horizontales deben tener pendiente para dar salida al agua de condensación que llegue a formarse, las columnas deben tener el mismo diámetro en toda la altura. En su extremo inferior se enlazan con las bajantes o colectores de la red de desagüe a fin de eliminar agua de condensación. (Luis Carlos Rodríguez Soza, 2007)¹⁰

Figura 2.7 Tuberías de ventilación en los desagües



Fuente: Manual de diseño hidrosanitario FV. 59

2.4.2 Instalaciones pluviales

La función del sistema de drenaje pluvial de un edificio, es descargar el agua de los techos y balcones lo más pronto posible para evitar estancamientos que puedan producir filtraciones y humedad.

Al igual que el drenaje sanitario, este sistema recolecta las aguas pluviales de los techos, terrazas, jardines y balcones de cada nivel, en forma horizontal, luego son conducidas en forma vertical hasta el nivel preestablecido para iniciar nuevamente un recorrido horizontal hasta poder conectarse a la red municipal.

2.5 Sistema contra incendios

Las instalaciones de protección contra incendios en determinados tipos de edificios requieren el almacenamiento y distribución de agua hasta puntos cercanos a las zonas habitadas para su uso en caso de un posible fuego accidental.

El tipo de sistema a instalar en un edificio depende del uso (Administrativo, comercial, hospitalario y residencial, etc.), las dimensiones (altura de evacuación y metros cuadrados), y las características técnicas de los locales (tipos de fuegos posibles, carga térmica, etc.) (Erland Paz, 2014)⁶¹

2.5.1 Características que debe cumplir un sistema contra incendio

Algunas características están dadas por el Reglamento Nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias (RENISDA), tercera revisión noviembre 2011, será indispensable consultarla para considerar su relación con otras normas.

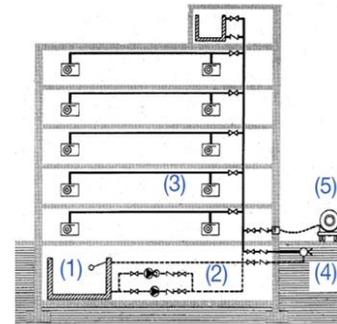
Los sistemas contra incendios que comparten circuitos de agua destinados a otros usos pueden resultar una fuente de contaminación, ya que por su propia función, están destinados a almacenar el agua estancada por largos periodos de tiempo, por ello es fundamental asegurar que las uniones de estos tipos de equipos con otras instalaciones se encuentren perfectamente protegidas, esto se puede conseguir con una válvula anti-retorno de bola o similar, o bien si se desea máxima protección mediante un desconector.

Dichos sistemas por definición, mantienen el agua estancada hasta el momento de uso, desde el punto de vista de los riesgos de la presencia de Legionella. (Erland Paz, 2014)⁶¹

2.5.2 Sistemas manuales con hidrantes

En la (Figura 2.8), se observa un esquema simplificado de este tipo de instalaciones, donde se aprecia el depósito (1), el sistema de bombeo (2) y la red de distribución de agua (3) dentro del edificio. También se observa la conexión de los circuitos interiores al aporte directo de agua de la red pública de suministro (4).

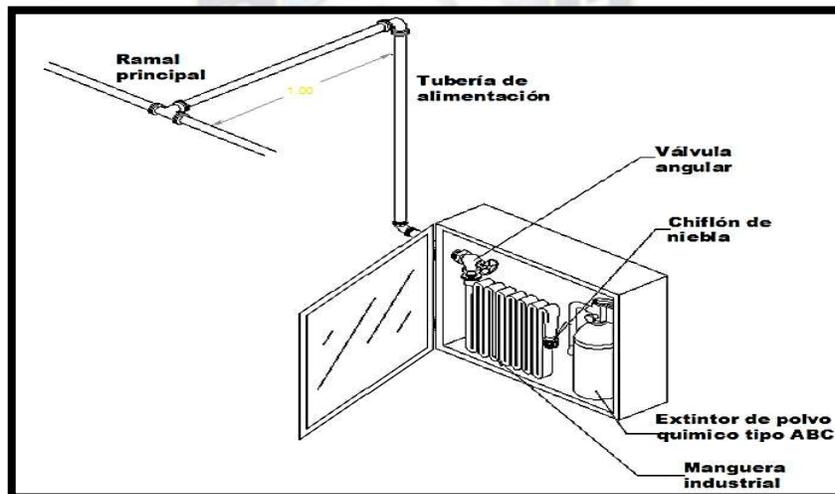
Figura 2.8 Tipo de instalación con hidrantes



Y una posible conexión a un camión cisterna, que pudiera suministrar agua extra en caso de ser necesario (5). (Gerardo, 2010)⁶²

Para la extinción del fuego se emplean hidrantes, rociadores y extintores, (Figura 2.9), los primeros dos funcionan por medio de una red hidráulica y el tercero, por medio de agentes extinguidores.

Figura 2.9 Hidrantes conectados a la red de agua fría y extintores



Fuente: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6r0rHTnAJ:www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/556/5/A5.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=bo&client=firefox-b-d>⁶²

2.5.3 Estación de bombeo

Todos los equipos contraincendios presentan ciertas particularidades, que las diferencian de las destinadas a impulsar agua para otros usos. Respondiendo a un mismo sistema básico de funcionamiento como se muestra en la (Figura 2.10). A continuación, se indica la finalidad de los componentes principales de un grupo. (Ángel Castillo Cuevas Claudio Tedde Inmaculada Martínez Vidal y Felipe Segura Gutiérrez, 2010-2011)⁶³

- **BOMBA PRINCIPAL:** Su función es suministrar el caudal de agua necesario a la presión suficiente que precise la instalación, en cada uno de los puntos de suministro (mangueras, hidrantes, sprinklers,). Una vez que la bomba principal se ponga en marcha, manual o automáticamente, su parada ha de realizarse manualmente, aun cuando ya no sea necesario el suministro de agua.
- **BOMBA DE RESERVA:** Tendrá las mismas características y función que la bomba principal. Esta bomba entrará en funcionamiento cuando, por cualquier motivo, la bomba principal no haya entrado en funcionamiento. El sistema de accionamiento de la bomba de reserva será independiente del utilizado para la bomba principal (2 bombas eléctricas con fuentes de energía independientes). Su parada también se realizará manualmente.
- **BOMBA AUXILIAR (JOCKEY):** Su función es la de mantener presurizada toda instalación o bien hacer frente a pequeñas demandas o posibles fugas que existieran. Su funcionamiento está controlado por un presostato que detecta las variaciones de presión en el calderón del colector de salida de la instalación.
- **CUADROS ELÉCTRICOS DE CONTROL:** Su función es el control, maniobra y protección de los distintos elementos que componen el grupo contraincendios. Dependiendo de las características del grupo el cuadro puede presentar diferentes componentes, pero básicamente se compone de bornero de conexiones, fusibles de protección, contactores, protectores magneto-térmicos, transformador, batería, cargador de batería, sirena, etc.
- **PRESOSTATOS:** Son interruptores automáticos que actúan en función de la presión y ordenan la puesta en marcha de las bombas. Se regularán en función del punto de trabajo determinado para la instalación.
- **DEPÓSITO Ó CALDERIN:** Es una reserva de agua a presión que controla que la bomba jockey no esté arrancando y parando continuamente en el caso de existir una fuga o pequeña demanda de agua, a la vez que hace la función de colchón amortiguador en la instalación evitando las variaciones bruscas de presión, facilitando la regulación de los presostatos y aminorando efectos indeseados como el “golpe de ariete”.
- **VÁLVULA DE SEGURIDAD:** Su función es evitar que la bomba principal trabaje a caudal cero, permitiendo la salida de un pequeño caudal que facilite la refrigeración

➤ del cuerpo de la bomba, evitando daños por sobrecalentamiento del agua por volteo continuo. Su uso se hace necesario dada la particularidad de parada manual de las bombas principales (no regulada por presostatos).

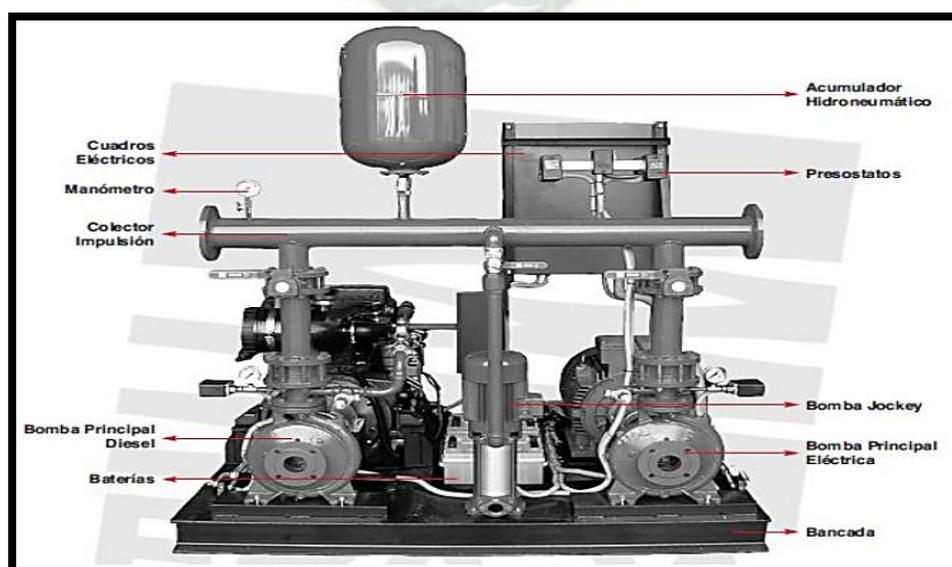
Los grupos principales contarán con arranque automático y manual y parada solo manual. Mientras que la bomba auxiliar **JOCKEY**, arrancará y parará de manera automática, un número alto de arranques/paradas se deberá evitar y estará regulado para comprobar posibles imperfecciones de la red.

Los presostatos de arranque de las bombas principales y de arranque/parada de la auxiliar deberán estar regulados adecuadamente para cuando se produzca cierta caída de presión. Dando como resultado la siguiente secuencia según las presiones que se fijen:

- 1°. Arranque de la Bomba Auxiliar (Presión < 9 bar)
- 2°. Arranque de la Bomba Principal (Presión < 6 bar)
- 3°. Arranque de la Reserva, en caso que la hubiera (Presión < 6 bar)

Dicho equipo de bombeo deberá cumplir las exigencias hidráulicas de trabajo. La presión nominal (P) es el manométrico total (bar) de la bomba que corresponde a su caudal. La presión de impulsión es la presión nominal (P), más la presión de aspiración, con su signo. Y esta será igual o superior a la presión mínima especificada o calculada para el sistema. El grupo de bombeo principal debe ser capaz de impulsar como mínimo el 140% del caudal nominal (Q) a una presión no inferior al 70% de la presión nominal (P).

Figura 2.10 Bomba Jockey



Fuente: (Ángel Castillo Cuevas Claudio Ted de Inmaculada Martínez Vidal Felipe Segura Gutiérrez Curso 2010-2011)⁶³

2.6 Reutilización de aguas grises

2.6.1 La reutilización del agua residual y su contexto histórico

Puesto que la reutilización del agua es un tema que se está empezando a desarrollar en la actualidad, no existe todavía una normativa que recoja las condiciones específicas de reutilización de efluentes.

Los primeros indicios que se tienen de la reutilización de aguas residuales provienen de su aplicación para el riego de terrenos. Por ejemplo, los sistemas de regadío en la civilización minoica en el año 2.000 a.C., donde las aguas residuales de la ciudad de Jerusalén se conducían hasta un estanque donde eran sometidas a una sedimentación y posteriormente se redirigían para el riego de huertas periféricas. Durante los siglos XVI - XVII, era frecuente recoger las aguas residuales domésticas de la nobleza castellana para el riego de los campos adyacentes. En el siglo XX se han desarrollado algunos proyectos de reutilización directa, aunque el destino ha sido casi siempre el riego agrícola. (Ignacio Javier Palma Carazo, 2003)²⁸

Hoy en día, una gran proporción de la población mundial se enfrenta a una situación de escasez de agua. El Informe sobre el Desarrollo Humano (2006) estimó que, en 2025, más de 3 mil millones de personas estarían viviendo sin la cantidad suficiente de agua diaria, y esta cifra aumentaría más de 5 mil millones en 2050.

Los Estados Unidos son los primeros en aplicar esta práctica a niveles relativamente importantes:

En 1912, en el Golden Gate Park de San Francisco, ya se reutilizaban las aguas residuales (primero en bruto, después tras tratamiento primario con fosa séptica) para el riego de zonas verdes y para la creación de masas de agua de carácter ornamental. Veinte años después, se construyó una planta de depuración cerca del parque, que se mantuvo en funcionamiento hasta 1985.

Progresivamente se fueron ampliando las actuaciones en el país, de manera que, en el año 1975, existían 536 proyectos de reutilización directa. (Ignacio Javier Palma Carazo, 2003)²⁸

Más tarde, a finales del siglo XX, debido a grandes avances técnicos, se plantea el reciclaje de aguas en la edificación como una práctica posible. En la (Tabla 2.2), podemos observar algunos ejemplos.

El primer planteamiento lógico de reutilización de aguas en la edificación se lleva a cabo también en Estados Unidos. Sin embargo, estos sistemas se utilizaban para suplir la deficiencia o inexistencia de infraestructuras urbanas de abastecimiento, debido a que era la medida más económica: El ejemplo lo obtenemos también en el Golden Gate Park de San Francisco, California, fue un sistema realizado en 1926 que consistía en aprovechar las aguas residuales procedentes de las diferentes instalaciones del parque (un primer aprovechamiento en estado bruto, y más tarde un proceso de sedimentación y clarificación mediante fosa séptica tradicional) para, el riego de zonas verdes y abastecimiento de calefacción, refrigeración y descarga de inodoros y urinarios. (Ignacio Javier Palma Carazo, 2003)²⁸

Las aguas regeneradas siempre se destinan a **usos no potables**, con aplicaciones como abastecimiento de inodoros, urinarios, riego, baldeo o limpieza de superficies.

Tabla 2.2 Experiencia en reciclaje, con restricciones, en agua residual en edificaciones

Tipo de edificio	Lugar	Origen de las aguas	Destino de las aguas	Caudal (m ³ /día)	Fecha
Escuelas públicas	Clinton, NJ, EE.UU.	Todas las AR	Inodoros y urinarios	-	10-87
	Sooke, BC, Canadá	Todas las AR	Inodoros	4,00	10-96
	Raritan Township, NJ, EE.UU.	AR negras	Inodoros, urinarios y riego de jardines	27,30	-
Edificios de oficinas	Montgomery Township, NJ, EE.UU.	Todas las AR	Inodoros y urinarios	-	-
	Courtenay, BC, Canadá	Todas las AR	Inodoros y urinarios	18,00	10-98
Complejo de oficinas	Santa Mónica, CA, EE.UU.	Todas las AR	Inodoros, urinarios, jardines (24 Ha), laguna (8.000 m ³) y vertido (10%)	77,30	05-91
Lavandería	Massachusetts, EE.UU.	Todas las AR	Agua de colada	53,04	08-94
Mercado	Connecticut, EE.UU.	Todas las AR	Inodoros y urinarios	74,12	11-95
Hipermercado	Chester, NJ, EE.UU.	Todas las AR	Riego de jardines	41,67	10-96
Hotel	Courtenay, BC, Canadá	Todas las AR	Inodoros y urinarios	-	-
Zona residencial	Saltspring Island, BC, Canadá	Todas las AR	Inodoros, urinarios y riego de jardines	120,00	07-97
Zona residencial	Village Square, NJ, EE.UU.	Todas las AR	Vertido	45,46	-
Estación meteorológica	Ártico canadiense	Todas las AR	Inodoro y vertido a zona sensible	10,00	11-95

Fuente: (Ignacio Javier Palma Carazo, 2003)²⁸

2.6.2 Agua apta para el consumo humano

Agua que cumple los criterios de calidad de la Norma Boliviana NB 512 Agua Potable - Requisitos, en cuanto se refiere a la calidad física, química, microbiológica, organoléptica y radiactiva del agua destinada al consumo humano, estableciendo las condiciones que deben cumplir las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSAS) a nivel nacional. (Reglamento Nacional NB 512, 2005)³⁰

2.6.3 Qué son las aguas grises

Las aguas grises se definen como las aguas residuales urbanas, generadas por la duchas, lavamanos, lavaplatos, lavadoras y lavaderos (Jefferson et al, 2004) estas representan la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas, ya que representan entre el 50 y 80 % del uso total de agua, (Flowers, 2004). Es un agua que a primera vista puede resultar inservible, y que sin embargo sus reutilizaciones pueden conseguir el ahorro de entre un 30% y un 45% de agua potable; protege las reservas de agua subterránea y reduce la carga de las aguas residuales (Gallo, 2010). Como características las aguas grises no tienen mal olor inmediatamente después de ser descargadas. El problema se inicia cuando las aguas quedan estancadas ya que los microorganismos presentes en ellas usarán rápidamente el oxígeno disponible y habrá mayor presencia de bacterias anaeróbicas, que además de dar mal olor, podrían crear un ambiente propicio para el desarrollo de agentes patógenos humanos (Liu et al, 2010). Adicionalmente las aguas grises contienen Fósforo, Potasio y Nitrógeno, que convierte a las mismas en una fuente de nutrientes para el riego de plantas. (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

En nuestro medio aún no se ha evaluado el verdadero potencial de las aguas grises, pero sí en cambio las usamos para satisfacer parte de la demanda de agua potable en los hogares, en la descarga de inodoros y urinarios.

De manera informal, poco a poco son cada vez más las personas que hacen algún tipo de reutilización de las aguas grises, generalmente buscando reducir el pago de la factura de agua.

2.6.4 Aguas grises domésticas

Son las derivadas de las actividades realizadas en los hogares, tales como lavado de ropa, uso de la ducha, el lavamanos, lavado de platos y utensilios.

Son altamente nutritivas para las plantas y representan entre el 55 y 75 % del consumo de agua potable en el hogar (Morel & Diener, 2006), tanto en zonas urbana como en zonas rurales (Abu Ghunmi, 2009). Igualmente, las aguas grises domésticas se pueden dividir en **crudas y tratadas**, según su estado y calidad, a continuación,

se describe la diferencia entre estas dos. (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

2.6.4.1 Aguas grises crudas domésticas (Afluente)

Son aguas grises domésticas que aún no han sido tratadas o expuestas a algún proceso de mejora. Estas se caracterizan por su color gris y suelen confundirse con las aguas negras y residuales (Abu Ghunmi, 2009), y comprenden entre el 60 y 75 % del agua residual de las viviendas (Gulyas & Raj Gajurel, 2004), adicionalmente no son muy buena en cuanto a calidad, y son percibidas en muchas partes del mundo como aguas inservibles. Igualmente, estas aguas se proyectan como una gran solución al desabastecimiento de agua en el planeta, y de contaminación de las fuentes hídricas.

(Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

2.6.4.2 Aguas grises tratadas domésticas (Efluente)

Las aguas grises tratadas son aquellas aguas grises que han recibido algún tipo de tratamiento o han sido sometidas a algún proceso para mejorar sus condiciones iniciales, y su uso depende del tratamiento usado para mejorar sus condiciones iniciales (Diaper et al, 2008), las cuales se recomiendan conocer para aplicar el tratamiento correcto que posibilite el máximo aprovechamiento (Al-Hamaiedeh & Bino, 2010).

Las aguas grises crudas pueden someterse a algún tipo de tratamiento que les permita mejorar su calidad y ampliar sus usos, de tal forma que estos no afecten la salud humana y de seres vivos (Abu Ghunmi, 2009). (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

2.6.5 Consumo de agua domestica

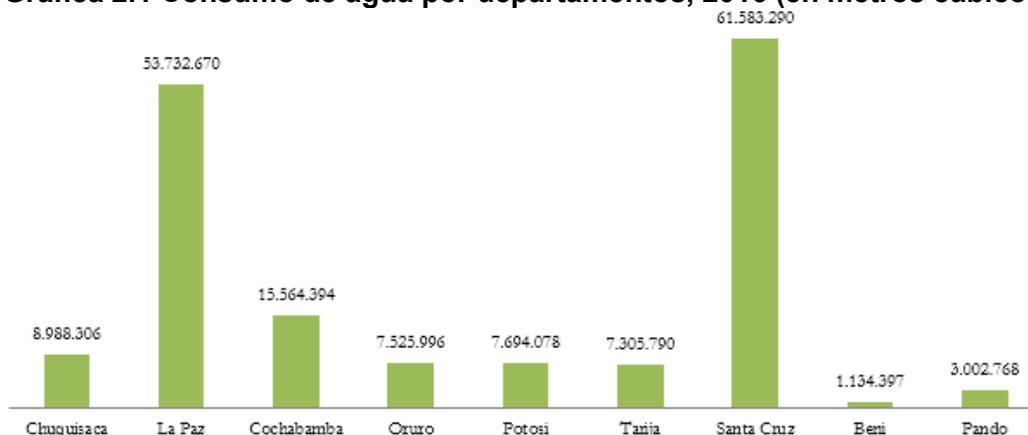
Los usos del agua en los hogares pueden clasificarse en interiores y exteriores:

- Usos interiores: una indicación para la distribución del uso interior es la que puede utilizarse hasta un 35% del consumo interior en los inodoros; un 30% en las duchas, un 20% en las lavadoras de ropa, entre un 3 -10% en las llaves de lavaderos y lavamanos y un 5% en los lavaplatos. (Cristian Mauricio Espinal Velasquez, David Ocampo Acosta Juan David Rojas García, 2014)¹²
- Usos exteriores: las actividades principales del uso exterior son: riego de jardines, lavado de automóviles, llenado de piscinas, pequeños cultivos en las huertas caseras, limpieza de marraneras, sobre todo en zonas rurales, entre otras. En aquellos domicilios que cuentan con jardines puede llegar a utilizarse hasta un 50% del agua en el exterior. (Cristian Mauricio Espinal Velasquez, David Ocampo Acosta Juan David Rojas García, 2014)¹²

Considerando estos aspectos y observando los usos interiores que se le dan al agua, se considera un aspecto fundamental y es el nivel de contaminación que tienen este tipo de aguas, aguas denominadas grises, que tienen la facilidad de poder ser recicladas y reutilizadas. (Cristian Mauricio Espinal Velasquez, David Ocampo Acosta Juan David Rojas García, 2014)¹²

A) Analizaremos los consumos de agua en Bolivia según la / (Gráfica 2.1).

Gráfica 2.1 Consumo de agua por departamentos, 2016 (en metros cúbicos)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística – Empresa distribuidora de agua potable, 2017 ²⁹

Se estima que sólo en la ciudad de Cochabamba existen 1.000 edificios de departamentos que consumen entre 70 y 170 metros cúbicos de agua al mes, es decir, entre 70.000 y 170.000 litros o 350 y 850 turriles al mes, sobre todo, en construcciones en altura por encima de los seis niveles. Por ejemplo, un edificio en el centro de la ciudad de siete pisos donde habitan siete familias con dos empresas con oficinas y un banco paga entre 1.100 y 1.500 bolivianos por agua potable y alcantarillado (Los Tiempos, Lorena Amurrio Montes, 2016)³¹

Lo ideal para las familias que viven en edificios o condominios horizontales es que cada una tenga su medidor.

El consumo per-cápita diario de agua potable en Bolivia alcanza los 300 litros, la (Tabla 2.3) muestra criterios de necesidad y usos del agua.

Desde que se levanta hasta que se duerme el boliviano usa cantidades “excesivas” de este líquido, muchas veces por desconocimiento, en la (Figura 2.11), muestra algunas medidas. El consumo depende de las zonas geográficas, costumbres y climas, en el occidente normalmente se usan 85 litros y en el oriente puede llegar de 250 a 300 litros. (www.aquakitbolivia.com, 2003)⁸

Tabla 2.3 Requerimiento mínimo de agua, según la Norma Boliviana 689 señala

Personas	Observaciones	Consumo recomendado
Persona por día	Consumo estándar	168 litros / día
Persona por día	Consumo Optimo	80 Litros / día
Higiene personal	Observaciones	Consumo recomendado
Lavado de manos (Higiene básica)	Acceso básico	20 Litros / día
Lavado de manos (Higiene básica)Lavandería de baño	Acceso Intermedio	50 Litros / día
Atiende todas las necesidades de consumo e higiene	Acceso Optimo	100 Litros / día
Zonas	Observaciones	Consumo recomendado
Barrios residenciales	Una sola persona	150 Litros / día
Barrios pobres	Una familia	125 Litros / día

Fuente: Elaboración propia: resumen de <http://www.lostiempos.com/actualidad/local/20161120/plantean-medidor-familia-edificios>³¹

Figura 2.11 Parámetros sobre el uso del agua



Fuente: <http://www.lostiempos.com/actualidad/local/20161120/plantean-medidor-familia-edificios>³¹

Es interesante constatar que, en la ciudad de La Paz, cada vez es más frecuente la aplicación de criterios ecologistas en el diseño y construcción de nuevos edificios denominados (edificios verdes).

Por ejemplo la referencia más antigua corresponde al edificio Crispieri Nardín, primera construcción ecológica de La Paz, inaugurada el 10 de julio de 2009, que aparte de otras innovaciones tiene en su sótano una planta depuradora de aguas residuales para tratar aguas: grises (lavamanos, lavaplatos, duchas, lavadoras) y ser reutilizadas mediante un sistema de tuberías instaladas que vuelven a todos los inodoros y urinarios, además del lavado de pisos y riego de los jardines que están en la terraza del edificio. Con ese tratamiento, el agua tendrá un grado de contaminación mínimo que permitirá que su vertido sobre el río Choqueyapu no ocasione ningún perjuicio a la fauna y a la flora del medio ambiente, señaló García.

(<http://blogverdebolivia.blogspot.com/2009/04/>)³²

2.6.6 Producción de aguas grises domésticas

La producción de aguas grises en las viviendas como en edificios es muy variable, así como se muestra en la (Gráfica 2.2), y está en función de la dinámica de cada una de ellas, la utilización de artefactos en el hogar, la época del año y la cantidad de personas que permanezcan o habiten las viviendas (Antonopoulou et al, 2013; Penn et al, 2012).

Según (Viera et al 2007), las aguas grises producidas por la ducha y el lavadero equivalen al 50 % de las aguas grises producidas en una vivienda comprendidos entre 1 y 6 habitantes con un área entre 50 y 180 m².

En un estudio realizado en 2 ciudades en Grecia, arrojo que el mayor punto generador de aguas grises en las viviendas, es la ducha con un 32 %, seguido de la lavadora con un 22 % del total de agua gris generada en las viviendas (Antonopoulou et al, 2013). El estudio encontró que las características varían según la fuente, al igual que los volúmenes producidos, siendo la ducha la que más produce agua gris, según este estudio que se realizó en tres campañas de una semana cada una y que no analizo las aguas generadas en la cocina ni evaluó el beneficio económico, y si plasmo la necesidad de estudiarlas a profundidad y generar una guía para el uso de las aguas grises en la ciudad de Bogotá. (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

Gráfica 2.2 Distribución estimada de la producción de agua gris por fuente en una vivienda



Fuente: (adaptado de Antonopoulou et al, Grecia 2013) (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

Según mucha Bibliografía de algunos autores definen de diferente manera a la producción de aguas grises, así como se describen en las (Tablas 2.4 a 2.6), según:

Tabla 2.4 Producción de aguas grises según: calidad, volumen y origen

Aguas Grises	<p>Las aguas residuales domésticas se dividen en dos, atendiendo a su calidad, el volumen producido y el origen dentro de la actividad de edificio:</p> <p>1.- Aguas negras: Aquellas procedentes de las descargas de inodoros y urinarios, colada (tanto manual como automática) y la generada en la cocina (fregadero y lavavajillas). Las aguas negras se caracterizan por su alta carga orgánica ($DBO/DQO \geq 0,40$).</p> <p>2.- Aguas grises: Las canalizadas a partir de la ducha o baño, lavabos, etc. ($0,40 \geq DBO/DQO \geq 0,20$).</p>
---------------------	--

Fuente: ((Ignacio Javier Palma Carazo, 2003) María Castro Montilla, 2015)²⁸

Debido a los bajos niveles de patógenos contaminantes y nitrógeno, la reutilización y reciclaje de las aguas grises atrae cada vez más la atención de muchos investigadores.

Tabla 2.5 Producción de aguas grises según el punto de procedencia

Aguas Grises	<p>Hay algunos autores que consideran que las aguas grises provienen de la ducha o baño, lavabos las lavadoras, lavavajillas y fregaderos de cocina, excluyendo únicamente los inodoros.</p> <p>Según esta clasificación, las aguas procedentes de la ducha, baño o lavabo serían aguas de <u>baja carga orgánica</u>, mientras que las procedentes de la lavadora, lavavajillas y fregaderos de cocina corresponderían a aguas de <u>alta carga orgánica</u>.</p>
---------------------	---

Fuente: ((Ignacio Javier Palma Carazo, 2003) María Castro Montilla, 2015)²⁸

Tabla 2.6 Producción de aguas grises según el tipo de agua

Aguas Grises	<p>Se podrían diferenciar, en una primera aproximación en 3 TIPOS DE AGUAS GRISES:</p> <p>Aguas grises TIPO 1 ó “aguas de baja carga”: Ducha, bañera, lavabo.</p> <p>Aguas grises TIPO 2 ó “aguas de media carga” ... + lavadora.</p> <p>Aguas grises TIPO 3 ó “aguas de alta carga”:... + lavavajillas + fregadero de cocina.</p>
---------------------	--

Fuente: ((Ignacio Javier Palma Carazo, 2003) María Castro Montilla, 2015)²⁸

La (Tabla 2.7), muestra consumo de aguas en otros países. Los datos de la literatura indican, que el consumo típico de agua gris esta entre 90 y 120 l/hab. –día, con el agua conducida por tuberías (Morel & Diener, 2006). (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

Tabla 2.7 Producción de agua gris en algunos países

País	Vietnam 1	Jordania 2	Israel 3	Nepal 4	Suiza 5	Australia 6	Malasia 7
Producción	L/Hab. - día						
Total	80 - 110	50	98	72	110	113	225
Cocina	15 - 20	-	30	-	28	17	-
Baños	30 - 60	-	55	-	52	62	-
Patio de Ropa	15 - 30	-	13	-	300	34	-

Fuente: (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

2.6.7 Características generales

Las características de las aguas grises dependen de muchas variables como indica el (Punto 2.6.3), otros como los compuestos presentes en las aguas grises varían de

una fuente a otra, donde los estilos de vida, las costumbres, las instalaciones y el uso de productos químicos de uso doméstico serán de importancia en su composición.

La composición puede variar significativamente en términos de tiempo y lugar, debido a las variaciones en el consumo de agua en relación con las cantidades de sustancias vertidas.

Además, podría haber degradación química y biológica de los compuestos químicos, dentro de la red de transporte y durante el almacenamiento (Eriksson et al, 2002). (Elkin

Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

Tabla 2.8 Características generales de las aguas grises crudas de acuerdo a su fuente

FUENTE	CARACTERÍSTICAS
Lavadora automática de ropa	Blanqueador, espuma, pH alto, agua tibia, nitratos, grasas y aceites, demanda de oxígeno, fosfato, salinidad, jabón, sodio, sólidos suspendidos y turbiedad.
Tina y ducha	Bacterias, pelos, agua tibia, olor, grasas y aceites, demanda de oxígeno, jabón, sólidos suspendidos y turbiedad.
Lavamanos	Bacteria (sustancialmente menos que tina y ducha), pH alto, pelos, agua tibia, olor, grasas y aceites, demandas de oxígeno, fosfatos, jabón, sólidos suspendidos y turbiedad.
Lavadora de vajilla*	Bacterias, espuma, partículas de alimentos, agua tibia, olor, grasas y aceites, materia orgánica, demanda de oxígeno, salinidad, jabón, sólidos suspendidos y turbiedad.
Lavaplatos cocina*	Bacterias, <u>partícula de alimentos</u> , agua tibia, olor, grasas y aceites, <u>materia orgánica</u> , demanda de oxígeno, jabón, sólidos suspendidos y turbiedad.

*Aunque no se recomienda como agua gris reutilizable, se incluye para comparación. Se observa que la presencia de partículas de alimentos y materia orgánica es lo que marca la diferencia con otras fuentes.

Fuente: (Alkhatib, 2008)⁴⁰

Teniendo en cuenta esto, podemos establecer los siguientes consumos domésticos en el interior del edificio, según Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias Julio, 2011 Bolivia.

Tenemos que comprobar que el volumen de agua recuperada es suficiente para satisfacer la demanda del inodoro.

Tabla 2.9 Volumen de aguas grises domesticas generadas por habitante usando la (Tabla 1.1)

Origen de las aguas residuales	Consumo	A.R. (85% del consumo)
	Litros/min	
	Aguas residuales grises	
Lavamanos corriente	9,46	8,041
Lavaplatos o pileta de cocina de 20 mm	22,71	19,304
Ducha, 15 mm	9,46	8,041
Lavandería, 15 mm	9,46	8,041
Maquina de lavar ropa (3,50 a 7 Kg) , Lavadora	15,14	12,869
Total:	66,23	56,296

Fuente: (María Castro Montilla, 2015)²⁸

Tabla 2.9 A. Volumen de aguas negras domésticas generadas por habitante

Origen de las aguas residuales	Consumo	A.R. (85% del consumo)
	Litros/min	
	Aguas residuales negras	
Inodoro c / tanque de gravedad	11,36	9,656
Urinario Corriente	5,68	4,828
Total:	17,04	14,484

Fuente: (María Castro Montilla, 2015)²⁸

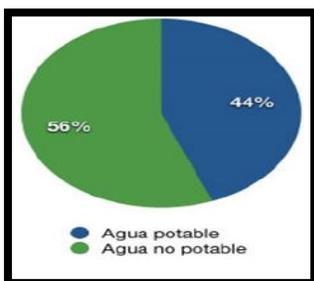
Nota: El volumen de aguas grises es el 85% del consumo de cada sanitario. Según la bibliografía consultada (Ver pág. 36, Volumen de aguas residuales domésticas por vivienda, Flowers, 2004). (María Castro Montilla, 2015)²⁸

De la (Tabla 2.9 y 2.9 A), extraemos que las aguas grises tienen un peso importante en el total de aguas residuales, con un porcentaje del 56% del conjunto.

En edificios residenciales, las reutilizaciones de aguas grises tratadas podrían representar una reducción de 56% del consumo total de agua.

Más de la mitad de agua que se utiliza en las viviendas podría proceder de aguas grises tratadas.

Gráfica 2.3 Consumo de agua



Reciclar el 44% del agua potable, junto con una cierta captación de aguas pluviales, permitiría evitar el consumo del 56% del agua para uso doméstico, independientemente de que el usuario de la vivienda esté convencido de reducir su consumo. Sin embargo, esta proporción varía según la tipología que estemos tratando.

A continuación, se muestra en la (Tabla 2.10) un resumen de los principales parámetros que caracterizan las aguas grises.

Tabla 2.10 Resumen caracterización de aguas grises, según diversas fuentes

PARÁMETROS	UNIDADES	PROMEDIO			MÍNIMO			MÁXIMO		
		DUCHA	LAVAPLATO	LAVADORA	DUCHA	LAVAPLATO	LAVADORA	DUCHA	LAVAPLATO	LAVADORA
FÍSICOS										
Conductividad	dS/m	0.1	-	0.2	2.0	-	2.6	-	-	-
SST	mg/l	340.8	505.0	283.3	48.0	134.0	70.0	470.0	1300.0	665.0
SDT	mg/l	330.0	312.0	2385.0	70.0	185.0	260.0	530.0	445.0	3635.0
Turbiedad (UNT)	UNT	374.7	133.0	444.3	20.0	111.0	14.0	539.0	188.0	494.0
QUÍMICOS										
DBO5	mg/l	203.5	42.1	250.3	80.0	25.0	48.0	424.0	73.0	462.0
DQO	mg/l	382.0	314.2	508.3	72.0	26.0	76.0	665.0	1600.0	1339.0
Fósforo (P)	mg/l	-	-	-	0.1	3.1	0.1	2.2	10.0	57.0
Nitrógeno Total	mg/l	-	-	-	0.8	13.0	8.0	7.3	60.0	21.0
Nitrato (NO ₃)	mg/l	-	-	-	0.0	-	0.4	4.9	-	0.8
pH		7.3	7.1	8.1	5.0	8.3	7.5	8.1	7.7	10.0
Surfactantes	mg/l	10.1	41.9	118.3	<0.5	23.9	18.8	17.8	76.5	114.0
MICROBIOLÓGICOS										
Coliformes Fecales	ufc/100ml	-	-	-	9.0	1.0	-	4*10 ⁵	8*10 ⁵	4*10 ⁵
Coliformes Totales	ufc/100ml	-	-	-	70.0	-	56.0	2.8*10 ⁷	-	8.9*10 ⁵

Fuente: (María Verónica Franco Alvarado, junio 2007) ³⁷

Estudios realizados en diferentes países han permitido conocer la composición aproximada de las aguas grises.

Las diferencias en calidad de agua potable, así como las diferentes costumbres entre países, ciudades, pueblos y familias, hacen que no se pueda estandarizar la calidad de las aguas grises, no obstante, los análisis realizados en diferentes partes del mundo pueden ayudar a tener una idea de las características más marcadas de estas aguas.

2.6.7.1 Características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas grises domésticas

Según fuentes bibliográficas (Eriksson, et al., 2001), las aguas residuales grises dependen de la calidad del abastecimiento de agua, del tipo de red de distribución para el agua potable y de las actividades desarrolladas en el hogar donde su composición y concentración de los principales parámetros de interés, variarán considerablemente tanto en términos de lugar como de tiempo.

Las (Tablas 2.11 y 2.12) específicamente detallan, con respecto a los distintos parámetros de interés, se puede señalar lo siguiente. (Dirección General de Aguas, Santiago de Chile diciembre 2010)³⁵

Tabla 2.11 Parámetros físicos de aguas grises

Parámetros Físicos				
		Fuente	Variaciones	Observaciones
AGUAS GRISES	Temperatura	Eriksson et al 2001	18 ° C - 38 ° C	Se debe destacar que las altas temperaturas favorecen el crecimiento microbiológico (Eriksson, et al. 2001).
	Color		-	-
	Turbides	Eriksson et al 2001	-	Depende de la fuente de la cual proviene. Así por ejemplo, cuando proviene de la actividad de lavado varía en función del ciclo del mismo, generándose alta turbidez durante el lavado de ropa propiamente tal y baja turbidez durante el ciclo de enjuague y secado de las mismas.
	Sólidos Suspendidos	Eriksson et al 2001	100 mg/l - 2,500mg/l	Donde los altos valores se generan en las zonas de lavandería y cocinas (Eriksson, et al., 2001).

Fuente: (Dirección General de Aguas, Santiago de Chile diciembre 2010)³⁵

Tabla 2.12 Parámetros químicos de aguas grises

Parámetros Químicos																
	Fuente	Concentraciones	Observaciones													
AGUAS GRISES	DQO	Eriksson et al 2001	5.000-8.000 mg/l	Obedeciendo a las siguientes diferencias en dichos parámetros según la fuente de generación de aguas residuales grises.												
	DBO	Eriksson et al 2001	10-1.500 mg/l	<p align="center">Concentraciones DQO y DBO según fuente de aguas residuales Grises</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuente</th> <th>DQO (mg/l)</th> <th>DBO (mg/l)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Baño</td> <td>184 – 633</td> <td>76 – 300</td> </tr> <tr> <td>Lavandería</td> <td>725 – 1.815</td> <td>48 – 472</td> </tr> <tr> <td>Cocina</td> <td>26 – 1.380</td> <td>5 – 1.460</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Eriksson, et al., 2001</p>	Fuente	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Baño	184 – 633	76 – 300	Lavandería	725 – 1.815	48 – 472	Cocina	26 – 1.380	5 – 1.460
	Fuente	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)													
	Baño	184 – 633	76 – 300													
Lavandería	725 – 1.815	48 – 472														
Cocina	26 – 1.380	5 – 1.460														
NITRÓGENO	Características de las aguas grises en una residencia en Bogotá, denominado "Estudio Preliminar de Caracterización y Cuantificación de las Aguas Grises en una residencia de Bogotá", desarrollado por María del Pilar Ochoa el año 2007 en Colombia.	Las aguas residuales grises (1,0 – 75 mg/l), es menor que la de las aguas residuales domésticas (20 – 80 mg/l).	Lo que se explica en el hecho que la fuente principal de nitrógeno en aguas residuales domésticas la constituye la orina, y ella no está presente en las aguas residuales grises. No obstante, se debe destacar que las aguas residuales provenientes de la cocina contribuyen con niveles de Nitrógeno en las aguas residuales grises, de los cuales los niveles de amonio son del orden de 0,05 – 25 mg/l.													
FOSFATOS	Características de las aguas grises en una residencia en Bogotá, denominado "Estudio Preliminar de Caracterización y Cuantificación de las Aguas Grises en una residencia de Bogotá", desarrollado por María del Pilar Ochoa el año 2007 en Colombia.	Concentraciones de Fósforo total en el orden de 6 – 23 mg/l, mientras que las concentraciones encontradas en áreas donde se ha reducido el uso de éstos detergentes están en el orden de 4 – 14 mg/l.	Detergentes son la fuente primaria. Lo anterior permite explicar el porqué las concentraciones de Fosfatos en aguas residuales grises provenientes de lavanderías (0,1 – 57 mg/l) son generalmente más altas. Que las provenientes de duchas y lavamanos (0,1 – 2,0 mg/l).													

Fuente: (Dirección General de Aguas, Santiago de Chile diciembre 2010)³⁵

Características Microbiológicas:

Las características microbiológicas de las aguas grises están relacionadas con los Coliformes fecales, totales y Escherichia coli, entre otros, los cuales se deben fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que los agentes patógenos – bacterias y virus se encuentran en las heces, orina y sangre, son el origen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa).

Las concentraciones normales de las sustancias presentes en las aguas grises domésticas varían según la temporada del año (verano e invierno), la fuente, así como sus contaminantes presentes (Matos, 2012). (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013)⁴¹

2.6.7.2 Comparación de aguas grises y negras

La distinta composición de aguas grises y negras, hace que las materias orgánicas contenidas en ellas tengan diferente comportamiento frente a la degradación.

El almacenamiento de aguas grises durante más de 24 horas puede generar olores fuertes, debido al alto nivel de DBO_5 , el oxígeno se consume rápidamente, lo que resulta el crecimiento de bacterias anaerobias.

Cuando las bacterias anaerobias viven y se multiplican, liberan sulfuro de hidrógeno, un gas extremadamente oloroso. No se recomienda almacenar aguas grises sin tratar por más de 24 horas (Rose, et al., 1991).

La DBO_5 de las aguas residuales sin tratar es de aproximadamente 300 mg / l (Bitton, 1999) y cae a menos de 10 mg / l en las aguas residuales tratadas (EPA, 2003).

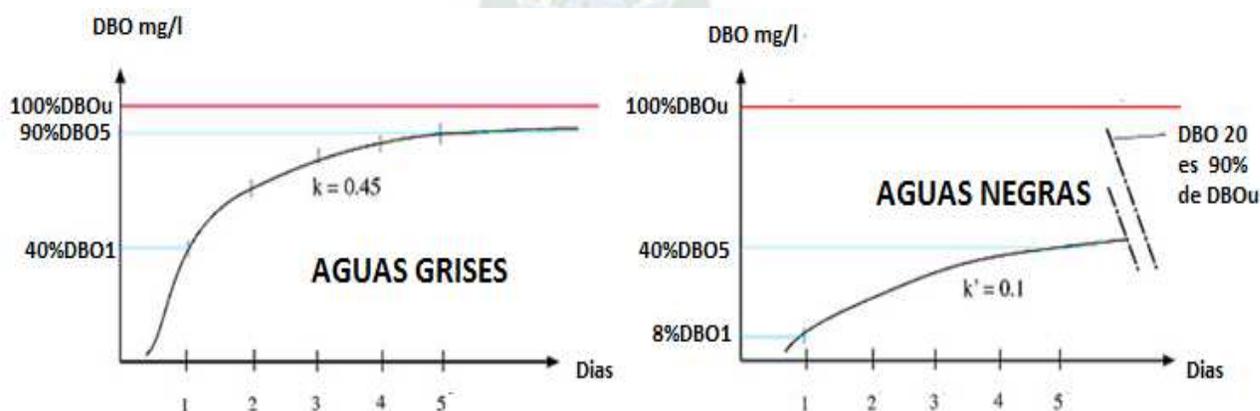
Si bien la DBO_5 de las aguas grises puede ser alta, un estudio realizado en Suecia (Karlgrén, 1967), mostró que la diferencia más significativa entre las aguas negras y las aguas grises radica en la **tasa de descomposición** de los contaminantes en cada una.

Después de 5 días de descomposición en aguas negras, solo se logró el 40% de la descomposición final (DBO_u).

En contraste, la DBO_u del agua gris alcanzó aproximadamente el 90% de la descomposición según la (Gráfica 2.4) la diferencia en las tasas de descomposición, puede explicarse por la presencia de grasa, fibra y partículas (las aguas residuales del lavaplatos de la cocina se incluyeron en este estudio).

Esto se puede entender dado que parte de la materia orgánica en las aguas negras, provenientes de las excretas, presentan mayor dificultad para ser degradada por microorganismos. (María Verónica Franco Alvarado, junio 2007) ³⁷

Gráfica 2.4 Comparación de tasas de descomposición de aguas grises y aguas negras



Fuente: (Olson, 1967. Adaptado de www.greywater.com (María Verónica Franco Alvarado, Junio 2007)). ³⁷

Entre las diferencias de las aguas grises con las aguas negras se encuentran:

Menor Cantidad De Patógenos: Esto se explica debido que la gran fuente de patógenos en el agua residual son los excrementos.

Menor Cantidad De Nitrógeno: Es cerca de la décima parte del correspondiente a las aguas negras. Aproximadamente la mitad de este nitrógeno, corresponde a tipo orgánico, el cual puede ser consumido por plantas. A diferencia de este él perteneciente a las aguas negras, se convierte rápidamente en nitrito y nitrato, cancerígenos, difíciles de remover.

Mayor cantidad de fósforo: Esto se explica debido al uso de detergentes ricos en fósforo, en lavadoras y lavaplatos.

Mayor tasa de dominio de contaminantes: Ocurre, ya que los componentes orgánicos de las aguas negras han pasado previamente por el aparato digestivo humano, lo cual los hace menos disponibles a los microorganismos, que la materia orgánica correspondiente a las aguas grises. Debido a esta alta tasa de descomposición, la descarga de aguas grises a ríos o lagos trae efectos más inmediatos que las aguas negras. Sin embargo, debido a la misma razón, en suelo con actividad biológica, la rápida descomposición de las aguas grises hace que estas no sean tan contaminantes como las aguas servidas o las negras, ya que, por la lenta degradación de estas últimas, pueden contaminar sectores alejados del lugar de infiltración, a diferencia de las grises, que al degradarse rápidamente en el sector no llevan la contaminación a otros sectores. (Olson, 1967. Adaptado de www.greywater.com (María Verónica Franco Alvarado, Junio 2007))³⁷

En la (Tabla 2.13), se presenta la comparación entre aguas grises y negras, de acuerdo a parámetros relevantes:

Tabla 2.13 Comparación de aguas según diversos parámetros

Parámetro	Aguas Negras	Aguas Grises
Coliformes Fecales	XXX	X
DBO ₅ /DBO _U	X-XX	XXX
Fósforo	XX	XXX
Nitrato	XXX	<X
Nitrógeno	XXX	X
Sólidos Suspendidos	XXX	XXX
Surfactantes	-	XX
Turbiedad	XXX	XXX

Fuente: (Olson, 1967. Adaptado de www.greywater.com (María Verónica Franco Alvarado, Junio 2007)).³⁷

X: Valor esperado
XX: Valor Moderado
XXX: Valor Alto
-: Ausente

2.6.8 Normativa nacional para el uso de aguas grises

En Bolivia, no hay reglamentación específica encaminada hacia el aprovechamiento o reuso de las aguas grises, la mayoría está encaminada establecer los requisitos técnicos mínimos para la planificación, el diseño, la construcción y puesta en servicio

de las instalaciones domiciliarias de agua potable, evacuación de aguas residuales y el drenaje de las aguas pluviales.

2.6.9 Calidad de aguas grises crudas (Afluente)

Su composición depende principalmente de su origen, no obstante, es posible considerar los valores de las (Tablas 2.14 y 2.15). (Reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de Gestión Sostenible del agua Universidad de Coruña – España. Mayo 2013)³⁴

Tabla 2.14 Rangos de contaminación de diferentes aguas grises (Fangyue y Wichmann, 2009)

	BAÑERA, DUCHAS, LAVADOS	LAVADERO	COCINA	MIXTA	AGUA RESIDUAL URBANA MEDIA
pH (-)	6.4 – 8.1	7.1 – 10	5.9 – 7.4	6.3 – 8.1	
SST (mg/L)	7 – 505	68 – 465	134 – 1300	25 – 183	250
Turbidez (NTU)	44 – 375	50 – 444	298	29 – 375	
DQO (mg/L)	100 – 633	231 – 2950	26 – 2050	100 – 700	500
DBO ₅ (mg/L)	50 – 300	48 – 472	536 – 1460	47 – 466	250
NT(mg/L)	3.6 – 19.4	1.1 – 40.3	11.4 – 74	1.7 – 34.3	40
PT (mg/L)	0.11 – 48.8	ND – > 171	2.9 - 74	0.11 – 22.8	8
Coliformes totales (UFC/100 mL)	10 – 2.4 × 10 ⁷	200 – 7 × 10 ⁵	2.4 × 10 ⁸	56 – 8.03 × 10 ⁷	10 ⁸
Coliformes fecales (UFC/ 100 mL)	0 – 3.4 × 10 ⁵	50 - 1.4 × 10 ³	–	0.1 - 1.5 × 10 ⁸	10 ⁷

Fuente: Reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de Gestión Sostenible del agua Universidad de Coruña – España. Mayo 2013³⁴

Tabla 2.15 Concentraciones normales de los parámetros de calidad de las aguas grises crudas domésticas combinadas de varios autores

Parámetro	Und	Concentración	Parámetro	Und	Concentración
Aluminio	mg/L	0.01 – 0.5	Alcalinidad total	mg/L	12 – 35
Arsénico	mg/L	< 0.01	Sólidos totales	mg/L	20 – 126
Plomo	mg/L	1.0 – 1.31	Sólidos suspendidos totales	mg/L	25 – 183
Bario	mg/L	< 1	Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	28 – 87
Hierro	mg/L	0.1 – 0.4	Conductividad	μS/cm	82 – 1845
Calcio	mg/L	0.1 - 1.4	Fosforo total	mg/L	0.1 – 2.0
Cadmio	mg/L	< 0.03	Sulfatos	mg/L	83 – 160
Cromo Total	mg/L	< 0:05	Cloruros	mg/L	20 – 30
Plata	mg/L	< 0:05	pH (Potencial de hidrógeno)	mg/L	6.3 – 8.1
Molibdeno	mg/L	0.2 – 0.5	NTK	mg/L	1.7 – 34.3
Cobre	mg/L	0.01 – 0.5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	47 – 466
Níquel	mg/L	< 0.05	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	100 – 700
Manganeso	mg/L	0.01 – 0.5	Grasas y aceites (FOG)	mg/L	7 – 230
Sodio	mg/L	68 – 93	Coliformes fecales	CFU/ 100 ml	0.1 – 1.5 x 10 ⁸
Potasio	mg/L	0.8 – 3	Coliformes totales	CFU/ 100 ml	56 – 8.03 x 10 ⁷
Magnesio	mg/L	0.4 – 5.0	Escherichia coli	CFU/ 100 ml	0 – 2.51 x 10 ⁷
Zinc	mg/L	0.1 – 0.5	Surfactantes (Sustancias activas al azul de Metileno - MBAs)	mg/L	45 – 170
Turbidez	NTU	29 – 375			

Fuente: (Adaptado de Hocaoglu, Insel, UbayCokgor, & Baban (2010), Li, Wichmann, & Otterpohl (2009), Al-Hamaiedeh & Bino (2010), Hypes (1974), March, Gual, & Orozco (2004), Hocaoglu, Insel, UbayCokgor, & Baban (2010) y Al-Jayyousi (2003). (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013))⁴¹

Teniendo en cuenta la importancia de contar con estudios de aguas grises se consideró a la ciudad de Bogotá, con su estudio enfocado a las aguas grises, provenientes de tres viviendas localizadas en estratos 1,3 y 5 ubicados en las zonas ladera, central y residencial respectivamente.

La (Tabla 2.16) presentan concentraciones normales, para los parámetros de calidad de las aguas grises crudas domésticas combinadas (mezcla de todas las fuentes, duchas, lavamanos, lavadora, lavandería y lavaplatos).

Tabla 2.16 Resultados de la caracterización de las aguas grises

Parámetro	Estrato 1	Estrato 3	Estrato 5		
Turbidez (NTU)	273 - 296	79,7 - 117	74 - 87,6	29 – 375	a
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /l)	139 - 184	51,7 - 57,5	42,5 - 49,2	12 – 35	c
Sólidos totales (mg/l)	888 - 1150	270 - 632	426 - 454	20 – 126	d
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	271 - 318	68 - 82	99 - 135	25 – 183	a
Sólidos suspendidos volátiles (mg/l)	190 - 215	49 - 71	74 - 107	28 – 87	e
Conductividad (µS/cm)	503 - 1043	138,9 - 515	278,9 - 301	82 – 1845	f
Fósforo total (mg P/l)	5,03 - 7,08	2,8 - 11,13	2,66 - 3,99	0.1 – 2.0	f
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /l)	48,2 - 277,8	15,5 - 114,3	9,5 - 41,3	83 – 160	b
Cloruros (mg Cl ⁻ /l)	21,1 - 30,9	15,5 - 22,1	23,9 - 26,2	20 – 30	b
pH (Potencial de hidrógeno)	6,44 - 6,71	6,89 - 9	6,17 - 6,84	6.3 – 8.1	a
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /l)	0,95 - 1,24	5,32 - 6,31	1,41 - 1,87		NR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg O ₂ /l)	616,1 - 684	267,3 - 274,2	240 - 327,4	47 – 466	a
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg O ₂ /l)	1147,4 - 1469,3	467,3 - 519,2	519,2 - 591,9	100 – 700	a
Grasas y aceites (FOG) (mg/l)	53,8 - 76,2	13,5 - 56,6	32,5 - 53,2	7 – 230	g
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	691000 - 1600000	10 - 91,70	10,0 - 73,0	0.1 – 1.5 x 10 ⁸	h
Coliformes totales (NMP/100 mL)	691000 - 1600000	24200 - 101120	24196 - 24200	56 – 8.03 x 10 ⁷	h
Escherichia coli (UFC/100 mL)	>= 10000	10,0 - 10000	8 - 140	0 – 2.51 x 10 ⁷	f
Surfactantes o Tensoactivos (Sustancias activas al azul de Metileno - MBAs) (SAAM) (mg/l)	45,59 - 46,83	13,87 - 42,4	15,07 - 34,69	45 – 170	g

Fuente: (a. Li, Wichmann, & Otterpohl, 2009; b. Hypes, W. 1974; c. Jamrah, Al-Futaisi, Prathapar, & Al Harris, 2008; d. March, Gual, & Orozco, 2004; e. Hocaoglu, Insel, UbayCokgor, & Baban, 2010; f. Chaillou, Gérente, Andrés, & Wolbert, 2011; g. Al-Jayyousi, 2003; h. Halalshah, M. et al, 2008 (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013))⁴¹

2.6.10 Calidad del agua gris tratada (Efluente)

En el mundo son muchos los países que han legalizado la utilización de aguas servidas tratadas y un número menor, pero no despreciable, ha incluido en su normativa el tema de las aguas grises. La (Tabla 2.17), muestra requerimiento de calidad según adaptado de (EPA 1992); obtenido de Zabrocki, 2003.³⁷

Tabla 2.17 Requerimientos de calidad para agua de riego y otros usos

USO	CALIDAD
Todo Tipo de Uso: -Todo tipo de riego -Lavado vehículos -Lavadora -Inodoros -Protección contra fuego -Aire acondicionado	pH: 6-9 Máx. DBO: 10mg/l Máx. Turbiedad: 2UNT C. Fecales: No detectable/100ml Mín. Cl ₂ Residual: 1mg/l
Riego de áreas de acceso restringido	pH: 6-9 Máx. DBO: 30mg/l Máx. SST: 30 mg/l C. Fecales: No detectable/100ml Mín. Cl ₂ Residual: 1mg/l

Fuente: (Olson, 1967. Adaptado de www.greywater.com (María Verónica Franco Alvarado, Junio 2007))³⁷

La (Tabla 2.18), muestra criterios de calidad para inodoros de diferentes países

Tabla 2.18 Criterios de calidad físico – químicos (Aguas para inodoros)

ORIGEN	A y G (mg/l)	Cloro Res. (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Nitrato (mg/l)	N. Total (mg/l)	PH	SST(mg/l)	Turbiedad (UNT)
Ministerio de Construcción de Japón (MOC)	-	Ninguno	20	30	-	-	5,8-8,6	-	-
U. E.(76/160/EEC) *	-	-	-	-	-	-	6-9	-	-
U.S. EPA (G)	-	-	10	-	-	-	6-9	-	2
E.E.U.U.	Arizona	-	-	-	-	-	-	-	(2) 5 Máx.
	California	-	-	-	-	-	-	-	(2) 5 Máx.
	Florida	-	1	20	-	-	-	5	-
	Hawai	-	-	-	-	-	-	-	2
	Massachussets	<15	-	<30	-	<10	<10	-	<5
	Texas	-	-	5	-	-	-	-	3
Washington	-	-	30	-	-	-	30	(2) 5 Máx.	
Canadá	-	-	10	-	-	-	-	10	5
Alemania	-	-	20 (G)	-	-	-	6-9	30	2
Australia	NWS	-	>0,5-<2	<10 (90%)	-	-	-	<10 (90%)	-
	SA	-	-	<10	-	-	-	<10	-
	VIC	-	1	<10	-	-	6-9	<10	<2
	ACT	-	-	<20	-	-	-	<30	-

Fuente: (Olson, 1967. Adaptado de www.greywater.com (María Verónica Franco Alvarado, Junio 2007))³⁷

La (Tabla 2.19) da a conocer concentraciones de aguas grises requeridas para inodoros y urinarios.

Tabla 2.19 Concentraciones de referencia para uso en sanitario

Parámetro	Estrato 1	Estrato 3	Estrato 5	Concentraciones Requeridas
Turbidez (NTU)	273 – 296	79,7 - 117	74 - 87,6	<= 5
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	271 – 318	68 - 82	99 - 135	<= 5
pH (Potencial de hidrógeno)	6,44 - 6,71	6,89 - 9	6,17 - 6,84	5,8 - 9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg O ₂ /l)	616,1 – 684	267,3 - 274,2	240 - 327,4	<= 10
Coliformes totales (NMP/100 mL)	691000 - 1600000	24200 - 101120	24196 - 24200	ND
Escherichia coli (UFC/100 mL)	>= 10000	10,0 - 10000	8 - 140	ND
Cl ₂ residual (mg/l)	NR	NR	NR	>=1

Fuente: (Adaptado de Hocaoglu, Insel, UbayCokgor, & Baban (2010), Li, Wichmann, & Otterpohl (2009), Al-Hamaiedeh & Bino (2010), Hypes (1974), March, Gual, & Orozco (2004), Hocaoglu, Insel, UbayCokgor, & Baban (2010) y Al-Jayyousi (2003). (Elkin Darío Niño Rodríguez, Néstor Camilo Martínez Medina, 2013))⁴¹

Debido a la falta de normativa boliviana, que regule la calidad de aguas grises se toma como referencia la guía técnica AQUA-España.

Dentro de la investigación se encontró que los países de España y Australia tienen un esquema e ideas claras acerca de la reutilización del agua.

Las (Tablas 2.20 a 2.21), muestran concentraciones de agua de ducha a la salida de un sistema de tratamiento.

Tabla 2.20 Resultados análisis de Laboratorio AQUA

PARAMETROS	VALOR	UNIDADES
Conductividad a 25°C	1886	µS/cm
Turbiedad	3,6	UNT
DBO5 Total	5	mg/l
DQO	15	mg/l
Sólidos Suspendidos a 105°C	7	mg/l
Sólidos Disueltos a 105°C	1416	mg/l
Surfactante Aniónicos	0,06	mg/l
Aluminio	0,47	mg/l
Calcio	82,85	mg/l
Magnesio	24,99	mg/l
Sodio	159	mg/l
Nitrógeno Total Kjeldahl	2,76	mg/l
Fósforo Total	<0,50	mg/l
Potasio	33,11	mg/l
Coliformes Fecales	1,7x10 ³	NMP/100ml

Fuente: (Olson, 1967. Adaptado de www.greywater.com (María Verónica Franco Alvarado, Junio 2007))³⁷

Tabla 2.21 Normativa propuesta criterios de calidad para inodoros y urinarios

PARÁMETRO	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
C.F	ufc/100ml	-	10
E. Coli	ufc/100ml	-	1
Helminthos	huevos/L	-	1
Cloro	mg/L	1	2
DBO	mg/L	-	10
pH	-	6	9
SST	mg/L	-	10
Turbiedad	UNT	-	5

Fuente: (Olson, 1967. Adaptado de www.greywater.com (María Verónica Franco Alvarado, Junio 2007))³⁷

La (Tabla 2.22), muestra un resumen de criterios de calidad que se requiere para descargar aguas a inodoros y urinarios.

Tabla 2.22 Resumen - Propuesta criterios de calidad para inodoros y urinarios

Parámetros	Unidades	Concentración Requerida	Bibliografía
Turbiedad	UNT	< = 5	Tabla 2,19
Sólidos suspendidos	mg/l	10	Tabla 2,21
Sólidos disueltos	mg/l	1416	Tabla 2,20
pH	-	5,8 - 9	Tabla 2,19
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	< = 10	Tabla 2,19
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	15	Tabla 2,20
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l	2,76	Tabla 2,20
Sulfatos	mg/l	-	ND
Bacterias Coliformes Termorresistentes	U.F.C/100ml	1	Tabla 2,21

ND: No Detectado

Fuente: (Elaboración propia resumen de (Tablas 2.17 al 2.21))

CAPITULO 3

3.1 Ubicación del proyecto

El proyecto “CASA DE LAS CEBRAS” se encuentra ubicado en la ciudad de La Paz, el proyecto aún no ha sido construido.

En las (Figuras 3.1 y 3.2) se muestra dos vistas de los predios donde será construido el edificio por el Gobierno Autónomo Municipal La Paz.

Se deberá construir un equipamiento sanitario que responda a las necesidades espaciales para la administración, atención al público y desarrollo de planes y programas estratégicos planificados por la Secretaria Municipal de Educación y Cultura.

Figura 3.1 Ubicación del proyecto



Fuente: Imagen tomada de Google eart, Internet

Departamento: La Paz
Provincia: Murillo
Macro distrito: Macro distrito 7– Centro
Zona: Parque Urbano Central
Calle y/o avenida: Calle Montevideo

Figura 3.2 Vista panorámica del avenida del poeta



Fuente: Imagen tomada de Google eart, Internet, 2019

Figura 3.3 Inauguran la Casa Cebrá para capacitar en cultura ciudadana y cultura de paz



Fuente: Imagen tomada de Google eart, Internet, 2019

El Alcalde de la ciudad de La Paz, Luis Revilla, inauguró el 19 de diciembre del 2019, el Espacio Experiencial de la Cebrá (Casa Cebrá) ubicado en la avenida del Poeta y pasaje Montevideo, donde se impartirán capacitaciones en cultura de paz y cultura ciudadana a niños, jóvenes y adultos, según (Figura 3.3).

3.2 Aspectos generales bloque administrativo “construcción casa de las cebras – zona parque urbano central”

El bloque administrativo casa de las cebras posee una superficie de terreno de 1.954.490 m² y se encuentra ubicado entre las avenidas Rosendo Gutiérrez, Oscar Soria, Montevideo y Av. del Poeta, (Figura 3.4).

Tabla 3.1 Situación legal del derecho propietario del sector de intervención

PROPIETARIO	UBICACIÓN	SUPERFICIE LEGAL	SUPERFICIE SEGÚN LEVANTAMIENTO	CÓDIGO CATASTRAL	USO-LUSU
GAMLP	Distrito 2	1.954.49 m ²	1.954.49 m ²	022- 0071- 0008	PUC-1

Figura 3.4 Vista de frente Av. del Poeta



Fuente : Imagen tomada de Google eart, Internet.

3.2.1 Características geopolíticas

A medida que el Gobierno Municipal de La Paz recuperaba su institucionalidad, la ciudad comenzó a experimentar el problema de masificación del parque automotor que se incrementó desde 1998, aproximadamente 7.000 vehículos se introdujeron en todo el municipio paceño y hasta el 2001 se incrementó a más de 12.000 vehículos, congestionando el “Casco Urbano Central”, otra problemática que surgía conjuntamente era la privatización de los espacios públicos como ser la ocupación de la acera por parte de los comerciantes informales y los pasos peatonales cebras por parte de los transportistas, la cual generó un gran malestar en la población que demandaba solucionar estas problemáticas.

El Gobierno Municipal de La Paz tomó la medida de implementar el Plan de Tráfico y Transporte, como la solución a estas demandas, para lo cual el Alcalde Juan del Grado solicitó a su gabinete un proyecto que acompañara a esta revolución, en donde se encontraban el ex Jefe de la Unidad de Juventudes Yerko Ilijic y el ex jefe de Gabinete Pablo Groux (ex Ministro de Culturas del Estado Plurinacional de Bolivia), que idearon una solución creativa y original con características artísticas, educativas y participativas, para lo cual se construyó una política escalonada orientada específicamente al buen uso de los pasos peatonales como un espacio de ejercicio de los derechos ciudadanos y se llegó a la conclusión que deberían ser jóvenes disfrazados de Cebras. En 2001 durante la primera gestión de Juan del Grado como alcalde de la ciudad de La Paz surgieron unos personajes muy llamativos denominados “**Cebras**” que ayudarían con la restricción vehicular y principalmente con el uso correcto del paso peatonal o cebra, estos personajes eran educadores viales en un principio y posteriormente se convirtieron

educadores urbanos, durante mucho tiempo se constituyeron en objeto de estudio desde la sociología, la psicología y las ciencias de la educación, pero como no han sido estudiados desde la visión de las Ciencias Políticas, específicamente desde el enfoque de las Políticas Públicas, que plantea un entorno social y coyuntural.

3.2.1.1 Plan de Desarrollo Municipal “JAYMA Trabajo conjunto en Tierra Comunitaria” (PDM 2007-2011)

Para la elaboración del PDM 2007-2011 se trabajó con el equipo técnico de planificación y control además de contar con la participación de la sociedad, se realizaron encuestas en los siete macro distritos donde se desarrollaron cinco visiones:

- Visión de grupos vulnerabilizados
- Visiones económicas
- Visiones territoriales y ambientales
- Visiones de desarrollo Humano y
- Visión Metropolitana

De estas 5 visiones se pudieron identificar doce vocaciones:

1. Esparcimiento Y Recreativa
2. Residencial
3. Artesanal y micro empresarial
4. Turística
5. Centro urbano
6. Comercial y de servicios
7. Industrial
8. Patrimonio cultural
9. Recursos naturales
10. Agropecuario
11. Transporte y vinculación
12. Servicios de desarrollo humano

De la articulación de las cinco visiones y las doce vocaciones se pudo formular el PDM Jayma donde se resalta el componente integrador denominado “*La Paz Líder metropolitana*” el cual está dividido en 7 ejes y 21 sub ejes:

- ✓ Eje 1 Barrios de verdad
- ✓ Eje 2 Revive el centro
- ✓ Eje 3 La Paz metropolitana y moderna
- ✓ Eje 4 La Paz Competitiva
- ✓ Eje 5 La Paz Sostenible
- ✓ Eje 6 La Paz Equitativa
- ✓ Eje 7 La Paz participativa

3.2.1.2 El “programa cebra” y su influencia en el JAYMA

A diferencia del primer PDM donde las estrategias de desarrollo eran denominadas *lineamientos* se puede evidenciar una mejor estructuración orientada a la finalidad de las políticas dentro de los *Ejes*, no se dan dobles esfuerzos como se encontraron en el primer PDM; y en correlación con el objeto de investigación se puede evidenciar que se toma en consideración el “programa Cebra” y la “cultura ciudadana”.

Lo que corresponde al programa cebra en el Eje *La Paz Equitativa e incluyente* se hace referencia al *Programa de Educación y Cultura Ciudadana* que busca generar un sentido de apropiación de lo público, es decir sensibilidad del uso y respeto sobre áreas públicas (JAYMA; 2007); las cebras fueron una experiencia exitosa por lo cual el PDM indica que se debe replicar esta práctica en las escuelas por medio de la incorporación de sus enseñanzas dentro de la currícula escolar, las cebras pasan a depender de la Dirección de Cultura Ciudadana.

En síntesis, el PDM Jayma contiene en su interior de manera desarrollada la estrategia orientada al trabajo de las cebras por medio de la dirección de cultura, el programa de educación y cultura ciudadana, esta tarea no corresponde a la unidad favor de la mejora de los hábitos ciudadanos en el uso correcto de los espacios públicos incluidos los pasos peatonales de participación ciudadana ni de sistemas viales pero las Cebraz continúan realizando sus labores. (Silvana Ninoska Aguilar Aranda Bolivia, 2014)⁴⁹

3.3 Infraestructura del edificio - CASA DE LAS CEBRAS

3.3.1 Número de pisos y espacios del edificio

La arquitectura del proyecto se distingue en la (Figura 3.4 y 3.5), donde consta de:

- ✓ 4 niveles hacia la Av. Montevideo
- ✓ 5 niveles hacia la Av. Oscar Soria
- ✓ 6 niveles hacia la Av. Rosendo Gutiérrez
- ✓ 7 niveles hacia la Av. El Poeta

Espacios Técnicos: Salas de Ensayos, Sala de Capacitación, Sala de Multipropósito, Estudio de Grabación Sala de Espacios Alternativos, Sala de Masaje Terapia, Sala de Hidroterapia, Talleres, Sala de Meditación, Espacios Itinerantes, Almacenes, Depósitos, Oficinas de Técnicos.

Espacios Administrativos: Dirección, Unidad de Administración Financiera, Unidad de Promoción y Difusión, Unidad de Educación.

Espacios Públicos: Auditorio, Hall, Salas de Espera, Salas de Exposición.

Espacios de Servicio: Vestuarios, Duchas, Camarines, Portería, Sala de Instalaciones y Parqueos.

Figura 3.5 Vista aérea del edificio en 3d



Fuente: Imagen proporcionada por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P.

Figura 3.6 Diseño vista panorámica del edificio en 3d



Fuente: Imagen proporcionada por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P.

3.4 Ingeniería hidrosanitaria

El proyecto “CONSTRUCCIÓN CASA DE LAS CEBRAS–SANTA BARBARA”, implica la realización del diseño red de alcantarillado pluvial, sanitario, red de agua

potable y caliente, sistema contra incendios y un sistema de reutilización de aguas grises del bloque administrativo, tomando en cuenta las consideraciones del diseño arquitectónico y características de la zona del proyecto.

La (Tabla 3.2), describe la cantidad de artefactos sanitarios por pisos, según planos arquitectónicos, ya que de ello dependerá el gasto o caudal que deberá pasar por las tuberías para el sistema de reutilización de aguas grises.

Tabla 3.2 Descripción sanitaria en general del edificio (CASA DE LAS CEBRAS)

Nº Puntos	Artefactos	Cantidades de Artefactos						
		Primer Piso	Segundo Piso	Tercer Piso	Cuarto Piso	Quinto Piso	Sexto Piso	Total / Artefacto
1	Lavamanos	6	6	10	5	10	9	46
2	Urinario	1	1	3	1	3	1	10
3	Inodoro	5	5	12	4	12	6	44
4	Ducha	1	0	6	0	6	0	13
5	Lavaplatos	1	0	1	0	0	0	2
6	Lavandería	0	0	0	0	0	2	2
Total		14	12	32	10	31	18	117

Fuente: Elaboración Propia

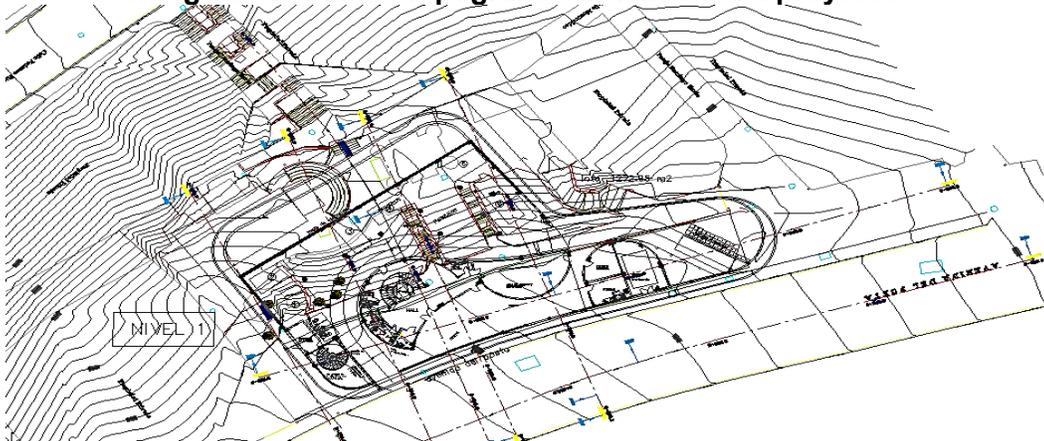
3.4.1 Diagnostico situacional de los servicios

En la actualidad el área de la ciudad de La Paz, se encuentra constituido geográficamente por su espacio urbano definido por la alta concentración poblacional en ambas ciudades La Paz y el Alto, independientemente de su tamaño, este espacio urbano fue sobrepasado en sus propios límites.

Para la conexión de agua potable y alcantarillado sanitario del edificio, se debe conocer las áreas de expansión y ampliación futuras de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario. En base a planos topográficos, como indica la (Figura 3.7), se debe identificar las posibilidades de conexión de agua potable y alcantarillado sanitario, de esta manera ubicar la acometida para fijar posición del tanque de almacenamiento según planos arquitectónicos.

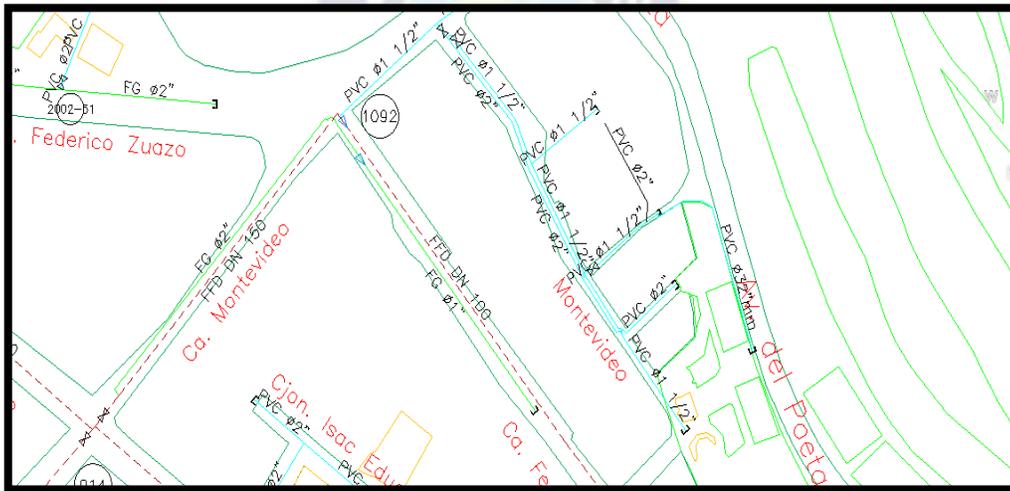
Se debe planificar si se requiere la ubicación de cámaras, tanto para el desagüe pluvial y para el alcantarillado sanitario, para evacuar estas aguas al servicio existente. Se presentan los planos del área de estudio (Figura 3.8 y 3.9), en los cuales están identificadas las zonas abastecidas para futuras conexiones.

Figura 3.7 Planos topográfico-Ubicación del proyecto



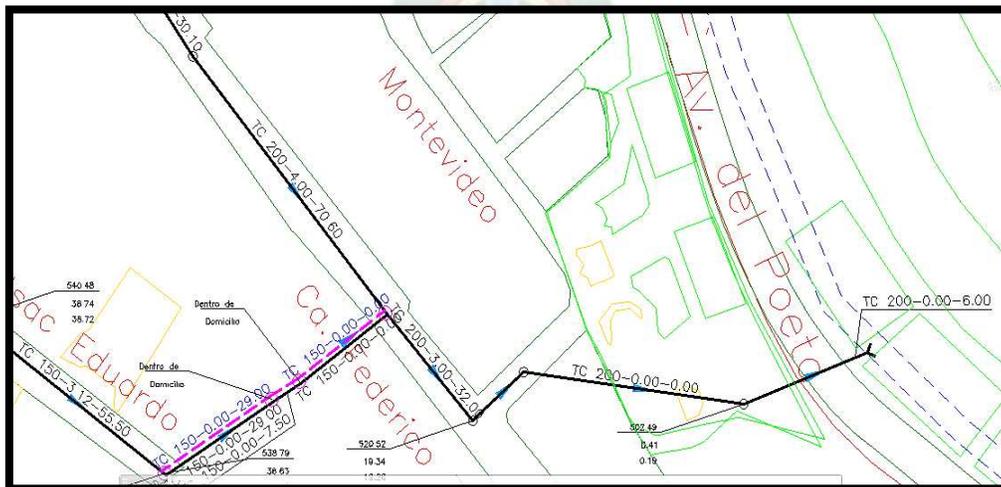
Fuente: Planos en AutoCAD proporcionado por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P. (área de Arquitectura)

Figura 3.8 Planos del área de servicio actual de agua potable



Fuente: Planos en AutoCAD Proporcionados. Por Epsas mayo 2016 La Paz

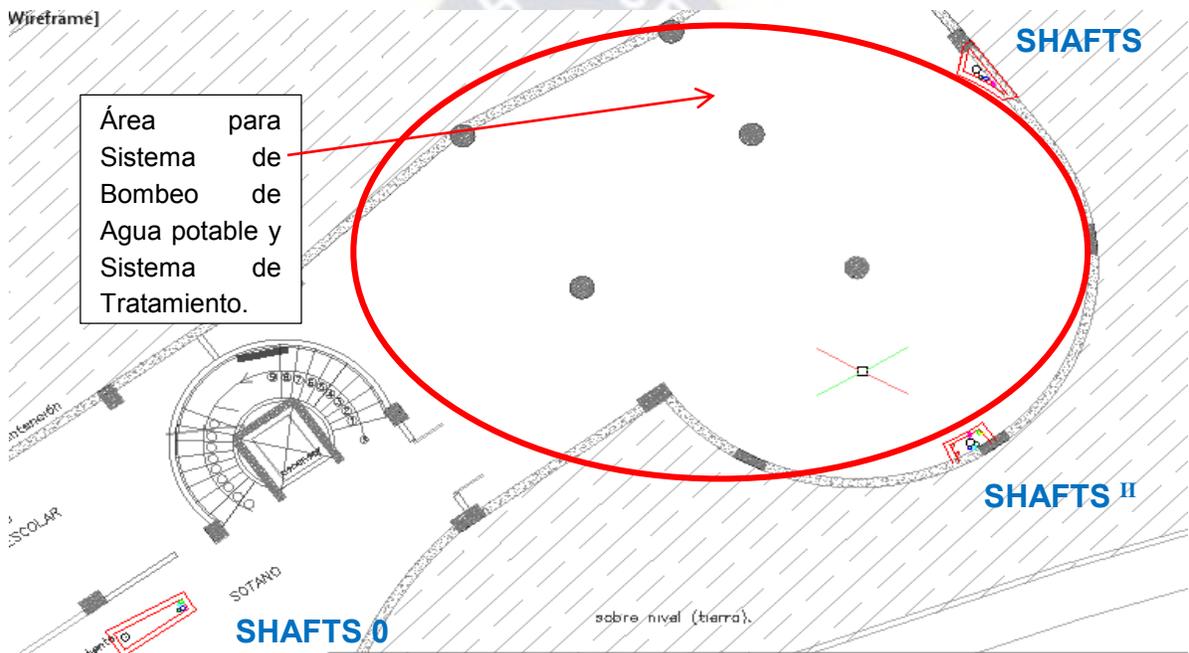
Figura 3.9 Planos del área de servicio actual de alcantarillado



Fuente: Planos en AutoCAD Proporcionados. Por Epsas mayo 2016 La Paz

Para realizar todas las conexiones sanitarias, instalaciones eléctricas, gas etc. del edificio. El arquitecto es el encargado de proyectar, diseñar, espacios en las edificaciones, para velar el adecuado desarrollo de su construcción y mantenimiento. Los planos arquitectónicos muestran compartimentos de sección constante denominados "SHAFTS", que recorren toda la extensión vertical de un edificio, donde son alojadas instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, así como muestra la (Figura 3.10) para el edificio CASA DE LAS CEBRAS, así como espacios para la instalación del tanque cisterna y sistema de tratamiento.

Figura 3.10 Área disponible para el Tanque Cisterna – Nivel Sótano



3.5 Identificación de impactos ambientales

Se presenta un breve análisis de posibles impactos ambientales emergentes para el proyecto:

EJECUCIÓN	
AIRE	(-) Deterioro de la calidad del aire por la generación de partículas suspendidas y presencia de Gases de Combustión por la presencia de maquinaria, así como olor en el pintado en interiores y exteriores.
AGUA	(-) Aumento de Coliformes fecales durante la ejecución, por presencia de trabajadores. (-) Posible presencia de sólidos suspendidos, si se llegará encontrar aguas subterráneas, en el momento de las excavaciones y su modificación del curso (existencia de las mismas en áreas colindantes).
SUELO	(-) Posible erosión durante las excavaciones y movimiento de tierra,

	<p>pudiéndose ocasionar riesgo de inestabilidad y derrumbes, más si se llegará a encontrar aguas subterráneas.</p> <p>(-) Modificación de Uso de suelo, generación de residuos mientras dure la ejecución de obras.</p>
	<p>(+) Mejora de la estabilidad y control de la modificación del suelo, mediante la implementación de estructuras de contención con sistema de drenaje.</p> <p>(+) Mejora de uso de suelo, una vez concluida, con la limpieza general de la obra.</p>
ECOLOGÍA	<p>(-) Deterioro del paisajismo mientras dure la ejecución, así como la afectación a varias especies forestales y arbustivas que se encuentran en el interior del predio.</p> <p>(+) Mejora del paisajismo, una vez concluida, con la limpieza general de la obra. Y se tiene la reposición de arbolado urbano y áreas verdes, favoreciendo a la vegetación y flora terrestre, en las calles adyacentes al área de influencia directa del proyecto.</p>
RUIDO	<p>(-) Incremento de niveles de presión sonora para trabajadores y con posible molestia a los vecinos cercanos.</p>
SOCIOECONÓMICO	<p>(-) Modificación del Estilo de Vida de la población adyacente por el corte temporal de suministros de servicios durante las instalaciones, reubicación de los postes y cables de media tensión, servicios; molestias a la circulación peatonal de los transeúntes por el cerco perimetral, adicionalmente, existirá una afectación predial por trazos vigentes, generando un impacto en la propiedad privada y pública (aceras, cierre temporal de vía de acceso).</p> <p>(+) Generación de empleos temporales.</p> <p>(+) Mejora de la propiedad pública con la ejecución de estructuras de contención, y la limpieza general de obra, cumpliendo con las necesidades comunales, durante la ejecución.</p>
OPERACIÓN	
AGUA	<p>(-) Generación de coliformes fecales por presencia de usuarios y trabajadores.</p>
SUELO	<p>(-) Generación de residuos sólidos diferenciados, provenientes de las diferentes actividades a realizarse.</p>
ECOLOGÍA	<p>(-) Mejora del paisaje por el funcionamiento de la Casa Cebrá, contando con una infraestructura y equipamiento moderno acorde al sector urbano de la ciudad.</p>
RUIDO	<p>(-) Incremento de los niveles de presión sonora durante algunas actividades.</p>
SOCIOECONÓMICO	<p>(+) Mejora del estilo de vida, generando y fortaleciendo a la sociedad en su conjunto; mejorando la propiedad pública con la modernización, dotando de una infraestructura urbana y equipamiento acorde a las necesidades de la comunidad, ya que el proyecto es de fortalecimiento institucional, contribuirá al funcionamiento de la Dirección de Formación Ciudadana Integral del GAMLP y este a su vez beneficiará a la población en su conjunto con</p>

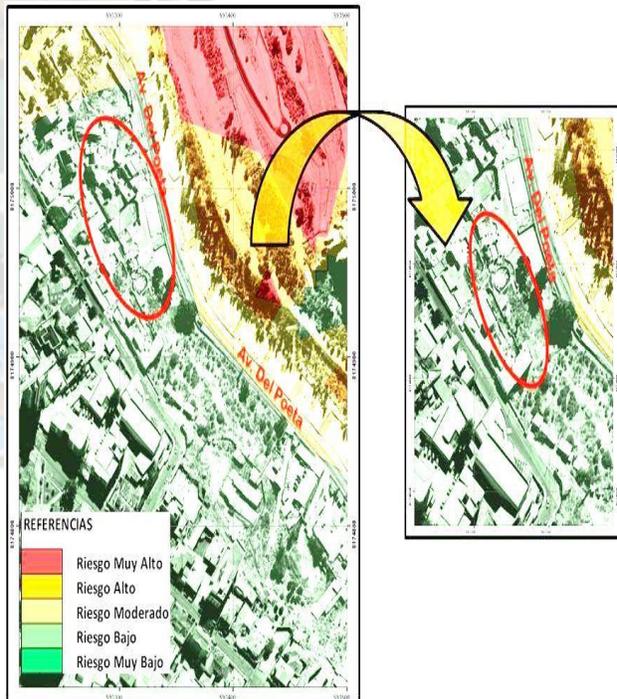
	actividades sociales. (+) Generación de ingresos al sector público por el funcionamiento de espacios públicos y generación de empleos.
MANTENIMIENTO	
AIRE	(-) Generación de olores por los trabajos de mantenimiento producto de la limpieza de cámaras y pintado de ambientes interiores y exteriores.
AGUA	(+) Mejora de la calidad el agua con el mantenimiento y limpieza de cámaras y sumideros.
SUELO	(-) Generación de residuos sólidos durante el mantenimiento.
SOCIOECONÓMICO	(+) Mejora de la propiedad pública y cumplimiento de las necesidades comunales, con el mantenimiento.
En la Evaluación de Impacto Ambiental, que formará parte del Estudio de Diseño Técnico de Preinversión, se identificarán impactos ambientales positivos y negativos. Para los negativos, se plantearán las correspondientes medidas de mitigación conforme a la normativa ambiental vigente Ley de Medio Ambiente Nro. 1333 y sus reglamentos (aprobados mediante Decreto Supremo N° 24176).	

Fuente: Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P.

3.6 Identificación de posibles riesgos

Mapas de evaluación de riesgos del Municipio de La Paz (DEGIR 2011), clasifican al sector con el grado de: **RIEGO BAJO A MODERADO**

Un primer elemento para la identificación de riesgos tiene relación con el terreno donde se pretende realizar el proyecto, en base a los mapas de evaluación de riesgos del Municipio de La Paz (DEGIR, 2011), el terreno está clasificado como de Bajo a Moderado Grado de Riesgo, esta valoración tiene relación principalmente con el tipo de suelos presentes en el sector (secuencias de flujo de barro) aflorantes en el borde Oeste del Río Choqueyapu, una baja pendiente que varía hasta el 8%, presencia de aguas subterráneas en terrenos circundantes y movimientos mayores que se suceden en el borde opuesto en el sector de Laykacota conocido por presentar variados grados de inestabilidad. Cabe destacar que los predios existentes en el sector presentan algunos signos de inestabilidad como ser rajaduras, hundimientos y grietas



Fuente: Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P.

CAPITULO 4

4.1 Caracterización de las aguas grises a analizarse

Para una mejor evaluación de la calidad se tomó como referencia bibliografía las (Tablas 2.14 y 2.17, Cap. 2), donde muestran algunos parámetros de aguas grises crudas y tratadas respectivamente.

Para la selección de los parámetros se tuvieron en cuenta en primera instancia las características físicas de importancia del agua, tales como la temperatura, pH, turbidez, contenido de sólidos en suspensión, sedimentables y totales, aceites, y grasas, y la alcalinidad, teniendo en cuenta que:

- ✓ Las altas temperaturas generadas por el uso de agua caliente pueden ser perjudiciales ya que favorecen el crecimiento microbiano y pueden sobresaturar las aguas induciendo la precipitación de minerales que pueden obstruir las tuberías.
- ✓ Las partículas de tierra, el pelo y las fibras provenientes del lavado de ropa son fuentes de generación de un alto contenido de material sólido en las aguas grises, por ello las mediciones de turbiedad y de los diferentes tipos de sólidos permiten tener información sobre las partículas y coloides que podría inducir a la obstrucción de la planta.
- ✓ La presencia de un alto contenido de los tensoactivos de los detergentes en combinación con los aceites y grasas y los coloides formados, podrían causar la estabilización de la fase sólida. Esta aglomeración de la materia coloidal reducirá la eficacia de una etapa de pre-tratamiento, incluyendo la sedimentación de la materia sólida.

Por otra parte, se tuvieron en cuenta también parámetros químicos de importancia en las aguas grises tales como son:

La demanda química de oxígeno (DQO) y los tensoactivos que determinan la concentración de nutrientes a base de carbono, nitrógeno y fósforo (C, N y P) y brindan información valiosa, indicando principalmente el riesgo de agotamiento del oxígeno debido a la degradación de la materia orgánica.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas obtenidas en las muestras. La DBO se utiliza para medir el grado de contaminación.

Otro factor importante considerado tiene que ver con lo que sucede durante el almacenamiento de las aguas grises, puesto que las características de las aguas grises frescas y las que se almacenan pueden diferir sustancialmente, (según Eriksson, E. et.al 2002).

El almacenamiento durante más de 48 horas, como es el caso de las aguas recolectadas durante un fin de semana, es decir, dos días de almacenamiento (48 horas), puede constituir un problema grave puesto que el oxígeno disuelto se agota, incrementando el crecimiento de microorganismos anaerobios, que se suman a los virus patógenos, bacterias, protozoos y helmintos presentes en las heces fecales y que se pueden introducir en las aguas grises mediante el lavado de manos después de usar el baño, el lavado de los bebés y niños pequeños relacionados con los cambios de pañales y el lavado de pañales.(Eriksson, 2002). (Mónica Ardila Galvis, 2013)¹⁴

También cabe recalcar que en nuestro medio no existe información de concentraciones reales de aguas grises, como tampoco existen datos o normativa que regule las calidades cuando estos son sometidos al respectivo tratamiento, es importante tener en cuenta que no hay una solución única o establecida para la gestión de las aguas grises, por lo cual se seleccionó los tratamientos que posiblemente se adapten y estén al alcance de las necesidades y usos finales.

4.2 Determinación de los parámetros de control

Para el estudio de las aguas grises, **se seleccionaron estratégicamente tres CASOS** con el fin de analizar estas aguas.

Se recolectó agua gris doméstica, en dos zonas específicas de la ciudad de La Paz, tomándose muestras de agua lo suficiente para realizar la mezcla de volúmenes, para posteriormente realizar el análisis requerido, estos análisis se realizaron en el laboratorio de Instituto de Ingeniería Sanitaria de la UMSA.

4.2.1 Metodología relacionada según: Ubicación del inmueble, toma de muestras, recolección, medición de volúmenes y análisis de laboratorio.

La metodología según la ubicación, toma, recolección, medición y análisis de laboratorio se desarrollaron en 3 escenarios que se denominarán “**CASOS**”.

❖ CASO 1:

Para este caso se tomó como referencia una **Vivienda** y un **Edificio**, ubicados en la Zona de Alto San Pedro Calle Villamontes de la ciudad de La Paz, debido a que el proyecto CASA DE LAS CEBRAS, no se encuentra construido, como se describe en el capítulo 3.

Con el fin de tener una idea de las concentraciones de aguas grises crudas y comparar con la bibliografía investigada del capítulo 2, se seleccionó los siguientes parámetros.

Parámetros Físicos

- Turbiedad
- Sólidos Totales Disueltos

Parámetros Químicos

- pH
- Demanda Química de Oxígeno
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Nitrógeno Kjeldahl
- Aceites y Grasas
- Detergentes

Análisis Bacteriológico

- Bacterias Coliformes Termorresistentes

La determinación del consumo de agua se realizó en una vivienda y un edificio estableciendo los volúmenes producidos en los distintos puntos de uso según (Tabla 4.1) de la siguiente manera:

La recolección se realizó, directamente de la descarga de los mismos artefactos sanitarios, con una jarra aforada de 0.5 litros vertiéndolas después a un recipiente de plástico, para conseguir una mezcla homogénea. (Figura 4.1)

Figura 4.1 Toma de muestras – Aguas grises



Del recipiente se tomaron, muestras en botellas plásticas de 2 litros y botellas esterilizadas de laboratorio, para análisis fisicoquímico y bacteriológico, ver (Figura 4.2).

Tabla 4.1 Recolección de muestras en una vivienda

Punto	Uso	Nº de Persona	Fecha y Hora de toma de muestras	Cantidad agua Litros / Tomadas	Total Agua
1	Ducha	2	04/02/2019; 7:36 AM	0,5	1
2	Lavamanos	4	04/02/2019; 7:00 AM	0,5	2
3	Lavanderia	General	04/02/2019; 10:00 AM	0,5	0,5
4	Lavaplatos	General	04/02/2019; 8:20 AM	0,5	0,5
				Total:	4

Fuente: Elaboración propia

Nota: Vivienda compuesta por 4 personas.

Tabla 4.2 Recolección de muestras en un edificio

Punto	Uso	Nº de Persona	Fecha y Hora de toma de muestras	Cantidad agua Litros / Tomadas	Total Agua
1	Ducha	1	04/02/2019; 9:00 AM	0,5	0,5
2	Lavamanos	2	04/02/2019; 7:54 AM	0,5	1
3	Lavanderia	General	04/02/2019; 9:00 AM	1	1
4	Lavaplatos	General	04/02/2019; 7:45 AM	0,5	0,5
				Total:	3

Fuente: Elaboración propia

Nota: La recolección en el Edificio se realizó en el piso 3, departamento compuesto por 3 personas.

Figura 4.2 Muestras para análisis fisicoquímico y bacteriológico N° 202* y N° 203*

Toma de muestra: Vivienda

Toma de muestra: Edificio



Con el propósito de realizar los análisis de ambas muestras, se solicitó al Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad realizar los ensayos correspondientes, donde el técnico encargado recibió las muestras para su correspondiente análisis, como indica las (Tablas 4.3 a y b).

Tabla 4.3 Fechas de muestreo y recepción de muestras a) y b)

a) Fechas de muestreo y recepción N° 202* (Vivienda)

Datos de Muestreo		Datos de recepción	
Punto de Recolección	Tanque de almacenamiento de Aguas Grises	Volumen de muestra	2 Litros
Lugar	Edif. Ubicado en la C/Villamontes , Zona Alto San Pedro	Tipo de recipiente	Botella de plástico (Agua Vital)
Fuente	Agua residual doméstica (Vivienda)	Estado de la muestra	Sin refrigeración
Localidad	Ciudad La Paz	Temperatura	16,30 °c
Fecha	02/04/2019	Fecha de análisis	02/04/2019 - 11/04/2019
Hora	10:40 a.m.	Hora	15:32 p.m.

Fuente: Resumen - hoja de ingreso de muestras en laboratorio (Elaboración propia)

b) Fechas de muestreo y recepción N° 203* (Edificio)

Datos de Muestreo		Datos de recepción	
Punto de Recolección	Tanque de almacenamiento de Aguas Grises	Volumen de muestra	2 Litros
Lugar	Edif. Ubicado en la C/Villamontes , Zona Alto San Pedro	Tipo de recipiente	Botella de plástico (Agua Vital)
Fuente	Agua residual doméstica (Edificio)	Estado de la muestra	Sin refrigeración
Localidad	Ciudad La Paz	Temperatura	15,50 °c
Fecha	02/04/2019	Fecha de análisis	02/04/2019 - 11/04/2019
Hora	11:40 a.m.	Hora	16:00 p.m.

Fuente: Resumen - hoja de ingreso de muestras en laboratorio (Elaboración propia)

Tabla 4.4 Resumen resultados de laboratorio para las muestras N° 202* y N° 203*

AGUAS GRISES CRUDAS		CASO1 - VIVIENDA	CASO1 - EDIFICIO
		N° 202*	N° 203*
CONTAMINANTES	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN
PARÁMETROS FÍSICOS			
TURBIEDAD	UNT	516	170,00
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	2248,00	1386,00
PARÁMETROS QUÍMICOS			
pH (T=25,0 ° C)	-	7,84	8,31
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	2100,00	1220,00
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	880,00	500,00
NITRÓGENO KJELDAHL	mg O ₂ /l	4,73	4,31
ACEITES Y GRASAS	mg/l	353,80	36,80
DETERGENTES	mg/l	127,93	148,19
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO			
BACTERIAS COLIFORMES TERMORRESISTENTES	U.F.C./100ml	6,0x10 ³	1,2x10 ²

Fuente: Resumen de resultados de Laboratorio - (Elaboración propia)

Conclusiones de la Caracterización:

Según la (Tabla 4.4) existe un nivel de contaminación, de DBO y DQO en rangos de 500 - 3000 mg/l, un agua muy contaminada. (Nihonkasetu, 2017)⁷⁸

De acuerdo a bibliografía, el sulfato de aluminio (Piedra alumbre), a través de la neutralización de la carga y la floculación del agua cruda elimina: Turbiedad, Sólidos suspendidos, Carbón orgánico total (TOC) y Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). De acuerdo a los valores elevados presentados en la (Tabla 4.4) para sólidos totales se plantea eliminarlos mediante la **Coagulación-floculación** que eliminan sólidos en suspensión y material Coloidal.

❖ **CASO 2:**

Para la efectividad del sistema manual planteado posteriormente en el (Punto 6.2.1, Cap.6), se decidió realizar, **una segunda recolección** de aguas grises para el Edificio estudiado en el CASO 1.

Por tanto, además de los parámetros seleccionados en el **CASO1**, se adicionaron **Sólidos suspendidos totales, Sólidos disueltos totales, Sulfatos y Cloruros**, para tener mejor criterio para el sistema a desarrollar más adelante.

Para este caso se recolectaron las aguas grises según se describe a continuación en la (Tabla 4.5), con el fin de conseguir valores netos de concentraciones para aguas grises.

Tabla 4.5 Metodología de adecuación de puntos y toma de muestras

Punto	Uso	Fotografía	Metodología de Muestreo
1	Ducha		De acuerdo a las condiciones del edificio, para la captación de agua se utilizaron recipientes, como se muestra en la fotografía, colocándose plásticos por persona, enjuagándose con agua destilada con el fin de no alterar la composición de aguas grises. Se instruyó a cada persona que una vez lleno, apague la ducha y vierta a una bañera nueva de 40 litros, debido a la forma de la base de la ducha, posteriormente se aforo con un balde de 11 litros.
2	Lavamanos		De acuerdo a las condiciones de cada artefacto, se adecuaron recipientes plásticos, así como muestra la fotografía, antes se enjuago con agua destilada por persona, aforándose con una jarra de 2 litros..
3	Lavandería		Se colocó nylon transparente en la superficie de la lavandería, una vez terminado el ciclo de lavado se procedió a aforar con una jarra de 2 litros a un recipiente rectángulo de 40 litros de capacidad. (Se consideró solo la primera lavada).
4	Lavaplatos		Del mismo modo que del lavamanos, se procedio a recolectar el agua gris, para el lavaplatos.
			Una vez recolectados las muestras de los puntos, ver (Tabla 4,6 a 4,8), se procedió a tomar cantidades de agua de las tres personas depositándolos en un recipiente final (Tabla 4,10), para ser mezcladas y tomar muestras representativas.

Fuente: Elaboración propia, recolección de aguas grises

Tabla 4.6 Cantidades de agua tomadas (Solo en la mañana) - 1^{ra} persona

Punto	Uso	Litros	Fecha y hora / Toma de muestra	Nº Veces / Usos (mañana)
1	Ducha	22	20/05/2019;7:30 AM	1
2	Lavamanos	1	20/05/2019;6:45 AM	1
3	Lavandería	8	20/05/2019;8:00 AM	1
4	Lavaplatos	5	20/05/2019;6:50 AM	1
TOTAL:		36		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7 Cantidades de agua tomadas (Solo en la mañana) - 2^{da} persona

Punto	Uso	Litros	Fecha y hora / Toma de muestra	Nº Veces / Usos mañana
1	Ducha	42	20/05/2019;7:00 AM	1
2	Lavamanos	1,5	20/05/2019;6:40AM	1
3	Lavanderia	0	-	-
4	Lavaplatos	0	-	-
TOTAL:		43,5		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8 Cantidades de agua tomadas (Solo en la mañana) - 3^{ra} persona

Punto	Uso	Litros	Fecha y hora / Toma de muestra	Nº Veces / Usos mañana
1	Ducha	32	20/05/2019;8:00 AM	1
2	Lavamanos	1	20/05/2019;7:40 AM	1
3	Lavanderia	0	-	-
4	Lavaplatos	0	-	-
TOTAL:		33		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.9 Resumen de cantidades de agua tomadas (Solo en la mañana)

Punto	Uso	Total Litros	Nº Personas	Nº Veces / Usos artefactos
1	Ducha	96	3	3
2	Lavamanos	3,5	3	3
3	Lavanderia	8	1	1
4	Lavaplatos	5	General	1
TOTAL:		112,5		

Fuente: Elaboración propia

Una vez recolectadas las muestras, así como se muestran las (Tablas 4.6 a 4.8), en base a la adecuación de los puntos de la (Tabla 4.5), se tomaron las siguientes cantidades, así como como se ve en la (Tabla 4.10), para realizar posteriormente el ensayo de jarras casero.

Tabla 4.10 Cantidades de agua tomadas (Prueba piloto)

Punto	Uso	Total Litros/ Tomados	Fecha y hora de recolección	Nº Personas	Total Litros
1	Ducha	8	20-05-2019; 7:30 AM	3	24
2	Lavamanos	1	20-05-2019; 6:45 AM	3	3
3	Lavanderia	8	20-05-2019; 8:00 AM	1	8
4	Lavaplatos	4	20-05-2019; 6:50 AM	1	4
TOTAL:		21			39

Fuente: Elaboración propia

De los 39 litros de agua gris ver (Tabla 4.10), se tomaron muestras en botellas de 2 litros (envase de agua vital) y botellas esterilizadas de laboratorio, para análisis fisicoquímico y bacteriológico, muestra registrada posteriormente con el número 362*, seguidamente se tomó 12 litros para la realizar prueba de jarras casero en sitio y 6 litros para ensayo de jarras en laboratorio del Instituto de Sanitaria de la Universidad, este último con el fin de comparar las dosis tomadas de la bibliografía Chilena, ver (Capítulo 6).

Tabla 4.11 Fechas de Muestreo y Recepción N° 362 *

Datos de Muestreo		Datos de recepción	
Punto de Recoleccion	Tanque de almacenamiento de Aguas Grises	Volumen de muestra	2 Litros
Lugar	Edif. Ubicado en la C/Villamontes , Zona Alto San Pedro	Tipo de recipiente	Botella de plastico (Agua
Fuente	Agua residual domestica (Edificio)	Estado de la muestra	Sin refrigeracion
Localidad	Ciudad La Paz	Temperatura	15,00 ° C
Fecha	20/20/2019	Fecha de análisis	20/05/2019 - 18/06/2019
Hora	6:36 a.m.	Hora	15:45 p.m.

Fuente: Elaboración propia, resumen de recepción de laboratorio.

Tabla 4.12 Fechas de Muestreo y Recepción N° 363**

Datos de Muestreo		Datos de recepción	
Punto de Recoleccion	Tanque de almacenamiento de Aguas Grises	Volumen de muestra	2 Litros
Lugar	Edif. Ubicado en la C/Villamontes , Zona Alto San Pedro	Tipo de recipiente	Botella de plastico (Agua
Fuente	Agua residual domestica tratada (Edificio)	Estado de la muestra	Sin refrigeracion
Localidad	Ciudad La Paz	Temperatura	14.6 ° C
Fecha	20/05/2019	Fecha de análisis	20/05/2019 - 18/06/2019
Hora	11:45 a.m.	Hora	15:55 p.m.

Fuente: Elaboración propia, resumen de recepción de laboratorio.

Nota: * Agua gris sin tratamiento; ** Agua gris con tratamiento

Con el propósito de realizar los análisis de ambas muestras, se solicitó al Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad, realizar los ensayos correspondientes, donde el técnico encargado recibió las muestras para su correspondiente análisis, como indica las (Tablas 4.11 y 4.12).

Figura 4.3 Muestras para análisis Fisicoquímico y bacteriológico - Muestras N° 362* y 363**



Nota: La Muestra N° 363**es el resultado final en la experiencia manual in sitio, capítulo 6.

Resultados de la Caracterización: Los métodos aplicados por el instituto, para la caracterización de los parámetros seleccionados se ven en la (Tabla 4.13).

Tabla 4.13 Resumen, resultados de laboratorio: muestras N° 362* y N° 363**

		CASO 2- EDIFICIO (Agua Cruda)	CASO 2- EDIFICIO (Agua Tratada)
		N° 362*	N° 363**
CONTAMINANTES	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN
PARÁMETROS FÍSICOS			
TURBIEDAD	UNT	371,00	20,30
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	1444,00	2052,00
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	1894,00	2066,00
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	450,00	14,00
PARÁMETROS QUÍMICOS			
pH (T=25,0 ° C)	-	9,60	7,59
SULFATO	mg SO ₄ ²⁻ /l	193,42	755,56
CLORURO	mg Cl ⁻ /l	28,99	36,99
PRUEBA DE JARRAS	-	-	Manual
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	1548,00	624,00
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	250,00	110,00
NITRÓGENO KJELDAHL	mg O ₂ /l	2,07	4,03
ACEITES Y GRASAS	mg/l	138,00	1,60
DETERGENTES	mg/l	307,77	6,29
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO			
BACTERIAS COLIFORMES TERMORESISTENTES	U.F.C./100ml	<2	<2

Fuente: Resumen de resultados de Laboratorio - (Elaboración propia)

Conclusiones de la caracterización:

A continuación, se realizará **una comparación** de parámetros analizados en el Edificio en base a las (Tablas 4.4 y 4.13):

Para concentraciones crudas: la turbiedad sube de 170 UNT a 371 UNT, los sólidos totales casi aproximados en ambos, en el rango de 1386.00 mg/l a 1894.00 mg/l, el pH varía de 8.31 y 9.60, para la DQO de 1220.00mg/l a 1548.00 mg/l, la DBO está en 500.00 mg/l a 250.00 mg/l, aceites y grasas de 36,23 a 138.00 mg/l y en los detergentes de 148.19 mg/l a 307.77 mg/l.

En resumen, los resultados muestran una similitud, con las siguientes aclaraciones en el **CASO 2** se tomaron precauciones como indica la (Tabla 4.5), y no así para el **CASO 1**.

Cabe recordar, que para ambos **CASOS** es el mismo edificio, se solicitó a los usuarios utilizar los mismos insumos de limpieza, así como evitar escupir y orinar en la base de la ducha.

Resumen de procedimiento, para la muestra N°363 realizado en el sistema de tratamiento manual en sitio en base al ensayo de jarras casero.**

Para la muestra N° 363**, se realizó el ensayo de jarras casero en sitio, tomándose 12 litros de agua gris de la (Tabla 4.10) para ser vertidas posteriormente en 6 botellas de 2 litros cada una, donde se procedió a colocar dosis de sulfato de aluminio en polvo de 1 a 6 cucharitas de 0.193 gramos de capacidad, para después realizar la agitación rápida de 1 minuto y agitación lenta de 30 minutos, esto se realizó en un canastillo de ropa y sobre la base de una mesa respectivamente, posteriormente se dejó reposar durante 1 hora y ver la reacción de cada botella para determinar la dosis de trabajo y poder aplicarlo en el sistema construido manualmente, que consta de tanque mezclador, almacenamiento y filtros.

Para concentraciones Tratadas muestra N° 363**: A simple vista se ve un incremento en los valores, básicamente consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre el coagulante usado para este ensayo y dura solamente fracciones de segundo, este resultado es más por el tipo de movimiento que se realizó en el tanque mezclador manual o debido a la forma del tanque armado para este proceso, siendo los resultados: en Sólidos disueltos de 1444.00 mg/l a 2052.00 mg/l, en Sólidos totales de 1894,00 mg/l a 2066,00 mg/l, en Sulfatos de 193.42 mg $\text{SO}^{-2}_4/\text{l}$ a 755.56 mg $\text{SO}^{-2}_4/\text{l}$, en Cloruros de 28.99 mg Cl^-/l a 36.99 mg Cl^-/l y Nitrógeno Kjeldahl con 2.07 mg O_2/l a 4.03 mg O_2/l .

Por otro lado, se observa una disminución en Sólidos suspendidos totales, la cual muestra un agua clarificada, con un valor de turbiedad de 20,30 UNT, así como la Demanda química de oxígeno, Demanda bioquímica de oxígeno, Aceites y grasas y por último en detergentes, la cual muestra favorable en cuanto a la disminución.

❖ CASO 3:

Para este caso se realizó la recolección paulatina de aguas grises, para realizar ensayos de jarras en laboratorio y obtener la dosis de mejor ajuste y aplicarlo posteriormente al tratamiento de aguas grises, así como se detalla en el capítulo 6.

Para su mejor entendimiento se realizó un resumen de los ensayos de jarras realizados en laboratorio como se ve en la (Tabla 4.14), y así poder explicar según el

número de registro de laboratorio y color la metodología de recolección de aguas grises para cada muestra.

Tabla 4.14 Resumen de ensayos realizados según número de registro en laboratorio

Mes	Cantidad de ensayos	Vivienda / Edificio	Tipo de Artefactos sanitarios	Trabajo a realizarse	Observaciones	Fecha de realización	Ubicación del Edificio	CASO	Número de Registro de laboratorio
Mayo	A 1	Edificio	Lavamanos, ducha, lavandería y lavaplatos	Determinación de dosis óptima	-	21/05/2019	Calle Villamontes Z. Alto San Pedro	CASO 2	362*
	A 2	Edificio	Ducha	Determinación de dosis óptima (1 ra)	-	27/05/2019 - 28/05/2019	Calle Villamontes Z. Alto San Pedro	CASO 3	393*
	B 1	Edificio	Ducha	Determinación de dosis óptima (2 da)					
	C 1	Edificio	Ducha	Determinación de pH óptimo	-	29/05/2019	Calle Villamontes Z. Alto San Pedro		
Julio	A 2	Edificio	Ducha y máquina de lavar ropa	Determinación de dosis óptima (1 ra)	-	09/07/2019 - 10/07/2019	Calle 4to Centenario Z. Villa nuevo Potosi	CASO 3	465*
	B 2	Edificio	Ducha y máquina de lavar ropa	Determinación de dosis óptima (2 da)	Caracterización parámetro DQO: turbiedad mas baja (2da) Dosificación.				
	C 1	Edificio	Ducha y máquina de lavar ropa	Determinación de pH óptimo	-	10/07/2019	Calle 4to Centenario Z. Villa nuevo Potosi		
Agosto	A 2	Edificio	Ducha y máquina de lavar ropa	Determinación de dosis óptima (1 ra)	-	07/08/2019 - 09/08/2019	Calle 4to Centenario Z. Villa nuevo Potosi	CASO 3	570*
	B 2	Edificio	Ducha y máquina de lavar ropa	Determinación de dosis óptima (2 da)	Caracterización de los parámetros: Turbiedad, pH, Alcalinidad, SST, DBO, DQO, Sulfatos Nitrogeno Kjeldahl.				

Fuente: Elaboración propia resumen de ensayos de jarras realizados en laboratorio

Muestra N° 362*

De los datos explicados en la (Tabla 4.10) se tomó 6 litros para realizar el ensayo prueba de jarras en laboratorio y verificar si la dosis de la bibliografía chilena (María Verónica Franco Alvarado Chile junio 2007)³⁷, cumple para aguas grises en nuestro medio. Su desarrollo es explicado más adelante en el capítulo 6.

Muestra N° 393*

Según la (Tabla 4.14), detalla que para el mes de mayo se realizó tres ensayos; 2 ensayos para determinar la dosis óptima y 1 ensayo para determinar el pH óptimo.

Para esta muestra se recolectarán agua de ducha de la misma manera al CASO 2, para esto se dispuso de tres recipientes de capacidad 60 litros, para acumular aguas grises de tres personas, así como muestra la (Tabla 4.15).

Para llevar muestras al laboratorio se utilizó, tres bidones de **capacidad 20 litros.**

Tabla 4.15 Cantidades de aguas grises recolectados solo ducha (3 personas - Muestra 393*)

Punto	Nº Personas	Uso	Fecha y Hora	Total Litros/ Recolectados
1	1ra Persona	Ducha	27-05-2019; 4:45 am	18
1	2 da Persona	Ducha	27-05-2019; 5:10 am	32
1	3 ra Persona	Ducha	27-05-2019; 5:20 am	22
TOTAL:				72

Fuente: Elaboración propia recolección de aguas grises

En el (Punto 2.6.6 del Cap. 2), se muestra un estudio que demuestra que el mayor punto generador de aguas grises en viviendas es la ducha con **32%**, seguidos de la lavadora con un **22%** del total de agua gris generada en las viviendas.

Para la (Tabla 4.16), se aplicará la siguiente relación:

Regla de tres para ver que el mayor punto generador es:

$$\begin{aligned}
 54\% &\rightarrow 100\% \\
 32\% &\rightarrow X \\
 X &= \frac{100 * 32}{54} = 60\% \\
 \therefore D &= 60\% \text{ y } L_V = 40\%
 \end{aligned}$$

Las cantidades de la (Tabla 4.15) se multiplicaron con un factor de reducción de 0.30, (Este factor es en base a tanteos por el tema de capacidad de los bidones de 20 litros de capacidad), a esto se multiplicará por $D = 60\%$, que será la cantidad a mezclar para cada ensayo, debido que para cada prueba de jarras se debe tener suficiente cantidad de muestras por si existe errores y se pueda repetir cada ensayo.

Tabla 4.16 Resumen de aguas grises recolectadas solo en duchas (Muestra 393*)

Punto	Nº Personas	Uso	Fecha y Hora	Total Litros/ Recolectados para dicho ensayo x 0,30	Cantidad de agua gris / para envase de 20 Litros aprox.	Cantidad de agua gris D= 60 %	(Cantidad de agua gris) redondeada
1	1ra Persona	Ducha	27-05-2019; 4:45 am	5,4	21,6	12,96	13
1	2 da Persona	Ducha	27-05-2019; 5:10 am	9,6			
1	3 ra Persona	Ducha	27-05-2019; 5:20 am	6,6			
TOTAL:							13

Fuente: Elaboración propia

Muestra N° 465*

Para esta muestra se cambió la zona y edificio, debido a la falta de coordinación con el portero del edificio.

En la (Tabla 4.14), se explica que en el mes de Julio se realizó tres ensayos; 2 ensayos determinación de Dosis óptima y 1 ensayo determinación de pH óptimo.

Se realizó la recolección de aguas en el Edificio ubicado en la zona Villa Nuevo Potosí, para puntos que generan mayor cantidad de aguas grises como se describe en el capítulo 2.

Tabla 4.17 Metodología de adecuación de puntos y toma de muestras (Ducha y Lavadora - Muestra 465*)

Punto	Uso	Fotografía	Metodología de Muestreo
1	Ducha		Para la recolección de aguas grises se dispuso de tres bañeras por persona, colocándose los recipientes en el piso debido a que no contaba con base la ducha, facilitando la recolección para posterior medir con una jarra aforada a cada bidón de 20 litros.
2	Máquina de lavar ropa		Para esto los usuarios lavaron la ropa antes de poner a la máquina de lavar, posteriormente se recolectó solo la primera lavada de la máquina, depositándola después en recipientes para proceder con la toma de agua en bidones de 20 litros.
			Bidones de 20 litros de capacidad, material de laboratorio de la Universidad.

Fuente: Elaboración propia, recolección de aguas grises

Se acumuló en cuatro recipientes las aguas grises recolectadas como muestra la (Tabla 4.18).

Tabla 4.18 Cantidad de aguas grises recolectados ducha y máquina de lavar ropa (Muestra 465*)

Punto	Nº Personas	Uso	Fecha y Hora	Total Litros/Recolectados
1	1ra Persona	Ducha	09-07-2019;7:20 am	8
	2da Persona	Ducha	09-07-2019;8:15 am	17
	3ra Persona	Ducha	09-07-2019;9:54 am	13
2	1ra Persona	Máquina de lavar ropa (SEGUNDA LAVADA)	09-07-2019;10:35am	80
TOTAL:				118

Fuente: Elaboración propia

Para la (Tabla 4.19), se utilizó la relación $D = 60\%$ y $L_v = 40\%$, según la regla de tres.

Tabla 4.19 Resumen de aguas grises, recolectados ducha y máquina de lavar (Muestra 465*)

Punto	Nº Personas	Uso	Fecha y Hora	Total Litros/ Recolectados para dicho ensayo x 30%	Cantidad de agua gris / para envase de 20 Litros aprox.	Cantidad de agua gris D= 60 % y Lv= 40 %	(Cantidad de agua gris) redondeados
1	1ra Persona	Ducha	09-07-2019;7:20 am	2,4	11,4	6,84	7
	2da Persona	Ducha	09-07-2019;8:15 am	5,1			
	3ra Persona	Ducha	09-07-2019;9:54 am	3,9			
2	1ra Persona	Máquina de lavar ropa (SEGUNDA LAVADA)	09-07-2019;10:35am	24	24	9,6	10
TOTAL:				35,4	35,4	16,44	17

Fuente: Elaboración propia

Muestra N° 570*

Para la recolección de agua, se procedió de la misma forma como se procedió para la muestra 465*.

La (Tabla 4.20), muestra las cantidades de aguas grises aforadas.

Tabla 4.20 Cantidades de aguas grises recolectadas en ducha y máquina de lavar ropa (Muestra 570*)

Punto	Nº Personas	Uso	Fecha y Hora	Total Litros/ Recolectados
1	1ra Persona	Ducha	07-08-2019;7:20 am	14
1	2da Persona	Ducha	07-08-2019;8:15 am	40
1	3ra Persona	Ducha	07-08-2019;9:54 am	12
2	1ra Persona	Máquina de lavar ropa (SEGUNDA LAVADA)	07-08-2019;10:35am	80
TOTAL:				146

Fuente: Elaboración propia

La relación que se aplicó fue de: **D = 50% y Lv = 50 %**, según capítulo 2.

Tabla 4.21 Resumen de aguas grises recolectadas en la ducha y máquina de lavar ropa (Muestra 570*)

Punto	Nº Personas	Uso	Fecha y Hora	Total Litros/ Recolectados para dicho ensayo x 0,30	Cantidad de agua gris / para envase de 20 Litros aprox.	Cantidad de agua gris D= 50 % y Lv= 50 %	(Cantidad de agua gris) valores redondeados
1	1ra Persona	Ducha	07-08-2019;7:20 am	4,2	19,8	9,9	10
	2da Persona	Ducha	07-08-2019;8:15 am	12			
	3ra Persona	Ducha	07-08-2019;9:54 am	3,6			
2	1ra Persona	Máquina de lavar ropa (SEGUNDA LAVADA)	07-08-2019;10:35am	24	24	12	12
TOTAL:				43,8	43,8	21,9	22

Fuente: Elaboración propia

Resultados de laboratorio:

Se aplicará la dosis hallada en la muestra N° 570*, así como describe la (Tabla 4.14), y aplicarlo al sistema manual propuesto, y poder simular las etapas de coagulación – floculación y filtración en el capítulo 6.

Registradas las muestras en laboratorio, se procedió a realizar la caracterización de ambas muestras con la asesoría técnica de laboratorio.

Estos parámetros fueron elegidos en base a concentraciones requeridas para uso en inodoros y urinarios, así como se muestra en el capítulo 2.

Parámetros Físicos

- Turbiedad
- Sólidos Totales

Parámetros Químicos

- pH
- Sulfatos
- Demanda Química de Oxígeno
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Nitrógeno Kjeldahl

Tabla 4.22 Resultados de la caracterización de parámetros seleccionados del sistema planteado

		CASO 3 - EDIFICIO (AGUA CRUDA)	CASO 3 - EDIFICIO (AGUA TRATADA)
		Nº 573*	Nº 574**
CONTAMINANTES	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN
PARÁMETROS FÍSICOS			
TURBIEDAD	UNT	126,00	4,70
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	150,00	8,00
PARÁMETROS QUÍMICOS			
pH (T=25,0 ° C)	-	9,97	7,57
SULFATO	mg SO ₄ ²⁻ /l	18,61	26,98
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	666,00	150,00
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	414,00	103,00
NITRÓGENO KJELDAHL	mg O ₂ /l	2,35	1,54
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO			
BACTERIAS COLIFORMES TERMORRESISTENTES	U.F.C./100ml	<2	<2

Fuente: Resumen de resultados de Laboratorio - (Elaboración propia)

EL procedimiento de los ensayos realizados para la caracterización de parámetros se muestra en (ANEXO 1).

4.3 Métodos y procedimiento

Se aplicaron métodos de laboratorio descritos en la (Tabla 4.23).

Tabla 4.23 Normas para los ensayos de laboratorio - Análisis Físicos, Químicos y Bacteriológicos

PARÁMETROS FÍSICOS		
PARÁMETROS	MÉTODO UTILIZADO	UNIDAD
TURBIEDAD	SM 2130 B	UNT
SÓLIDOS DISUELTOS	SM 2540 B	mg/l
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	mg/l
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 B	mg/l
PARÁMETROS QUÍMICOS		
pH (T=25,0 ° C)	SM 4500-H ⁺ B	-
SULFATO	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E	mgSO ₄ ²⁻ /4
CLORURO	SM 4500-Cl ⁻ B	mg Cl ⁻ /l
PRUEBA DE JARRAS	CEPIS 1992	-
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM 5220 B	mg O ₂ /l
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	SM 5210 B	mg O ₂ /l
NITRÓGENO KJELDAHL	SM 4500- Norg B	mg O ₂ /l
ACEITES Y GRASAS	SM 5520 D	mg/l
DETERGENTES	SM 5540 C	mg/l
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO		
BATERIAS COLIFORMES TERMORRESISTENTES	NB 31006	U.F.C. / 100 ml

Fuente: - Elaboración propia

CAPITULO 5

5.1 Análisis y comparación de parámetros caracterizados

Debido a la falta de información de parámetros de calidad para aguas grises en nuestro medio, se seleccionó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como muestra el Capítulo 4, para comparar los valores obtenidos en laboratorio, con la bibliografía expuesta en el Capítulo 2, tanto para aguas grises crudas y tratadas.

A continuación, la (Tabla 5.1) resume las muestras entregadas y registradas en laboratorio.

Tabla 5.1 Resumen de ensayos – Caracterización de muestras en laboratorio

Mes	Tipo de Caso	Vivienda / Edificio	Tipo de Artefactos sanitarios	Ensayo de Jarras: Manual / Laboratorio	Trabajos realizados	Parámetros	Fecha de realización	Tipo de agua: Cruda / Tratada	Número de Registro en Laboratorio	Ubicación del Edificio
Abril	CASO 1	Vivienda	Ducha, lavamanos, lavandería y lavaplatos.	-	Caracterización de parámetros, Fisicoquímicos y bacteriológicos.	Turbiedad, Sólidos totales, pH, DQO, DBO, Nitrógeno Kjeldahl, Aceites y grasas, Detergentes.	02/04/2019	Cruda	202*	Calle Villamontes Z. Alto San Pedro
	CASO 1	Edificio	Ducha, lavamanos, lavandería y lavaplatos.	-	Caracterización de parámetros, Fisicoquímicos y bacteriológicos.	Turbiedad, Sólidos totales, pH, DQO, DBO, Nitrógeno Kjeldahl, Aceites y grasas, Detergentes.	02/04/2019	Cruda	203*	Calle Villamontes Z. Alto San Pedro
Mayo	CASO 2	Edificio del CASO1.	Lavamanos, ducha, lavandería y lavaplatos.	-	Caracterización de parámetros, Fisicoquímicos y bacteriológicos.	Turbiedad, Sólidos disueltos, Sólidos totales, Sólidos Suspendedos totales, Sulfato, Cloruro, DQO, DBO, Nitrógeno Kjeldahl, Aceites y grasas, Detergentes.	20/05/2019	Cruda	362*	Calle Villamontes Z. Alto San Pedro
	CASO 2	Edificio del CASO1.	Lavamanos, ducha, lavandería y lavaplatos.	Manual	Caracterización de parámetros, Fisicoquímicos y bacteriológicos.	Turbiedad, Sólidos disueltos, Sólidos totales, Sólidos Suspendedos totales, Sulfato, Cloruro, DQO, DBO, Nitrógeno Kjeldahl, Aceites y grasas, Detergentes.	20/05/2019	Tratada	363**	Calle Villamontes Z. Alto San Pedro
Agosto	CASO 3	Edificio	Ducha y máquina de lavar ropa.	Laboratorio	Dosis óptima hallada.	-	07/08/2019	Cruda	570*	Calle 4to Centenario Z. Villa nuevo Potosi
	CASO 3	Edificio	Ducha y máquina de lavar ropa.	-	Caracterización de parámetros Fisicoquímicos.	Turbiedad, pH, Alcalinidad, SST, DBO, DQO, Sulfatos, Nitrógeno Kjeldahl.	08/08/2019	Cruda	573*	Calle 4to Centenario Z. Villa nuevo Potosi
	CASO 3	Edificio	Ducha y máquina de lavar ropa.	Dosis hallada en la muestra N° 570*, CASO 3.	Caracterización de parámetros Fisicoquímicos.	Turbiedad, pH, Alcalinidad, SST, DBO, DQO, Sulfatos, Nitrógeno Kjeldahl.	09/08/2019	Tratada	574**	Calle 4to Centenario Z. Villa nuevo Potosi

* Agua Gris (Fuente)

**Agua Tratada (Afluente)

Fuente: Elaboración propia – Resumen de Ensayos

Para esto se realizó una comparación de los resultados obtenidos en el Capítulo 4, (Ver Tabla 5.1 (a)), con parámetros caracterizados según bibliografía del capítulo 2 para **aguas grises crudas**, de acuerdo al CASO y su número de muestra, así como detalla la (Tabla 5.1).

Tabla 5.1(a). - Resumen de ensayos

RESUMEN		AGUA CRUDA	AGUA CRUDA	AGUA CRUDA		AGUA TRATADA	
		CASO 1 - Vivienda	CASO 1 - Edificio	CASO 2 - Edificio	CASO 3 - Edificio	CASO 2 - Edificio	CASO 3 - Edificio
		Nº 202*	Nº 203**	Nº 362*	Nº 573*	Nº 363**	Nº 574**
CONTAMINANTES	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN
PARÁMETROS FÍSICOS							
TURBIEDAD	UNT	516,00	170,00	371,00	126,00	20,30	4,70
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	-	-	1444,00	-	2052,00	-
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	2248,00	1386,00	1894,00	-	2066,00	-
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	-	-	450,00	150,00	14,00	8,00
PARÁMETROS QUÍMICOS							
pH (T=25,0 ° C)	-	7,84	8,31	9,6	9,97	7,59	7,57
SULFATO	mg SO ₄ ²⁻ /l	-	-	193,42	18,61	755,56	26,98
CLORURO	mg Cl/l	-	-	28,99	-	36,99	-
PRUEBA DE JARRAS	-	-	-	-	-	Manual	Laboratorio
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	2100,00	1220,00	1548,00	666,00	624,00	150,00
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	880,00	500,00	250,00	414,00	110,00	103,00
NITRÓGENO KJELDAHL	mg O ₂ /l	4,73	4,31	2,07	2,35	4,03	1,54
ACEITES Y GRASAS	mg/l	353,80	36,80	138,00	-	1,60	-
DETERGENTES	mg/l	127,93	148,19	307,77	-	6,29	-
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO							
BACTERIAS COLIFORMES TERMORRESISTENTES	U.F.C./100ml	6,0x10 ³	1,20x10 ²	<2	<2	<2	-

Fuente: Elaboración propia – Resumen de Resultados por el Instituto de Ingeniería Sanitaria - UMSA

El CASO 1, muestra la recolección de dos edificaciones de diferente estrato social, así como describe la (Tabla 5.1).

- **CASO 1 – Muestra Nº 202***
- **CASO 1 – Muestra Nº 203***

TURBIEDAD. - En los resultados de la Turbidez, el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de 170 UNT a 516 UNT, la mayor concentración se presentó en la Vivienda, comparando con la (Tabla 2.15, Cap. 2) donde presenta rangos de concentración de calidad de aguas grises sin tratamiento, donde el único que entra en este rango 29 a 375 UNT, es del Edificio, según (Li, Whicmann, & Otterpohl, 2009).

En la (Tabla 2.16, Cap. 2), muestra valores para tres estratos estudiados de turbidez, siendo estos valores menores a la caracterización en la Vivienda.

El valor de la turbidez, depende de la fuente de la cual proviene. Así, por ejemplo, cuando proviene de la actividad de lavado varía en función del ciclo del mismo, generándose alta turbidez durante el lavado de ropa propiamente del primer lavado y baja turbidez durante el ciclo de enjuague y secado de las mismas, esto según (Eriksson et al 2001).

SÓLIDOS TOTALES. -En los resultados de Sólidos totales, el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de 1.386 mg/l a 2.248 mg/l, tanto para el Edificio y Vivienda

respectivamente. Según la (Tabla 2.15, Cap. 2), muestra concentraciones menores por lo que los valores de caracterización del Edificio y Vivienda están fuera de rango. Las muestras analizadas están sobre el límite superior reportado.

En la (Tabla 2.16, Cap. 2), muestra valores para tres estratos, estos son menores a los resultados del Edificio y Vivienda, el único que está próximo a un estrato sería el valor caracterizado del Edificio, corresponde al estrato 1, con un rango de 888 – 1150 (vivienda de ladera).

Los valores caracterizados para el Edificio y Vivienda son muy elevados, si comparamos con la (Tabla 2.14, Cap. 2), muestra valores de cocina con un rango de 134 -1300 mg/l, de donde provienen los valores altos.

pH. - En los resultados de pH, el rango de medida en las muestras caracterizadas fue de 7.84 a 8.31 la mayor medida se presentó en el Edificio y la más baja en la Vivienda.

Las medidas de pH comparado con lo reportado en la caracterización de otros autores de la (Tabla 2.15, Cap. 2), ambas están fuera de rango.

De la misma manera la (Tabla 2.14, Cap.2) muestra valores de producción de aguas grises (agua procedente de lavabos, duchas y bañeras; Tipo 1) (AQUA-España), menores a los valores obtenidos en la caracterización de aguas grises crudas.

Solo en la (Tabla 2.16, Cap2) del estrato 3 muestra valores de 6.89 a 9 donde corresponde a una zona central.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO). - En los resultados de DQO, el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de 1220 mg O₂/l a 2100 mg O₂/l, comparándola con las concentraciones que se muestran en la (Tabla 2.15, Cap.2), estas son menores. (Li, Whicmann, & Otterpohl, 2009).

Comparando con la (Tabla 2.14, Cap. 2), se podría decir, que el resultado de la caracterización de aguas grises para el Edificio y la Vivienda proviene de la lavandería con rangos de 231- 2950 mg O₂/l. y para cocina de 26 - 2050 mg O₂/l, por lo que el valor de la caracterización del Edificio y Vivienda entraría en esos rangos.

Por otro lado, el resultado de la caracterización de aguas grises para el Edificio, según la (Tabla 2.12, Cap.2), también viene de la lavandería con rangos de 725 - 1815 mg O₂/l. y para la cocina con rangos de 26 - 1380 mg O₂/l.

Por otro lado, el resultado del Edificio se encuentra en el rango del estrato 1, según la (Tabla 2.16, Cap.2), por lo que representaría a una vivienda común de ladera.

El valor de la DQO siempre será superior al de la DBO, debido a que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente pero no biológicamente.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO). - La DBO presenta concentraciones de 500 mg O₂/l a 880 mg O₂/l, para el Edificio y Vivienda respectivamente, comparando con la (Tabla 2.15, Cap. 2), muestra valores menores con concentraciones 47 mg O₂/l a 466 mg O₂/l.

Las concentraciones más altas se presentaron en la vivienda, la concentración más baja se presenta en el edificio, quedando fuera de este rango, ambas muestras.

En la (Tabla 2.12, Cap.2) muestra valores de 5 mg O₂/l a 1460 mg O₂/l para la cocina, donde los resultados de Edificio y Vivienda entran en este rango.

Por lo que se puede concluir que los valores altos que se muestran en la caracterización de aguas grises de la Edificio y Vivienda provienen de la cocina.

Según la (Tabla 2.12, Cap.2) muestra valores de DBO según (Eriksson et al 2001), de 10 y 1.500 mg O₂/l.

Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas.

NITRÓGENO KJELDAHL. - En los resultados de NTK, el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de 4.31 mg O₂/l a 4.73 mg O₂/l, la mayor concentración se presentó en la segunda que corresponde a la Vivienda, y la menor sería para el Edificio.

Según la (Tabla 2.15, Cap. 2), presenta rango de valores de 1.7 mg O₂/l a 34.3 mg O₂/l por lo que el Edificio y la Vivienda estarían dentro estos rangos según el autor, (Li, Whicmann, & Otterpohl, 2009). Así como para los tres estratos estudiados de la (Tabla 2.16, Cap.2).

ACEITES Y GRASAS. - En los resultados de Grasas y Aceites, el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de 36.80mg/l a 353.80 mg/l, para el Edificio y Vivienda, respetivamente.

El resultado para el Edificio se encuentra dentro en el rango de la (Tabla 2.15, Cap.2), según (Al- Jayyousi, 2003), ya que el resultado para la Vivienda está fuera de rango.

Por otro lado, en la (Tabla 2.16, Cap.2) muestra para diferentes estratos, el único que se aproxima a este valor de 36.80 mg/l es del estrato 5, lo que representa es una vivienda ubicada en una zona residencial.

DETERGENTES. - En los resultados de detergentes el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de 127.93 mg/l a 148.19 mg/l, la mayor concentración se presentó en la caracterización para la Edificio.

Comparado con lo reportado en la caracterización de otros autores (Al- Jayyousi, 2003), según la (Tabla 2.15, Cap.2) está dentro de ese rango tanto para el Edificio y la Vivienda. Aunque los valores de la (Tabla 2.16, Cap. 2) para 3 estratos son muy menores a los que se tiene en el Edificio y Vivienda.

BACTERIAS COLIFORMES TERMORRESISTENTES. - En los resultados de Coliformes Totales el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue 1.2×10^2 U.F.C./100ml a 6.0×10^3 U.F.C./100ml.

Tanto para el Edificio y Vivienda los valores caracterizados están dentro el rango de la (Tabla 2.15, Cap.2), según el autor (Halalsheh, et al, 2008), ya que los valores para los tres estratos según la (Tabla 2.16, Cap.2) son mayores a los que presenta el Edificio y Vivienda.

- **CASO 1 – Muestra N° 203***
- **CASO 2 – Muestra N° 362***

Aguas grises provenientes de un mismo Edificio, ubicado en la Calle Villamontes Z/ Alto San Pedro, así como describe la (Tabla 5.1).

Como ya se explicó en el (Capítulo 4), la recolección para la Muestra N° 203* fue directamente de la descarga de los mismos artefactos sanitarios, para la Muestra N° 362* se readeclaron algunos recipientes con el fin de no variar la composición de aguas grises crudas.

La (Tabla 5.2), muestra concentraciones diferentes, por tanto, se realiza una comparación con concentraciones normales de aguas grises crudas según la (Tabla 2.15, Cap. 2).

Tabla 5.2 Resumen de resultados de aguas grises crudas (Muestras 203* y 362*)

AGUAS GRISES CRUDAS		CASO 1 - Edificio	CASO 2 - Edificio	(Tabla 2.15,Cap.2) (Concentraciones Normales)	Autores	Observaciones N°203*	Observaciones N°362*
CONTAMINANTES	UNIDAD	N° 203 *	N° 362 *	CONCENTRACIÓN			
PARÁMETROS FÍSICOS							
TURBIEDAD	UNT	170	371	29 - 375	a	Cumple	Cumple
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	-	1444	-	-	-	-
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	1386	1894	20 - 126	d	No cumple	No cumple
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	-	450	25 -183	a	-	No cumple
PARÁMETROS QUÍMICOS							
pH (T=25,0 ° C)	-	8,31	9,6	6.3 - 8.1	a	No cumple	No cumple
SULFATO	mg SO ₄ ²⁻ /l	-	193,41	83 -160	b	-	No Cumple
CLORURO	mg Cl/l	-	28,99	20 - 30	b	-	Cumple
PRUEBA DE JARRAS	-	-	-	-	-	-	-
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	mg O ₂ /l	1220,00	1548,00	100 - 700	a	No Cumple	No Cumple
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	mg O ₂ /l	500,00	250,00	47- 466	a	No Cumple	Cumple
NITRÓGENO KJELDAHL	mg O ₂ /l	4,31	2,07	1,7- 34,3	a	Cumple	Cumple
ACEITES Y GRASAS	mg/l	36,80	138,00	7 - 230	g	Cumple	Cumple
DETERGENTES	mg/l	148,19	307,77	45 -170	f	Cumple	No cumple
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO							
BACTERIAS COLIFORMES TERMORRESISTENTES	U.F.C./100ml	$1,2 \times 10^2$	<2	$0 - 2,51 \times 10^7$	f	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia (Comparación, con otras Bibliografías) – Resultados por el Instituto de Ingeniería Sanitaria – UMSA

Nota:(a. Li, Wichmann, & Otterpohl, 2009; b. Hypes, W. 1974; d. March, Gual, & Orozco, 2004; f. Chaillou, Gérante, Andrés, & Wolbert, 2011; g. Al-Jayyousi, 2003)⁴¹

La (Tabla 5.3) muestras concentraciones de parámetros más comunes para aguas residuales domésticas, comparando con la (Tabla 5.2) se observa que algunos valores se encuentran dentro de esos rangos, esto solamente para tener una idea de las concentraciones de aguas negras con aguas grises.

Tabla 5.3 Parámetros más comunes para las aguas residuales domésticas sin considerar el tamaño de población, además de ser los parámetros que con más frecuencia se hace referencia.

Parámetro	Concentración mg L ⁻¹		
	Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (mg L ⁻¹)	350	720	1200
Disueltos totales	250	500	850
Sólidos en suspensión	100	220	350
Sólidos sedimentables	5	10	20
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	100	200	300
COT (mg L ⁻¹)	80	160	290
DQO (mg L ⁻¹)	250	500	1000
Nitrógeno total (N) (mg L ⁻¹)	20	40	85
orgánico	8	15	35
amoníaco libre	12	25	50
nitritos	0	0	0
nitratos	0	0	0
Fósforo total (P) (mg L ⁻¹)	4	8	15
orgánico	1	3	5
inorgánico	3	5	10
oxígeno disuelto	0,2	0,1	0
cloruros (mg L ⁻¹)	30	50	100
sulfato (mg L ⁻¹)	20	30	50
alcalinidad (CaCO ₃)	50	100	200
aceites y grasas (mg L ⁻¹)	50	100	150
coliformes totales NMP	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁹
COVs (µg L ⁻¹)	< 100	100 - 400	> 400

Fuente: (Metcalf & Eddy, 2004)

- CASO 2 – Muestra N° 362*
- CASO 3 – Muestra N° 573*

Tabla 5.4 Comparación de concentraciones de aguas crudas (Afluente) (Muestra 362* y 573*)

AGUAS GRISES CRUDAS		CASO 2 - Edificio	CASO 3 - Edificio	(Tabla 2.15,Cap.2)	Observaciones N°362*	Observaciones N°573*
		N° 362*	N° 573*	(Concentraciones Normales)		
CONTAMINANTES	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN		
PARÁMETROS FÍSICOS						
TURBIEDAD	UNT	371	126	29 - 375	Cumple	Cumple
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	1444	-	-	-	-
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	1894	-	20 - 126	No cumple	-
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	450	150	25 -183	No cumple	Cumple
PARÁMETROS QUÍMICOS						
PH (T=25,0 ° C)	-	9,6	9,97	6.3 - 8.1	No cumple	No cumple
SULFATO	mg SO ₄ ²⁻ /l	193,41	18,61	83 -160	No cumple	Cumple
CLORURO	mg Cl/l	28,99	-	20 - 30	Cumple	-
PRUEBA DE JARRAS	-	-	-	-	-	-
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	1548,00	666,00	100 - 700	No Cumple	Cumple
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	250,00	414,00	47- 466	Cumple	Cumple
NITRÓGENO KJELDAHL	mg O ₂ /l	2,07	2,35	1,7- 34,3	Cumple	Cumple
ACEITES Y GRASAS	mg/l	138,00	-	7 - 230	Cumple	-
DETERGENTES	mg/l	307,77	-	45 -170	No cumple	-
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO						
BATERIAS COLIFORMES THERMORESISTENTES	U.F.C./100ml	<2	-	0 - 2,51x10 ⁷	Cumple	-

Fuente: Elaboración propia – Comparación de Resultados por el Instituto de Ingeniería Sanitaria – UMSA, con otras Bibliografías

Nota:(a. Li, Wichmann, & Otterpohl, 2009; b. Hypes, W. 1974; d. March, Gual, & Orozco, 2004; f. Chaillou, Gérante, Andrés, & Wolbert, 2011; g. Al-Jayyousi, 2003)⁴¹

Las concentraciones halladas en ambas muestras de agua cruda varían, debido a la ubicación del edificio la forma de cómo fueron recolectadas y el tipo de artefactos sanitarios que fueron tomados en cuenta, así como describe la (Tabla 5.1).

Se realizó un análisis de las concentraciones, según se muestra en la (Tabla 5.4) debido a que estas aguas fueron tratadas en el sistema de tratamiento adoptado, así como describe en el capítulo 6.

Turbiedad: La diferencia está en los ciclos de lavado, ya que uno fue realizado a mano y el otro en máquina de lavar ropa, cabe recalcar que la mayor proporción de turbiedad viene de los primeros ciclos de lavado, otros usuarios antes remojan y deslavan debido a esto se espera peores resultados. Los valores no afectan al tratamiento ya pueden ser removido por tratamiento primario y tratamiento terciario.

Según bibliografía disponible se pudo observar que en ensayos con turbiedades bajas se requirió mayor dosificación de coagulante que en ensayos con turbiedades altas, lo que da a evidenciar que muchas veces no es cierto que a mayor turbiedad mayor dosis aplicada de coagulante.

Según resultados obtenidos en ensayo de jarras en laboratorio para aguas grises crudas se ve que el rango para aguas de ducha esta entre 4 a 6 (UNT), y para aguas de ducha y máquina de lavar ropa, así como para mezclas de todo artefacto sanitario está en rango de 9 -10 (UNT).

Sólidos Totales: La concentración de sólidos totales y de sólidos suspendidos totales de las aguas grises se encuentra relacionada con las actividades desarrolladas en cada hogar, se verán afectados, específicamente por la capacidad de consumo, el tipo y marca de productos de aseo que emplean.

La literatura reporta valores típicos para éstos parámetros (ERIKSSON, 2002).

$$ST = 113 - 2410 \text{ mg/l}$$

$$SS = 120 - 450 \text{ mg/l}$$

Por lo que ambas aguas estarían dentro, según esta fuente su tratamiento se lleva a cabo por proceso de coagulación química y filtración.

pH: De acuerdo con la información se puede observar que los valores de pH se encuentran entre 9.6 y 9.97, los cuales están fuera del rango típico reportado para algunas aguas residuales grises crudas de 5,0 - 8,7 según (ERIKSSON, 2002).

De acuerdo con el tratamiento planteado, los valores de pH obtenidos en las muestras se ajustan a los requerimientos del proceso de coagulación-floculación donde se emplean

comúnmente sulfato de aluminio o cloruro férrico para el tratamiento fisicoquímico que trabajan a un rango de coagulación óptima a un pH de 5,0-8,0 y 4,0-10,0 respectivamente.

Sulfatos: Para jabones líquidos el primer ingrediente es el que mayor porcentaje tiene en la fórmula que casi siempre es Agua, y el segundo es Lauril Sulfato de Sodio o Laureth Sulfato de Sodio, aparte de los surfactantes, los detergentes incorporan otras sustancias como: Agentes coadyuvantes: polifosfatos, silicatos o carbonatos, para ablandar el agua; perboratos, para blanquear manchas resistentes.

Agentes auxiliares: sulfato de sodio y carboximetilcelulosa, que favorecen la eliminación del polvo; enzimas, para eliminar restos orgánicos; sustancias fluorescentes, para contrarrestar la tendencia al amarilleamiento del color blanco; estabilizadores de espuma; perfumes y colorantes. <file:///C:/Users/SEVEN/Desktop/norma-internet/Jabones%20y%20detergentes>.

Según lo explicado la muestra N° 362* contiene aguas de lavandería (Primera lavada a mano) y lavamanos, siendo esta concentración mayor y saliéndose del rango de referencia usada.

Cloruros: El contenido de cloruro de las aguas naturales no suelen sobrepasar los 50 - 60 mg/l. El contenido en cloruros no suele plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo.

Este parámetro es importante evaluarlo ya que las concentraciones elevadas ocasionan corrosión en tuberías (Kronholm, Metsälä, Hartonen y Riekkola, 2001).

Rojas et al. (1994) mencionan que concentraciones de cloruro arriba de 50 mg/l pueden causar daños en el desarrollo de las plantas y ocasiona malos olores.

https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/determinacion_de_cloruro.asp

Para la muestra N ° 573* no se determinó la concentración de cloruros, debido al bajo valor que presentó la Muestra N° 362*.

DQO: El rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de 666,00 mg O₂/l y 1548,00 mg O₂/l, comparado con lo reportado en la caracterización de otros autores (Li, Whicmann, & Otterpohl, 2009), la muestra N°573* están dentro del rango. Para la muestra N° 362* el valor alto se debe a que contiene agua de cocina.

Es por eso que se debe definir o considerar que tipo de aguas residuales se consideraran aguas grises, así como indica en el (Punto 2.6.6, Tabla 2.5 a 2.7).

Cabe resaltar que de acuerdo con la literatura cada fuente en particular dentro de un hogar arroja diferentes valores de DQO.

Por ejemplo, para agua del baño entre 184 – 633 mg/l O₂, lavadora entre 725 y 1815 mg/l O₂ y mezcla de aguas grises entre 13 – 8000 mg/l O₂ (ERIKSSON, 2002).

Los valores de DQO determinados muestran una tendencia a aumentar, en cada grupo de diversidad de población de los estratos socioeconómicos de cada País.

El valor de la D. Q. O. siempre será superior al de la D. B. O. debido a que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente pero no biológicamente y eso se ve en (Tabla 5.4) para ambas muestras:

$$\begin{aligned} \text{DQO} &= 1548 \frac{\text{mg}}{\text{l}} > \text{DBO} = 250 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \\ \text{DQO} &= 666 \frac{\text{mg}}{\text{l}} > \text{DBO} = 414 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \end{aligned}$$

DBO: El rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de 250 mg O₂/l a 420 mg O₂/l.

La concentración más alta se presentó en la muestra N°573* esto quizás es debido a las ubicaciones de cada edificio, cabe recalcar que esta muestra no contiene aguas de cocina.

Para la muestra N° 362* es mezcla de cocina, lavandería, ducha y manos, la cual su valor es semejante a estudios en estratos 3 y 5 de la (Tabla 2.16, Cap2.) donde estos son viviendas en zonas céntricas y residenciales.

En cambio, la ubicación del estrato 1 es de ladera por lo que la Muestra N ° 573 se aproxima al estrato 1. Ambas muestras están medianamente contaminadas según el rango de 100 a 500 mg/l. (DBO y DQO para caracterizar aguas residuales - Nihon Kasetsu Europe%20%20 Monitoring & Water Clarification.htm)⁷⁸

Nitrógeno kjeldahl: La concentración medida fue de 2.07 [mg/l] y 2,35 [mg/l], son bastante bajas pese a que la N° 362* incluye lavaplatos y la muestra N°573* no incluye lavaplatos.

Esto debido a que gran parte de la materia orgánica es producto de restos de comidas.

Hacer notar que la recolección de lavaplatos para la muestra N°362* no fue de gran magnitud ya que solo lavaron tazas de té, leche, y algunos platos en que depositaron salteña, pan, queques, la mayoría del edificio donde se realizó el muestreo come fuera.

Aceites y grasas: En la literatura los parámetros de aceites y grasas de aguas grises son valores típicos entre 8 - 35 mg/l para aguas grises de la lavadora y entre 37 - 78 mg/l para aguas grises del baño (ERIKSSON, 2002).

La muestra N° 362* de la (Tabla 5.2), con concentración de 138 mg/l para aceites y grasas se encuentra en el rango 7 - 230 mg/l, según la (Tabla 2.15, Cap2).

El sistema de tratamiento manual del (Punto 6.2, Cap.6), a su salida da como resultado un agua tratada reduciendo de 138.00 mg/l a 1.60 mg/l en aceites y grasas, debido a este

resultado para la Muestra N° 573* no se solicitó hallar la concentración de Aceites y Grasas debido a que disminuyó la concentración de la Muestra N° 362*.

Detergentes: Para la muestra N° 573* no se solicitó caracterizar detergentes debido al valor que presentó la muestra N° 362* a la entrada y salida del sistema manual de tratamiento descrito en el capítulo 7, donde el valor de agua gris cruda es de 307.77 mg/l y el valor de salida es de 6.29 mg/l.

- **CASO 2 – Muestra N° 363****
- **CASO 3 – Muestra N° 574****

Para las concentraciones halladas en la (Tabla 5.5), se realizará la descripción de algunos ensayos que fueron realizados con anterioridad para experimentar el proceso y poder aplicar al sistema de tratamiento de aguas grises, para poder analizar resultados finales a la salida del sistema de tratamiento manual en sitio.

Primera experiencia:

Para llevar a cabo este ensayo, se realizó un Filtro casero con arena, grava y carbón vegetal. La muestra fue recolectada de los mismos artefactos sanitarios ducha, lavandería, lavamanos y lavaplatos en una botella de plástico, después del proceso de filtrado se vio agua clarificada, resultado de la filtración.

Figura 5.1 Ensayo experimental prueba del filtro casero con arena, grava y carbón vegetal



Simultáneamente se preparó la misma muestra en una jarra de 1 litro, de acuerdo a videos del internet y bibliografía investigada, donde se experimentó el proceso de coagulación, floculación y sedimentación, agregando sulfato de aluminio en polvo (piedra alumbre) a la jarra, agitándose con una varilla de plástico después de unos segundos se dejó sedimentar y observar la reacción.

Primer ensayo de jarras casero (Fecha 08/05/2019)

Para realizar este ensayo se compraron agregados y carbón activado de farmacia, una vez colocados los materiales al sistema de tratamiento armado, así como se ven en la (Figura 5.2).

Se procedió con la recolección agua de los mismos artefactos sanitarios ducha, lavamanos, lavandería y lavaplatos de mi domicilio compuesta por 7 miembros, ubicado en la calle Villamontes, Zona Alto San Pedro de la ciudad de La Paz.

Con el fin de poner en práctica el ensayo de jarras casero, según bibliografía investigada, se procedió con el mezclado de aguas grises para verterlos en botellas de 6 botellas de agua vital cada una a 2 litros.

Figura 5.2 Armado del sistema de tratamiento para aguas grises y posición de materiales



Se tomó como unidad de medida una cucharita de 0.193 g. de capacidad (Cucharita de Stevia), colocándose el sulfato de aluminio a cada botella uno, dos, tres, cuatro, cinco y seis cucharitas, respectivamente.

En la (Figura 5.3) muestra la posición de las botellas etiquetadas con coagulantes según bibliografía chilena, dichas medidas no se pudieron medir a falta de una balanza electrónica, es por eso que se optó cucharitas de sulfato de aluminio.

Con la ayuda de dos personas se colocó el componente químico a cada botella al mismo tiempo, una vez cerradas con sus tapas cada botella, se colocaron dentro la base de un canasto de ropa vacía y proceder con la agitación rápida con movimientos de arriba a abajo durante 1 minuto, pasado esto se sacó las 6 botellas y se procedió con la agitación lenta, sobre la base de una mesa durante 15 minutos, pasado esto se colocó en forma ordenada las seis botellas para ver la reacción de sedimentación de 1 hora, y elegir la dosis del ensayo según la vista.

Figura 5.3 Ensayo experimental con sulfato de aluminio en polvo



Obtenido el dato de la mejor dosis, se preparó 12 litros de agua gris, vertiéndose al mezclador manual para poder verter la dosis y realizar la agitación rápida y lenta, terminada esto se dejó sedimentar para que las aguas clarificadas pasen al tanque recolector de agua clarificada, y mediante llaves de paso manipular el paso hacia los filtros y obtener un agua tratada.

Segundo ensayo de jarras casero (Fecha 15/05/2019)

Para este segundo ensayo se cambió el material granular al sistema de tratamiento, y se modificó el tanque de almacenamiento de aguas clarificadas, según (Figura 5.4).

Se recolecto aguas grises provenientes de ducha, realizándose de la misma manera que el primer ensayo, donde se observó que las cantidades de sulfato de aluminio tardaron en reaccionar, eligiéndose la botella que mostró mayor sedimentación pese a que todas las botellas no se clarificaron. Posteriormente se realizó la mezcla rápida y lenta en el tanque mezclador, con la dosis hallada para dejar después dejar sedimentar, posterior dejar pasar el agua clarificada al tanque de almacenamiento de aguas clarificadas y con la manipulación de llaves de paso se efectuase la filtración.

Figura 5.4 Armado del sistema de tratamiento y resultados del tratamiento



Para estas aguas no se pudo realizar la entrega al Instituto de Ingeniería Sanitaria, para realizar la caracterización de las muestras de agua, debido a la hora en que se terminó de recolectar el agua tratada.

Debido a esto se realizó un tercer ensayo de jarras casero en fecha 20/05/2019 (ver Cap. 6), para tener datos fiables se realizó un ensayo de jarras en laboratorio en fecha 09/08/2019 según (Cap. 6) posteriormente se aplicaron en el sistema de tratamiento manual en sitio.

A continuación, se hará una comparación de **resultados finales de aguas grises tratadas**, según dosis hallada en el ensayo de jarras casero y laboratorio, donde el capítulo 2 muestra valores para aguas grises tratadas que cumplen para el uso de reutilización en inodoros y urinarios, así como describe en la (Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Comparación de concentraciones de aguas tratadas en el Efluente (Muestra 363 y 574**)**

AGUAS GRISAS TRATADAS		CASO 2 - Edificio	CASO 3 - Edificio	(Ver Tabla 2.22, Cap. 2)	Observaciones N°363**	Observaciones N°574**
		N° 363**	N° 574**	Requerimiento		
CONTAMINANTES	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN		
PARÁMETROS FÍSICOS						
TURBIEDAD	UNT	20,30	4,70	<=5	No cumple	Cumple
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	2052,00	-	1416,00	No cumple	-
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	2066,00	-	-	-	-
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	14,00	8,00	10,00	No cumple	Cumple
PARÁMETROS QUÍMICOS						
PH (T=25,0 ° C)	-	7,59	7,57	5,8 - 9	Cumple	Cumple
SULFATO	mg SO ₄ ²⁻ /l	755,56	26,98	No detectado	-	-
CLORURO	mg Cl/l	36,99	-	No detectado	-	-
PRUEBA DE JARRAS	-	Manual	Laboratorio	-	-	-
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	624,00	150,00	15,00	No cumple	No cumple
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg O ₂ /l	110,00	103,00	< =10	No cumple	No cumple
NITRÓGENO KJELDAHL	mg O ₂ /l	4,03	1,54	2,76	No cumple	Cumple
ACEITES Y GRASAS	mg/l	1,60	-	No detectado	-	-
DETERGENTES	mg/l	6,29	-	No detectado	-	-
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO						
BACTERIAS COLIFORMES TERMORESISTENTES	U.F.C./100ml	<2	-	1	Cumple	-

Fuente: Elaboración propia (Comparación de resultados con otras bibliografías) – Resultados por el Instituto de Ingeniería Sanitaria – UMSA

Observaciones:

Hallada la dosis óptima de sulfato de aluminio para la muestra N°570* en laboratorio, se procedió a preparar una nueva solución de sulfato de aluminio para poder aplicarlo en el sistema manual en sitio adoptado.

La dosis hallada en laboratorio del ensayo de jarras, se vertió al tanque mezclador manual, la cual se disolvió al agitar manualmente, por tal motivo a la salida del tratamiento disminuye los sólidos totales, así como la turbiedad. Lo que no sucede para la muestra N° 363**, debido a que la dosis hallada fue manual y se vertió en polvo al tanque mezclador agitándose también manualmente, es por eso que existe un elevado valor de Sólidos totales, debido a que no fueron diluidos en el tanque ya que se realizó a mano.

La reducción de turbiedad para ambas muestras de agua tratada es de 20.30 UNT y 4.70 UNT, puede deberse a que se realizó cambios en el sistema de tratamiento o al tipo de artefacto sanitario considerado para cada muestra.

Debido a los valores hallados en la caracterización para la muestra N° 363** con un valor de 14.00 mg/l para sólidos suspendidos totales, se solicitó solamente sólidos totales para la muestra N° 574**.

Para las muestras N° 362* y N° 373*, de la (Tablas 4.13 y 4.22), las concentraciones de sulfato son 193.42 y 18.61 mgSO₄²⁻/l respectivamente, esto para aguas grises crudas, estando dentro del rango que presenta la (Tablas 2.15 y 2.16) para sulfatos.

Debido a la presencia de sulfato de aluminio en polvo en el ensayo de jarras casero en sitio y laboratorio, se ve un aumento en la caracterización de aguas grises tratadas para los sulfatos con 755.56 y 26.98 mgSO₄²⁻/l respectivamente según las (Tablas 4.13 y 4.22).

Comparando ambas muestras tratadas de la (Tabla 5.5), existe una reducción de sulfatos de 755.56 a 26.98 mgSO₄²⁻/l respectivamente, esta reducción se debió a la aplicación de sulfato de aluminio en polvo y en solución ya que para el primero fue aplicado en polvo y realizado la agitación manualmente en el tanque mezclador, así de la misma manera para el valor de 26.98 con la diferencia que la solución fue líquida, preparada en laboratorio.

No se solicitó para la muestra N° 574** aceites y grasas como detergentes debido a su valor bajo que presento para las muestras N ° 363**.

Cabe recalcar que no existen valores finales para aguas grises tratadas de sulfatos, cloruros, aceites-grasas y detergentes.

Para la muestra N°574** las concentraciones de DBO y DQO no cumplen con los requerimientos propuesto en el (Tabla 2.22, Cap. 2), por tanto, se hará unas comparaciones, así como muestra la (Tabla 5.6).

Tabla 5.6 Relación DQO - DBO para la muestra N° 574**

DBO (mg/l)										(Tablas 5,4 y 5,5)	(Tablas 5,4 y 5,5)		
Dilución	N° Botella	Muestra	Volumen	ODi	OD 5 días	Diferencia	TESTIGO	Individual	Promedio	DBO	DQO	DQO/DBO	DBO/DQO
	19			5,71	5,36	0,35	0,30			420	666	1,6	0,63
	20			5,75	5,46	0,29							
	21			5,62	5,30	0,32							
	22			5,61	5,34	0,27							
	23			5,6	5,33	0,27							
	25			5,59	5,30	0,29							
	26			5,6	5,30	0,30							
10 / 100	27	573	3	5,6	5,01	0,59	0,29	590	414	420	666	1,6	0,63
	28		5	5,6	4,85	0,75	0,45	450					
	29		7	5,6	4,72	0,88	0,58	377					
	30		10	5,6	4,42	1,18	0,88	354					
10 / 250	31	573	5	5,6	5,10	0,50	0,20	750	419	420	666	1,6	0,63
	32		10	5,6	4,94	0,66	0,36	495					
	33		15	5,61	4,73	0,88	0,58	440					
	35		20	5,6	4,54	1,06	0,76	398					
1 / 1	36	574	3	5,6	4,5	1,10	0,80	110	103	110	150	1,4	0,73
	37		5	5,6	3,79	1,81	1,51	109					
	38		7	5,61	3,29	2,32	2,02	99					
	39		10	5,59	2,42	3,17	2,87	95					
50 / 100	40	574	3	5,6	4,88	0,72	0,42	144	106	110	150	1,4	0,73
	41		5	5,6	4,6	1,00	0,70	120					
	42		7	5,61	4,29	1,32	1,02	113					
	43		10	5,6	3,94	1,66	1,36	100					

Fuente: Elaboración propia – Cálculo de la DBO en base a resultados hallados en el Instituto de Ingeniería Sanitaria

La DBO proporciona una medida aproximada de la materia orgánica biodegradable presente en las aguas residuales. Por tanto, para ambas muestras nos encontramos en aguas medianamente contaminadas entre 100 - 500 mg/l, debido a sus valores de 420 y 110 mg O₂/l.

Si la relación (DBO5/DQO) < 0,2 entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza industrial, poco biodegradables y son convenientes los tratamientos físico-químicos, la (Tabla 5.6), muestra valores de 0.63 y 0.73 mayores al valor de 0.2.

Por tanto, nos encontramos en la relación (DBO5/DQO) > 0,5 entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, conforme esa relación sea mayor. Estas aguas residuales, puede ser tratada mediante tratamientos biológicos.

Debe evitarse el vertido de tintes, colorantes, pinturas, medicamentos, materias orgánicas, orina y debe protegerse con trampa para cabello las rejillas de ducha etc. pudiendo interferir en la calidad final del agua tratada o en el correcto funcionamiento de los equipos instalados.

5.2 Análisis y comparación de resultados en la prueba ensayo de jarras

Con los resultados experimentales obtenidos en laboratorio, se procedió a construir tablas que relacionan los parámetros de turbidez y pH, en base a la (Tabla 4.14 del Capítulo 4).

Tabla 5.7 Dosificaciones de sulfato de aluminio utilizadas para las pruebas iniciales del agua cruda – Prueba de jarras

Mes	N° de Muestra	Inciso	N° de Ensayo	Turbiedad Inicial (UNT)	Dosificación Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/ l						Dosificación Al ₂ (SO ₄) ₃ ml					
					5	10	15	20	30	40	0,5	1	1,5	2	3	4
Mayo	362	A	1	379	5	10	15	20	30	40	0,5	1	1,5	2	3	4
	393	A	1	292	100	150	200	300	400	500	10	15	20	30	40	50
		B	1	295	80	120	150	180	200	220	8	12	15	18	20	22
Julio	465	A	1	167	80	120	150	180	200	220	8	12	15	18	20	22
		B	1	167	130	140	150	160	170	180	13	14	15	16	17	18
Agosto	570	A	1	136	180	220	250	280	300	320	18	22	25	28	30	32
		B	1	128	130	140	150	160	170	180	15	15	15	18	18	18

Fuente: Elaboración propia – Resumen de resultados hallados por el Instituto de Ingeniería Sanitaria

Tabla 5.8 Resultados finales – Prueba de jarras

Mes	N° de Muestra	Inciso	N° de Ensayo	pH Inicial	pH Corregido	Turbiedad Inicial (UNT)	Dosificación Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/ l						pH						Turbiedad Final (UNT)						Dosis Óptima Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/ L (Según resultado)	Dosis Óptima Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/ L (Según gráfico)	Dosis Óptima Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/ L (Según Regresión Polinomial)
							5	10	15	20	30	40	9,51	9,48	9,47	9,41	9,31	9,21	359	365	358	368	375	376	15	15	21,42
Mayo	362	A	1	9,6	-	379	5	10	15	20	30	40	9,51	9,48	9,47	9,41	9,31	9,21	359	365	358	368	375	376	15	15	21,42
	393	A	1	6,74	9,18	292	100	150	200	300	400	500	5,87	4,86	4,58	4,44	4,4	4,38	248	18,9	13,2	15,7	13,9	10,5	500	176	358,41
		B	1	6,71	10,02	295	80	120	150	180	200	220	7,00	6,01	5,65	5,13	4,86	4,73	312	31,8	11,7	9,56	10,3	13,1	180	159	177,21
Julio	465	A	1	9,79	-	167	80	120	150	180	200	220	7,3	6,74	6,22	5,61	5,71	4,93	166	19,2	12,5	13,9	11,1	8,7	220	137	177,48
		B	1	9,56	-	167	130	140	150	160	170	180	6,4	6,29	6,58	6,4	5,93	5,63	32,6	11,8	53,4	10,4	14,3	13,3	160	164	160,92
Agosto	570	A	1	9,37	-	136	180	220	250	280	300	320	6,2	4,97	5,26	4,7	4,66	4,63	52,5	8,93	8,95	9,97	17,4	14,1	220	283	269,06
		B	1	9,96	-	128	130	140	150	160	170	180	6,66	6,65	6,53	6,48	6,33	6,2	73,1	33,2	28,8	39,8	16,8	10,5	180	155	185,00

Fuente: Elaboración propia – Resumen de resultados hallados por el Instituto de Ingeniería Sanitaria – Prueba de jarras

pH Optimo

Tabla 5.9 Resultados de la determinación de pH óptimo

Mes	Inciso	N° de Muestra	N° de Ensayo	pH Inicial	pH Corregido	Turbiedad Inicial (UNT)	Dosificación Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/ L						pH						Turbiedad Final (UNT)						pH Óptimo (Según resultado)
							150	150	150	180	180	180	11,0	12,0	13,0	11,0	12,0	13,0	70,1	102	38,2	91,9	37,8	22,7	13
Mayo	C	393	1	6,65	10,02	334	150	150	150	180	180	180	11,0	12,0	13,0	11,0	12,0	13,0	70,1	102	38,2	91,9	37,8	22,7	13
Julio	C	465	1	9,79	-	167	160	160	160	160	160	160	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	15,6	20,6	88,4	84,4	105	77,5	10

Fuente: Elaboración propia – Resumen de resultados hallados por el Instituto de Ingeniería Sanitaria – Prueba de jarras

5.2.1 Porcentajes de Remoción de los Parámetros Físicoquímicos con Sulfato de Aluminio

A continuación, en la (Tabla 5.10) se presenta los porcentajes de remoción de las mejores dosis aplicadas donde los parámetros como la turbiedad se encuentran dentro del rango permisible, mediante el ensayo de jarras utilizando sulfato de aluminio como coagulante.

a) Remoción de la Turbiedad con Sulfato de Aluminio

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Remoción Turbiedad} = \frac{\text{Turbiedad Inicial} - \text{Turbiedad Final}}{\text{Turbiedad Inicial}} \times 100$$

Tabla 5.10 Remoción de Turbiedad UNT

Nº Muestra	Turbiedad Inicial	Turbiedad Final	Dosis	% de Remoción
465	167	32,6	130	80
		11,8	140	93
		53,4	150	68
		10,4	160	94
		14,3	170	91
		13,3	180	92
Nº Muestra	Turbiedad Inicial	Turbiedad Final	Dosis	% de Remoción
570	136	52,5	180	61
		8,93	220	93
		8,95	250	93
		9,97	280	93
		17,4	300	87
		14,1	320	90

Fuente: Elaboración propia – Resumen de resultados hallados por el Instituto de Ingeniería Sanitaria – Prueba de jarras

Se observa que los mejores porcentajes de remoción de la turbiedad se encuentran por encima del 80%.

CAPITULO 6

6.1 Tratamiento de aguas grises y reuso

Actualmente en la mayoría de los países del mundo, las aguas grises son vertidas a las redes de alcantarillado, donde se mezclan con las aguas negras y otros desechos orgánicos. En ese sentido se buscó una alternativa de tratamiento para poder tratar estas aguas, y aplicarla al edificio administrativo "CASA DE LAS CEBRAS", ubicado en la ciudad de La Paz.

Según se detalla a continuación:

Inicialmente se conocieron aspectos relacionados a las calidades de aguas grises, sin y con tratamiento, información que depende de muchas variables, así como indica el capítulo 2.

Con los parámetros analizados en el CASO 1 del capítulo 4, se logró determinar que existe un nivel de contaminación, para esto se analizó de la siguiente manera:

- 1.- Se experimentó un tratamiento casero como primera experiencia manual, según los resultados obtenidos de la caracterización del (CASO1, capítulo4).
- 2.- Para tener una efectividad de resultados, se llevó a cabo un ensayo en laboratorio para la constancia de la experiencia manual.
- 3.- Según lo observado y estudiado se diseñó un sistema de tratamiento propuesto para el proyecto.

6.2 Experiencia Manual

Según la guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. (Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios AQUA ESPAÑA 2016)³⁸

Explica para la recuperación de aguas grises **tipos de tratamiento**, que a partir de los artefactos sanitarios recoge el agua gris mediante las tuberías y envía a un sistema de tratamiento, para después reutilizarlos en puntos de uso en un edificio.

La selección del tipo de tratamiento depende de varios factores y características de aguas grises a tratar como describe el capítulo 2.

Según un trabajo preparado por un Ingeniero de la Universidad de Medellín realizado el 29 al 31 de Octubre, 2004 en la Universidad de Quindío en Colombia, para tratamiento de aguas grises provenientes de duchas, lavanderías o máquinas

de lavar ropa, el tratamiento incluye procesos de coagulación, sedimentación y filtración existiendo diversos métodos para realizar el tratamiento de aguas grises según sus características, pero la mayoría de autores coinciden con unos pasos que son esenciales en el proceso de tratamiento, según (Figura 6.1).

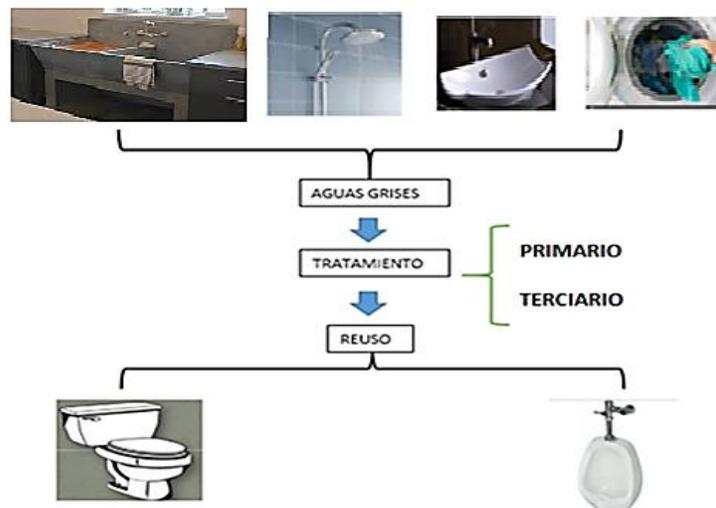
Figura 6.1 Niveles de tratamiento de aguas residuales grises (SILVA, 2008)

PRETRATAMIENTO	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO	TRATAMIENTO Terciario
Objetivo: Eliminación de objetos gruesos arenas y grasas	Objetivo: Eliminación de materia sedimentable y flotante.	Objetivo: Eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal.	Objetivo: Eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos
Operaciones Básicas > Desbaste > Tamizado > Desarenado > Desengrasado	Operaciones Básicas > Decantación primaria > Tratamientos físico-químicos (Coagulación – floculación)	Operaciones Básicas > Degradación bacteriana > Decantación secundaria	Operaciones Básicas > Floculación > Filtración > Eliminación de N y P > Desinfección
Procesos Físicos	Procesos Físicos y Químicos	Procesos Biológicos	Procesos Físicos, Químicos y Biológicos

Fuente: (Ing. Juan Guillermo Silva Domínguez, 2013)¹⁴

Se construyó un simulador manual siguiendo la (Figura 6.2), con el fin de conseguir resultados finales de agua tratada en el efluente del simulador manual en sitio.

Figura 6.2 Secuencia de procesos de reutilización de aguas grises



Fuente: Elaboración Propia – Secuencia de trabajo según la (Figura 6.1)

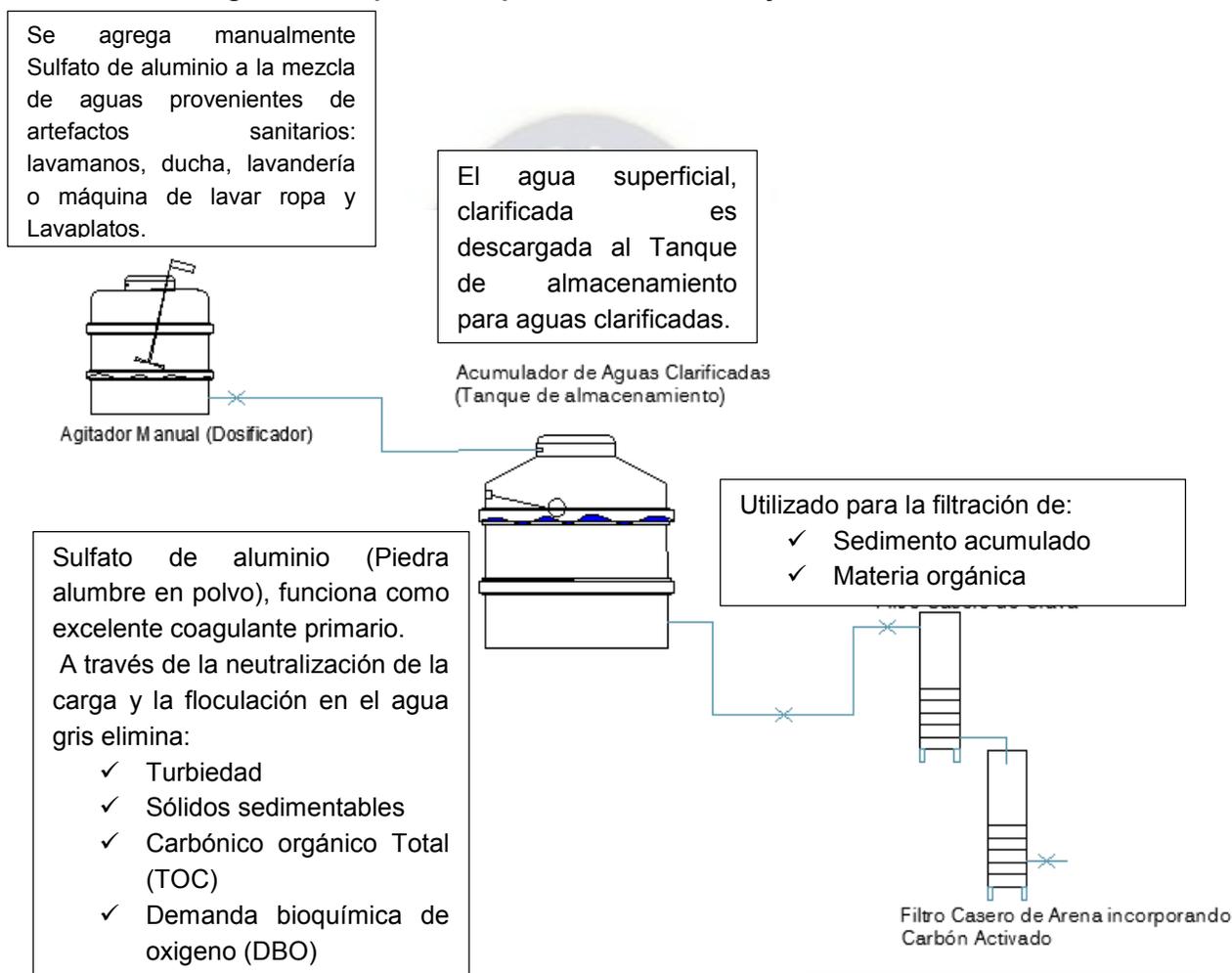
6.2.1 Construcción del sistema manual en sitio

De acuerdo a los parámetros caracterizados y análisis de resultados, en el **CASO 1**, se propone un sistema de tratamiento según la (Figura 6.1), con las siguientes

unidades: Agitador Manual (Dosificador), Acumulador de aguas clarificadas (Tanque almacenamiento) y Filtros caseros según CEPIS, con la incorporación de carbón activado como describe la (Figura 6.3).

La remoción de contaminantes por el sistema deberá cumplir con las calidades de aguas permitidas, así como señala el (Capítulo 2).

Figura 6.3 Esquema adoptado de tratamiento y remoción teórica



Fuente: Elaboración Propia – Según (Cristian Mauricio Espinal Velásquez, David Ocampo Acosta, Juan David Rojas García, 2014)¹²

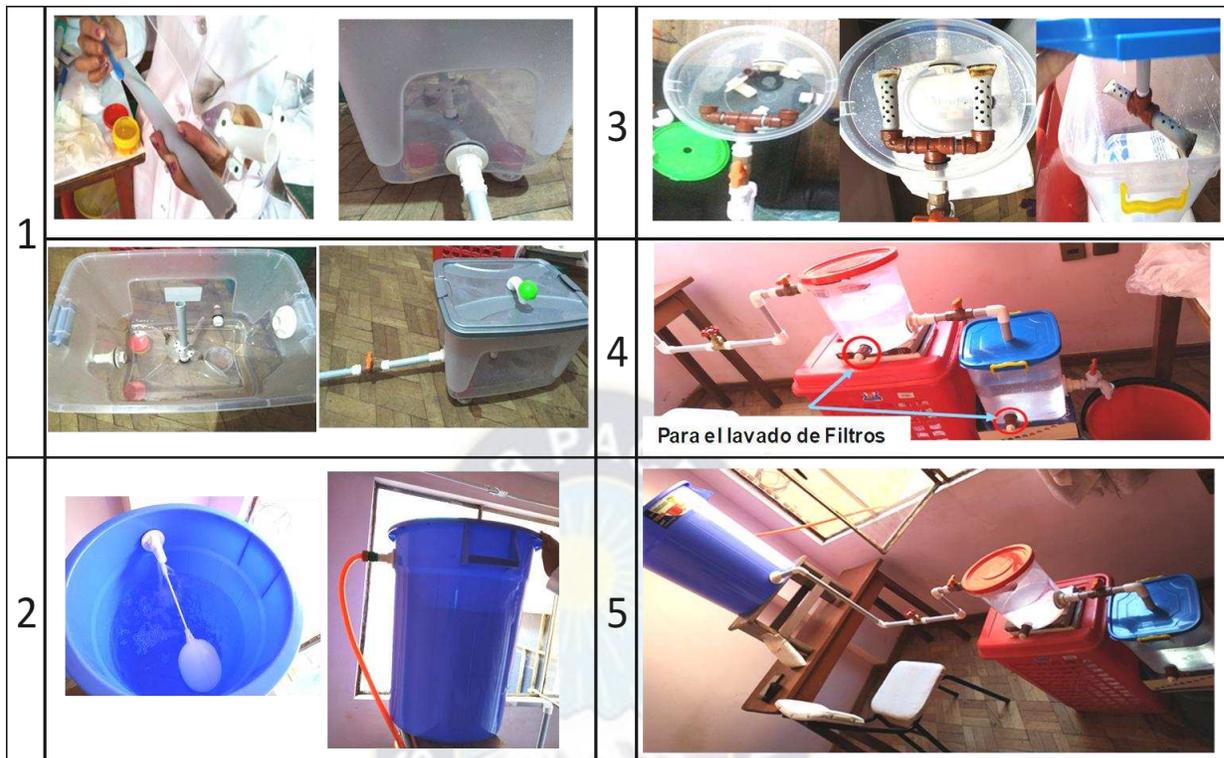
La (Figura 6.4) describe la construcción del sistema:

- 1.- Construcción del agitador manual (Dosificador)
- 2.- Construcción del tanque acumulador de agua clarificada (Tanque de almacenamiento de agua clarificada),
- 3.- Construcción del Filtro caseros grueso y arena (Según CEPIS),
- 4.- Filtros armados
- 5.- Sistema armado

Utilizado para disolver:

- ✓ Cloro
- ✓ Disolvente orgánicos
- ✓ Herbicidas
- ✓ Disolventes orgánicos
- ✓ Partículas finas
- ✓ Material Coloidal
- ✓ Impurezas
- ✓ Demás químicos
- ✓ Detergentes

Figura 6.4 Construcción del sistema de tratamiento en sitio - (Simulador manual)



Fuente: Elaboración Propia

6.2.2 Preparación de los Filtros caseros

Antes de desarrollar la experiencia manual en sitio, donde implica la realización de un ensayo de jarras casero para obtener la dosis óptima, se deberá prepararse antes la posición de los materiales granulares en los filtros, ya que el uso será simultáneamente en el sistema de la (Figura 6.3).

Con el fin de preparar los filtros se compró material granular en la Av. Tejada Sorzano se lavó y se secaron a temperatura ambiente como muestra la (Figura 6.5).

Figura 6.5 Compra de agregados y lavado



La selección de material se realizó según la (Figura 6.6), separando los tamaños manualmente y visualmente.

Figura 6.6 Selección de material granular



Para los Filtros se utilizó como referencia la Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas. (Guía Técnica de Diseño y Ejecución de proyectos de agua y saneamiento con tecnologías alternativas". En su primera versión, fue elaborada en el marco de la nueva política sectorial, por el Viceministerio de agua potable y Saneamiento Básico / Ministerio de Medio Ambiente y Agua, donde en la Página 91. Muestra la Elaboración de un Filtro Casero, 2011)⁴⁶

La altura de material granular de cada filtro casero de la pág. 91, se multiplicó por 0.20 para conseguir las alturas de acuerdo al tamaño (recipientes) de filtros en el mercado.

Figura 6.7 Filtro grueso descendente

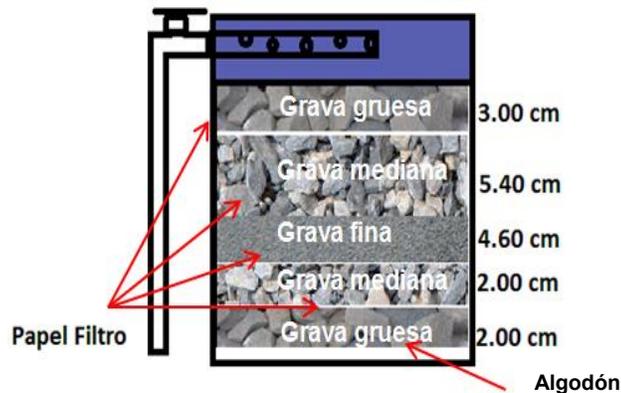
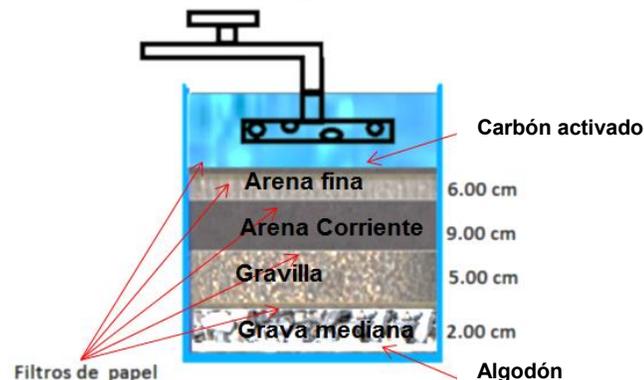


Figura 6.8 Filtro lento de arena incorporado, carbón activado



El carbón activado, es colocado después en los lechos de arena, con el fin de orientar los componentes específicos de la materia orgánica de fondo, (por ejemplo, compuestos que causan sabores, olores o aspectos indeseables), que no estén bien eliminados por los procesos de las unidades precedentes.

El carbón activado convierte el agua gris filtrada ligeramente turbia, en agua transparente y con buen olor. (Andrés Felipe Suárez mayo 2013)⁶⁵

La (Figura 6.9 y 6.10), muestra el colocado y sus posiciones de grava, arenas con carbón activado.

Figura 6.9 Colocado de grava, según la (Figura 6.7)



Figura 6.10 Colocado de arena y carbón activado, según la (Figura 6.8)



Para dar continuidad a la filtración la (Figura 6.11), muestra las posiciones y armado de los filtros.

Figura 6.11 Filtros equipados con material granular



6.2.3 Prueba de jarras (Casero) - (Fecha 20/05/2019)

Tabla 6.1 Materiales utilizados en el ensayo de jarras casero

1	Alumbre en polvo (Sulfato de Aluminio) y carbón activado de farmacia		2	Botellas de Agua vital 2 litros (Envases nuevos)	
3	Guantes, cronómetro y bolsas plásticas		4	Papel filtro	
5	Recipientes para tomar muestras de aguas grises y jarra aforada de 2 litros		6	Agua destilada y Rollo de algodón	
7	Botellas Laboratorio (Esterilizadas)		8	Tiras de papel pH y rangos de valores pH y cucharita de 0,193 g.	
9	Recipientes		10	Materiales gamulares: Grava y arena	

Fuente: (Elaboración Propia, (María Verónica Franco Alvarado Junio, 2007))³⁷

Como primera experiencia, se desarrolló un ensayo de jarras casero en sitio, que se realizó siguiendo bibliografía chilena, donde aplica dosis de 5 a 30 mg/l de Sulfato de aluminio como coagulante. (María Verónica Franco Alvarado - Santiago de Chile Junio, 2007)³⁷

Para la incorporación de sulfato de aluminio en polvo, se consultó otra bibliografía y el internet.

A continuación, se detalla el procedimiento usado:

1.- Se enjuagó 6 botellas de agua vital con agua destilada, para después llenarlos con aguas grises ver (Figura 6.12).

Figura 6.12 Llenado de botellas con aguas grises



2.- Se midió el pH inicial, de aguas crudas, así como muestra la (Figura 6.13).

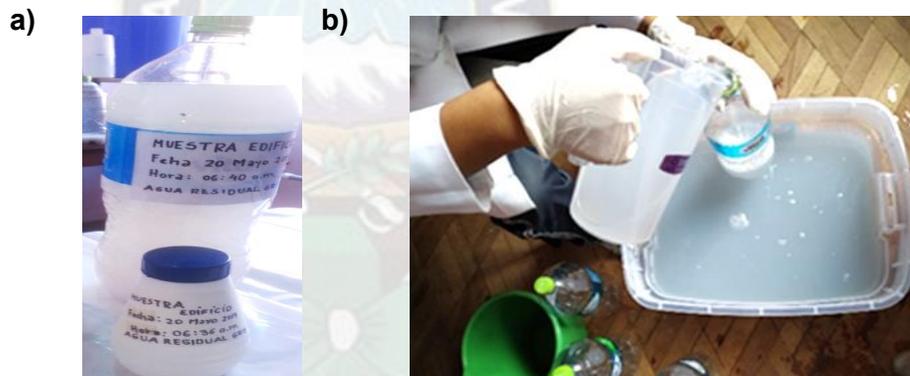
Figura 6.13 Medición del pH - Muestras de aguas grises



3.- Se vertieron aguas grises de la (Tabla 4.10), en botellas según la (Figura 6.14).

- a) 2 litros agua gris para análisis fisicoquímico y bacteriológico, (N° de muestra 362*).
- b) 12 litros de aguas grises, para verter a 2 litros de agua gris a las 6 botellas de agua vital, para el ensayo de jarras casero, ver (Figura 6.16).
- c) 12 litros de aguas grises para verter en el agitador manual en sitio, según regla de tres, ver (Figura 6.21)

Figura 6.14 Toma de muestras



4.- Se pesó en una balanza electrónica 5 mg. de Piedra alumbre en polvo, en el mismo lugar donde se compró el reactivo químico, para esto se usó un recipiente de plástico, así como describe en la (Figura 6.15).

Figura 6.15 Cantidad de sulfato de aluminio en polvo



Peso recipiente = 32 g.

$$\text{Peso de Concentración (Piedra Alumbre)} = 5 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 0.0050 \text{ g}$$
$$\text{Peso Total} = 32 \text{ g} + 0.0050 \text{ g} = 32.005 \text{ g}$$

Se trató de tomar esta medida de 32.005 g. pero debido a la falta de una balanza electrónica. Se tomó como unidad de medida una cucharita que viene por la compra de azúcar STEVIA, **facilitando la cantidad de sulfato de aluminio, ya que con anterioridad se realizó dos ensayos para experimentar, el proceso.**

Para esto se pesó la cantidad de sulfato de aluminio al ras de la cucharita siendo 0.193 g. (Figura 6.15).

5.- Se agregó coagulante en concentraciones diferentes de 0,193 g. a 1,158 g. a cada botella según la (Tabla 6.2).

Figura 6.16 Secuencia del colocado con sulfato de aluminio en polvo



Fuente: Elaboración Propia, (María Verónica Franco Alvarado junio 200)³⁷

Nota: Las aguas grises tanto para el ensayo de jarras casero y para el agitador manual, fueron tomadas de la (Tabla 4.10, Cap.4).

Se etiquetó las botellas ver la (Figura 6.16).

Tabla 6.2 Cantidad de sulfato de aluminio vertidas a cada botella de 2 litros, para ensayo de jarras casero

Botella	Nº Cucharitas	Veces/ Dosis en gramos (g)
1	Uno	0,193
2	Dos	0,386
3	Tres	0,579
4	Cuatro	0,772
5	Cinco	0,965
6	Seis	1,158

Fuente: Elaboración Propia

6.- Utilizando un canasto de ropa, se procedió a agitar las 6 botellas sujetadas en el fondo del canasto por cordones, realizando movimiento de izquierda a derecha, con la ayuda de dos personas, durante un minuto según la (Figura 6.17).

Figura 6.17 Agitación rápida manual



7.- Pasado un minuto, se sacó las botellas sobre la base de una mesa, para seguir con la agitación lenta, esto se realizó durante 30 minutos, así como demuestra la (Figura 6.18).

Figura 6.18 Agitación lenta manual



8.- Se dejó sedimentar cada botella durante una hora ver (Figura 6.19).

Figura 6.19 Toma de muestras para medir la turbiedad

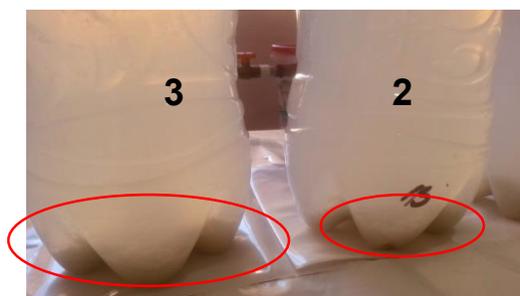


Se observó el crecimiento de los microflóculos, hasta formar mayores flóculos y se desestabilizaron las partículas.

Al observar que el agua que rodea a los microflóculos, ésta debería estar clara, así como se observa en la botella 4 primera en reaccionar con dosis de 0.772 g. seguida de la botella 6, ver (Figura 6.19), si esto no ocurre, lo más probable es que todas las cargas de las partículas no han sido neutralizadas y por tanto la coagulación no se ha completado, en este caso será **necesario añadir más coagulante**.

La botella 1, 2 y 3 muestra flóculos sedimentados como muestra la (Figura 6.20), no se logró clarificar el agua.

Figura 6.20 Agua no clarificada con flocos sedimentados



La botella 5 no sedimentó debido a la presencia de flocos livianos, formándose una capa en la superficie y en el fondo, existiendo agua clarificada en el medio.

Se tomó muestras clarificadas en recipientes pequeños y se etiquetó cada recipiente, así como muestra la (Figura 6.19), este envase plástico se llevó a laboratorio en fecha 21 de mayo el mismo día que se verificó el ensayo de jarras en laboratorio, para verificar la dosis según bibliografía chilena.

Se eligió visualmente la botella 6, con dosis de 1,158 g. de Sulfato de aluminio.

Se graficó los datos obtenidos en una planilla Excel, ver el (Gráfica 6.1).

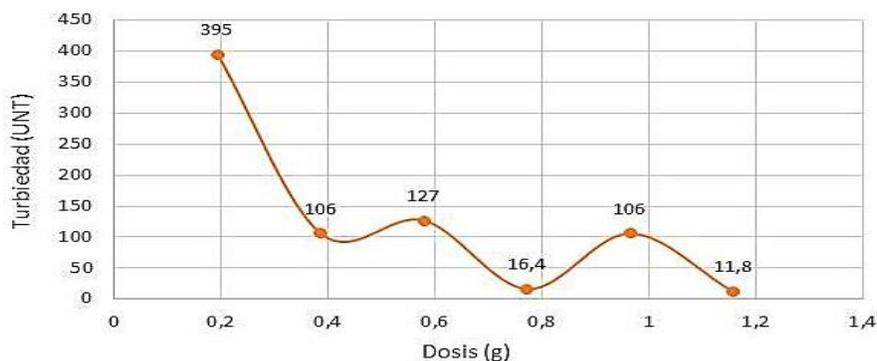
Tabla 6.3 Dosis de sulfato de aluminio en el ensayo casero de jarras Vs. Turbiedad

Jarra	Dosis Bibliografica Chilena propuesto (mg/l)	Nº Veces/ Cucharitas	Dosis en gramos (g)	Turbiedad Final (UNT)
1	5	Uno	0,193	395
2	10	Dos	0,386	106
3	15	Tres	0,579	127
4	20	Cuatro	0,772	16,4
5	25	Cinco	0,965	106
6	30	Seis	1,158	11,8

Fuente: Elaboración Propia, (María Verónica Franco Alvarado junio 200).³⁷

A través del ensayo de jarras casero se determinó, la dosis óptima de sulfato de aluminio igual a 1,158 g. para una turbiedad de 11,8 UNT.

Gráfica 6.1 Dosis Vs. Turbiedad



Fuente: Elaboración propia según (Ing. Lidia Cánepa de Vargas OPS/CEPIS, Lima 1999)⁷⁴

6.2.4 Simulación por etapas Coagulación, Floculación y Filtración

Se procederá con la simulación del agitador manual en sitio, con la dosis óptima de 1,158 g. de sulfato de aluminio hallada, que es equivalente a 6 cucharitas según (Tabla 6.3).

Coagulación y Floculación:

Estudios realizados en laboratorios según bibliografía adjunta, concluyen que, con un kilogramo de carbón activado, es posible desinfectar 2000 litros de agua contaminada. (Castillo Lescano Jorge Armando, noviembre 2015)⁶⁷

Basándonos en este estudio se procedió a calcular la cantidad de agua gris a utilizar realizando regla de 3.

$$\begin{array}{l}
 2000 \text{ l Agua gris} \longrightarrow 1 \text{ Kg. de Carbón A ctivado} \\
 X \longrightarrow \mathbf{0.006 \text{ Kg. de Carbón Activado}} \\
 X = 12 \text{ l de Agua gris}
 \end{array}$$

Dónde:

Un frasco de Carbón activado de farmacia contiene 20 comprimidos, cada comprimido tiene un peso de 300 mg.

$$300 \text{ mg} = 20 \text{ Comprimidos} = 6000 \text{ mg}$$

Llevando 6000 mg a Kg.

$$60000 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000000 \text{ mg}} = \mathbf{0.006 \text{ Kg}}$$

Se vertieron 12 litros de aguas grises en el agitador manual, para realizar la mezcla mediante una hélice de 4 aspas fabricadas de plástico, y poder simular a un mezclador mecánico como muestra la (Figura 6.21).

Figura 6.21 Agitador manual con 4 hélices, fabricadas de plástico



Se realizó la agitación manual con el brazo, cumpliendo velocidades de mezclado y de sedimentación según:

- 2 minutos = Velocidad rápida (Se trató de cumplir 120 vueltas cada minuto cronometrando y contando las vueltas).
- 30 minutos = Velocidad lenta (Tratando de lograr 80 vueltas cada minuto).
- 1 hora = Sedimentación.

El resultado de la prueba indicó que se debe suministrar 0.193 mg/l, es decir que por cada 12 litros de agua se deben adicionar 13.896 g. de Sulfato de aluminio, según la (Tabla 6.4).

Tabla 6.4 Cantidad de dosis - Sulfato de aluminio para litros de agua (Ensayo manual en sitio)

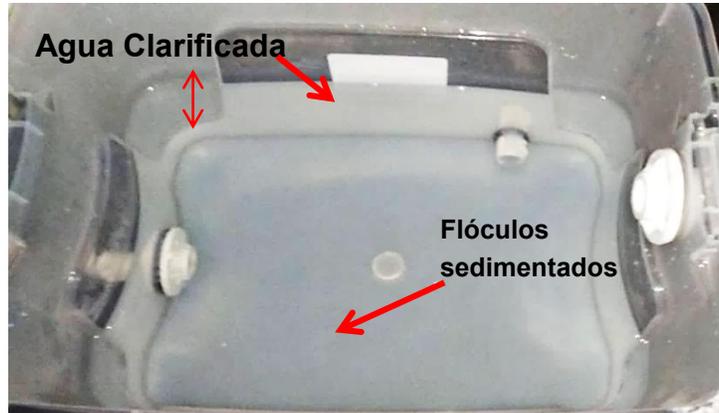
Litros de agua	Veces Cucharita	Cantidad de Sulfato de aluminio en una cucharita (g)	Total (g)
1	6	0,193	1,158
2	12	0,193	2,316
3	18	0,193	3,474
4	24	0,193	4,632
5	30	0,193	5,790
6	36	0,193	6,948
7	42	0,193	8,106
8	48	0,193	9,264
9	54	0,193	10,422
10	60	0,193	11,580
11	66	0,193	12,738
12	72	0,193	13,896

Fuente: Elaboración propia según, (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramírez Míeles Lizeth Yohana, 2016)⁵⁷

Con la ayuda de una segunda persona se procedió a verter 72 cucharitas de Sulfato de Aluminio (Piedra Alumbre en polvo), en 12 litros de agua gris en la etapa de la velocidad rápida, posteriormente se sacó las hélices de plástico y se dejó sedimentar 1 hora según la (Figura 6.22).

Figura 6.22 Agitador manual en proceso





Filtración:

Se regulo la llave de paso para que el agua más superficial, pase al tanque de almacenamiento de agua clarificada, según la (Figura 6.23). Para esto se ubicó el agitador manual un piso más arriba del sistema de tanque de almacenamiento de aguas clarificadas y filtros.

Figura 6.23 Tanque de almacenamiento – Acumulador de aguas clarificadas



Luego el agua clarificada del tanque de almacenamiento, pasara hacia el filtro de grava regulando las llaves de paso, para que el proceso sea lento según (Figura 6.24 y 6.25) y filtre solo agua tratada del filtro de arena, (Figura 6.25).

Figura 6.24 Proceso de filtrado de aguas clarificadas



Figura 6.25 Filtración de agua clarificadas con carbón activado



Figura 6.26 Agua tratada manualmente - Muestra N° 363**



Conclusión del experimento manual:

Como no se logró preparar dosis bajas de 5 a 30 mg/l manualmente, se prepararon dosis muy altas con resultados poco fiables, por lo que se acudió a realizar prueba de jarras en laboratorio del Instituto de Ingeniería Sanitaria.

6.3 Experiencia en laboratorio prueba de jarras

Para realizar prácticas en laboratorio, se solicitó autorización de la Dirección de Ingeniería Sanitaria, para el uso y manipuleo de equipos, así como la asesoría correspondiente por los técnicos encargados, también se coordinó con los demás testistas el día y la hora para el uso y manipuleo de instrumentos y equipo de laboratorio.

A continuación, se desarrollará en base a la (Tabla 4.14 del capítulo 4), donde muestra la secuencia de recolección de aguas grises para realizar los ensayos de jarras en laboratorio, según la muestra y color.

• **Muestra N° 362***

Se realizó un primer ensayo de jarras en laboratorio. Como referencia se usó una bibliografía chilena, donde aplica como coagulante al sulfato de aluminio con dosis de 5 a 30 mg/l.

Se realizó el ensayo de jarras, con aguas provenientes de ducha, lavamanos, lavandería y lavaplatos con dosis de 5, 10, 15, 20,30 y 40 mg/l Sulfato de aluminio, para verificar las dosis de la bibliografía chilena.

Preparación del Sulfato de Aluminio:

Para tal efecto se usó el mismo reactivo químico Sulfato de aluminio (Piedra alumbre en polvo), del procedimiento casero, pero esta vez de forma líquida. Se preparó la solución al 1%, para esto se pesó 10 g. de Sulfato de aluminio en polvo en una balanza electrónica, para disolverlo con una varilla de vidrio en un vaso de 100 ml con agua destilada, seguidamente se vertió la disolución a un matraz de 1000 ml aforándose hasta la marca de 1000 ml con agua destilada se tapó para proceder con la agitación ver (Figura 6.27).



Figura 6.27 Preparación de la dosificación de coagulante sulfato de aluminio granulado a una concentración de 1 %



1 %
 10 g → 1 l
 2.5 g → 250 ml

La dosificación de sulfato de aluminio a utilizar en cada prueba se preparará utilizando la siguiente relación:

$$Vi * Ci = Vf * Cf \quad (1)$$

$$Vi = \frac{Cf * Vf}{Ci}$$

$$Vi = \frac{5mg * 1l}{10 \frac{g}{l}} = \frac{5 mg * l}{10 g}$$

$$Vi = \frac{5 mg * l}{10 g} * \frac{1g}{1000 mg} * \frac{1000ml}{1l} = 0.5 ml$$

Tabla 6.5 Dosificaciones para el ensayo N°362* (A)

Jarra	Dosis (mg/l)	Cantidad (ml)	1%
1	5	0,5	
2	10	1	
3	15	1,5	
4	20	2	
5	30	3	
6	40	4	

A.- Ensayo de Jarras

Fuente: (María Verónica Franco Alvarado junio 200) ³⁷

- 1.- Se vertieron 6 litros de aguas grises a 6 jarras de 1000 ml de cap. (Un litro a cada jarra).
- 2.- Se midió el $pH_{inicial} = 9.60$ y $Turbiedad_{inicial} = 379$ UNT.
- 3.- Se agregaron Sulfato de aluminio a las jarras, en concentraciones diferentes de 0.5, 1, 1.5, 2, 3 y 4 ml, así como se ve en la (Tabla 6.5). (Para esto se utilizaron jeringas de farmacia de diferentes ml).
- 4.- Se agito cada jarra a velocidad de 100 r.p.m. durante 1 minuto y luego a velocidad de 40 r.p.m. durante 20 minutos según la (Figura 6.28).

Figura 6.28 Ensayo de jarras - Muestra N° 362* (A)



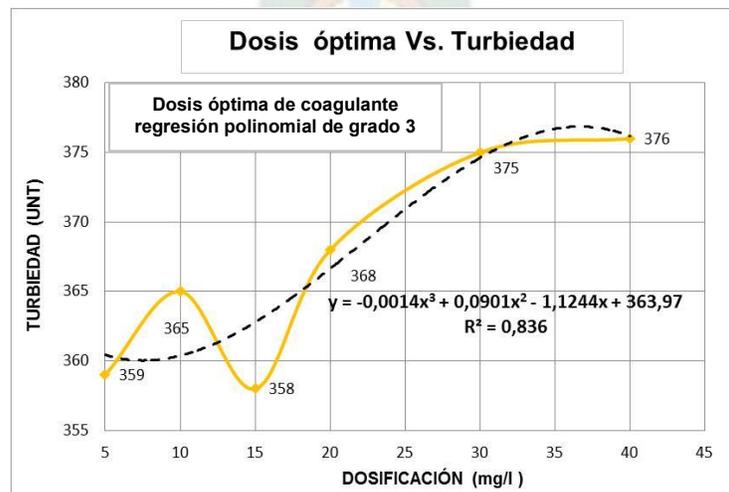
- 5.- Se dejó sedimentar por 20 minutos.
 - 6.- Se leyeron las turbiedades finales de cada jarra.
- Posteriormente se construyeron las tablas y gráficas respectivas donde se relacionan las dosis óptimas de coagulante y la turbiedad del agua cruda.

Tabla 6.6 Resultados obtenidos finales, muestra N° 362* (A)

N° de Muestra	Inciso	Dosificación $Al_2(SO_4)_3$ mg/l						pH					Turbiedad Final (UNT)							
		5	10	15	20	30	40	9,51	9,48	9,47	9,41	9,31	9,21	359	365	358	368	375	376	
362	A																			

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en laboratorio, ensayo de jarras

Gráfica 6.2 Muestra N° 362* (A) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico.



Fuente: Elaboración propia según Bibliografías (Mónica Ardila Galvis ,2013)¹⁴

Se calcula la dosis óptima a partir de la regresión polinomial que más se aproxima al comportamiento de los datos obtenidos de la (Tabla 6.6).

La dosis de sulfato de aluminio que refleja la menor turbiedad correspondería entonces a la dosis óptima.

$$\frac{dy}{dx} = -0.0014X^3 + 0.0901X^2 - 1.1244X + 363.97 = 0 \rightarrow X = 21.42 \text{ mg/l}$$

Derivando la ecuación de la (Gráfica 6.2), se determina como dosis óptima del coagulante para alcanzar una remoción de turbiedad adecuada para el tratamiento de las aguas grises de 21.42 mg/l.

Conclusión:

- ✓ El agua siempre se comporta de una manera diferente debido a las sustancias que pueden venir disueltas en ella.
- ✓ Según la bibliografía explica, para turbiedades altas se necesitará dosis altas, por tanto, si aumentamos la dosis de la (Gráfica 6.2), tenderá a descender en el punto 376 (UNT), mostrando este tipo de comportamiento de curva sinusoidal para aguas grises, según bibliografía. (Ing. Lidia Cánepa de Vargas OPS/CEPIS, Lima 1999)⁷⁴
- ✓ El pH final disminuye ligeramente cuando se va incrementando la dosis de coagulante.
- ✓ Para aguas chilenas cumple las dosis de 5 a 30 mg/l graficándose una curva convexa, lo que significa logró clarificar las aguas con estas dosis.
Para estas aguas en estudio, no ocurre lo mismo, es probable que todas las cargas no fueran neutralizadas, debido a la falta de coagulante o por los usos de productos de limpieza o la diferencia de agua potable entre estos dos países.
- ✓ Para la (Gráfica 6.2), se puede suponer que no existe un mínimo, a fin de verificar esto, y obtener la dosis correcta se realizó una segunda prueba.

- **Muestra N° 393***

Para determinar la dosis de coagulación que mejor se ajuste en el ensayo de jarras para aguas grises, se realizó una segunda prueba, pero esta vez con aguas grises provenientes de duchas, según la (Tabla 4.14, Cap.4).

En vista de que no se pudo recolectar aguas con las mismas características que la muestra 362*, debido a muchos factores como el tiempo de los usuarios en el edificio y los horarios programados de laboratorio.

Se tomó la cantidad de 13 litros, para realizar dicho ensayo y determinar una dosis óptima de trabajo.

Para este ensayo se elevó las dosis de 100, 150, 200, 300,400 y 500 mg/l, debido a que no hubo remoción de turbiedad en la primera prueba de jarras.

Preparación del Sulfato de Aluminio

Para este tipo de aguas se volvió a preparar la solución química de sulfato de aluminio en polvo al 1% para no variar, la (Tabla 6.7) muestra los valores.

Tabla 6.7 Dosificaciones para el ensayo de jarras muestra N° 393* (A)

Jarra	Dosis por bibliografía propuesto (mg/l)	Cantidad (1 %) ml
1	100	10
2	150	15
3	200	20
4	300	30
5	400	40
6	500	50

Fuente: Elaboración propia, en base al resultado de la Tabla 6.6

A.- Ensayo de Jarras:

Para el ensayo de jarras se prosiguió, como se detalla a continuación:

Se midió el $pH_{inicial} = 6.74$ y $Turbiedad_{inicial} = 292$ UNT.

Para ello se corrigió el pH con NaOH [1N], así como muestra la (Figura 6.29), este proceso se realizó para mantener el pH lo más cerca posible a la neutralidad.

Se midió con un equipo portátil el pH, se fue tanteando gota a gota con el NaOH y agitando circularmente el agua del tacho.

$pH_{corregido} = 9.1$

Figura 6.29 Corrección de pH con NaOH [1N]- Muestra N° 393* (A)



Corregido el pH, se realizó el ensayo de jarras en el equipo, así como muestra la (Figura 6.30), cumpliendo el mismo procedimiento visto, en el primer ensayo en laboratorio.

Figura 6.30 Ensayo de jarras - Muestra N° 393* (A)

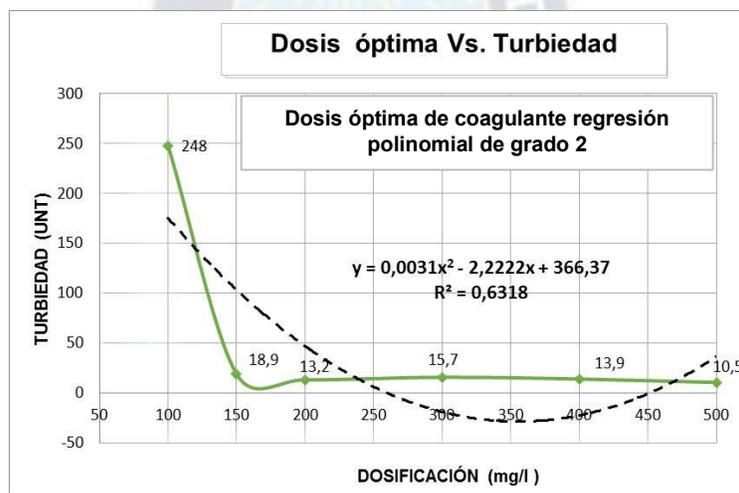


Tabla 6.8 Resultados obtenidos finales muestra N° 393*(A)

N° de Muestra	Inciso	Dosificación $Al_2(SO_4)_3$ mg/l						pH					Turbiedad Final (UNT)						
		100	150	200	300	400	500	5,87	4,86	4,58	4,44	4,4	4,38	248	18,9	13,2	15,7	13,9	10,5
393	A																		

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en laboratorio, ensayo de jarras

Gráfica 6.3 Muestra N° 393* (A) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico.



Fuente: Elaboración propia según Bibliografías (Mónica Ardila Galvis ,2013)¹⁴

Se calcula la dosis óptima a partir de la regresión polinomial: $X = 358.41$ mg / l.

Conclusión:

- ✓ Ajustándola a partir de una regresión polinomial se halló la dosis de 358.41 mg/l
- ✓ Para aguas grises provenientes de ducha los valores de pH inicial son menores a 6, quizás es debido al consumo de productos de limpieza para el cuerpo.
- ✓ Para aguas grises provenientes de duchas las gráficas son convexas.
- ✓ Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 6,5 y 8,5. Según la (Tabla 6.8), los valores de pH están fuera de este rango además en la (Gráfica 6.3) se ve que la dosis está en el rango de 150 a 200 mg/l, por lo que se volverá a realizar un **segundo ensayo** para estas mismas aguas provenientes de ducha.

B.- Ensayo de Jarras:

Se realizó el ensayo de jarras con concentraciones inferiores a la dosis hallada en la (Gráfica 6.3).

El procedimiento es el mismo, para hallar el pH corregido.

$$pH_{inicial} = 6.71$$

$$Turbiedad_{inicial} = 295 UNT$$

$$pH_{corregido} = 10.02$$

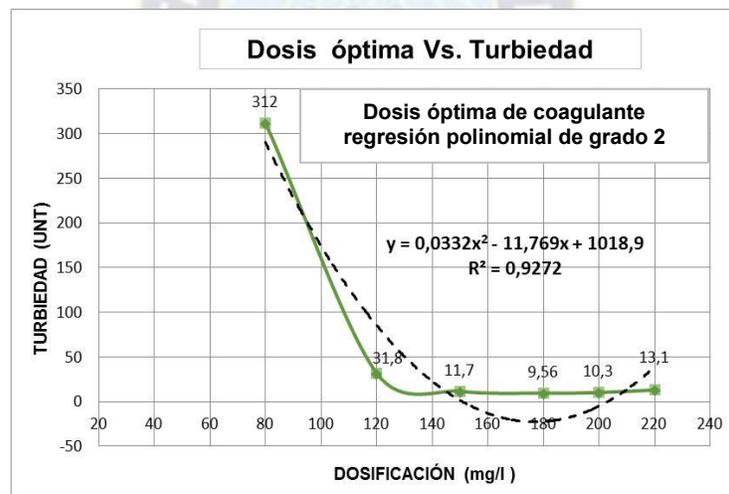
Posteriormente se construyeron las tablas y gráficas respectivas donde se relacionan las dosis óptimas de coagulante y la turbiedad del agua cruda.

Tabla 6.9 Resultados obtenidos finales muestra N° 393* (B)

N° de Muestra	Inciso	Dosificación Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/ L						p H						Turbiedad Final (UNT)					
		80	120	150	180	200	220	7,00	6,01	5,65	5,13	4,86	4,73	312	31,8	11,7	9,56	10,3	13,1
393	B																		

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en laboratorio, ensayo de jarras

Gráfico 6.4 Muestra N° 393* (B) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico.



Fuente: Elaboración propia según Bibliografías (Mónica Ardila Galvis ,2013)¹⁴

Se calculó la dosis óptima a partir de la regresión polinomial: X= 177.21 mg / l.

Conclusión:

- ✓ Para aguas grises provenientes de ducha las dosis oscilan entre 120 a 220 mg/l, antes se debe conseguir un pH de 10 según el ensayo, porque a medida que se va aumentando la dosis disminuye el pH.
- ✓ La dosis hallada no se pudo usar en el sistema construido, debido a los pH finales.
 Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 6,5 y 8,5 por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua.

- ✓ El pH tiene una gran influencia en la coagulación. Valores por encima o por debajo del pH óptimo producen malos resultados, agua con un pH bajo < 6.5 podría ser ácida y corrosiva. Por lo tanto, el agua podría disolver iones metálicos, tales como: hierro, manganeso, cobre, plomo y zinc, accesorios de plomería y tuberías. Por lo tanto, un agua con un pH bajo corrosiva podría causar un daño prematuro de tuberías de metal, y asociado a problemas estéticos tales como un sabor metálico o amargo, por lo que se hará un ajuste de pH, para este tipo de aguas.

C - Ensayo de Jarras

Determinación del pH:

Para definir el valor de pH con el cual la acción del coagulante sería más efectiva, se procedió a realizar un ajuste de este parámetro de acuerdo al rango óptimo de pH del Sulfato de aluminio como ya se mencionó anteriormente, varía entre 5.5 y 8.0.

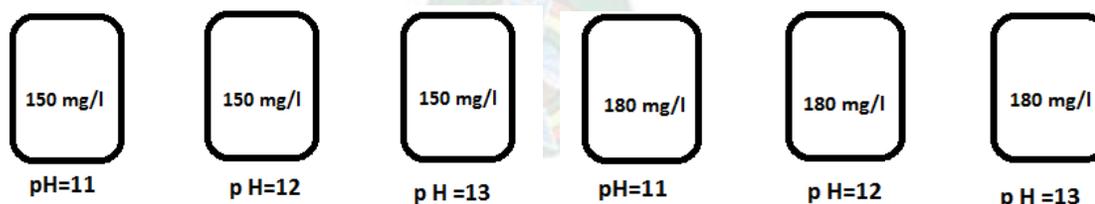
El agua gris de ducha tiene un pH= 6, para realizar el proceso de tratamiento químico y físico de coagulación – floculación, no es conveniente trabajar a pH bajos sino cercanos a la neutralidad.

Utilizando las mismas aguas del anterior ensayo, aguas provenientes de ducha, se utilizó 6 litros de agua gris colocando un litro a cada jarra.

Se partió del pH corregido de 10.02 como referencia para estas aguas grises.

Se prepararon 6 jarras con pH de 11,12 y 13 ver (Figura 6.31), este ajuste de pH se realizó aplicando Hidróxido de sodio NaOH [1N].

Figura 6.31 Determinación de pH para la muestra N° 393*(C)



Las dosis de 150 mg/l y 180 mg/l, fueron elegidas de la turbiedad más baja e intermedia de la (Tabla 6.9).

Teniendo ajustado el pH, en cada jarra, se procedió a aplicar en las jarras la concentración de coagulante de 150 y 180 mg/l según la (Figura 6.31).

Figura 6.32 Ensayo de jarras - Muestra N° 393* (C)



Este ensayo de jarras se realizó bajo las mismas condiciones de operación que los ensayos anteriores y al finalizar el tiempo requerido para la sedimentación se procedió a medir turbidez y pH.

Tabla 6.10 Resultados obtenidos finales muestra N° 393* (C)

Jarra	Turbiedad inicial	pH inicial (Mezcla)	Dosificación (mg/l)	pH Ajustado	Turbiedad Final	pH Final
1	334	6,71	150	11	70,1	7
2			150	12	102	11,47
3			150	13	38,2	12,63
4			180	11	91,9	11,23
5			180	12	37,8	11,86
6			180	13	22,7	12,73

Fuente: Elaboración propia en base a resultados según la bibliografía de (Yareth_Químicos_Ltda.Pdf diciembre, 2017)⁸³

Conclusión:

- ✓ Según la (Tabla 6.10), el agua de ducha debe tener un pH aproximadamente alrededor de 12.73, para su tratamiento.

❖ Muestra N°465*

Después de haber analizado el comportamiento de aguas grises crudas provenientes de ducha, se realizó una tercera recolección de aguas provenientes de ducha y máquina de lavar ropa, aplicando según estudio del capítulo 2, que los mayores generadores de aguas grises en una vivienda son la ducha y máquina de lavar ropa para posterior aplicar a estas aguas, las mismas dosis de la (Tabla 6.9).

Para cada ensayo de esta muestra se tomó 17 litros aguas grises.

Preparación del Sulfato de Aluminio

Para este tipo de aguas se volvió a preparar la solución química de sulfato de aluminio en polvo al 1% para no variar los valores.

Tabla 6.11 Dosificaciones para el ensayo de jarras muestra N°465* (A)

Vaso	Dosis (mg/l)	Cantidad (ml)	1%
1	80	8	
2	120	12	
3	150	15	
4	180	18	
5	200	20	
6	220	22	

Fuente: Elaboración propia, en base al resultado de la Tabla 6.9

A.- Ensayo de jarras

- 1.- Se ocuparon 6 litros de aguas grises.
- 2.- Se midió el $pH_{inicial} = 9.79$ y $Turbiedad_{inicial} = 167$ UNT.
- 3.- Se agregaron sulfato de aluminio (coagulante) a las jarras en concentraciones diferentes de 8, 12, 15, 18, 20 y 22 ml de Sulfato de aluminio. Para esto se utilizaron jeringas de farmacia de diferentes ml.
- 4.- Se agito cada jarra a velocidad de 100 rpm durante 1 minuto y luego a velocidad de 40 rpm durante 20 minutos según la (Figura 6.33).

Figura 6.33 Ensayo de jarras - Muestra N° 465* (A)



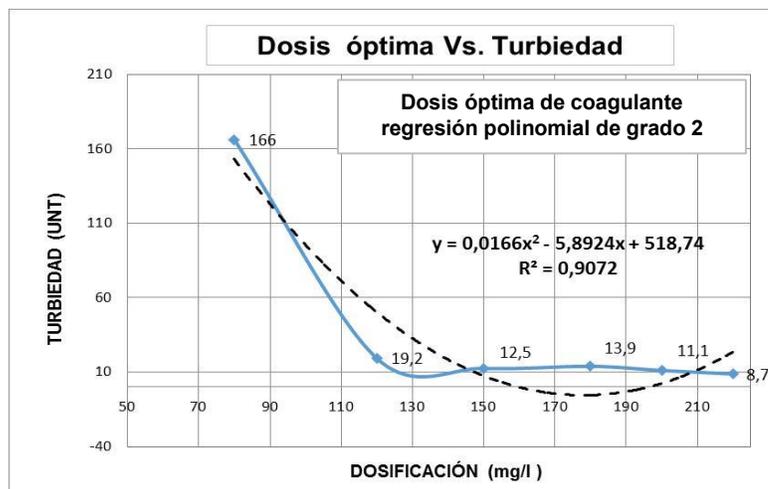
- 5.- Se dejó sedimentar por 20 minutos.
- 6.- Se leyeron las turbiedades finales de cada jarra ver (Tabla 6.12).
 Posteriormente se construyeron las tablas y gráficas respectivas donde se relacionan las dosis óptimas de coagulante y la turbiedad del agua cruda.

Tabla 6.12 Resultados obtenidos finales muestra N° 465*(A)

N° de Muestra	Inciso	Dosificación $Al_2(SO_4)_3$ mg/ L						p H						Turbiedad Final (UNT)					
		80	120	150	180	200	220	7,3	6,74	6,22	5,61	5,71	4,93	166	19,2	12,5	13,9	11,1	8,7
465	A																		

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en laboratorio, ensayo de jarras

Gráfica 6.5 Muestra N° 465* (A) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico.



Fuente: Elaboración Propia según Bibliografías (Mónica Ardila Galvis ,2013)¹⁴

Se calculó la dosis óptima a partir de la regresión polinomial que más se aproxima al comportamiento de los datos obtenidos en la (Tabla 6.12). La dosis de sulfato de aluminio que refleja la menor turbiedad correspondería entonces a la dosis óptima.

$$\frac{dy}{dx} = 0.0166X^2 - 5.8924X + 518.74 = 0 \rightarrow X = 177.48 \text{ mg/l}$$

Derivando la ecuación de la (Gráfica 6.5), se determina como dosis óptima del coagulante para alcanzar una remoción de turbiedad adecuada para el tratamiento de las aguas grises de 177.48 mg/L.

Conclusión:

- ✓ Se recolectaron aguas grises de un edificio ubicado en la Zona Villa Nuevo Potosí calle 4to Centenario.
- ✓ Se preparó para este ensayo una nueva solución química de sulfato de aluminio para que sea más representativa.
- ✓ La adición de químicos se realizó al mismo tiempo.
- ✓ Para este tipo de aguas grises crudas provenientes de artefactos sanitarios como ducha y máquina de lavar ropa, el pH está entre 9 y 10.
- ✓ La gráfica para estas aguas es de forma sinusoidal, así como muestra una bibliografía estudiada.
- ✓ Para poder ajustar se realizó una regresión polinomial y obtener la dosis. (Mónica Ardila Galvis ,2013)¹⁴
- ✓ Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 6,5 y 8,5. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. El pH tiene una gran influencia en la coagulación. Valores por encima o por debajo del pH óptimo producen malos resultados. (Pérez Garay, Iván Fernando Huancayo - Perú 2015)⁷⁵ por lo que no cumple la (Tabla 6.12).
- ✓ Se realizó un segundo ensayo donde se rebajó la dosis en el intervalo de 130 al 180 mg/l, así como muestra en la (Gráfica 6.5).

B.- Ensayo de Jarras

Se volvió a preparar 17 litros de aguas grises de ducha y máquina de lavar ropa.

Se utilizó la misma preparación de solución química de sulfato de aluminio del primer ensayo de jarras para este tipo de muestra.

Se siguió los mismos pasos del punto **1 al punto 6**, para el ensayo de jarras y determinar la dosis de coagulante.

$$pH_{inicial} = 9.56$$

$$T_{inicial} = 167 \text{ UNT}$$

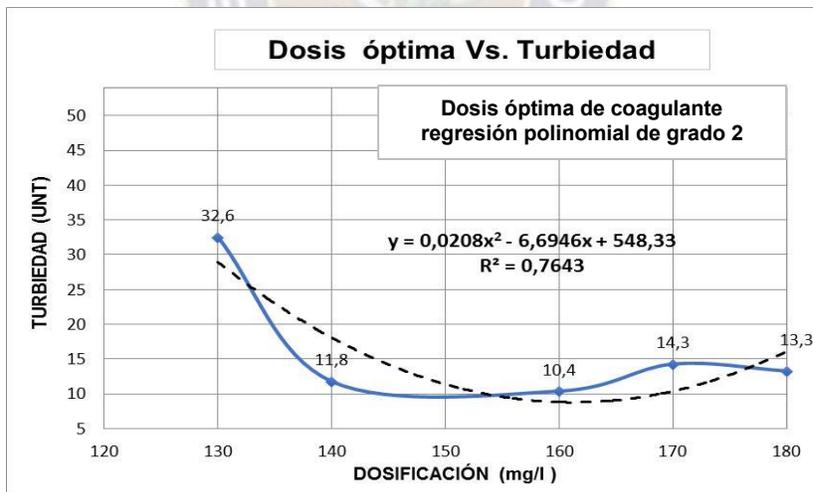
Posteriormente se construyeron las tablas y gráficas respectivas donde se relacionan las dosis óptimas de coagulante y la turbiedad del agua cruda.

Tabla 6.13 Resultados obtenidos finales muestra N°465* (B)

N° de Muestra	Inciso	Dosificación Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l							p H					Turbiedad Final (UNT)						
		130	140	150	160	170	180	6,4	6,29	6,58	6,4	5,93	5,63	32,6	11,8	53,4	10,4	14,3	13,3	
465	B																			

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en laboratorio, ensayo de jarras

Gráfica 6.6 Muestra N° 465* (B) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico.



Fuente: Elaboración propia según bibliografías (Mónica Ardila Galvis, 2013)¹⁴

$$\frac{dy}{dx} = 0.0208X^2 - 6.6946X + 548.33 = 0 \rightarrow X = 160.92 \text{ mg/l}$$

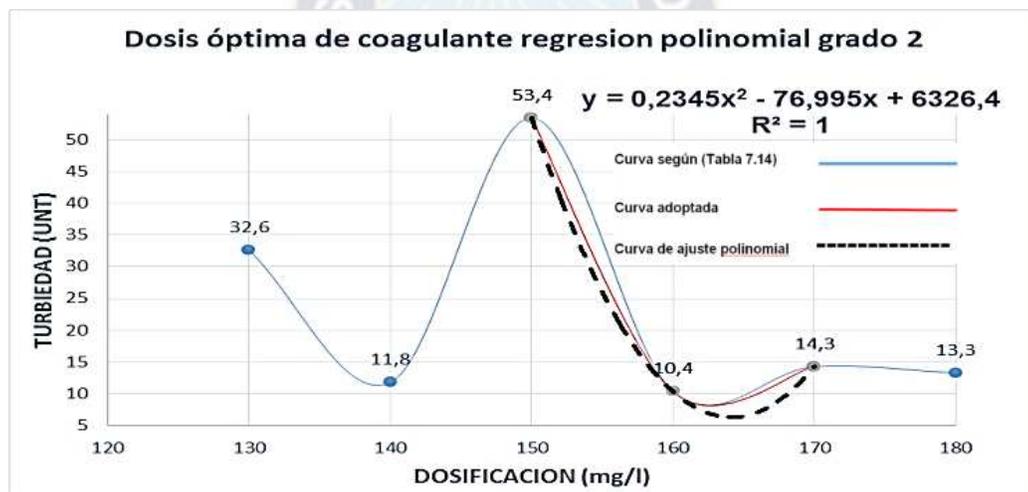
Para la (Gráfica 6.6), no se tomó en cuenta la dosificación de 150 mg/l y la turbiedad final de 53.6 como muestra la (Tabla 6.13).

Conclusión del ensayo de jarras:

- ✓ Este salto de turbiedad de 53.4 (UNT), se debió a la mala coordinación o demora en momento de colocar el químico a las jarras, así como explica según experiencia una bibliografía estudiada. (Claudia Lorena Barajas Garzón, Andrea Juliana León Luque Bogotá 2015)⁶⁸
 Otro factor que puede alterar a los resultados de las muestras, deben ser lo más representativo, según bibliografía estudiada.
- ✓ Viendo el comportamiento para estas aguas según el ensayo se asemejan a una curva sinusoidal, según los valores obtenidos en la (Tabla 6.13)
- ✓ Se considerará la curva adoptada como muestra la (Gráfica 6.7), ajustándolo mediante una regresión polinomial, que más se aproxime al comportamiento de los datos obtenidos de la (Gráfica 6.6), derivando la ecuación de la (Gráfica 6.7) (líneas segmentadas), se obtuvo la dosis óptima de 164.17 mg/l que es aproximado a la (Gráfica 6.6).

$$\frac{dy}{dx} = 0.2345X^2 - 76.995X = 0 \rightarrow X = 164.17 \text{ mg/l}$$

Gráfica 6.7 Según la (Tabla 6.13)



Fuente: Elaboración propia

Determinación de DQO:

Se solicitó al Instituto de Ingeniería Sanitaria determinar la concentración de (DQO Demanda Química de Oxígeno), para la dosis 160 mg/l en vista que obtuvo una turbiedad menor de 10.4, así como muestra la (Tabla 6.13).

Según el capítulo 2, se requiere una concentración de turbiedad de 5 (UNT), para comprobar se necesita saber cuánto de concentración de DQO tiene esta muestra con turbiedad de 10.4 (UNT).

El valor de la DQO dará una referencia o una aproximación a la simulación de coagulación y floculación en el sistema manual de la (Figura 6.22), que posteriormente será sometida a filtración.

Figura 6.34 Determinación de DQO - Turbiedad más baja



Conclusión:

- ✓ Para una turbiedad de 10.4 UNT, el valor de la Demanda Química de Oxígeno es de 123 mg/l O₂, aplicándose en la etapa de filtración ambos valores debería presentar menor resultado.

C.- Ensayo de Jarras

Definida en la etapa anterior una dosis de 160 mg/l se procede a preparar los vasos con diferente pH.

Determinación de pH:

Para definir el valor de pH con el cual la acción del coagulante sería más efectiva se procede a realizar un ajuste a este parámetro, de acuerdo al rango óptimo de pH del sulfato de aluminio.

Para aguas grises de ducha y máquina de lavar ropa su pH = 9, aproximadamente según ensayos realizados, para realizar el proceso de tratamiento químico y físico de coagulación – floculación no es conveniente trabajar a pH bajos sino deben ser neutros o básicos ya que el Sulfato de aluminio baja el pH.

Partiendo de pH: 9.76 y 9.56 como referencia para estas aguas, se prepararon seis jarras con pH de 10,10.5, 11,11.5, 12 y 12.5. (Figura 6.36).

Este ajuste de pH se realizó aplicando Cal, según (Figura 6.35 y Tabla 6.14).

Figura 6.35 Peso de Cal en gramos



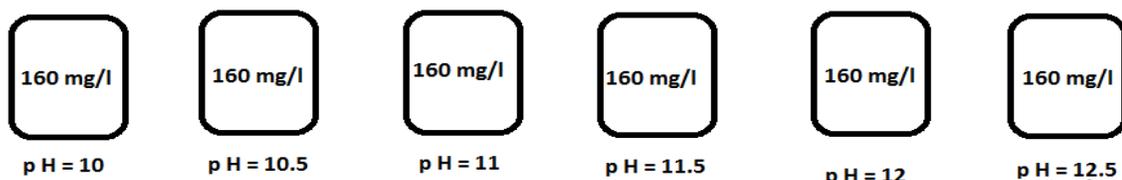
Tabla 6.14 pH ajustado- Muestra N° 465* (C)

Jarra	p H Ajustado	Cal (ml)
1	10	1,5
2	10,5	14
3	11	32
4	11,5	43
5	12	55
6	12,5	80

Fuente: Elaboración propia, en base a experiencias por mi Asesor Académico

Cantidad de Cal en cada jarra:

Figura 6.36 Ajuste de pH con Cal



Se tanteo ml de cal, a cada jarra hasta llegar a los pH de la (Figura 6.36).

Teniendo ajustado el pH, en cada jarra, se procedió a aplicar en cada jarra la concentración de coagulante de 160 mg/l.

Este ensayo de jarras se realizó bajo las mismas condiciones de operación que los ensayos anteriores y al finalizar el tiempo requerido para la sedimentación se procedió a medir turbidez y pH.

Figura 6.37 Ensayo de jarras - Muestra N° 465* (C)



Tabla 6.15 Resultados obtenidos finales, muestra N° 465*(C)

Jarra	pH Inicial	Dosificación (mg/l)	pH ajustado	Turbiedad Final	pH Final
1	9,79	160	10	15	7,23
2		160	10,5	20,6	6,91
3		160	11	88,4	9,07
4		160	11,5	84,4	9,34
5		160	12	105	11,89
6		160	12,5	77,52	12,11

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio

Conclusión:

- ✓ Como conclusión se puede decir que se necesita un pH de 10, para aguas provenientes de ducha y máquina de lavar ropa.
- ✓ Siendo no necesario el ajuste de pH, cuando existe en las mezclas más cantidad de agua de lavandería o máquina de lavar ropa.

❖ **Muestra N°570***

Se realiza un cuarto ensayo de jarras con aguas provenientes de ducha y máquina de lavar ropa.

Para estas aguas se decide elevar la dosis de coagulante a partir de la (Tabla 6.13). Según el capítulo 2, (Viera et al 2007) indica que las aguas producidas por la ducha y lavadero equivalen a 50% del agua producida en una vivienda.

Por tanto, se debe tomar a 50% de ambas muestras.

Preparación Sulfato de aluminio

Para este tipo de aguas, se volvió a preparar la solución química de sulfato de aluminio en polvo al 1% para no variar los valores.

Tabla 6.16 Dosificaciones para el ensayo de jarras, muestra N° 570* (A)

Vaso	Dosis (mg/l)	Cantidad (ml)	1%
1	180	18	
2	220	22	
3	250	25	
4	280	28	
5	300	30	
6	320	32	

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 6.13

A.- Ensayo de Jarras

- 1.- Se vertieron 6 litros de aguas grises de 22 litros, procedentes de ducha y máquina de lavar ropa.
- 2.- Se midió el $pH_{inicial} = 9.77$ y $Turbiedad_{inicial} = 136$ UNT.
- 3.- Se agregaron sulfato de aluminio a las jarras según la (Tabla 6.16), en concentraciones diferentes de 18, 22, 25, 28,30 y 32 ml de sulfato de aluminio. Para esto se utilizaron jeringas de farmacia de diferentes ml.
- 4.- Se agito cada jarra a velocidad de 100 rpm durante 1 minuto y luego a velocidad de 40 rpm durante 20 minutos según (Figura 6.38).

Figura 6.38 Ensayo de jarras - Muestra N° 570* (A)



- 5.- Se dejó sedimentar por 20 minutos.
- 6.- Se leyeron las turbiedades finales de cada jarra ver (Tabla 6.17).

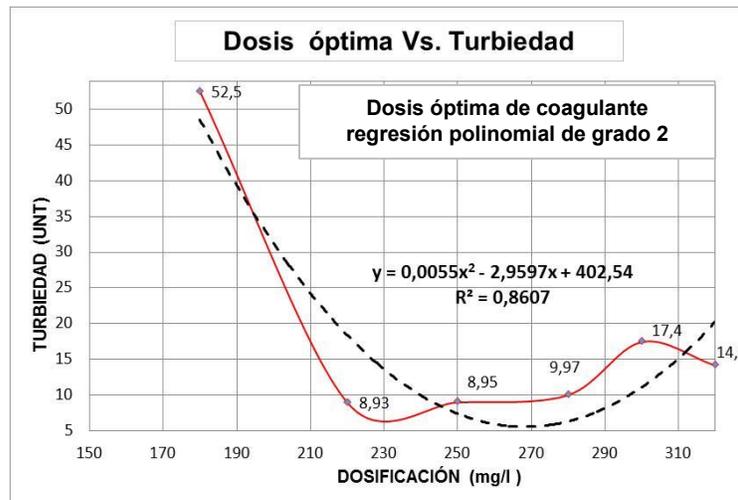
Posteriormente se construyeron las tablas y gráficas respectivas donde se relacionan las dosis óptimas de coagulante y la turbiedad del agua cruda.

Tabla 6.17 Resultados obtenidos finales muestra N° 570*(A)

N° de Muestra	Inciso	Dosificación Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l						p H				Turbiedad Final (UNT)								
		180	220	250	280	300	320	6,2	4,97	5,26	4,7	4,66	4,63	52,5	8,93	8,95	9,97	17,4	14,1	
570	A																			

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en laboratorio, ensayo de jarras

Gráfica 6.8 Muestra N° 570* (A) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico.



Fuente: Elaboración propia según Bibliografías (Mónica Ardila Galvis ,2013)¹⁴

Se calcula la dosis óptima a partir de la regresión polinomial que más se aproxima al comportamiento de los datos obtenidos de la (Tabla 6.17).

La dosis de sulfato de aluminio que refleja la menor turbiedad correspondería entonces a la dosis óptima.

$$\frac{dy}{dx} = 0.0055X^2 - 2.9597X + 402.54 = 0 \rightarrow X = 269.06 \text{ mg/l}$$

Derivando la ecuación de la (Gráfica 6.8), se determina como dosis óptima del coagulante para alcanzar una remoción de turbiedad adecuada para el tratamiento de las aguas grises de 269.06 mg/L.

Conclusión:

- ✓ Para este tipo de aguas grises, el pH está entre 9 y 10.
- ✓ La gráfica para estas aguas grises aproximada a una curva sinusoidal, así como muestra una bibliografía estudiada.
- ✓ Ajustándola a una regresión polinomial de 2^{do} grado, que es la que más se aproxima al comportamiento de los datos obtenidos según la (Tabla 6.17), se obtiene la dosis óptima.

- ✓ Para estas aguas las dosis de coagulante de sulfato de aluminio están en el rango de 150 a 280 mg/l.
 A mayor dosis rebaja el pH de 10 a 4 unidades, aproximado según visto resultados.

B.- Ensayo de Jarras

Debido a los resultados de pH de la (Tabla 6.17), se prepara la misma cantidad de agua gris de 22 litros, para realizar un segundo ensayo de jarras.

Para este ensayo se utilizó la misma solución química de sulfato de aluminio del anterior ensayo que nos precedió.

Las dosis serán las mismas de la (Tabla 6.13), debido a que necesitamos obtener valores de pH entre el rango de 6.5 y 8.5.

Se siguió los mismos pasos del punto 1 al 6, para el ensayo de jarras.

$pH_{inicial} = 9.96$ y $Turbiedad_{inicial} = 128$ UNT.

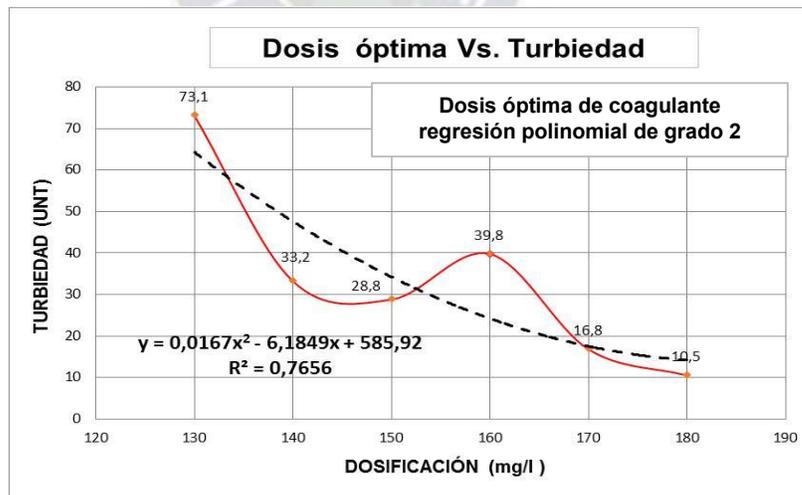
Posteriormente se construyeron las tablas y gráficas respectivas donde se relacionan las dosis óptimas de coagulante y la turbiedad del agua cruda.

Tabla 6.18 Resultados obtenidos finales, muestra N° 570* (B)

N° de Muestra	Inciso	Dosificación $Al_2(SO_4)_3$ mg/l						p H						Turbiedad Final (UNT)					
570	B	130	140	150	160	170	180	6,66	6,65	6,53	6,48	6,33	6,2	73,1	33,2	28,8	39,8	16,8	10,5

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en laboratorio, ensayo de jarras

Gráfica 6.9 Muestra N° 570* (B) - Regresión polinomial asociada al comportamiento de la dosificación de coagulante Vs. turbiedad de las aguas después de la prueba de tratamiento fisicoquímico.



Fuente: Elaboración Propia según Bibliografías (Mónica Ardila Galvis ,2013)¹⁴

Se calcula la dosis óptima a partir de la regresión polinomial que más se aproxima al comportamiento de los datos obtenidos en la (Tabla 6.18). La dosis de sulfato de aluminio que refleja la menor turbiedad correspondería entonces a la dosis óptima.

$$\frac{dy}{dx} = 0,0167X^2 - 6,1849X + 585,92 = 0 \rightarrow X = 185 \text{ mg/l}$$

Derivando la ecuación de la (Gráfica 6.9), se determina como dosis óptima del coagulante para alcanzar una remoción de turbiedad adecuada para el tratamiento de las aguas grises de 185 mg/l.

Conclusión:

- ✓ Para este tipo de aguas grises crudas, la zona óptima de pH está entre 9 y 10, según experiencias de laboratorio para aguas grises crudas provenientes de ducha y máquina de lavar ropa.
- ✓ Para esta segunda prueba se rebajó las dosis basándonos en la (Gráfica 6.7), para verificar ese salto en el punto $X = 53,4 \text{ UNT}$; $Y = 6.58$ ya que son aguas provenientes de ducha y máquina de lavar ropa del mismo edificio.
- ✓ Las gráficas si ningún ajuste polinomial, tienden a ser sinusoidales, eso según ensayos con agua de nuestro medio.
- ✓ Comúnmente el pH efectivo para coagulación con alumbre es de 5,5 a 8,0 y se prefiere para tratar aguas superficiales de buena calidad por ser el único químico necesario para la coagulación. (Pérez Garay, Iván Fernando Huancayo - Perú 2015)⁷⁵

6.4 Resumen de los parámetros a usar en el diseño de tratamiento de las aguas grises para casa cebras

A fin de tener una aproximación de la efectividad que podría tener el tratamiento propuesto, se aplicó la dosis hallada de 185 mg/l de sulfato de aluminio en el sistema propuesto para poder simular las etapas de coagulación – floculación en el sistema manual.

6.4.1 Dosis óptima en la prueba ensayo de jarras

Para poder aplicarlo en el sistema en sitio, se preparó nueva solución de Sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en laboratorio al 1 % de concentración.

Figura 6.39 Sulfato de Aluminio en agua destilada al 1%



Se vertió la disolución en una botella de 2 litros de agua vital, (Figura 6.39), para usarlo en el sistema manual en sitio.

Antes se tuvo que preparar el sistema, así como la posición de los materiales granulares en los filtros, y posteriormente aplicar la dosis hallada de la (Gráfica 6.9), para simular los procesos de un tanque mezclador, así como se mostró en la (Figura 6.22).

6.4.2 Mejoramiento del sistema manual

Para tener mayor efectividad de los resultados se realizó un cambio al sistema anterior, así como se observa en la (Figura 6.40), donde se realizó la modificación del filtro de arena.

Para la selección de material se realizó un análisis granulométrico, llevando a laboratorio para clasificarlo según los tamices ordenadas de **mayor a menor abertura**, ver (Figura 6.41 y 6.42). Para realizar los ensayos se solicitó autorización para el uso de equipos y asesoría por técnicos a la Dirección de Instituto de Materiales de Ingeniería de la Universidad.

Figura 6.40 Sistema de tratamiento modificado - Simulador manual para aguas grises



Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Preparación de Filtros caseros

La siguiente (Tabla 6.19), detalla cantidades llevadas a laboratorio para el ensayo granulométrico y cantidades para los filtros.

Tabla 6.19 Cantidades de material granular a usar (Sistema manual mejorado)

Bolsas	Nombre	Kilos	Cantidad	Observacion
4	Grava	10	40	Ensayo Granulometrico
1	Grava	10	10	Filtro
2	Gravilla	10	20	Ensayo Granulometrico
1	Gravilla	10	10	Filtro
1	Arena Corriente	11	11	Ensayo Granulometrico
1	Arena Corriente	11	11	Filtro
1	Arena Fina	11	11	Filtro

Fuente: Cantidades de agregados, solicitadas por el técnico encargado del Instituto de materiales de Cota Cota - UMSA

Para ver los resultados de ensayos granulométricos, (**ANEXO 2**).

Figura 6.41 Análisis Granulométrico del agregado (Material retenido en cada charola) Instituto de Materiales, Cota Cota.



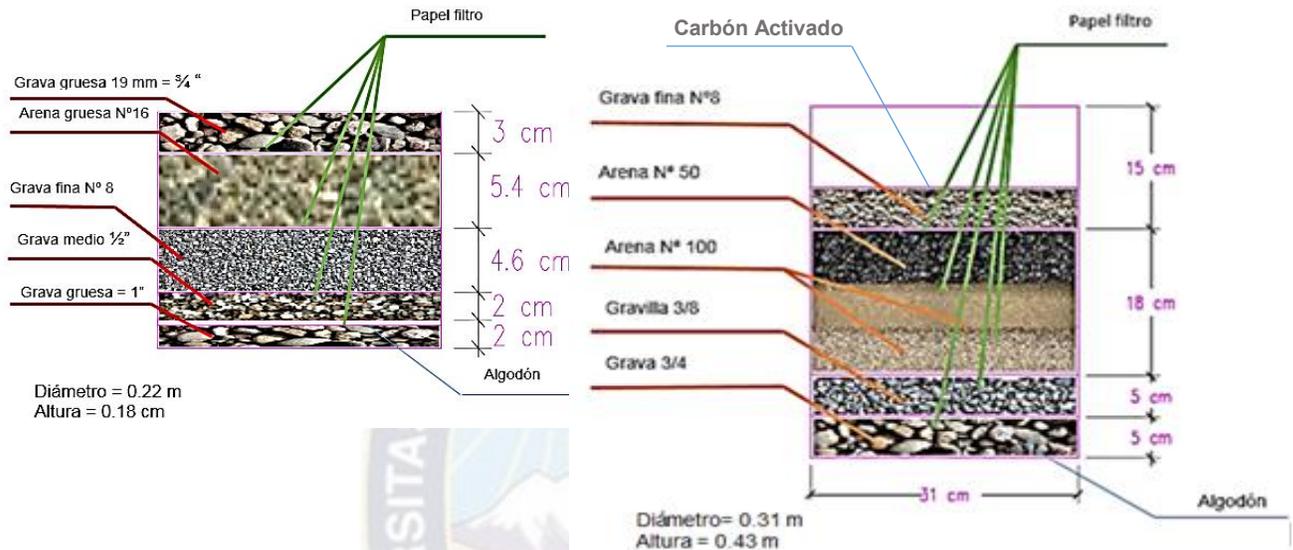
Figura 6.42 Material retenido en cada charola



6.4.4 Posiciones de material granular para cada filtro

La (Figura 6.43) detalla las posiciones de cada material granular para cada filtro: Filtro grueso descendente y Filtro lento de arena con carbón activado, respectivamente, según guía mencionada.

Figura 6.43 Filtro de grava descendente y Filtro lento de arena con carbón activado



Fuente: Elaboración propia según la (Guía Técnica de Diseño y Ejecución de proyectos de agua y saneamiento con tecnologías alternativas\" donde en la Página 91. Muestra la Elaboración de un Filtro Casero)⁴⁶

Tabla 6.20 Material: Grava en (kg) para el Filtro

Grava gruesa	3/4"	1 1/2 Kilos
Arena gruesa	Nº16	1 Kilos
Grava fina	Nº8	1 1/2 Kilos
Grava medio	1/2"	1 1/2 Kilos
Grava gruesa	1"	2 kilos

Tabla 6.21 Material: Arena en (kg) para el Filtro

Gravilla	Nº 8	1 Kilos
Arena	Nº 50	3 Kilos
Arena	Nº 100	6 Kilos
Gravilla	3/8"	3 Kilos
Grava	3/4"	3 1/2 kilos

Fuente: Elaboración propia según los filtros de la Figura 6.43

Figura 6.44 Filtros de grava y arena con carbón activado armados



La (Figura 6.44), muestra las posiciones del material granular en cada filtro según las (Tabla 6.20 y 6.21), respectivamente.

Nota: Cada filtro fue afectado por un factor de 0.20 este factor fue de acuerdo al tamaño de cada recipiente de cada filtro, según tanteos.

6.4.5 Preparación del simulador (Tanque mezclador)

La secuencia del agua gris que debe seguir del tanque mezclador (agitador manual), al tanque recolector de aguas clarificadas se realiza por gravedad, conectados mediante una manguera, este tanque mezclador se instaló un piso arriba de donde se encuentra el tanque recolector de aguas clarificadas.

De la mezcla realizada en el segundo ensayo de jarras para la (Muestra N° 570 B, Figura 6.45), se tomaron 10 litros de agua gris en un bidón de cap. 10 litros, para poder llevarlo donde se encontraba el sistema armado y simular los procesos de coagulación – floculación, con la dosis hallada de la (Gráfica 6.9), en base a los resultados como indica la (Tabla 6.18).

De forma simultánea se tomaron 2 litros de agua en botellas de plástico, para realizar la caracterización fisicoquímica, así como se ve en la (Figura 6.47).

Figura 6.45 Mezcla de aguas grises en laboratorio para la muestra N° 570* (B)



6.4.5.1 Simulación de coagulación y floculación:

Se siguieron los siguientes pasos:

- 1.-Se vertió los 10 litros de agua al tanque mezclador manual.
- 2.-Se trató de realizar la simulación de agitación, manualmente con el brazo cumpliendo los siguientes tiempos:
 - ✓ **1 minuto** = Velocidad Rápida (Se agito manualmente tratando de cumplir de 120 vueltas en minuto manualmente, cronometrando y contando las vueltas).
 - ✓ **40 minutos** = Una mezcla lenta (Se rebajó la velocidad manualmente con la agitación del brazo, a modo de descanso).
 - ✓ **1 hora** = Sedimentación.
- 3.-En el primer minuto, se colocó 10 veces de Sulfato de aluminio, cada uno con **18.5 ml de disolución** tomadas de la (Figura 6.39).

- ❖ Para esto se contó con 10 jeringas de farmacia de 20 ml.

Figura 6.46 Floculación y sedimentación en el tanque mezclador



4.-Pasado 1 hora se abrió las llaves del sistema, y por gravedad el agua más clarificada paso al tanque recolector de aguas clarificadas, seguidamente se abrió las llaves de los filtros, para poder recolectar muestras de agua tratada, para su caracterización en laboratorio, así como muestra la (Figura 6.47).

Figura 6.47 Muestras tomadas para análisis fisicoquímico N ° Muestra 573* y 574**



6.5 Sistema de tratamiento propuesto para el proyecto – “CASA CEBRA”

Para el diseño de etapas y componentes de tratamiento para el Edificio “CASA DE LAS CEBRAS”, se utilizarán datos y análisis anteriormente mencionados. La secuencia a seguir está basada según la (Figura 6.1), proponiendo un tratamiento primario y tratamiento terciario que con anterioridad se realizó la simulación de las etapas del esquema adoptado en sitio de la (Figura 6.3).

En base a las prácticas realizadas y teniendo en cuenta que no hay una solución única o establecida para la gestión de aguas grises, se seleccionaron los tratamientos que posiblemente se adapten mejor a las necesidades y usos finales.

Mencionado lo anterior se describirá cada componente del sistema propuesto en la (Figura 6.51), de acuerdo a los requerimientos que deben cumplir para poder aplicarlos y poder diseñar según sus características de cada componente.

6.5.1 Componentes del sistema de tratamiento propuesto para el proyecto

6.5.1.1 Tanque recolector de aguas grises o (Igalación)

6.5.1.1.1 Aplicación

El empleo del tanque se usará, debido a la gran variación que presenta las descargas de aguas grises a lo largo del día afectando muchas variables, así como describe el (Capítulo 2), se debe de tomar en cuenta el volumen necesario para el abastecimiento diario de los inodoros y urinarios.

Las variaciones horarias del gasto de aguas grises, pueden tener un efecto adverso en el funcionamiento de los procesos de la planta de tratamiento; el cambio constante de la cantidad y concentración del agua gris a ser tratada propicia que la operación eficiente de los procesos sea difícil.

Además, muchas unidades de tratamiento tendrían que diseñarse para las condiciones de gasto máximo extraordinario, provocando su sobredimensionamiento para las condiciones promedio.

Para prevenir esta situación, es conveniente considerar en el proyecto la construcción de un tanque de igualación u homogeneización, cuya función es amortiguar las variaciones de las descargas de aguas grises con el fin de tratar un gasto uniforme.

La igualación se puede usar también para amortiguar las variaciones en el pH y en la concentración de constituyentes tóxicos presentes en el agua residual a tratar. La igualación del caudal no es un proceso de tratamiento como tal, pero la implementación de ésta etapa puede lograr reducir el tamaño y costo de las unidades de tratamiento, mejorar significativamente el funcionamiento de una planta e incrementar su capacidad útil. (Mónica Ardila Galvis ,2013)¹⁴

6.5.1.1.2 Requisitos previos

- Totalmente impermeable.
- Sistema de evacuación de sobrelenado mediante tuberías de rebalse.
- Cerrado herméticamente. El tanque recolector será ubicado en un lugar que no sea muy transitado por las personas.
- El tanque recolector de aguas grises será un sistema en paralelo, es decir, se colocarán dos tanques seguidos, para permitir tener una mejor operación y mantenimiento.
- Se recomienda realizar una limpieza cada seis meses del depósito mediante el acceso en su parte superior, es necesario realizar el vaciado de una de los tanques mientras el otro está en servicio.

6.5.1.1.3 Diseño

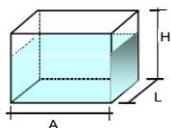
La producción de aguas grises, por fuente bibliográfica es variable y dispersa, se debe tomar en cuenta la selección de que puntos de producción de aguas residuales serán considerados como aguas grises, según bibliografías se definen de diferente manera.

Para la propuesta del diseño se debe tomar en cuenta el volumen necesario para el abastecimiento diario de los inodoros y urinarios.

Además, considerando que el volumen del tanque recolector de aguas grises, deberá ser captada con un volumen igual al del tanque recolector de aguas tratadas.

Es fundamental conocer la capacidad del depósito para diseñar el sistema, optándose por dos alternativas aproximadas.

1.- Se deberá tomar **en cuenta la cantidad de artefactos**, que generan con frecuencia



aguas grises, y sabiendo que su demanda de cada artefacto es según la (Tabla 1.1 del Cap.1), tomando en cuenta el tiempo de vaciado de cada artefacto, se calcula el volumen por uso de una persona al día, multiplicada por la cantidad de artefactos utilizados que solo generan aguas grises y

aguas negras.

Por lo que la dimensión adoptada del tanque de aguas grises debería cumplir.

¡Volumen adoptado > Volumen Requerido ...CUMPLIR!!!

2.- Está en función del número usuarios de las instalaciones y del tipo de inmueble multiplicado, por un coeficiente de retorno de aguas residuales y aguas potables a esto se resta la cantidad requerida para abastecer a los urinarios e inodoros.

Estudios estadísticos han estimado el porcentaje de agua abastecida que llega a la red de alcantarillado, este coeficiente oscila el 60% y 80 % de la dotación de agua potable.

El proyectista debe en casos específicos ajustarse a datos reales y hábitos de uso del agua, siempre y cuando realicen estudios de respaldo.

El coeficiente de retorno (C) es la relación que existe entre el caudal medio de aguas residuales domésticas y el caudal medio de agua que consume la población.

6.5.1.1.4 Características del tanque recolector de aguas grises

Para este caso se utilizará tanques de recolección de material PVC, de forma cilíndrica, ver ficha técnica adjunta, **(ANEXO 3)**.

6.5.1.2 Tanque mezclador

6.5.1.2.1 Aplicación

Una de las etapas del tratamiento de residuos líquidos es la coagulación, la que consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un floculo o precipitado.

El coloide es un sistema formado por dos o más fases: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas; por lo general sólidas.

El pH es considerado un factor crítico en el proceso de la coagulación y siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor.

Cada vez que sea posible, la coagulación se debe efectuar dentro de la zona óptima de pH, ya que de lo contrario se podría dar un desperdicio de productos químicos y un descenso del rendimiento de la planta. (Vladimir Castillo Uribe octubre 2013)⁵⁵

6.5.1.2.2 Requisitos Previos

6.5.1.2.2.1 Sulfato de aluminio (Piedra alumbre)

La Norma NB 650 "PRODUCTOS QUIMICOS PARA USO INDUSTRIAL; SULFATO DE ALUMINIO" especifica las características que debe reunir esta sustancia química para su utilización en el tratamiento de aguas.

- Conocido comúnmente como Alumbre, es considerado como el coagulante estándar con mayor uso en el tratamiento de aguas debido a que es fácil de producir y por ende posee un costo de comercialización relativamente bajo. Su rango óptimo de pH varía entre 5.5 y 8.0 unidades de pH.
- El Sulfato de Aluminio libre de hierro (Alumbre) es el más utilizado en sistemas municipales de agua potable y tratamiento de aguas residuales.
- A través de la neutralización de la carga y la floculación en el agua cruda, el alumbre elimina:
 - ✓ Turbiedad
 - ✓ Sólidos suspendidos
 - ✓ El carbono orgánico total (TOC)
 - ✓ La demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

<http://liquidtech.com.mx/sustancias/3/sulfato-de-aluminio>

6.5.1.2.2.2 pH

- ✓ La medición del pH es un factor muy importante en el tratamiento de aguas ya que de este depende el éxito de los tratamientos secundarios.

Durante el tratamiento de aguas es probable que se requiera ajustar el nivel de pH, por lo tanto, para aumentarlo o disminuirlo es necesario utilizar y adicionar productos químicos de composición ácida o bases, según la necesidad. (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramírez Mielles Lizeth Yohana, 2016)⁵⁷

- ✓ En las aguas poco alcalinas, de mucho color y de baja turbiedad, la floculación se procesa en pH bajo, entre 5 y 6,5 excepcionalmente puede ser más bajo. En las aguas más alcalinas y turbias, el pH de floculación puede llegar hasta 7,4.

Es importante tener en cuenta que la cantidad a utilizar del agente coagulante debe ser definida con anterioridad por medio de procedimientos como el ensayo de Jarras, ya que si se adiciona una cantidad mayor a la necesaria se presentará una inversión de las cargas, que conlleva a que el coloide vuelva a tener una carga eléctrica negativa y no se consiga la remoción de la turbidez, sucediendo esto mismo si el pH del fluido se encuentra por fuera del rango óptimo del agente coagulante utilizado. Si por el contrario la cantidad de coagulante es insuficiente no se logra neutralizar las cargas totalmente y la formación de flóculos será mínima. (Claudia Lorena Barajas Garzón Andrea Juliana León Luque Bogotá, 2015)⁶⁸

- ✓ Cada agua tiene un pH óptimo de floculación y ese pH, puede variar para la misma agua, de acuerdo con las variaciones de su composición. La deficiencia del control

de pH, puede comprometer el proceso de tratamiento, provocando: (Pérez Garay, Iván Fernando Huancayo – Perú, 2015)⁷⁵

- Mayor consumo de coagulante.
- Dificultades en la remoción de turbiedad y color.
- Fallas en la sedimentación.
- Incremento a la labor del filtro.
- Aumento del aluminio residual en el agua a distribuir.

6.5.1.2.3 Diseño

Se desarrollará una propuesta de diseño de un agitador para el tanque mezclador, en función de los siguientes datos indicados en la (Tabla 6.22 y Figura 6.48), con las dimensiones generales del tanque. (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

Tabla 6.22 Datos de entrada para el diseño de un agitador de fluidos

Fluido a agitar	Sulfato de Aluminio
Densidad de fluido	*998,2 Kg/ m ³
Viscosidad máxima	*0,00101 Kg/ms
Presión de operación	1 Bar Abs.
Temperatura de trabajo	10 a 40 °c
Diámetro de tanque	1294 mm
Altura de tanque	1294 mm
Tapa estanque	Curvo
Fondo	Plano
Altura de liquido	1294 mm
Volumen de llenado	2 m ³

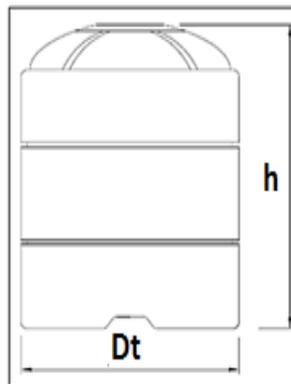
Fuente: (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

***Tabla 6.23 Variación de la densidad del agua y la viscosidad dinámica del agua con la temperatura**

Temperatura °C	0	5	10	15	20	25	30
Densidad ρ en kg/m ³	999,9	1 000	999,7	999,1	998,2	997,1	995,7
Viscosidad dinámica en kg/m s	0,00179	0,00152	0,00131	0,00114	0,00101	0,00089	0,00080

Fuente: (Reglamento Nacional NB 689 MINISTERIO DE SERVICIOS Y OBRAS PÚBLICASVICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOSREGLAMENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE Segunda revisión diciembre 2004 Volumen 2-2)⁵²

Figura 6.48 Dimensiones del tanque mezclador



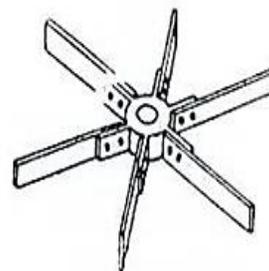
Fuente: (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

6.5.1.2.3.1 Características de diseño

Se define utilizar un impulsor de turbina del tipo hojas planas y disco de 6 palas, ya que este tipo de impulsor trabaja principalmente para fluidos de baja viscosidad y para velocidades que pueden ser medias o altas.

- ✓ Se utilizarán para el diseño placas deflectoras para evitar los vórtices alrededor del eje y reducir de esta manera los esfuerzos que actúen sobre este.
- ✓ Este tipo de impulsor resulta más económico y fácil de construir que un agitador de hélice o de turbina con palas inclinadas.
- ✓ Para la selección del motor, este debe cumplir con las condiciones propias de un elemento mecánico expuesto a la intemperie. Como velocidad media para una turbina las velocidades pueden ser del orden de las 100 a 300 rpm.
- ✓ Para la realización de los cálculos posteriores se define una velocidad de 115 rpm.
- ✓ Considerando el medio húmedo al cual estará expuesto el mezclador y su conjunto, se define utilizar acero inoxidable.
- ✓ Para la estructura exterior que soporta al conjunto agitador y el peso propio del conjunto, además de los esfuerzos de torsión propios producidos por el motor al eje del agitador.
- ✓ El eje será dispuesto en el centro del estanque, por lo tanto, este debe contar con placas deflectoras con el fin de evitar la formación de vórtices en el fluido.

Figura 6.49 Turbina del tipo hojas planas



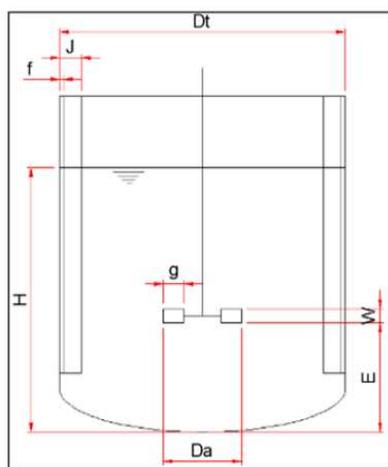
Fuente: (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

6.5.1.2.3.2 Semejanzas geométricas

Para el diseño de un mezclador existe un gran número de variables a considerar: Diámetro del estanque (D_t), Diámetro de las palas (D_a), altura del fluido (H), ancho y cantidad de las placas deflectoras (J), distancia desde el fondo del estanque hasta el impulsor (E).

Como punto de partida en el diseño de un agitador se pueden utilizar las semejanzas geométricas estandarizadas que relacionan las medidas generales del estanque con el tipo de impulsor. (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

Figura 6.50 Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina para el tanque mezclador



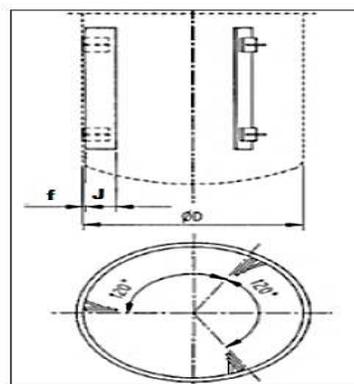
$H / Dt=1$	$Da / Dt=0.33$	$E / Dt=0.33$
$W / Da= 0.2$	$g / Da=0.25$	$J / Dt=0.1$
$f / Dt=0.02$		

Fuente: (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

Las placas deflectoras son pletinas planas verticales que se ubican radialmente al interior del tanque (Figura 6.51). Se logra con ellas una mayor turbulencia y una mejor mezcla del fluido. Generalmente se utilizan cuatro, salvo en estanques de gran tamaño. El ancho habitual para agitadores de turbina no deba ser mayor que 1/12 del diámetro del estanque

Figura 6.51 Placas deflectoras distribuidas en el tanque mezclador

Diámetro	J	f
100	8	2
200	16	4
300	24	6
400	32	8
500	40	10
600	48	12
800	64	16
1000	100	20
1200	110	24
1600	128	32
2000	160	40
2500	200	50
3000	240	60
4000	320	80
4500	360	90
5000	400	100
6000	480	120
7500	600	150
10000	800	200
12000	960	240



Fuente: (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

Dimensiones placas deflectoras (en mm).

6.5.1.2.3.3 Cálculo de potencia en el agitador

Para que el proceso de agitación sea eficaz, el volumen del fluido agitado debe ser capaz de llegar hasta las partes más lejanas del estanque, donde la velocidad de circulación no es el único factor importante.

6.5.1.2.3.4 Número de Reynolds (Re)

El número de Reynolds es una expresión adimensional que permite caracterizar el movimiento de un fluido. Relaciona densidad, viscosidad, velocidad y la dimensión típica de

un flujo. La presencia o ausencia de turbulencia en un fluido que se agita se puede relacionar con un número de Reynolds. Su ecuación es:

$$Re = \frac{Nd^2\rho}{\mu}, \text{ Donde:} \quad (2)$$

N = velocidad de rotación [rps]

d = diámetro del agitador [m]

ρ = densidad del fluido [kg/m³]

μ = viscosidad [Pa·s]

6.5.1.2.3.5 Número de potencia (Np)

El número de Potencia es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del impulsor y la fuerza de inercia. Cuando el estanque contiene placas deflectoras, el Np tiene una buena correlación con el número de Reynolds. Cuando existe régimen turbulento, Np tiene valor constante.

Su ecuación es:

$$Np = \frac{P}{N^3 d^5 \rho}, \text{ Donde:} \quad (3)$$

P = potencia de agitación del impulsor (watts)

N = velocidad de rotación [rps]

d = diámetro del agitador [m]

ρ = densidad del fluido [kg/m³]

μ = viscosidad [Pa·s]

6.5.1.2.3.6 Número de Froude (Fr)

El número de Froude es una medida que relaciona la fuerza de inercia y la fuerza gravitacional por unidad de área que actúa sobre el fluido. Se utiliza en el cálculo del consumo de potencia cuando el fluido del estanque mantenga un movimiento de ondas importante a causa de la falta de placas deflectoras.

$$Fr = \frac{N^2 d}{g}, \text{ Donde:} \quad (4)$$

N = velocidad de rotación [rps]

d_2 = diámetro del agitador [m]

g = aceleración de gravedad

Consumo de potencia para número de Reynolds > 10.000 con placas deflectoras.

En este caso el Np es independiente del Re y la viscosidad no influye. En este intervalo el flujo es turbulento. La potencia puede estimarse a partir del producto del flujo generado por el impulsor y la energía cinética por unidad de volumen del fluido.

La ecuación queda de la siguiente manera:

$$P = KT \times N^3 \times da^5 \times \rho \quad (5)$$

Tabla 6.24 Constantes K_L y K_T para el cálculo de potencia, estanques con cuatro placas deflectoras con un ancho de 1/10 del diámetro del estanque.

Tipo de impulsor	K_L	K_T
Hélice paso cuadrado, tres palas	41,0	0,32
Hélice paso de 2, tres palas	43,5	1,00
Turbina, seis palas planas	71,0	6,30
Turbina, seis palas curvas	70,0	4,80
Turbina de ventilador, seis palas	70,0	1,65
Turbina dos palas planas	36,5	1,70
Turbina cerrada, seis palas curvas	97,2	1,08

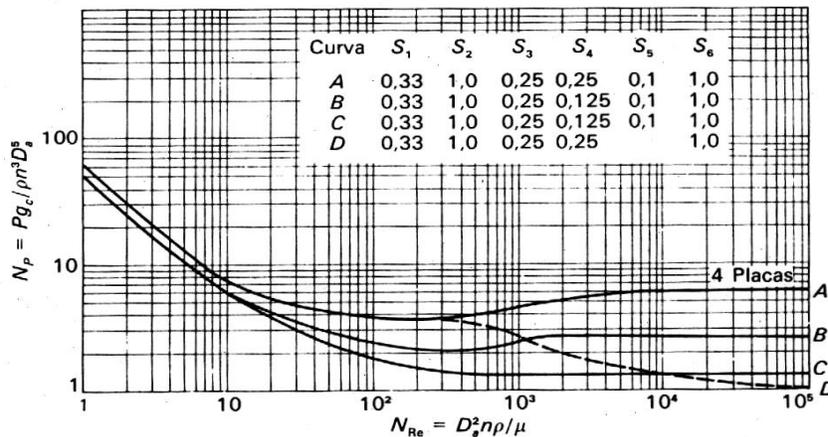
Fuente: (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

Las letras S1, S2, S3, etc. del gráfico muestran los factores de forma relacionando las medidas principales del impulsor y el estanque:

$$S_1 = d/Dt, S_2 = E/d, S_3 = L/d, S_4 = h/d, S_5 = w/Dt, S_6 = H/D$$

La curva A se utiliza para palas verticales del impulsor, La curva B y C para palas verticales y estrechas, la curva D se utiliza en un estanque que no posee placas deflectoras.

Gráfica 6.10 N_p v/s Re , se utiliza para estimar la potencia de un impulsor de turbina de 6 placas planas y estanque con placas deflectoras.



Fuente: (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

6.5.1.3 Equipo Dosificador

6.5.1.3.1 Aplicación

El tanque dosificador se puede usar como depósito para dosificar fluidos. Dependiendo del modelo, el tanque dosificador puede contar con una bomba dosificadora, lanza de aspiración y mezclador.

6.5.1.3.2 Características generales

- ✓ Tanque cilíndrico con tapa roscada.
- ✓ 7 tamaños que van de los 40 a los 1.000 litros
- ✓ Escala de litros estampada.

- ✓ Rosca moldeada de 3/4" para válvula de drenaje, sin abertura taladrada, cerrada con junta y tapón roscado.
- ✓ Rosca moldeada de 2" para la conexión de la lanza de aspiración de Grundfos, cerrada con junta y tapón roscado.
- ✓ Tapa roscada con compuerta para sujetar una cerradura de llave estándar.
- ✓ Espacio de instalación para bomba dosificadora y mezclador eléctrico y/o mezclador portátil por encima de la abertura de llenado.
- ✓ Los tanques de dosificación de 60-500 litros tienen revestimientos roscados M6 sinterizados.
- ✓ Para el montaje de la bomba dosificadora DDA, DDE, DDC, DDI 222, o DMX 221
- ✓ Para el montaje del mezclador eléctrico.
- ✓ Para la fijación al suelo con un conjunto de soportes y tornillos de fijación.

6.5.1.3.3 Requisitos previos

Un operario tiene que colocar el sulfato y el agua (El agua entra por la tapa del tanque y la pueden adicionar con una manguera de agua o por balde de agua), en el tanque se debe prender el agitador y la mezcla se va a generar preparando el químico, la bomba dosificadora (trabaja autónoma sin un operario, emitiendo señal a un tablero eléctrico), va enviando el agua con sulfato a donde se necesite u otra unidad, este equipo es solo para preparar el sulfato, con la manguera de la bomba llevar el sulfato hacia donde se necesite. El agua que se usa para la preparación del sulfato debe ser agua potable. Una vez que la primera preparación se acabe, el operario debe volver a colocar sulfato y agua y prender el agitador, es una preparación por baches.

6.5.1.3.4 Diseño

Ficha técnica adjunta, (ANEXO 4).

6.5.1.4 Filtración

6.5.1.4.1 Aplicación

Generalmente los sistemas de reciclaje de aguas grises trabajan con etapas de filtración, con el fin de garantizar los mejores resultados respecto a la purificación del agua.

La filtración tiene como principal finalidad evitar el paso de sólidos en suspensión e impurezas a las redes de agua de servicio que pueden ocasionar daños posteriores en las instalaciones. Puede ser efectuada como primer paso en el tratamiento o está precedida por procesos de coagulación, floculación y sedimentación. Sin embargo, puede ser que el agua

se someta a filtración directamente después de la coagulación y floculación y que los flóculos sean removidos directamente por los filtros. La filtración es una combinación de procesos químicos y físicos.

La filtración mecánica remueve las partículas suspendidas porque las atrapa entre los granos del medio filtrante (por ejemplo, arena). La adhesión juega un papel importante dado que parte del material suspendido se adherirá a la superficie de los granos filtrantes o a material previamente depositado.

Para eliminar las partículas en suspensión en aguas con un alto contenido de carga, se utilizan lechos como grava, gravilla, arena y carbón activado, entre otros.

6.5.1.4.2 La Filtración en Múltiples Etapas (FiME)

La tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME) consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtros lentos de arena.

La FiME puede estar conformada por dos o tres procesos de filtración, dependiendo del grado de contaminación de las fuentes de agua.

- ✓ Filtro Grueso de Grava Dinámico (FGDi), como primera barrera de seguridad,
- ✓ Filtro Grueso de Grava Ascendente (FGAC)
- ✓ Filtro Lento de Arena (FLA), como última barrera.

Los dos primeros procesos constituyen la etapa de pretratamiento

6.5.1.4.3 Criterios de selección

En la (Tabla 6.25), se muestra un modelo de selección de la tecnología FiME desarrollado por CINARA. Se toma en cuenta parámetros de calidad como turbiedad, Color Real, y Coliformes fecales, recomendándose adoptar los valores más conservativos de diseño.

Tabla 6.25 Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME.

(*) Para valores superiores a 70 UNT; 20000 UFC/100 ml o 40 UC, se recomienda realizar estudio en planta piloto.

	Turbiedad (UNT)	< 10	10-20	20-50	50-70 (*)
	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Color Real (UC)	< 20	20-30	30-40
< 500	Sin FGA	FGAC _{0,6}	FGAC _{0,45}	FGAS _{3,0,3}	
500 - 10000	FGAC _{0,6}	FGAC _{0,6}	FGAC _{0,45}	FGAS _{3,0,3}	
10000 - 20000 (*)	FGAC _{0,45}	FGAC _{0,45}	FGAC _{0,45}	FGAS _{3,0,3}	

(El subíndice indica la velocidad de filtración recomendada en m/h)
 Clasificación de fuentes según el rango de calidad: Bajo Medio Alto

Fuente: (Norma Boliviana NB 689 diciembre 2004)⁵¹

FGDI - FILTRO GRUESO DINÁMICO
 FGAC - FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN CAPAS
 FGAS3 - FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN SERIE (3 ETAPAS)
 FGH3 - FILTRO GRUESO HORIZONTAL

6.5.1.4.4 Diseño

Tabla 6.26 Guía de diseño para filtros gruesos ascendentes FGA⁵¹

Criterio	Valores recomendados
Periodo de diseño (años)	8 – 12
Periodo de operación (h/d) (*)	24
Velocidad de filtración (m/h)	0,3 – 0,6
Número mínimo de unidades en serie	
- FGAC	1
- FGAS	2 – 3
Área de filtración por unidad (m ²)	< 20
Lecho filtrante:	
Longitud total (m)	
- FGAC	0,6 – 0,90
- FGAS	1,15 – 2,35
Tamaño (mm)	Según Tabla 78
Lecho de soporte total	
- Longitud (m)	0,30 – 1,25
- Tamaño (mm)	Según Tabla 78
Altura del sobrenadante de agua (m)	0,10 – 0,20
Carga estática mínima de agua para lavado en contra flujo (m)	3,0

Fuente: (Norma Boliviana NB 689 diciembre 2004)⁵¹

Tabla 6.27 Lechos filtrantes recomendados en FGA

Tamaño de grava (mm)	Altura (m)					
	FGAC	FGAS 2		FGAS3		
		1	2	1	2	3
19 - 25	0,30*	0,30*		0,30*	0,20*	
13 - 19	0,20 - 0,30	0,30 - 0,45	0,20*	0,15	0,15*	0,15*
6 - 13	0,15 - 0,20	0,30 - 0,45	0,15*	0,45 - 0,75	0,15*	0,15*
3 - 6	0,15 - 0,20		0,30 - 0,45		0,40 - 0,70	0,15*
1,6 - 3	0,10 - 0,20		0,25 - 0,40			0,45 - 0,75
Total (m)						
Soporte	0,30	0,30	0,35	0,30	0,50	0,45
Lecho Filtrante	0,60 - 0,90	0,60 - 0,90	0,55 - 0,85	0,60 - 0,90	0,40 - 0,70	0,45 - 0,75

Fuente: (Norma Boliviana NB 689 diciembre 2004)⁵¹

* Lecho de soporte

En algunos casos la altura del lecho de soporte puede ser superior a lo indicado en la Tabla, dependiendo del tamaño de grava predominante en cada unidad, del tamaño de grava en contacto con lecho de soporte y del diámetro de los orificios en el múltiple.

Se recomienda una altura de agua sobrenadante de 0.1 a 0.2 m.

Tabla 6.28 Criterios de diseño recomendados para unidades de filtración lenta en arena FLA

Criterios de diseño	Valores recomendados
Periodo de operación (h/d)	24
Periodo de diseño (años)	8 - 12
Velocidad de filtración (m/h)	0,1 - 0,3
Altura de arena (m)	
inicial	0,8
mínima	0,5
Diámetro efectivo (mm)	0,15 - 0,30
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 4
Deseable	< 2
Altura de lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0,25
Altura de agua sobrenadante (m)	0,75
Borde libre (m)	0,1
Área superficial máxima por módulo (m ²).	<100

Fuente: (Norma Boliviana NB 689 diciembre 2004)⁵¹

Tabla 6.29 Granulometría del lecho filtrante

Criterios de Diseño	Valores Recomendados
Altura de arena (m)	
Inicial	1.00
Mínima	0.50
Diámetro efectivo (mm)	0.15 - 0.35
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 3
Deseable	1.8 - 2.0
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.1 - 0.3

Fuente: (Norma Boliviana NB 689 diciembre 2004) ⁵¹

La velocidad de filtración varía entre los 0.1 y 0.2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda. A mayor contaminación del agua afluente menor velocidad de filtración.

La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m.

7.5.1.4.5 Carbón activado

Los filtros de carbón activado funcionan por el mismo principio que los filtros de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El carbón activado es un material natural que con los millones de agujeros microscópicos que atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes.

Se diseña normalmente para remover cloro, sabores y olores y demás químicos orgánicos. También es uno de los procesos finales de los sistemas de tratamiento de agua, su función es pulir la descarga final. (Acsmedioambiente, 1998-2001)⁸⁴

Carbón local comparado a carbón activado: Hay, sin embargo, algunas diferencias importantes entre el carbón de leña generado localmente y el carbón activado comercial. Primero, el carbón local (idealmente) está hecho a partir de residuos agrícolas y forestales y biomasa leñosa renovable y ambientalmente sustentable.

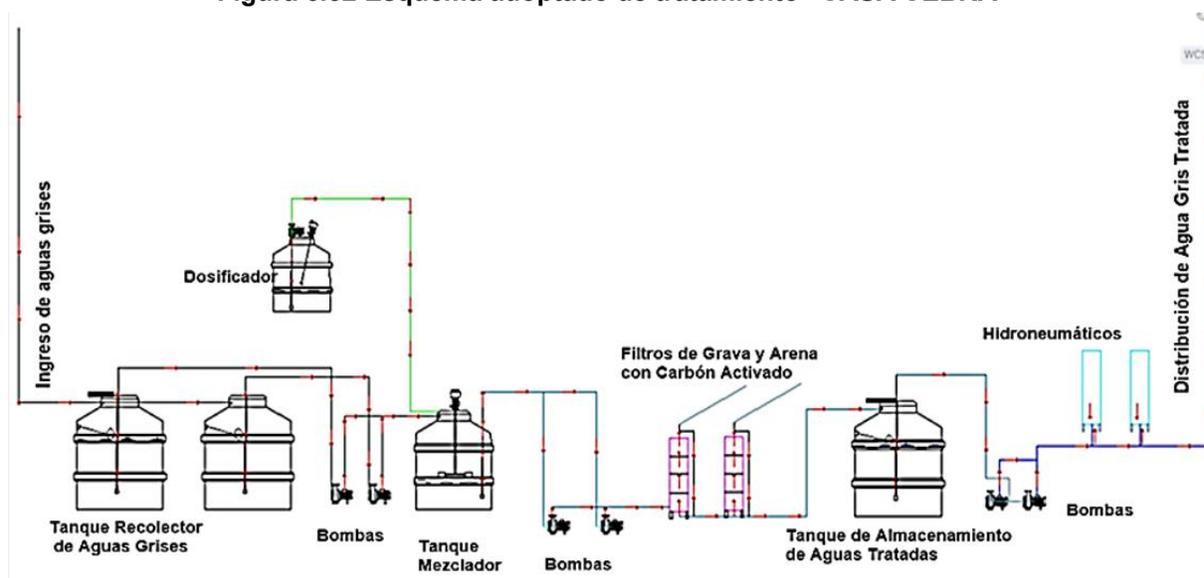
La mayoría de carbones activados comerciales se hacen a partir de sub-bituminoso carbón de lignito (no renovable).

Ambos carbones locales y carbones activados se someten a una etapa de carbonización donde se calienta el material de alimentación a varios cientos de grados Celsius bajo una atmósfera de oxígeno restringida.

Sin embargo, los carbones comerciales son posteriormente "activados" por procesos físicos y / o químicos para desarrollar la estructura interna de poros y reactividad de la superficie usando vapor a alta presión, dióxido de carbono, o ácidos. (La Construcción de un Sistema de Tratamiento de Agua de Barreras Múltiples Usando Materiales Locales)⁶⁶

6.5.2 Descripción de los componentes del sistema de tratamiento

Figura 6.52 Esquema adoptado de tratamiento “CASA CEBRA”



Fuente: Diseño y elaboración propia según Bibliografías estudiadas.

Para el abastecimiento de agua potable y la remoción de aguas grises se requiere de un sistema de obras de ingeniería, conectadas que permite llevar el agua potable a los **puntos sanitarios** así como se muestra en la (Figura 6.2), estas aguas después de ser utilizadas en los puntos sanitarios, son denominadas como aguas grises, que son conducidas al tanque recolector de aguas grises sometiéndose a coagulación y floculación en el tanque mezclador que es graduada mediante un dosificador de sulfato de aluminio para después pasar a los filtros y que los flóculos sean removidos directamente por los filtros (Mónica Ardila Galvis, 2013)¹⁴, posteriormente pasan a un tanque de almacenamiento de aguas tratadas para ser reutilizadas y retornar mediante un tercer sistema de bombas e hidroneumáticos y garantizar una presión estable y ser distribuidas a los inodoros y urinarios del edificio, como medida de baldeo y no de consumo humano, una vez descargada por el uso de usuarios estas aguas serán descargadas al sistema de alcantarillado municipal de la ciudad.

6.5.2.1 Descomposición funcional

Mediante la (Figura 6.52) se ilustra el proceso de funciones que, permitan apreciar de forma simple el sistema, con el fin de describir específicamente cual es la responsabilidad de cada elemento respecto a las entradas y salidas que se tuvieron en cuenta en el diseño.

A continuación, se muestra el funcionamiento de la caja de control del sistema donde se observa de manera simplificada lo que se pretende al diseñar este tipo de sistemas, inicialmente el sistema trabajará con energía eléctrica para la alimentación de los diferentes componentes por medio de señales internas o externas al proceso.

La tubería receptora de las aguas grises descarga a los tanques recolectores estos estarán comunicados mediante sensores eléctricos que comunicarán al primer tablero eléctrico, mandando una señal a la bomba para que transporte el agua gris al tanque mezclador, de igual manera este estará comunicado mediante sensores eléctricos, cuando el segundo sensor eléctrico comunique al segundo tablero eléctrico mandará una señal de activación al agitador (Dosificador), enseguida el operador deberá dosificar con sulfato de aluminio y agua potable, para que vierta dicha dilución del dosificador mediante una lanza de succión y bomba dosificadora programadas al tanque mezclador.

Una vez vertida la dilución de sulfato con agua potable, se activarán los sensores eléctricos del agitador del tanque mezclador, que trabajará cada cierto tiempo programado en revoluciones por minuto, dando paso al proceso de coagulación, floculación, seguidamente cumpliendo los tiempos programados, el agitador del tanque mezclador se apagará y un sensor comunicará al segundo tablero para que dé inicio a la activación de la bomba que transportará el agua desde el fondo del tanque mezclador a los filtros, siguiendo el recorrido del agua se dará lugar a la acumulación de agua en un tanque de almacenamiento de agua tratada, una vez lleno el tanque de almacenamiento de aguas grises tratadas, los sensores eléctricos comunicaran a un tercer tablero eléctrico, para que se active la bomba y se proceda a la distribución mediante bombas e hidroceles en el edificio.

El **(ANEXO 5)**, adjunto muestra el esquema de funcionamiento de la caja de control del sistema eléctrico. (Elaboración propia).

6.5.3. Diseño del sistema planteado para aguas grises

6.5.3.1 Demanda de agua a tratar

La determinación del consumo de agua, se basará en la cantidad de artefactos que generen aguas grises en el edificio, tomando en cuenta la información y/o análisis del proyectista en el marco del uso eficiente y conservación del agua.

Tabla 6.30 Número de puntos que generan aguas grises (Casa Cebrá)

Nº Puntos	Artefactos	Cantidades de Artefactos						Total / Artefactos
		Primer Piso	Segundo Piso	Tercer Piso	Cuarto Piso	Quinto Piso	Sexto Piso	
1	Lavamanos	6	6	10	5	10	9	46
4	Ducha	1	0	6	0	6	0	13
5	Lavaplatos	1	0	1	0	0	0	2
6	Lavanderia	0	0	0	0	0	2	2
Total:		8	6	17	5	16	10	63

Fuente: Elaboración propia, resumen de artefactos sanitarios

Tabla 6.31 Número de puntos considerados que generan aguas grises (Casa Cebrá)

Nº Puntos	Artefactos	Cantidades de Artefactos						Total / Artefactos
		Primer Piso	Segundo Piso	Tercer Piso	Cuarto Piso	Quinto Piso	Sexto Piso	
1	Lavamanos	5	5	10	5	10	9	44
4	Ducha	0	0	6	0	6	0	12
5	Lavaplatos	0	0	1	0	0	0	1
6	Lavanderia	0	0	0	0	0	2	2
Total:		5	5	17	5	16	11	59

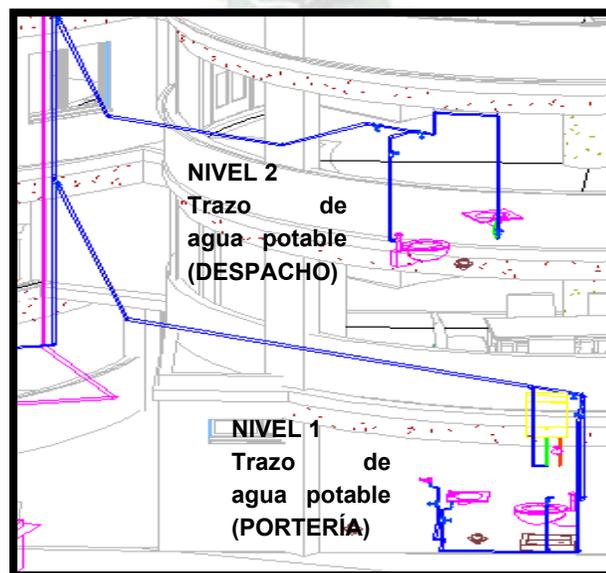
Fuente: Elaboración propia, resumen de artefactos sanitarios tomados en cuenta para el proyecto.

La (Tabla 6.30), describe la cantidad de artefactos sanitarios que producen aguas grises en el edificio “CASA DE LAS CEBRAS”, omitiendo así los inodoros y urinarios.

Aclarando lo siguiente:

Para aminorar en el trazo de tuberías, debido a la dificultad que se presentó según planos arquitectónicos y estructurales se deberá alimentar con agua potable el lavamanos e inodoro del NIVEL 2 (Área despacho) y lavamanos, lavaplatos y ducha del NIVEL 1 (Portería), al igual que a los inodoros de ambos niveles, así como se muestra en la (Figura 6.53)

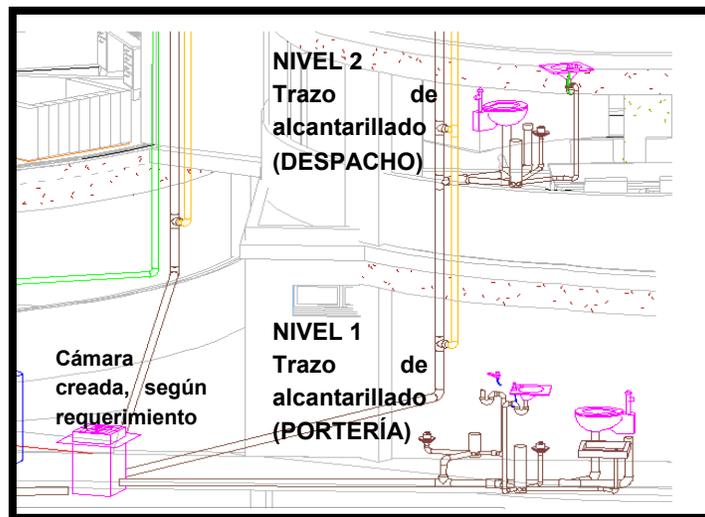
Figura 6.53 Diseño de agua potable NIVEL 1 y NIVEL 2



Fuente: Diseño y elaboración propia - Diseño - Revit 2020.

Con este trazo se trató de reducir la carga orgánica al sistema de tratamiento y tratar de utilizar la cámara creada al 50% de su uso, al desviar las aguas de los NIVELES 2 y 1, al alcantarillado de la ciudad, así como se muestra en la (Figura 6.54)

Figura 6.54 Diseño de alcantarillado sanitario NIVEL 1 y NIVEL 2



Fuente: Diseño y elaboración propia - Diseño - Revit 2020.

6.5.3.2 Cálculo de caudal de aguas grises Edificio “CASA CEBRAS”

A continuación, se calcula el caudal de consumo de agua fría en el edificio, este caudal será estimado de acuerdo al número de artefactos sanitarios en el edificio. La (Tabla 6.32), muestra la cantidad de artefactos sanitarios que se tomaron en cuenta según las (Tablas 6.30 y 6.31).

Tabla 6.32 Cantidad de artefactos que generan aguas grises

Artefacto sanitario	Cantidad
Lavamanos	44
Ducha	12
Lavaplatos	1
Lavandería	2
Total	59

Fuente: Elaboración propia, resumen de artefactos sanitarios tomados en cuenta para el proyecto

La (Tabla 1.1 del Capítulo 1), muestra descarga máxima de cada artefacto sanitario. Donde la suma de $L + D + L_p + L_v = 9.46 + 9.46 + 22.71 + 9.46 = 51.09 \text{ l/min}$, es el consumo de agua fría de cada artefacto sanitario

Usando un coeficiente de simultaneidad:

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{59-1}} = 0.131$$

Dónde: n = Numero de artefactos que generan aguas grises, ver (Tabla 6.32).

$$Q_{CAUDAL} \text{ (UN SOLO PISO)} = 0.131 * 51.09 \frac{l}{min} = 0.112 \frac{l}{s}$$

Como el Edificio está compuesto por siete pisos, el consumo simultaneo del edificio será el consumo de cada piso por el N° de pisos, pero a este caudal debemos aplicarle un coeficiente de simultaneidad del edificio, ya que no todos los grifos van a estar funcionando al mismo tiempo. (Bruno de Miranda, 2004)⁷⁹

$$K_{cof.} = \frac{19 + N}{10 * (N + 1)} = \frac{19 + 7}{10(7 + 1)} = 0.325$$

$$Q_{Edif.} = 0.112 * 7 * 0.325 = 0.255 \frac{l}{s} = 22.032 \frac{m^3}{dia}$$

6.5.3.3 Diseño del tanque recolector de aguas grises (Tanque de igualación)

Para el cálculo del volumen necesario para abastecer inodoros y urinarios será en base a las dos formas planteadas en el diseño del tanque recolector:

1.- La (Tabla 6.33), muestra cantidad de artefactos que generan aguas grises y aguas negras, que se genera en un día.

La (Tabla 6.34), muestra la cantidad de artefactos sanitarios que se tomaron en cuenta, en el diseño considerando el criterio y análisis del proyectista.

Tabla 6.33 Cantidad de artefactos considerados en el diseño – Edificio “CASA CEBRA”

Artefacto sanitario	Cantidad
Ducha	12
Lavanderia	2
Inodoro	42
Urinario	10

Fuente: (Bruno de Miranda, 2004)⁷⁹

Tabla 6.34 Aguas grises generados en un día por los artefactos sanitarios para el diseño

Artefacto	Demanda	T. de uso min	Volumen por uso [L]	Usos al día	Volumen por día [L]	Volumen total [L]	Volumen requerido	Volumen generado [L]
Lavanderia	9,46	20	189,2	1	189,2	378,4	1601,76	2081,2
Ducha	9,46	15	141,9	1	141,9	1702,8		
Urinarios	5,68	1	5,68	3	17,04	170,4		
Inodoro	11,36	3	34,08	1	34,08	1431,36		

Fuente: Análisis propio en base a planillas Excel proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P

GENERADO > REQUERIDO

Si: el generado es menor que el requerido no conviene hacer una SISTEMA DE RECIRCULACION DE AGUAS GRISES.

Si:

GENERADO < REQUERIDO

Se tendría que aumentar con agua fría (Agua potable) a este volumen.

Siendo así que un sistema de reutilización de aguas grises ahorraría 51.12 litros por persona al día, al desviar esos líquidos a los inodoros y urinarios.

El volumen de agua que se necesita para abastecer a los inodoros y urinarios es de 1601.76 litros.

En un día solo necesitare 1601.76 litros de 2081.2 litros lo que es viable para realizar un sistema de recirculación óptimo.

∴ El volumen que se necesita dimensionar es:

$$V_{\text{aguas grises}} = 2081.2 \text{ l} = 2.081 \text{ m}^3$$

Adoptando un tanque con las siguientes dimensiones:

Largo	1,5 m
Ancho	1,5 m
Alto	1 m
Volumen	2,25 m ³

Volumen adoptado	>	Volumen requerido	CUMPLE
2,25	>	2,08	

2.- Número de habitantes que ocupará el Edificio = 709 personas, ver (Capítulo 7).

La dotación de acuerdo al tipo de inmueble: edificio de oficinas es, para el personal: 6 l/día.m². El coeficiente de retorno para aguas residuales oscila entre 60% y 80 % de la dotación de agua potable; considerando C= 0.8

Es recomendable estimar este factor en base a información y estudios locales, sin embargo, cuando no puedan ser realizados es recomendable asumir valores entre 0,80 a 0,85. (Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado Lima, 2005)⁸⁵

$$\therefore Vol_{\text{agua residual}} = 709 \text{ personas dia} * 6.0 \frac{\text{l}}{\text{dia} * \text{m}^2} = 4254 \text{ l}$$

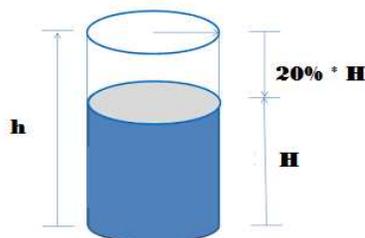
$$Vol_{\text{agua residual}} = 0.8 * 4254 \text{ l} = 3406 \text{ l}$$

$$Vol_{\text{agua gris}} = 3406 \text{ l} - 1601.76 \text{ l} = 1804.24 \text{ l}$$

Como en esta segunda alternativa, la cantidad de agua que se necesita es de 1804.24 litros, para el uso en inodoros y urinarios, sacando un promedio entre ambas es de 1703 litros.

Se calculará el volumen de 1703 litros, considerando que no todos los artefactos van a estar funcionando todo el tiempo o al mismo tiempo, no siendo necesario diseñar para la demanda máxima.

Figura 6.55 Volumen para aguas grises, que se necesita; $V_{cilindro} = 1703 \text{ l} = 1.703 \text{ m}^3$



Fuente: Según (José García Echeverri, 2016)⁸⁰

H = Altura del líquido

h = Altura del tanque

Aplicando la relación:

$$\frac{H}{D_t} = 1 \rightarrow H = 1 * D_t$$

$$\text{Si : } D_t = 2r$$

Despejando D_t :

$$\therefore r = \frac{D_t}{2}$$

$$V_{cilindro} = V_c = \pi * r^2 * H \quad (6)$$

Reemplazando r en la Ecuación (6):

$$V_c = \pi * \left(\frac{D_t}{2}\right)^2 * (1 * D_t)$$

$$V_c = \pi * \frac{D_t^3}{4} \rightarrow \therefore D_t = \sqrt[3]{\frac{V_c * 4}{\pi}}$$

Reemplazando datos:

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{1.703 \text{ m}^3 * 4}{\pi}} = 1.294 \text{ m} = 1294 \text{ mm} = 129.4 \text{ cm}$$

$$\therefore H = 1.294 \text{ m} = 1294 \text{ mm} = 129.4 \text{ cm}$$

La altura total del tanque será (h) = H + 20% H

$$h = 1294 \text{ mm} + 0.20 * 1294 \text{ mm}$$

$$h = 1552.8 \text{ mm}$$

$$20\% H = 1552.8 \text{ mm} - 1294 \text{ mm} = 258.8 \text{ mm}$$

Entonces se requiere para el tanque:

$$h = 1552.8 \text{ mm} \cong 1553 \text{ mm}$$

$$D_t = 1294 \text{ mm}$$

Según estas dimensiones de diámetro y altura se optará, por dos tanques de **capacidad de 2000 litros**, según ficha técnica adjunta.

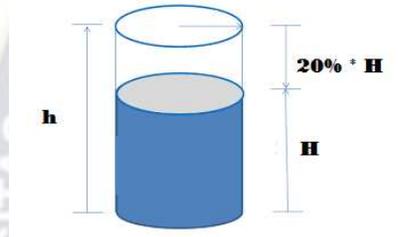
Nota: Para este punto se adoptará dos tanques Cilíndricos PVC con capacidad de 2000 litros, conectados en forma paralela.

6.5.3.4 Diseño del tanque mezclador

A continuación, se procederá a realizar el diseño del tanque mezclador para el sistema planteado, teniendo como dato el volumen del tanque recolector de aguas grises de cap. 1703 litros, ya que este descargará sus aguas al tanque mezclador, según el esquema de la (Figura 6.51), deberá tener el mismo volumen de almacenamiento para realizar el mezclado, para que no haya discontinuidad en el sistema.

La (Figura 6.56), según bibliografía estudiada muestra las dimensiones que debe tener el tanque mezclador.

Figura 6.56 Volumen de líquido que se necesita para el tanque mezclador; $V_c = 1703 \text{ l} = 1.703 \text{ m}^3$



Fuente: Según (José García Echeverri, 2016),⁸⁰

H = Altura del líquido

h = Altura del tanque

Altura y diámetro para este volumen es:

$$\therefore D_t = H = 1.294 \text{ m} = 1294 \text{ mm}$$

Entonces para el tanque:

$$H = 1294 \text{ mm}$$

$$D_t = 1294 \text{ mm}$$

➤ **Distancia fonda a base del impulsor (E)**

$$\frac{E}{D_t} = 0.33$$

$$E = 0.33 * 1294 = 427.02 \approx 430 \text{ mm}$$

➤ **Diámetro impulsor (Da)**

$$\frac{D_a}{D_t} = 0.33$$

$$D_a = 0.33 * 1294 = 427.02 \approx 430 \text{ mm}$$

➤ **Largo de paleta (g)**

$$\frac{g}{D_a} = 0.25$$

$$g = 0.25 * 430 = 107.5 \approx 108 \text{ mm}$$

➤ **Ancho de paleta (W)**

Datos de entrada:

Densidad Sulfato de aluminio (ρ)= 1546 kg/m³

Viscosidad (μ)= 0.0010 kg/ms

Velocidad angular (N)= 115rpm=1.917 rps

Diámetro del agitador (d)= 380mm

Reemplazando:

$$Re = \frac{1.917 * (0.380)^2 * 1546}{0.0010} = 4.279 * 10^5$$

Utilizando el (Gráfico 6.11) se determina el número de potencia (Np) mediante la interpolación, con el número de Reynolds calculado para un impulsor de turbina de 6 palas con cuatro placas deflectoras.

$$Np = \frac{P}{N^3 d^5 \rho} = 7$$

Luego se puede calcular la potencia despejando P con los valores obtenidos en la ecuación (6)

$$P = Np(N^3 d^5 \rho) = 7 * (1.917^3 * 0.380^5 * 1546) = 604.07 W = 0.801 HP$$

Consideraciones:

- Eficiencia del motor = 0.7
- Pérdidas por fricción= 35%

$$P = \frac{0.801 * 1.35}{0.7} = 1.54 KW$$

Para más referencia para el diseño del agitador para el tanque mezclador (clarificador) ver bibliografía adjunta. (Vladimir Castillo Uribe Octubre, 2013)⁵⁵

7.5.3.5 Diseño del Equipo Dosificador

Figura 6.58 Equipo de dosificación

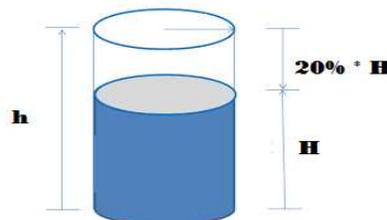


Para el proyecto deberá ser adquirido de fábrica para garantizar el tratamiento.

La secuencia de dosificación y programación del tiempo, de la (Figura 6.58), según ficha técnica adjunta.

Para un volumen de 200 litros: el diámetro y altura del líquido son:

$$D_t = H = 634 mm = 0.634 m$$



H = Altura del liquido

h = Altura del tanque

∴ Lo que se requiere es:

$$D_t = 634 \text{ mm}$$

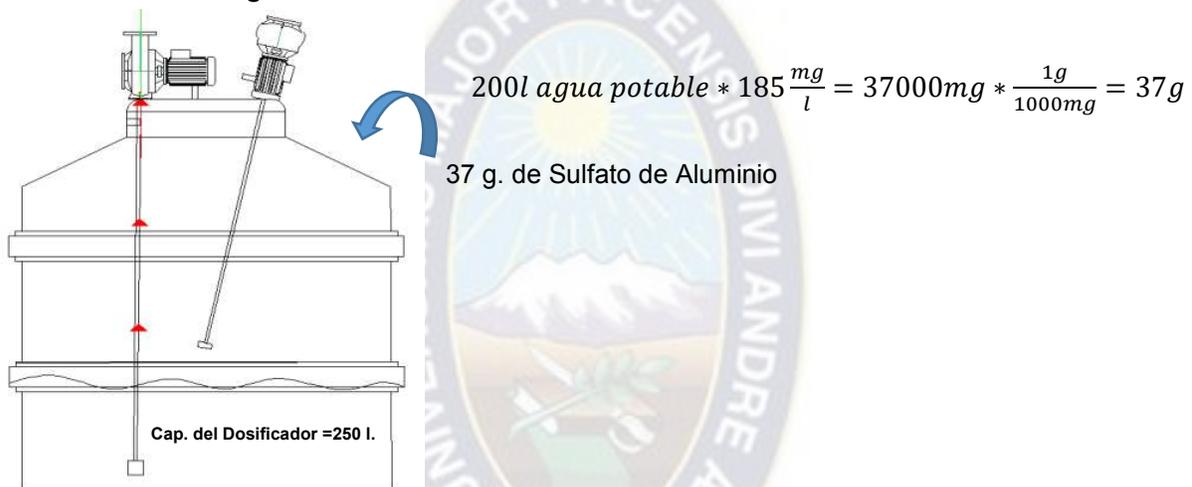
$$h = 761 \text{ mm}$$

Con una capacidad de 241 litros, optando 250 litros.

Para la cantidad a dosificar en el equipo, se tomó como dato de referencia, la dosis óptima de la (Gráfica 6.9), calculando según regresión polinomial la que más se aproxima al comportamiento siendo de 185 mg/l.

Es decir que por cada litro de agua se deben adicionar 185 mg de Sulfato de Aluminio, y como en el proyecto se tiene un volumen de 200 litros para dosificar.

Figura 6.59 Cantidad de sulfato de aluminio en el dosificador



Fuente: Elaboración propia - En base a experiencia en ensayo de Jarras en laboratorio - (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramírez Mielez Lizeth Yohana, 2016)⁵⁷

Cantidad de sulfato de aluminio para el tanque mezclador

Realizando una regla de tres:

$$200 \text{ l de agua potable} \rightarrow 37 \text{ g Sulfato de aluminio}$$

$$1703 \text{ l aguas grises} \rightarrow X$$

Despejando:

$$X = 315.055 \text{ g Sulfato de aluminio}$$

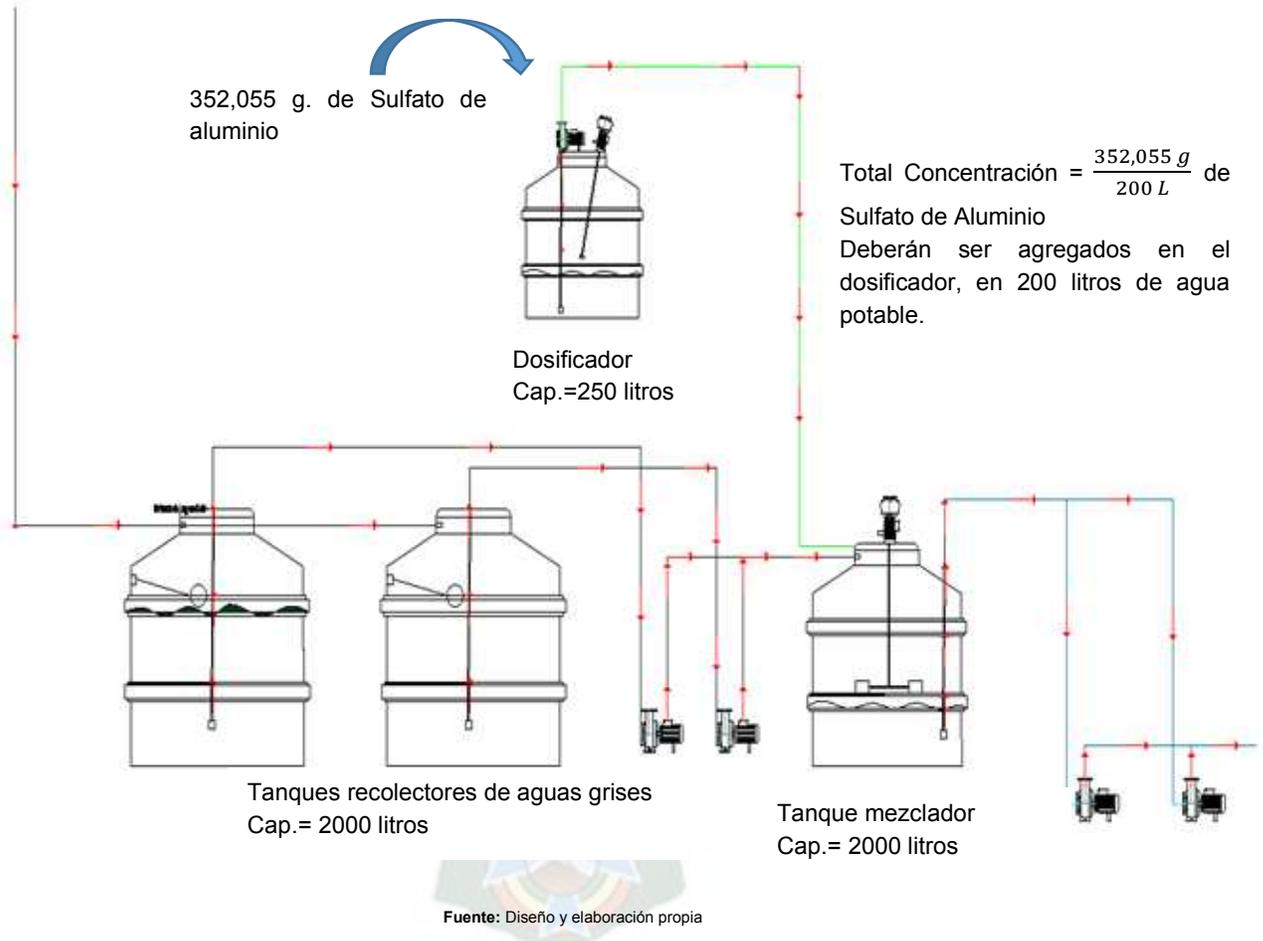
Por tanto, 37g. Sulfato de Aluminio + 315.055 g. Sulfato de Aluminio = 352.055 g. de Sulfato de aluminio, **deberán ser mezclados en el dosificador de 250 litros de capacidad.**

Para obtener una dosis de 185 mg/l de sulfato de aluminio en el tanque mezclador de 2000 litros de capacidad.

Apenas los sensores eléctricos detecten este volumen de 1703 litros en el tanque mezclador, el tablero eléctrico deberá mandar una señal para activar la bomba dosificadora, para que pueda **enviar el agua diluida** al tanque mezclador.

La capacidad del tanque mezclador es de 2000 litros, solo deberá entrar 1703 litros de agua gris, los 200 litros se compensarán con la dilución del dosificador con agua potable.

Figura 6.60 Esquema del sistema - Cantidad de sulfato de aluminio a dosificar



6.5.3.6 Filtración

6.5.3.6.1 Diseño de Filtros

La tecnología casera de filtración de arena es una aplicación del filtro lento (FLA) a nivel domiciliario, por lo que aplica los mismos principios de la filtración en múltiples etapas. FiME,

De la (Tabla 6.18) se tomará la turbiedad de 10.5 (UNT), para el diseño adoptando esta turbiedad a la salida del tanque mezclador, según la (Figura 6.51).

Esta turbiedad de 10.5 (UNT) que sale del tanque mezclador es mayor a 10 (UNT), por tanto, se requiere un pre tratamiento, por tanto, se usaran filtros de grava ascendente en capas, que permite reducir la concentración de sólidos suspendidos que no fueron eliminado por una etapa anterior.

Se diseñará un filtro grueso ascendente de una capa y un filtro de arena incorporado carbón activado.

i) Filtro grueso ascendente

Para este caso un filtro grueso ascendente en capas con una velocidad de filtración de 0.45 m/h. según la (Tabla 6.26).

$$As = \frac{Q}{v_s}$$

$$As = \frac{22.032 \frac{m^3}{dia}}{0.45 \frac{m}{h}}$$

$$As = \frac{22.032 m^3 h}{0.45 dia * m} * \frac{1 dia}{24 h} * \frac{(100cm)^2}{(1m)^2} = 20400 cm^2$$

Diámetro del tanque:

$$D = \sqrt{\frac{4 * As}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 20400 cm^2}{\pi}} = 160 cm = 1600mm$$

El caudal de diseño del sistema fue de 22.032 m³/día, por tanto, el diámetro del tanque seria aproximadamente de 160 centímetros.

Velocidad de filtración:

$$Vf = \frac{Qd}{\pi * D^2}$$

$$Vf = \frac{22.032 \frac{m^3}{dia}}{\pi * (160 cm)^2} = \frac{22.032 m^3}{\pi * 160^2 * dia * cm^2} * \frac{1 dia}{24 h} * \frac{(100cm)^2}{(1m)^2}$$

$$Vf = 0.36 \frac{m}{h}$$

La velocidad de filtración promedio de 0.36 m/h, es inferior a 0.45 siendo favorable para el diseño.

Los lechos filtrantes deberán ser según la (Tabla 6.27).

ii) Filtro lento de arena incorporado con carbón activado

El filtro lento de arena debe tener una velocidad de filtración de 0.10 a 0.30 m/h según (Galvis 1999). Según la (Tabla 6.28).

Diámetro del tanque:

$$As = \frac{Q}{Vs}$$
$$As = \frac{22.032 \frac{m^3}{\text{día}}}{0.15 \frac{m}{h}}$$
$$As = \frac{22.032 m^3 h}{0.15 \text{ día } m} * \frac{1 \text{ día}}{24 h} * \frac{(100 \text{ cm})^2}{(1 m)^2} = 61200 \text{ cm}^2$$
$$D = \sqrt{\frac{4 * As}{\pi}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4 * 61200 \text{ cm}^2}{\pi}} = 280 \text{ cm} = \mathbf{2800 \text{ mm}}$$

El caudal de diseño del sistema fue de 22.032 m³/día, por tanto, el diámetro del tanque sería aproximadamente de 280 centímetros.

Velocidad de filtración:

$$Vf = \frac{Qd}{\pi * D^2}$$
$$Vf = \frac{22.032 \frac{m^3}{\text{día}}}{\pi * (280 \text{ cm})^2} = \frac{22.032 m^3}{\pi * 280^2 * \text{día} * \text{cm}^2} * \frac{1 \text{ día}}{24 h} * \frac{(100 \text{ cm})^2}{(1 m)^2}$$
$$Vf = 0.12 \frac{m}{h}$$

La velocidad fue de 0.12 m/h estando dentro del rango establecido.

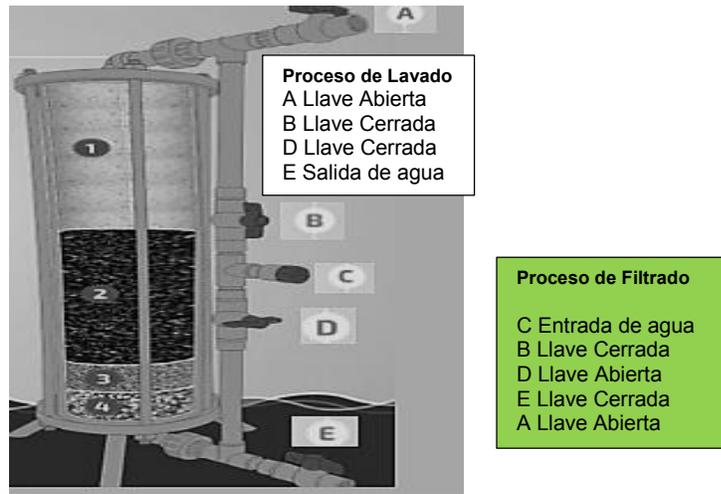
El lecho filtrante para el filtro según las especificaciones se encuentra en la (Tabla 6.29).

Carbón activado:

Los filtros de arena, grava y carbón que funcionan a presión, manejan una mayor cantidad de flujo de agua en menor tiempo, en comparación con el que funciona por gravedad. (<https://studylib.es/doc/6886733/construcci%C3%B3n-de-un-prototipo-para-el-sistema-de-reciclaje>)¹²

Para tener una mayor eficiencia en el proceso de filtrado se deberá adquirir filtros según ficha técnica. **(ANEXO 6)**.

Figura 6.61 Filtro de grava y arena con carbón activado propuesto – Proceso de funcionamiento



Fuente: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtración-de-agua-líquidos/filtros-de-lento-lecho-profundo/>

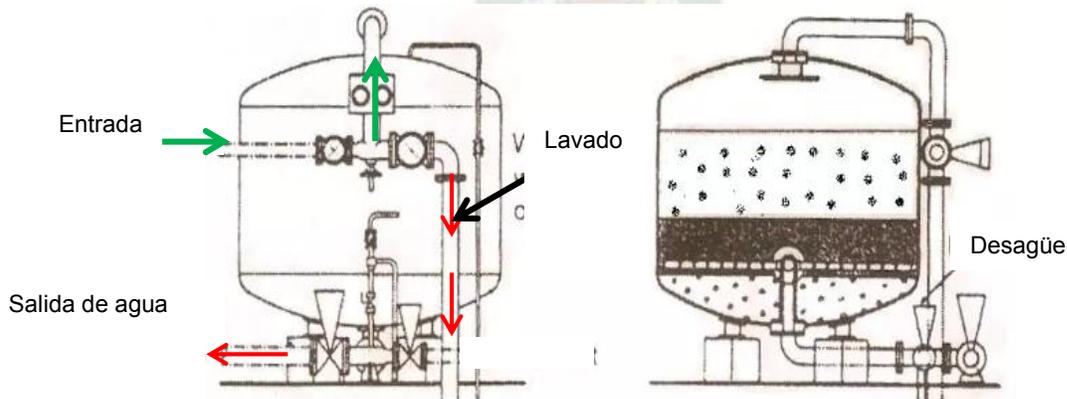
De acuerdo a los datos obtenidos en el (Punto 6.5.3.6.1- inciso i) y ii), la (Tabla 6.35) muestra los parámetros técnicos para la adquisición del equipo.

Tabla 6.35 Parámetros técnicos (Filtro de arena bypass)

model	Filter diameter	Height	inlet-outlet	Filtration area	capacity
	mm	mm	mm	m ²	m ³ /hour
YL-SF-800	800	960	DN50	0.50	15-25
YL-SF-1000	1000	1200	DN50	0.79	23-39
YL-SF-1200	1200	1400	DN80	1.13	33-55
YL-SF-1400	1400	1600	DN100	1.54	45-75
YL-SF-1600	1600	1800	DN100	2.01	60-100
YL-SF-1800	1800	1950	DN150	2.54	75-125
YL-SF-2000	2000	2150	DN150	3.14	95-155
YL-SF-2200	2200	2250	DN150	3.80	115-190
YL-SF-2400	2400	2100	DN150	4.52	130-210
YL-SF-2600	2600	2400	DN150	5.30	145-225
YL-SF-2800	2800	2500	DN200	6.15	155-240
YL-SF-3000	3000	2600	DN200	7.00	170-255

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Pressure-Sand-Activated-carbon-Filter-Waster-60584613664.html?spm=a2700.12839234.0.0.71035e2cnwiMeu>

Figura 6.62 Filtro a presión de Arena - carbón activado tratamiento de aguas residuales



Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Pressure-Sand-Activated-carbon-Filter-Waster-60584613664.html?spm=a2700.12839234.0.0.71035e2cnwiMeu>

CAPITULO 7

7.1 Introducción

Este capítulo comprende el diseño de las **instalaciones hidrosanitarias** para aguas grises y aguas negras del edificio “Casa Cebra” ubicado en la zona Santa Bárbara de la ciudad de La Paz, así como describe el (Capítulo 3).

Por ello, se desarrolló un modelo que permite simular el comportamiento de las aguas grises, y el diseño de las tuberías para aguas grises y aguas negras, con el fin de proporcionar costos de instalación sanitaria y compararlas, realizándose dos diseños en el edificio:

- 1.- Diseño y cálculo Hidrosanitario realizando el trazo de la manera tradicional, sin sistema de tratamiento de aguas grises. **(ANEXO 7)**.
- 2.- Diseño y cálculo Hidrosanitario realizando el trazo de tuberías separadas para aguas grises y aguas negras, incorporado un sistema de reutilización de aguas grises. **(Capítulo 6)**.

Todo el diseño de instalaciones sanitarias en el edificio será desarrollado de forma armónica con el diseño arquitectónico y las otras ramas de la Ingeniería, etc.

7.2 Sistema de distribución de agua potable

El abastecimiento de agua potable será:

Material utilizado:	Tubería de PVC-FG - 40 (1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2")
Almacenamiento:	Tanques de Hormigón armado (Cisterna - Sótano)
Sistema de Bombeo:	2 Bombas centrifugas de eje horizontal + accesorios
Presión mínima artefactos:	2 m.c.a. (metros columna de agua - según norma)

El sistema de abastecimiento elegido para el proyecto será por presión, debido a que se instalarán artefactos de fluxómetros.

Diseño del sistema de almacenamiento para agua potable

La demanda máxima probable, depende del tipo de ocupación del inmueble, en el cual estarán funcionando artefactos sanitarios de diverso tipo.

Este estudio tiene por objetivo calcular y diseñar el abastecimiento de agua potable fría, y caliente, sistema contra incendios mediante hidrantes, sabiendo que al día ingresan 709 personas, entre funcionarios y público. La (Tabla 7.1), indica valores referenciales de estimación de algunos consumos típicos.

Tabla 7.1 Dotación de agua fría – Edificio “CASA CEBRA”

NIVEL	USO	CANTIDAD			DOTACIÓN L/UNIDAD	DEMANDA L/día	Tabla/Inciso Reglamento	
		COMPUTO	UNIDAD	PERSONAS				
7	BOLETERIA	3,45	m2	2	6	20,68	RENISDA 2011	
	SALON	318,81	butaca	120	25	3000,00	RENISDA 2011	
6	VESTUARIO MUJERES	15,39	m2	4	6	92,35	RENISDA 2011	
	VESTUARIO VARONES	15,42	m2	4	6	92,51	RENISDA 2011	
	TEATRO	318,81	butaca	120	25	3000,00	RENISDA 2011	
	BOLETERIA	3,45	m2	2	6	20,68	RENISDA 2011	
	DEPOSITO 2	15,68	m2	1	6	94,07	RENISDA 2011	
	DEPOSITO 1	11,68	m2	1	6	70,09	RENISDA 2011	
	DEPOSITO MOBILIARIO	23,04	m2	3	6	138,21	RENISDA 2011	
	SHAF ELECTRICO	1,32	m2	2	6	7,90	RENISDA 2011	
5	TERRAZA	70,32	espectador	14	1	14,00	RENISDA 2011	
	VESTIDOR MUJERES	9,24	m2	7	6	55,45	RENISDA 2011	
	VESTIDOR VARONES	9,96	m2	7	6	59,77	RENISDA 2011	
	ESPACIO TECNICO	5,21	m2	1	6	31,26	RENISDA 2011	
	CONSULTORIO MEDICO	22,08	persona	2	50	100,00	RENISDA 2011	
	DEPOSITO DE MAT. 2	10,13	m2	2	6	60,78	RENISDA 2011	
	DEPOSITO MAT. 1	4,80	m2	2	6	28,81	RENISDA 2011	
	UNIDAD DE CEBRAS Y EDUCACION URBANOS	151,64	persona	10	50	500,00	RENISDA 2011	
	SECRETARIA	17,79	m2	5	6	106,74	RENISDA 2011	
	ADMINISTRACION	17,34	persona	2	50	100,00	RENISDA 2011	
	ASESOR	15,87	persona	1	50	50,00	RENISDA 2011	
	DIRECTOR DFCC	40,06	persona	9	50	450,00	RENISDA 2011	
	UNIDAD DE FORMACION INNOVA EN CULTURA CIUDANA	96,55	persona	8	50	400,00	RENISDA 2011	
	SALA DE ENSAYOS Y CAPACITACION	55,39	butaca	30	25	750,00	RENISDA 2011	
	SHAF ELECTRICO	1,30	m2	2	6	7,80	RENISDA 2011	
	4	UNIDAD DE INSUMOS RECURSOS Y EQUIPAMIENTO	67,97	persona	10	50	500,00	RENISDA 2011
UNIDAD DE GESTION EDUCATIVA Y SERVICIOS PEDAGOGICOS		119,14	persona	13	50	650,00	RENISDA 2011	
UNIDAD DE ALIMENTACION COMPLEMENTARIA		171,64	m2	16	20	3432,80	RENISDA 2011	
SECRETARIA		17,85	m2	5	6	107,11	RENISDA 2011	
ADMINISTRACION		17,34	persona	2	50	866,95	RENISDA 2011	
ASESOR		15,89	m2	1	6	95,34	RENISDA 2011	
DIRECTOR DE EDUCACION		40,07	m2	9	6	240,39	RENISDA 2011	
AULA Y LABORATORIO PEDAGOGICO		48,21	persona	15	50	750,00	RENISDA 2011	
SALA DE COUCHING		46,97	butaca	20	25	500,00	RENISDA 2011	
SALA OLISTICA		26,61	butaca	12	25	300,00	RENISDA 2011	
SALA DE MEDITACION		36,23	butaca	20	25	500,00	RENISDA 2011	
SHAF ELECTRICO		1,32	m2	2	6	7,91	RENISDA 2011	
SALA LUDICA - DESCANSO		70,51	persona	14	50	700,00	RENISDA 2011	
3		CASILLERO MUJERES	8,93	m2	7	6	53,59	RENISDA 2011
	CASILLERO VARONES	9,93	m2	7	6	59,56	RENISDA 2011	
	ESPACIO TECNICO	5,17	m2	1	6	31,05	RENISDA 2011	
	MASOTERAPIA	22,05	persona	3	50	150,00	RENISDA 2011	
	DORMITORIO VARONES	17,55	m2	3	5	87,73	RENISDA 2011	
	DORMITORIO DAMAS	17,02	m2	3	5	85,11	RENISDA 2011	
	COMEDOR	33,61	m2	12	20	672,23	RENISDA 2011	
	SALA MULTIPROPOSITO	152,62	butaca	20	25	500,00	RENISDA 2011	
	DEPOSITO	10,22	m2	2	6	61,34	RENISDA 2011	
	SALA DE ENSAYOS	126,53	butaca	30	25	750,00	RENISDA 2011	
	SALA DE REUNIONES	53,94	butaca	20	25	500,00	RENISDA 2011	
	DATA CENTER	8,21	persona	2	50	100,00	RENISDA 2011	
	U.P.S	4,28	persona	2	50	100,00	RENISDA 2011	
	SHAF ELECTRICO	1,32	m2	2	6	7,91	RENISDA 2011	
2	DESPACHO SME CC.	61,43	persona	9	50	450,00	RENISDA 2011	
	ASESORES DE DESPACHO	19,54	persona	2	50	100,00	RENISDA 2011	
	ESTAR DE ESPERA - SECRETARIA	24,22	m2	5	6	145,33	RENISDA 2011	
	ENCARGADO DE SISTEMAS	22,13	persona	2	50	1106,35	RENISDA 2011	
	COMUNICACION	38,79	persona	4	50	200,00	RENISDA 2011	
	ALMACEN	8,66	m2	2	6	51,93	RENISDA 2011	
	SECCION ADMINISTRATIVA FINANCIERA	148,01	persona	12	50	600,00	RENISDA 2011	
	SECRETARIA SAF.	28,32	m2	2	6	169,89	RENISDA 2011	
	JEFE DE SECCION ADMINISTRACION	29,09	persona	1	50	50,00	RENISDA 2011	
	TECNICOS MONITOREO Y PRENSA	121,03	persona	8	50	400,00	RENISDA 2011	
	DEPOSITO	9,15	m2	2	6	54,92	RENISDA 2011	
	SISTEMAS DE CONTROL TECNICO AUDIMSUAL	51,01	persona	6	50	300,00	RENISDA 2011	
	ESTUDIO DE GRABACION	54,91	persona	4	50	200,00	RENISDA 2011	
	DEPOSITO	3,86	m2	2	6	23,13	RENISDA 2011	
	SHAF ELECTRICO	1,32	m2	1	6	7,90	RENISDA 2011	
	1	SHAF ELECTRICO	1,32	m2	1	6	7,91	RENISDA 2011
SEGURIDAD DE CONTROL DE PANTALLAS		4,59	persona	1	50	50,00	RENISDA 2011	
SALA DE JUEGOS Y EXPOSICION		53,90	butaca	15	25	375,00	RENISDA 2011	
TRAFO (TRANSFORMACION)		32,67	persona	2	50	100,00	RENISDA 2011	
DEPOSITO DE MATERIAL		15,58	m2	2	6	93,46	RENISDA 2011	
GARZONIER Y PORTERIA		12,59	m2	2	6	75,57	RENISDA 2011	
TABLEROS DE DISTRIBUCION		8,81	empleado	2	50	100,00	RENISDA 2011	
SOTANO	DEPOSITO DE MATERIAL	56,01	m2	4	6	336,06	RENISDA 2011	
	SISTEMA SANITARIOS	195,76	empleado	4	50	200,00	RENISDA 2011	
					DEMANDA	26257,60	L/día	
					SISTEMA CONTRA INCENDIOS	7500	L/día	RENISDA 2011
					DEMANDA TOTAL	33757,60	L/día	
					CAUDAL NECESARIO	0,39	L/seg	
					CONSUMO DIARIO	33,76	m³/día	
					VOLUMEN REQUERIDO DEL TANQUE CISTERNA	33,76	m³	
					CONSUMO DE AGUA CALIENTE (Región Altiplano)	30	%	RENISDA 2011
					VOLUMEN TOTAL DE TANQUE CISTERNA	43,88	m³	A

Fuente: Cálculos realizados en Planilla Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P., Área Ingeniería Sanitaria

Cálculo de los volúmenes de almacenamiento

Dotación diaria total = 33,76 m³/día

Tiempo de consumo = 1 día

Volumen diario = 43,88 m³

Para el volumen necesario contraincendios

Debido al tipo de edificio se tomará un riesgo leve con mangueras interiores y duración del evento t = 30 min., según la (Tabla 7.2).

Según norma tendremos un caudal de salida por cada Hidrante: 100 g.p.m. = 6.3 (l/s) en el SI. (Diseño de un Sistema Contra Incendio con Rociadores Automáticos y Cajetines de Mangueras para un Edificio de Oficinas, Guayaquil-Ecuador)⁷²

Tabla 7.2 Requisitos para demanda de chorros de mangueras y duración del suministro de agua

Clasificación de la ocupación	Mangueras interiores gpm	Total combinado de mangueras interiores y exteriores gpm	Duración en minutos
Riesgo leve	0, 50 ó 100	100	30
Riesgo Ordinario	0, 50 ó 100	250	60-90
Riesgo extra	0, 50 ó 100	500	90-120

Fuente: NFPA Norma 13 Tabla 5-2.3 Edición 1996

Los hidrantes contra incendios se ubicarán en tal forma que la distancia entre dos de ellos no sea mayor de 300 m.

Cantidad de hidrantes por piso = 3 hidrantes, total = 18 hidrantes.

Diámetro tuberías de conexión a hidrantes 1 ½"

Para el cálculo de volumen de abastecimiento será en base a la (Tabla 7.1) adoptándose un volumen igual a:

Largo	5	m
Ancho	4,5	m
Alto	2	m
Volumen	45,00	m ³

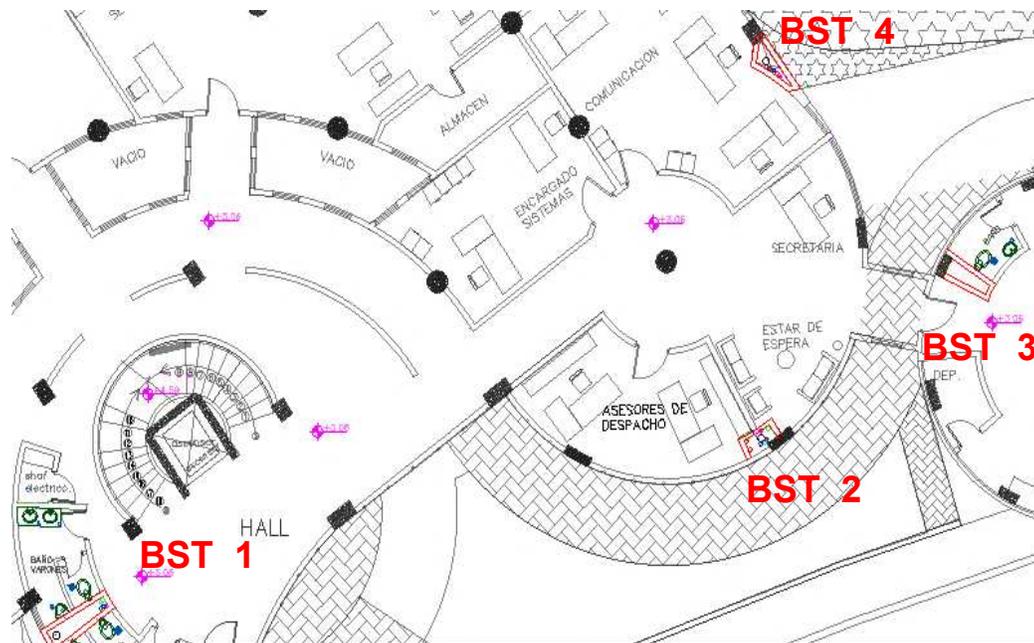
*Volumen adoptado 45 m³ > Volumen calculado 43.88 m³ ... **Cumple!!!***

En el capítulo 3, muestra el área disponible para la construcción del tanque cisterna con un Área de 195 m².

En la (Figura 7.1), se observa la posición de los SHAFTS para las bajantes y montantes sanitarias, también muestras la creación de un SHAFTS N°3 debido a la

necesidad en el trazo de tuberías, previo a esto se coordinó con el área encargado según planos arquitectónicos.

Figura 7.1 Ubicación de bajantes sanitarios en los SHAFTS



Fuente: Planos en AutoCAD proporcionado por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P. (área de Arquitectura)

Cálculo de la tubería de alimentación al Cisterna

1.- Cálculo de la tubería de aducción:

$$T_{\text{llenado tanque cisterna}} = 4 \text{ [hrs]}$$

$$CD_{\text{tanque cisterna}} = 43,88 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{C_D}{3600 * N}$$

CD: Volumen de Consumo diario (L)

N: Tiempo de llenado del tanque en (horas.) no mayor a 6

Q: Caudal de diseño (L/s)

$$Q = \frac{43884,87 \text{ l}}{4 \text{ hrs}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ hrs}}{3600 \text{ s}} = 3,047 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Es el caudal de la tubería de alimentación al tanque cisterna.

2.- Cálculo del diámetro de la Acometida (Pre diseño):

$$D = 1,4166\sqrt{Q}$$

$$D = 2,472[\text{Pulg}] \cong 2[\text{Pulg}]$$

La (Tabla 7.3), verifica el diámetro y velocidad, según Hazen Williams, considerando $C=100$ y velocidades límites para aducción de 0.6 – 2.0 (m/s).

Tabla 7.3 Verificación del diámetro de la tubería y velocidades - Tubería e alimentación

DIAMETRO	ϕ	CAUDAL	J	L	VELOCIDAD	OBSERVACIÓN
pulg	mm	L/s	(m/m)	(m)	(m/s)	
1/2	15	3,047	43,306	4	24,07	vibración
3/4	20	3,047	6,011	4	10,70	vibración
1	25	3,047	1,481	4	6,02	vibración
1 1/2	40	3,047	0,206	4	2,67	vibración
2	50	3,047	0,051	4	1,50	ok

Fuente: Elaboración propia, según la ecuación de Hazzen Williams

Se adopta: $\phi_{Acometida} = 2''$

Velocidad = 1,50 (m/s)

Perdida: $J = 0.051$ (m/m)

Dimensionamiento del Micro medidor

Para el dimensionamiento del medidor que se instalara en el edificio, se necesita como dato el caudal de abastecimiento expresado en $[m^3/mes]$, para luego establecer el diámetro y capacidad según la (Tabla 7.4).

Tabla 7.4 Capacidad de medidores – Edificio (CASA CEBRA)

DIÁMETRO		CAPACIDAD MEDIDOR (m ³ /Hr)	RANGO DE COMSUMO (m ³ /mes)
(Pulg)	(mm)		
"1/2"	13	3	0 - 90
"3/4"	19	5	91-150
"1"	25	7	151-210
"1"	25	10	211-300
"1 1/2"	38	20	301-600
"2"	50	30	601-900

Fuente: Según el programa HIDRA V1.1.11

a) La dotación diaria total = $43884,87 [L/día] = 43.88 [m^3 / día]$

b) La dotación diaria se consolida a consumo mensual $[m^3 / mes] = 1316 [m^3 / mes]$

En la (Tabla 7.4) adoptamos con el valor del diámetro de la cometida de 2 pulg.

Eligiéndose un medidor con las siguientes características:

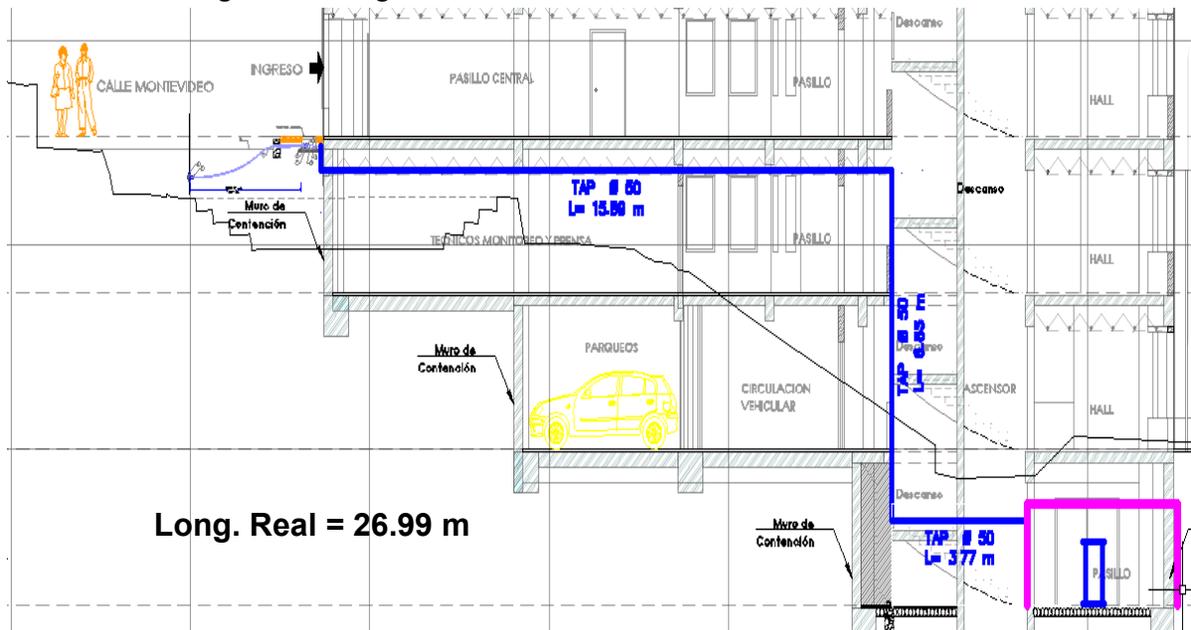
Capacidad = $30 [m^3 / hrs]$

Diámetro = 2 pulg.

Tipo = Velocímetro, transición magnética y chorro múltiple.

Verificación de la presión de entrada al tanque cisterna

Figura 7.2 Longitud tubería de aducción – Edificio CASA CEBRA



Long. Real = 26.99 m

Fuente: Diseño propio en base a planos arquitectónicos proporcionados por el G.A.M.L.P.

Tabla 7.5 Cálculo de longitud equivalente de entrada al Tanque Cisterna

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Pérdida	Long. Equivalente
1	Codo 90° largo	Pza.	5	3,4	17,00
2	Tee de paso directo	Pza.	1	7,6	7,60
3	Llave compuerta abierta	Pza.	1	0,8	0,80
Total:					25,40

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Longitud Total} = 26,99 \text{ m} + 25,40 \text{ m} = 52,39 \text{ m}$$

$$\text{Si: } Q = 3,047 [L/s]; \quad \varnothing = 2 \text{ pulg.}$$

$$J = 0,051 [m/m]$$

$$V = 1,50 [m/s]$$

Perdida de carga:

$$H_f = L_{\text{Total}} * J = 52,39 * 0,051 = 2.67 \text{ m.c.a.}$$

Tabla 7.6 Cálculo de la presión de entrada al Tanque Cisterna

N°	Descripción	Pérdida (m.c.a)	Presión Disponible	Presión Residual
1	Pérdida de carga fricción y long.	2,670	20	16,330
2	Pérdida de carga medidor	1		
3	Altura Geométrica al Tanque Cisterna	0		
Total:		3,670		

Fuente: Según el programa HIDRA V1.1.11

$$\text{Perdida (m.c.a)} = 3,670$$

$$16,330 \text{ m.c.a.} > 2 \text{ mca} \dots \text{ óptimo}$$

Diseño de la red de distribución de agua potable para (Lv, L, Du y Lp)

Para transportar el agua potable y llegue a cada (artefacto sanitario que genera aguas grises), se necesita de una red de tuberías por todo el edificio, este debe contar con la cantidad de agua que permita abastecer a los aparatos sanitarios, así como al sistema contra incendio y sistema de agua caliente con recirculación.

De los planos topográficos vistas en planta, ubicamos la acometida para suministrar agua potable al edificio, realizando una derivación de la tubería de la red de distribución.

Mediante trazos, se definió la red a la altura útil del cielo raso (Techo falso), percatándose que no sufra algún inconveniente en el futuro, una vez identificado el sector por donde pasaran las tuberías y ubicadas los montantes en los respectivos (SHAFTS, sección donde se realizan conexiones e instalaciones sanitarias del edificio).

Se realizó el cálculo para la distribución de los tramos en base al trazo de tuberías de agua potable, llevándolo a un plano isométrico, así como se ve en la (Figura 7.3).

Cálculo de presión requerida

Tabla 7.7 Pre cálculo de la presión requerida – Edificio “CASA CEBRA”

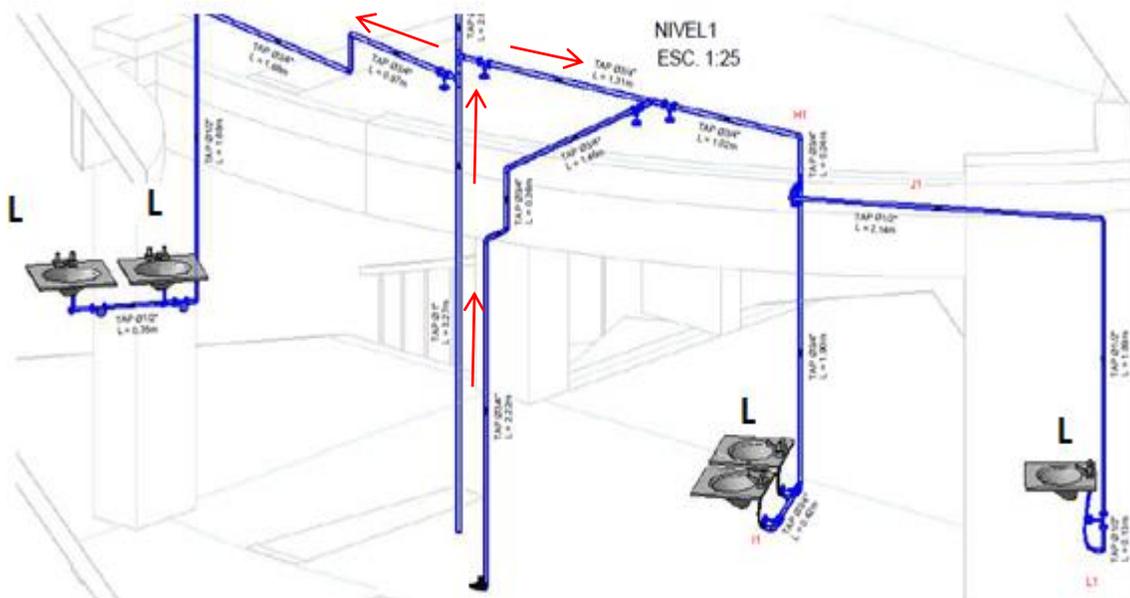
Sistema: Tanque Cisterna - Bomba - Hidroceles	Verificando la presión requerida del sistema
	hg = Altura Geométrica
	hr=Presión residual que debe vencer la Bomba al punto mas desfavorable (Presion de salida en el artefacto)
	Hf=Perdidas por tramo (Tubería recta como en accesorios, entre el nivel de succión y descarga)
	Según la (Tabla 7.9)
	hg = 18,96 m
	hr= 10 m
	Hf = 10,183 m
P_{requerida} = 39,143 m	

Fuente: Elaboracion propia

Presión en el Nivel 6 = 39,143 m

Adoptada = 40

Figura 7.3 Ejemplo – Isométrico Nivel 2 – Baños Mujeres, Varones y PDC



Fuente: Diseñó propio - Revit 2020

Se utilizó el criterio de unidades de gasto, (Tabla 7.8 RENISDA)²², para el cálculo de los diámetros y el caudal a circular por la matriz de la red de distribución, y con ello obtener las pérdidas de presión debido a los artefactos sanitarios y accesorios utilizados en toda la red.

Tabla 7.8 Unidades de Gasto por artefacto sanitario*. Método de Hunter

ARTEFACTOS	SIMBOLOGIA	U.G.	
		AGUA FRIA	AGUA CALIENTE
Inodoro c/ tanque	I	5,5	0
Inodoro c/valvula	I _{fx}	10	0
Urinario	U	4	0
Bidet	Bi	0	0
Tina	Ti	1,5	3
Ducha	Du	1,5	1,5
Lavamanos	L	0,8	0,8
Lavaplatos	Lp	1,1	1,1
Lavanderia	Lv	1,5	1,5
Lavanderia Automatica	Lva	3	3
Grifo de Riego	Gr	2,5	0
Pileta de servicio	P	3	2,3

Fuente: Reglamento RENISDA, mayo 2011. * National Standard Plumbing Code 2006

Los tanques cisterna de almacenamiento están provistos de sistemas de control de sensores eléctricos, para el manejo de los sistemas de bombeo.

La red de agua potable en planos de AutoCAD se tiene en el (ANEXO 8).

Diseño hidráulico

a) Caudal de Bombeo:

De la (Tabla 7.9), obtenemos el caudal de diseño de la red de agua potable.

$$Q_{\text{Max por bloque}} = 2,49 \text{ l/s} = 0,0025 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Tubería de impulsión según Bresse (Pre diseño)

$$D = c * \sqrt{Qb} * (X)^{1/4}$$

Dónde:

D = Diámetro en m

C = Coeficiente (0.7-1.6)

X = Número de horas de Bombeo / 24= 2/24=0,083

Q = Caudal de diseño[m³/s]

$$D = 1.20 * \sqrt{0,0025} * (0,083)^{1/4} = 0,032 \text{ m} = 1.269 \text{ pulg.}$$

Adoptando: D = 1 pulg.

c) Tubería de succión

La norma recomienda la tubería de succión sea mayor o igual a la de impulsión .

$$\therefore \varnothing = 1 \frac{1}{2} \text{ pulg}$$

Potencia de la bomba

$$H_T = D_s + D_2 + H_{f_T}$$

P: Potencia Hp

Y: Peso específico agua

Q: Caudal de diseño [m³/s]

ξ: Eficiencia motors Bomba = 0,67

H_T = Altura Total

$$H_{f_T} = H_{f_{\text{impulsión}}} + H_{f_{\text{succión}}}$$

Pérdidas por accesorio y tubería FG DN \varnothing 1 1/2"

Tabla 7.10 Cálculo de longitud equivalente - Bomba

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Pérdida	Long. Equivalente
1	Válvula de pie c/criba	Pza.	2	11,8	23,60
2	Válvula de retención liviano	Pza.	3	3,2	9,60
3	Codo 90° largo	Pza.	5	1,3	6,50
4	Tee de paso directo	Pza.	3	0,9	2,70
5	Válvula de compuerta abierta	Pza.	5	0,3	1,50
6	Salida de tubería	Pza.	1	1	1,00
				Total:	44,90

Fuente: Elaboración propia

Si:

$$Q = 2,49 \text{ (l/s)}$$

$$\varnothing = 1 \frac{1}{2} \text{ pulg.}$$

Tabla 7.11 Verificación del diámetro de la tubería y velocidades – Bomba

DIAMETRO	Φ	CAUDAL	J	L	VELOCIDAD	OBSERVACIÓN
pulg	mm	L/s	(m/m)	(m)	(m/s)	
1/2	15	2,49	55,356	26,99	19,67	vibración
3/4	20	2,49	7,684	26,99	8,74	vibración
1	25	2,49	1,893	26,99	4,92	vibración
1 1/2	40	2,49	0,263	26,99	2,19	vibración
2	50	2,49	0,065	26,99	1,23	ok

Fuente: Elaboración propia

Se adopta: $\phi_{\text{succión}} = 2''$

Velocidad = 1,23 (m/s)

Perdida: $J = 0,065$ (m/m)

Perdida de carga:

$$H_{f\text{succión}} = L_{\text{Total}} * J = 44,90 * 0,065 = 2,918 \text{ m}$$

$h_{f_{\text{impul}}}$: Pérdida acumulada = 12.35 m (Tabla 7.9)

D_2 : Desnivel Topográfico: = 21.22 m (Tabla 7.9)

D_s : Altura de succión de la bomba = 0

Cuando se trata de sistemas hidroneumáticos, se puede igual considerar el punto más alejado de servicio en cuanto a desnivel, sin embargo, en los sistemas hidroneumáticos se suele agregar a este término la presión necesaria de servicio en el punto más lejano en términos de altura. (Wilson Wilches Guayaquil -Ecuador 1989)⁸²

$$H_T = D_s + D_2 + H_{f_T} + P_{\text{Necesaria}}$$

Dónde:

$P_{\text{Necesaria}}$: Presión de desconexión de la Bomba

$P_{\text{Parada}} = 54 \text{ m}$

$$H_B = 0 + 21,22 + (12,35 + 2,918) + 54 = 90,488 \text{ m}$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{75 \times \xi}$$

$$P = 4,640 \text{ Hp} \cong 5 \text{ Hp}$$

d) Potencia aislada

$$50\%P + P = 7,50 \text{ HP}$$

Para que cada Bomba proporcione el 50 %: H_p para una Bomba = $8 \text{ Hp}/2 = 4 \text{ Hp}$ para cada Bomba

Datos de adquisición de Equipo:

Potencia del Motor: 4

Caudal de Bombeo: 2.494 l/s

Altura Manométrica: 89,495

Tensión Eléctrica: 380/220 voltios

Frecuencia sugerida 50 Hz

Velocidad: <2900 RPM

Tipo de bomba sugerida: Centrífuga de Eje Horizontal

Cálculo de capacidad de tanque hidroneumático red de agua fría

Presión mínima

La presión mínima de operación P_{\min} del cilindro en el sistema hidroneumático deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida (presión residual) en la toma más desfavorable y podrá ser determinada por la fórmula siguiente:

$$P_{\min} = h + \sum hf + \frac{v^2}{2g} + h_r$$

Dónde:

h = Altura geométrica entre el nivel inferior y el superior del líquido (entre el nivel de descarga del tanque al nivel más elevado).

h_f = La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como en accesorios) que sufre el fluido desde la descarga del tanque hasta la toma más desfavorable.

$\frac{v^2}{2g}$ = Energía cinética o presión dinámica (del mueble más desfavorable).

h_r = Es la presión residual que debe vencer la bomba cuando el fluido llegue a su destino o punto más desfavorable.

Sustituyendo de la (Tabla 7.9) tenemos:

$$P_{\min} = 18,96 + 10,393 + 0,052 + 10,950 = 40,355 \text{ m} \cong 40 \text{ m} = 3,957 \text{ bar}$$

Presión Máxima

La elección de la Presión Máxima se prefiere dejar al criterio del proyectista.

Es la presión a la que se desconecta la bomba, su valor se define a partir de la suma $P_{\min} + 20$ libras por pulgada cuadrada. Este último valor depende de los tipos de consumo a utilizar (grifos, duchas, etc.).

$$P_{\max} = 3,957 \text{ bar} + 1,379 \text{ bar} = 5,336 \text{ bar}$$

Presión de precarga

La presión de precarga de aire se instituye a P_{\min} menos 2 libras por pulgada cuadrada. Esto radica en que para asegurarse que al abrirse los consumos y bajar la presión en la instalación no quede una presión remanente que pudiera impedir que el sistema llegue a la presión de encendido (P_{\min}).

$$P_{pc} = 3,957 \text{ Bar} - 0,138 \text{ Bar} = 3,819 \text{ bar}$$

Cálculo de volumen útil (Vu)

Lo elemental de un tanque hidroneumático cuando se utiliza en presurización, es la cantidad de agua útil que acumula: volumen útil (VU). Es decir, el agua que acopia y que se puede obtener de él entre las presiones máximas (P_1) y mínima (P_2). (Francisco

Javier Fernández Figueroa, noviembre 2012)²⁷

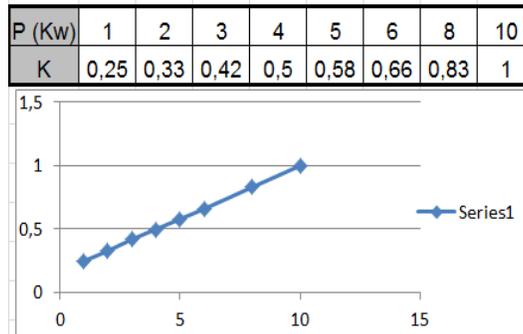
Para el cálculo se debe de conocer el caudal máximo (Q_{\max}) en litros por minuto, la potencia de la electrobomba en KW para conocer el valor K en la (Tabla 7.12).

$$V_u = Q_{\max} * K$$

Sustituyendo:

$$Q_{\max} = 2.494 \text{ L/s} = 149.677 \text{ L/min}; \text{ (Tabla 7.9)}$$

Tabla 7.12 Potencia de la electrobomba en kW



Fuente: Planilla en Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria

Para: $P = 4 \text{ Hp} = 2,983 \text{ kw} \cong 3 \text{ Kw}$ según la (Tabla 7.12), se obtiene **K**:

Sustituyendo:

$$V_u = 149.677 * 0.42 = 62,864 \text{ l}$$

Volumen total del tanque hidroneumático

$$V_T = V_u * \frac{(P_{\min} * P_{\max})}{(P_{pc}(P_{\max} - P_{\min}))}$$

Sustituyendo:

$$V_T = 252,041 \text{ l}$$

Cantidad adoptada de hidroneumáticos según volúmenes comerciales, por operación y mantenimiento = 3 Unidades

Para ver capacidades de Tanques Hidroneumáticos, catálogos y ficha técnica (ANEXO 9).

7.2.1 Sistema de distribución de agua caliente

El agua caliente es producida a través de calentadores y es requerida para la higiene corporal lavado de utensilios, fines medicinales y fines de recreación.

El sistema de abastecimiento de agua caliente está constituido por un calentador con tanque acumulador, una tubería transporta el agua caliente a los diferentes aparatos

y a continuación una tubería de retorno de agua caliente que devuelve al calentador el agua no utilizada. En pequeñas instalaciones no se usa el agua de retorno.

Determinación del consumo diario de agua caliente

Podrán adoptarse los valores de la (Tabla 7.13):

Tabla 7.13 Estimación de consumos de agua caliente por regiones

Región	Consumo de agua caliente
Altiplano	30 % del consumo diario (total) de agua fría
Valles	25 % del consumo diario (total) de agua fría
Llanos	20 % del consumo diario (total) de agua fría

Fuente: RENISDA 2011

Se adopta 30% (Región del altiplano).

Cálculo hidráulico de las redes de agua caliente

El cálculo de las instalaciones de agua caliente se realiza de la misma forma que las instalaciones de agua fría.

Para realizar el cálculo hidráulico, se realizó el trazo de tubería de agua caliente, en base al trazo de agua potable (Isométrico), según se muestra en la (Figura 3 a, b, c) considerando:

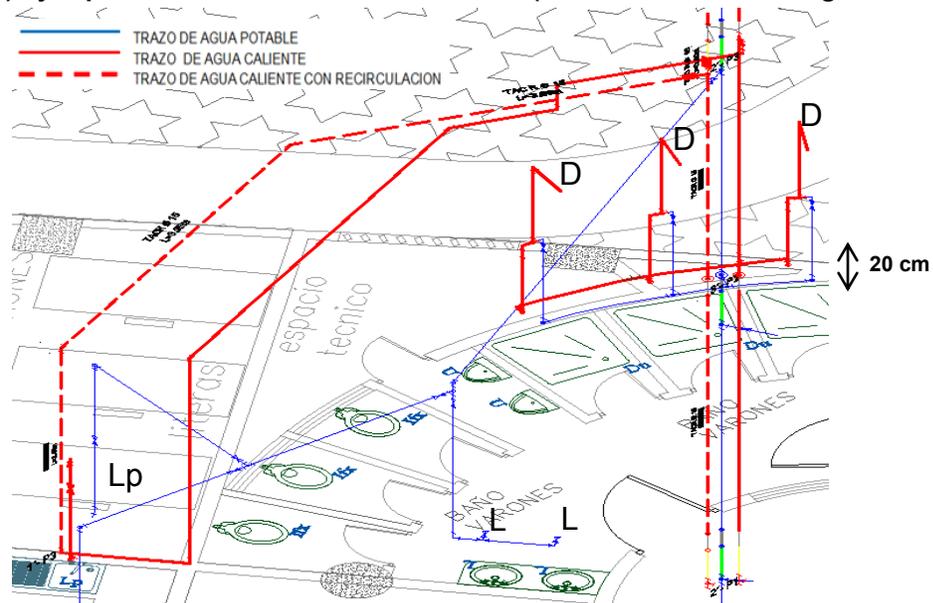
- Ubicar en el mismo ducto la tubería de agua fría el agua caliente siempre que exista una separación mínima de 0,20 m. entre sus generatrices, y 0.16 m. de separación en paralelo.
- Para evitar el cruce de vigas, así como el trazo de agua potable se bajó la altura de las vigas, usando codos y volver a subir o bajar según el trazo de tubería de agua potable.
- El agua caliente, ira a las duchas de todo el edificio y lavaplatos del primer nivel y tercer nivel, según diseño arquitectónico.

La presión de entrada al calefón es de 36.65 m.c.a. según la (Tabla 7.9), que es la presión que sale de la bomba de agua potable, para ser distribuida.

La (Tabla 7.14), muestra el cálculo de diseño hidráulico de la red de agua caliente, utilizando criterios del reglamento nacional RENISDA, mayo 2011.

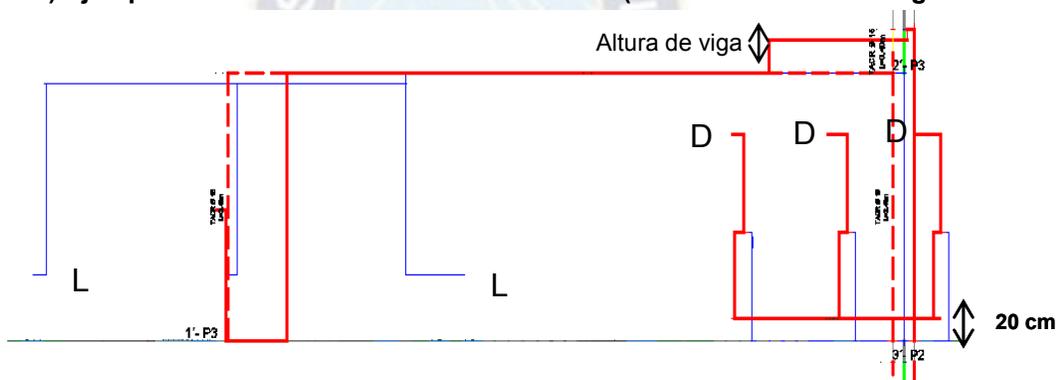
Para la asignación de unidades de gasto para el conjunto de artefactos sanitarios, se hizo en base a la (Tabla 7.8).

Figura 7.4 a) Ejemplo Isométrico Nivel 3 – Isométrico (Trazo de tuberías de agua caliente)



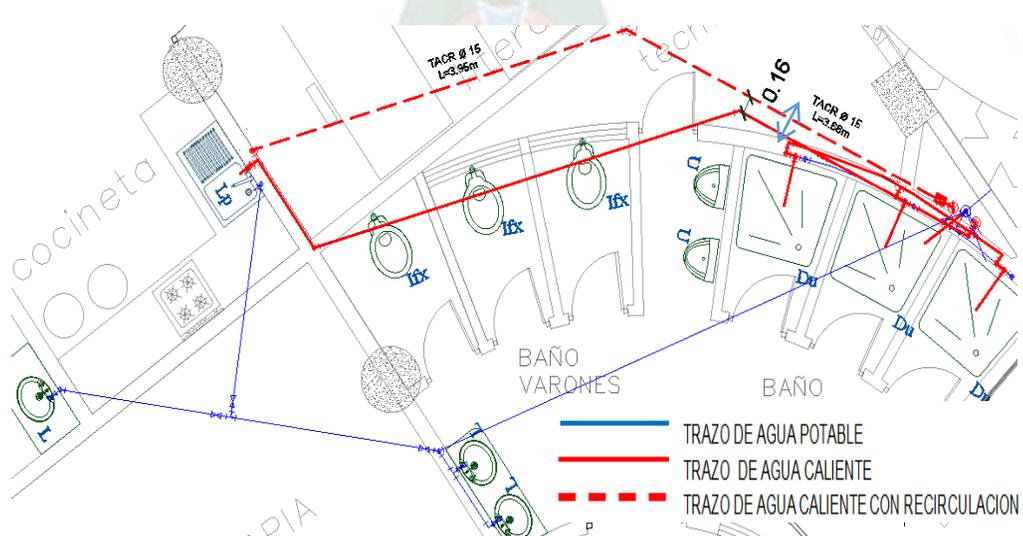
Fuente: Diseño propio – AutoCAD 2018

Figura 7.4 b) Ejemplo Isométrico Nivel 3 – Vista de frente (Trazo de tuberías de agua caliente)



Fuente: Diseño propio – AutoCAD 2018

Figura 7.4 c) Ejemplo Isométrico Nivel 3 – Vista en planta (Trazo de tuberías de agua caliente)



Fuente: Diseño propio – AutoCAD 2018

Tabla 7.14 Diseño de la red de distribución de Agua Caliente

DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DE AGUA CALIENTE

presión de entrada interacumulador = 36,65 m.c.a.
 pérdida en el interacumulador = 5,00 m
 presión de salida en el interacumulador = 31,65 m.c.a.
 cota calefón = 0,20 m

Proyecto: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN HIDROSANITARIA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS EN EL BLOQUE ADMINISTRATIVO "CONSTRUCCIÓN CASA DE LAS CEBRAS - SANTA BARBARA"

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN:		Sistema de bombeo con valvula											PERDIDAS LOCALIZADAS (pzs)														TOTAL PERDIDAS POR TRAMO	PERDIDA ACUMULADA	DESNIVEL	PRESION RESIDUAL	Observaciones		PRESION MINIMA								
tramo	1,000 UG DE ARTEFACTOS											UNIDADES HIDR. DE GASTO		CAUDAL	LONG. TRAMO	D	D	V	Perdida unitaria	PERDIDAS TUBERIA	V ² /2g	PERDIDAS LOCALIZADAS (pzs)										PERDIDAS LOCALIDAS	TOTAL PERDIDAS POR TRAMO	PERDIDA ACUMULADA	COTA	PRESION RESIDUAL	VELOCIDAD MINIMA 0,60 (m/seg)	VELOCIDAD MAXIMA SEGUN DIAMETRO	PRESION MINIMA 10,00 m.c.a.		
	I	I _h	U	Bi	Ti	Du	L	Lp	Lv	Lva	Gr	P	U.G.									APT	ACUM.	Its/seg	m/s.	"	m/m	m/seg	m/m	m.c.a.	ENT.									COD0	COD0
DE	A	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	1,5	0,8	1,1	1,5	3,0	0,0	2,3	U.G.	APT	ACUM.	Its/seg	m/s.	"	m/m	m/seg	m/m	m.c.a.	ud.	Ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m/s	m.c.a.	m/seg	m/seg	m.c.a.
SOTANO																																									
SO1'	SO2'													0	22	22	0,74	1,58	1	27	1,442	0,114	0,180	0,106		1		1					0,159	0,339	0,339	2,66	28,85	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
SO2'	SO'													0	13	13	0,53	7,18	1	27	1,040	0,062	0,445	0,055	2								0,099	0,545	0,883	2,86	28,11	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
SO2'	SO''													0	9	9	0,44	7,29	1	27	0,865	0,044	0,322	0,038	2								0,069	0,390	0,729	2,86	28,26	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
PRIMER NIVEL SHAFTS 1																																									
SO'	a1'													0	13	13	0,53	2,66	1	27	1,040	0,062	0,165	0,055				1				0,033	0,198	1,081	5,52	25,25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
a1'	b1'													0	3	3	0,28	13,09	3/4	20	0,976	0,077	1,011	0,049	2	1	1		2			0,156	1,166	2,248	5,92	23,68	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
b1'	d1'													1	0	1	0,24	4,95	1/2	13	1,891	0,422	2,087	0,182	4				1			0,693	2,779	5,027	3,96	22,86	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
b1'	c1'													2	0	2	0,25	7,94	3/4	20	0,877	0,063	0,502	0,039	6	6	1		1			0,243	0,746	2,993	4,96	23,90	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
TERCER PISO (SHAFTS 1)																																									
a1'	a2'													0	10	10	0,47	3,46	1	27	0,918	0,049	0,170	0,043								0,000	0,170	1,252	8,98	31,42	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
a2'	b3'													0	10	10	0,47	0,40	1	27	0,918	0,049	0,020	0,043				1				0,026	0,045	1,297	9,38	30,97	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
b3'	c3'													0	5	5	0,33	0,10	3/4	20	1,146	0,104	0,010	0,067				1				0,040	0,051	1,348	9,38	30,92	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
c3'	d3'													2	0	2	0,25	2,43	3/4	20	0,877	0,063	0,154	0,039	4	1			1			0,172	0,326	1,674	11,08	28,90	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
c3'	e3'													3	0	3	0,29	6,72	3/4	20	1,012	0,083	0,555	0,052	7	3		2			0,444	0,999	2,346	11,08	28,22	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
b3'	a3'													0	6	6	0,36	2,66	3/4	20	1,243	0,121	0,321	0,079				1			0,047	0,369	1,666	12,04	27,94	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
a3'	f3'													0	1	1	0,24	0,24	1/2	13	1,891	0,422	0,101	0,182	2						0,328	0,429	2,095	11,94	27,62	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
f3'	g3'													0	1	1	0,24	1,94	1/2	13	1,891	0,422	0,818	0,182	2				1		0,365	1,182	3,277	11,64	26,73	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
g3'	h3'													0	1	1	0,24	5,40	1/2	13	1,891	0,422	2,276	0,182	1	1				0,273	2,550	5,827	11,64	24,18	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE				
h3'	i3'													1	0	1	0,24	4,89	1/2	13	1,891	0,422	2,061	0,182	4				1		0,693	2,754	8,581	10,38	22,69	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
TERCER PISO (SHAFTS 2)																																									
SO''	a1''													0	9	9	0,44	3,06	1	27	0,865	0,044	0,135	0,038								0,000	0,135	0,864	5,92	34,87	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
a1''	a2''													0	9	9	0,44	3,06	1	27	0,865	0,044	0,135	0,038								0,000	0,135	0,999	8,98	31,67	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
a2''	b3''													0	9	9	0,44	0,40	1	27	0,865	0,044	0,018	0,038				1			0,023	0,041	1,039	9,38	31,23	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
b3''	c3''													5	0	5	0,33	10,27	3/4	20	1,146	0,104	1,067	0,067	10			5			0,857	1,924	2,963	11,08	27,61	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
QUINTO PISO (SHAFTS 1)																																									
a3'	a4'													0	5	5	0,33	3,06	3/4	20	1,146	0,104	0,318	0,067							0,000	0,318	1,983	15,30	24,37	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
a4'	b5'													0	5	5	0,33	0,40	3/4	20	1,146	0,104	0,042	0,067	1						0,060	0,102	2,085	15,70	23,86	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
b5'	c5'													0	5	5	0,33	0,11	3/4	20	1,146	0,104	0,011	0,067				1			0,087	0,098	2,184	15,70	23,77	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
c5'	d5'													2	0	2	0,25	2,68	3/4	20	0,877	0,063	0,170	0,039	4	1		1		0,172	0,342	2,526	17,40	21,72	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE				
c5'	e5'													3	0	3	0,29	6,62	3/4	20	1,012	0,083	0,547	0,052	7	3		2		0,444	0,991	3,174	17,40	21,08	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE				
QUINTO PISO (SHAFTS 2)																																									
b3'	a3'													0	5	5	0,33	2,66	3/4	20	1,146	0,104	0,276	0,067							0,000	0,276	1,316	12,04	28,29	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
a3'	a4'													0	5	5	0,33	2,86	3/4	20	1,146	0,104	0,297	0,067							0,000	0,297	1,613	15,30	24,74	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
a4'	b5'													0	5	5	0,33	0,40	3/4	20	1,146	0,104	0,042	0,067	1					0,060	0,102	1,715	15,50	24,44	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE				
b5'	c5'													5	0	5	0,33	9,99	3/4	20	1,146	0,104	1,038	0,067	10	1	5			0,884	1,922	3,636	17,20	20,81	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE				
														Qmax=	21,70	0,74	Máximo por bloque																Σ	8,581	17,40	34,87					

Fuente: Cálculos propios, realizados en planillas excel proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria.

Para el diseño de agua caliente con recirculación se computo partiendo del último piso (Ultimo artefacto) que necesite agua caliente, con el fin de que el agua caliente que no fue utilizada, retorne del punto más alejado enumerado de tal forma que va descendiendo progresivamente, ver la secuencia de enumeración en el tramo de la (Tabla 7.14).

Tabla 7.15 Diseño de la red de distribución de Agua Caliente con Recirculación

DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DE AGUA CALIENTE CON RECIRCULACIÓN																									Presion de entrada a red = 21,08 m.c.a													
																									Cota bomba= 0,30 m													
Proyecto: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN HIDROSANITARIA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EL BLOQUE ADMINISTRATIVO "CONSTRUCCIÓN CASA DE LAS CEBRAS - SANTA BARBARA"																																						
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN:										Sistema de agua potable sin válvula																												
tramo	1,000						UNIDADES HIDR.			CAUDAL	LONG. TRAMO	D	D	V	Pérdida unitaria	PERDIDAS TUBERIA	V ² /2g	PERDIDAS LOCALIZADAS (pzs)										TOTAL PERDIDAS POR TRAMO	PERDIDA ACUMULADA	DESNIVEL COTA	PRESION RESIDUAL	Observaciones						
	UG CAUDAL DE RECIRCULACIÓN						DE GASTO											SEGUN HUNTER	J	ENT.	COD	COD	COD	TEE	TEE	VALV.	VALV.					VALV.	REDUC	MED	PERDIDAS LOCALIZADAS	VELOCIDAD MINIMA 0,60 (m/seg)	VELOCIDAD MÁXIMA SEGUN DIÁMETRO	PRESION MINIMA 10,00 m.c.a.
	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	U.G.	APT	ACUM.																													
QUINTO NIVEL (SHAFTS 1)																																						
1'-P5	2'-P5		1					1	0	1	0,10	4,34	1/2	13	0,793	0,084	0,366	0,032		4								0,115	0,481	0,481	0,00	20,89	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
2'-P5	3'-P4							0	1	1	0,10	2,66	1/2	13	0,793	0,084	0,224	0,032										0,000	0,224	0,705	-2,46	23,13	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
3'-P4	2'-P3							0	1	1	0,10	3,06	1/2	13	0,793	0,084	0,258	0,032				1						0,080	0,338	1,043	-6,12	26,45	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
QUINTO NIVEL (SHAFTS2)																																						
1''-P5	2''-P5		1					1	0	1	0,10	5,01	1/2	13	0,793	0,084	0,422	0,032		2	1	1						0,090	0,512	1,217	0,00	19,90	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
2''-P5	3''-P4							0	1	1	0,10	2,66	1/2	13	0,793	0,084	0,224	0,032										0,000	0,224	1,441	-2,46	22,40	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
3''-P4	2''-P3							0	1	1	0,10	3,46	1/2	13	0,793	0,084	0,291	0,032				1						0,080	0,371	1,812	-6,12	25,68	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
TERCER PISO (SHAFTS 1)																																						
1'-P3	2'-P3		1					0	0	0	0,09	10,19	1/2	13	0,719	0,070	0,716	0,026		3		1	1					0,171	0,887	0,887	-6,12	26,61	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
2'-P3	3'-P2							0	1	1	0,11	3,46	1/2	13	0,857	0,097	0,337	0,037										0,000	0,337	1,224	-8,58	28,73	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
3'-P2	2'-P1							0	1	1	0,11	3,46	1/2	13	0,857	0,097	0,337	0,037				1						0,094	0,430	1,654	-12,24	31,96	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
TERCER PISO (SHAFTS 2)																																						
1''-P3	2''-P3		1					1	0	1	0,10	5,01	1/2	13	0,793	0,084	0,422	0,032		2	1	1	1					0,199	0,621	0,621	-6,12	26,88	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
2''-P3	3''-P2							0	2	2	0,12	2,66	1/2	13	0,931	0,113	0,302	0,044										0,000	0,302	0,922	-8,58	29,03	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
3''-P2	4''-P1							0	2	2	0,12	3,06	1/2	13	0,931	0,113	0,347	0,044										0,000	0,347	1,269	-11,84	31,95	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
PRIMER PISO (SHAFTS 1)																																						
1'-P1	2'-P1		1					1	0	1	0,10	15,01	1/2	13	0,793	0,084	1,264	0,032		4	1	1	1	1				0,269	1,533	2,757	-12,24	30,86	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
2'-P1	3'-SO'							0	2	2	0,13	2,76	1/2	13	0,995	0,128	0,354	0,050				1						0,126	0,480	3,237	-15,00	33,14	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
PRIMER PISO (SHAFTS 2)																																						
4''-P1	5''-SO''							0	2	2	0,12	3,16	1/2	13	0,931	0,113	0,358	0,044										0,000	0,358	3,596	-15,00	32,78	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
SUB SUELO (SHAFTS 1)																																						
5''-SO''	3'-SO'							0	2	2	0,12	14,16	1/2	13	0,931	0,113	1,605	0,044		4			1	1				0,327	1,932	5,528	-15,00	30,85	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
3'-SO'	BB-RECIR							0	4	4	0,16	2,81	1/2	13	1,267	0,201	0,564	0,082		1								0,074	0,638	6,166	-17,46	32,67	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE			
										Σ	u.g.	3,52	0,16 (lts/seg)	Máximo por bloque										Σ	6,166	-17,46	19,90											

Fuente: Cálculos propios, realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria.

La red de agua caliente y con recirculación en planos de AutoCAD se tiene en el (ANEXO 10).

7.2.2 Sistema de distribución del agua para el sistema contraincendios

El diseño de sistema de contra incendios es muy amplio, en este punto se hará una descripción básica tomando criterios de la norma peruana y del reglamento nacional RENISDA.

La fuente de agua para el sistema de incendios será de la red de abastecimiento propia del edificio, siempre que garantice el almacenamiento previsto en el sistema, esto para edificios mayores de 15 m el volumen de almacenamiento deberá ser 25 m.³

El volumen mínimo de reserva contra incendios no deberá ser menor a los 7500 l.²² Así como describe la (Tabla 7.1), con un volumen total de 45.00 m³ que incluye el volumen contraincendios.

Los sistemas a emplearse para combatir incendios serán:

a) Alimentadores y mangueras para uso combinado de los ocupantes del edificio y del cuerpo de bomberos, así como muestra la (Figura 2.8, Cap.2).

(Según la norma peruana esto deberá ser aplicado a edificios a más de 50 m de altura)⁸¹

b) Hidrantes conectados a la red de agua fría, según (Figura 2.9, Cap2).

Descripción del sistema de bombeo

Para la selección de las bombas hidráulicas para el funcionamiento del sistema contra incendio se requiere de 2 tipos de bombas hidráulicas.

Una bomba principal centrífuga que entregue el caudal y presión demandada por el sistema en el momento mismo del incendio y una bomba para mantener la presión que debe funcionar las 24 horas del día y se denomina como bomba jockey.

La (Figura 7.1), muestra la posición de los SHAFTS, donde se ubicarán los montantes de distribución de agua contraincendios debiendo tener un diámetro mínimo de 50 mm, con salidas de 25 mm, según RENISADA.

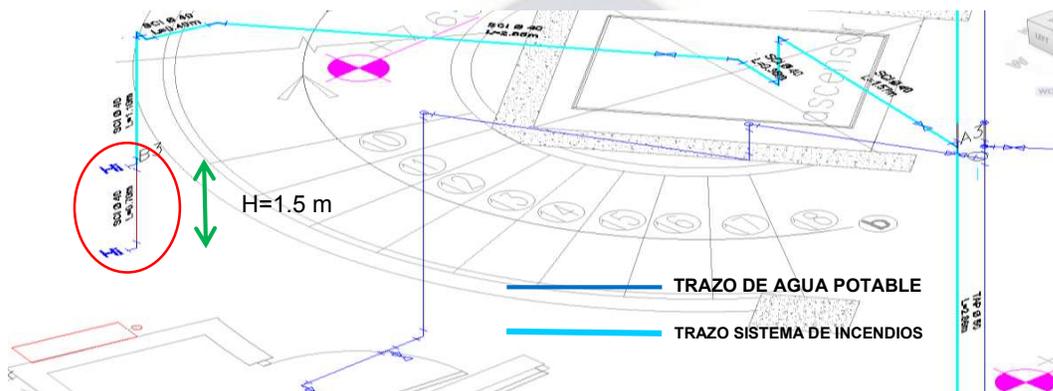
Cálculo hidráulico de las redes de agua para incendios

El cálculo de las instalaciones de agua para incendios se realizó según:

- 1.- Diseño hidráulico de la red del sistema contra incendios – bomba hidráulica**
- 2.- Diseño hidráulico de la red del sistema contra incendios – bomba Jokey**

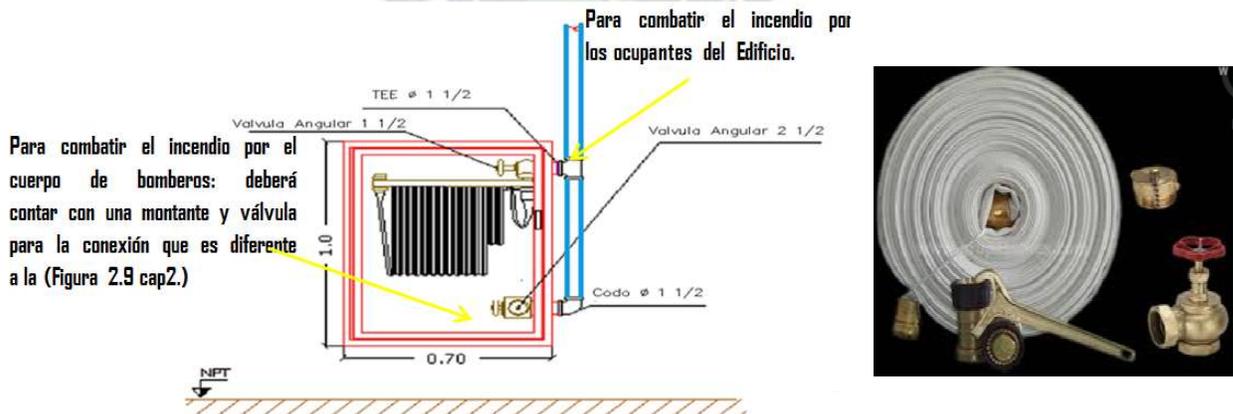
La (Figura 7.4), muestra un ejemplo del trazo de tuberías para el sistema contra incendios, donde la bomba hidráulica y la bomba Jokey se encuentra en el sótano. El cálculo hidráulico con bomba hidráulica, se realizó de forma ascendente siguiendo un orden en los puntos de distribución, así como describe la (Tabla 7.16). Para el cálculo hidráulico del sistema contra incendios con (bomba Jokey), se partió de la bomba Jokey, al hidrante más desfavorable del último nivel del edificio esto con el fin de mantener la presión de todo el edificio.

Figura 7.5 Ejemplo del Isométrico: Sistema contra incendios – Nivel 3



Fuente: Elaboración propio diseño – Autocad 2018

Figura 7.6 Detalle de hidrante y accesorios



La (Figura 7.6) muestra el detalle de los hidrantes, aparatos conectados a la red de abastecimiento de agua destinado a suministrar agua en caso de incendio permite la conexión de mangueras y equipos de lucha contra incendios, así como el llenado de las cisternas de agua de los bomberos. La longitud de la manguera será de 30m con un diámetro de 40 mm (1 1/2").

La red de sistema contra incendio en planos de AutoCAD se tiene en el (ANEXO 11).

Tabla 7.17 Diseño de la red de distribución de Agua potable - Sistema Contra Incendios Bomba Jokey

DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS - Bomba JOKEY																												Presion de entrada a red = 48,49 m.c.a								
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN														SISTEMA DE BOMBEO																						
Proyecto: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN HIDROSANITARIA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS EN EL BLOQUE ADMINISTRATIVO "CONSTRUCCIÓN CASA DE LAS CEBRAS - SANTA BARBARA"																																				
TRAMO	ARTEFACTOS						UNIDADES HIDR.			CAUDAL	LONG. TRAMO	D	V	Perdida unitaria	PERDIDAS TUBERIA	PERDIDAS LOCALIZADAS (pzs)											TOTAL PERDIDAS POR TRAMO	PERDIDA ACUMULADA	DESNIVEL	PRESION RESIDUAL	Observaciones					
	A	L	I _k	D	L _p	L _v	T	H	U							H	DE GASTO SEGUN HUNTER			V ² /2g	ENT.	COD	CODO	TEE	TEE	VALV.					VALV.	VALV.	VALV.	REDUC	MED	PERDIDAS LOCALDS.
DE									U.G.	APT	ACUM.	lts/seg	mts.	"	m/seg	m/m	m.c.a.		ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	ud.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	mts.	m.c.a.	m/seg	m/seg	m.c.a.
BB	B7								2	110	0	110	2,43	71,47	2	1,19	0,035	2,533	0,072	1	14	2	8	1	1	1	2	1	2,369	4,902	4,902	21,98	21,61	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Q = Lts/seg 2,426													0,072	14	2	8	1	1	1	2	1	0	Σ Q _{MAX} = 4,902 21,980 21,608													
Fuente: Cálculos propios, realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria.																																				

Diseño hidráulico del sistema de impulsión

Cálculo de Potencia de la bomba Hidráulica- Sistema contra incendios

1. TUBERÍA DE IMPULSIÓN:

Tiempo de bombeo 2 hr. (Tabla 7.16) Q_b = 12,81 L/s
 Asumimos una bomba de: 12,81 L/s
 Diámetro de la tubería: 2,87 pulgadas
Diámetro adoptado 2 pulgadas

2. POTENCIA DE LA BOMBA:

La norma recomienda la tubería de succión sea mayor o igual a la de impulsión 3 pulg.
Tabla 7.18 Cálculo de pérdidas por accesorio y tubería FG DN

Descripción	Unidad	Perdida	Cantidad	Longitud Equivalente
Válvula de pie y rejilla:	Pza	20	1	20
Válvula de retención:	Pza	6,3	1	6,3
codos	Pza	2,5	11	27,5
TEE Directa	Pza	1,6	1	1,6
Válvula compuerta:	Pza	0,5	2	1
Salida de tubería:	Pza	2,2	1	2,2
Extensión equivalente (L):				58,6

Fuente: Elaboracion Propia

$H_{f1} = L * hf_1$
 Pérdida de carga por tubería de impulsión FG DN 3" $hf_1 = 0,1123$ $H_{f1} = 6,58$ m
 (Tabla 7.16) $H_{f2} = 12,00$ m
 $H_{fT} = H_{f1} + H_{f2}$ $H_{fT} = 18,58$ m
 Altura total de impulsión (Hi) = Ds + D2 + H_{fT} (Altura manométrica)
 Ds: Profundidad de succión 0,00 m
 D2: Desnivel topográfico 24,28 m
 Cota cárcamo de bombeo : 0,00 m
 (Tabla 7.16) Cota de Distribución: 24,28 m
 $H_i = 42,86$ m

Potencia de la Bomba para Gabinete Contraincendios (P)

$$T_{\text{teórico}} = H_B \cdot \rho \cdot g \cdot Q_T \quad 1)$$

Considerando que en las operaciones existen rangos de eficiencia, se determina por tanto, la potencia real, considerando lo siguiente:

$$P_{\text{real}} = \frac{P_{\text{teórico}}}{\%} \quad 2)$$

Donde: % = Eficiencia

H_B = Altura dinámica (carga de trabajo de la bomba)

ρ = Densidad del agua

g = coeficiente de gravedad

Q_T = Caudal total de manguera contra incendios

De estos datos se determinara el caudal total de agua contraincendio (Q_T) y la altura dinámica o carga de trabajo de la Bomba H_B .

Para determinar el Caudal total de contra incendio se considerara el caudal de la (Tabla 7.16)

$Q_T =$	12,81	L/ s	=	0,013	m ³ /s
$Q_T =$	0,01281	m ³ /s			

Altura Dinámica o carga de trabajo de la Bomba (H_B)

$$H_B = h_{\text{ftotal}} + \left[\left(\frac{P_2}{\rho g} \right) + \left(z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) \right] - \left[\left(\frac{P_1}{\rho g} \right) + \left(z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) \right] \quad 3)$$

H_{ftotal} : Pérdida de carga

P_2 : Presión en salida de manguera =75Psi

V_2 : Velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera

Z_2 : Altura de gabinete respecto a la bomba

P_1 : Presión en nivel toma de agua en cisterna

V_1 : Velocidad de flujo de agua en la cisterna

Z_1 : Altura de agua en cisterna respecto a la bomba

ρ : Densidad del agua : 1000 kg/m³

g : Coeficiente de gravedad : 9,8 m/s²

13,93	m
517102,5	N / m ²
4,174	m/s
1	m
0	
0	
-2,86	m
1000	Kg/ m ³
9,8	m / s ²

Para el cálculo correspondiente, se requiere determinar previamente , la velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera (Manguera mas alejada de la Bomba) (V_2) y la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería (H_{ftotal}).

Para determinar la velocidad del flujo de agua a la salida de la manguera mas alejada de la Bomba :

$$Q = A \cdot V_2 \quad 4)$$

Donde:

Q: Caudal en el extremo de la manguera

A: Sección interna de la tubería (m²)

Diametro = 2 1/2 Pulg.

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad 5)$$

A =	0,0031	m ²
$V_2 =$	4,174	m / s

Cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería (h_{ftotal}).

Para determinar la pérdida de carga en el recorrido del agua pr la tubería se empleará la siguiente fórmula:

$$h_{\text{ftotal}} = \frac{(f \cdot L_{\text{eq}} \cdot V_2^2)}{2 \cdot D \cdot g} \quad 6)$$

Donde:

f: Coeficiente de fricción

L_{eq} : Longitud equivalente

D: Diámetro interior de la tubería : 2 1/2 " = 0,0635 m

V_2 : Velocidad de flujo de agua

g : Coeficiente de gravedad

0,064	m
4,174	m / s
9,8	m/ s ²

Cálculo del coeficiente de fricción: Esta en funcion del número de reynolds con rugosidad relativa como parametro por lo q se necesita conocer el (N_{RE}), como rugosidad relativa (E/D) de la tubería.

Cálculo del número de Reynolds (N_{RE}):

$$N_{\text{RE}} = \frac{D \cdot V_2 \cdot \rho}{\mu} \quad 7)$$

Donde:

D: Diámetro interior de la tubería : 2 1/2 "

V_2 : Velocidad del agua de la manguera

ρ : Densidad del agua : 1000 kg/m³

μ : Viscosidad = 10 - 3 Kg/ms

0,064	m
4,174	m / s
1000	Kg/ m ³
0,001	cp (centipoise)

$$N_{\text{RE}} = 265040,68$$

Cálculo de la rugosidad relativa (E/D)

Considerando que se empleara Tubería ACERO:

E/D = 0,001
f = 0,019

Cálculo de la longitud equivalente (Leq)

La longitud equivalente de la tubería esta comprendido por la longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios que participan en la línea de suministro de agua contra incendios :

Lreal = 26,99 m (Figura 7,2)

Tabla 7.19 Cálculo de la Longitud Equivalente de accesorios (Bomba)

N °	Descripción	Unidad	Cantidad	Pérdida	Long. Equivalente
1	Codo 90° largo	Pza.	5	3,4	17,00
2	Tee de paso directo	Pza.	1	7,6	7,60
3	Llave compuerta abierta	Pza.	1	0,8	0,80
Total:					25,400

Fuente: Elaboracion propia

Leq = 52,390 m

Calculando la perdida de carga en la ecuación (6).

hf Total = 13,933 m

Con estos datos determinar la Altura Dinámica o carga de trabajo de la Bomba HB:

Sustituyendo en la ecuación simplificada (3).

HB = 71,448 m

HBT = 114,312 m

Cálculo de la Potencia de la Bomba (P) en la ecuación (1).

P = 14345,207 Kg*m²/s³

Potencia teórica de la bomba:

1 HP = 745 W

HP = 19,255 20

Eficiencia de la Bomba = 85 %

HP REAL = 23,529

HP REAL = 24,00

Cálculo de Potencia Hidráulica de la bomba Jokey – Sistema contra incendios

1. TUBERÍA DE IMPULSIÓN:

Tiempo de bombeo 2 hr. (Tabla 7,17) Qb = 2,43 L/s

Asumimos una bomba de: 2,43 L/s

Diámetro de la tubería: 1,25 pulgadas

Diámetro adoptado 1 pulgadas

2. POTENCIA DE LA BOMBA:

La norma recomienda la tubería de succión sea mayor o igual a la de impulsión 2 pulg.

Tabla 7.20 Cálculo de pérdidas por accesorio y tubería FG DN

Descripción	Unidad	Perdida	Cantidad	Longitud Equivalente
Válvula de pie y rejilla:	Pza	14	1	14
Válvula de retención:	Pza	4,2	1	4,2
codos	Pza	1,7	11	18,7
TEE Directa	Pza	1,1	1	1,1
Válvula compuerta:	Pza	0,4	2	0,8
Salida de tubería:	Pza	1,5	1	1,5
Extensión equivalente (L):				40,3

Fuente: Elaboracion propia

Hf₁ = L * hf₁

hf₁: 0,0373 Hf₁ = 1,50 m

Pérdida de carga por tubería de impulsión FG DN 2"

(Tabla 7.17) Hf₂ = 4,90 m

Hf_T = Hf₁ + Hf₂ Hf_T = 6,40 m

Altura total de impulsión (Hi) = Ds + D2 + HfT (Altura manométrica)

Ds: Profundidad de succión 0,00 m

D2: Desnivel topográfico 21,98 m

Cota cárcamo de bombeo : 0,00 m

(Tabla 7,17) Cota de Distribución: 21,98 m

Hi = 28,38 m

Potencia de la Bomba para Gabinete Contra incendios (P)

T_{teórico} = H_B*ρ * g * Q_T 1)

Considerando que en las operaciones existen rangos de eficiencia, se determina por tanto, la potencia real, considerando lo siguiente:

P_{real} = $\frac{P_{teórico}}{\%}$ 2)

Donde: % = Eficiencia
 H_B = Altura dinámica (carga de trabajo de la bomba)
 ρ = Densidad del agua
 g = coeficiente de gravedad
 Q_T = Caudal total de manguera contra incendios

De estos datos se determinara el caudal total de agua contra incendio (Q_T) y la altura dinámica o carga de trabajo de la Bomba H_B .

Para determinar el Caudal total de contra incendio se considerara el caudal de la (Tabla 7.17)

$Q_T =$	2,43	L/ s
$Q_T =$	0,00243	m ³ /s

Altura Dinámica o carga de trabajo de la Bomba (H_B)

$$H_B = h_{ftotal} + \left[\left(\frac{P_2}{\rho g} \right) + \left(Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) \right] - \left[\left(\frac{P_1}{\rho g} \right) + \left(Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) \right] \quad 3)$$

H_{ftotal} : Pérdida de carga	0,50	m
P_2 : Presión en salida de manguera =75Psi	517102,5	N / m ²
V_2 : Velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera	0,791	m/s
Z_2 : Altura de gabinete respecto a la bomba	1	m
P_1 : Presión en nivel toma de agua en cisterna	0	
V_1 : Velocidad de flujo de agua en la cisterna	0	
Z_1 : Altura de agua en cisterna respecto a la bomba	-2,86	m
ρ : Densidad del agua : 1000 kg/m ³	1000	Kg/ m ³
g : Coeficiente de gravedad : 9,8 m/s ²	9,8	m / s ²

Para el cálculo correspondiente, se requiere determinar previamente , la velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera (Manguera mas alejada de la Bomba)(V_2) y la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería (H_{ftotal}).

Para determinar la velocidad del flujo de agua a la salida de la manguera mas alejada de la Bomba :

$$Q = A * V_2 \quad 4)$$

Donde:

Q: Caudal en el extremo de la manguera
 A: Sección interna de la tubería (m²)
 Diametro = 2 1/2 Pulg.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad 5)$$

A =	0,0031	m ²
$V_2 =$	0,791	m / s

Cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería (h_{ftotal}).

Para determinar la pérdida de carga en el recorrido del agua pr la tubería se empleará la siguiente fórmula:

$$h_{ftotal} = \frac{(f * L_{eq} * V_2^2)}{2 * D * g} \quad 6)$$

Donde:

f: Coeficiente de fricción		
L_{eq} : Longitud equivalente		
D: Diámetro interior de la tubería : 2 1/2 " = 0,0635 m	0,0635	m
V_2 : Velocidad de flujo de agua	0,791	m / s
g : Coeficiente de gravedad	9,8	m/ s ²

Cálculo del coeficiente de fricción: Esta en funcion del número de reynolds con rugosidad relativa como parametro por lo q se necesita conocer el (N_{RE}), como rugosidad relativa (E/D) de la tubería.

Cálculo del número de Reynolds (N_{RE}):

$$N_{RE} = \frac{D * V_2 * \rho}{\mu} \quad 7)$$

Donde:

D: Diámetro interior de la tubería : 2 1/2 "	0,0635	m
V_2 : Velocidad del agua de la manguera	0,791	m /s
ρ : Densidad del agua : 1000 kg/m ³	1000	Kg/ m ³
μ : Viscosidad = 10 - 3 Kg /ms	0,001	cp (centipoise)

$$N_{RE} = 50222,85$$

Cálculo de la rugosidad relativa (E/D)

Considerando que se empleara Tubería ACERO:

E/D =	0,0007
f =	0,019

Cálculo de la longitud equivalente (Leq)

La longitud equivalente de la tubería esta comprendido por la longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios que participan en la linea de suministro de agua contra incendios :

$L_{real} =$	26,99	m	(Figura 7,2)
--------------	-------	---	--------------

Tabla 7.21 Cálculo de la Longitud Equivalente de accesorios (Bomba)

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Pérdida	Long. Equivalente
1	Codo 90° largo	Pza.	5	3,4	17,00
2	Tee de paso directo	Pza.	1	7,6	7,60
3	Llave compuerta abierta	Pza.	1	0,8	0,80
Total:					25,40

Fuente: Elaboración propia

$$Leq = 52,39 \quad m$$

Calculando la pérdida de carga en la ecuación (6).

$$h_{f\text{ Total}} = 0,50 \quad m$$

Con estos datos determinar la Altura Dinámica o carga de trabajo de la Bomba H_B :

Sustituyendo en la ecuación simplificada (3).

$$H_B = 57,158 \quad m$$

$$H_{BT} = 85,542 \quad m$$

Cálculo de la Potencia de la Bomba (P) en la ecuación (1).

$$P = 2034,1514 \quad \text{Kg} \cdot m^2 / s^3$$

Potencia teórica de la bomba:

$$1 \text{ HP} = 745 \text{ W}$$

$$\text{HP} = 2,73 \quad 3$$

Eficiencia de la Bomba = 85 %

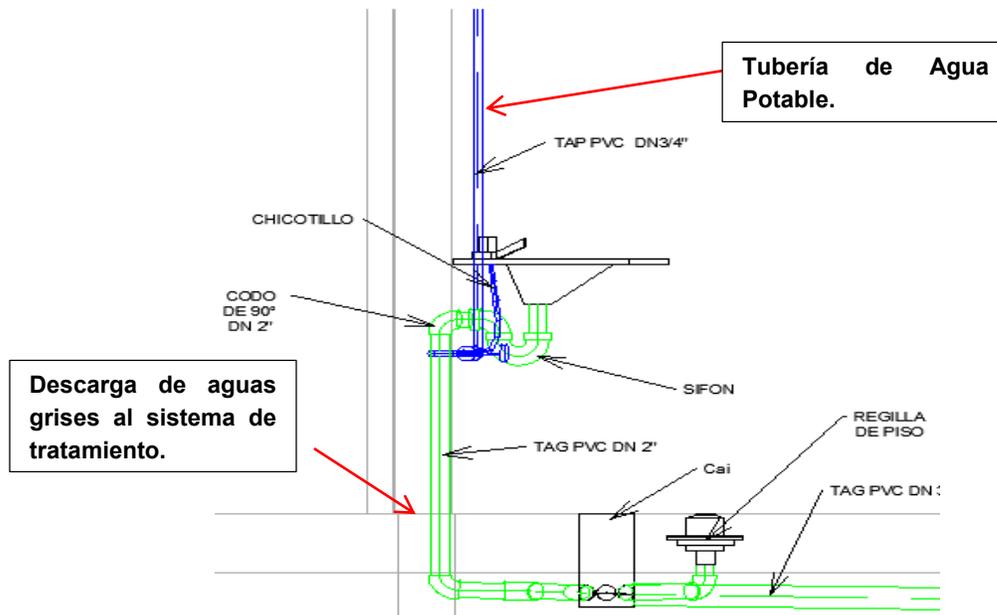
$$\text{HP}_{\text{REAL}} = 3,53$$

$$\text{HP}_{\text{REAL}} = 4,00$$

7.3 Sistema de distribución del desagüe sanitario para aguas grises

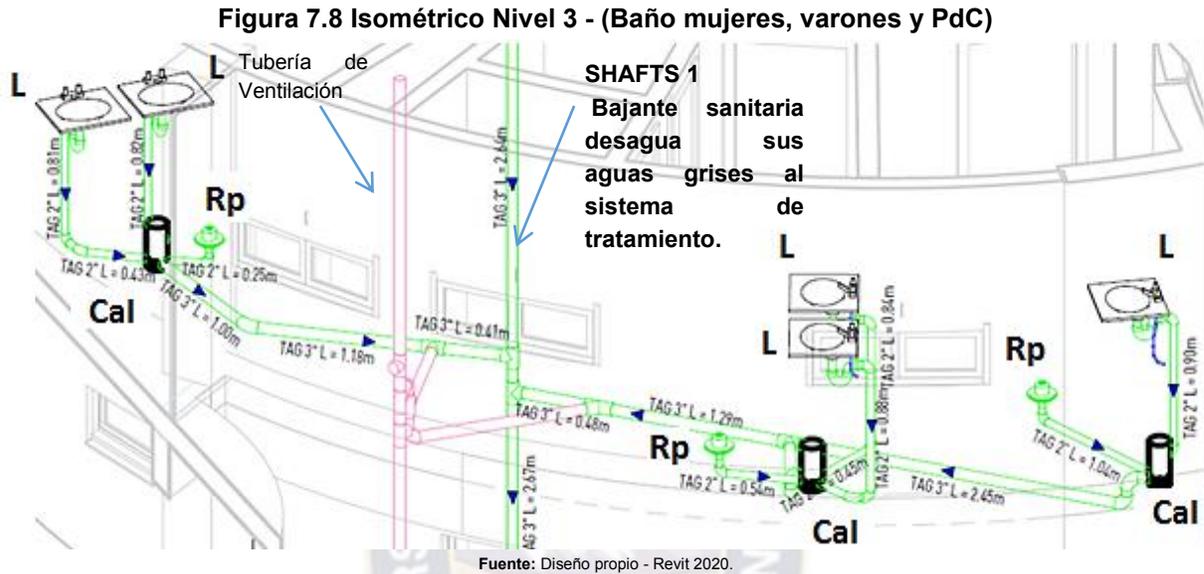
Los artefactos sanitarios como el lavamanos, ducha, lavaplatos y lavandería o máquina de lavar ropa serán alimentados con agua potable, así como se muestra en la (Figura 7.7). Los residuos de agua de estos artefactos sanitarios serán transportados, mediante tuberías separadas para aguas grises para ser conducidas al sistema de tratamiento.

Figura 7.7 Ejemplo: Instalación de agua potable y descarga de aguas grises al sistema de tratamiento



Fuente: Diseño propio- Revit 2020.

En el (Capítulo 6), explica la secuencia que deben seguir estas aguas grises una vez que ingrese al sistema de tratamiento, para ello se realizó el trazo de las tuberías, la (Figura 7.8) muestra un ejemplo del diseño de tuberías, para los artefactos sanitarios que generan aguas grises direccionadas al sistema de tratamiento.



La (Tabla 7.22), detalla las alturas a la que estarán conectadas para su alimentación de agua potable y su descarga para aguas grises.

Tabla 7.22 Descarga de agua grises de los artefactos sanitarios

Aparato sanitario	Alimentación de agua	Nivel de salida de agua gris
Lavamanos	(+) 0,60 SNPT	(+) 0,50 SNPT
Ducha	(+) 2,00 SNPT	(+) 0,50 SNPT
Lavaplatos	(+) 1,10 SNPT	(+) 0,50 SNPT
Lavandería	(+) 1,10 SNPT	(+) 0,60 SNPT

Fuente: Elaboración propia

SNPT: Sobre el nivel de piso terminado

Diseño y cálculo de la tubería de desagüe de aguas grises al sistema de tratamiento

Se realizó el trazo de tuberías de cada nivel en base a planos arquitectónicos y cimientos, ubicando las tuberías “horizontales” debajo de cada losa evitando el cruce entre vigas, y las bajantes sanitarias de aguas grises en los respectivos SHAFTS.

Se estableció las unidades de descarga para cada artefacto sanitario, según la (Tabla 7.23) procediéndose a dimensionar las bajantes y colectores sanitarios, según la guía RENISDA, (octubre 1994).

Tabla 7.23 Unidades de gasto para los artefactos sanitarios analizados

ARTEFACTOS	SIMB.	UD
Rejilla de piso	Rp	1
Inodoro corriente y c/ válvula	I-Ifx	6
Bidet	Bi	1
Urinario c/ válvula de descarga	Uv	6
Urinario c/ tanque de descarga	Ut	5
Urinario c/ descarga automática	Ua	2
Urinario tipo canal corrido	Uc	2
Lavamanos residencial	L	1
Lavamanos de uso general	Lug	2
Lavaplatos de residencia	Lp	3
Lavandería	Lv	3
Máquina de lavar ropa	Lva	3
Ducha residencia	Du	2
Ducha colectiva	Duc	4
Tina residencial	Ti	2
Pileta de servicio	Pi	5
Bebederio	Be	0,5

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias Julio, 2011 - National plumbing code, 2006)²²

Las (Tablas 7.24 a 7.26) muestran el dimensionamiento de las bajantes, hacia el sistema de tratamiento en base a plano en AutoCAD, ver (ANEXO 12).

Tabla 7.24 Bajante sanitaria 1 - Sistema de distribución para el desagüe de aguas grises

NIVEL	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)																DEMANDA EN BAJANTE (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO DE BAJANTE		CAPACIDAD BAJANTE (UD)	OBSERVACIONES	
	Rp	I-Ifx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lug	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi			Be	(pulg)			(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	2	3	3	3	2	4	2	5			0,5				
Septimo Nivel																		0	0	3	75	70	CUMPLE
Sexto Nivel	4							5				2					15	15					
Quinto Nivel	3							5									8	23					
Cuarto Nivel	3							5									8	31					
Tercer Nivel	3							5									8	39					
Segundo Nivel	3							5									8	47					
Primer Nivel	3							5									8	55					
TOTAL	19	0	0	0	0	0	0	30	0	0	2	0	0	0	0	0							

Fuente: Cálculos propios en planillas Excel proporcionadas por la Dirección de Estudios de Pre inversión del G.A.M.L.P. – Área de Ingeniería Sanitaria

Tabla 7.25 Bajante sanitaria 2 - Sistema de distribución para el desagüe de aguas grises

NIVEL	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)																DEMANDA EN BAJANTE (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO DE BAJANTE		CAPACIDAD BAJANTE (UD)	OBSERVACIONES	
	Rp	I-Ifx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lug	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi			Be	(pulg)			(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	2	3	3	3	2	4	2	5			0,5				
Septimo Nivel																		0	0	3	75	70	CUMPLE
Sexto Nivel	2							2									4	4					
Quinto Nivel	2							2				3					10	14					
Cuarto Nivel																	0	14					
Tercer Nivel	2							2				3					10	24					
Segundo Nivel																	0	24					
Primer Nivel																	0	24					
TOTAL	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0							

Fuente: Cálculos propios en planillas Excel proporcionadas por la Dirección de Estudios de Pre inversión del G.A.M.L.P. – Área de Ingeniería Sanitaria

Tabla 7.26 Bajante sanitaria 4 - Sistema de distribución para el desagüe de aguas grises

NIVEL	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)																DEMANDA EN BAJANTE (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO DE BAJANTE		CAPACIDAD BAJANTE (UD)	OBSERVACIONES	
	Rp	I-fx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lug	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi			Be	(p/g)			(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	2	3	3	3	2	4	2	5			0,5				
Septimo Nivel																		0	0	3	75	70	CUMPLE
Sexto Nivel	2							2									4	4					
Quinto Nivel	3							3					3				12	16					
Cuarto Nivel																	0	16					
Tercer Nivel	6							3		1			3				18	34					
Segundo Nivel																	0	34					
Primer Nivel																	0	34					
TOTAL	11	0	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	6	0	0	0							

Fuente: Cálculos propios en planillas Excel proporcionadas por la Dirección de Estudios de Pre inversión del G.A.M.L.P. – Área de Ingeniería Sanitaria

Tabla 7.27 Colectores horizontales al (Sistema de tratamiento)

TRAMO	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)																DEMANDA EN EL TRAMO (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO		PENDIENTE (%)	CAPACIDAD DE LA TUBERÍA (UD)	OBS.	
	Rp	I-fx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lug	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi			Be	(p/g)				(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	2	3	3	3	2	4	2	5			1					
BS1	19	0	0	0	0	0	0	30	0	0	2	0	0	0	0	0	55	55	3	75	-	70	CUMPLE	
BS2	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	24	24	3	75	-	70	CUMPLE	
BS4	11	0	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	6	0	0	0	34	34	3	75	-	70	CUMPLE	
SO - SO1	19	0	0	0	0	0	0	30	0	0	2	0	0	0	0	0	55	55	4	100	2	216	CUMPLE	
SO - SO2	11	0	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	6	0	0	0	34	34	4	100	2	216	CUMPLE	
SO - SO2	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	24	24	4	100	2	216	CUMPLE	
SO2 - SO1	17	0	0	0	0	0	0	14	0	1	0	0	12	0	0	0	58	58	4	100	2	216	CUMPLE	
SO1 - TSO	36	0	0	0	0	0	0	44	0	1	2	0	12	0	0	0	113	113	4	100	2	216	CUMPLE	

Fuente: Cálculos propios en planillas Excel proporcionadas por la Dirección de Estudios de Pre inversión del G.A.M.L.P. – Área de Ingeniería Sanitaria

La (Tabla 7.27), muestra una secuencia de recolección de aguas grises de las bajantes a los puntos de tuberías que se enlazan para llegar al tanque recolector de aguas grises, ubicado en el sótano, (ANEXO 12)

7.4 Diseño del sistema de tratamiento

El capítulo 6, describe la secuencia y los componentes del sistema de tratamiento propuesto, para el proyecto “CASA DE LAS CEBRAS” realizándose el diseño de las unidades y equipos en Revit 2020 y AutoCAD 2018, donde se muestra las dimensiones de los equipos en base al cálculo realizado ver, (ANEXO 13).

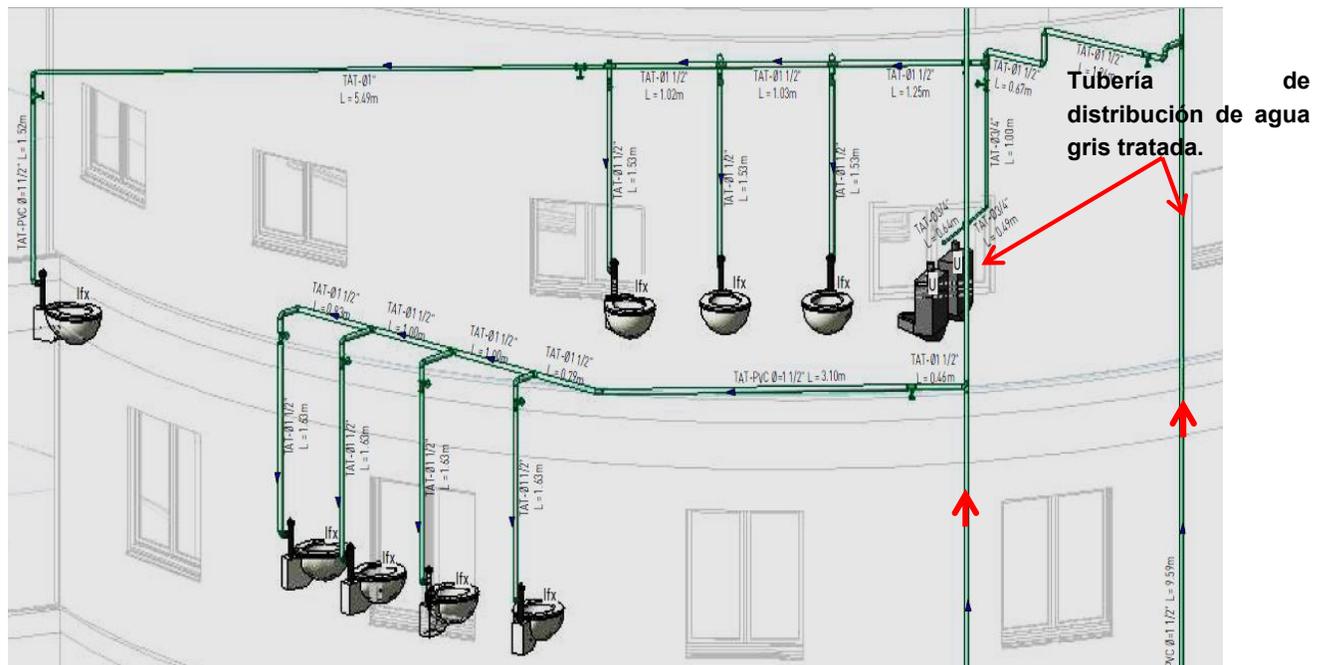
Para ver alternativas de sistemas de tratamiento para aguas grises en PDF como cotizaciones y sistemas planteados (ANEXO 13).

7.5 Sistema de distribución de agua tratada

Las aguas grises provenientes de la higiene personal así como muestra la (Figura 7.8), serán recolectadas a un tanque de aguas grises ubicado en el sótano, pasando por una serie de equipos de tratamiento que posteriormente serán acumuladas en el tanque de almacenamiento de aguas tratadas, para ser distribuidas mediante sistema de bombas con hidroceles a los diferentes niveles del edificio para utilizarlas

donde no se requiere agua potable como son los inodoros, urinarios para su limpieza así como muestra la (Figura 7.9).

Figura 7.9 Ejemplo: Isométrico Nivel 3 – Baños vestidores varones y mujeres



Fuente: Elaboración Propia - Revit 2020

Diseño de la red de distribución de agua tratada para urinarios e inodoros de fluxómetro

Para que el agua tratada llegue a cada piso se requiere una **red de tuberías** con la cantidad de agua que permita abastecer a todo artefacto sanitario que **generará aguas negras**.

Mediante los trazos se definió la red de tuberías para aguas tratadas y sus montantes en cada SHAFTS designado, las tuberías se situaron a la altura útil del cielo raso (techo falso) de la misma manera que se realizó para las tuberías de agua potable, una vez identificado el sector por donde pasaran las tuberías y las montantes, se realizó la distribución de los tramos y su cálculo respectivo calculándose en una planilla en Excel así como se muestra la (Tabla 7.26), utilizando el criterio de unidades de gasto de la (Tabla 7.8).

Se realizó el trazo isométrico para las tuberías de aguas tratadas para el cálculo hidráulico.

Diseño hidráulico del sistema de impulsión

Tabla 7.29 Cálculo de la potencia de la bomba – Agua tratada

1. TUBERÍA DE IMPULSIÓN				
Tiempo de bombeo	2 hrs.	(Tabla 7.28)	Q _b = 4,73	L/s
Asumimos una bomba de:			0,0047	m ³ /s
Diámetro de la tubería:			1,89	pulgadas
Diámetro adoptado			1 1/2	pulg.
2. POTENCIA DE LA BOMBA:				
La norma recomienda la tubería de succión sea mayor o igual a la de impulsión				
Pérdidas por accesorio y tubería FG DN :			2	pulg.
			Adoptada:	3
				pulg.
Descripción	Unidad	Cantidad	Perdida	Longitud Equivalente
Válvula de pie y criba	Pza.	2	14	28
Válvula de retención	Pza.	1	4,2	4,2
Codos	Pza.	5	1,7	8,5
Tee directa	Pza.	1	1,1	1,1
Válvula de compuerta	Pza.	2	0,4	0,8
Salida de tubería	Pza.	1	1,5	1,5
Extensión equivalente (L):				44,1
		Hf₁ = L * hf₁		
hf ₁ :	0,2125	Hf ₁ =	1,30	m
Verificando el diámetro de la tubería para 2pulg.: Para velocidades mayores a 2 m/s tenemos vibración lo óptimo sera 3 pulg.				
Pérdida de carga portubería de Impulsión PVC DN 3"				
		(Tabla 7.28)	Hf ₂ =	8,22
			Hf ₂ =	9,52
		Hf _T = Hf ₁ + Hf ₂		
Altura total de impulsión (Hi) = Ds + D₂ + Hf_T (Altura manométrica)				
Ds: Profundidad de succión			0,00	m
D ₂ : Desnivel topográfico			21,22	m
		Cota cárcamo de bombeo :	0	m
		Cota de Distribución:	21,22	m
		(Tabla 7.28)	Hi =	30,74
Cuando se trata de sistemas hidroneumáticos, se puede igual considerar el punto más alejado de servicio en cuanto a desnivel, sin embargo en los sistemas hidroneumáticos se suele agregar a este término la presión necesaria de servicio en el punto más lejano en términos de altura. ⁸²				
		P _{max} =	55	m
		H _B = Hi + P _{max} ;	H _B =	85,27
		P =	8,28	HP ≅ 9
		P =	6,18	Kw
		P =	13,50	HP
Para que cada Bomba proporcione el 50 % : Hp para una Bomba = 14 Hp/2 = 7 Hp para cada Bomba.				
		P =	7,00	HP

DIAMETRO	Φ	CAUDAL	J	L	VELOCIDAD	OBSERVACIÓN
pulg	mm	L/s	(m/m)	(m)	(m/s)	
1/2	15	4,735	181,7471	26,99	37,394	vibración
3/4	20	4,735	25,2292	26,99	16,620	vibración
1	25	4,735	6,2151	26,99	9,349	vibración
1 1/2	40	4,735	0,8628	26,99	4,155	vibración
2	50	4,735	0,2125	26,99	2,337	vibración
3	50	4,735	0,0295	27,99	1,039	ok

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P., Área Ingeniería Sanitaria

Cálculo de capacidad de tanque hidroneumático de la red de agua gris tratada

Tabla 7.30 Cálculo del volumen de tanque hidroneumático – Agua tratada

Caudal máximo de demanda horaria:

$$Q_{max} = 4,73 \text{ L/s (Tabla 7.28)}$$

$$Q_{max} = 284,07 \text{ L/min}$$

Potencia de la bomba de impulsión:

$$P = 7,00 \text{ HP (Tabla 7.28)}$$

$$P = 5,00 \text{ Kw}$$

$$K = 0,58 \text{ (Tabla 7.12)}$$

Volumen Útil:

$$V_u = 164,76 \text{ L}$$

Presiones de trabajo:

$$P_{min} = 3,968 \text{ bar (Tabla 7.28)}$$

$$P_{max} = 5,347 \text{ bar}$$

$$P_{pc} = 3,830 \text{ bar}$$

Volumen total de tanque hidroneumático:

$$V_T = 661,86 \text{ L}$$

Cantidad adoptada de tanques hidroneumáticos según volúmenes comerciales = 2 unidades

Para ver capacidades de Tanques Hidroneumáticos, catálogos y ficha técnica (ANEXO 9).

7.5 Sistema del alcantarillado para agua negras

Las instalaciones para la evacuación de aguas negras son una parte importante de un edificio, la finalidad de una red de evacuación es la de conducir hacia el exterior del edificio las aguas negras y pluviales sin causar molestias, humedades, ruidos ni malos olores a los ocupantes del edificio.

Las diferencias que se presentan en la clasificación de las aguas a evacuar son numerosas, pero según su procedencia y en función de la materia en suspensión que transportan se clasifican en tres grupos:

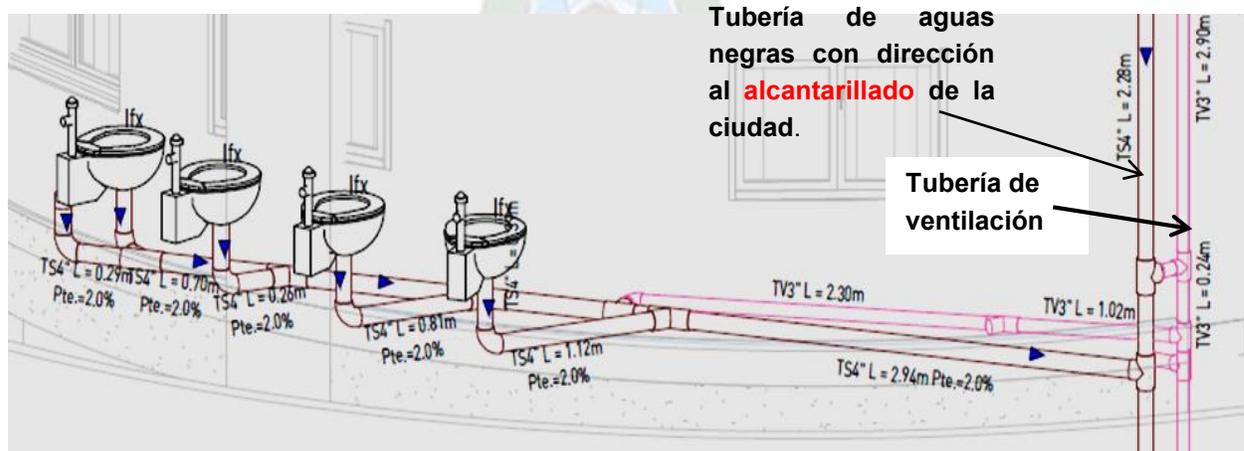
- **Aguas blancas o pluviales:** las procedentes de lluvia y que se recogen en terrazas, tejados, patios y cubiertas planas.
- **Aguas grises:** procedentes de aparatos sanitarios y electrodomésticos (excepto inodoros y urinarios).
- **Aguas negras o fecales:** son las procedentes de aseos que transportan materias fecales y/u orina (inodoros y urinarios).

En la (Figura 7.9) las aguas tratadas son reutilizadas para la limpieza de inodoros y urinarios, a continuación, se realizará el diseño de tuberías separadas para aguas negras de la misma forma al diseño de tuberías de aguas grises con dirección al sistema de tratamiento, según (RENISDA, octubre 1994).

Diseño y cálculo de la tubería de evacuación de aguas negras al alcantarillado municipal

Para esto se realizó el trazo de tuberías para aguas negras hacia el sistema municipal de la ciudad ver (Figura 7.10).

Figura 7.10 Ejemplo: Isométrico Nivel 3 Baño Mujeres - Tuberías de aguas negras con desagüe al alcantarillado municipal de la ciudad de La Paz



Fuente: Diseño propia diseño en Revit 2020

El desagüe de la red del alcantarillado será al colector más próximo de la red de alcantarillado, todo el sistema funcionará por gravedad.

Las aguas de rebose y limpieza del sistema en general, funcionaran por bombeo o en el caso de que existiese un caso fortuito en el funcionamiento del sistema de tratamiento, deberá ser bombeado toda el agua gris que ingrese al tanque recolector de aguas grises para ser descargadas directo al sistema de alcantarillado de la ciudad el en (ANEXO 16 y 19), muestra el detalle de las tuberías con sus respectivas llaves de paso para impedir o dar paso al agua, según lo que se requiere realizar.

Determinadas las unidades de descarga según la (Tabla 7.23), para cada artefacto sanitario se procederá al dimensionamiento de las bajantes sanitarias según designado a cada SHAFTS según las (Tablas 7.31 al 7.34).

Tabla 7.31 Bajante sanitaria 1 - Sistema de distribución al alcantarillado municipal

NIVEL	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)															DEMANDA EN BAJANTE (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO DE BAJANTE		CAPACIDAD BAJANTE (UD)	OBSERVACIONES	
	Rp	I-Ifx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi			Be	(plg)			(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	3	3	3	2	4	2	5			0,5				
Septimo Nivel																	0	0	4	100	500	CUMPLE
Sexto Nivel		4				1										26	26					
Quinto Nivel		4				1										26	52					
Cuarto Nivel		4				1										26	78					
Tercer Nivel		4				1										26	104					
Segundo Nivel		4				1										26	130					
Primer Nivel		1				1										8	138					
TOTAL	0	21	0	0	0	6	0															

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P., Área Ingeniería Sanitaria

Tabla 7.32 Bajante sanitaria 2 - Sistema de distribución al alcantarillado municipal

NIVEL	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)															DEMANDA EN BAJANTE (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO DE BAJANTE		CAPACIDAD BAJANTE (UD)	OBSERVACIONES	
	Rp	I-Ifx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi			Be	(plg)			(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	3	3	3	2	4	2	5			0,5				
Septimo Nivel																	0	0	3	75	70	CUMPLE
Sexto Nivel		1														6	6					
Quinto Nivel		4														24	30					
Cuarto Nivel																0	30					
Tercer Nivel		4														24	54					
Segundo Nivel																0	54					
Primer Nivel																0	54					
TOTAL	0	9	0																			

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P., Área Ingeniería Sanitaria

Tabla 7.33 Bajante sanitaria 3 - Sistema de distribución al alcantarillado municipal

NIVEL	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)															DEMANDA EN BAJANTE (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO DE BAJANTE		CAPACIDAD BAJANTE (UD)	OBSERVACIONES	
	Rp	I-Ifx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi			Be	(plg)			(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	3	3	3	2	4	2	5			0,5				
Septimo Nivel																	0	0	3	75	70	CUMPLE
Sexto Nivel																	0	0				
Quinto Nivel																	0	0				
Cuarto Nivel																	0	0				
Tercer Nivel																	0	0				
Segundo Nivel		1	1					1									8	8				
Primer Nivel																	0	8				
TOTAL	1	1	0	0	0	0	0	1	0													

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P., Área Ingeniería Sanitaria

Tabla 7.34 Bajante sanitaria 4 - Sistema de distribución al alcantarillado municipal

NIVEL	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)															DEMANDA EN BAJANTE (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO DE BAJANTE		CAPACIDAD BAJANTE (UD)	OBSERVACIONES	
	Rp	I-fx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi			Be	(plg)			(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	3	3	3	2	4	2	5			0,5				
Septimo Nivel																	0	0	3	75	70	CUMPLE
Sexto Nivel		1														6	6					
Quinto Nivel		4				2										28	34					
Cuarto Nivel																0	34					
Tercer Nivel		4				2										28	62					
Segundo Nivel																0	62					
Primer Nivel																0	62					
TOTAL	0	9	0	0	0	4	0															

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria

Nota: Los artefactos en planta baja (Portería), no aportan a ninguna bajante.

Para las bajantes sanitarias 2,3 y 4 se adoptarán diámetros de 4 pulgadas según diseño de proyecto, ver (Tablas 7.32 a 7.34)

Debido a la caída existente por la altura del edificio se utilizará bajantes sanitarias con diámetros menores según las UD, debido a la oxigenación necesaria que se requiere y la disipación de la energía generada por la carga hidráulica en los puntos más bajos del sistema, con ello coadyuvar con la ventilación y flujo sin taponamiento del sistema.

La (Tabla 7.35) muestra el dimensionamiento de los colectores horizontales con dirección al alcantarillado de la ciudad.

La red de alcantarillado (trazo de colectores), en planos de AutoCAD 2018 se tiene en el (ANEXO 17).

Tabla 7.35 Colectores horizontales (Sistema de alcantarillado municipal)

TRAMO	ARTEFACTOS SANITARIOS (UD)															DEMANDA EN EL TRAMO (UD)	ACUMULADO (UD)	DIÁMETRO		PENDIENTE (%)	CAPACIDAD DE LA TUBERÍA (UD)	OBS.		
	Rp	I-fx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lug	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti			Pi	Be				(plg)	(mm)
	1	6	1	6	5	2	2	1	2	3	3	3	2	4	2			5	1					
BS1	0	21	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138	138	4	100	-	500	CUMPLE	
BS2	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	3	75	-	70	CUMPLE	
BS3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	3	75	-	70	CUMPLE	
BS4	0	9	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	62	3	75	-	70	CUMPLE	
BS1 - CX	0	21	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138	138	4	100	2	216	CUMPLE	
CX - CI3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	4	100	2	216	CUMPLE	
BAÑO DISCP.- CI3-CI4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	4	100	2	216	CUMPLE	
CI3 - CI4	1	24	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	314	6	150	2	840	CUMPLE	
BS4 - CI1	0	9	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	62	4	100	2	216	CUMPLE	
PORTERIA - CI1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	13	13	4	100	2	216	CUMPLE	
BS3 - CI1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	4	100	2	216	CUMPLE	
BS2 - CI2	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	4	100	2	216	CUMPLE	
CI1 - CI2	2	11	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	83	166	4	100	2	216	CUMPLE	
CI2 - CI4	2	20	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	137	303	6	150	2	840	CUMPLE	
CI4 - CEXIT	3	44	0	0	0	10	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	294	597	6	150	2	840	CUMPLE	

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria

La pendiente utilizada para la descarga de todos los artefactos no deberá ser menor a 0.5%, siendo recomendable manejar pendientes entre 1% a 2% según el criterio y vea conveniente para la instalación de las mismas.

En la (Tabla 7.36) detalla la cantidad de artefactos sanitarios del edificio por separado, tanto para el sistema de tratamiento como para el sistema municipal incluyendo rejillas de piso, si se compara con la (Tabla 3.2 del capítulo 3), muestra un total 117 unidades.

Tabla 7.36 Cantidades de artefactos sanitarios en cada sistema según las (Tablas 7.27 y 7.35)

Cómputos artefactos (ALCANTARILLADO)																	
	ARTEFACTOS SANITARIOS (PZA)																
	Rp	I-fx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi	Be	
TOTAL	3	44	0	0	0	10	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	61
Cómputos artefactos (TRATAMIENTO)																	
	ARTEFACTOS SANITARIOS (PZA)																
	Rp	I-fx	Bi	Uv	Ut	Ua	Uc	L	Lp	Lv	Lva	Du	Duc	Ti	Pi	Be	
TOTAL	36	0	0	0	0	0	0	44	1	2	0	12	0	0	0	95	
TOTAL (EDIFICIO)	39	44	0	0	0	10	0	46	2	2	0	13	0	0	0	156	

Fuente: Cálculos propios

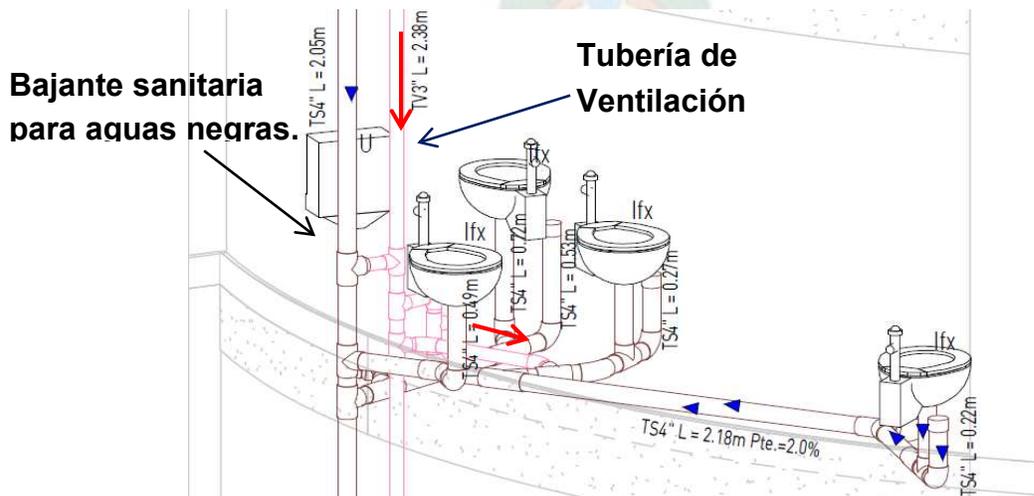
7.6 Sistema de ventilación y pluvial

El sistema de desagüe sanitario debe ser adecuadamente ventilado, a fin de mantener la presión atmosférica.

El sistema de ventilación será acorde al lugar de ubicación, lugares que se requieren ventilar los artefactos sanitarios según diseño.

Se procedió a dimensionar las columnas sanitarias de ventilación, de acuerdo a las unidades de descarga para los artefactos sanitarios según las (Tablas 7.35 al 7.38), según la guía RENISDA.

Figura 7.11 Diseño del sistema de ventilación (SHAFTS 1) - Baño mujeres y varones



Fuente: Diseño propio diseño en Revit 2020

la necesidad que posteriormente serán conectarlos a la red de principal de los colectores públicos.

Para la estimación del caudal de diseño de las diferentes partes que comprende un sistema de drenaje pluvial domiciliario, se podrá emplear la ecuación del Método Racional:

$$Qd = 0.278 * \frac{C I A}{(1000^2)}$$

Dónde:

Q d: Caudal de diseño en m³/s ecuación (1) o en m³/s/m² ecuación (2)

i: Intensidad de las lluvias a considerar (mm/h)

C: Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

A: Área de la superficie drenada (m²)

El valor del coeficiente de escurrimiento se podrá seleccionar de la (Tabla 7.41), en función del tipo de superficie del área a ser drenada.

Tabla 7.41 Valores del Coeficiente de Escurrimiento "C"

Valores del Coeficiente de Escurrimiento "C"	
Techos o cubiertas impermeables, dependiente del tipo de cobertura o superficie.	0.75 - 1.00*
Parques y jardines, dependiendo de la pendiente y características del suelo	0.010 - 0.20
Superficies asfaltadas (cemento asfáltico)	0.85 - 0.90
Superficies pavimentadas, dependiendo del tipo de revestimiento, con juntas selladas	0.75 - 0.85
Superficies pavimentadas, dependiendo del tipo de revestimiento, con juntas no selladas	0.50 - 0.70
Ingresos, pasillos empedrados de grava o gravilla	0.15 - 0.30
Superficies no revestidas, patios de ingreso, terrenos descampados	0.10 - 0.30

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias Julio, 2011 - National plumbing code, 2006)²²

La (Tabla 7.42) muestra los valores de intensidad de las lluvias en algunas ciudades de Bolivia.

Tabla 7.42 Intensidad de Lluvias en principales ciudades de Bolivia. Duración 10 min.

Ciudad+	Periodo de Retorno en Años					
	i (mm/h)	i (L/s/m ²)	i (mm/h)	i (L/s/m ²)	i (mm/h)	i (L/s/m ²)
La Paz	30	0.008	41	0.011	52	0.014
El Alto	29	0.008	35	0.01	41	0.011
Santa Cruz	86	0.024	111	0.031	135	0.037
Cochabamba	37	0.01	46	0.013	54	0.015
Trinidad	116	0.032	144	0.04	170	0.047

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias Julio, 2011 - National plumbing code, 2006)²²

El dimensionamiento para el sistema pluvial, (Tablas 7.43 a 7.45), se realizó en base a la norma RENISDA, (octubre 1994) en al trazo (vista en planta), de cada nivel del edificio en función del área servida.

Los diámetros y secciones de canaletas se calcularán tomando en cuenta las áreas de drenaje en techos o cubiertas y la intensidad de las lluvias.

Tabla 7.43 Dimensionamiento de colectores para tramos horizontales (Tabla 10.11.2 del Reglamento)

BAJANTE PLUVIAL	ÁREA SERVIDA (m ²)	DEMANDA EN EL TRAMO (m ²)	ACUMULADO (m ²)	CANALETA Base x Alto (cm)	PENDIENTE (%)	CAPACIDAD DE LA SECCIÓN (m ²)	OBSERVACIONES	LONGITUD (m)
Bajante Pluvial 2	59,77	59,77	59,77	8 x 10	0,00%	70	CUMPLE	17,22
Bajante Pluvial 5	56,15	56,15	56,15	8 x 10	0,00%	70	CUMPLE	18,20
Bajante Pluvial 4	61,35	61,35	61,35	8 x 10	0,00%	70	CUMPLE	21,78
Bajante Pluvial 6	61,35	61,35	61,35	8 x 10	0,00%	70	CUMPLE	21,78

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria

Tabla 7.44 Dimensionamiento de bajantes pluviales (Tabla 10.10.1 del Reglamento)

BAJANTE PLUVIAL	ÁREA SERVIDA (m ²)	DEMANDA EN BAJANTE (m ²)	DIÁMETRO DE BAJANTE (plg)	CAPACIDAD BAJANTE (m ²)	OBSERVACIONES
Bajante Pluvial 1	59,95	59,95	3	270	CUMPLE
Bajante Pluvial 2	59,77	90,16	3	270	CUMPLE
	30,39				
Bajante Pluvial 3	35,24	105,73	3	270	CUMPLE
	70,49				
Bajante Pluvial 4	297,24	297,24	4	570	CUMPLE
Bajante Pluvial 6	219,40	219,40	4	570	CUMPLE
Bajante Pluvial 5	56,15	226,74	4	570	CUMPLE
	170,59				

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria

Se adoptarán para la bajante pluvial 1 y 3, diámetros de 4 pulgadas según diseño.

C: 0.80 superficies pavimentadas

Precipitación pluvial 80 mm/hr.

Tabla 7.45 Dimensionamiento de Canaletas – (Vista en planta, Primer nivel)

TRAMO	ÁREA SERVIDA (m ²)	DEMANDA EN EL TRAMO (m ²)	ACUMULADO (m ²)	DIÁMETRO (plg)	PENDIENTE (%)	CAPACIDAD DE LA TUBERÍA (m ²)	OBSERVACIONES	LONGITUD (m)	ESTIMACION DE CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /s)	
BP 4	CI-1	297,24	297,24	297,24	4	2	325	CUMPLE	12,12	0,0053
BP 3	CI-1	105,73	105,73	105,73	3	2	140	CUMPLE	6,70	0,0019
CI-1	CI-2		402,97	402,97	6	2	935	CUMPLE	10,02	0,0072
BP 2	CI-2	90,16	90,16	90,16	3	2	140	CUMPLE	7,47	0,0016
BP 1	CI-4	59,95	59,95	59,95	3	2	140	CUMPLE	8,26	0,0011
CI-2	CI-4		493,13	493,13	6	2	935	CUMPLE	9,81	0,0088
CI-4	CI EXIST.		553,08	553,08	6	2	935	CUMPLE	1,56	0,0098

Fuente: Cálculos realizados en Planillas Excel - Proporcionados por la Dirección de Estudios de Pre inversión G.A.M.L.P, Área Ingeniería Sanitaria

Se adoptarán para los colectores BP 3 a CI – 1 y para la BP1; CI - 4 diámetros de 4 pulg., según diseño.

7.7 Presupuesto y mantenimiento

A continuación, se muestra un detalle del presupuesto aproximado en Excel para el diseño hidrosanitario presentado.

Tabla 7.46 Presupuesto diseño hidrosanitario separado, con sistema de reutilización

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [Bs.-]		PRECIO TOTAL [Bs.-]
					NUMERAL	LITERAL	
SISTEMA DE AGUA POTABLE							
1	GM-O-TUB-357	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 3/4" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	186,00	27,48	VEINTISIETE 48/100 BOLIVIANOS	5.111,28
2	GM-O-TUB-358	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 1/2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	114,00	24,42	VEINTICUATRO 42/100 BOLIVIANOS	2.783,88
3	GM-O-TUB-356	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 1" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	102,00	37,61	TREINTA Y SIETE 61/100 BOLIVIANOS	3.836,22
4	GM-O-TUB-355	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 1 1/2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	36,00	56,33	CINCUENTA Y SEIS 33/100 BOLIVIANOS	2.027,88
5	GM-O-TUB-354	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	24,00	65,21	SESENTA Y CINCO 21/100 BOLIVIANOS	1.566,04
6	GM-O-ACC-189	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN CODO 90° PVC 3/4" E-40	Pza	69,00	24,31	VEINTICUATRO 31/100 BOLIVIANOS	1.677,39
7	GM-O-ACC-190	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN CODO 90° PVC 1/2" E-40	Pza	78,00	21,18	VEINTIUN 18/100 BOLIVIANOS	1.652,04
8	GM-O-ACC-188	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN CODO 90° PVC 1" E-40	Pza	5,00	28,85	VEINTIOCHO 85/100 BOLIVIANOS	144,25
9	GM-O-PVB-237	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE CODO FG 90° x 1 1/2"	Pza	11,00	55,31	CINCUENTA Y CINCO 31/100 BOLIVIANOS	608,41
10	GM-O-TUB-261	PROV Y COLOC CODO 90° FG 2"	Pza	14,00	64,85	SESENTA Y CUATRO 85/100 BOLIVIANOS	907,90
11	GM-O-TUB-251	PROV Y COLOC CODO 45° FG 3/4"	Pza	3,00	36,60	TREINTA Y SEIS 60/100 BOLIVIANOS	109,80
12	GM-O-ACC-039	PROV. Y COLO. CODO FG 45° x 1"	Pza	4,00	42,35	CUARENTA Y DOS 35/100 BOLIVIANOS	169,40
13	GM-O-ACC-260	PROVISIÓN Y COLOCADO TEE PVC 1/2" (JUNTA RIGIDA A ROSCA)	Pza	33,00	15,23	QUINCE 23/100 BOLIVIANOS	502,59
14	GM-O-ACC-194	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TEE PVC 3/4" E-40	Pza	26,00	19,67	DIECINUEVE 67/100 BOLIVIANOS	511,42
15	GM-O-ACC-193	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TEE PVC 1"	Pza	26,00	28,84	VEINTIOCHO 84/100 BOLIVIANOS	749,84
16	GM-O-ACC-192	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TEE PVC 1 1/2" ROSCA	Pza	7,00	38,03	TREINTA Y OCHO 03/100 BOLIVIANOS	266,21
17	GM-O-ACC-082	PROV Y COLOC DE TEE PVC 2"	Pza	4,00	58,79	CINCUENTA Y OCHO 79/100 BOLIVIANOS	235,16
18	GM-O-ACC-233	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN REDUCCIÓN PVC DE 1" A 3/4"	Pza	25,00	17,60	DIECISIETE 60/100 BOLIVIANOS	440,00
19	GM-O-ACC-209	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN REDUCCIÓN PVC DE 3/4" A 1/2"	Pza	41,00	19,88	DIECINUEVE 88/100 BOLIVIANOS	815,08
20	GM-O-ACC-065	PROV Y COLOC REDUCCIÓN BUJE PVC 1 1/2" x 3/4"	Pza	2,00	22,29	VEINTIDOS 29/100 BOLIVIANOS	44,58
21	GM-O-PVB-259	PROV. Y COLOC. REDUCCIÓN BUJE PVC 1" x 1 1/2"	Pza	1,00	31,76	TREINTA Y UN 76/100 BOLIVIANOS	31,76
22	GM-O-ACC-106	PROV Y COLOC DE REDUCCIÓN DE PVC 1 1/2" A 1" E=40	Pza	4,00	33,32	TREINTA Y TRES 32/100 BOLIVIANOS	133,28
23	GM-O-ACC-200	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 3/4"	Pza	34,00	146,34	CIENTO CUARENTA Y SEIS 34/100 BOLIVIANOS	4.975,56
24	GM-O-ACC-202	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 1/2"	Pza	28,00	117,55	CIENTO DIECISIETE 55/100 BOLIVIANOS	3.291,40
25	GM-O-ACC-275	PROVISIÓN Y COLOCADO LLAVE DE PASO CORTINA DE BRONCE 1 1/2"	Pza	10,00	412,06	CUATROCIENTOS DOCE 06/100 BOLIVIANOS	4.120,60
26	GM-O-TUB-136	PROV Y COLOC LLAVE DE PASO DE 1"	Pza	7,00	135,08	CIENTO TREINTA Y CINCO 08/100 BOLIVIANOS	945,56
27	GM-O-ACC-196	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 2"	Pza	9,00	603,31	SEISCIENTOS TRES 31/100 BOLIVIANOS	5.429,79
28	GM-O-ACC-047	PROV Y COLOC VÁLVULA ANGULAR 1/2"	Pza	46,00	129,00	CIENTO VEINTINUEVE 00/100 BOLIVIANOS	5.934,00
29	GM-O-ACC-073	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCION BR D= 1 1/2"	Pza	2,00	193,50	CIENTO NOVENTA Y TRES 50/100 BOLIVIANOS	387,00
30	GM-O-ACC-099	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCION D= 2" DE COBRE	Pza	4,00	397,98	TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE 98/100 BOLIVIANOS	1.591,92
31	GM-O-TUB-324	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCION BR D= 3/4"	Pza	1,00	126,40	CIENTO VEINTISEIS 40/100 BOLIVIANOS	126,40
32	GM-O-ACC-245	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 3/4"	Pza	30,00	20,60	VEINTE 60/100 BOLIVIANOS	618,00
33	GM-O-ACC-226	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 1"	Pza	17,00	32,02	TREINTA Y DOS 02/100 BOLIVIANOS	544,34
34	GM-O-PVB-255	PROV. Y COLOC. COPLA FG 1/2"	Pza	19,00	29,16	VEINTINUEVE 16/100 BOLIVIANOS	554,04
35	GM-O-PVB-257	PROV. Y COLOC. COPLA FG 1 1/2"	Pza	6,00	45,34	CUARENTA Y CINCO 34/100 BOLIVIANOS	272,04
36	GM-O-ACC-206	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN COPLA FG DE 2"	Pza	4,00	45,23	CUARENTA Y CINCO 23/100 BOLIVIANOS	180,92
SOTANO - (EQUIPOS, SISTEMA AGUA TRATADA Y POTABLE)							
122	GM-O-HOR-079	H ² S° Fck=210 kg/cm2 P/TANQUE CISTERNA	m3	47,25	1836,29	UN MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y SEIS 29/100 BOLIVIANOS	86.764,70
123	GM-O-SAN-078	PROV E INST DE ACCESORIOS E IMPERMEABILIZACION PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Unid	2,00	11000,45	ONCE MIL 45/100 BOLIVIANOS	22.000,90
124	GM-O-ACC-143	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TANQUE HIDRONEUMATICO	Pza	5,00	5298,76	CINCO MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y OCHO 76/100 BOLIVIANOS	26.493,80
125	INV-ACC - 0001	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO INDUSTRIAL PARA FILTRACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	Pza	2,00	47362,72	CUARENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y DOS 72/100 BOLIVIANOS	94.725,44
126	INV-ACC - 0002	EQUIPO DOSIFICADOR SERVICLORO CAP. 250 LITROS	Pza	1,00	13771,15	TRECE MIL SETECIENTOS SETENTA Y UN 15/100 BOLIVIANOS	13.771,15
127	INV-ACC - 0003	TANQUE DE MEZCLA LÍQUIDA CON AGITADOR QUÍMICO TANQUE DE MEZCLA TANQUE AGITADOR RECIPIENTE DE MEZCLA ENCAMISADA	Pza	1,00	19119,74	DIECINUEVE MIL CIENTO DIECINUEVE 74/100 BOLIVIANOS	19.119,74
128	GM-O-BOM-012	PROVISON E INSTALACIÓN BOMBA ESTACIONARIA MONOFASICO 3 HP, 220 V 50 Ciclos	Pza	2,00	28206,30	VEINTIOCHO MIL DOSCIENTOS SEIS 30/100 BOLIVIANOS	56.412,60
129	GM-O-BOM-008	PROVISIÓN E INSTALACIÓN BOMBA ESTACIONARIA TRIFASICO 5,5HP, 380 V 50 CICLOS	Pza	2,00	25023,10	VEINTICINCO MIL VEINTITRES 10/100 BOLIVIANOS	50.046,20
130	GM-O-BAT-057	INSTALACIÓN TANQUE DE AGUA 2000LT	Pza	2,00	3810,07	TRES MIL OCHOCIENTOS DIEZ 07/100 BOLIVIANOS	7.620,14
131	GM-O-PVB-308	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE MICRO MEDIDOR DE AGUA DN 20 (1/2 PLG) CHORRO UNICO	Pza	1,00	506,18	QUINIENTOS SEIS 18/100 BOLIVIANOS	506,18

Fuente: Elaboración propia

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [Bs.-]		PRECIO TOTAL [Bs.-]
					NUMERAL	LITERAL	
ALCANTARILLADO SANITARIO DE AGUAS GRISAS Y VENTILACIÓN (CON DIRECCIÓN AL SISTEMA DE TRATAMIENTO)							
100	GM-O-TUB-354	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	128	65,21	SESENTA Y CINCO 21/100 BOLIVIANOS	8.346,88
101	GM-O-TUB-090	PROV Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC 3" C-9	ml	164	59,62	CINCUENTA Y NUEVE 62/100 BOLIVIANOS	9.777,68
102	GM-O-TUB-063	PROV Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC 4" E-40	ml	46	144,91	CIENTO CUARENTA Y CUATRO 91/100 BOLIVIANOS	6.665,86
103	GM-O-SAN-092	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN REJILLA DE PISO INTERCEPTORA ALUMINIO	Pza	36,00	227,98	DOSCIENTOS VEINTISIETE 98/100 BOLIVIANOS	8.207,28
104	GM-O-SAN-125	PROV Y COLOC DE CAJA INTERCEPTORA PVC DE 6"x50cm (C/CONEXION DE 3") CON REJILLA DE PISO DE ALUMINO D=150mm	Pza	35,00	360,23	TRESCIENTOS SESENTA 23/100 BOLIVIANOS	12.608,05
105	GM-O-TUB-261	PROV Y COLOC CODO 90° FG 2"	Pza	142,00	64,85	SESENTA Y CUATRO 85/100 BOLIVIANOS	9.208,70
106	GM-O-ACC-030	PROV Y COLOCADO DE CODO 90° PVC C-9 D=4"	Pza	4,00	914,15	NOVECIENTOS CATORCE 15/100 BOLIVIANOS	3.656,60
107	GM-O-ACC-241	PROVISIÓN Y COLOCADO CODO 45° PVC 3" C-9 (JUNTA RIGIDA UNION SOLDADA)	Pza	59,00	553,08	QUINIENTOS CINCUENTA Y TRES 08/100 BOLIVIANOS	32.631,72
108	GM-O-TUB-184	PROV Y COLOC CODO 45° PVC 2" C-9	Pza	23,00	379,82	TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE 82/100 BOLIVIANOS	8.735,86
109	GM-O-ACC-218	PROVISIÓN Y COLOCADO DE YEE PVC 3" C-9 (JUNTA RIGIDA UNION SOLDADA)	Pza	29,00	28,87	VEINTIOCHO 87/100 BOLIVIANOS	837,23
110	GM-O-TUB-187	PROV Y COLOC YEE PVC 2" C-9	Pza	5,00	33,57	TREINTA Y TRES 57/100 BOLIVIANOS	167,85
111	GM-O-ACC-110	PROV Y COLOC TEE FG 4"	Pza	3,00	406,13	CUATROCIENTOS SEIS 13/100 BOLIVIANOS	1.218,39
112	GM-O-ACC-206	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN COPLA FG DE 2"	Pza	32,00	45,23	CUARENTA Y CINCO 23/100 BOLIVIANOS	1.447,36
113	GM-O-ACC-240	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 3"	Pza	41,00	126,91	CIENTO VEINTISEIS 91/100 BOLIVIANOS	5.203,31
114	GM-O-PVB-301	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE COPLA DE REPARACIÓN PVC DN 4 plg ENCHUFES PARA AGUA CON AROS DE GOMA (JE)	Pza	11,00	603,51	SEISCIENTOS TRES 51/100 BOLIVIANOS	6.638,61
115	INV-ACC-040	VÁLVULA DE RETENCION DE LATON PARA ROSCA DE 4".	Pza	4,00	1123,26	UN MIL CIENTO VEINTITRES 26/100 BOLIVIANOS	4.493,04

ARTEFACTOS SANITARIOS (SISTEMA DE TRATAMIENTO)							
116	INV-ACC-0004	PROV. Y COLOC. DE CAMARA DESGRASADORA DE 30 X 50 CM	Pza	1,00	71,17	SETENTA Y UN 17/100 BOLIVIANOS	71,17
117	GM-O-BAT-015	LAVAPLATOS 1 DEPOSITO, 1 FREGADERO	Pza	1,00	1297,40	UN MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y SIETE 40/100 BOLIVIANOS	1.297,40
118	GM-O-SAN-097	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LAVAMANOS PARA MESON CON GRIFO	Pza	38,00	840,72	OCHOCIENTOS CUARENTA 72/100 BOLIVIANOS	31.947,36
119	GM-O-SAN-096	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LAVAMANOS CON PEDESTAL Y GRIFO	Pza	6,00	982,16	NOVECIENTOS OCHENTA Y DOS 16/100 BOLIVIANOS	5.892,96
120	GM-O-ELC-510	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE DUCHA 230V, 6800W DOBLE RESISTENCIA	Pza	13,00	468,38	CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO 38/100 BOLIVIANOS	6.088,94
121	GM-O-BAT-002	COLOC BASE DE DUCHA FIBRA DE VIDRIO 80 x 80	Pza	13,00	374,56	TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO 56/100 BOLIVIANOS	4.869,28

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [Bs.-]		PRECIO TOTAL [Bs.-]
					NUMERAL	LITERAL	
SISTEMA DE AGUA GRIS TRATADA							
37	GM-O-TUB-357	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 3/4" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	18,00	27,48	VEINTISIETE 48/100 BOLIVIANOS	494,64
38	GM-O-TUB-356	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 1" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	78,00	37,61	TREINTA Y SIETE 61/100 BOLIVIANOS	2.933,58
39	GM-O-TUB-355	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 1 1/2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	210,00	56,33	CINCUENTA Y SEIS 33/100 BOLIVIANOS	11.829,30
40	GM-O-TUB-354	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	66,00	65,21	SESENTA Y CINCO 21/100 BOLIVIANOS	4.303,86
41	GM-O-PVB-234	PROVISIÓN Y TENDIDO DE TUBERÍA FG 3"	m	18,00	209,06	DOSCIENTOS NUEVE 06/100 BOLIVIANOS	3.763,08
42	GM-O-ACC-189	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN CODO 90° PVC 3/4" E-40	Pza	19,00	24,31	VEINTICUATRO 31/100 BOLIVIANOS	461,89
43	GM-O-ACC-188	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN CODO 90° PVC 1" E-40	Pza	23,00	28,85	VEINTIOCHO 85/100 BOLIVIANOS	663,55
44	GM-O-PVB-237	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE CODO FG 90° 1 1/2"	Pza	108,00	55,31	CINCUENTA Y CINCO 31/100 BOLIVIANOS	5.973,48
45	GM-O-TUB-261	PROV Y COLOC CODO 90° FG 2"	Pza	32,00	64,85	SESENTA Y CUATRO 85/100 BOLIVIANOS	2.075,20
46	GM-O-ACC-112	PROV Y COLOC DE CODO 90°, PVC 3" C-9	Pza	11,00	535,11	QUINIENTOS TREINTA Y CINCO 11/100 BOLIVIANOS	5.886,21
47	GM-O-PVB-271	PROV Y COLOC. CODO 45° x 1 1/2"	Pza	2,00	83,23	OCHENTA Y TRES 23/100 BOLIVIANOS	166,46
48	GM-O-ACC-194	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TEE PVC 3/4" E-40	Pza	3,00	19,67	DIECINUEVE 67/100 BOLIVIANOS	59,01
49	GM-O-ACC-193	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TEE PVC 1"	Pza	21,00	28,84	VEINTIOCHO 84/100 BOLIVIANOS	605,64
50	GM-O-ACC-192	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TEE PVC 1 1/2" ROSCA	Pza	25,00	38,03	TREINTA Y OCHO 03/100 BOLIVIANOS	950,75
51	GM-O-TUB-248	PROV Y COLOC TEE FG 2"	Pza	13,00	79,36	SETENTA Y NUEVE 36/100 BOLIVIANOS	1.031,68
52	GM-O-ACC-126	PROV Y COLOC DE TEE PVC 3" E-40	Pza	4,00	818,83	OCHOCIENTOS DIECIOCHO 83/100 BOLIVIANOS	3.275,32
53	GM-O-ACC-150	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN REDUCCIÓN FG 3" A 2"	Pza	1,00	81,55	OCHENTA Y UN 55/100 BOLIVIANOS	81,55
54	GM-O-ACC-083	PROV Y COLOC REDUCCIÓN BUJE PVC 2 x 1 1/2"	Pza	1,00	30,60	TREINTA 60/100 BOLIVIANOS	30,60
55	GM-O-ACC-097	PROV Y COLOC DE REDUCCIÓN DE COBRE 1 1/2" A 1"	Pza	42,00	195,94	CIENTO NOVENTA Y CINCO 94/100 BOLIVIANOS	8.229,48
56	GM-O-ACC-065	PROV Y COLOC REDUCCIÓN BUJE PVC 1 1/2" x 3/4"	Pza	2,00	22,29	VEINTIDOS 29/100 BOLIVIANOS	44,58
57	GM-O-ACC-066	PROV Y COLOC REDUCCIÓN BUJE PVC 1" x 3/4"	Pza	6,00	18,93	DIECIOCHO 93/100 BOLIVIANOS	113,58
58	GM-O-ACC-200	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 3/4"	Pza	11,00	146,34	CIENTO CUARENTA Y SEIS 34/100 BOLIVIANOS	1.609,74
59	GM-O-TUB-136	PROV Y COLOC LLAVE DE PASO DE 1"	Pza	22,00	135,08	CIENTO TREINTA Y CINCO 08/100 BOLIVIANOS	2.971,76
60	GM-O-ACC-275	PROVISIÓN Y COLOCADO LLAVE DE PASO CORTINA DE BRONCE 1 1/2"	Pza	51,00	412,06	CUATROCIENTOS DOCE 06/100 BOLIVIANOS	21.015,06
61	GM-O-ACC-196	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 2"	Pza	19,00	603,31	SEISCIENTOS TRES 31/100 BOLIVIANOS	11.462,89
62	GM-O-ACC-237	PROVISIÓN Y COLOCADO LLAVE DE PASO DE BRONCE 3"	Pza	11,00	1476,27	UN MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS 27/100 BOLIVIANOS	16.238,97
63	GM-O-ACC-099	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCION D= 2" DE COBRE	Pza	5,00	397,98	TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE 98/100 BOLIVIANOS	1.989,90
64	GM-O-ACC-108	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCION BR D= 3"	Pza	5,00	566,02	QUINIENTOS SESENTA Y SEIS 02/100 BOLIVIANOS	2.830,10
65	GM-O-ACC-226	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 1"	Pza	12,00	32,02	TREINTA Y DOS 02/100 BOLIVIANOS	384,24
66	GM-O-PVB-257	PROV. Y COLOC. COPLA FG 1 1/2"	Pza	34,00	45,34	CUARENTA Y CINCO 34/100 BOLIVIANOS	1.541,56
67	GM-O-ACC-206	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN COPLA FG DE 2"	Pza	10,00	45,23	CUARENTA Y CINCO 23/100 BOLIVIANOS	452,30
68	GM-O-ACC-245	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 3/4"	Pza	3,00	20,60	VEINTE 60/100 BOLIVIANOS	61,80

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [Bs.-]		PRECIO TOTAL [Bs.-]
					NUMERAL	LITERAL	
ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL Y VENTILACIÓN (CON DESAGUE AL SISTEMA MUNICIPAL)							
69	GM-O-TUB-354	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA PVC 2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	m	8,00	65,21	SESENTA Y CINCO 21/100 BOLIVIANOS	521,68
70	GM-O-TUB-090	PROV Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC 3" C-9	ml	294,00	59,62	CINCUENTA Y NUEVE 62/100 BOLIVIANOS	17.528,28
71	GM-O-TUB-081	PROV Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC 4" C-9	ml	438,00	88,44	OCHENTA Y OCHO 44/100 BOLIVIANOS	38.736,72
72	GM-O-TUB-092	PROV Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC 6" SDR 41 ANILLO DE GOMA	ml	47,00	93,39	NOVENTA Y TRES 39/100 BOLIVIANOS	4.389,33
73	GM-O-ACC-110	PROV Y COLOC TEE FG 4"	Pza	19,00	406,13	CUATROCIENTOS SEIS 13/100 BOLIVIANOS	7.716,47
74	GM-O-ACC-126	PROV Y COLOC DE TEE PVC 3" E-40	Pza	34,00	818,83	OCHOCIENTOS DIECIOCHO 83/100 BOLIVIANOS	27.840,22
75	GM-O-TUB-261	PROV Y COLOC CODO 90° FG 2"	Pza	11,00	64,85	SESENTA Y CUATRO 85/100 BOLIVIANOS	713,35
76	GM-O-ACC-149	PROVISIÓN Y COLOCADO CODO 90° FG 3"	Pza	53,00	180,03	CENTO OCHENTA 03/100 BOLIVIANOS	9.541,59
77	GM-O-ACC-030	PROV Y COLOCADO DE CODO 90° PVC C-9 D=4"	Pza	44,00	914,15	NOVECIENTOS CATORCE 15/100 BOLIVIANOS	40.222,60
78	GM-O-ACC-225	PROVISIÓN Y COLOCADO CODO 90° DE PVC 6" C-9	Pza	2,00	1672,68	UN MIL SEISCIENTOS SETENTA Y DOS 68/100 BOLIVIANOS	3.345,36
79	GM-O-ACC-069	PROV Y COLOC CODO 45° PVC 4" C-9	Pza	98,00	907,92	NOVECIENTOS SIETE 92/100 BOLIVIANOS	88.976,16
80	GM-O-ACC-241	PROVISIÓN Y COLOCADO CODO 45° PVC 3" C-9 (JUNTA RIGIDA UNION SOLDADA)	Pza	73,00	553,08	QUINIENTOS CINCUENTA Y TRES 08/100 BOLIVIANOS	40.374,84
81	GM-O-TUB-184	PROV Y COLOC CODO 45° PVC 2" C-9	Pza	2,00	379,82	TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE 82/100 BOLIVIANOS	759,64
82	GM-O-ACC-038	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE YEE C=9 D= 4"	Pza	62,00	355,70	TRESCIENTOS CINCUENTA Y CINCO 70/100 BOLIVIANOS	22.053,40
83	GM-O-ACC-111	PROV Y COLOC DE YEE DE REDUCCIÓN PVC C-9 4"x3"	Pza	46,00	58,52	CINCUENTA Y OCHO 52/100 BOLIVIANOS	2.691,92
84	GM-O-ACC-218	PROVISIÓN Y COLOCADO DE YEE PVC 3" C-9 (JUNTA RIGIDA UNION SOLDADA)	Pza	8,00	28,87	VENTIOCHO 87/100 BOLIVIANOS	230,96
85	GM-O-ACC-311	PROVISIÓN Y COLOCADO DE TAPON ROSCADO PARA REGISTRO PVC 6"	Pza	1,00	378,55	TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO 55/100 BOLIVIANOS	378,55
86	GM-O-SAN-092	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN REJILLA DE PISO INTERCEPTORA ALUMINIO	Pza	29,00	227,98	DOSCIENTOS VEINTISIETE 98/100 BOLIVIANOS	6.611,42
87	GM-O-ACC-312	PROVISIÓN Y COLOCADO DE TAPON ROSCADO PARA REGISTRO PVC 4"	Pza	40,00	279,54	DOSCIENTOS SETENTA Y NUEVE 54/100 BOLIVIANOS	11.181,60
88	GM-O-ACC-121	PROV Y COLOC DE REDUCCIÓN DE 4" A 3" DE PVC C-9	Pza	11,00	571,88	QUINIENTOS SETENTA Y UN 88/100 BOLIVIANOS	6.290,68
89	GM-O-ACC-206	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN COPLA FG DE 2"	Pza	2,00	45,23	CUARENTA Y CINCO 23/100 BOLIVIANOS	90,46
90	GM-O-ACC-240	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 3"	Pza	59,00	126,91	CENTO VEINTISEIS 91/100 BOLIVIANOS	7.487,69
91	GM-O-PVB-301	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE COPLA DE REPARACIÓN PVC DN 4 plg ENCHUFES PARA AGUA CON AROS DE GOMA (JE)	Pza	93,00	603,51	SEISCIENTOS TRES 51/100 BOLIVIANOS	56.126,43
92	GM-O-SAN-125	PROV Y COLOC DE CAJA INTERCEPTORA PVC DE 6"x50cm (C/CONEXION DE 3") CON REJILLA DE PISO DE ALUMINO D=150mm	Pza	3,00	360,23	TRESCIENTOS SESENTA 23/100 BOLIVIANOS	1.080,69
ARTEFACTOS SANITARIOS (SISTEMA DE MUNICIPAL)							
93	INV-ACC-0004	PROV. Y COLOC. DE CAMARA DESGRASADORA DE 30 X 50 CM	Pza	1	71,17	SETENTA Y UN 17/100 BOLIVIANOS	71,17
94	GM-O-BAT-015	LAVAPLATOS 1 DEPOSITO, 1 FREGADERO	Pza	1	1297,4	UN MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y SIETE 40/100 BOLIVIANOS	1297,4
95	GM-O-SAN-096	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LAVAMANOS CON PEDESTAL Y GRIFO	Pza	2	982,16	NOVECIENTOS OCHENTA Y DOS 16/100 BOLIVIANOS	1964,32
96	GM-O-ELC-510	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE DUCHA 230V, 6800W DOBLE RESISTENCIA	Pza	1	468,38	CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO 38/100 BOLIVIANOS	468,38
97	GM-O-BAT-002	COLOC BASE DE DUCHA FIBRA DE VIDRIO 80 x 80	Pza	1	374,56	TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO 56/100 BOLIVIANOS	374,56
98	GM-O-BAT-089	INODORO PARA VÁLVULA DE DESCARGA	Pza	46	1744,82	UN MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CUATRO 82/100 BOLIVIANOS	80261,72
99	GM-O-BAT-036	PROV Y COLOC DE URINARIO DE PARED CON GRIFO TEMPORIZADOR Y ACCESORIOS	Pza	11	972,91	NOVECIENTOS SETENTA Y DOS 91/100 BOLIVIANOS	10702,01

Fuente: Elaboración propia

La (Tabla 7.46), muestra los Ítems para el diseño hidrosanitario, con la separación de tuberías.

A continuación, se completará los demás Ítems, sistema contra incendios, sistema de agua caliente con recirculación, tubería de rebose y complementarios.

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [Bs.-]		PRECIO TOTAL [Bs.-]
					NUMERAL	LITERAL	
SISTEMA DE AGUA CALIENTE CON RECIRCULACIÓN - NIVEL 1,3 Y 5							
152	GM-O-TUB-335	PROV E INST DE TUBERÍA DE POLIPROPILENO H3 DE 1/2" SIN ACCESORIOS	m	138,00	29,27	VEINTINUEVE 27/100 BOLIVIANOS	4.039,26
153	GM-O-TUB-400	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 3/4" (3 CAPAS) DE POLIPROPILENO - PARA AGUA CALIENTE Y FRIA	m	42,00	28,50	VEINTIOCHO 50/100 BOLIVIANOS	1.197,00
154	GM-O-PVB-231	PROVISIÓN Y TENDIDO DE TUBERÍA FG 1"	m	48,00	76,51	SETENTA Y SEIS 51/100 BOLIVIANOS	3.672,48
155	GM-O-TUB-163	RECUBRIMIENTO P/TUB AGUA CALIENTE 1"	m	48,00	13,04	TRECE 04/100 BOLIVIANOS	625,92
156	GM-O-ACC-396	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE LLAVE DE PASO DE 3/4" DE POLIPROPILENO UNION FUSION - PARA AGUA CALIENTE Y FRIA	Pza	3,00	126,01	CIENTO VEINTISEIS 01/100 BOLIVIANOS	378,03
157	GM-O-ACC-202	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 1/2"	Pza	14,00	117,55	CIENTO DIECISIETE 55/100 BOLIVIANOS	1.645,70
158	GM-O-ACC-198	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 1"	Pza	8,00	183,96	CIENTO OCHENTA Y TRES 96/100 BOLIVIANOS	1.471,68
159	GM-O-ACC-071	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCION D= 1/2" DE COBRE	Pza	5,00	113,91	CIENTO TRECE 91/100 BOLIVIANOS	569,55
160	GM-O-ACC-101	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCION D=1" DE COBRE	Pza	3,00	167,97	CIENTO SESENTA Y SIETE 97/100 BOLIVIANOS	503,91
161	GM-O-PVB-245	PROV. Y COLOC CODO FG 90° x 1/2"	Pza	50,00	28,04	VEINTIOCHO 04/100 BOLIVIANOS	1.402,00
162	GM-O-ACC-392	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE CODO 90° DE 3/4" DE POLIPROPILENO UNION FUSION - PARA AGUA CALIENTE Y FRIA	Pza	12,00	15,20	QUINCE 20/100 BOLIVIANOS	182,40
163	GM-O-ACC-244	PROVISIÓN Y COLOCADO CODO 90° FG 1"	Pza	9,00	33,42	TREINTA Y TRES 42/100 BOLIVIANOS	300,78
164	GM-O-TUB-251	PROV Y COLOC CODO 45° FG 3/4"	Pza	3,00	36,60	TREINTA Y SEIS 60/100 BOLIVIANOS	109,80
165	GM-O-ACC-074	PROV Y COLOC DE CODO D= 1/2" DE COBRE	Pza	3,00	28,41	VEINTIOCHO 41/100 BOLIVIANOS	85,23
166	GM-O-PVB-247	PROV. Y COLOC. TEE FG. 1"	Pza	8,00	39,05	TREINTA Y NUEVE 05/100 BOLIVIANOS	312,40
167	GM-O-TUB-244	PROV Y COLOC TEE FG 1/2"	Pza	16,00	28,93	VEINTIOCHO 93/100 BOLIVIANOS	462,88
168	GM-O-ACC-393	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TEE DE 3/4" DE POLIPROPILENO UNION FUSION - PARA AGUA CALIENTE Y FRIA	Pza	5,00	20,99	VEINTE 99/100 BOLIVIANOS	104,95
169	GM-O-ACC-394	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE REDUCCIÓN DE 3/4" A 1/2" DE POLIPROPILENO UNION FUSION - PARA AGUA CALIENTE Y FRIA	Pza	18,00	12,75	DOCE 75/100 BOLIVIANOS	229,50
170	GM-O-PVB-255	PROV. Y COLOC. COPLA FG 1/2"	Pza	21,00	29,16	VEINTINUEVE 16/100 BOLIVIANOS	612,36
171	GM-O-ACC-395	UNIDAD INTERIOR E INTERACUMULADOR DE A.C.S., SISTEMA AIRE-AGUA MULTI-SPLIT, PARA PRODUCCIÓN DE A.C.S. Y CALEFACCIÓN.	Pza	7,00	46,37	CUARENTA Y SEIS 37/100 BOLIVIANOS	324,59
172	GM-O-ACC-226	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 1"	Pza	8,00	32,02	TREINTA Y DOS 02/100 BOLIVIANOS	256,16

SOTANO - (EQUIPOS SISTEMA DE AGUA CALIENTE CON RECIRCULACIÓN): NIVEL 1,3 Y 5							
173	GM-O-SAN-127	PROV E INST DE BOMBA RECIRCULADORA 1 HP CON TERMOSTATO PARA AGUA CALIENTE	Pza	1,00	3803,29	TRES MIL OCHOCIENTOS TRES 29/100 BOLIVIANOS	3.803,29
174	GM-O-TER-307	PROVISIÓN, INSTALACIÓN, PUESTA EN MARCHA Y CALIBRACION DE CALDERA GENERADORA DE AGUA CALIENTE CAPACIDAD INPUT 180000 BTU/H OUTPUT 145800 BTU/H	Pza	1,00	23853,30	VEINTITRES MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y TRES 30/100 BOLIVIANOS	23.853,30
175	ICV-ACC-072	UNIDAD INTERIOR E INTERACUMULADOR DE A.C.S., SISTEMA AIRE-AGUA MULTI-SPLIT, PARA PRODUCCIÓN DE A.C.S. Y CALEFACCIÓN.	Pza	1,00	51877,86	CINCUENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y SIETE 86/100 BOLIVIANOS	51.877,86

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [Bs.-]		PRECIO TOTAL [Bs.-]
					NUMERAL	LITERAL	
SISTEMA CONTRA INCENDIOS							
132	GM-O-GAS-111	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO NEGRO SCH-40 DE 3"	m	18,00	1367,30	UN MIL TRESCIENTOS SESENTA Y SIETE 30/100 BOLIVIANOS	24.611,40
133	GM-O-GAS-112	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO NEGRO SCH-40 DE 2"	m	114,00	1129,43	UN MIL CIENTO VEINTINUEVE 43/100 BOLIVIANOS	128.755,02
134	GM-O-GAS-113	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO NEGRO SCH-40 DE 1 1/2"	m	204,00	949,05	NOVECIENTOS CUARENTA Y NUEVE 05/100 BOLIVIANOS	193.606,20
135	GM-O-PVB-237	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE CODO FG 90° 1 1/2"	Pza	69,00	55,31	CINCUENTA Y CINCO 31/100 BOLIVIANOS	3.816,39
136	GM-O-PVB-243	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE CODO FG 90° 2"	Pza	10,00	62,11	SESENTA Y DOS 11/100 BOLIVIANOS	621,10
137	GM-O-TUB-263	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN CODO 90° FG 3"	Pza	13,00	175,49	CIENTO SETENTA Y CINCO 49/100 BOLIVIANOS	2.281,37
138	GM-O-ACC-144	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN CODO 45° FG 1 1/2"	Pza	12,00	78,67	SETENTA Y OCHO 67/100 BOLIVIANOS	944,04
139	GM-O-ACC-237	PROVISIÓN Y COLOCADO LLAVE DE PASO DE BRONCE 3"	Pza	3,00	1476,27	UN MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS 27/100 BOLIVIANOS	4.428,81
140	GM-O-ACC-196	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 2"	Pza	24,00	603,31	SEISCIENTOS TRES 31/100 BOLIVIANOS	14.479,44
141	GM-O-ACC-303	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO CORTINA DE BRONCE 1 1/2"	Pza	29,00	529,87	QUINIENTOS VEINTINUEVE 87/100 BOLIVIANOS	15.366,23
142	GM-O-TUB-247	PROV Y COLOC TEE FG 1 1/2"	Pza	25,00	86,02	OCHENTA Y SEIS 02/100 BOLIVIANOS	2.150,50
143	GM-O-TUB-250	PROV Y COLOC TEE FG 3"	Pza	6,00	219,28	DOSCIENTOS DIECINUEVE 28/100 BOLIVIANOS	1.315,68
144	GM-O-SAN-086	PROV Y COLOC VÁLVULA ANGULAR BR 1 1/2"	Pza	25,00	266,26	DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS 26/100 BOLIVIANOS	6.656,50
145	GM-O-ACC-108	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCION BR D= 3"	Pza	4,00	566,02	QUINIENTOS SESENTA Y SEIS 02/100 BOLIVIANOS	2.264,08
146	GM-O-ACC-150	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN REDUCCIÓN FG 3" A 2"	Pza	6,00	81,55	OCHENTA Y UN 55/100 BOLIVIANOS	489,30
147	GM-O-ACC-229	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 1 1/2"	Pza	33,00	43,51	CUARENTA Y TRES 51/100 BOLIVIANOS	1.435,83
148	GM-O-ACC-206	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN COPLA FG DE 2"	Pza	19,00	45,23	CUARENTA Y CINCO 23/100 BOLIVIANOS	859,37
149	GM-O-ACC-240	PROVISIÓN Y COLOCADO COPLA FG 3"	Pza	3,00	126,91	CIENTO VEINTISEIS 91/100 BOLIVIANOS	380,73

SOTANO - (EQUIPOS SISTEMA CONTRA INCENDIOS)							
150	GM-O-ACC-181	PROVISIÓN E INSTALACIÓN GABINETE PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	Pza	1,00	8402,99	OCHO MIL CUATROCIENTOS DOS 99/100 BOLIVIANOS	8.402,99
151	IOB-ACC-021	GRUPO DE PRESIÓN DE AGUA CONTRA INCENDIOS, FORMADO POR: UNA BOMBA PRINCIPAL CENTRÍFUGA UNA BOMBA AUXILIAR JOCKEY	Pza	1,00	84363,47	OCHENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y TRES 47/100 BOLIVIANOS	84.363,47

TUBERÍA LIMPIEZA Y REBOSE							
176	GM-O-PVB-233	PROVISIÓN Y TENDIDO DE TUBERÍA FG 2"	m	97,00	124,04	CIENTO VEINTICUATRO 04/100 BOLIVIANOS	12.031,88
177	GM-O-ACC-196	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN LLAVE DE PASO DE BRONCE 2"	Pza	32,00	603,31	SEISCIENTOS TRES 31/100 BOLIVIANOS	19.305,92
178	GM-O-ACC-099	PROV Y COLOC VÁLVULA DE RETENCIÓN D= 2" DE COBRE	Pza	11,00	397,98	TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE 98/100 BOLIVIANOS	4.377,78
179	GM-O-PVB-243	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE CODO FG 90° 2"	Pza	26,00	62,11	SESENTA Y DOS 11/100 BOLIVIANOS	1.614,86
180	GM-O-TUB-184	PROV Y COLOC CODO 45° PVC 2" C-9	Pza	2,00	379,82	TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE 82/100 BOLIVIANOS	759,64
181	GM-O-BOM-016	PROVISIÓN E INSTALACIÓN BOMBA ESTACIONARIA MONOFÁSICA 1 HP, 220V, 50 CICLOS	Pza	1,00	15019,53	QUINCE MIL DIECINUEVE 53/100 BOLIVIANOS	15.019,53
182	GM-O-TUB-248	PROV Y COLOC TEE FG 2"	Pza	12,00	79,36	SETENTA Y NUEVE 36/100 BOLIVIANOS	952,32
183	GM-O-ACC-206	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN COPLA FG DE 2"	Pza	17,00	45,23	CUARENTA Y CINCO 23/100 BOLIVIANOS	768,91
COMPLEMENTARIOS							
184	GM-O-BAJ-018	PROV. Y COLOC. CANALETA DE CALAMINA Nº28 CORTE 50 C/ SOLDADURA DE ESTAÑO	m	78,98	167,18	CIENTO SESENTA Y SIETE 18/100 BOLIVIANOS	13.203,88
185	GM-O-TUB-362	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN TUBERÍA FLEXIBLE PERFORADA (PEAD) PARA DRENAJE Ø 6"	m	42,00	84,51	OCHENTA Y CUATRO 51/100 BOLIVIANOS	3.549,42
186	GM-O-EXC-007	EXCAVACIÓN 0 - 1 m S/ AGOTAMIENTO TERRENO SEMIDURO	m3	58,05	88,15	OCHENTA Y OCHO 15/100 BOLIVIANOS	5.117,11
187	GM-O-REL-014	CAMA DE ASIENTO PARA TUBERÍA	m3	7,09	123,68	CIENTO VEINTITRES 68/100 BOLIVIANOS	876,69
188	GM-O-REL-004	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA CERNIDA	m3	24,71	179,91	CIENTO SETENTA Y NUEVE 91/100 BOLIVIANOS	4.445,58
189	GM-O-REL-039	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA COMUN CON MAQUINARIA (NO INCLUYE MATERIAL)	m3	35,83	58,65	CINCUENTA Y OCHO 65/100 BOLIVIANOS	2.101,43
190	GM-O-CAM-002	CAMARA DE INSPECCIÓN 0.6*0.6*1.0 DE MAMPOSTERÍA	Pza	3,00	1304,49	UN MIL TRESCIENTOS CUATRO 49/100 BOLIVIANOS	3.913,47
191	GM-O-CAM-019	CAMARA DE REGISTRO 25 x 25 cm	Pza	3,00	408,32	CUATROCIENTOS OCHO 32/100 BOLIVIANOS	1.224,96

Fuente: Elaboración propia

En base al diseño realizado vista en planta y en isométrico de cada sistema se efectuaron los cálculos de esta manera mostrar el ahorro económico de proyecto con sistema de tratamiento, con un presupuesto estimado de **1.888.841,78 Bs.-** (Un millón ochocientos ochenta y ocho mil ochocientos cuarenta y uno con 78/100 bolivianos).

Donde se presentará un presupuesto aproximado ante el uso y no uso, de sistemas de reutilización de aguas grises.

Tabla 7.47 Comparación económica con y sin sistema de reutilización

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO	PRESUPUESTO REFERENCIAL
DISEÑO HIDROSANITARIO (DISEÑADO DE MANERA TRADICIONAL) - SIN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN	1.559.248,88
DISEÑO HIDROSANITARIO (DISEÑADO CON ADECUACIÓN DE TUBERÍAS - SEPARADO) - CON SISTEMA DE REUTILIZACIÓN	1.888.841,78

La (Tabla 7.47) muestra el presupuesto aproximado en bolivianos, en base a precios unitarios proporcionados por el Gobierno Autónomo Municipal La Paz, gestión 2018 - Dirección de estudios de pre inversión (Área Ingeniería Sanitaria).

Alternativa para el mantenimiento – Sistema de aguas grises

El mantenimiento, visto como una función de soporte dentro de un sistema de tratamiento, cobra importancia absoluta en el momento en que comenzamos a analizar todos los equipos del sistema planteado tales como bombas, tanques, dosificadores, filtros, hidroceles etc., grupo de equipos considerados rotativos y que merecen una atención especial, tanto en la instalación como en la operación y más aún en su mantenimiento, que es la acción que permite garantizar la disponibilidad del sistema una vez que se ha detenido por una falla o por una parada programada, para intervenirlo y devolverle así las condiciones de operación necesarias para que continúe la prestación del servicio para el cual fue diseñado y seleccionado.

Se propone dos alternativas con el cierre y manipuleo de válvulas del sistema diseñado, implementando al costo adicional tanques de almacenamiento de aguas potables, utilizando el mismo sistema presentado ubicándolo en el último nivel, eso previo análisis con el cálculo estructural y arquitectónico del edificio.

Sin embargo, antes de abordar el tema de mantenimiento en sí, es prudente hacer una breve revisión del sistema en general.

Primera alternativa de mantenimiento:

En el caso por falla del sistema de tratamiento planteado, se deberá contar con la custodia de un operario capacitado, a fin de evitar accidentes o mal manejo.

De acuerdo al diseño realizado, según el reglamento de instalaciones y aplicando un software para el diseño hidrosanitario, como la realización del trazo de tuberías en dos y tres dimensiones, se vio la forma de abastecer al edificio de agua potable para el caso de inodoros y urinarios, para esto se vio la necesidad de realizar el cálculo del sistema por el método de Hunter de la misma manera al que se procedió en el sistema de distribución de agua potable y así llegue el agua según la potencia de la Bomba.

Se situaron tanques de polietileno, en la terraza del edificio a fin de almacenar agua potable, en casos de falla del sistema de tratamiento o no se genere la cantidad suficiente de aguas grises por los usuarios del edificio, se ensambló las tuberías en el séptimo nivel, con la readecuación de entrada y salida en base a válvulas anti retorno y válvulas de cierre, percatándose de que el agua potable no regrese por la misma tubería de agua potable sino por la tubería de agua tratada y con el accionar de válvulas de cierre, estas aguas negras irán directamente al sistema municipal de la ciudad (**ANEXO 18**).

Segunda alternativa de mantenimiento:

Como segunda alternativa se vio conveniente en el trazo y diseño elaborado, direccionar las tuberías del sistema de tratamiento ubicadas en el sótano al sistema municipal, con la aplicación de un sistema de bombeo de agua hacia la red de alcantarillado municipal de la ciudad.

Esto con el fin de no almacenar la generación las aguas grises del edificio por los usuarios, en caso de no funcionamiento del sistema de tratamiento o falla eléctrica para la no acumulación de aguas grises en los tanques recolectores de aguas grises del sistema, como se detalla en el (**ANEXO 19**).

CAPITULO 8

8.1 Conclusiones

- De acuerdo con los volúmenes de agua calculados en los distintos puntos sanitarios en el edificio, se observa que el consumo de agua potable está estrechamente ligado con la estratificación socioeconómica, de los cuales 34,08 litros, corresponde al uso en inodoros y 17,04 litros al uso de urinarios siendo un total de 51,12 litros de agua, para los cuales no se requiere el empleo de agua potable, además considerando que el 50% del agua potable empleada proveniente de duchas, y lavadora generan aguas grises se podrían reutilizar para inodoros y urinarios, luego de un tratamiento adecuado.
- La caracterización realizada a las aguas grises recolectadas en otros edificios y viviendas, se evidencia que la calidad del agua generada depende de múltiples factores, los cuales están asociados con las características de la fuente de abastecimiento de agua potable y del uso de diferentes marcas y/o productos de aseo.
- Se debe tener presente que no es recomendable utilizar las aguas grises sin aplicar algún tipo de tratamiento, aunque sean aguas poco contaminadas, igualmente poseen patógenos que pueden ser dañinos para la salud.
- Los estudios realizados en laboratorio muestran que el agua tratada si podría dar una ventaja al uso de agua potable, reduciendo costos y disminuir el costo de la factura correspondiente al servicio de agua potable, logrando un retorno de la inversión a largo plazo.
- Con el transcurso del tiempo, la problemática de abastecimiento de agua potable y contaminación hídrica en nuestra ciudad, hará más urgente diseñar y construir edificios multifamiliares y comerciales bajo la perspectiva de edificios verdes, dicho lo anterior este proyecto surge como una alternativa para realizar el diseño implementando un sistema de reutilización de aguas grises, para esto se buscó rediseñar la instalación hidrosanitaria con la separación de tuberías para aguas grises y aguas negras y reutilizar las aguas grises después de un tratamiento para la limpieza de los inodoros y urinarios, a través de prácticas (toma de muestras) y el análisis de parámetros fisicoquímicos en laboratorio y aplicarlos al edificio administrativo **CASA DE LAS CEBRAS** dependientes del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- La viabilidad técnica de un proyecto para la reutilización de las aguas grises está ligada a la obtención de los permisos ambientales correspondientes, dado que en la actualidad no existe ningún tipo de normativa al respecto.
No obstante, su principal restricción podría estar en la disponibilidad de redes hidráulicas y sanitarias y del espacio dentro de los edificios residenciales para la implementación de una planta de tratamiento, así como se procedió en el capítulo 6.
- La posibilidad de adaptación del sistema propuesto en edificios ya construidos que cuentan con espacio suficiente en las áreas comunes dependería en gran medida de las adecuaciones hidráulicas y sanitarias a implementar.
Esto, sin embargo, significa un sobrecosto importante en comparación con el valor de la inversión incorporada en un proyecto nuevo, donde el costo de inversión inicial estaría contemplado en la compra del inmueble.

- El presupuesto estimado para el diseño hidrosanitario diseñado de **manera tradicional sin sistema de tratamiento**, que compone el diseño de la red de agua potable, red de agua caliente con recirculación, sistema contra incendios, diseño de la red de alcantarillado sanitario, pluvial, y ventilación del bloque administrativo CASA DE LAS CEBRAS es de **1.559.248,88 Bs.-** (Un millón quinientos cincuenta y nueve mil doscientos cuarenta y ocho con 88/100 bolivianos).
- El presupuesto estimado para el diseño hidrosanitario separado (Con la adecuación de tuberías para aguas grises y negras y la **implementación un sistema de tratamiento**, compone el diseño de la red de agua potable, red de aguas grises tratadas, red de agua caliente con recirculación, sistema contra incendios, pluvial, diseño de la red de alcantarillado sanitario con desagüe a la ciudad y sistema de tratamiento ambos son su sistema de ventilación) del bloque administrativo CASA DE LAS CEBRAS es de **1.888.841.78 Bs.-** (Un millón ochocientos ochenta y ocho mil ochocientos cuarenta y uno con 78/100 Bolivianos).
- El presupuesto hidrosanitario diseñado de manera tradicional **sin sistema de tratamiento**, implementando **Calefones eléctricos** en el primer nivel (portería), tercer nivel y quinto nivel del edificio, donde están ubicadas las duchas, es decir, sin una red de agua caliente con recirculación es de **1.495.759,31 Bs.-** (Un millón cuatrocientos noventa y cinco mil setecientos cincuenta y nueve con 31/100 bolivianos).
- Para el diseño hidrosanitario **se realizó en REVIT 2020, presentado en este proyecto**, con la readecuación de tuberías, se seleccionó calefones eléctricos instantáneos monofásicos en base a una guía de instalación de agua caliente, así de este modo reducir costos de instalación tanto en tuberías como equipos en la instalación de agua caliente con recirculación. **El presupuesto del diseño hidrosanitario separado, con la adecuación de tuberías separadas con sistema de tratamiento, implementando Calefones** en el primer nivel, tercer nivel y quinto nivel del edificio, donde están ubicadas las duchas es decir sin una red de agua caliente con recirculación es de **1.823.775,75 Bs.-** (Un millón ochocientos veinte y tres mil setecientos setenta y cinco con 75/100 bolivianos).
- Para el diseño presentado: red de agua potable y red de agua caliente con calefones, red de agua gris tratada, red de alcantarillado con desagüe sanitario al sistema de tratamiento, y la red de alcantarillado para aguas negras direccionadas al sistema municipal, con su respectiva ventilación, se diseñó en AUTO CAD 2018 y REVIT 2020, para el sistema de la red de agua caliente con recirculación y sistema contra incendios se diseñó en AUTO CAD 2018.
- Para el caso de mantenimiento y operación en caso de falla o parada programada por el sistema de tratamiento, o no se genere la cantidad suficiente de aguas grises en el edificio, se propone dos alternativas con el cierre y manipuleo de llaves de paso, bajo la custodia de un encargado capacitado o portero del edificio, para esto se debe verificar según planos arquitectónicos y estructurales, donde se propone un rediseño en el uso de las tuberías ya dispuestas, para el sistema planteado según se ve el **(ANEXO 18 Y 19)**. Esta alternativa es en base al diseño realizado, para ser aplicadas deberán realizarse cálculos de presión y si en el mercado existen válvulas de cierre que cambien de formas automáticas la dirección del agua, etc.

- En Bolivia no hay norma para aplicar un sistema contra incendios, las edificaciones están obligadas a colocar un sistema contra incendios sin funcionamiento, porque no hay una ley de operación y mantenimiento, esta tarea debería gestionar las Alcaldías y supervisar por el colegio de Ingenieros de Bolivia.
- El costo de agua tratada por m^3 es equivalente para este análisis al costo de agua potable por m^3 , por tanto para el edificio administrativo, será en base a la categoría Estatal que tiene un cargo fijo de 40 bolivianos y el consumo de 1 a 50 m^3 es de 15 bolivianos; mayor a 50 m^3 es 30 bolivianos (Diario Nacional Opinión Betty Condori marzo, 2021)⁷⁴, por tanto el volumen de agua a tratar por día es de 1703 litros /hab. día = 1.073 m^3 /hab. día, entrando en el rango de 15 Bolivianos, si en el edificio entran al día 709 personas entonces el costo de agua tratada es de 11411.355 Bs. / día.
- Si en el estudio se usaron para 10 litros de agua gris cruda con dosis de 1850 mg de Sulfato de aluminio, sabiendo que 2lb de Sulfato de Aluminio en polvo cuesta 15 Bs., realizando un factor de conversión para 1000 litros será de 185000 mg de Sulfato de aluminio equivalente a 185 g y sabiendo que 2 lb es equivalente a 907.185 g. realizando una regla de tres el costo para 185 g es de 3.059 Bs.
Por tanto, el costo de agua tratada en el estudio realizado por m^3 es de 3059 Bs. (Tres mil cincuenta y nueve bolivianos). Sin incluir el mantenimiento, instalación, costo de equipos para el sistema de tratamiento propuesto, materiales granulares y carbón activado de farmacia para los filtros, así como el costo de laboratorio donde se realizó el ensayo de jarras para determinar la dosis óptima.

8.2 Observaciones en los ensayos

- ✓ Los valores de pH final con los que se obtuvieron los mejores resultados varían en un rango entre 7 a 5, rango dentro del cual se encontró la menor turbiedad final en el ensayo de jarras indicando que el pH influye con la efectividad del proceso de coagulación y floculación, puesto que contribuye a que se obtenga una turbidez final más baja
- ✓ Se debe determinar el pH inicial de la muestra, antes de aplicar las dosis de sulfato de aluminio, sea este por prácticas o criterio porque a mayor dosis el pH disminuye, y menor dosis el pH se mantiene.
- ✓ El agua de ducha tiene un pH aproximado de 4 a 6, y las aguas de lavadora están alrededor de 8 a 10 según análisis de laboratorio.
- ✓ Las aguas de ducha contienen turbiedades elevadas más que la turbiedad del lavado de ropa, sea este la primera lavada a mano o la segunda lavada de una máquina de lavar ropa.
- ✓ Si se tiene la muestra refrigerada es más difícil que el agua se clarifique, ya que se requiere largos tiempos de floculación o mayor dosis, esto según experiencias en laboratorio.
- ✓ Poca cantidad de coagulante no neutraliza las cargas, esto sucede con aguas de lavado de ropa, ducha, lavamanos y lavaplatos, según un estudio en Chile utilizó dosis de 5,10,15,20,25 y 30 mg /l de sulfato de aluminio.
Para las aguas grises analizadas en el laboratorio en el ensayo de jarras se empleó las mismas dosis de 5,10,15,20,30 y 40 mg/l de sulfato de aluminio como resultado no hubo

efecto alguno, pese a sé que tenía un pH de 9.60 valor de buen desempeño del sulfato de aluminio.

- ✓ La dosis para aguas grises de ducha oscila en el rango de 120, 150, 180, 200 y 220 mg/l obteniéndose turbiedades en el rango de 13 a 30 UNT, antes se debe llegar a un pH =10, esto se logró con la ayuda de NaOH (Hidróxido de sodio) para elevar el pH.
- ✓ La dosis para aguas grises de ducha y Máquina de lavar ropa 130, 140, 150, 160, 170 y 180 mg/l obteniéndose turbiedades de 10 UNT, con pH de 10.
- ✓ Se debe colocar en orden y al mismo tiempo las dosis en la prueba de jarras de laboratorio, ya que una variación provoca saltos en las gráficas.
- ✓ Las gráficas realizadas después de cada ensayo, utilizando una planilla Excel tienen la forma sinusoidal, esto sucede con aguas grises de ducha y máquina de lavar ropa. Las gráficas obtenidas después de cada ensayo, utilizando planillas Excel, tienen la forma convexa esto sucede con aguas de ducha.
- ✓ También se determinó la DQO de la turbiedad más baja en la prueba de jarras, para tener mayor exactitud se realizó dos tomas de muestras para DQO una con dilución para asegurar la existencia de materia orgánica y la otra sin dilución, donde se halló una DQO de 123 mg/l, valor alto en comparación al valor de la (Tabla 2.22).
Llegándose a concluir que el agua gris después de pasar por unos filtros la remoción de DQO fue de 150 mg/l todo este análisis se realizó con aguas de ducha y máquina de lavar ropa (segunda lavada en máquina de ropa).
- ✓ Para lograr mayor remoción de los parámetros para aguas grises se debe aplicar tratamiento Biológico, así se llega a las remociones de concentraciones según la EPA 1992 o AQUA España que considera a las concentraciones finales de DQO y DBO entre 10 a 30 mg/l.
- ✓ También se realizó la determinación del pH óptimo, para aguas proveniente de duchas que fueron analizadas en el ensayo de jarras donde se eligió las dosis de sulfato de aluminio de menor turbiedad y una intermedia llegando a concluir que el rango de trabajo para el sulfato de aluminio en agua de ducha tendría que estar en el orden de 13 para aguas de máquina de lavar ropa debe estar con un pH de 10.
Para mezclas de agua grises de ducha y agua de ropa lavada en una máquina de lavar el pH inicial es de aproximado 9.60.
- ✓ Las gráficas realizadas al final de cada laboratorio para aguas de ducha y máquina de lavar ropa son de forma sinusoidales, donde la menor turbiedad está en el punto más bajo, que a simple vista se podría decir que es la dosis requerida, pero se debe ajustar la curva aproximándola a una regresión polinómica y derivar la ecuación polinómica para obtener la dosis requerida, esto debido a que no se logra obtener la curva convexa como estamos acostumbrados a obtener.
- ✓ Los valores de la caracterización de los parámetros analizados en laboratorio tanto para el edificio y vivienda sobrepasaban en concentración a los valores conocidos o de referencia de aguas residuales, por lo que no se consideran reales, puesto a que no hay un estudio con concentraciones reales de aguas grises en nuestro medio.
- ✓ En el capítulo 2 se muestra concentraciones iniciales de aguas grises crudas que son ocasionadas por el lavado de ropa y del lavado del cuerpo humano, otro aspecto es de la carga orgánica elevada proveniente del lavaplatos.

Por ello se recolectó o se consideró para el segundo caso aguas recolectadas de edificio. Debido a que en una vivienda son mayores las concentraciones que en los edificios, ya que depende del modo de vida de cada habitante.

8.3 Observaciones en el Diseño

- ✓ Es necesario hacer planos isométricos complementarios a los planos de planta o dibujos en 3D.
- ✓ Para realizar los cálculos reales de obra se debe contar con planos de planta, y sobre todo es necesario hacer dibujos en 2D o 3D a escala real, sobre todo para definir los accesorios.
- ✓ Todo trazo de agua potable si es por techo, debe ser verificado con el plano de estructurales y arquitectónico para que no exista cruce de columnas y vigas, para verificar que el trazo no superponga con la red de agua caliente si existe. Si el trazo es por piso verificar que no interfiera con las cámaras de intercepción o rejillas o duchas.
- ✓ Para el trazo de agua caliente se debe definir que artefactos sanitarios se tomarán en cuenta para la distribución de agua caliente según el diseño arquitectónico, y poder compatibilizar el trazo evitando cruce con columnas y la red de agua potable fría.
- ✓ Las tuberías de agua caliente y agua fría deben instalarse separadas, el calor podría afectar a la calidad de agua fría.
- ✓ Para el agua caliente las tuberías a usar deben ser de tipo fusión (Ver Catálogos Tigre o Saladillo).
- ✓ Para el sistema contra incendios se puede utilizar el mismo tanque de almacenamiento de agua potable siempre y cuando el volumen sea de 25 m³ esto para alturas de edificaciones de más de 15m de altura, según el reglamento peruano.
- ✓ Todo Hidrante instalado en cada piso debe estar conectado a la bajante sanitaria, debido a que cuando sale el chorro de agua en caso de incendios, una parte de agua se queda en las tuberías y esta agua estancada corroe el material, según el reglamento peruano.
- ✓ Para el sistema contraincendios usar tuberías y accesorios de acero galvanizado y el acero inoxidable, lo más recomendable es ver catálogos.
- ✓ Se deben instalar válvulas en cada tramo y en cada artefacto sanitario ubicándose en lugares visibles del ambiente.
- ✓ Es recomendable que las tuberías de distribución se ubiquen bajo el techo aprovechando el espacio del falso cielo, esta distribución permite tener menos tuberías empotradas que tienen alto costo en reposición cuando se trate de hacer reparación.
- ✓ Todo accesorio que irá colgado, así como las cajas interceptoras, debe contar con soporte de fierro, no hay norma, pero si criterio para colocar a que altura irán las cajas interceptoras referencia promedio de 0.55 m, para esto hacer dibujo de detalle a escala.
- ✓ Se debe ventilar después de cada caja de interceptora esto según Reglamento Nacional (RENISDA).

- ✓ Todo inodoro debe ser conectado directamente a la bajante en desagües sanitarios, también es recomendable usar codos de 45° de diámetros de 4pulg., para que la descarga sea suave.
- ✓ Los urinarios deben descargar a la red de desagüe, no debe descargarse a la caja interceptora.
- ✓ Es importante una vez ubicados los puntos de salida de los artefactos sanitarios que atraviesen la losa el compatibilizar con el diseño estructural de modo que estas a su paso no estén cortando viguetas, en caso de que esto ocurra se debe coordinar con el diseño arquitectónico y estructural.
- ✓ Es recomendable hacer limpieza por lo menos 2 veces al año, los olores de los sedimentos acumulados salen al exterior por las rejillas de piso de ducha.
- ✓ Las tapas de las cajas interceptoras y registro de limpieza, deben ser de bronce, y colocadas en lugares donde no se puedan pisar.
- ✓ Toda terminal de bajantes sanitarias o pluviales o tuberías de ventilación deben ser reforzadas con fierro para evitar el peso en la caída de aguas por gravedad, esto debe ser reforzada según cada situación de cada proyecto.
- ✓ Para el sistema sanitario separado presentado en este proyecto para las aguas grises y aguas negras se vio conveniente según Reglamento Nacional (RENISDA), colocar las tuberías de ventilación en ambos sistemas de acuerdo a que:
 - *Toda caja interceptora se debe ventilar en el tubo de descarga después de cada caja de interceptora.
 - *En cada tramo donde esté conectado inodoro debe ser ventilado.
- ✓ Debido al tipo de edificación catalogado como administrativo, llevara solo un medidor de agua.

8.4 Recomendaciones

- Antes de realizar prueba de jarras se debe tener mayor cantidad de agua disponible para cada ensayo que se requiera y así no variar dicha calidad en el estudio a que se requiera llegar.
- También se debe definir que aguas serán aguas grises, o como se las considerarán, ya que, si tomamos el conjunto de todos los artefactos de un hogar excluyendo, solo el inodoro y urinario, las cargas orgánicas son elevadas, por lo que se debería excluir el lavaplatos ya que es la mayor generadora de elevadas cargas orgánicas, según la (Tabla 2.14).
- Al momento de diseñar se deben dejar espacios en el cielo falso, pisos o pared tipo ventanas, especialmente donde se ubiquen válvulas de cierre para el mantenimiento o la presencia de fugas para su posible remoción o cambio.
- Se debe tener presente, que no es recomendable utilizar las aguas grises sin aplicar algún tipo de tratamiento, aunque sean aguas poco contaminadas, igualmente poseen patógenos que pueden ser dañinos para la salud. Los estudios realizados en laboratorio muestran que el agua tratada si podría dar una ventaja al uso de agua potable, reduciendo costos a largo plazo.

- Para el diseño hidrosanitario se debe realizar en base a planos arquitectónicos y estructurales los planos isométricos y dibujos en 3D, verificar presiones en base a los diámetros de diseño de cada red según unidades de gasto de cada artefacto sanitario.
- Para el cálculo de todo el sistema se realizó considerando Inodoros de Fluxómetro, basta que en el diseño exista un artefacto con válvula a fluxómetro.
- Para el sistema Contra incendios y sistema de agua caliente con recirculación, se realizó aplicando los criterios básicos del Reglamento Nacional (RENISDA), Norma Peruana y el Internet realizando el trazo y cálculo semejante a la red de agua potable con la aplicabilidad de algunos parámetros y criterios aprendidos en el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, en base a una planilla proporcionada por el Área de Ingeniería Sanitaria.
- Se recomienda hacer visitas, inspecciones a obras similares de instalaciones hidrosanitarias, para tener una mejor idea al momento de diseñar.
- Se debe coordinar con el encargado de diseño Arquitectónico para decidir que artefactos serán considerados con agua fría y agua caliente, para realizar el trazo correspondiente también se debe coordinar el espacio en los Shafts para las bajantes y montantes sanitarias, así como el paso entre vigas, losas o viguetas que deberán ser aprobadas por el Ingeniero estructural.
- Para facilitar los tratamientos posteriores se debe evitar arrojar la grasa al fregadero, ya que esta es perjudicial para los sistemas de tratamiento o instalar una trampa de grasas. Deberán colocarse letreros en los ambientes de los baños para poder advertir a los usuarios y así cuidar el sistema de reutilización.

<p>ABSTÉNGASE DE</p> 	<p>Abstenerse de orinar en la ducha. Orinar en la ducha ya que esto puede generar olores en el agua sanitarios para su recolección.</p>	<p>UTILICE</p> 	<p>Utilice Trampa de cabello. Trampa para cabello o rejillas de pequeño tamaño ya que esto ayudaría en gran parte a la calidad del agua a reutilizar y además sería mejor disponer en la bolsa de la basura y no al alcantarillado público.</p>
--	--	---	--

- Se deberá contar con un programa formativo para los trabajadores u operarios, en la actualidad se enfrentan a tecnologías que cambian a ritmos muy acelerados, incidiendo en los procesos y diseño de maquinarias que en algunos casos cuesta mucho adecuar a lo ya establecido, ocasionándose pérdidas de recursos materiales y lo que es peor, causando daños al elemento humano, provocándose con ello un desequilibrio socioeconómico en la vida de nuestro país.
- Cada adquisición de Equipos para el tratamiento de aguas grises, deberá venir con su manual de capacitación para el operario o personal e instalación y manejo de equipos, como se ve el Anexo 4, en la adquisición de dosificadores.

CAPITULO 9

9.1 Bibliografía

- (1) https://www.academia.edu/8929938/EL_AGUA_PARA_CONSTRUCCION
- (2) Informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016. (wwdr 216).
- (3) <https://www.esglobal.org/bolivia-agua-una-relacion-complicada/>
- (4) https://eldeber.com.bo/opinion/emergencia-mundial-por-el-agua_53516
- (5) <https://www.somossur.net/index.php/economia/la-problematica-global-del-agua/280-bolivia-un-futuro-sin-agua>
- (6) AQUASTAT - Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura de la FAO.htm
- (7) <https://www.iaqua.es/blogs/humilde-martin-lucas/reutilizacion-aguas-grises-practica-viable-todos>
- (8) www.aquakitbolivia.com/compromiso-ambiental/
- (9) <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbnxzaxN5bWVxZmx1fGd4OjI0MjVhODgwMzBjNjIwOGE>
- (10) http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PkqT4mRvqYJ:biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2773_C.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=bo&client=firefox-b-d
- (11) Criterios de sustentabilidad en el uso de agua)-A7 PDF
- (12) <https://studylib.es/doc/6886733/construcci%C3%B3n-de-un-prototipo-para-el-sistema-de-reciclaje...>
- (13) http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8xlwr9NNGLAJ:132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6114/VZ_TESINA_CORRECTA.pdf%3Fsequence%3D1+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=bo&client=firefox-b-d
- (14) Viabilidad Técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas Mónica Ardila Galvis Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Química y Ambiental Bogotá D.C., Colombia 2013
- (15) Un sistema para reciclar aguas grises sale del Innova San Andrés.htm
- (16) [www.Consumo de agua en el país es mayor al que OMS%E2%80%88sugiere - La Razón.htm](http://www.Consumo.de.agua.en.el.país.es.mayor.al.que.OMS%E2%80%88sugiere.-La.Razón.htm)
- (17) https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-29_12-16-35111090.pdf
- (18) <https://www.la-razon.com/lr-article/senamhi-preve-que-el-nino-llegue-a-bolivia-en-el-primer-trimestre-de-2019-2/>
- (19) <https://www.yumpu.com/es/document/read/59562951/wwdr2015facts-figures-spa-web>
- (20) File:///C:/Users/Seven/Desktop/Sirven/Instalacionessanitarias/Gdwq3_Es_1.Pdf
- (21) <http://Desatascos4.Com/La-Importancia-De-La-Limpieza-De-Depositos-De-Agua-Potable/>
- (22) “Reglamento Nacional De Instalaciones Sanitarias Domiciliarias” Tercera Revisión mayo 2011
- (23) <https://Independent.Academia.Edu/Valent%C3%Adnvaldez>
- (24) https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Red_De_Abastecimiento_De_Agua_Potable
- (25) <https://core.ac.uk/download/pdf/71902846.pdf>
- (26) Diseño de un Sistema de Recirculación de Aguas Lluvias. Para Vivienda Monica Andrea Uribe Celis Juan Carlos Amaya Sierra Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería Civil Bogotá D.C.2007
- (27) Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Guía General para el Cálculo, Instalación y Mantenimiento de Bombas Hidroneumáticas Trabajo de Graduación Presentado a la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería por Francisco Javier Fernández Figueroa Asesorado por El Ing. José Ismael Véliz, noviembre De 2012
- (28) <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/35130/Maria%20Castro%20Montilla.pdf;jsessionid=DB98F21DE188CB206D2BE567176C2F4C?sequence=1>
- (29) <https://www.ine.gob.bo/index.php/bolivia-celebra-el-dia-nacional-del-agua-con-848-224-conexiones/>
- (30) Reglamento Nacional NB 512 Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano Primera Revisión noviembre 2005.
- (31) <http://Www.Lostiempos.Com/Actualidad/Local/20161120/Plantean-Medidor-Familia-Edificios>
- (32) <http://blogverdebolivia.blogspot.com/2009/04/el-primer-edificio-ecologico-de-la-paz.html>
- (33) File:///C:/Users/Seven/Downloads/Nuevainfor/Eb7aguasgrisesdefinicytratamientodefincionesfyingenieriae nagua.Htm
- (34) Reciclaje de Aguas Grises como complemento de las estrategias de gestión sostenible del Aguamayo 2013 Universida de Da Coruña – España
- (35) Actualización para Reutilización de aguas grises del “Reglamento General de Alcantarillados Particulares, Fosas Septicas, Camaras Filtrantes, Camaras de Contacto, Camaras absorbentes y Letrinas Domiciliarias”, Decreto Supremo N° 236 de 1926 del Ministerio de higiene, sstistencia, prevision social y trabajo. Informe Final.

Dirección General de Aguas – Gasantiago De Chile diciembre 2010 Jacobo Homsí Auchen - prestación de servicios de Ingeniería Ambiental E.I.R.L. Antonia Lopez de Bello 132 B.

Fono 7320209 – 7320281 - 7358905 Fax 7374066 Recoleta, Santiago, Chile E-Mail: Krisol@Krisol-Eirl.Cl

(36) Bibliografía especializada existente respecto a la composición de las aguas grises, encontrándose un trabajo de grado referido a las principales características de las aguas grises en una residencia. En Bogotá, denominado “Estudio preliminar de caracterización y cuantificación de las aguas grises. En una residencia de Bogotá”, desarrollado por María del Pilar Ochoa el Año 2007 en Colombia.

(37) Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil Tratamiento y Reutilización de aguas grises con aplicación caso en Chile memoria para optar al título de Ingeniero Civil María Verónica Franco Alvarado Profesor guía Fernando Hidalgo Tapia Miembros de la comisión Ana María Sancha Fernández Gerardo Ahumada Theoduloz Santiago de Chile junio 2007. Recic

(38) Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios
© AQUA ESPAÑA 2016.

(39) Reutilización de Agua en Construcciones verticales Daniel Camilo Quintero Gutiérrez, Tanya Alejandra Moreno Ariza, Paula Andrea Villegas González. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia, Grupo de Investigación Saneamiento a comunidades, Semillero de Investigación Ecocivil Dcquintero98@Ucatolica.Edu.Co; Tamoreno92@Ucatolica.Edu.Co; Pavillegas@Ucatolica.Edu.Co.

(40) http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:KaATkoy9xOcJ:repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/194/1/Morales_Vallejos_Eilyn_Ivonne.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=bo&client=firefox-b-d

(41) Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá Elkin Darío Niño Rodríguez Néstor Camilo Martínez Medina Pontificia Universidad Javeriana Facultad De Ingeniería Ingeniería Civil Bogotá diciembre de 2013

(42) <https://Repository.Libertadores.Edu.Co/Handle/11371/1160>

(43) Diseño de Filtro Casero para Tratamiento del Agua de consumo humano en comunidades indígenas de Guatemala proceso de transferencia tecnológica Nicaragua – Guatemala Guatemala diciembre de 2002.

(44) Reutilización de aguas grises en una vivienda desarrollo de un prototipo utilizado para el tratamiento de aguas grises. En el Edificio Crispiere Nardin Ubicado en la Av. Camacho de la ciudad de La Paz Universidad Mayor de San Andrés Ingeniería Civil - Tesista León Quispe Rossemery, asesorado por el Ing. José Díaz Benavente. El Año 2005.

(45) Metcalf & Eddy Ingeniería de Aguas Residuales Volumen 1. Tratamiento y Reutilización prólogo de Angel Cajigas - Tercera Edición.

(46) Guía Técnica de Diseño y Ejecución de proyectos de agua y saneamiento con tecnologías alternativas”. En su primera versión, fue elaborada en el marco de la nueva política sectorial, por el Viceministerio de agua potable y Saneamiento Básico / Ministerio de Medio Ambiente y Agua, donde en la Página 91. Muestra la Elaboración de un Filtro Casero.

(47) Facultad de Ingeniería programa de Ingeniería Civil Título del Proyecto: Diseño y construcción de un prototipo de Clarificador de Manto de lodos. Presentado por: Javier Andrés Velásquez Sánchez Mónica Nathalia Osuna Moreno Bogotá, D. C., mayo De 2017.

(48) http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualii/ma2_cap2.pdf

(49) Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Derecho y ciencias políticas carrera de ciencia política y gestión pública “Análisis del “programa CEBRA”, en el contexto de la educación y cultura ciudadana del gobierno municipal de la paz” (2001 – 2011) Proyecto de grado para obtener el título de Licenciatura en Ciencia Política y Gestión Pública. por: Silvana Ninoska Aguilar Aranda Tutor: Lic. Diego Murillo Bernardis Mención: Gerencia en la Gestión Pública La Paz – Bolivia 2014

(50) Caracterización de Aguas Residuales de Lavandería y de la Planta de Poscosecha de Zamorano para el Riego de Áreas Verdes Evelin Magaly Espinoza de la Cruz Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras Noviembre, 2016.

(51) Norma Boliviana NB 689 Ministerio de Servicios y Obras Públicas Viceministerio de Servicios Básicos Segunda Revisión diciembre 2004 Instalaciones de Agua – Diseño para Sistemas de Agua Potable.

(52) Reglamento Nacional NB 689 Ministerio de Servicios y Obras Públicas Viceministerio de Servicios Básicos Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable Segunda Revisión diciembre 2004 Volumen 2

(53) <https://isa.ec/prueba-de-jarras/>

(54) <http://www.ingenieroambiental.com/4014/Cinco.Pdf>. Capítulo 5 Mezcla Rápida Ing. Lidia de Vargas

(55) Diseño y Cálculo de un Agitador de Fluidos Seminario de Titulación presentado en conformidad A Los Requisitos para obtener el Título de Ingeniero de Ejecución en Mecánica. Profesor Guía: Sr. Richard Verdugo L. Vladimir Castillo Uribe Octubre 2013.

(56) <https://es.scribd.com/document/379602181/7-Teoria-de-la-Filtracion-del-Agua>.

(57) Diseño de un Sistema de Tratamiento y Reutilización del Agua de la Lavadora aplicado a los Hogares de Bogotá D.C. Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramírez Miele Lizeth Yohana Monografía para optar por Título de

Ingeniero(A) de Producción Tutora: Lic. M.Sc. Nancy Madrid universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad Tecnológica Ingeniería de Producción bogotá D.C., 2016

(58) Gravímetros, Manejo de Sustancias Químicas J. Pérez Pag.25.

(59) Manual de Instalaciones Hidrosanitarios Fv

(60) Redes de Agua Caliente con recirculación y equipos de calentamiento tipo caldera con Tanque Acumulador Carlos Mario Luque Moreno Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito Especialización En Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente Bogotá, Colombia 2016.

(61) <https://www.google.com/search?Client=FirefoxBD&Q=Cap%C3%8dtulo+11+Sistemas+De+Agua+Contra+Incendios+Capítulo11>

(62) <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6r0rH--TnAJ:www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/556/5/A5.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=bo&client=firefox-b-d>

(63) Curso 2010-2011 Instalación Contra Incendios. Asignatura: Instalaciones de Fluidos Ángel Castillo Cuevas Claudio Tedde Inmaculada Martínez Vidal Felipe Segura Gutiérrez.

(64) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química "Rediseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable en la Parroquia San Pablo del Lago, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura" Tesis de Grado Previa la Obtención del Título de: Ingeniero Químico Presentado por: Ana Gabriela Flores Huilcapi Riobamba – Ecuador 2012.

(65) Del Sistema de Filtración en Múltiples Etapas Fime en Tanques Plásticos con Pre-Sedimentación y Retro Lavado en la Hacienda Majavita (Socorro, Santander) Haimar Ariel Vega Serrano Director de Tesis Andrés Felipe Suárez Escobar Ingeniero Químico, Magister En Ciencias – Química, Doctorado. En Química Universidad de Manizales Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas Maestría En Desarrollo Sostenible y Medioambiente Socorro mayo 2013.

(66) <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Yj5cK72WvPoJ:www.aqsolutions.org/images/2013/03/water-system-handbook-spanish.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=bo&client=firefox-b-d>

(67) Unidad Académica de Ingeniería Civil Carrera de Ingeniería Civil Filtro Domiciliario de Arena y Carbón Activado para La Pereira Parroquia la Avanzada Cantón Santa Rosa Provincia de el Oro trabajo de Titulación Previa a la Obtención del Título de Ingeniero civil autor: Castillo Lescano Jorge Armando Autor: Castillo Lescano Jorge Armando.

(68) Determinación de la Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio (Al₂(So₄)₃ 18h₂O). En el proceso de Coagulación - Floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una Red Neuronal Artificial. Claudia Lorena Barajas Garzón Andrea Juliana León Luque Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Ingeniería Ambiental Bogotá 2015

(69) Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Derecho y Ciencias Políticas Carrera de Ciencia Política y Gestión Pública "Análisis del "Programa Cebra", En el contexto de la Educación y Cultura Ciudadana del Gobierno Municipal de La Paz" (2001 –2011). Proyecto de Grado para obtener El Título de Licenciatura. En Ciencia Política y Gestión Pública. Por: Silvana Ninoska Aguilar Aranda tutor: Lic. Diego Murillo Bernardis mención: Gerencia En La Gestión Pública la Paz – Bolivia 2014

(70) Guía para diseño de Sistemas de Tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas (Organización Panamericana de la Salud Cepis-Lima 2005.

(72) Diseño de un Sistema Contra Incendio con Rociadores Automáticos y Cajetines de Mangueras para un Edificio de Oficinas Danny Marcelo Campo verde Naranjo (1), Lenin Stalin Pesántez Verde zoto(2), Ing. Fernando Anchundia Valencia(3) Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción(1)Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol)Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Petimetra la partado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

(73) <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4553/Memoria.Pdf?Sequence=1&isallowed=Y>

(74) Informe Final de la Evaluación de las Plantas de Tratamiento de Agua de la Empresa Prestadora de Servicio de Cañete, Ing. Lidia Canepa de Vargas Ops/Cepis, Lima 1999. 033157-01

(75) "Optimización de la dosificación de sulfato de aluminio para el tratamiento de agua potable del Distrito de Vilcacoto" Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico Presentado por: Pérez Garay, Iván Fernando HUANCAYO -PERU 2015

(76) <https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/semapa-aplicara-mayo-nueva-tarifa-agua/20200120121042746779.html>

(77) Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia Natalia Palacio Castañeda Ingeniera Sanitaria Trabajo de monografía para Optar al Título de especialista en manejo y gestión del agua asesor Darío Naranjo Fernández Ingeniero Químico m.sc. Ingeniería Ambiental Universidad de Antioquia escuela ambiental especialización en manejo y gestión del agua Medellín 2010.

- (78) www.nihonkasetu.com DBO y DQO para caracterizar aguas residuales
- (79) [Www.Ingenierosindustriales. Com/Como-Calcular-El-Caudal-Simultaneo-De-Agua-En-Un-Edificio-De-Viviendas/](http://Www.Ingenierosindustriales.Com/Como-Calcular-El-Caudal-Simultaneo-De-Agua-En-Un-Edificio-De-Viviendas/)
- (80) [Www.Youtube. Com/Watch?V=Pv_Jrojrbji](http://Www.Youtube.Com/Watch?V=Pv_Jrojrbji)
- (81) Normas Legales 32115lperinstalaciones Sanitarias Norma Is.010 Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones El Peruano 11 De junio De 2006
- (82) Escuela Superior Politécnica del Litoral Departamento de Ingeniería Mecánica ~T~ Presentación del Informe Técnico "Selección de Equipos de Bombeo para Edificios de Altura" Previo a la Obtención del Título de: Ingeniero Mecánico Presentado Por: Wilson Wilches Guayaquil -Ecuador 1989
- (83) [Manual_Floculador_test_de_jarras_2_puestos_YARETH_QUIMICOS_LTDA.pdf](#)
- (84) <https://www.hydromatic.com.pe/index.php/nuestros-productos/equipos/filtros>
- (85) OPS/CEPIS/05.169 Unatsabar- 1 - Guías Para El Diseño De Tecnologías De Alcantarillado Lima, 2005

9.2 Anexos

9.3 Planos

ANEXOS - CD

ANEXO 1.- CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS EN LABORATORIO – PROCEDIMIENTO

ANEXO 2.- ENSAYO GRANULOMÉTRICO - REALIZADOS EN COTA COTA

ANEXO 3.- FICHA TÉCNICA DE TANQUES PVC

ANEXO 4.- FICHA TÉCNICA DE DOSIFICADORES

ANEXO 5.- SISTEMA DE FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO - PROPUESTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

ANEXO 6.- INTERNET – FILTROS DE ARENA

ANEXO 7.- DISEÑO DEL SISTEMA HIDROSANITARIO (Convencional) EN REVIT 2020 (PDF) (Trabajo Dirigido)

ANEXO 8.- RED DE AGUA POTABLE EN AUTOCAD 2018 - PDF

ANEXO 9.- CATÁLOGOS HIDRONEUMÁTICOS

ANEXO 10.- RED DE AGUA CALIENTE CON RECIRCULACIÓN EN AUTOCAD 2018 - PDF

ANEXO 11.- RED DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN AUTOCAD 2018 - PDF

ANEXO 12.- SISTEMA DE DESAGÜE AGUAS GRISES CON DIRECCIÓN AL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN AUTOCAD 2018 - PDF

ANEXO 13.- SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO CASA CEBRAS REVIT 2020 (PDF) Y COTIZACIÓN DE SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA CASA CEBRA Y OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO - INTERNET

ANEXO 14.- ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA AGUAS GRISES EN PDF

ANEXO 15.- RED DE TUBERÍAS DE AGUAS TRATADAS EN AUTOCAD 2018 - PDF

ANEXO 16.- SISTEMA DE TUBERÍAS DE LIMPIEZA Y REBOSE – SISTEMA DE TRATAMIENTO SÓTANO REVIT 2020 (PDF)

ANEXO 17.- SISTEMA DE DESAGÜE AGUAS NEGRAS CON DIRECCIÓN AL SISTEMA MUNICIPAL EN AUTOCAD 2018 - PDF

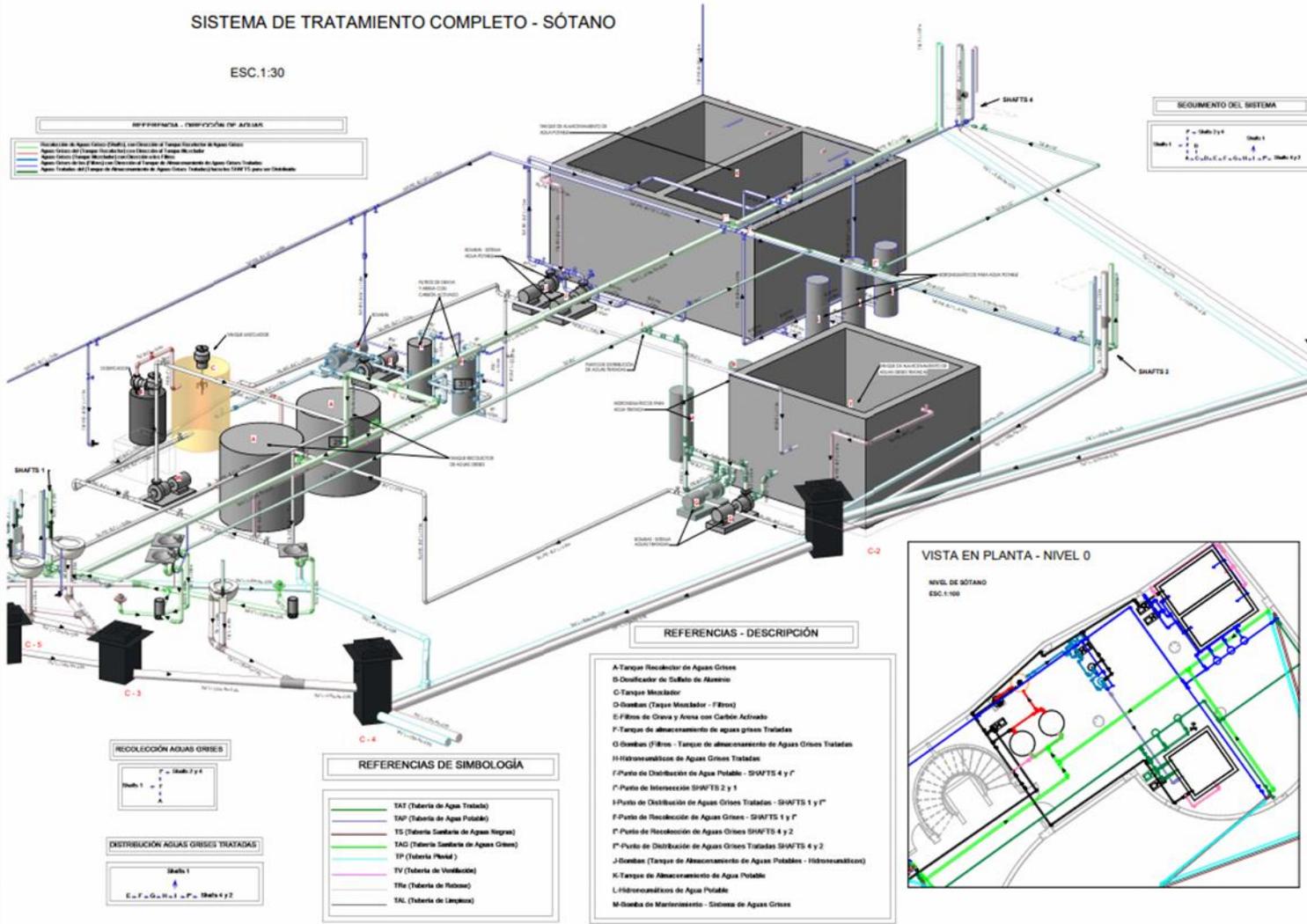
ANEXO 18.- ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO - IMPLEMENTACIÓN DE TANQUES PVC Y USO DE LAS TUBERÍAS DISPUESTAS EN EL DISEÑO DE AGUAS POTABLES Y AGUAS TRATADAS REVIT 2020 (PDF)

ANEXO 19.- ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO CASO NO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO – USO DE BOMBA CON DESAGÜE AL SISTEMA MUNICIPAL PARA AGUAS GRISES ACUMULADAS REVIT 2020 (PDF)

SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO - EDIFICIO ADMINISTRATIVO "CASA DE LAS CEBRAS"

SISTEMA DE TRATAMIENTO COMPLETO - SÓTANO

ESC.1:30



Plan de Ubicación - Esc. 1:500

Área: 3000 JORNES

Ubicación:
CALLE DEL PUESTO
CALLE SERRANVALLE
SANCTI SPIRITUS 7
CENTRO

SECTOR PARQUE
URBANO CENTRO

LaPaz
CON AGUA CON VIDA

MEMBRO ADHESIVO DE LA R.M.

smip
Sociedad Nacional de
Infraestructura
Pública

DEP
DIRECCIÓN EJECUTIVA
DE INGENIERÍA

UNIDAD DE CÁLCULO Y DISEÑO
DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO:
DISEÑO DE LA INSTALACIÓN
HIDROSUMIDERA Y LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS
EN EL BLOQUE ADMINISTRATIVO
"COMPLEJO CASA DE LAS
CEBRAS - ZONA SANTA BARBARA"

CONTENIDO:
SISTEMA DE TRATAMIENTO
PROP.

CODIGO DE LAMINA:
ATIS

Escala INDICADAS

Fecha
Gestión 2020

INGENIERO A.B.