



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD  
DE SACAHUAN-TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:**

**JUANA MICHELLE SÁNCHEZ CARBO**

Riobamba- Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD  
DE SACAHUAN-TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: JUANA MICHELLE SÁNCHEZ CARBO**

**DIRECTOR: Ing. SEGUNDO HUGO CALDERÓN. MSc**

Riobamba- Ecuador

2022

**©2022, Juana Michelle Sánchez Carbo**

Se autoriza la reproducción total o parcial con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JUANA MICHELLE SÁNCHEZ CARBO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de diciembre de 2022

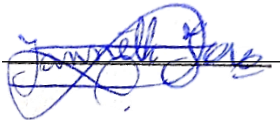




**Juana Michelle Sánchez Carbo**

**C.I.: 092371034-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUAN-TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE** realizado por la señorita: **JUANA MICHELLE SÁNCHEZ CARBO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científico, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego, PhD <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-20
Ing. Segundo Hugo Calderón, Mgs. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-12-20
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera, MSc. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-12-20

## **DEDICATORIA**

Con relevante emoción y llena de felicidad dedico mi trabajo principalmente a mi madre y padre: Yully y Oswaldo por ser mi apoyo incondicional y enseñarme que el sacrificio al final del día tiene su recompensa, a mis pequeños hermanos: Lizbett y Ernesto porque soy su ejemplo para seguir y gracias a ellos quiero ser mejor día a día, a mi querida tía Hilda que desde el cielo sé que está muy orgullosa de todo lo que voy logrando y siempre confió en mí, de igual manera a Cosmo mi ángel perruno y a Mimi que fueron mi felicidad y compañía y va para Andrés por ser mi compañero en noches de desvelo y madrugadas de estudio.

Michelle

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradezco a Dios y a la Virgen de Baños porque toda mi fe estuvo innata, por las bendiciones recibidas y las fuerzas que mantenía cuando oraba. Un agradecimiento infinito a cada uno de mis docentes, a la Ingeniera Mabel Parada por sus palabras de ánimo y ayuda prestada al momento de realizar el trabajo desde el inicio hasta el final de este, gracias por tenerme la confianza necesaria y no dejarme caer en el momento más complicado que se me presentó, encontrando una solución para cada obstáculo, al Ingeniero Hugo Calderón por el tiempo y dedicación que me regaló con respecto a los conocimientos compartidos, mi gratitud a la Ingeniera Aida Moína, representante de la fundación Maquita, misma que me ayudó en el proceso de implementación y asesoramiento del trabajo ayudando de esta manera a la mejoramiento continuo del mismo, finalmente, a mi querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas, regalarme conocimientos académicos, enseñarme a ser primero buena persona y luego profesional, a cada uno de los docentes con los que tuve el gusto de compartir mi vida académica, que fueron parte fundamental en el camino porque gracias a ellos finalmente puedo obtener el grado académico de Ingeniera.

Michelle

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xvii
RESUMEN .....	xix
ABSTRACT .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1	Antecedentes.....	2
1.2.	Planteamiento del problema .....	3
1.3.	Justificación.....	4
1.4.	Localización del proyecto .....	5
1.5.	Beneficiarios .....	5
1.5.1.	<i>Beneficiarios directos</i> .....	5
1.5.2.	<i>Indirectos</i> .....	6
1.6.	Objetivos.....	6
1.6.1.	General .....	6
1.6.2.	Específicos .....	6

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO .....	7
2.1.	Antecedentes de investigación.....	7
2.2.	Referencias Teóricas.....	8
2.2.1.	<i>Familias y comunidades</i> .....	8
2.2.2.	<i>Aguas residuales grises</i> .....	8
2.2.3.	<i>Clasificación de aguas residuales</i> .....	8
2.2.4.	<i>Descargas de aguas residuales</i> .....	9
2.2.5.	<i>Muestreo</i> .....	9
2.2.5.1.	<i>Tipos de muestreos</i> .....	9
2.2.5.2.	<i>Tipos de muestras</i> .....	10



2.2.5.3.	<i>Tipos de método</i> .....	11
2.2.6.	<b><i>Características de las aguas residuales grises</i></b> .....	11
2.2.6.1.	<i>Color de las aguas grises</i> .....	12
2.2.6.2.	<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i> .....	12
2.2.6.3.	<i>Sólidos Totales (ST)</i> .....	12
2.2.6.4.	<i>Temperatura</i> .....	12
2.2.6.5.	<i>Potencial de Hidrógeno (pH)</i> .....	13
2.2.6.6.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</i> .....	13
2.2.6.7.	<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i> .....	13
2.2.6.8.	<i>Grasas y Aceites</i> .....	14
2.2.6.9.	<i>Conductividad</i> .....	14
2.2.6.10.	<i>Turbiedad</i> .....	14
2.2.6.11.	<i>Coliformes fecales</i> .....	14
2.2.6.12.	<i>Coliformes totales</i> .....	15
2.2.7.	<b><i>Tratamiento biológico de aguas residuales grises</i></b> .....	15
2.2.8.	<b><i>Evaluación de sistema de tratamientos de aguas</i></b> .....	15
2.2.9.	<b><i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales grises</i></b> .....	16
2.2.9.1.	<i>Trampa de aceites y grasas</i> .....	16
2.2.9.2.	<i>Filtración de aguas residuales</i> .....	17
2.2.9.3.	<i>Índice de biodegradabilidad</i> .....	18
2.2.9.4.	<i>Humedales Artificiales</i> .....	19
2.2.9.5.	<i>Plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales</i> .....	20
2.2.9.6.	<i>Medidor de agua</i> .....	21
2.2.10.	<b><i>Geomembrana</i></b> .....	22
2.2.11.	<b><i>Impacto ambiental generado por aguas residuales grises</i></b> .....	22
2.2.12.	<b><i>Determinación del caudal</i></b> .....	22
2.2.13.	<b><i>Caudal de Infiltración</i></b> .....	23
2.2.14.	<b><i>Caudal de aguas ilícitas</i></b> .....	23
2.2.15.	<b><i>Tiempo de retención hidráulica (TRH)</i></b> .....	23

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	24
3.1.	<b>Proceso metodológico</b> .....	24
3.2.	<b>Tipo de estudio</b> .....	24
3.3.	<b>Métodos y técnicas</b> .....	25

3.3.1.	<b>Métodos</b> .....	25
3.3.1.1.	<i>Método Inductivo</i> .....	25
3.3.1.2.	<i>Método Deductivo</i> .....	25
3.3.1.3.	<i>Método Experimental</i> .....	25
3.3.2.	<b>Técnicas</b> .....	26
3.3.2.1.	<i>Técnicas de laboratorio: Propiedades físicas y de agregación</i> .....	27
3.3.2.2.	<i>Técnicas de laboratorio (Análisis gravimétricos)</i> .....	34
3.3.2.3.	<i>Técnicas de laboratorio (Análisis bacteriológicos)</i> .....	36
3.4.	<b>Datos experimentales</b> .....	37
3.4.1.	<b>Determinación del caudal</b> .....	37
3.4.2.	<b>Análisis y caracterización del agua residual</b> .....	39
3.4.2.1.	<i>Caracterización de muestreo</i> .....	39
3.4.2.2.	<i>Caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda</i> .....	40
3.4.3.	<b>Índice de biodegradabilidad de agua residual gris</b> .....	43
3.4.3.1.	<i>Índice de biodegradabilidad de agua residual gris, muestra 1</i> .....	43
3.4.3.2.	<i>Índice de biodegradabilidad de agua residual gris, muestra 2</i> .....	43
3.4.4.	<b>Pruebas piloto de tratabilidad</b> .....	44
3.4.4.1.	<i>Trampa de grasas</i> .....	44
3.4.4.2.	<i>Filtro</i> .....	45
3.4.4.3.	<i>Humedal Artificial</i> .....	46
3.4.5.	<b>Porcentaje de remoción después de la tratabilidad a escala de laboratorio</b> ...	49
3.4.6.	<b>Construcción del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales</b> .....	53
3.4.7.	<b>Diagrama del Flujo del Diseño de filtro</b> .....	55
3.4.8.	<b>Cálculos de Diseño de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales</b> .....	56
3.4.8.1.	<i>Población futura</i> .....	56
3.4.8.2.	<i>Caudal de diseño</i> .....	57
3.4.8.3.	<i>Sistema de conexión de tubos de los efluentes y medidor de agua</i> .....	59
3.4.8.4.	<i>Sistema de conexión de llaves de paso</i> .....	60
3.4.8.5.	<i>Trampa de aceites y grasas</i> .....	60
3.4.8.6.	<i>Sistema de filtración</i> .....	63
3.4.8.7.	<i>Sistema de Humedal Artificial</i> .....	66
3.4.8.8.	<i>Tanque recolector de agua</i> .....	69
3.4.8.9.	<i>Sistema secundario de filtración natural</i> .....	72

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	76
<b>4.1.</b>	<b>Resultados del dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales</b> .....	76
<b>4.1.1.</b>	<i>Población Futura</i> .....	76
<b>4.1.2.</b>	<i>Caudal de agua residual</i> .....	76
<b>4.1.3.</b>	<i>Sistema de conexión de caja de cemento</i> .....	76
<b>4.1.4.</b>	<i>Tanque de trampa de grasas y aceites</i> .....	77
<b>4.1.5.</b>	<i>Tanque de sistema de filtración</i> .....	77
<b>4.1.6.</b>	<i>Humedal artificial</i> .....	77
<b>4.1.7.</b>	<i>Tanque recolector de agua</i> .....	78
<b>4.1.8.</b>	<i>Sistema secundario</i> .....	78
<b>4.2.</b>	<b>Resultados de la planta de tratamiento e implementación de las aguas residuales</b> .....	78
<b>4.3.</b>	<b>Porcentaje de remoción de contaminantes en las muestras analizadas</b> .....	87
<b>4.3.1.</b>	<i>Porcentaje de remoción de contaminantes, muestra 1</i> .....	87
<b>4.3.2.</b>	<i>Porcentaje de remoción de contaminantes, muestra 2</i> .....	89
<b>4.4.</b>	<b>Propuesta de diseño</b> .....	90
<b>4.5.</b>	<b>Análisis de costos de la implementación del sistema de tratamiento</b> .....	92
<b>4.6.</b>	<b>Análisis de resultados</b> .....	95
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	97
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	98
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Ubicación y Características geográficas de la comunidad de Sacahuan Tiocajas	5
<b>Tabla 1-2:</b>	Porosidad total de diversos materiales .....	17
<b>Tabla 2-2:</b>	Especificaciones de índices de biodegradabilidad.....	19
<b>Tabla 3-2:</b>	Taxonomía de la planta Alcatraz.....	21
<b>Tabla 4-2:</b>	Tiempos de retención del agua.....	23
<b>Tabla 1-3:</b>	Métodos para los análisis de aguas residuales grises.....	26
<b>Tabla 2-3:</b>	Parámetros para muestreo y almacenamiento de las muestras .....	27
<b>Tabla 3-3:</b>	Determinación del Potencial de Hidrógeno (Ph).....	28
<b>Tabla 4-3:</b>	Determinación del color.....	28
<b>Tabla 5-3:</b>	Determinación de la Turbiedad.....	29
<b>Tabla 6-3:</b>	Determinación de la conductividad eléctrica .....	30
<b>Tabla 7-3:</b>	Determinación de la Temperatura.....	31
<b>Tabla 8-3:</b>	Determinación de DQO .....	31
<b>Tabla 9-3:</b>	Determinación de DBO <sub>5</sub> .....	32
<b>Tabla 10-3:</b>	Determinación de Sólidos Suspendidos. ....	34
<b>Tabla 11-3:</b>	Determinación de Sustancias Flotantes .....	34
<b>Tabla 12-3:</b>	Determinación de Grasas y aceites.....	35
<b>Tabla 13-3:</b>	Determinación de Coliformes fecales y totales .....	36
<b>Tabla 14-3:</b>	Materiales y Equipos .....	37
<b>Tabla 15-3:</b>	Determinación del caudal de aguas residuales grises del mes de Junio-Julio, muestra 1 .....	37
<b>Tabla 16-3:</b>	Determinación del caudal de aguas grises residuales del mes de Junio-Julio, muestra 2 .....	38
<b>Tabla 17-3:</b>	Caudal promedio del agua residual gris. ....	39
<b>Tabla 18-3:</b>	Muestras del agua residual gris. ....	40
<b>Tabla 19-3:</b>	Caracterización inicial fisicoquímicas y microbiológicas, agua gris de la muestra 1. ....	40
<b>Tabla 20-3:</b>	Caracterización inicial físico-químicas y microbiológicas, agua gris de la muestra 2. ....	41
<b>Tabla 21-3:</b>	Valores de DBO <sub>5</sub> y DQO en el agua residual gris de la muestra 1 (sin tratar) ..	43
<b>Tabla 22-3:</b>	Valores de DBO <sub>5</sub> y DQO en el agua residual gris de la muestra 2 (sin tratar) ..	43
<b>Tabla 23-3:</b>	Crecimiento del alcatraz frente a la alimentación de aguas residuales .....	48

<b>Tabla 24-3:</b>	Tabla comparativa de análisis de aguas crudas y previamente tratadas, muestra 1 .....	49
<b>Tabla 25-3:</b>	Rendimiento de la Trampa de Grasas, muestra 1 .....	50
<b>Tabla 26-3:</b>	Rendimiento de humedal a los 5 días, muestra 1 .....	50
<b>Tabla 27-3:</b>	Tabla comparativa de análisis de aguas crudas y previamente tratadas, muestra 2 .....	51
<b>Tabla 28-3:</b>	Rendimiento de la Trampa de Grasas. ....	52
<b>Tabla 29-3:</b>	Rendimiento de humedal a los 5 días.....	53
<b>Tabla 30-3:</b>	Densidad de la población del cantón Guamote .....	56
<b>Tabla 31-3:</b>	Dotaciones recomendadas para cálculo de Diseño .....	57
<b>Tabla 32-3:</b>	Profundidad de instalación del tubo de conexión domiciliaria. ....	59
<b>Tabla 33-3:</b>	Datos para el diseño de caja de cemento .....	60
<b>Tabla 34-3:</b>	Características de la arena, para filtros rápidos .....	65
<b>Tabla 35-3:</b>	Velocidad de filtración para cada tipo de filtro .....	65
<b>Tabla 36-3:</b>	Porosidad de materiales .....	69
<b>Tabla 37-3:</b>	Porosidad media del lecho filtrante.....	69
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultado cálculo de la Población futura .....	76
<b>Tabla 2-4:</b>	Resultados del cálculo de caudal de diseño.....	76
<b>Tabla 3-4:</b>	Resultados de cálculo para caja de cemento.....	76
<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados de cálculos para trampa de grasas y aceites .....	77
<b>Tabla 5-4:</b>	Resultado del tanque de sistema de filtración .....	77
<b>Tabla 6-4:</b>	Resultados del diseño del humedal subsuperficial .....	77
<b>Tabla 7-4:</b>	Resultados del diseño de tanque recolector de agua.....	78
<b>Tabla 8-4:</b>	Resultados de cálculos del sistema secundario .....	78
<b>Tabla 9-4:</b>	Agua tratada, muestra 1 .....	78
<b>Tabla 10-4:</b>	Variación de concentración de DBO5 y DQO, muestra 1 .....	79
<b>Tabla 11-4:</b>	Variación de concentración de aceites y grasas, muestra 1 .....	80
<b>Tabla 12-4:</b>	Depuración de sólidos suspendidos y sólidos totales, muestra 1 .....	81
<b>Tabla 13-4:</b>	Presencia de coliformes Totales, muestra 1 .....	82
<b>Tabla 14-4:</b>	Agua tratada, muestra 2 .....	83
<b>Tabla 15-4:</b>	Variación de concentración de DBO5 y DQO, muestra 2 .....	84
<b>Tabla 16-4:</b>	Variación de concentración de aceites y grasas, muestra 2 .....	85
<b>Tabla 17-4:</b>	Depuración de sólidos suspendidos y sólidos totales, muestra 2 .....	86
<b>Tabla 18-4:</b>	Presencia de Coliformes Totales, muestra 2.....	86
<b>Tabla 19-4:</b>	Porcentaje de remoción de contaminantes en la muestra 1 .....	87
<b>Tabla 20-4:</b>	Porcentaje de remoción de contaminantes en la muestra 2 .....	89

<b>Tabla 21-4:</b>	Sistema de conexión de tubos de los efluentes de aguas grises .....	92
<b>Tabla 22-4:</b>	Sistema de caja de llaves de paso.....	92
<b>Tabla 23-4:</b>	Sistema de trampa de aceites y grasas.....	92
<b>Tabla 24-4:</b>	Sistema de filtración .....	93
<b>Tabla 25-4:</b>	Sistema de humedal .....	93
<b>Tabla 26-4:</b>	Tanque recolector de agua .....	93
<b>Tabla 27-4:</b>	Sistema de filtro natural .....	94
<b>Tabla 28-4:</b>	Materiales varios.....	94
<b>Tabla 29-4:</b>	Materiales pétreos .....	94
<b>Tabla 30-4:</b>	Resumen de precios establecidos en la implementación de la planta de tratamiento.....	94
<b>Tabla 31-4:</b>	Resumen de gastos de laboratorio.....	95
<b>Tabla 32-4:</b>	Resumen de gastos totales .....	95

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b>	Georreferencia de la localidad de Sacahuan-Tiocajas .....	5
<b>Ilustración 1-2:</b>	Representación esquemática de una trampa de aceites y grasas .....	16
<b>Ilustración 2-2:</b>	Humedal artificial de flujo subsuperficial .....	20
<b>Ilustración 1-3:</b>	Etapas del proceso metodológico.....	24
<b>Ilustración 2-3:</b>	Variación del caudal, muestra 1 .....	38
<b>Ilustración 3-3:</b>	Variación del caudal, muestra 2 .....	39
<b>Ilustración 4-3:</b>	Sistema de filtro casero.....	46
<b>Ilustración 5-3:</b>	Sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal .....	46
<b>Ilustración 6-3:</b>	Enraizamiento de la vegetación; a) presencia de tierra; b) presencia de agua .....	48
<b>Ilustración 7-3:</b>	Remoción de aceites y grasas (muestra 1).....	50
<b>Ilustración 8-3:</b>	Remoción de parámetros de DBO <sub>5</sub> , DQO y SST. ....	51
<b>Ilustración 9-3:</b>	Remoción de aceites y grasas (muestra 2).....	52
<b>Ilustración 10-3:</b>	Remoción de parámetros de DBO <sub>5</sub> , DQO y SST. ....	53
<b>Ilustración 11-3:</b>	Metodología para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales grises. ....	54
<b>Ilustración 12-3:</b>	Diagrama de selección de diseño de filtro.....	55
<b>Ilustración 13-3:</b>	Medidas establecidas para tanque de cemento y llaves de paso .....	60
<b>Ilustración 14-3:</b>	Medidas establecidas para la trampa de aceites y grasas .....	62
<b>Ilustración 15-3:</b>	Medidas establecidas para tanque de filtración .....	66
<b>Ilustración 16-3:</b>	Medidas establecidas para tanque de filtración .....	69
<b>Ilustración 17-3:</b>	Medidas establecidas para tanque recolector de agua .....	72
<b>Ilustración 18-3:</b>	Medidas establecidas para tanque recolector de agua .....	75
<b>Ilustración 1-4:</b>	Variación de la concentración de DQO y DBO <sub>5</sub> en la primera semana. ....	80
<b>Ilustración 2-4:</b>	Variación de la concentración de aceites y grasas en la primera semana ....	81
<b>Ilustración 3-4:</b>	Variación de la concentración de SS y ST en la primera semana.....	82
<b>Ilustración 4-4:</b>	Variación de la concentración de coliformes totales, primera semana .....	83
<b>Ilustración 5-4:</b>	Variación de la concentración de DQO y DBO <sub>5</sub> en la primera semana .....	84
<b>Ilustración 6-4:</b>	Variación de la concentración de aceites y grasas en la primera semana ....	85
<b>Ilustración 7-4:</b>	Variación de la concentración de SS y ST en una semana .....	86
<b>Ilustración 8-4:</b>	Variación de la concentración de Coliformes Totales. ....	87
<b>Ilustración 9-4:</b>	Resultados de la remoción de contaminantes, muestra 1 .....	88
<b>Ilustración 10-4:</b>	Resultados de la remoción de contaminantes, muestra 2 .....	90

<b>Ilustración 11-4:</b> Propuesta del diseño de tratamiento de aguas residuales .....	91
--	----



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b>	ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	1
<b>ANEXO B:</b>	CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS USO AGRÍCOLA EN RIEGO .....	1
<b>ANEXO C:</b>	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL.....	1
<b>ANEXO D:</b>	PRUEBAS INICIALES DE ESTUDIO .....	2
<b>ANEXO E:</b>	SISTEMA DE TRATABILIDAD .....	4
<b>ANEXO F:</b>	PRUEBAS DE TRATABILIDAD .....	5
<b>ANEXO G:</b>	INICIO DE IMPLEMENTACIÓN.....	6
<b>ANEXO H:</b>	FINALIZACIÓN Y ENTREGA DEL PROYECTO .....	7

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A</b>	Aceites
<b>A<sub>SH</sub></b>	Área Superficial del Humedal
<b>A<sub>STH</sub></b>	Área de la Sección Transversal del Humedal
<b>A<sub>T</sub></b>	Área del Tanque
<b>B</b>	Espesor total del humedal
<b>BCF</b>	Bacterias Coliformes Fecales
<b>BCT</b>	Bacterias Coliformes Totales
<b>B<sub>H</sub></b>	Ancho del humedal
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>C</b>	Concentración DBO <sub>5</sub> a la salida de humedal
<b>CE</b>	Conductividad Eléctrica
<b>C<sub>0</sub></b>	Concentración DBO <sub>5</sub> en agua residual
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>D<sub>c</sub></b>	Dotación de agua consumida
<b>DQO</b>	Demanda química de Oxígeno
<b>DTO</b>	Demanda Teórica de Oxígeno
<b>ESPOCH</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<b>G</b>	Grasas
<b>GAD</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado
<b>Hab</b>	Habitantes
<b>h<sub>H</sub></b>	Profundidad del humedal
<b>L</b>	Litro
<b>L<sub>H</sub></b>	Largo del Humedal
<b>m</b>	Metro
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>mg/L</b>	Miligramo por litro
<b>M</b>	Coefficiente de Mayoración
<b>ml</b>	mililitro
<b>mm</b>	milímetro
<b>n</b>	Porosidad del medio filtrante
<b>P<sub>a</sub></b>	Población actual
<b>P<sub>f</sub></b>	Población futura
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno

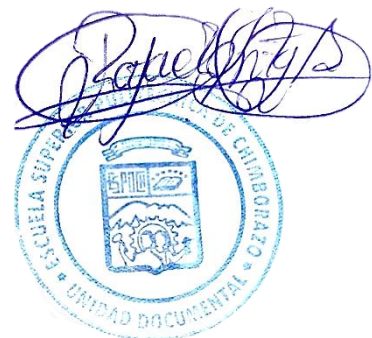
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
<b>%</b>	Porcentaje
<b>P<sub>S</sub></b>	Profundidad de Seguridad
<b>P<sub>T</sub></b>	Profundidad Total
<b>P<sub>u</sub></b>	Profundidad Útil
<b>Q</b>	Caudal
<b>Q<sub>D</sub></b>	Caudal de Diseño
<b>Q<sub>i</sub></b>	Caudal de Aguas Ilícitas
<b>Q<sub>m</sub></b>	Caudal medio
<b>Q<sub>M</sub></b>	Caudal Mayorado
<b>R</b>	Índice de crecimiento poblacional
<b>s</b>	Pendiente
<b>SST</b>	Sólidos Suspendidos Totales
<b>SS</b>	Sólidos Sedimentable
<b>t</b>	Tiempo
<b>T<sub>RH</sub></b>	Tiempo de Retención
<b>UNT</b>	Unidad Nefelométrica de Turbidez
<b>V<sub>u</sub></b>	Volumen Útil
<b>WC</b>	Water Close

## RESUMEN

El objetivo del presente proyecto técnico fue diseñar e implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad de Sacahuan-Tiocajas del cantón Guamote, para ello se dio inicio con la caracterización fisicoquímica y microbiológica de dos muestras de aguas grises en base al Acuerdo Ministerial No. 028 del año 2015, Tabla A4: Criterios de Calidad de aguas para uso agrícola en Riego. Se construyó una réplica del sistema dentro del laboratorio a menor escala para obtener datos iniciales que ayude en el diseño final. El proceso comenzó con la determinación de los parámetros, selección de condiciones de diseño, cálculos ingenieril e implementación del diseño. Para el diseño ingenieril se realizó el dimensionamiento de: conexiones de las tuberías del área de la cocina (lavadero), baño (ducha y lavabo) y la lavandería de ropa; se colocó un sistema de 2 llaves de paso, para el sistema principal y un sistema alternativo; se instaló una trampa de aceites y grasas formada por un tanque plástico de 60L; un filtro por gravedad formado por un tanque plástico de 200L, un humedal subsuperficial de flujo horizontal y un tanque recolector de agua de 0.70m de profundidad; 2m largo y 0.70m de ancho; el tanque presentó una tapa en la parte superior y es donde se recoge el agua ya tratada, por otro lado el sistema secundario solo presentó un sistema de filtro natural formado por piedras de grande y mediano tamaño, tiene una profundidad de 0.72m, largo de 2m y ancho de 0.70m, todos los equipos tienen recubrimiento de geomembrana. Para el sistema de tratamiento de aguas residuales se obtuvo resultados de remoción de contaminantes para la muestra 1 de: 71,16% y para la muestra 2 de 81,62%. Se recomienda realizar análisis de laboratorio en base a los metales pesados que pudieran presentarse.

**Palabras clave:** <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <AGUAS GRISES>, <INGENIERÍA>, <USO AGRÍCOLA>, <REMOCIÓN DE CONTAMINANTES>.

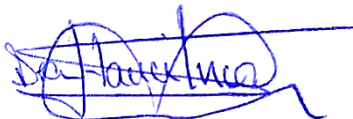
00801-DBRA-UPT-2023



## **ABSTRACT**

The objective of this technical project was to design and implement a wastewater treatment system in the community of Sacahuan-Tiocajas in the Guamote canton. To this end, we began with the physicochemical and microbiological characterization of two graywater samples based on Ministerial Agreement No. 028 of 2015, Table A4: Water Quality Criteria for Agricultural Irrigation Use. A replica of the system was built within the laboratory on a smaller scale to obtain initial data to assist in the final design. The process began with the determination of parameters, selection of design conditions, engineering calculations and design implementation. For the engineering design, the following were sized: piping connections for the kitchen area (laundry room), bathroom (shower and sink) and laundry room; a system of 2 stopcocks was installed for the main system and an alternative system; an oil and grease trap was installed, consisting of a 60L plastic tank; a gravity filter consisting of a 200L plastic tank, a horizontal flow subsurface wetland and a water collection tank of 0.70m deep, 2m long and 0.70m wide; the tank had a lid on the top; the tank had a lid on the bottom of the tank and a water collection tank of 0.70m deep, 2m long and 0.70m wide; the tank had a lid on the bottom of the tank. 70m deep, 2m long and 0.70m wide; the tank has a lid at the top where the treated water is collected, while the secondary system only has a natural filter system made up of large and medium-sized stones, with a depth of 0.72m, 2m long and 0.70m wide; all the equipment has a geomembrane covering. For the wastewater treatment system, the pollutant removal results for sample 1 were 71.16% and 81.62% for sample 2. It is recommended that laboratory analysis be performed on the basis of the heavy metals that may be present.

**KEY WORDS:** <WASTEWATER TREATMENT>, <GREYWATER>, <ENGINEERING>, <AGRICULTURAL USE>, <POLLUTANT REMOVAL>.



**Dra. Nanci Margarita Inca Chunata Mgs.**

**C.I. 0602926719**

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos necesarios para cuestiones de vida y propiamente la salud, de esta manera se provee de una vida digna a cada una de las personas, el acceso del agua se da principalmente para solventar necesidades tanto de uso personal como de uso doméstico, las mismas que involucran el consumo, el lavado de ropa, en la alimentación y la higiene personal y el uso de tipo doméstica (Jochen, 2007, p. 7).

Según el autor Mota Botello (2018, p. 6) menciona que en el artículo de la FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que uno de los retos que se plantean a futuro es el de poder obtener nuevas alternativas referentes al menor consumo del agua para de esta forma poder aumentar una producción de alimentos debida, a más de ello se pronostica que en el año de 2025 al menos 1800 millones de habitantes vivan en una escasez absoluta del agua.

El alto porcentaje de contaminantes de las aguas grises afectan de manera directa al entorno esto es debido a la gran carga de contaminantes ambientales como: restos vegetales, sólidos totales (ST), sólidos sedimentables (SS), Demanda química de oxígeno (DQO), Demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), aceites y grasas (A y G), bacterias coliformes fecales (BCF), bacterias coliformes totales (BCT), metales, entre otros (Crombet et al., 2013, p. 4).

La ausencia de un sistema de riego y la falta de planificación de proyectos que ayuden al sustento de la población indígena del cantón Guamote, repercute en que los habitantes migren a las grandes ciudades (Espinosa, 2018, p. 17 ), siendo la comunidad de Sacahuan-Tiocajas una de las afectadas.

El camino del presente proyecto se lo toma en consideración como la cosecha y reutilización de las aguas grises de la comunidad, para ello se hace el uso del regimiento de las normas: que se encuentran en el Acuerdo Ministerial; Tabla A4: Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego, del año 2015. Debido a que la comunidad presenta la necesidad de diseñar y construir un sistema de tratamiento de aguas residuales, por los escasos del recurso hídrico que afecta a la mayor parte de los usuarios en lo que se refiere al sector agrícola.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

El tratamiento de las aguas residuales genera grandes contribuciones en lo que conlleva el mejoramiento de la vida y el progreso de las personas, tomando como punto de inicio el tratamiento de aguas residuales, el que se engloba directamente como miembro natural de la característica “familia verde” se ha ahuyentado estimablemente de lo que es el actual concepto de la palabra sostenibilidad, en segundo lugar se toma en consideración que en el proceso de desarrollo del tratamiento de aguas residuales rurales, le faltan estándares de calidad de agua que tenga un pleno desarrollo de lo que es el tema de sostenibilidad social y ambiental y el tercer referente es hacia la práctica debido a que existe una falta de reflexión y búsqueda de una coexistencia armoniosa entre el hombre y la naturaleza (Jiuhui, 2016, p.4).

Una de las características fundamentales que se presenta en materia del tratamiento del agua es que se constituye en un conjunto de operaciones (físicas, químicas, físico-químico o biológico) que tienen el fin de la eliminación o minimización de contaminantes no deseados, para en base a ello se pueda conseguir un líquido que presente adecuadas características para un reúso, el tratamiento del agua es cada vez más imprescindible dentro de la sociedad, esto es debido a que la escasez de la misma sigue en aumento sabiendo que solo el 2,5% del agua es dulce y de esta cantidad solo el 0,4% es adecuada para el consumo (ACCIONA, 2020, p.43).

En lo que se ha podido verificar dentro de la comunidad, el problema presente en este sector es la carencia de aguas de regadío y las descargas directas de las aguas grises sin previo tratamiento, obteniendo de manera simultánea un deterioro de la calidad de los suelos y el desperdicio del recurso hídrico dentro de la comunidad.

## **1.2. Planteamiento del problema**

En base al último CENSO realizado en el año 2010 dentro del fascículo provincial de Chimborazo menciona que Guamote es uno de los cantones mayormente poblados de la provincia de Chimborazo con una población de 45.153 habitantes, representando de esta manera un 19,7% de habitantes, entre hombres y mujeres (INEC, 2010, p. 8), donde que aproximadamente el 89% de los habitantes cuentan con sus viviendas propias, siendo la contaminación una problemática que influye de forma directa a grandes extensiones de terrenos pertenecientes a comuneros y por otro lado en la inapropiada descarga de las aguas residuales grises proveniente de las actividades del hombre sin la existencia de tratamiento alguno (NOVA, 2018, p.2).

Con respecto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales presenta tres inferencias ambientales de tipo universal, descritas a continuación: a) El consumo de medios no renovables que se agotan al pasar el tiempo; b) la degradación de tipo ambiental y por último c) el empleo de grandes cantidades de subproductos, principalmente del lodo que se genere (Tunnel\_Boring, 2014, p. 3).

Por lo tanto, el problema radica en que el agua de regadío de los cultivos que presentan la comunidad es escasa dentro de la misma, teniendo de esta forma una cosecha muy baja de sus productos lo cual es preocupante para los moradores, por ello la reutilización de las aguas grises van a solventar de manera directa los escasos del recurso hídrico.



### **1.3. Justificación**

En lo que respecta al actual Trabajo de tipo Técnico se pretende de manera principal generar conciencia sobre la importancia del recurso hídrico ya que las actividades generadas propiamente por el hombre provocan una degradación excesiva en la calidad del recurso natural, imprescindible para la vida.

La implementación del sistema de tratamiento de agua residuales dentro de lo que son aquellos sectores de escasos recursos conlleva a ser un factor muy importante para que posterior a ello se evite un sistema descomunal de la contaminación, se puede nombrar de igual forma que influye en la mejora de calidad de vida de los habitantes, se logra disminuir la gran contaminación de los efluentes vertidos, llevando a una garantía total de los sistemas de tratamiento, produciendo un agua residual tratada que podría ser empleada para lo que es el riego de plantas (Orellana, 2016, p. 23), tras un previo análisis a nivel de laboratorio que compruebe la veracidad de la misma.

El interés del proyecto planteado radica en la puesta en marcha de  $\frac{1}{4}$  parte del proyecto de cosecha de aguas debido a la contaminación excesiva tanto de aguas y los suelos debido a que las descargas son de manera directa hacia las afueras de cada vivienda es decir, no existe un sitio adecuado para que dichas aguas sean almacenadas de manera apropiada, por otro lado la carencia del recurso hídrico es referido a que dentro del sector existen de 2 a 3 viviendas que presentan el sistema de agua de regadío mientras que el resto de la comunidad, carece del mismo, por la problemática anteriormente descrita se justifica el “Diseño e implementación de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Sacahuan Tiocajas del cantón Guamote”

## 1.4. Localización del proyecto

La presente propuesta técnica se llevará a cabo en la comunidad de “Sacahuan Tiocajas”, la misma que está ubicada en el cantón Guamote de la Provincia de Chimborazo y a su vez en los Laboratorios de Calidad de agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

**Tabla 1-1:** Ubicación y Características geográficas de la comunidad de Sacahuan Tiocajas

Parámetro	Descripción
Provincia	Chimborazo
Cantón	Guamote
Comunidad	Sacahuan Tiocajas
Latitud	-1.9377187
Longitud	-78.7107731

Fuente: (Google Maps, 2022).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.



**Ilustración 1-1:** Georreferencia de la localidad de Sacahuan-Tiocajas

Fuente: (Google Maps, 2022).

## 1.5. Beneficiarios

### 1.5.1. Beneficiarios directos

El presente proyecto técnico tiene como beneficiario directo a dos mujeres pertenecientes a la comunidad de Sacahuan Tiocajas, la misma que se encuentra situada en el cantón de Guamote.

### **1.5.2. Indirectos**

- Pobladores aledaños a la comunidad, que requieran implementar el sistema para una mejor calidad del agua, la misma que podría ser usada para el regadío agrícola.
- Junta parroquial de Sacahuan Tiocajas
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guamote

### **1.6. Objetivos**

#### ***1.6.1. General***

Diseñar e implementar un Sistema de Tratamiento de aguas residuales en la comunidad de Sacahuan Tiocajas del cantón Guamote en base al Acuerdo Ministerial No. 028.

#### ***1.6.2. Específicos***

- Ejecutar la caracterización fisicoquímico y microbiológico del agua residual de la Comunidad de acuerdo a los Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego, Tabla A4, del año 2015.
- Identificar las variables de proceso para el diseño e implementación de tratamientos de aguas residuales.
- Efectuar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de la planta de aguas residuales.
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua tratada de acuerdo a los Parámetros de Monitoreo de las Descargas Industriales.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

De manera general los autores: Díaz, Elizabeth; Alvarado, Alejandro; Camacho (2012, p. 5) mencionan en su trabajo que: las aguas de tipo residual no son más allá que residuos de humanos, estimándose que las aguas residuales de tipo domésticas constituyen en un elevado porcentaje (en peso) por agua del 99,9% y por otro lado solo el 0,1% es referido a sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, se alude que esta pequeña fracción es la que mayormente presenta las dificultades en cuanto a problemas de su tratamiento para su posterior utilización.

El uso de técnicas de purificación natural a fin del tratamiento de las aguas residuales en la actualidad es una opción que se usa de manera amplia para la mayor parte de la población, donde qué se debe de tomar en cuenta la adopción de una evaluación adecuada tanto de costo/beneficio, es por ello que se encuentra una problemática directa en lo que es la elección de las soluciones de planta más adecuadas frente a las situaciones de tipo ambiental como regulatorias (ISPRA, 2012, p. 29), el resultado que se da a la presente problemática dentro de los avances científicos de materia de tratamiento de las aguas residuales, trae consigo procesos de bajo costo con una calidad de agua adecuada.

Desde este punto de vista se puede mencionar que a lo que respecta al humedal artificial es un sistema de tratamiento de aguas residuales que se basa tanto en lo que es el proceso biológico, físico y las características físicas-químicas de los ambientes acuáticos y humedales, pues estos tienen la característica fundamental de la presencia de especies vegetales (macrófitas hidrófilas) que se encuentran flotando sobre la superficie del agua, siendo la mayoría de los humedales de flujo sumergido horizontal, mientras que las especies de tipo vegetal se encuentran enraizadas de forma emergente (ISPRA, 2012, p. 17).

Según lo que menciona la página de noticias (UCN, 2016, p.9), para lo que es un sistema amigable, económico y de fácil uso resulta ventajoso incorporar recursos propios de la zona, siendo la piedra volcánica un tipo de biofiltro que ayuda a potenciar la eliminación de la materia orgánica presente en el agua cruda, esto es gracias a que el material, presenta una buena porosidad, alta rugosidad y composición química propia para la purificación de las aguas.

## **2.2. Referencias Teóricas**

### **2.2.1. Familias y comunidades**

Se les conoce como aquellas personas que se presentan de manera colectiva, capaces de llevar a cabo cada uno de los proyectos propuestos con el objetivo de generar nuevas oportunidades que ayuden a la supervivencia y prevalencia de cada una de sus pueblos, a las familias se las conoce como aquellos representantes principales que inciden sobre los aspectos de la vida diaria principalmente de los niños/as; por otro lado en lo que respecta a las comunidades es el soporte que ayuda a la identificación de habilidades, saberes y vivencias de cada una de las personas que la consolidan (Organización de Estados Iberoamericanos, 2020, p.8).

### **2.2.2. Aguas residuales grises**

Es aquel recurso de tipo residual que se recicla con el fin de poder sustituir a aquellos tipos de aguas comunes, principalmente para poder recargar cisternas de WC (Water Close), para lo que es el riego de jardinería, limpieza, entre otras, las mismas que proceden directamente de duchas, lavamanos, lavandería y las aguas de cocina, cabe mencionar que las mismas van a presentar en su contenido un elevado grado de contaminación, las mismas que en su composición contiene materia de tipo orgánica, inorgánica y distintos tipos de microorganismos (AEESA, 2018, p. 1).

De acuerdo a las características que tienen las aguas residuales grises, las mismas se clasifican dentro de los parámetros constituyentes de: baja carga los que tienen origen de lugares como la ducha, tinas y lavaderos; los de media carga hacen referencia a aquellas descargas de las lavadoras y aquellas de alta carga, las provenientes de la cocina y el lavavajillas (Agua-energía- et al., 2017, p.7).

### **2.2.3. Clasificación de aguas residuales**

- Aguas residuales domésticas: Hace referencia a aquellas aguas que son provenientes de domicilios o a su vez provenientes de estancias ya sean están de tipo privado o público.
- Aguas residuales pecuarias: Son aquellas que provienen de manera directa de todas las actividades que tienen origen ganadero.
- Aguas residuales de Origen agrícola: Hace referencia a aquellas aguas provenientes de la lluvia, agua de riego normalmente usados en la agricultura.
- Aguas residuales Industriales: Proveniente de aquellas actividades de los diferentes tipos de industrias.

- Aguas de escorrentías urbanas: Se refiere a aquellas aguas que provienen de las precipitaciones de aguas de lluvia o de la nieve dentro de la zona urbana (Haro Martínez, 2014, pp. 1-16).

#### **2.2.4. Descargas de aguas residuales**

El documento que rige el tratamiento de aguas residuales denominado: “Estadística Ambiental en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM)” redacta que, dentro del Ecuador al menos el 63,3% de los GAD Municipales realizan tratamientos de sus aguas residuales previo a una descarga final, en cuanto al 32,6% no realizan un tratamiento, siendo un agua residual no tratada llevada a ríos en un 56,3%, en quebrada un 30,4% y el restante en cequias de riego, canales, mar entre otros (INEC, 2016, p. 14).

Hace referencia a una de las tantas problemáticas que se ven reflejadas dentro de las Autoridades del Ministerio Ambiente, debido a que la composición afecta de manera directa tanto a la flora como a la fauna, sabiendo que dentro del Ecuador las mayores fuentes de contaminación de los diferentes cuerpos de agua corresponden a las descargas domésticas de las viviendas urbanas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2017, p.1).

#### **2.2.5. Muestreo**

Es una de las herramientas más utilizadas a nivel científico, debido a que la función de este es poder determinar que parte del estudio (población o universo) debe de examinarse con el fin de poder hacer inferencias sobre dicha población, poder obtener una muestra adecuada se deduce del lograr tener una versión simplificada de la población, que mantenga de alguna forma sus rasgos básicos (Padua, 2018, p. 1).

Según Hernández y Carpio (2019, p. 2), lo define como un tipo de herramienta dedicada específicamente a la investigación de tipo científica donde que su objetivo es el de poder determinar cuál es la parte de la población con la que se va a realizar el estudio.

##### *2.2.5.1. Tipos de muestreos*

- *Muestreo aleatorio simple*

Es el procedimiento más simple, el cual se basa en la selección de la muestra al azar siendo un método que permite que cada una de las muestras que se presenten tengan la misma posibilidad de ser elegidas, se lo lleva a cabo tomando en cuenta que la población con la que se está trabajando presenta elementos que son infinitos (Casal y Mateu, 2003, p. 4).

- *Muestreo sistemático*

Es un tipo de muestreo que se aplica de forma ordenada, al primer elemento se elige de manera aleatoria, mientras que el resto de elementos que se encuentran involucrados se los toma de forma directa y con un orden establecido en base a la primera selección; método que puede aplicarse en la gran parte las situaciones (Padua, 2018, p. 1).

- *Muestreo aleatorio estratificado*

Se trata de un método que se encarga de dividir a las muestras en subgrupos o subpoblaciones que son identificables, la selección que se realiza dentro del presente método es por separado y dentro de cada división; es utilizado por facilidad de implementación y para una aplicación de muestreo de manera “inteligente” (Padua, 2018, p. 6).

- *Muestreo aleatorio por conglomerados*

Es utilizado cuando existe una aglomeración de las muestras, dentro del presente método se hace la elección de forma aleatoria de un número determinado de muestras conglomeradas, existe división de la población en diversos grupos que son parecidos entre sí, a partir de ello se estudian algunos grupos y descartan el resto, cada conglomerado presenta una importante variabilidad pero el resto de conglomerados son semejantes (Guillen et al., 2011, pp. 186-187).

#### 2.2.5.2. *Tipos de muestras*

- *Muestra simple*

Es aquella muestra tomada en un tiempo y lugar determinado, para realizar el correspondiente análisis individual, la misma que representa la composición del agua original para el lugar, tiempo y circunstancia particulares en las que se realizó su captación.

- *Muestra completa*

Se refiere al tipo de muestreo que será realizado para todas las muestras de tipo residual a excepción de las que presentan exclusivamente fecal o cuando la autorización de vertidos así lo permita, debido a que la composición del agua varía significativamente a lo largo del tiempo,

muestra completa se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio a diferentes tiempos (Instituto de Toxicología de la Defensa, 2016, p. 3).

#### 2.2.5.3. Tipos de método

- *Método Deductivo*

Es un proceso que se usa para la obtención del conocimiento en base al desarrollo de aplicaciones y a partir de principios generales, el presente método inicia por la elaboración de hipótesis a partir de principios que son existentes, para en lo posterior poder comprobar si la hipótesis puede ser verdadera (Labajo, 2016, pp, 14-16).

- *Método Inductivo*

Denominado también como método de razonamiento, se basa en una argumentación amplia; en lo que respecta a la conclusión se la obtiene en premisas, es decir no garantiza una conclusión de carácter general, aunque la presente no prueba la validez se considera valiosa a nivel científico debido a que inducen a conclusiones innovadoras (Labajo, 2016, p, 17).

- *Método Volumétrico*

Está conformado por numerosos procedimientos cuantitativos, basados en la medida de la cantidad de un reactivo conocido, dentro de la valoración volumétrica se encarga de medir el volumen de una disolución de esta forma al medir de manera exacta el volumen de concentración se pueda calcular su concentración (Campillo, 2011, p, 3).

#### 2.2.6. Características de las aguas residuales grises

Se caracterizan por su composición física, química y biológica, siendo las siguientes, las más representativas:

- Constituyentes físicos:

Color de las aguas (degradación de materia orgánica), olor (descomposición), sólidos (infiltración) y temperatura.



- Constituyentes químicas:

-Orgánicos: grasas animales, aceites, contaminantes prioritarios.

-Inorgánicos: alcalinidad, pH, cloruros, nitrógenos, fósforo.

- Constituyentes biológicos:

Presencia de microorganismos, animales, plantas y virus.

Es fundamental mencionar que las aguas residuales presentan olores y apariencias muy características relacionado al tiempo en que son producidas (Zaragoza, 2010, pp. 1-3).

#### *2.2.6.1. Color de las aguas grises*

Es una propiedad organoléptica del agua el mismo que resulta de la existencia de sustancias que están de forma suspendida o disueltas a ello se le denomina como color aparente, mientras que al referirse al color real o verdadero es con respecto al color del producto en aquellas sustancias que están disueltas, el color se presenta primordialmente por la aparición de moléculas orgánicas, materia en suspensión o coloidal y presencia de iones de hierro y/o manganeso (Osorio et al., 2018, pp, 2-3).

#### *2.2.6.2. Sólidos Suspendidos Totales (SST)*

Se definen como aquel material particulado que se encuentra en suspensión en las corrientes pertenecientes tanto a aguas de tipo superficial y/o de tipo residual, el presente indicador ayuda a la vez a evaluar cual es la calidad del agua de los municipios o comunidades, los (SST) se determinan mediante gravimetría y mediciones puntuales (IDEAM, 2007, p.23).

#### *2.2.6.3. Sólidos Totales (ST)*

Se definen como aquella sustancia residual que se encuentra en estado sólido y está presente en el agua, el cual se puede determinar por la evaporación y secado a temperaturas de 103-105 °C (Carpio Galva, 2017. p, 2) directamente del agua que se tiene como muestra, el presente parámetro es considerado como el más específico para determinar un perfil completo de sólidos a ser tratados, son expresados en porcentajes de peso (Microlab, 2019, p.4).

#### *2.2.6.4. Temperatura*

Magnitud macroscópica, presenta la descripción de “frío” y “caliente”, se especifica al término frío como una temperatura más baja que la caliente, el concepto se encuentra relacionado con el equilibrio térmico, la sensación de calor o frío se da por la presencia o ausencia de la temperatura que se da por las variables del tiempo y clima (Inzunza, 2020, p. 85)

#### *2.2.6.5. Potencial de Hidrógeno (pH)*

La autora Garcia (2011, p. 1) lo define como aquella medición de tipo convencional que manifiesta cual es la concentración de los iones de hidrógeno de una manera reducida, consiste básicamente en la obtención del log invertido de los iones de hidrógenos que están concentrados, se menciona que el pH mide tanto la acidez como la alcalinidad siendo la medida ácida que va de 1 a 7, mientras que la más alcalina pertenece a la escala que está más próxima a 14, es necesario mencionar que existen algunas sustancias con pH neutro, como el agua de grifo siendo un valor de 7 (Toro, 2013, p.6).

#### *2.2.6.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*

Es una de las medidas generadas por la cantidad de oxígeno en la que interfieren microorganismos para poder establecer a la materia de tipo orgánica biodegradable, el valor estimado de DBO en aguas residuales de tipo domésticas estimado en 5 días es de en promedio de 65-70% de la materia oxidable total (Navarro, 2015, p. 2).

Siendo un método que reemplaza de manera directa a los microorganismos y el oxígeno disuelto en el agua con la aplicación de un reactivo fuertemente oxidante y a una elevada temperatura, este parámetro ayuda a poder determinar cuál es el impacto que causan las aguas residuales hacia los distintos cuerpos acuáticos receptores (González, 2013, p.2).

#### *2.2.6.7. Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

Hace referencia al volumen de la cantidad de oxígeno necesario para poder oxidar la fracción orgánica de una muestra del compuesto de dicromático o permanganato en medio ácido, los valores que presentan varían entre el 80 y el 85% de la Demanda teórica de oxígeno (DTO), dependiendo de la composición que presente el agua residual a tratar, los valores del DQO aumentan a medida que pasa el tiempo de reflujos aproximadamente 7 horas (Ramalho, 1996. p. 39). Según los autores Menéndez y Pérez (2007. p. 18) la definen como una medida real de la cantidad de oxígeno que es necesario para poder oxidar aquellos compuestos orgánicos a dióxido de carbono y agua, con un agente oxidante fuerte, estipula que la mejor manera para poder determinar los valores es cuando el método aplicable obtenga valores cercanos o equivalentes a la DTO.

#### 2.2.6.8. *Grasas y Aceites*

Se denominan como aquellos compuestos orgánicos que su contenido presenta ácidos grasos tanto animal como vegetal, de igual manera hidrocarburos pertenecientes al petróleo, cabe mencionar que representan uno de los inconvenientes principales dentro de las aguas residuales. Con lo que respecta a las sustancias grasas a su vez se divide en grasas y en aceites, donde que las grasas animales contienen tejido adiposo de ovinos, bovinos, entre otros y aceites animales hace referencia a lo originario de sardinas, salmones o mamíferos de índole marina y al referirse a los aceites vegetales son los que se constituyen en mayoría se encuentran en girasoles, maní, maíz, lino, coco, entre otros (González, 2013, p.1).

#### 2.2.6.9. *Conductividad*

Usualmente llamada conductancia es un parámetro que diagnostica la concentración total de iones diluidos en el agua (Boyd, 2017, p.9) y la capacidad de esta para poder trasladar la corriente eléctrica, en el Sistema Internacional de Unidades se expresa (S/m), a una temperatura de 25°C, el presente parámetro cambia conforme a la temperatura que se presente (Solís et al., pp, 2-3).

#### 2.2.6.10. *Turbiedad*

Se encuentra dentro de los parámetros físico-químico indispensable para poder evaluar la calidad del agua, la misma que comprende sustancia que son coloidales, minerales u orgánicas presentes en el agua, lo que se refiere netamente a la contaminación, un alto nivel turbio puede proteger a microorganismos que están presentes, aumentando el nivel de bacterias lo que consigo es perjudicial para las personas; por otro lado los niveles bajos de turbidez (1,0 UNT) ayuda a reducir los efectos negativos que son provocados por aquellos agentes que causan toda clase de enfermedades (Boelee et al., 2019, pp, 15-16).

#### 2.2.6.11. *Coliformes fecales*

Son factores contaminantes de origen fecal, la característica que se destaca dentro de ello es la capacidad que presenta para fermentar en la lactosa a temperatura de 44,5°C, se menciona que las presentes bacterias son halladas un 95% en las heces fecales de animales que presentan sangre caliente y la capacidad de multiplicación en agua es exagerada, se adiciona que las presentes bacterias son termotolerantes capaces de soportar altas temperaturas (CYTED, 2021, pp, 224-225).

#### 2.2.6.12. *Coliformes totales*

Bacterias de tipo aerobias y anaerobias capaces de fermentar en la lactosa a una temperatura de 37°C en un tiempo de 48 h, su fermentación produce ácido y gas, la presencia del mismo es indicador de la calidad del agua se lo puede hallar en heces, medio ambiente (suelo, materia vegetal en descomposición) dentro de los sistemas de tratamiento de aguas residuales la presencia de estas bacterias se debe a la insuficiencia de tratamiento, contaminación posterior al tratamiento; la prueba de coliformes ayuda a determinar la calidad microbiana del agua (OMS, 1998, p.5).

#### 2.2.7. **Tratamiento biológico de aguas residuales grises**

Tiene por objetivo la eliminación de los sólidos de tipo coloidal que no son sedimentables y por otra parte en lo que es la estabilización de la materia de tipo orgánica las mismas que son manejadas en base a una gran variedad de microorganismos, principalmente de bacterias, además, ayuda a reducir de manera directa lo que es la materia orgánica y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. (Trujillo, 2010, p. 43)

El tratamiento biológico es mayormente preferido debido a costes menores de uso que van de 5 a 20 veces comparados con químicos y mantenimientos, son capaces de destruir los contaminantes presentes, es por ello que se lo denomina un proceso de tipo destructivo completo (Arnáiz y Lsac Y Juman Lebrato, 2000, pp. 1-2).

#### 2.2.8. **Evaluación de sistema de tratamientos de aguas**

De acuerdo a Deloya-Martínez (2014, p, 1), las lagunas de estabilización de tratamiento de aguas residuales son más baratas en un porcentaje de 50, en comparación a otros sistemas tales como: sistemas de filtración (filtros parabólicos, filtros rotatorios); separadores por gravedad (transportador de tornillo para arena, separadores de aceites y grasas, separadores de flujo cruzado, hidrociclones); sistema de flotación (flotación por aire inducido, flotación por aire disuelto, flotación por gas disuelto); sistemas de coagulación y floculación (floculador tubular, tanque de reacción, electro coagulación, equipo de dosificación de químicos) (SPENA GROUP, 2019); añadiendo a ello que la misma requiere un reducido mantenimiento para una buena depuración de contaminantes presentes, en un estudio elaborado dentro del Instituto Tecnológico de Costa Rica demostraron que para obtener un efluente de elevada calidad es recomendable utilizar los lirios acuáticos para aguas tratadas (Deloya-Martínez, 2014, p.54).

## 2.2.9. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales grises

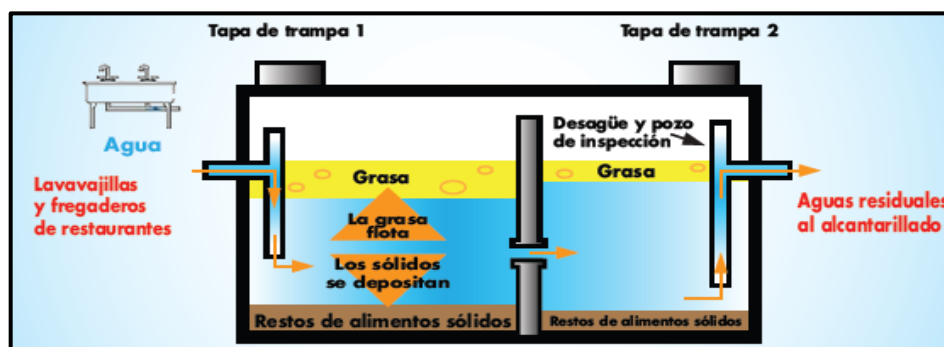
Es aquella que tiene como propósito reducir el nivel de la materia orgánica y los contaminantes que presentan las mismas obteniendo de esta manera la restauración de la presencia de oxígeno, la misma que se puede llevar a cabo por medio de bacterias adecuadas y otros microorganismos que son usados para que consuman la materia orgánica, siendo los mismos separados propiamente del agua (Belzona, 2010, p. 8).

Es importante mencionar que una PTAR es aquella que desempeña la acción de depurar el agua que fue utilizada, realizando acciones como: la eliminación de los sólidos, minimización de la materia de tipo orgánica en conjunto con los contaminantes que están presentes para de esta manera poder restablecer el oxígeno (SPENA, 2016, p.7).

### 2.2.9.1. Trampa de aceites y grasas

Es por lo general un tanque que está diseñado para cualquier tipo de material: metal, plástico e incluso de concreto la función de la misma es la recepción de las aguas sucias compuestas por grasas y aceites derivados especialmente de las tuberías de la cocina, dentro de estos tanque los residuos generados son separados obteniendo así en la parte superior las grasas y aceites ayudando de esta forma a la reducción de los contaminantes presentes en el efluente para a partir de ello continuar con el sistema de tratamiento (Miami Dade, 2014. p. 1).

La función de la presente es la de poder retardar el flujo del agua que ingresa, con ello la grasa y aceite que se encuentra presente se logra separar, siendo esta direccionada a la parte superior mientras que la parte que se encuentra sólida se va al fondo de la trampa, el resto del agua pasa libremente hacia un nuevo sistema (TRAMPA DE GRASAS, 2021. p. 1).



**Ilustración 1-2:** Representación esquemática de una trampa de aceites y grasas

Fuente: (Miami Dade, 2014. p. 1).

### 2.2.9.2. Filtración de aguas residuales

Principalmente se la conoce como una operación unitaria importante dentro del procedimiento para tratar las aguas grises, sus funciones consisten en la depuración de sólidos en suspensión, eliminación de fósforo y como proceso operación previa al desarrollo de la electrodiálisis, a la filtración se le puede hacer uso como una etapa única de todo el proceso o usada como uno de los tratamientos preliminares de coagulación, en resumen se puede mencionar que la operación de filtración separa partículas, microorganismos y sustancias extrañas que no han sido retenidas en procesos posteriores (Doctorales, 2006, p. 110).

- *Filtro por gravedad PTAR*

Nombrado también como una filtración rápida, proceso por medio del cual ayuda a la depuración de materiales de pequeño y gran tamaño que se encuentran suspendidos en el agua, para que se dé un funcionamiento adecuado el efluente debe de atravesar el filtro formado por capas de arena a una elevada velocidad quedando retenidas en el proceso el material indeseado (Aqualap, 2020, p.65).

- *Porosidad*

Se establece como la relación que existe entre el volumen poroso con la totalidad del volumen del material, se caracteriza por ser una propiedad de tipo intrínseca de las rocas de yacimientos, en cuanto a lo que se refiere con la capacidad de almacenaje de fluidos es secundaria (Ospitia, 2015, p. 6). Para la presente PTAR se hace uso de materiales tales como: grava, arena de río, piedras de grande y mediano tamaño; se hace uso dentro del tanque de filtración y en el área de los humedales.

**Tabla 1-2:** Porosidad total de diversos materiales

Material	Porosidad total		
	Mínima	Máxima	Media
Gravas	0,25	0,40	0,30
Arenas	0,20	0,45	0,35
Suelos	0,30	0,60	0,50

Fuente: (Custodio y Llamas, 1983).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- *Grava*

Son depósitos que se encuentran sedimentados presentan un tamaño entre 2 y 64 mm, en otras palabras se puede nombrar como “piedra partida” la forma que presenta es redondeada, estos áridos de material pétreo presentan tamaños variables ya sean por su formación natural o artificial, se usa en filtros lentos o por gravedad para la remoción de sólidos suspendidos en el agua como materiales orgánicos y microorganismos (Agrícola, 2022, p.64).

- *Arena de río*

Material natural silíceo/calcáreo que presenta una consistencia de granulometría fina, procedente de materiales de río en sedimentación es netamente sometido a una limpieza y clasificación adecuada, la densidad que presenta es 1.550 Kg/m<sup>3</sup>, el procedimiento para el sistema de filtración es hacer percolar el agua a través de un bloque de arena ayuda a limpiar el agua y reduce la presencia de microorganismos sin la presencia de productos químicos (Wikiwater, 2019, p.4).

- *Carbón activado*

Es un material utilizado para la adsorción, las características principales son: elevada área superficial, cristalinidad, alta porosidad, elevado volumen y diámetro de poros, debido a las características que presenta es semejante al grafito; dentro de la filtración es utilizado para la depuración de compuestos orgánicos en el agua, realizando la retención de contaminantes (Santos et al., 2021).

### 2.2.9.3. *Índice de biodegradabilidad*

Es un parámetro que nos ayuda a seleccionar cual es el tratamiento más adecuado dentro del tratamiento de las aguas grises para posterior a ello poder identificar la viabilidad de su aplicación, el cual según a revisión bibliográfica debe de ser superior a 0,4 (Proaño y Gualoto, 2018, p. 3).

Los valores se especifican en la tabla 3-2:

**Tabla 2-2:** Especificaciones de índices de biodegradabilidad.

<b>DBO<sub>5</sub>/DQO</b>	<b>Biodegradabilidad</b>	<b>Tratamiento adecuado</b>
>0,4	Muy biodegradable	Tratamiento biológico
0,2 – 0,4	Biodegradable	Sistema combinado
<0,2	Poco biodegradable	Físico-químico

**Fuente:** (Cruz & Chimbo, 2015, p. 57).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

#### 2.2.9.4. *Humedales Artificiales*

Son aquellas zonas que se construyen netamente por el hombre el cual tiene el fin de eliminar contaminantes que están presentes en el agua residual mismos que pueden ser por medio de procesos físicos, biológicos o químicos, por ello son considerados como una alternativa eficiente se encuentra formado por plantas generalmente de tipo acuáticas y microorganismos que están adaptados al mismo, para su rellenos se hace uso de grava o arena a profundidad de 0,5-1 m, necesitando un reemplazo del mismo entre los 8 y 15 años (Arce, 2018, pp. 21-22).

Antes de que el agua a ser tratada ingrese al humedal, esta proviene del filtro de agua por gravedad planteado por anterioridad.

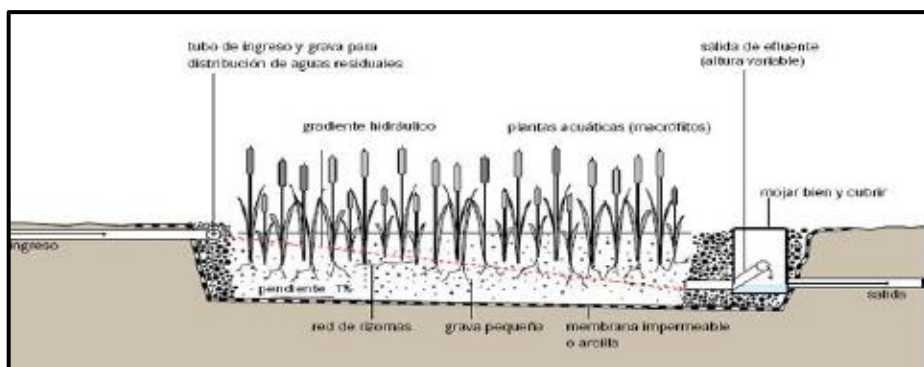
- *Humedales artificiales de flujo libre o superficial*

La función del presente tipo de humedal es la de poder simular un humedal natural, en el cual se pueda asentar las partículas, se destruyan patógenos y organismos ajenos al proceso, usados como tratamientos secundarios (Arce, 2018, p. 23).

- *Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal*

El agua a tratarse se encuentra en circulación de tipo horizontal, donde que la misma debe de atravesar el material filtrante ya sea grava o arena, siendo parte importante la presencia de la vegetación, el agua fluye de modo horizontal, el material presente realiza la acción de filtrar partículas y ayuda de manera directa a la degradación del material orgánico que fuera a presentarse (Arce, 2018, p. 25).





**Ilustración 2-2:** Humedal artificial de flujo subsuperficial

**Fuente:** (Arce, 2018, p. 25).

- *Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical*

Las aguas que pasan por el presente humedal presentan un recorrido de arriba hacia abajo, por medio del uso de un material filtrante dentro del cual se encuentra la vegetación adecuada, el funcionamiento es por un sistema mecánico de dosificación, tomando en cuenta los periodos de saturación y la falta de la misma con el objetivo de que el oxígeno fluya por todo el medio y logre llenar los espacios que están vacíos (Arce, 2018, p. 24).

- *Criterio de diseño de humedales*

Se debe de tomar en consideración que el factor de correlación para temperaturas que se encuentran en rango de 4 y 20 °C trabajan con el valor de 1,135; mientras que al hablar de temperaturas de entre 20 a 30 °C se establece el valor de 1,056 (Yocum, 2006, p.2).

#### 2.2.9.5. *Plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales*

La vegetación acuática se encuentra presente en los estanques mismo que presenta poca profundidad, se pueden diferenciar dos tipos en primera estancia se involucran plantas flotantes las mismas que cumplen la función de emanar el dióxido de carbono y necesidades del oxígeno, las plantas se desarrollan por medio de los nutrientes que reciben del agua y en segunda estancia se presentan a las plantas sumergidas encargadas de la absorción de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y minerales (Rers, 2008. p, 302).

- *Alcatraz*

Denominada también como cala o lirio (*Zantedeschia aethiopica*) planta que crece de manera acampanada y emite una agradable aroma la altura promedio que presenta va de 80 a 100 cm, las raíces que presentan son abundantes que presenta reservas energéticas, habitualmente se desarrollan en humedales, canales de riego y entornos que presentan aguas o terrenos inundados, el cultivo se lo debe de realizar en zonas con temperaturas de 15-23 °C con baja irradiación solar con porosidad mayor al 60% (Vázquez, 2020, p.76).

Una de las principales características para el uso de la presente planta es la de la eliminación de olores desagradables, no se requiere del uso de materiales químicos en primera estancia se eliminan un 50% de carga orgánica, en el segundo paso baja la concentración en un 80% y finalmente llega a los humedales donde que se reduce en un 90% la carga orgánica que está presente en el agua a ser tratada (Hydropure, 2018, p.98).

**Tabla 3-2:** Taxonomía de la planta Alcatraz

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta (plantas vasculares)
Súper división	Spermatophyta (plantas con semillas)
Phylum	Magnoliophyta (plantas con flores)
Clase	Liliopsida (angiospermas monocotiledóneas)
Subclase	Arecidae
Orden	Arales
Familia	Araceae
Género	Zantedeschia
Especie	Zantedeschia aethiopica

**Fuente:** (Vázquez, 2020).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

#### 2.2.9.6. Medidor de agua

Se trata de un dispositivo o artefacto que es capaz de registrar con exactitud y precisión la cantidad de agua que pase por el mismo, reflejando cual es el consumo que se realiza siempre y cuando este se encuentre en funcionamiento continuo, las partes que lo integran son unas manecillas y un contador mismos que permiten registrar el consumo de agua ya sea esta en unidades de: L, mL, etc. Los números que se deben de tomar en cuenta para la lectura son los de color negro el cual presenta a la cantidad en m<sup>3</sup> (Interagua, 2021, p.8).

### **2.2.10. Geomembrana**

Son aquellos productos de tipo Geosintéticos que presenta una forma laminar, continua y flexible, el fin de la presente es ser utilizada como un conjunto de barreras impermeables para líquidos u otros fluidos que fueran a presentarse dentro del proyecto ambiental, se diseña para aquellas condiciones que impliquen la exposición a rayos UV, el tipo que mayormente es usado es de Polietileno de Alta y Baja Densidad, las características que resaltan son: propiedades mecánicas, alta resistencia física, presencia de inercia química, aislamiento eléctrico, no absorbe humedad e inertes (PAVCO, 2017, p. 3).

### **2.2.11. Impacto ambiental generado por aguas residuales grises**

El vertimiento de las aguas residuales tiene como resultado tres consecuencias importantes:

- a) Efectos negativos para la salud
- b) Efectos sobre el medio ambiente nocivos
- c) Desfavorecimiento hacia las distintas actividades de viabilidad económica.

Los efectos son acumulativos que van desde una decadencia de la agricultura y las alteraciones provistas en los ecosistemas dando como resultado la subida de los precios alimentarios, la inseguridad y el hambre (Bokova y Ryder, 2017, p.8).

Las aguas residuales que son generadas suman 6,2 millones de toneladas de nitrógeno a las aguas costeras, siendo este uno de los mayores contaminantes de los océanos; según el informe de la ONU hasta el año de 2017 representa un impacto ambiental del 80%, se menciona que por la presencia de enfermedades como: la cólera, la disentería y la diarrea mata alrededor a 485.000 personas al año, en el año de 2019 un informe publicado por la EPA de Estados Unidos indica que en muestras de lodos se hallaron 116 sustancias químicas que presentan niveles de toxicidad que afectan a los humanos y 134 sustancias que afectan el medioambiente (Tuholske et al., 2021,p.98).

### **2.2.12. Determinación del caudal**

La cantidad del agua que fluye a través de un medio de tipo transversal es expresada en volumen por la unidad de tiempo, el cual se puede medir en base al tiempo, la determinación varía de acuerdo con el método que se emplea mismo que depende de las condiciones que presentan cada sitio (Masabni, 2000, p. 1).

### 2.2.13. Caudal de Infiltración

Se menciona que el presente caudal hace referencia a todo el conjunto de agua proveniente de las uniones de las tuberías, las construcciones e incluso los tipos de conexiones, para determinar los valores adecuados se hace uso de aquellos valores que se encuentran especificados en la RAS 2000, con respecto al título de la sección D (Logroño Costales y Usiña, 2016).

### 2.2.14. Caudal de aguas ilícitas

Son consideradas como aguas ilícitas aquellas que son provenientes de aguas de lluvia domiciliarias y de carácter ilegal a través de conexiones que son consideradas como clandestinas, mismas que son direccionadas hacia el sistema; cabe mencionar que la presente va a ser de un tamaño pequeño (Ecuador Estratégico, 2018. p,8).

### 2.2.15. Tiempo de retención hidráulica (TRH)

Se le denomina a aquel período de tiempo en el que el agua se encuentra en estado de reposo, desde el lugar de acopio hasta la unidad de tratamiento (Valades, 2019), los tiempos de retención de agua van a variar dependiendo del caudal con el que se trabaje, según como se describe en la tabla 5-2.

**Tabla 4-2:** Tiempos de retención del agua.

Caudal inicial (L/s)	Tiempo de retención (min)
1-9	3
10-19	4
20 o > 20	5

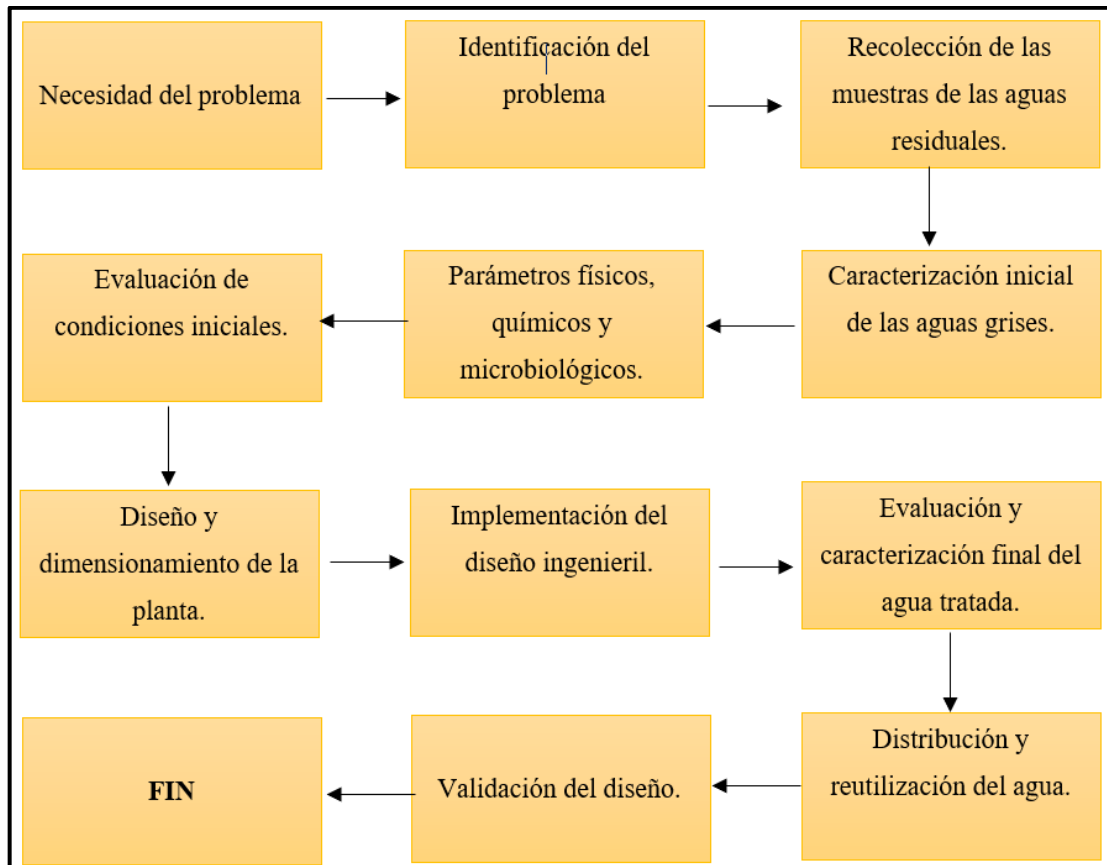
Fuente: (RAS, 2000).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Proceso metodológico



**Ilustración 1-3:** Etapas del proceso metodológico

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 3.2. Tipo de estudio

El actual proyecto titulado “ Diseño e Implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en la Comunidad de Sacahuan-Tiocajas del Cantón Guamote” es de tipo Técnico, el mismo que se encuentra regido en base a técnicas, guías y normativas que se encuentran establecidas en el Acuerdo Ministerial; Tabla A4: Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego, del año 2015; para que en base de las mismas se ejecute de manera correcta un Sistema de tratabilidad de agua que cumplan con los lineamiento establecidos.

### **3.3. Métodos y técnicas**

#### **3.3.1. Métodos**

Para la ejecución del presente proyecto se consideró hacer uso de tres métodos: inductivo, deductivo y experimental, los cuales permitieron tener un debido desarrollo de la problemática de la eliminación de los contaminantes que están presentes en el efluente y de esta manera alcanzar el adecuado Diseño e Implementación del Sistema de Tratamiento de las aguas residuales.

##### *3.3.1.1. Método Inductivo*

Es frecuentemente usado para identificar las variables de estudio desde su inicio hasta la finalización del proyecto, inició desde la observación y el método volumétrico los mismos que se llevaron a cabo para establecer la medición del caudal producido en el lugar de estudio, se recolectaron las muestras en botellas plásticas previamente esterilizadas para continuar con la caracterización de tipo fisico-química y microbiológica la cual se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Aguas y Suelos de la ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

##### *3.3.1.2. Método Deductivo*

Se enfoca en el desarrollo del área ingenieril, hace referencia al conjunto de Cálculos y operaciones unitarias las cuales son parte importante del trabajo, se seleccionaron los materiales con los que se trabajó y se realizó el dimensionamiento de la planta, tomando en consideración que los mismos deben de cumplir con los parámetros que se encuentran vigentes en el Acuerdo Ministerial N° 028.

##### *3.3.1.3. Método Experimental*

Este método se llevó a cabo por medio de los procesos, técnicas de laboratorio en donde se inició la correcta caracterización, las mismas que ayudaron como punto de partida para el análisis de las aguas grises, luego de ello se procedió a realizar pruebas de tratabilidad que son realizadas con el fin de dar soluciones a la problemática expuesta y se finalizó con las pruebas del agua tratada verificando el cumplimiento establecido en el Acuerdo Ministerial N° 028: Tabla A4, para ello se hace uso de materiales e instrumentos.

### 3.3.2. Técnicas

Las caracterizaciones del presente proyecto se llevó a cabo dentro del Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos de la ESPOCH, los presentes métodos están basados en las siguientes normativas:

**Tabla 1-3:** Métodos para los análisis de aguas residuales grises.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
Grasas y Aceites	mg/L	EPA 418.1
Colorimetría	Upt-co	STANDARD METHODS 2120-C
Sólidos totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540-B
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D
Conductividad eléctrica	μS/cm	2510-B
pH		STANDARD METHODS 4500-B
Temperatura	°C	Conductímetro/Potenciométrico REF1001/S501.
Turbiedad	FTU- NTU	STANDARD METHODS 2130-B
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	STANDARD METHODS 5210-B
Coliformes Fecales	UFC	STANDARD METHODS 9222-D
Coliformes Totales	UFC	STANDARD METHODS 9222-D

**Fuente:** (Lema, 2022, pp. 39-40).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 2-3:** Parámetros para muestreo y almacenamiento de las muestras

<b>Parámetro</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Volumen de muestra (ml)</b>	<b>Conservación</b>	<b>Almacenamiento</b>
Color	Plástico, vidrio	100	Refrigerar	48 horas
DBO <sub>5</sub>	Plástico, vidrio	1000	Refrigerar	48 horas
DQO	Plástico, vidrio	100	Análisis inmediato	28 días
Ph, temperatura	Plástico, vidrio	30	Análisis inmediato	24 horas
Sólidos suspendidos	Plástico, vidrio	100	Refrigerar	2-6 días
Turbidez	Plástico, vidrio	100	Análisis inmediato	24 horas
Conductividad eléctrica	Plástico, vidrio	100	Análisis inmediato	24 horas
Aceites y grasas	Plástico, vidrio	100	Análisis inmediato	24 horas
Coliformes fecales y totales	Plástico, vidrio	100	Análisis inmediato	24 horas

Fuente: (Lema, 2022, pp. 39-40).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

### 3.3.2.1. Técnicas de laboratorio: Propiedades físicas y de agregación

- *Determinación del potencial de hidrógeno (pH)*



**Tabla 3-3:** Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH)

Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento
Nos permite medir el nivel de alcalinidad o acidez en el contenido del agua, determina la actividad de los iones hidrógeno mediante el uso de las mediciones potenciométricas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH metro</li> <li>• Vaso de precipitación de 250 ml.</li> <li>• limpiadores.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Calibrar el pH por medio de una muestra con agua destilada.</li> <li>2) Colocar la muestra de estudio en un vaso de precipitación.</li> <li>3) Realizar el análisis de la muestra.</li> <li>4) Tomar la lectura del valor de la muestra, una vez que este estabilizado.</li> <li>5) Limpiar el electrodo con agua destilada, para un nuevo uso.</li> </ol>
	<b>Reactivos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Aguas crudas</li> <li>• Solución de buffer</li> </ul>	

**Fuente:** (HACH COMPANY, 2000, pp.12-13).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

- *Determinación del color*

**Tabla 4-3:** Determinación del color

Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento
La presencia en el efluente se lo caracteriza por espectrofotometría o por medio de la visión la misma que consiste en la comparación de muestras con diversas concentraciones de las soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubeta de análisis 10 ml.</li> <li>• Pipeta.</li> <li>• Limpiadores</li> <li>• Espectrofotómetro HACH DR 2800.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Seleccionar el test 125 color 465 nm.</li> <li>2) Diluir la muestra debido a la alta carga contaminante.</li> <li>3) Colocar en una cubeta cuadrada la muestra a analizarse.</li> <li>4) Colocar en una segunda cubeta cuadrada solución blanca, limpiar bien el exterior.</li> </ol>
	<b>Reactivos</b>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Aguas crudas</li> </ul>	<p>5) Seleccionar en la pantalla del equipo 0, luego esperar la lectura.</p> <p>6) Tomar la lectura del valor de la muestra, una vez que se encuentre estabilizado.</p>
--	--	---

Fuente: (HACH COMPANY, 2000, pp.14-17).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- *Determinación de la turbiedad*

**Tabla 2-3:** Determinación de la Turbiedad

Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento
Se da principalmente por aparición de material tanto suspendido como de tipo coloidal a más de materia orgánica e inorgánica y diversos componentes, se relaciona con la dispersión o absorción de los rayos luminosos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbidímetro.</li> <li>• celdas de medición.</li> </ul>	<p>1) Colocar en una celda de medición, el agua cruda.</p> <p>2) Limpiar bien el exterior de la celda de medición.</p> <p>3) Colocar la celda en el equipo.</p> <p>4) Tomar la lectura del valor de la muestra, una vez que este estabilizado.</p>
	<b>Reactivos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Aguas crudas</li> </ul>	

Fuente: (HACH COMPANY, 2000, pp.20-22).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- Fórmula

$$UNT = \frac{Ax(B+C)}{c}$$

Ecuación (1-3)

**Donde:**

**A:** Unidad nefelométrica de turbidez (UNT).

**B:** Volumen de agua en dilución (ml).

**C:** Volumen de la muestra tomada para dilución (ml).

- *Determinación de la conductividad eléctrica*

**Tabla 3-3:** Determinación de la conductividad eléctrica

<b>Fundamento</b>	<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Procedimiento</b>
Se define como la capacidad del agua para poder transportar la corriente eléctrica la cual ayuda a evaluar el contenido iónico.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conductímetro.</li><li>• celdas de medición.</li><li>• Vaso de precipitación.</li><li>• Limpiadores.</li></ul>	1) Colocar en un vaso de precipitación de 250 ml la muestra de agua cruda. 2) Limpiar la celda del conductímetro con agua destilada. 3) Homogenizar y sumergir la muestra en el electro. 4) Tomar la lectura del valor de la muestra, una vez que este estabilizado. 5) Limpiar el electro con agua destilada, para un nuevo uso.
	<b>Reactivos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua destilada</li><li>• Aguas crudas</li></ul>	

**Fuente:** (HACH COMPANY, 2000, pp. 23-25).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

- *Determinación de la Temperatura*

**Tabla 4-3:** Determinación de la Temperatura

<b>Fundamento</b>	<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Procedimiento</b>
Parámetro que es directamente proporcional a la alcalinidad, conductividad y pH, se fundamenta en la expansión térmica de los metales, generalmente se trabaja en la escala de grados Celsius.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termómetro</li> <li>• Limpiadores.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Colocar el termómetro directamente en el cuerpo de agua.</li> <li>2) Tomar la lectura del valor de la muestra, una vez que este estabilizado.</li> <li>3) Limpiar el termómetro con agua destilada, para un nuevo uso.</li> </ol>
	<b>Reactivos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Aguas crudas</li> </ul>	

**Fuente:** (HACH COMPANY, 2000, pp. 26-27).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

- *Determinación de DQO*

**Tabla 8-3:** Determinación de DQO

<b>Fundamento</b>	<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Procedimiento</b>
Se trata de una técnica que nos ayuda a evaluar de manera cuantitativa, cuales son las sustancias oxidables frente al dicromato de potasio y sustancias fuertes con ácido sulfúrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vasos de digestión.</li> <li>• Bloque de calentamiento.</li> <li>• Horno o calentador de bloque</li> <li>• Sellador de ampolla.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Preparar los viales con la muestra cruda.</li> <li>2) Introducir en los viales limpios al sistema de digestión los mismos que va a calentar a una temperatura de 150°C.</li> <li>3) El equipo genera una alarma, la misma que indica que el proceso finaliza.</li> </ol>
	<b>Reactivos</b>	

concentrado, en el proceso se pueden oxidar tanto sustancias orgánicas como inorgánicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución de digestión.</li> <li>• Ácido sulfúrico.</li> <li>• Ácido sulfámico.</li> <li>• Hidrógeno de potasio.</li> <li>• Aguas crudas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4) Retirar los viales y dejar enfriar.</li> <li>5) Anotar los datos resultantes.</li> </ul>
--	---	--

Fuente: (HACH COMPANY, 2000, pp. 28-29).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- Fórmula

$$DQO \text{ en } \frac{mgO_2}{L} = mgO_2 \text{ en el volumen final } \times \frac{1000}{mL \text{ de muestra}} \quad \text{Ecuación (2-3)}$$

- *Determinación de DBO<sub>5</sub>*

**Tabla 9-3:** Determinación de DBO<sub>5</sub>

Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento
Método utilizado para poder establecer la cantidad de oxígeno necesario para que la materia orgánica presente (biodegradable)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidor de DBO.</li> <li>• Frascos winkler oscuros.</li> <li>• Capsula magnética.</li> <li>• Tapón de copa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) En el balón de aforo colocar la muestra de agua cruda, diluida o entera (depende de la composición del agua).</li> <li>2) Colocar la muestra afuera a los frascos de Winkler oscuros.</li> <li>3) Añadir el sobre buffer a los frascos.</li> </ul>

pase por un proceso de descomposición microbiana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balón de aforo.</li> </ul>	4) Colocar las cápsulas magnéticas y la cápsula de NaOH. 5) Cerrar los frascos con el tapón de copa, ajustar los parámetros de incubación del equipo. 6) Etiquetar y colocar las botellas en el lugar correspondiente y encender el equipo.
	<b>Reactivos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobre buffer de nutrientes.</li> <li>Cápsula de NaOH.</li> <li>Agua cruda.</li> </ul>	

Fuente: (HACH COMPANY, 2000, pp. 28-29).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- Fórmula

Disolución de agua sembrada

$$DBO_5 = \frac{(D_1 \times D_2)}{P} \quad \text{Ecuación ( 3-3)}$$

Disolución de agua no sembrada

$$DBO_5(mg/L) = \frac{[(D_1 \times D_2) - (B_1 \times B_2) \times f]}{P} \quad \text{Ecuación (4-3)}$$

**Donde:**

**D<sub>1</sub>:** muestra diluida después de la preparación.

**D<sub>2</sub>:** muestra diluida después de 5 días de dilución.

**P:** fracción volumétrica decimal de la muestra a utilizarse

**B<sub>1</sub>:** control simiente antes de la incubación.

**B<sub>2</sub>:** control simiente después de la incubación.

**f:** proporción de la muestra diluida con respecto al control de la simiente

3.3.2.2. Técnicas de laboratorio (Análisis gravimétricos)

- *Determinación de Sólidos Suspendidos*

**Tabla 10-3:** Determinación de Sólidos Suspendidos.

Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento
Parámetro que es utilizado para poder estimar la cantidad de sólidos disueltos que están presentes en la muestra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrofotómetro HACH.</li> <li>• Celdas de medición.</li> <li>• Vaso de precipitación.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Colocar la muestra de agua destilada, en las celdas del equipo.</li> <li>2) En el equipo elegir la opción (sulfatos).</li> <li>3) Tomar nota de la medición de la celda (blanco).</li> <li>4) Colocar una nueva celda con el agua cruda y tomar la medición.</li> </ol>
	<b>Reactivos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Aguas crudas</li> </ul>	

Fuente: (HACH COMPANY, 2000, pp. 54-56).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- *Determinación de Sustancias Flotantes*

**Tabla 11-3:** Determinación de Sustancias Flotantes

Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento
Las sustancias flotantes, hace referencia a aquellas sustancias que están en el cuerpo de	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara fotográfica.</li> <li>• Botella de vidrio.</li> <li>• Guantes.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Analizar de manea visual el estado del agua.</li> <li>2) Recolección y registro de datos observados.</li> <li>3) Recolección de la muestra para análisis a nivel de laboratorio.</li> </ol>

agua, las mismas que alteran de manera directa la apariencia de esta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mandil.</li> </ul>	
	<b>Reactivos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Aguas crudas</li> </ul>	

**Fuente:** (HACH COMPANY, 2000, pp. 57-58).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

• *Determinación de Grasas y aceites*

**Tabla 12-3:** Determinación de Grasas y aceites

<b>Fundamento</b>	<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Procedimiento</b>
Son aquellas sustancias que están es decir todos aquellos fragmentos que se encuentran adheridos a las paredes de los vasos, la misma que necesita de una extracción líquido-líquido y de un disolvente que sea idóneo para la disolución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embudo de separación.</li> <li>• Matraz de destilación.</li> <li>• Baño termostático.</li> <li>• Papel filtro.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) En un embudo de separación colocar 250 ml de la muestra a estudiar después colocar 30 ml de disolvente.</li> <li>2) Agitar el embudo hasta obtener una mezcla uniforme y dejarla en serenidad.</li> <li>3) Realizar la extracción inicial.</li> <li>4) Colocar 30 ml adicional de disolvente y dejarlo en reposo.</li> <li>5) Realizar la destilación del disolvente y finalmente pesar el sedimento del secado.</li> </ol>
	<b>Reactivos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido Clorhídrico</li> <li>• Éter de petróleo.</li> </ul>	

**Fuente:** (Reisancho, 2012: pp. 145-146).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.



3.3.2.3. Técnicas de laboratorio (Análisis bacteriológicos)

- *Determinación de coliformes Totales y Fecales*

**Tabla 13-3:** Determinación de Coliformes fecales y totales

Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento
<p>Son todas aquellas bacterias que se presentan como contaminantes, siendo los coliformes totales clasificados como bacilos gran negativos aerobios y anaerobios; mientras que los coliformes fecales constituyen a los coliformes totales, pero a diferencia que estos resisten las altas temperaturas, siendo termotolerantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incubadora a 35°C ± 0,5°C.</li> <li>• Platos de cultivos.</li> <li>• Membrana micrométrica.</li> <li>• Pipetas estériles</li> <li>• Tubos de cultivo.</li> <li>• Tubos de dilución.</li> <li>• Alcohol.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hervir agua destilada, para esterilizar los materiales y realizar la dilución.</li> <li>2) Realizar una dilución de 10<sup>-3</sup> con agua destilada y el agua cruda.</li> <li>3) Esterilizar el lugar de trabajo con alcohol.</li> <li>4) Colocar las muestras en el plato de incubación y llevar a la incubadora por dos días.</li> <li>5) Sacar de la incubadora la muestra y proceder a contar.</li> <li>6) Las colonias de color azul representan coliformes fecales y las colonias de color rojo representa los coliformes totales.</li> </ol>
	<p><b>Reactivos</b></p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Aguas crudas.</li> <li>• Agua de dilución.</li> <li>• Agar de contenido anilina azul.</li> </ul>	

**Fuente:** (Salas y Martínez, 2004, pp. 59-64).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

### 3.4. Datos experimentales

#### 3.4.1. Determinación del caudal

Las aguas grises son recolectadas en las afueras de ambas viviendas para ello se lleva a cabo la siguiente metodología:

1. Se hace uso del método volumétrico, para ello el agua residual que es descargada se recolecta en un recipiente plástico graduado con una capacidad de 10 L y con la ayuda del cronómetro se realizaron anotaciones de los tiempos con respecto al llenado del recipiente.
2. Se efectuaron varias mediciones para la recolección de datos, tomando en cuenta las horas picos, de 07h00, 13h00 y 17h00, en base a ello se pudo determinar cual es el mayor volumen de agua residual generado en la localidad.
3. La determinación del caudal tuvo su inicio el primer viernes de julio del 2022, tomando en consideración que es el día en donde que la comunidad presenta una amplia actividad.

**Tabla 14-3:** Materiales y Equipos

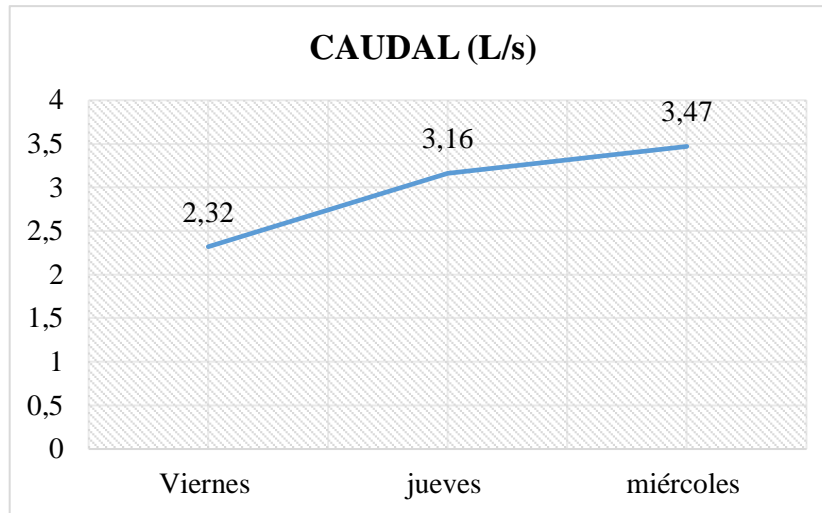
Materiales	Equipos
Guantes	Cronómetro
Mandil	Termómetro
Recipiente de 10 L	

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 15-3:** Determinación del caudal de aguas residuales grises del mes de Junio-Julio, muestra 1

Muestra 1			
	<b>Viernes (01/06/2022)</b>	<b>Jueves (09/06/2022)</b>	<b>Miércoles (06/07/2022)</b>
<b>Horario</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>
7h00 a 8h00	2,50	3,80	3,20
12h00 a 13h00	1,28	2,45	2,19
14h00 a 15h00	3,20	3,30	4,70
17h00 a 18h00	2,30	3,10	3,80
PROMEDIO	2,32	3,16	3,47
PROMEDIO AFORO	2,98		

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.



**Ilustración 2-3:** Variación del caudal, muestra 1

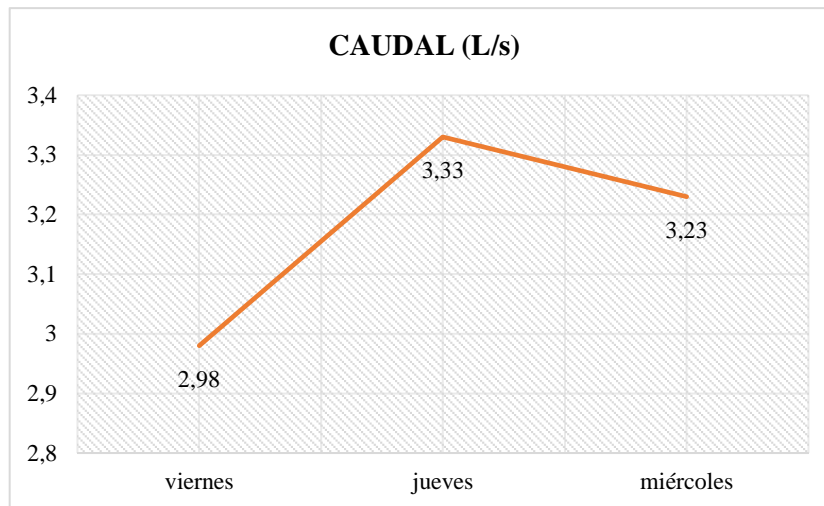
Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Como se puede observar en la tabla 20-3, el caudal fue medido por 3 días, mismo que tuvo una duración de 1 h, el mes de Junio con respecto a Julio se puede decir que existe mayor consumo de agua, especialmente en los días miércoles y jueves para finalmente tener un caudal promedio de 2,98 L/s correspondiente a la muestra 1.

**Tabla 16-3:** Determinación del caudal de aguas grises residuales del mes de Junio-Julio, muestra 2

Muestra 2			
	<b>Viernes (01/06/2022)</b>	<b>Jueves (09/06/2022)</b>	<b>Miércoles (06/07/2022)</b>
<b>Horario</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>
7h00 a 8h00	2,30	2,60	3,10
12h00 a 13h00	3,40	2,80	2,30
14h00 a 15h00	3,90	4,80	4,10
17h00 a 18h00	2,30	3,10	3,40
PROMEDIO	2,98	3,33	3,23
PROMEDIO AFORO	3,18		

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.



**Ilustración 3-3:** Variación del caudal, muestra 2

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se observa que en base a la tabla 21-3 muestra 2, la determinación del caudal se da en 3 días diferentes, manteniendo un mayor consumo el día jueves, el mismo presenta un mayor consumo de agua dentro de la familia, se determinó que se maneja con un caudal promedio de 3,18 L/s.

**Tabla 517-3:** Caudal promedio del agua residual gris.

MEDICIÓN DE CAUDALES	CAUDAL PROMEDIO Q (L/s)
Muestra 1	2,98
Muestra 2	3,18
CAUDAL PROMEDIO	3,08

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se toma en cuenta los promedios de los caudales anteriores con el fin de establecer un valor promedio que estime el consumo de agua dentro de la comunidad, para ello se recurre a realizar un promedio de ambas muestras, con el fin de establecer que el valor del promedio mensual con el cual se manejará el presente proyecto es de 3,08 L/s.

### 3.4.2. Análisis y caracterización del agua residual

#### 3.4.2.1. Caracterización de muestreo

Para la recolecta de datos se hizo uso de la Normativa NTE INEN 2176:2013 AGUA CALIDAD DEL AGUA MUESTREO TÉCNICAS DE MUESTREO, para realizar las pruebas pertinentes se recogieron 3 muestras, los días viernes y miércoles, mismas que tienen un volumen entre 1 y 2 L,

para posterior a ello realizar una adecuada homogenización y continuar con la caracterización inicial del agua gris.

Las muestras son recolectadas en botellas plásticas estériles, las que presentan una etiqueta con el número de muestra, fecha y hora de recolección, las cuales de manera inmediata son trasladadas al Laboratorio de la ESPOCH para analizarlas debidamente.

**Tabla 18-3:** Muestras del agua residual gris.

DÍAS	N° MUESTRAS	HORA	LUGAR
<b>VIERNES</b> <b>(01/06/2022)</b>	2	9h00	1: María Coro
		12h00	2: Lucinda Acauncela
<b>JUEVES</b> <b>(09/06/2022)</b>	2	9h00	1: María Coro
		12h00	2: Lucinda Acauncela
<b>MÉRCOLES</b> <b>(06/07/2022)</b>	2	9h00	1: María Coro
		12h00	2: Lucinda Acauncela
<b>TOTAL DE MUESTRAS</b>	6		

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

El muestreo se lo realiza en los días y las horas establecidas en la tabla 17-3, debido a que es un horario considerado como hora pico dentro de la comunidad.

#### 3.4.2.2. Caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda

La caracterización del agua residual de las 2 muestras se la lleva a cabo en el Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos de la ESPOCH, el análisis se rigió bajo los métodos de la Normativa para análisis de aguas potables y residuales descrito en la tabla 6-3 y se toma como referencia la Tabla 4 del Acuerdo Ministerial N° 028.

**Tabla 19-3:** Caracterización inicial fisicoquímicas y microbiológicas, agua gris de la muestra

1.

Parámetros	Unidad	Método	Criterio de calidad	Valor de caracterización
Ph	[H <sup>+</sup> ]	4500-B	6-9	9,82*
Temperatura	°C	Conductímetro/Potenciometrí co REF1001/S501	-	25,00

Conductividad	μS/cm	2510-B	-	1.069
Color	Upt-co	2120-C	Inapreciable en dilución: 1/20	1.160
Turbiedad	FTU-NTU	2130-B	-	199,00
Aceites y grasas	mg/L	EPA 418.1	Ausencia	200,40*
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-D	130,00	189*
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1.600	649,90
Demanda química de Oxígeno	mg/L	5220-D	200,00	101,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mgO <sub>2</sub> /L	5210-B	100,00	45,10
Coliformes Fecales	UFC/10 0 mL	9222-D	1.000	0
Coliformes Totales	UFC/10 0 mL	9222-D	-	108,00

Fuente: (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se menciona que para los presentes análisis se llevó un proceso de esterilización de los materiales a utilizarse, como se evidencia en la tabla 24-3 los parámetros que se encuentran resaltados son aquellos que no cumplen con la Normativa vigente como son: Ph, aceites y grasas y sólidos suspendidos en lo que corresponde a la muestra 1.

**Tabla 20-3:** Caracterización inicial fisicoquímicas y microbiológicas, agua gris de la muestra 2.

Parámetros	Unidad	Método	Criterio de Calidad	Valor de caracterización
pH	[H <sup>+</sup> ]	4500-B	6-9	8,74

Temperatura	°C	Conductímetro/Potenciométrico REF1001/S501	-	25,00
Conductividad	μS/cm	2510-B	-	416,80
Color	Upt-co	2120-C	Inapreciable en dilución: 1/20	2.180
Turbiedad	FTU- NTU	2130-B	-	201,00
Aceites y grasas	mg/L	EPA 418.1	Ausencia	208,40*
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-D	130,00	383,00*
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1.600	251,70
Demanda química de Oxígeno	mg/L	5220-D	200,00	75,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mgO <sub>2</sub> /L	5210-B	100,00	31,30
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	9222-D	1.000	0
Coliformes Totales	UFC/100 mL	9222-D	-	161,00

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

Como se puede evidenciar en la tabla 19-3, las partes que se presentan subrayadas de color amarillo corresponde a aquellos parámetros que se encuentran fuera de la Normativa establecida como son: Aceites y grasas y sólidos suspendidos, con respecto a la muestra 2.

A continuación, se realizó una comparación de DBO<sub>5</sub> y DQO de los datos obtenidos tanto en la tabla 24-3 como en la tabla 25-3, esto es con el fin de determinar el índice de biodegradabilidad que presenta el agua con la cual se trabaja y establecer un tratamiento óptimo que ayude a la depuración del agua gris.

### 3.4.3. Índice de biodegradabilidad de agua residual gris

#### 3.4.3.1. Índice de biodegradabilidad de agua residual gris, muestra 1

A continuación se especifican, los valores de la caracterización de la muestra 1, aquellos que se encuentran descritos en la Tabla 24-3, elaborando la relación se obtiene lo siguiente:

**Tabla 21-3:** Valores de DBO<sub>5</sub> y DQO en el agua residual gris de la muestra 1 (sin tratar)

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite máx. permisible	$\frac{DBO_5}{DQO}$
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	45,10	100	0,45
DQO	mg/L	101	200	

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO} \quad \text{Ecuación (5-3)}$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{45,10}{101}$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = 0,45$$

Para la muestra 1 sin previo tratamiento, el índice de biodegradabilidad que existe, indica un valor de 0,45.

#### 3.4.3.2. Índice de biodegradabilidad de agua residual gris, muestra 2

Para la muestra 2 se tomaron los valores que se encuentran expresados en la Tabla 25-3, en cuanto al nivel de biodegradabilidad se lo especifica a continuación:

**Tabla 22-3:** Valores de DBO<sub>5</sub> y DQO en el agua residual gris de la muestra 2 (sin tratar)

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite máx. permisible	$\frac{DBO_5}{DQO}$
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	31,30	100	0,42
DQO	mg/L	75,00	200	

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{31,30}{75}$$



$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = 0,42$$

Se evidenció que en ambos casos los niveles de biodegradabilidad son superiores a 0,40 lo que nos quiere decir es que el agua a ser tratada presenta una descomposición biológica apresurada es por ello que con relación a la Tabla 3-2 se recomienda hacer uso del tratamiento biológico ya que el mismo ofrece una actividad muy eficiente frente al diseño que se va a implementar.

En cuanto a los valores que se obtuvieron en la Tabla 20-3 y Tabla 21-3 con respecto a la caracterización de ambas aguas residuales, se puede mencionar que los parámetros que no cumplen con los estándares permisibles en el Acuerdo Ministerial N° 028 son: aceites y grasas, pH y sólidos suspendidos, para minimizar la carga de contaminantes presente en el agua se probaron varios tipos de tratabilidad para en base a ello implementar el tratamiento pertinente.

#### **3.4.4. Pruebas piloto de tratabilidad**

Se llevaron a cabo las pruebas de tratabilidad en el Laboratorio de la ESPOCH con los resultados obtenidos se realizó la tratabilidad adecuada para poder disminuir los valores que se encuentran fueran del límite permisible de las aguas grises residuales, mismos que consiste en tres partes: Inicio de la implementación de trampa de grasas, seguido a ello el agua pasa por un sistemas de filtración y finalmente el agua a ser tratada es direccionada hacia el humedal, los mismo que se describen a continuación:

##### *3.4.4.1. Trampa de grasas*

Para determinar la efectividad de la implementación de trampa de grasas y aceites se procedió a realizar un sistema a escala de laboratorio en donde que las dimensiones del mismo fueron: 0,60 m de largo; 0,3 m de ancho y 0,2 m de profundidad. En base al reglamento (RAS 2000, pp. 27-28 ) se describe que el diseño T hace el ingreso del agua al sistema mediante un codo de 90° con amplitud tipo vertical de 0,3 m de fondo representa un diseño altamente rentable a más de ello se alega que para presentar una mejor eficiencia se debe retener el agua por lo menos 3 min para que esta acción a su vez ayude de manera directa a obtener la retención mínima de sedimentos de grande y menor tamaño que están presentes (Logroño Costales y Usiña, 2016. p, 103).

- Metodología:

Para efectuar la presente prueba se hizo uso de un tubo de entrada de ½ pulgada el mismo que está conectado a un recipiente plástico, para llevar a cabo el tratamiento se trabajó con 20 L de agua residual, una vez efectuado el sistema de manera manual se retiraron los sedimentos que se

encontraban en la parte superior lo cual involucra aceites y grasas, una vez realizado el correspondiente proceso el agua es enviada hacia el sistema de filtración.

#### *3.4.4.2. Filtro*

Se encuentra unido desde la trampa de aceites y grasas mediante tubería de ½ pulgada, misma que permite de manera positiva descartar aquellas bacterias y sólidos presentes en el agua, para efectuar el uso de filtros se realizaron pruebas a escala de laboratorio para ello se hizo uso de varios materiales, especificados a continuación:

- Metodología

- a) *Selección de materiales*

Para simular el proceso de filtración lo primero que se adquirió fue el carbón activado, luego a ello la recolección de la arena fina de río, la grava fina, piedra ¾, rocas medianas y por último botella plástica de 3 L (transparente).

- b) *Parámetros constructivos*

El presente filtro se lo inició con el retiro de la parte inferior de la botella plástica, luego de ello se procede a llenar con los materiales colocando en la parte inferior el carbón activado, seguido de la arena fina de río, grava fina, piedra ¾ y en la parte superior con piedra gruesa, cabe mencionar que el mismo presenta una altura de 30 cm.



**Ilustración 4-3:** Sistema de filtro casero

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 3.4.4.3. Humedal Artificial

El modelo de humedal utilizado a escala de laboratorio fue el tipo de humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal (HAFS) el cual consiste en que el agua residual pase por el lecho filtrante desde la parte superior del mismo, luego pasa por el medio filtrante (arena de río) y finalmente llega a pasar por medio de las raíces que se generan por la vegetación acuática que se utiliza dentro del modelo, para el uso en caudales de 1-9 L/s es recomendable la retención de líquidos en 3 min (RAS, 2000).



**Ilustración 5-3:** Sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- Metodología

*a) Selección de vegetación*

Para realizar el proceso se tomó en consideración que la flora que se pueda utilizar sea adaptable dentro del sector, por razones como: supervivencia, menor costo, fácil manejo y una localización simple, por ello se tomó la vegetación alcatraz.

*b) Parámetros constructivos*

Se colocó de manera inicial una capa de arena de río aproximadamente de 6 cm de espesor, posterior a ello se colocó una capa de grava de 5 cm de espesor, la especie de alcatraz se sembró con tierra orgánica para garantizar un adecuado crecimiento para que la misma pase por el proceso de adaptación con un total de 3 plantas tanto en la parte inicial del humedal como la final se colocaron tuberías, donde que la inicial estuvo conectada respectivamente con el filtro y la final presenta la salida del agua finalmente tratada.

*c) Adaptabilidad de la vegetación bajo las condiciones de aguas grises*

Se puede evidenciar en el humedal cual es el desarrollo que presenta la planta en cuestión de tiempo, es decir se puede controlar el crecimiento mismo de las plantas, el enraizamiento y la depuración del agua, durante 10 días el humedal fue alimentado con el agua residual generada, evidenciando así que la vegetación que se implementó es sostenible frente a los contaminantes que están presentes en el agua, manteniendo un crecimiento constante durante todo el proceso.

*d) Desarrollo de la vegetación*

En la tabla 28-3 se logra evidenciar el crecimiento de las plantas con respecto a la altura y diámetro observando de esta manera la adaptabilidad que se genera a medida que se le alimenta con el agua residual.

**Tabla 23-3:** Crecimiento del alcatraz frente a la alimentación de aguas residuales

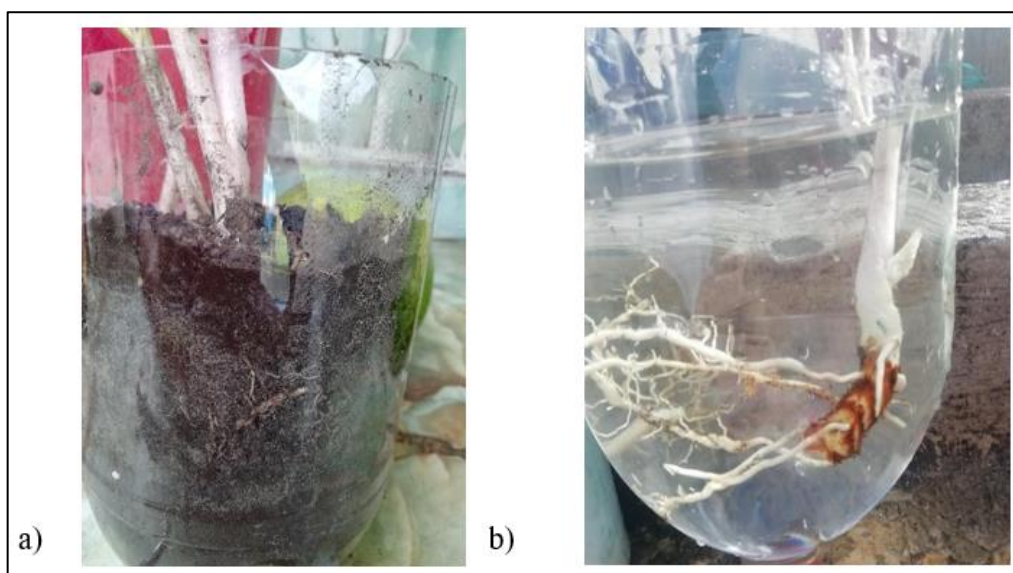
	Planta 1		Planta 2		Planta 3	
Semana	1	2	1	2	1	2
Altura (cm)	12,00	15,00	16,00	18,00	14,00	17,00
Diámetro (cm)	2,30	2,60	1,80	2,20	2,10	2,30

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

De acuerdo con la tabla 22-3 se analizaron las 3 plantas que se utilizaron en la prueba piloto, obteniendo de esta manera un resultado favorable frente a la alimentación de aguas grises con la cual se las mantenía, el crecimiento es lento, pero no existe pérdida alguna de la vegetación. La alimentación de las plantas se lo realizó al menos 2 veces al día por 2 semanas, evidenciando que se obtuvo un mayor desarrollo en aquellas plantas que estaban sembradas en tierra que en agua.

*e) Enraizamiento del alcatraz*

El presente parámetro se evaluó por medio de la observación, dentro del método se evidenció la adecuada implantación de la vegetación dentro del sistema de tratamiento por ello es importante revisar la misma de manera diaria; a continuación, se evidenció el desarrollo de las raíces tanto en agua como la tierra:



**Ilustración 6-3:** Enraizamiento de la vegetación; a) presencia de tierra; b) presencia de agua

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

### 3.4.5. Porcentaje de remoción después de la tratabilidad a escala de laboratorio

Para continuar con la correcta implementación de la planta se realizaron las pruebas correspondientes, acorde a las Normas establecidas, para ello se realizó una comparación tanto para los valores de las aguas inicales sin previo tratamiento y después de pasar por el tratamiento.

**Tabla 24-3:** Tabla comparativa de análisis de aguas crudas y previamente tratadas, muestra

1

Parámetros	Criterio de Calidad	Valor de caracterización inicial	Valor de caracterización de agua tratada
pH	6-9	9,82*	7,15
Temperatura	-	25,00	24,00
Conductividad	-	1.069	914,00
Color	Inapreciable en dilución: 1/20	1.160	1.023
Turbiedad	-	199,00	138,00
Aceites y grasas	Ausencia	200,40*	34,00
Sólidos suspendidos	130	189,00*	43,00
Solidos totales	1.600	649,90	383,17
Demanda química de Oxígeno	200	101,00	63,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	100	45,10	7,60
Coliformes Fecales	1.000	0	0
Coliformes Totales	-	108,00	32,00

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

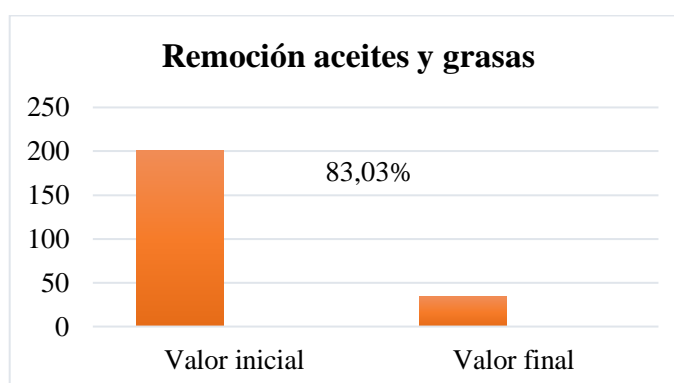
**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 25-3:** Rendimiento de la Trampa de Grasas, muestra 1

<b>Parámetro</b>	<b>Valor de caracterización inicial</b>	<b>Valor de caracterización final</b>	<b>% de remoción</b>
Aceites y grasas	200,40	34,00	83,03

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Para evidenciar los datos recolectados se adjunta el Ilustración 10-3 correspondiente a la remoción de aceites y grasas para la muestra 1.



**Ilustración 7-3:** Remoción de aceites y grasas (muestra 1)

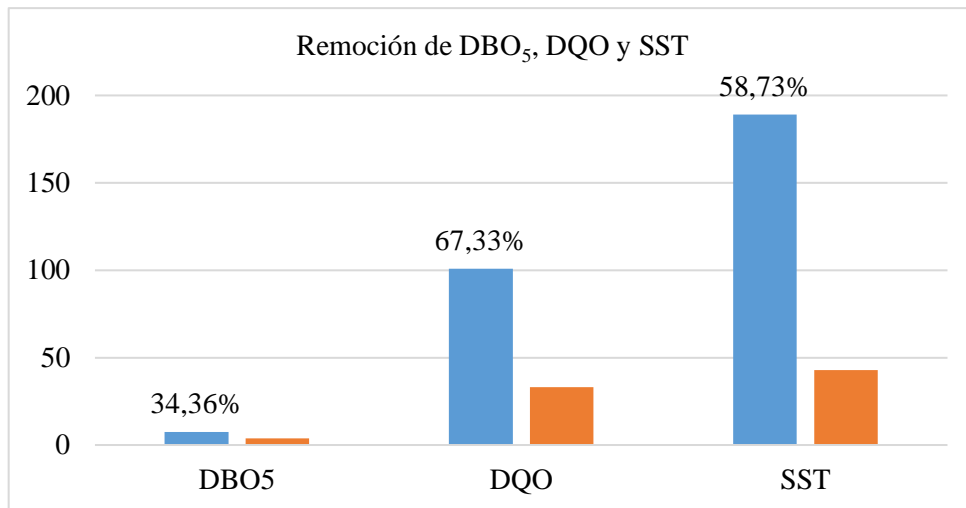
Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 26-3:** Rendimiento de humedal a los 5 días, muestra 1

<b>Parámetro</b>	<b>Valor de caracterización inicial</b>	<b>Valor de caracterización final</b>	<b>% de remoción</b>
DBO <sub>5</sub>	45,10	29,60	34,36
DQO	101,00	33,00	67,33
SST	189,00	78,00	58,73

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Para interpretar los datos recolectados se adjunta el grafico 11-3 correspondiente a la remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST para la muestra 1.



**Ilustración 8-3:** Remoción de parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST.

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

Se observa tanto en la tabla 24-3 como en la tabla 25-3 que la remoción de los contaminantes dentro de la trampa de aceites y grasas como en el humedal superficial es mayor al 34% esto demuestra activamente que el tratamiento que se emplea es eficiente frente a la depuración de las aguas residuales en la muestra 1, según lo describe (Libre, 2016, pp. 26-27), el porcentaje mínimo de remoción que debe de existir en DBO es de un 30 a 40% y un 55% para SS.

**Tabla 27-3.** Tabla comparativa de análisis de aguas crudas y previamente tratadas, muestra 2

Parámetros	Criterio de Calidad	Valor de caracterización inicial	Valor de caracterización de agua tratada
pH	6-9	8,74	7,10
Temperatura	-	25,00	24,00
Conductividad	-	416,80	218,50
Color	Inapreciable en dilución: 1/20	2.180	1.127
Turbiedad	-	201,00	139,00
Aceites y grasas	Ausencia	208,4*	38,00
Sólidos suspendidos	130	383,00*	37,00
Sólidos totales	1.600	251,70	114,70
Demanda química de Oxígeno	200	75,00	36,00



Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	100	31,30	6,30
Coliformes Fecales	1.000	0	0
Coliformes Totales	-	161,00	38,00

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

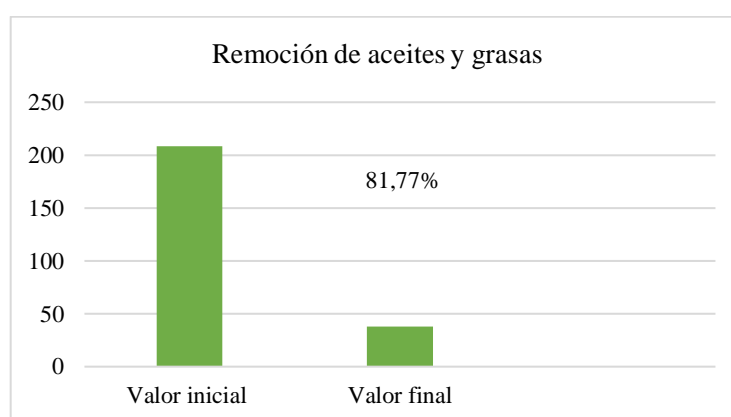
La tabla 32-3 refleja los valores iniciales y valores del tratamiento piloto, de los cuales se encuentran resaltados aquellos que no cumplen con la Normativa establecida, permitiendo que el tratamiento que se hace uso sea efectivo para el proceso.

**Tabla 28-3:** Rendimiento de la Trampa de Grasas.

Parámetro	Valor de caracterización inicial	Valor de caracterización final	% de remoción
Aceites y grasas	208,40	38,00	81,77

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

Para interpretar los datos recolectados se adjunta el grafico 12-3 correspondiente a la remoción de aceites y grasas para la muestra 2.



**Ilustración 9-3:** Remoción de aceites y grasas (muestra 2)

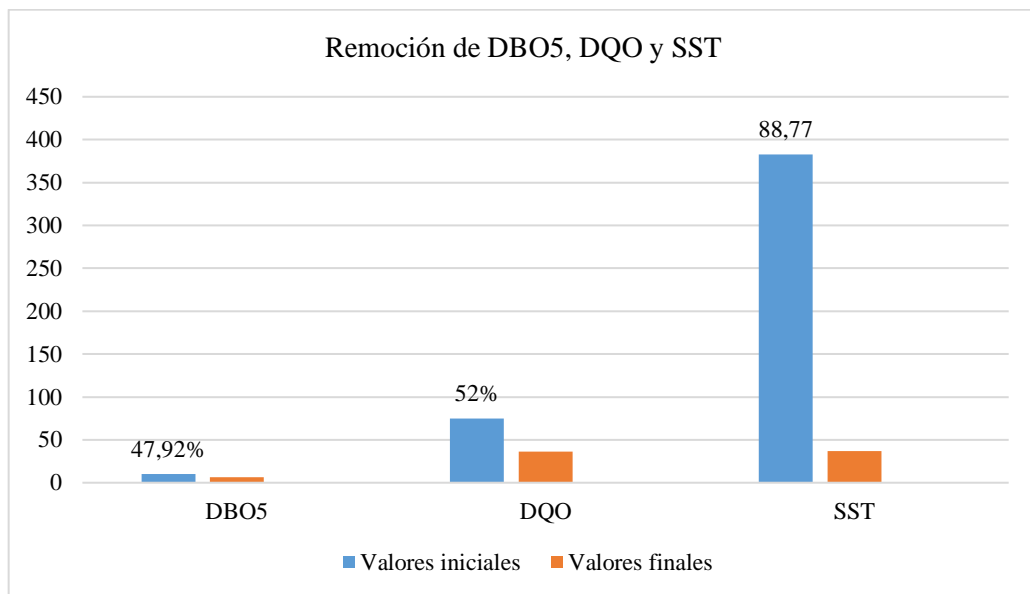
**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

A continuación, se tabula los valores respecto al rendimiento del humedal para la muestra 2.

**Tabla 29-3:** Rendimiento de humedal a los 5 días

Parámetro	Valor de caracterización inicial	Valor de caracterización final	% de remoción
DBO <sub>5</sub>	31,30	16,30	47,92
DQO	75,00	36,00	52,00
SST	383,00	43,00	88,77

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.



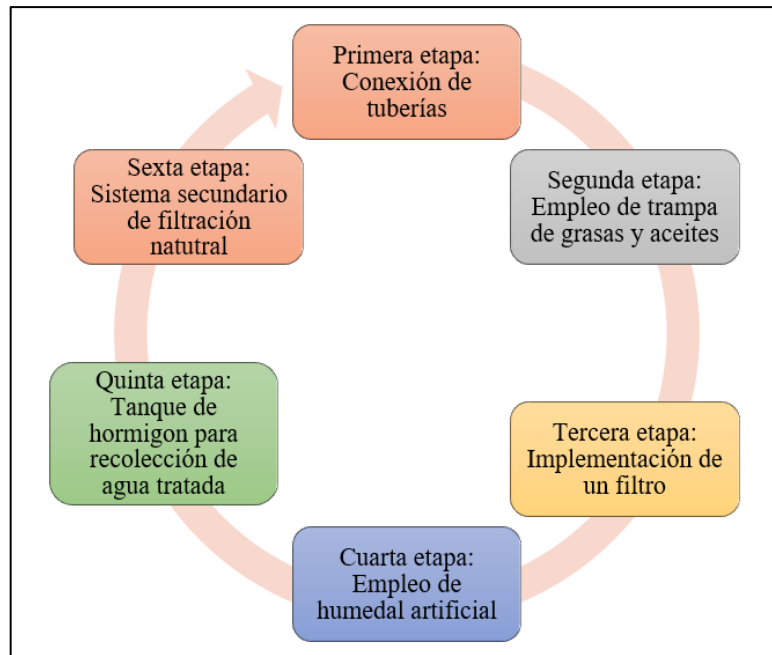
**Ilustración 10-3:** Remoción de parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST.

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Para resumir todo lo que se detalló en la tabla 33-3 como en la tabla 34-3 se dice que la remoción de los contaminantes tanto en la trampa de aceites y grasas como en el humedal superficial es mayor al 47% por ello se puede mencionar que el tratamiento que se emplea es eficiente frente a la depuración de las aguas residuales en la muestra 2, según con lo que se describe (Libre, 2016, pp. 26-27), el porcentaje mínimo de remoción que debe de existir en DBO es de un 30 a 40% y un 55% para SS.

### 3.4.6. Construcción del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene el fin de realizar la degradación de la materia orgánica que se encuentra presente en el efluente inicial, el cual se desarrolla en 6 etapas:



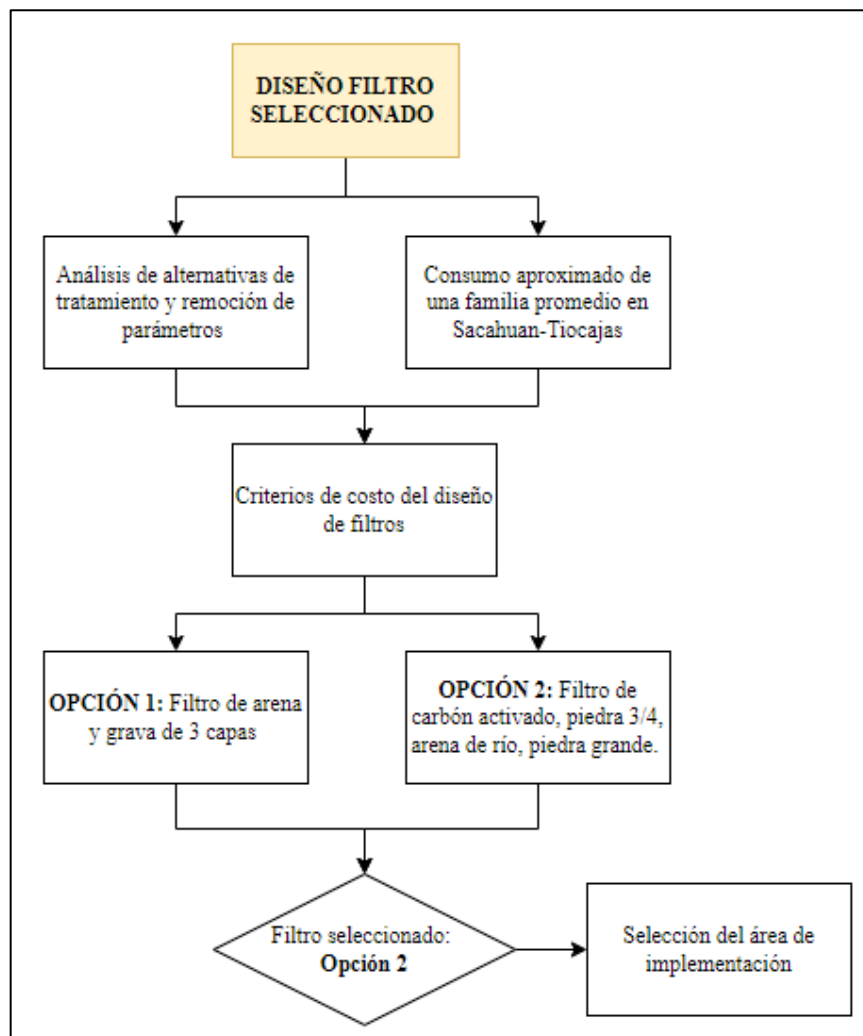
**Ilustración11-3:** Metodología para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales grises.

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

- Primera etapa: Se realiza la conexión de tuberías de los afluentes de aguas grises, mismas que van desde el área de la cocina, baño (lavamanos y ducha) y lavadero de ropa, para llegar al área de control de flujo por medio de dos llaves de paso y la presencia de un medidor de agua, para la selección de los materiales a utilizarse se hace uso de la Norma INEN 2497: Tubería plástica, tubos de PVC rígido para la conducción de agua.
- Segunda etapa: Consiste en la separación de la parte jabonosa, elementos grasos y partículas de mayor tamaño, para esta etapa se emplea un tanque plástico con capacidad de 60 L, obteniendo de esta manera en la parte superior sedimentos flotando y sumergidos en la parte inferior sólidos de grande y mediano tamaño.
- Tercera etapa: se trata de un filtro, este tiene la función de retener aquellas partículas de menor tamaño que no han sido retenidas con anterioridad, se implementa en un tanque plástico que presenta la capacidad de 200 L, el cual está compuesto desde la parte inferior por piedras de gran tamaño, carbón activado (granulado), arena de río, piedra  $\frac{3}{4}$  y en la parte superior por piedra de gran tamaño.
- Cuarta etapa: Se construye un humedal subsuperficial de flujo horizontal, mismo que está conformado por arena en la parte inferior, una pequeña porción de tierra orgánica en conjunto con la planta acuática y la parte superior y a los costados de la estructura por piedra de gran tamaño, la construcción es realizada con ladrillos y cemento, la vegetación utilizada es alcatraz el propósito es que las raíces que presentan las siguientes plantas vayan emergiendo y ayuden al proceso de retención de los sólidos finales.

- Quinta etapa: se construye un tanque de ladrillo y cemento el mismo que en su interior presenta una capa de geomembrana de 500  $\mu\text{m}$ , con su respectiva tapa de cemento, este va a ayudar a retener el líquido para posterior a ello realizar la recolección del agua tratada y aplicar el uso en las zonas de regadío, el presente tanque en la parte final tiene un medidor de agua acompañado de una llave de paso.
- Sexta etapa: Para plantear una opción alternativa, previo al desbordamiento de las aguas grises por motivos de elevadas precipitaciones o desborde de tanques antes planteados, se coloca un segundo filtro natural, el cual está compuesto por el uso de geomembrana y piedras de mediano y gran tamaño, el agua que se obtiene es direccionada hacia las plantas nativas que son usadas como cercos vegetales dentro del lugar.

### 3.4.7. Diagrama del Flujo del Diseño de filtro



**Ilustración 12-3:** Diagrama de selección de diseño de filtro

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Como se evidencia en la ilustración 16-3 la selección del filtro se dio en base a criterios de costo teniendo como elección aquel que está formado por carbón activado, piedra ¾, arena de río y piedra grande que resultan ser materiales de fácil adquisición dentro del sector a excepción del carbón activado, útil para una mayor degradación de la materia orgánica presente en el tratamiento.

### 3.4.8. Cálculos de Diseño de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

#### 3.4.8.1. Población futura

En base al último censo realizado en Ecuador en el año 2010, Guamote integra el segundo cantón que presenta el mayor índice de habitantes a lo que se refiere a la provincia de Chimborazo, mostrando un total de 45.153 habitantes tanto en lo rural como lo urbano con lo que se refiere al área rural esta presenta 42.505 habitantes, al comparar el censo de 2001 con el 2010 se llega a decir que el crecimiento de habitantes representa un 21,66% en el área rural (Valor et al., 2013, p.43). A continuación, se presenta la tasa de crecimiento correspondiente al cantón Guamote:

**Tabla 30-3:** Densidad de la población del cantón Guamote

Ubicación	Tasa de crecimiento Anual 2001-2010		
	Hombre	Mujeres	Total
Guamote (La Matriz)	3,01%	2,52%	2,76%
Cebadas	2,50%	1,93%	2,20%
Palmira	3,43%	2,91%	3,16%

Fuente: (INEC, Censo de Población y Vivienda, 2020).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- *Cálculo de la población actual a partir del censo 2010*

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t \quad \text{Ecuación (6-3)}$$

**Donde:**

**Pf:** Población futura; hab

**Pa:** población actual; 102 hab

**r:** índice de crecimiento poblacional; 2,76%

**t:** Variación de tiempo; 20 años (2022-2042)

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$

$$Pf = 102 \left(1 + \frac{2,76}{100}\right)^{20}$$

$$Pf = 102 (1,72)$$

$$Pf = 175 \text{ habitantes}$$

### 3.4.8.2. Caudal de diseño

- *Dotación de agua consumida*

Se hace uso de los valores que refleja SENAGUA divididos por climas los mismos que a continuación, se describen:

**Tabla 31-3:** Dotaciones recomendadas para cálculo de Diseño

CLIMA	DOTACIÓN (L/hab x día)	POBLACIÓN (habitantes)
Frío Templado Cálido	120-150 130-160 170-200	Hasta 5000
Frío Templado Cálido	180-200 190-220 200-230	5000 a 50000
Frío Templado Cálido	>200 >220 >230	Más de 50000

Fuente: (Macías y Díaz, 2010).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Por ello se recurre a trabajar con el valor de:

$$D_C = 120 \text{ L/hab x día}$$

- *Caudal medio ( $Q_m$ )*

$$Q_m = \frac{Pf \times D_c \times Cr}{86400} \quad \text{Ecuación (7-3)}$$

Donde:

- $Q_m$ : Caudal medio (L/s)
- $P_f$ : población futura; 176 hab
- $D_c$ : Dotación del agua consumida (120 L/hab x día)
- $C_r$ : Coeficiente de retorno; 80% (EX – IEOS de 1993)

$$Q_m = \frac{P_f \times D_c \times C_r}{86400}$$
$$Q_m = \frac{176 \text{ hab} \times 120 \text{ L/hab día} \times 0,8}{86400}$$
$$Q_m = 0,20 \text{ L/s}$$

- Caudal mayorado,  $Q_M$

$$Q_M = M \times Q_m \quad \text{Ecuación (8-3)}$$

Donde

- $Q_M$ : Caudal mayorado; L/s
- $M$ : Coeficiente de mayoración; 1,5
- $Q_m$ : Caudal medio; 0,20 L/s

$$Q_M = M \times Q_m$$
$$Q_M = 1,5 \times 0,20 \text{ L/s}$$
$$Q_M = 0,30 \text{ L/s}$$

- Caudal de aguas ilícitas;  $Q_i$

$$Q_i = \frac{80 \text{ L/hab día} \times P_f}{86400} \quad \text{Ecuación (9-3)}$$

Donde:

- $Q_i$ : Caudal de aguas ilícitas; L/s
- $P_f$ : Población futura; 176 hab.

$$Q_i = \frac{80 \text{ L/hab día} \times P_f}{86400}$$
$$Q_i = \frac{80 \text{ L/hab día} \times 176 \text{ hab}}{86400}$$
$$Q_i = 0,16 \text{ L/s}$$

- Caudal de diseño,  $Q_D$

$$Q_D = Q_M + Q_i \quad \text{Ecuación (10-3)}$$

Donde:

- Caudal de diseño; L/s
- Caudal mayorado; 0,30 L/s
- Caudal de aguas ilícita; 0,16 L/s

$$Q_D = Q_M + Q_i$$

$$Q_D = 0,30 \text{ L/s} + 0,16 \text{ L/s}$$

$$Q_D = 0,46 \text{ L/s}$$

Para resumir todos los cálculos que se han ejecutado referente al caudal hallado se lo expresa de la siguiente manera:

$$0,46 \frac{L}{s} = 0,00046 \frac{m^3}{s} = 39,74 \frac{m^3}{d}$$

### 3.4.8.3. Sistema de conexión de tubos de los efluentes y medidor de agua

Para realizar la presente conexión es importante conocer las salidas de los efluentes de aguas grises, mismos que van de la cocina, el área del lavabo, ducha del baño y la lavandería, para ello se toma en cuenta lo siguiente:

**Tabla 32-3:** Profundidad de instalación del tubo de conexión domiciliaria.

Lugar de instalación	Profundidad de instalación del tubo de conexión domiciliaria.
Calle/ Carretera	Al menos 100 cm
Andén	Más de 40 cm
Propiedad privada	Más de 30 cm

**Fuente:** (Acueductos y alcantarillados sanitarios, 2019, p. 40).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

En base a la tabla 31-3 se toma en consideración que la excavación domiciliaria va a ser una profundidad de más de 30 cm, una vez realizadas las conexiones iniciales se coloca un medidor de agua el cual pasa de manera directa hacia una primera llave de paso.



#### 3.4.8.4. Sistema de conexión de llaves de paso

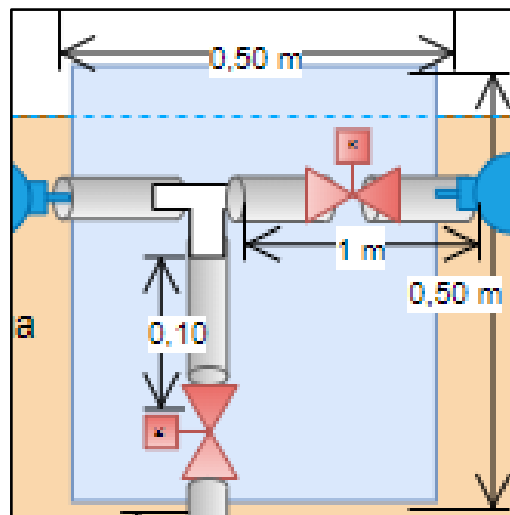
Se realiza el dimensionamiento de una caja de cemento, en base al caudal ya calculado; misma que ayuda al cuidado de las llaves, compuesto por arena, bloques y cemento se usan las llaves de paso como medida preventiva de mantenimiento o arreglo en general del sistema.

**Tabla 33-3:** Datos para el diseño de caja de cemento

Detalle	Medida (m)
Largo	0,50
Ancho	0,50
Altura	0,50
Pendiente	5%

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se implementan 2 llaves de paso, la primera es direccionada hacia el sistema completo y una segunda es parte del sistema alternativo, la razón particular es para tomar medidas preventivas de desbordamiento de tanques posteriores o incluso recolección de aguas de lluvias.



**Ilustración 13-3:** Medidas establecidas para tanque de cemento y llaves de paso

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 3.4.8.5. Trampa de aceites y grasas

Formada por un tanque plástico con capacidad de 60 L, mismo que posee una altura de 0,62 m; ancho de 0,36 m, diámetro de 0,40 m y peso de 3,4 Kg, para la segunda etapa se debe de tomar

en consideración la excavación del terreno, el cual depende de la dimensión del tanque, para ello se requiere de una excavación de 0,65 m de altura y para alargar la vida útil del material se considera colocar una capa de geomembrana en la parte exterior del tanque.

- *Cálculo del área del tanque  $A_T$*

$$A_T = Q_D \times A \quad \text{Ecuación (11-3)}$$

**Donde:**

- $A_T$ : Área del tanque; m<sup>2</sup>
- $Q_D$ : Caudal de diseño; 0,46 L/s
- $A$ : Área mínima del tanque; 0,50 m<sup>2</sup>/L/s

$$A_T = Q_D \times A$$

$$A_T = 0,46 \frac{L}{s} \times 0,50 \frac{m^2}{L/s}$$

$$A_T = 0,23m^2$$

- *Cálculo de Volumen útil,  $V_u$*

$$V_u = Q_D \times T_{RH} \quad \text{Ecuación (12-3)}$$

Donde:

- $V_u$ : Volumen útil; L
- $Q_D$ : Caudal de diseño; 0,46 L/s
- $T_{RH}$ : tiempo de retención; 2 min; 120 s (Crescentmexicana, 2018).

$$V_u = Q_D \times T_{RH}$$

$$V_u = 0,46 \text{ L/s} \times 120s$$

$$V_u = 55,2 \text{ L}$$

- *Cálculo de la profundidad útil,  $P_u$ :*

$$P_u = \frac{V_u}{A_T} \quad \text{Ecuación (13-3)}$$

Donde:

- $P_u$ : Profundidad útil; m
- $V_u$ : Volumen útil;  $0,0552 \text{ m}^3$
- $A_T$ : Área del tanque;  $0,23 \text{ m}^2$

$$P_u = \frac{V_u}{A_T}$$

$$P_u = \frac{0,055 \text{ m}^3}{0,23 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0,24 \text{ m}$$

- Cálculo de la profundidad total del tanque,  $P_T$

$$P_T = P_u + P_S$$

Ecuación (14-3)

Donde:

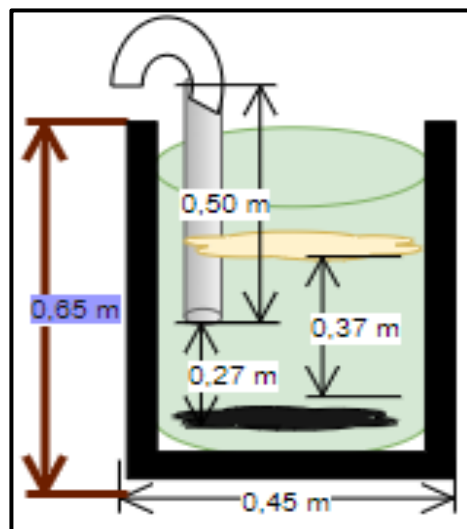
- $P_T$ : Profundidad total del tanque; m
- $P_u$ : Profundidad útil;  $0,24 \text{ m}$
- $P_S$ : Profundidad de seguridad;  $0,30 \text{ m}$  (RAS, 2000).

$$P_T = P_u + P_S$$

$$P_T = 0,24 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$P_T = 0,54 \text{ m}$$

A continuación, se muestran las medidas e imagen del tanque a utilizarse:



**Ilustración 14-3:** Medidas establecidas para la trampa de aceites y grasas

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se requiere hacer uso de tubería de manera vertical para la eliminación de olores en conjunto con un sifón colocado en la parte superior del tanque.

#### 3.4.8.6. Sistema de filtración

Para la tercera etapa se coloca un tanque plástico con capacidad de 200 L, presentando una altura de 0,90 m, un ancho de 0,36, diámetro de 0,58 m y un peso de 8 Kg, tomando en consideración la trampa de aceites y grasas se requiere de una distancia de 1 m con respecto a la excavación es de 1 m a nivel del terreno finalmente para alargar la vida útil del material se toma en consideración colocar una capa de geomembrana en la parte exterior del tanque.

- *Cálculo del área del tanque  $A_T$*

$$A_T = Q_D \times A \quad \text{Ecuación (15-3)}$$

**Donde:**

- $A_T$ : Área del tanque;  $m^2$
- $Q_D$ : Caudal de diseño; 0,46 L/s
- $A$ : Área mínima del tanque;  $1,67 \text{ m}^2/\text{L/s}$

$$\begin{aligned} A_T &= Q_D \times A \\ A_T &= 0,46 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times 1,67 \frac{\text{m}^2}{\text{L/s}} \\ A_T &= 0,77 \text{m}^2 \end{aligned}$$

- *Cálculo de Volumen útil,  $V_u$*

$$V_u = Q_D \times T_{RH} \quad \text{Ecuación (16-3)}$$

**Donde:**

- $V_u$ : Volumen útil; L
- $Q_D$ : Caudal de diseño; 0,46 L/s
- $T_{RH}$ : tiempo de retención; 18 min; 1080 s (Crescentmexicana, 2018, p.54).

$$V_u = Q_D \times T_{RH}$$

$$V_u = 0,46 \text{ L/s} \times 1080 \text{ s}$$

$$V_u = 496,80 \text{ L}$$

- Cálculo de la profundidad útil,  $P_u$ :

$$P_u = \frac{V_u}{A_T} \quad \text{Ecuación (17-3)}$$

Donde:

- $P_u$ : Profundidad útil; m
- $V_u$ : Volumen útil;  $0,50 \text{ m}^3$
- $A_T$ : Área del tanque;  $0,77 \text{ m}^2$

$$P_u = \frac{V_u}{A_T}$$

$$P_u = \frac{0,50 \text{ m}^3}{0,77 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0,65 \text{ m}$$

- Cálculo de la profundidad total del tanque,  $P_T$

$$P_T = P_u + P_S \quad \text{Ecuación (18-3)}$$

Donde:

- $P_T$ : Profundidad total del tanque; m
- $P_u$ : Profundidad útil;  $0,65 \text{ m}$
- $P_S$ : Profundidad de seguridad;  $0,30 \text{ m}$  (RAS, 2000).

$$P_T = P_u + P_S$$

$$P_T = 0,65 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$P_T = 0,95 \text{ m}$$

- *Composición de lecho filtrante*

El filtro puede ser de un solo medio (tipo dual) o mezclados, la profundidad convencional es de  $0,6 \text{ m}$  a  $0,9 \text{ m}$  o de más de  $0,9 \text{ m}$ , la cual debe de presentar partículas resistentes (RAS, 2000, p.1).

**Tabla34-3:** Características de la arena, para filtros rápidos

	Tamaño efectivo		Coeficiente de uniformidad	
	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Mínimo	Máximo
Arena fina	0,35	0,45	1,35	1,70
Arena estándar	0,45	0,65		
Arena gruesa	0,65	0,85		

Fuente: (RAS, 2000).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

- *Altura del agua sobre el lecho*

La altura puede ser variable o constante, pero no inferior a 0,50 m, en ningún momento este debe de trabajar en vía seca (RAS, 2000, p.4).

- *Velocidad de filtración*

**Tabla 35-3:** Velocidad de filtración para cada tipo de filtro

Tipo de prefiltros	Velocidad de filtración
Filtros gruesos dinámicos	2-3 m/h
Filtros gruesos de flujo horizontal	0,30-1,50 m/h
Filtros gruesos de flujo vertical ascendente	0,30-0,70 m/h
Filtros gruesos de flujo vertical descendente	0,30-0,70 m/h

Fuente: (RAS, 2000).

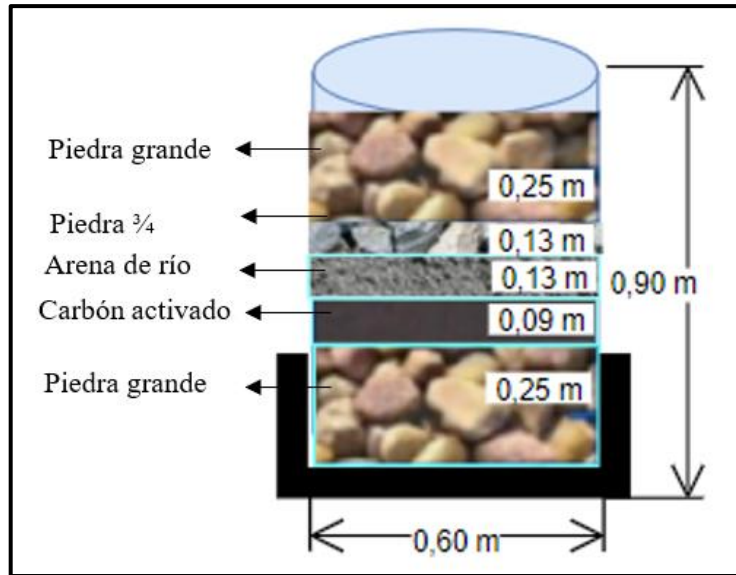
Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

En base a la tabla 40-3 se toma en consideración una velocidad de 0,30 a 0,70 m/h por tratarse de un filtro grueso de flujo vertical descendente.

- *Composición del medio filtrante*

Para los filtros gruesos de flujo descendente, para la primera etapa el tamaño varía entre 25-19 mm, el segundo compartimiento de 13-19 mm y un tercer compartimiento de 4-13 mm los materiales de filtro están especificados en la Norma Técnica Colombiana NTC 2572 (RAS, 2000, p.76).

A continuación, se detallan las medidas y tanque a utilizarse:



**Ilustración 15-3:** Medidas establecidas para tanque de filtración

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 3.4.8.7. Sistema de Humedal Artificial

Para la cuarta etapa el cálculo del humedal se lo realiza en base a la “*Guía para el Diseño y Construcción de un Humedal con Flujos Subsuperficiales*” diseño proveniente del RAS 2000 y por parte de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (Yocum, 2006, p.9).

- *Cálculo del área del humedal Artificial*

El tanque por lo menos debe de tener 1,80 m<sup>2</sup> de área por cada L/s y a lo que se refiere a la velocidad ascendente es de 4 mm/s (RAS, 2000).

$$A_T = Q_D \times A \quad \text{Ecuación (19-3)}$$

**Donde:**

- $A_T$ : Área del tanque; m<sup>2</sup>
- $Q_D$ : Caudal de diseño; 0,46 L/s
- $A$ : Área mínima del tanque; 1,80 m<sup>2</sup>/L/s (RAS, 2000)

$$A_T = Q_D \times A$$

$$A_T = 0,46 \frac{L}{s} \times 1,80 \frac{m^2}{L/s}$$

$$A_T = 0,83 m^2$$

- *Cálculo del ancho del humedal artificial;  $b_T$*

$$b_T = \sqrt{\frac{A_T}{4}} \quad \text{Ecuación (20-3)}$$

Donde:

- $b_T$ : Ancho del tanque; m
- $A_T$ : Área del tanque; 0,83 m<sup>2</sup>

$$b_T = \sqrt{\frac{A_T}{4}}$$

$$b_T = \sqrt{\frac{0,83 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b_T = 0,46 \text{ m}$$

- *Cálculo del largo del humedal artificial,  $L_T$*

$$L_T = b_T \times 3 \quad \text{Ecuación (21-3)}$$

Donde:

- $L_T$ : Largo del tanque; m
- $b_T$ : ancho del tanque; 0,46 m
- 4: relación ancho/longitud 1:4 (RAS, 2000).

$$L_T = b_T \times 4$$

$$L_T = 0,46 \times 4$$

$$L_T = 1,84 \text{ m}$$

- *Cálculo de Volumen útil,  $V_u$*

$$V_u = Q_D \times T_{RH} \quad \text{Ecuación (22-3)}$$

Donde:

- $V_u$ : Volumen útil; m<sup>3</sup>
- $Q_D$ : Caudal de diseño; 0,00046 m<sup>3</sup>/s
- $T_{RH}$ : tiempo de retención; 15 min; 900s.

$$V_u = Q_D \times T_{RH}$$

$$V_u = 0,00046 \text{ m}^3/\text{s} \times 900 \text{ s}$$



$$V_u = 0,41 \text{ m}^3$$

- *Cálculo de la profundidad útil,  $P_u$ .*

$$P_u = \frac{V_u}{A_T} \quad \text{Ecuación (23-3)}$$

Donde:

- $P_u$ : Profundidad útil; m
- $V_u$ : Volumen útil; 0,41 m<sup>3</sup>
- $A_T$ : Área del tanque; 0,83 m<sup>2</sup>

$$P_u = \frac{V_u}{A_T}$$

$$P_u = \frac{0,41 \text{ m}^3}{0,83 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0,49 \text{ m}$$

- *Cálculo de la profundidad total del tanque,  $P_T$*

$$P_T = P_u + P_S \quad \text{Ecuación (24-3)}$$

Donde:

- $P_T$ : Profundidad total del tanque; m
- $P_u$ : Profundidad útil; 0,49 m
- $P_S$ : Profundidad de seguridad; 0,30 m (RAS, 2000)

$$P_T = P_u + P_S$$

$$P_T = 0,49 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$P_T = 0,79 \text{ m}$$

- *Porosidad de materiales*

Con el propósito de determinar el siguiente cálculo se debe de tomar en consideración la tabla 41-3 misma que describe el promedio de la porosidad que existe en los diferentes materiales que se hacen uso dentro de la implementación del proyecto:

**Tabla 36-3:** Porosidad de materiales

TIPO DE MATERIAL	Cantidad
Arena	0,418
Grava	0,325
Tierra	0,528

Fuente: (Cruz y Chimbo, 2015).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 37-3:** Porosidad media del lecho filtrante

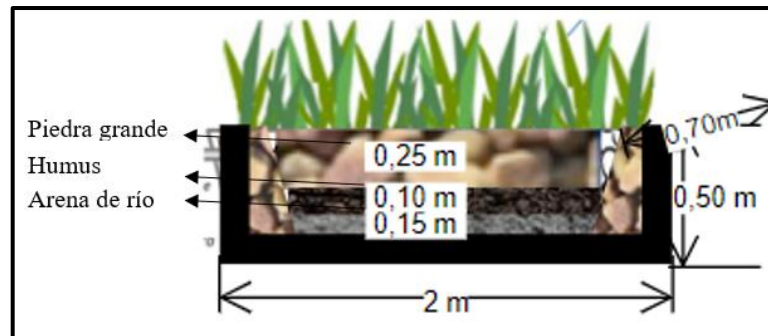
TIPO DE MATERIAL	Cantidad
Lecho filtrante	0,423

Fuente: (Cruz y Chimbo, 2015).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se toma en cuenta el nivel de salida de la tubería del sistema de filtración y a partir de ello se construye el humedal, el cual requiere un largo de 2 m x 0,50 m de ancho a una altura de 0,80 m, para la parte interna se requiere un espesor de 0,15 m para arena de río; 0,10 m de humus y 0,25 m de piedra grande en la parte superior como en los lados de la estructura para ello se debe de trabajar con una pendiente de 0,5.

A continuación, en la ilustración 20-3 se muestran las medidas y espesor que describe la cantidad de los materiales a utilizarse:



**Ilustración 16-3:** Medidas establecidas para tanque de filtración

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 3.4.8.8. Tanque recolector de agua

- Cálculo del área de tanque  $A_T$

El tanque por lo menos debe de tener 1,80 m<sup>2</sup> de área por cada L/s y a lo que se refiere a la velocidad ascendente es de 4 mm/s (RAS, 2000).

$$A_T = Q_D \times A \quad \text{Ecuación (25-3)}$$

**Donde:**

- $A_T$ : Área del tanque; m<sup>2</sup>
- $Q_D$ : Caudal de diseño; 0,46 L/s
- $A$ : Área mínima del tanque; 1,80 m<sup>2</sup>/L/s (RAS, 2000)

$$A_T = Q_D \times A$$

$$A_T = 0,46 \frac{L}{s} \times 1,80 \frac{m^2}{L/s}$$

$$A_T = 0,83 m^2$$

- *Cálculo del ancho del tanque;  $b_T$*

$$b_T = \sqrt{\frac{A_T}{4}} \quad \text{Ecuación (26-3)}$$

Donde:

- $b_T$  Ancho del tanque; m
- $A_T$ : Área del tanque; 0,83 m<sup>2</sup>

$$b_T = \sqrt{\frac{A_T}{4}}$$

$$b_T = \sqrt{\frac{0,83 m^2}{4}}$$

$$b_T = 0,46 m$$

- *Cálculo del largo del tanque,  $L_T$*

$$L_T = b_T \times 4 \quad \text{Ecuación (27-3)}$$

Donde:

- $L_T$ : Largo del tanque; m
- $b_T$ : ancho del tanque; 0,46 m
- **4**: relación ancho/longitud 1:4 (RAS, 2000, p.3)

$$L_T = b_T \times 4$$

$$L_T = 0,46 \times 4$$

$$L_T = 1,84 \text{ m}$$

- *Cálculo de Volumen útil,  $V_u$*

$$V_u = Q_D \times T_{RH} \quad \text{Ecuación (28-3)}$$

Donde:

- $V_u$ : Volumen útil;  $\text{m}^3$
- $Q_D$ : Caudal de diseño;  $0,00046 \text{ m}^3/\text{s}$
- $T_{RH}$ : tiempo de retención; 15 min; 900s.

$$V_u = Q_D \times T_{RH}$$

$$V_u = 0,00046 \text{ m}^3/\text{s} \times 900 \text{ s}$$

$$V_u = 0,41 \text{ m}^3$$

- *Cálculo de la profundidad útil,  $P_u$*

$$P_u = \frac{V_u}{A_T} \quad \text{Ecuación (29-3)}$$

Donde:

- $P_u$ : Profundidad útil; m
- $V_u$ : Volumen útil;  $0,41 \text{ m}^3$
- $A_T$ : Área del tanque;  $0,83 \text{ m}^2$

$$P_u = \frac{V_u}{A_T}$$

$$P_u = \frac{0,41 \text{ m}^3}{0,83 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0,49 \text{ m}$$

- *Cálculo de la profundidad total del tanque,  $P_T$*

$$P_T = P_u + P_S \quad \text{Ecuación (30-3)}$$

Donde:

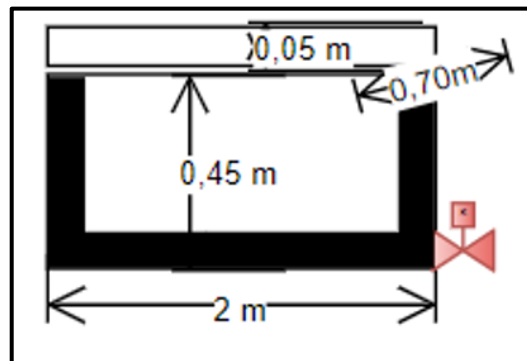
- $P_T$ : Profundidad total del tanque; m
- $P_u$ : Profundidad útil; 0,49 m
- $P_S$ : Profundidad de seguridad; 0,30 m (RAS, 2000)

$$P_T = P_u + P_S$$

$$P_T = 0,49 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$P_T = 0,79 \text{ m}$$

A continuación, en la ilustración 21-3 se detallan las medidas y la forma del tanque a utilizarse.



**Ilustración 17-3:** Medidas establecidas para tanque recolector de agua

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 3.4.8.9. Sistema secundario de filtración natural

Se coloca un sistema alternativo de filtro natural, mismo que está controlado por la caja de llave de paso inicial, con el propósito de que el efluente sea llevado a través de una tubería hasta el filtro de geomembrana.

- *Cálculo del área de excavación  $A_T$*

El tanque por lo menos debe de tener 4 m<sup>2</sup> de área por cada L/s y a lo que se refiere a la velocidad ascendente es de 4 mm/s (RAS, 2000).

$$A_T = Q_D \times A$$

Ecuación (31-3)

**Donde:**

- $A_T$ : Área del tanque;  $m^2$
- $Q_D$ : Caudal de diseño; 0,46 L/s
- $A$ : Área mínima del tanque;  $4 m^2$  (RAS, 2000)

$$A_T = Q_D \times A$$
$$A_T = 0,46 \frac{L}{s} \times 4 \frac{m^2}{L/s}$$
$$A_T = 1,84 m^2$$

- *Cálculo del ancho del tanque;  $b_T$*

$$b_T = \sqrt{\frac{A_T}{4}} \quad \text{Ecuación (32-3)}$$

Donde:

- $b_T$ : Ancho del tanque; m
- $A_T$ : Área del tanque;  $1,84 m^2$

$$b_T = \sqrt{\frac{A_T}{4}}$$
$$b_T = \sqrt{\frac{1,84 m^2}{4}}$$
$$b_T = 0,68 m$$

- *Cálculo del largo del tanque,  $L_T$*

$$L_T = b_T \times 4 \quad \text{Ecuación (33-3)}$$

Donde:

- $L_T$ : Largo del tanque; m
- $b_T$ : ancho del tanque; 0,68 m
- 4: relación ancho/longitud 1:4

$$L_T = 0,68 \times 4$$
$$L_T = 2,72 m$$

- *Cálculo de Volumen útil,  $V_u$*

$$V_u = Q_D \times T_{RH} \quad \text{Ecuación (34-3)}$$

Donde:

- $V_u$ : Volumen útil;  $m^3$
- $Q_D$ : Caudal de diseño;  $0,00046 \text{ m}^3/\text{s}$
- $T_{RH}$ : tiempo de retención; 15 min; 900s (tabla 39-3)

$$V_u = Q_D \times T_{RH}$$

$$V_u = 0,00046 \text{ m}^3/\text{s} \times 900 \text{ s}$$

$$V_u = 0,41 \text{ m}^3$$

- Cálculo de la profundidad útil,  $P_u$ :

$$P_u = \frac{V_u}{A_T} \quad \text{Ecuación (35-3)}$$

Donde:

- $P_u$ : Profundidad útil; m
- $V_u$ : Volumen útil;  $0,41 \text{ m}^3$
- $A_T$ : Área del tanque;  $1,84 \text{ m}^2$

$$P_u = \frac{V_u}{A_T}$$

$$P_u = \frac{0,41 \text{ m}^3}{1,84 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0,22 \text{ m}$$

- Cálculo de la profundidad total de excavación,  $P_T$

$$P_T = P_u + P_S \quad \text{Ecuación (36-3)}$$

Donde:

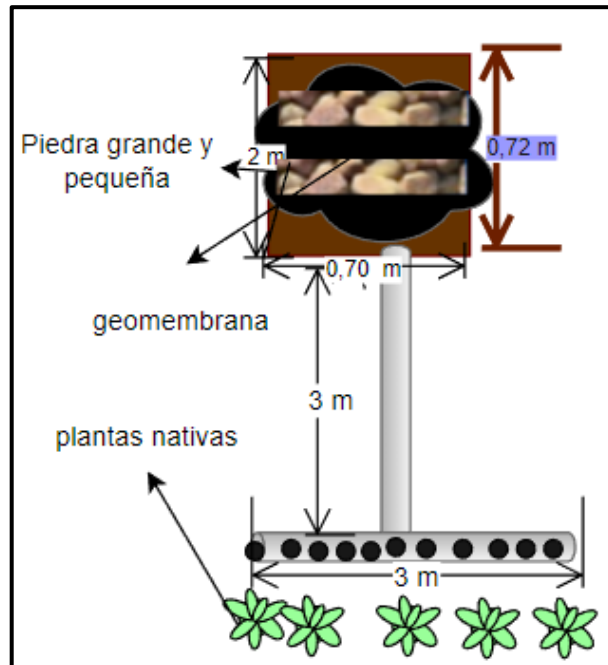
- $P_T$ : Profundidad total del tanque; m
- $P_u$ : Profundidad útil;  $0,22 \text{ m}$
- $P_S$ : Profundidad de seguridad;  $0,50 \text{ m}$  (RAS, 2000, p.1)

$$P_T = P_u + P_S$$

$$P_T = 0,22 \text{ m} + 0,50 \text{ m}$$

$$P_T = 0,72 \text{ m}$$

A continuación, en la ilustración 22-3 se detallan las medidas a utilizarse referente al sistema de filtro natural.



**Ilustración 18-3:** Medidas establecidas para tanque recolector de agua

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.



## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados del dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales

##### 4.1.1. Población Futura

**Tabla 1-4:** Resultado cálculo de la Población futura

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Población actual 2022	102	Habitantes
Periodo de diseño	20	Años
Índice de crecimiento	2,76	%
Población futura	175	Habitantes

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

##### 4.1.2. Caudal de agua residual

**Tabla 2-4:** Resultados del cálculo de caudal de diseño

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Dotación de agua consumida	120	L/hab x día
Caudal medio	0,20	L/s
Caudal mayorado	0,30	L/s
Caudal de aguas ilícitas	0,16	L/s
Caudal de diseño	0,46	L/s

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

##### 4.1.3. Sistema de conexión de caja de cemento

**Tabla 3-4:** Resultados de cálculo para caja de cemento

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Largo de la caja	0,50	m
Ancho de la caja	0,50	m
Alto de la caja	0,50	m

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 4.1.4. Tanque de trampa de grasas y aceites

**Tabla 4-4:** Resultados de cálculos para trampa de grasas y aceites

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Área del tanque	0,23	m <sup>2</sup>
Volumen útil	55,2	L
Altura del tanque	0,62	m
Ancho del tanque	0,36	m
Diámetro	0,40	m
Profundidad útil	0,24	m
Profundidad total	0,54	m

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 4.1.5. Tanque de sistema de filtración

**Tabla 5-4:** Resultado del tanque de sistema de filtración

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Altura del tanque de filtración	0,90	m
Ancho del tanque de filtración	0,36	m
Diámetro del tanque de filtración	0,58	m
Altura del agua sobre el lecho	0,50	m
Velocidad de filtración	0,30-0,70	m/h
Profundidad útil	0,65	m
Profundidad Total	0,95	m

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 4.1.6. Humedal artificial

**Tabla 6-4:** Resultados del diseño del humedal subsuperficial

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Porosidad del medio granular	0,42	
Área del tanque	0,83	m <sup>2</sup>
Longitud del humedal	1,84	m
Ancho del humedal	0,46	m
Volumen útil	0,41	m <sup>3</sup>
Profundidad total del humedal	0,79	m

Pendiente	0,50	%
-----------	------	---

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 4.1.7. Tanque recolector de agua

**Tabla 7-4:** Resultados del diseño de tanque recolector de agua

Parámetro	Valor	Unidad
Área del tanque	0,83	m <sup>2</sup>
Ancho del tanque	0,46	m <sup>2</sup>
Longitud del tanque	1,84	m
Ancho del tanque	0,46	m
Volumen útil	0,41	m <sup>3</sup>
Profundidad total	0,79	m
Pendiente	0,50	%

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 4.1.8. Sistema secundario

**Tabla 8-4:** Resultados de cálculos del sistema secundario

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho de excavación	0,68	m
Largo de excavación	2,00	M
Volumen útil	0,41	m <sup>3</sup>
Profundidad útil	0,22	m
Profundidad total	0,72	m

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

#### 4.2. Resultados de la planta de tratamiento e implementación de las aguas residuales

Los resultados presentes en la tabla 9-4 refleja los valores pilotos finales obtenidos en el tiempo de 1 semana, los cuales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH.

**Tabla 9-4:** Agua tratada, muestra 1

Parámetros	Criterio de Calidad	Valor de caracterización inicial	Valor de caracterización final
Ph	6-9	9,82*	7,10

Temperatura	-	25	25
Conductividad	-	1.069	820
Color	Inapreciable en dilución: 1/20	1.160	481
Turbiedad	-	199	51
Aceites y grasas	Ausencia	200,40*	Ausencia
Sólidos suspendidos	130	189*	59
Sólidos totales	1.600	649,90	92,70
Demanda química de Oxígeno	200	101	19
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	100	45,10	23,80
Coliformes Fecales	1.000	0	0
Coliformes Totales	-	108	64

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

A continuación, en la tabla 10-4 se detallan los valores de la concentración de DBO<sub>5</sub> y DQO en el lapso de una semana.

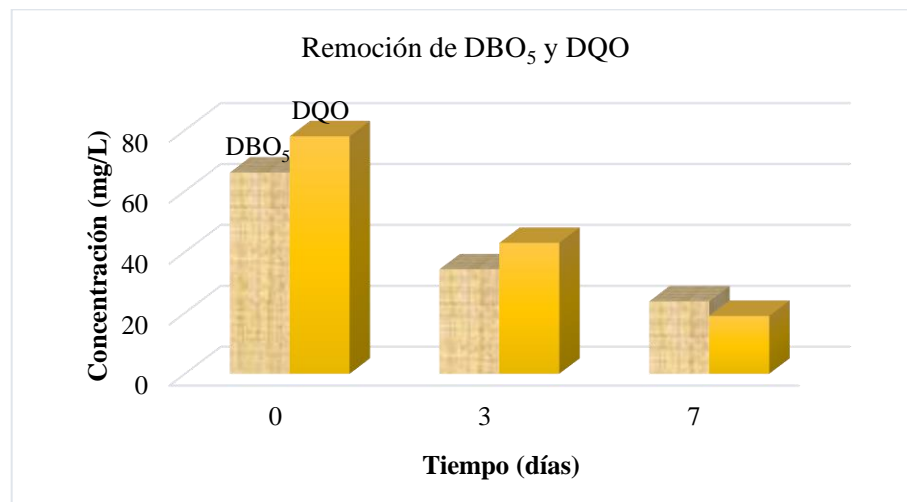
**Tabla 10-4:** Variación de concentración de DBO<sub>5</sub> y DQO, muestra 1

Tiempo (días)	Concentración DBO <sub>5</sub>	Concentración DQO
0	66,10	78
3	34,30	43
7	23,80	19

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

La ilustración 1-4 contiene de manera gráfica la remoción de los contaminantes referentes a DBO<sub>5</sub> y DQO.



**Ilustración 1-4:** Variación de la concentración de DQO y DBO<sub>5</sub> en la primera semana.

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

Se puede observar en la tabla 1-4 que en el lapso de 1 semana los niveles de concentración tanto de DBO<sub>5</sub> como de DQO van disminuyendo, se evidencia que a medida que pasa el tiempo la adaptabilidad de la vegetación permite que se tenga una mayor eficiencia dentro del sistema de tratamiento planteado, obteniendo finalmente un valor de DBO<sub>5</sub> de 23,80 mg/L y DQO de 19 mg/L.

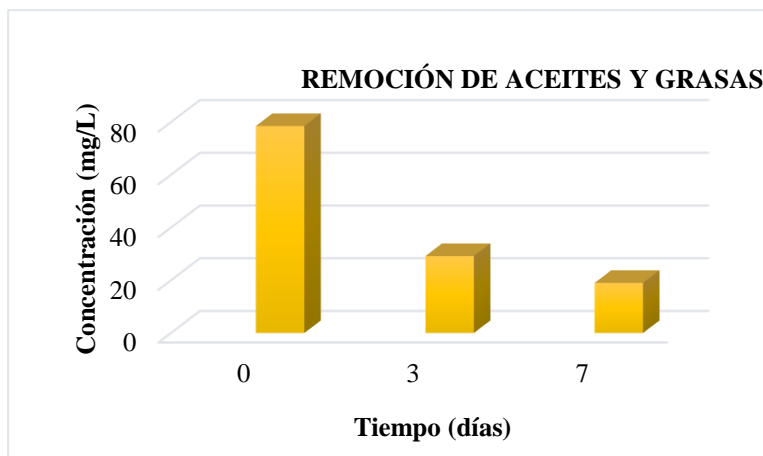
**Tabla 11-4:** Variación de concentración de aceites y grasas, muestra 1

Tiempo (días)	Concentración de aceites y grasas
0	78,50
3	29,20
7	Ausencia

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

La ilustración 12-4 muestra la remoción de contaminantes en el intervalo de 1 semana, tiempo estimado para estimar si existe una reducción de la carga contaminante presente.



**Ilustración 2-4:** Variación de la concentración de aceites y grasas en la primera semana

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

Se puede observar en la tabla 2-4 que la concentración que se genera en el parámetro de aceites y grasas en el lapso de una semana disminuye de acuerdo con la variación del tiempo, siendo inversamente proporcional es decir a medida que aumenta el tiempo, disminuye la concentración pudiendo observar que en el día 7 se presenta un valor ausente, siendo este un valor representativo en comparación con la muestra inicial.

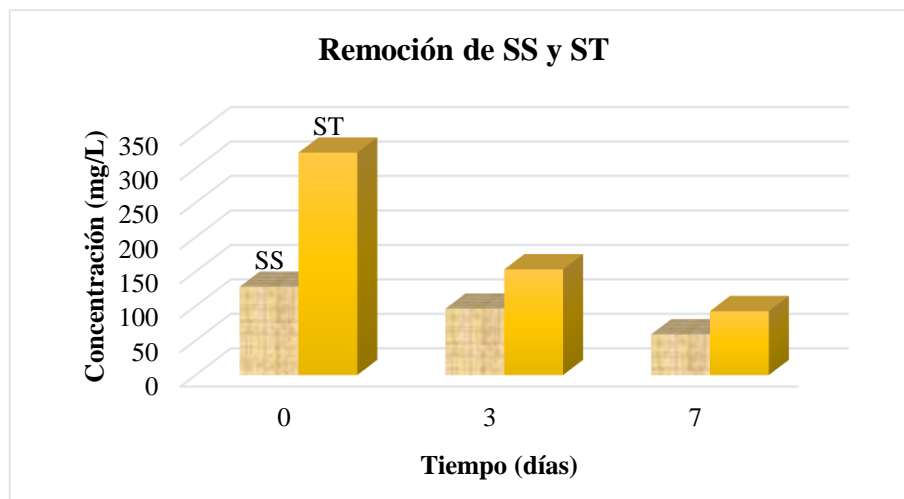
**Tabla 12-4:** Depuración de sólidos suspendidos y sólidos totales, muestra 1

Tiempo (días)	Concentración SS	Concentración ST
0	128,00	322,60
3	96,30	153,20
7	59,00	92,70

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

La ilustración 2-4 muestra resultados con eficiencias adecuadas, indicando que existen variaciones favorables a medida que pasa el tiempo.



**Ilustración 3-4:** Variación de la concentración de SS y ST en la primera semana

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

La tabla 7-4, muestra los valores de la concentración de SS y ST en función del tiempo, en la que se puede evidenciar que la disminución de la presencia de los mismo es la correcta, teniendo como valor final de SS de 59 y de ST de 92,70 esto demuestra que todas las etapas ayudan a disminuir la ausencia de contaminantes, añadiendo que el tratamiento permite que el agua tratada presente una mejor eficiencia para el correspondiente uso.

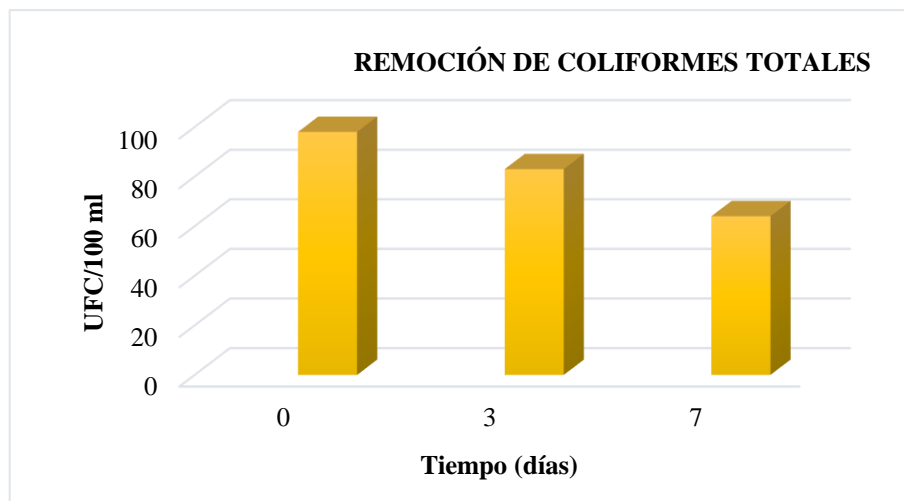
**Tabla 13-4:** Presencia de coliformes Totales, muestra 1

Tiempo (días)	Presencia de coliformes Totales
0	98
3	83
7	64

Fuente: (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

la ilustración 26-4 compara los valores obtenidos en el tratamiento, obteniendo que estos variaron en un rango entre 98-64 UFC/100 ml con respecto a los coliformes totales, evidenciando que a mayor tiempo mayor remoción de contaminantes presentes.



**Ilustración 4-4:** Variación de la concentración de coliformes totales, primera semana

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se puede verificar que en la tabla 13-4 referente al contenido de Coliformes Totales que los valores se encuentran en constante disminución, obteniendo en el lapso de 1 semana un valor de 64, valor representativo con respecto al inicial.

**Tabla 14-4:** Agua tratada, muestra 2

Parámetros	Criterio de Calidad	Valor de caracterización inicial	Valor de caracterización final
pH	6-9	8,74	7,12
Temperatura	-	25	25
Conductividad	-	416,80	207,30
Color	Inapreciable en dilución: 1/20	2.180	330
Turbiedad	-	201	48
Aceites y grasas	Ausencia	208,40*	Ausencia
Sólidos suspendidos	130	383*	35
Sólidos totales	1.600	251,70	38,20



Demanda química de Oxígeno	200	75	15
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	100	31,30	12,90
Coliformes Fecales	1.000	0	0
Coliformes Totales	-	161	31

Fuente: (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

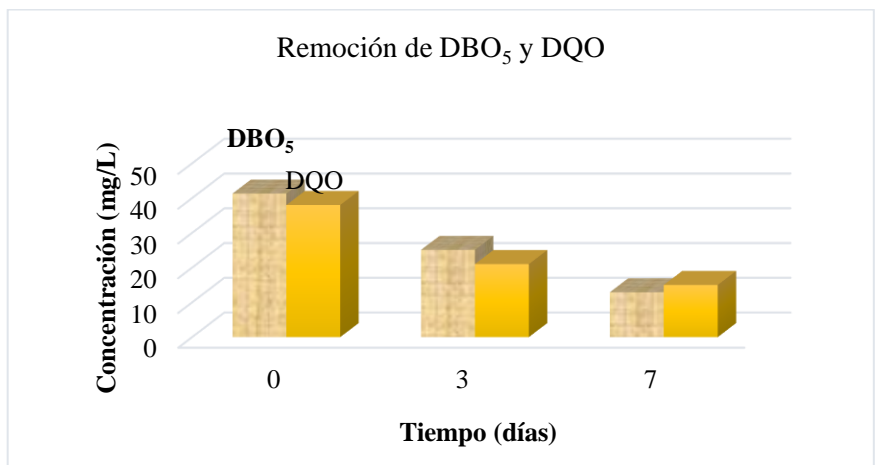
La tabla 10-4 muestra que en el lapso de 1 semana los niveles de concentración tanto de DBO<sub>5</sub> como de DQO van disminuyendo, obteniendo finalmente un valor de DBO<sub>5</sub> de 12,90 mg/L y DQO de 19 mg/L.

**Tabla 15-4:** Variación de concentración de DBO<sub>5</sub> y DQO, muestra 2

Tiempo (días)	Concentración DBO <sub>5</sub>	Concentración DQO
0	41,30	38
3	25,10	21
7	12,90	15

Fuente: (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.



**Ilustración 5-4:** Variación de la concentración de DQO y DBO<sub>5</sub> en la primera semana

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Resumiendo, en la tabla 15-4 dentro del lapso de una semana los niveles de concentración tanto de DBO<sub>5</sub> como de DQO van en disminución, esto demuestra que a medida que pasa el tiempo la adaptabilidad de la vegetación permite que se tenga una mayor eficiencia dentro del sistema de tratamiento planteado, obteniendo finalmente una concentración de DBO<sub>5</sub> de 12,90 mg/L y DQO de 15 mg/L.

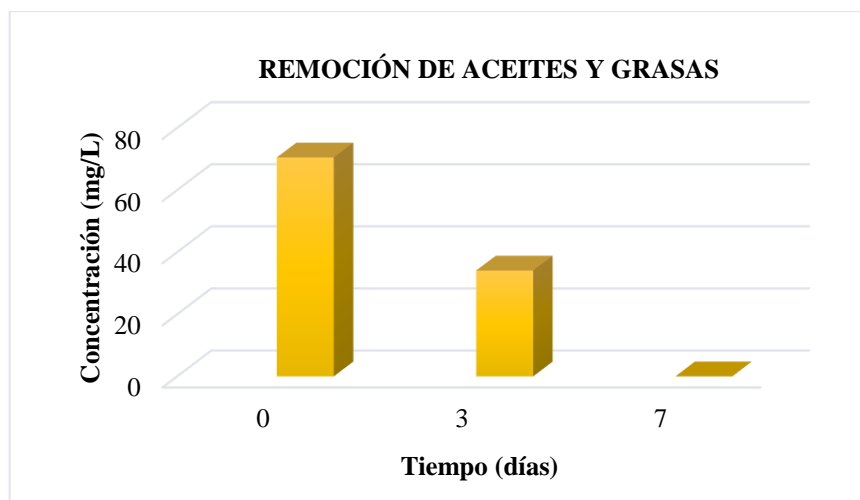
**Tabla 16-4:** Variación de concentración de aceites y grasas, muestra 2

Tiempo (días)	Concentración de aceites y grasas
0	70,50
3	34,10
7	Ausencia

**Fuente:** (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

La ilustración 6-4 muestra los datos obtenidos con respecto a la remoción de aceites y grasas en el tiempo de 1 semana, evidenciando de manera positiva que existe una disminución adecuada del presente contaminante.



**Ilustración 6-4:** Variación de la concentración de aceites y grasas en la primera semana

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

Se evidencia en la tabla 16-4 que la concentración del parámetro de aceites y grasas en el lapso de una semana disminuye de acuerdo con la variación del tiempo, observando así que en el día 7 el parámetro se encuentra ausente en comparación al valor inicial 208,40 mg/L.

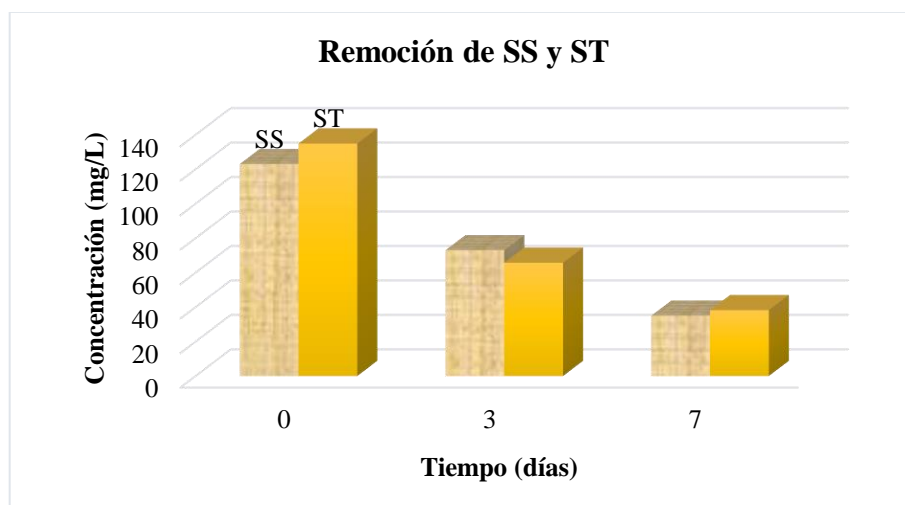
**Tabla 17-4:** Depuración de sólidos suspendidos y sólidos totales, muestra 2

Tiempo (días)	Concentración SS	Concentración ST
0	123	134,90
3	73	65,10
7	35	38,20

Fuente: (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

La ilustración 8-4 muestra los resultados graficados de la adecuada remoción de los contaminantes de SS y ST en el tiempo de 1 semana.



**Ilustración 7-4:** Variación de la concentración de SS y ST en una semana

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

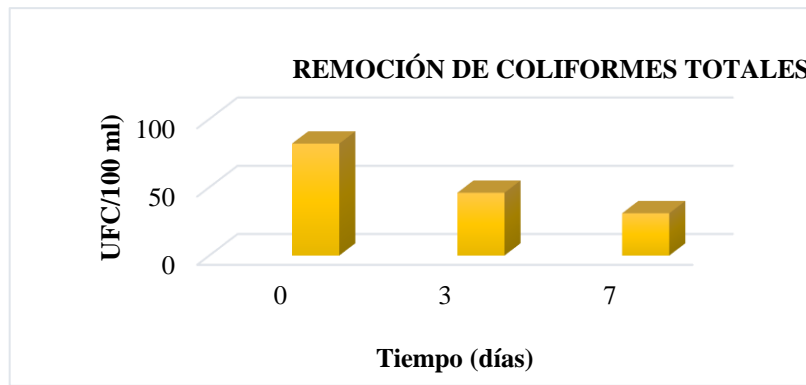
La tabla 17-4, muestra los valores de la concentración SS y ST en función del tiempo, en la que se puede evidenciar que la disminución del presente parámetro es la correcta, teniendo finalmente un valor de 35 para SS y de 38,20 para ST.

**Tabla 18-4:** Presencia de Coliformes Totales, muestra 2

Tiempo (días)	Coliformes Totales
0	82
3	46
7	31

Fuente: (Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos ESPOCH, 2022).

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.



**Ilustración 8-4:** Variación de la concentración de Coliformes Totales.

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se puede verificar que en la tabla 18-4 referente al contenido de Coliformes Totales, los valores de la presencia de estos se encuentran en constante disminución, como valor final de lapso de 7 días se tiene 31 UFC/1000 ml.

#### 4.3. Porcentaje de remoción de contaminantes en las muestras analizadas

##### 4.3.1. Porcentaje de remoción de contaminantes, muestra 1

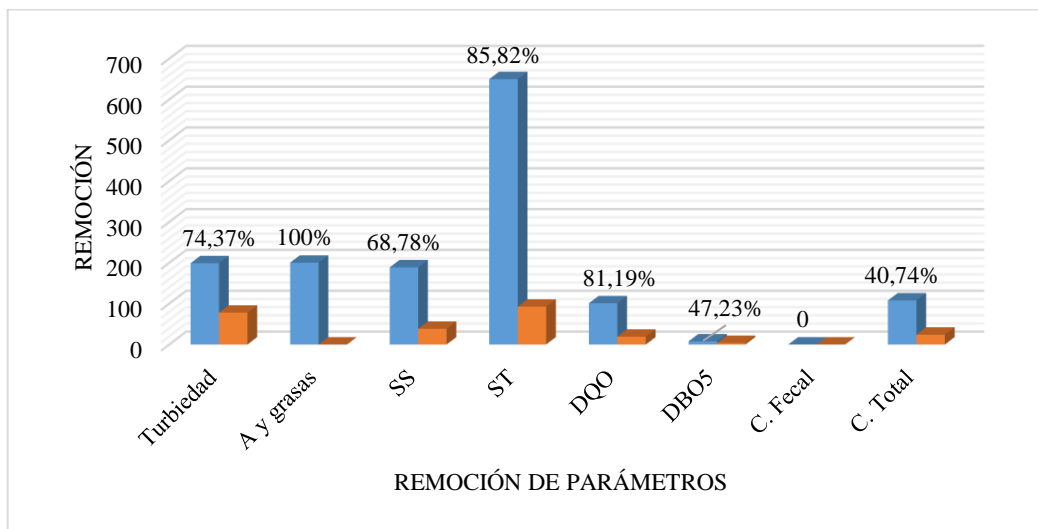
**Tabla 19-4:** Porcentaje de remoción de contaminantes en la muestra 1

Parámetros	Valor de caracterización inicial	Valor de caracterización final	Porcentaje de remoción
Turbiedad	199,00	51,00	74,37%
Aceites y grasas	200,40	Ausencia	100%
Sólidos suspendidos	189,00	59,00	68,78%
Sólidos totales	649,90	92,70	85,82%
Demanda química de Oxígeno	101,00	19,00	81,19%
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	45,10	23,80	47,23%

Coliformes Fecales	0	0	No existe aumento ni disminución
Coliformes Totales	108,00	64,00	40,74%

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Los valores calculados en la tabla 14-4 presenta la remoción de 8 contaminantes presentes en el agua residual de la muestra 1, debido a que los contaminantes disminuyen en mayor, sin embargo, el ensayo resultó muy eficiente según se observa en la ilustración 11-4.



**Ilustración 9-4:** Resultados de la remoción de contaminantes, muestra 1

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Se refleja en la ilustración 10-4 con respecto a los parámetros y la remoción de los contaminantes presentes que esta es mayor al 40%, teniendo de esta forma una remoción adecuada frente al agua gris que es tratada en la muestra 1, cumpliendo así la mayoría de los límites establecidos en la Normativa vigente.

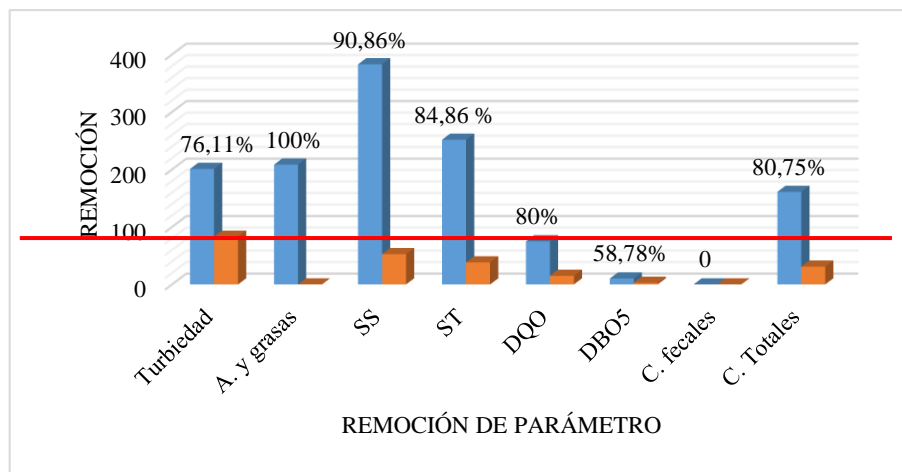
#### 4.3.2. Porcentaje de remoción de contaminantes, muestra 2

Tabla 20-4: Porcentaje de remoción de contaminantes en la muestra 2

<b>Parámetros</b>	<b>Valor de caracterización inicial</b>	<b>Valor de caracterización final</b>	<b>Porcentaje de remoción</b>
Turbiedad	201,00	48,00	76,11%
Aceites y grasas	208,40	Ausencia	100%
Sólidos suspendidos	383,00	35,00	90,86%
Sólidos totales	251,70	38,20	84,86%
Demanda química de Oxígeno	75,00	15,00	80%
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	31,30	12,90	58,78%
Coliformes Fecales	0	0	No existe aumento o disminución
Coliformes Totales	161	31	80,75%

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

Los valores calculados en la tabla 21-4 presenta la remoción de 8 contaminantes presentes en el agua residual de la muestra 2, los contaminantes disminuyen en mayor porcentaje, el ensayo resultó muy eficiente según se observa en la ilustración 10-4.



**Ilustración 10-4:** Resultados de la remoción de contaminantes, muestra 2

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

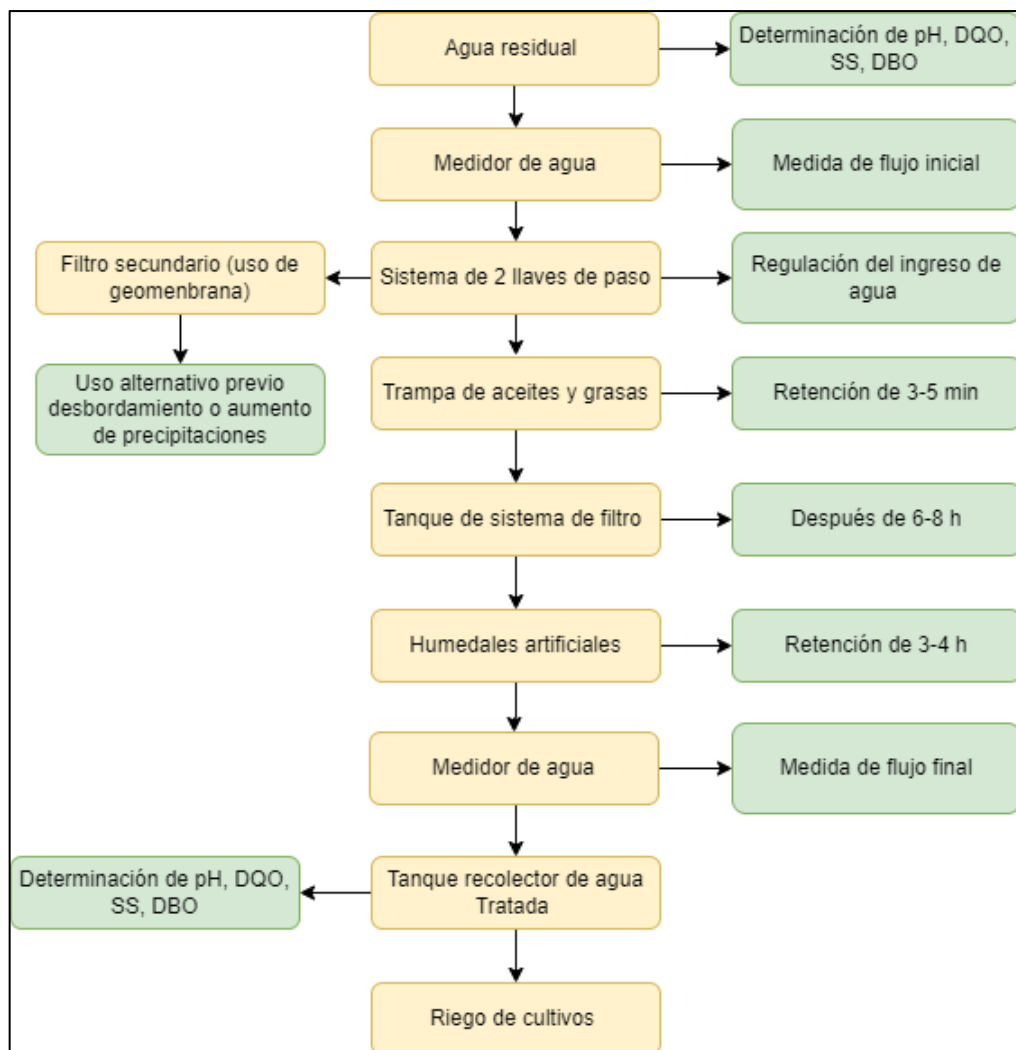
Se puede observar en la ilustración 11-4 con respecto a los parámetros y la remoción de los contaminantes que existe una favorable remoción presentándose una mínima de 58,78% y una máxima de 90,65%.

Es importante mencionar que la presente propuesta, contiene valores piloto referente a los parámetros establecidos, la razón de la presente es porque se necesita que la vegetación que se implementa requiera de un mayor tiempo para ejercer el crecimiento de las raíces, pudiendo de manera continua depurar la mayor cantidad de sólidos presentes en el agua a ser tratada y con ello se contribuye al mejoramiento continuo del sistema propuesto.

#### 4.4. Propuesta de diseño

Para llevar a cabo el presente proyecto, se toma como punto de partida realizar las conexiones de tuberías adecuadas mismas que van desde el área de la cocina, el baño y la lavandería, con el objeto de tener una sola corriente de entrada de aguas residuales, a continuación hacer uso de un medidor de agua con la finalidad de poder determinar el rendimiento con el que se está trabajando, previo a ello se dirige a un sistema de control de paso de agua, regido por dos llaves de paso, la primera direcciona el agua hacia el tratamiento principal y una segunda llave es usada para el direccionamiento del agua a un sistema de filtración secundario, el sistema primario se encuentra seguido de un tanque plástico usado como trampa de aceites y grasa presenta una capacidad de 60 L y en la parte superior su respectiva tapa con abrazadera metálica misma que presenta un orificio por medio del cual se coloca un sifón que ayuda a eliminar los malos olores que se generen, a su vez se encuentra conectado por tuberías PVC a un nuevo tanque plástico con capacidad de 200 L que es usado como sistema de filtración mismo que presenta en su interior, piedras de gran tamaño, carbón activado, arena de río y piedra tres cuartos, de igual manera

presenta su tapa plástica con abrazadera metálica, posterior a ello el agua es conducida por medio de tuberías hacia el humedal artificial el cual presenta una vegetación de alcatraz y como sistema de filtración arena de río y piedras grandes, para finalmente obtener un líquido tratado el cual pasa por un segundo medidor de agua evaluando de esta manera la cantidad final de la misma y por último es llevado a un tanque de hormigón mismo que tiene como finalidad la recolección del agua que a su salida presenta una llave de paso que permite facilitar el direccionamiento del agua tratada, pensando en las altas precipitaciones de la zona o posibles desbordes del tratamiento primario propuesto se trabaja con un sistema alternativo de filtro natural, mismo que es realizado con geomembrana y piedras de grande y mediano tamaño, la salida que presenta es desde la caja inicial de la planta de tratamiento direccionando el agua por una tubería que se conecta de manera directa hacia el filtro natural y finalmente presenta una tubería de salida misma que es direccionada hacia las plantas que se encuentran presentes como cercos naturales.



**Ilustración 11-4:** Propuesta del diseño de tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.



#### 4.5. Análisis de costos de la implementación del sistema de tratamiento

**Tabla 21-4:** Sistema de conexión de tubos de los efluentes de aguas grises

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Tubos PVC de 2 pulgadas	13	\$ 4,02	\$ 52,26
2	Y de 2 pulgadas	2	\$ 1,43	\$ 2,86
3	Codos de 2 pulgadas de 90°	4	\$ 0,89	\$ 3,56
4	Codo de 2 pulgadas 45°	1	\$ 1,03	\$ 1,03
<b>Subtotal</b>				\$ 59,71

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 22-4:** Sistema de caja de llaves de paso

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Uniones de 2 pulgadas	4	\$1,34	\$5,36
2	Tubos PVC de 2 pulgadas	2	\$4,02	\$8,04
3	Reducciones de 50 a 75	2	\$2,50	\$5,00
4	Medidor de agua de ¾	1	\$97,00	\$97,00
5	Reducción roscable de 2 a 1 pulgada	2	\$2,50	\$5,00
6	Tubo roscable de 1 pulgada	1	\$8,10	\$8,10
7	Llaves de paso de 1 pulgada	2	\$7,00	\$14,00
8	Tee de 1 pulgada	1	\$1,50	\$1,50
9	Ladrillos	40	\$0,30	\$12,00
<b>Subtotal</b>				\$156,00

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 23-4:** Sistema de trampa de aceites y grasas

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Sifón de 2 pulgadas	1	\$4,46	\$4,46
2	Tee de 3 a 2 pulgadas	1	\$2,50	\$5,00
3	Tanque de 60 L con abrazadera	1	\$15,00	\$15,00
4	Geomembrana	3m <sup>2</sup>	\$2,57	\$24,46
<b>Subtotal</b>				\$48,92

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 24-4:** Sistema de filtración

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Tanque de 200 L con abrazadera	1	\$35,00	\$35,00
2	Geomembrana	5m <sup>2</sup>	\$2,57	\$12,85
3	Saco de piedra ¾	1	\$3,00	\$3,00
4	Kilo de carbón activado	7	\$5,06	\$35,42
5	Saco de arena	1	\$2,00	\$2,00
<b>Subtotal</b>				\$88,27

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 25-4:** Sistema de humedal

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Uniones de 3 pulgadas	2	\$1,79	\$3,58
2	Geomembrana	5m <sup>2</sup>	\$2,57	\$12,85
3	Saco de piedra ¾	½	\$1,50	\$1,50
4	Ladrillo	120	\$0,30	\$36,00
5	Plantas semiacuáticas	6	\$1,00	\$6,00
6	Humus	1	\$1,50	\$1,50
<b>Subtotal</b>				\$61,43

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 26-4:** Tanque recolector de agua

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Medidor de 1 pulgada	1	\$65,00	\$65,00
2	Geomembrana	5m <sup>2</sup>	\$2,57	\$12,85
4	Ladrillo	120	\$0,30	\$36,00
5	Reducción roscable de 2 a 1 pulgada	1	\$2,50	\$5,00
6	Tubo roscable de 1 pulgada	1	\$8,10	\$8,10
7	Llaves de paso de 1 pulgada	1	\$7,00	\$7,00
8	Varillas de ½	2	\$8,50	\$17,00
9	Tablas para encofrado	10	\$2,50	\$25,00
10	Medidor de agua	1	\$60,00	\$60,00
<b>Subtotal</b>				\$235,95

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 27-4:** Sistema de filtro natural

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Tubos de 3 pulgadas	6	\$5,81	\$34,86
2	Geomembrana	10m <sup>2</sup>	\$2,57	\$25,70
3	Codo de 3 pulgadas	1	\$1,43	\$1,43
<b>Subtotal</b>				\$61,99

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 28-4:** Materiales varios

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Alambres de amarre	1 lb	\$1,00	\$1,00
2	Clavos de 2 pulgadas	1 lb	\$2,30	\$2,30
3	Clavos de 2 ½	1 lb	\$1,15	\$1,15
4	Funda de wiper	1	\$1,00	\$1,00
5	Polipega	1 L	\$16,34	\$16,34
6	Sierra con arco	1	\$4,00	\$4,00
7	Lija de agua #150	1	\$0,54	\$0,54
8	Brocha pega tubo	1	\$0,89	\$0,89
<b>Subtotal</b>				\$26,22

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 29-4:** Materiales pétreos

N°	Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Sacos de arena	24	\$2,00	\$48,00
2	Sacos de ripio	12	\$1,80	\$21,60
3	Sacos de cemento	10	\$7,75	\$77,50
<b>Subtotal</b>				\$147,10

Realizado por: Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 30-4:** Resumen de precios establecidos en la implementación de la planta de tratamiento.

Detalle	Total
Sistema de conexión de tubos de los efluentes de aguas grises	\$59,71
Sistema de caja de llaves de paso	\$156,00

Sistema de trampa de aceites y grasas	\$48,92
Sistema de filtración	\$88,27
Sistema de humedal	\$61,43
Tanque recolector de agua	\$235,95
Tanque alternativo como sistema de filtro natural	\$61,99
Materiales varios	\$26,22
Materiales pétreos	\$147,10
Mano de obra	\$120,00
<b>Total</b>	<b>\$1.005,59</b>

**Nota:** La siguiente proforma es válida únicamente para un sistema de tratamiento de aguas residuales.

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 31-4:** Resumen de gastos de laboratorio

<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor Total</b>
8	Análisis de DQO	\$6,00	\$48,00
8	Análisis de DBO <sub>5</sub>	\$5,00	\$40,00
6	Pipetas Pasteur	\$0,25	\$1,50
4	Guantes	\$0,25	\$1,00
1	Toallas de cocina	\$2,00	\$2,00
	<b>Total</b>		<b>\$92,50</b>

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

**Tabla 32-4:** Resumen de gastos totales

<b>Detalle</b>	<b>Total</b>
Costo para la implementación de las 2 plantas de tratamiento de aguas residuales.	\$2.011,18
Resumen de gastos de laboratorio	\$92,50
<b>Total</b>	<b>\$2103,68</b>

**Realizado por:** Sánchez, Michelle, 2022.

#### 4.6. Análisis de resultados

Se ha realizado el Diseño e Implementación del Sistema de Tratamiento de aguas residuales de la comunidad, el beneficio consiste en la implementación de un tratamiento adecuado de las aguas grises todo con el fin de buscar el cumplimiento oportuno de la normativa vigente y ayudar a la misma.

El sistema de tratamiento de aguas residuales presenta componentes tales como: Sistema de control del paso de agua, medidores de agua, trampa de aceites y grasas, tanque de sistema de filtro, sistema de humedales artificiales, tanque recolector de agua y un sistema alternativo usado como filtro natural tal y como se describe en el Ilustración 10-4.

El aprovechamiento que se presenta es la disminución de sólidos disueltos y materia ajena al proceso, teniendo un efluente adecuado para el uso de regadíos, de manera consecutiva algunos de los materiales que se hacen uso han sido pensado con el fin de que sean recolectados en la zona y que sean de bajo costo pudiendo decir de esta manera que el sistema se convierte en un proceso muy eficiente y viable, debido a que se han obtenido resultados de remoción considerables en las diferentes muestras tal y como se describe en la tabla 11-4 para la muestra 1 de igual manera en la tabla 31-4 se observa que el menor porcentaje de remoción es de 40,74% y la ilustración 9-4 en lo que se refiere a la muestra 2 se obtiene un porcentaje mínimo de remoción de 58,78% según se observa en la ilustración 9-4 por ello según lo que se describe en: (Libre, 2016, pp. 26-27), el porcentaje mínimo de remoción que debe de existir en DBO es de un 30 a 40% y un 55% para SS, se verifica de manera adecuada que el tratamiento que se lleva a cabo es favorable dentro de la comunidad.

Los costos para la implementación de ambas plantas han sido revisados, analizados y verificados por la fundación Maquita para a partir de ello establecer si el proyecto era viable o no, teniendo un costo final de \$2103,68 (DOS MIL CIENTO TRES DÓLARES Y SESENTA Y OCHO CENTAVOS), costo total para la implementación de ambas plantas de tratamiento; es importante resaltar que el costo de dos mil once dólares y diez y ocho centavos fue presupuestado por la fundación Maquita.

Los datos que se obtuvieron en cuenta al tratamiento de las aguas grises se encuentran dentro de la normativa correspondiente al Acuerdo Ministerial; Tabla A4: Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego, del año 2015, por lo que se dice que el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales es válido, cumple los objetivos establecidos y parámetros necesarios para el uso de regadío agrícola dentro de la comunidad.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó el sistema de tratamiento de aguas residuales para la comunidad, donde se tomó como referencia para seleccionar el tratamiento adecuado al índice de biodegradabilidad, dando un valor de 0,45 y 0,42 respectivamente, por lo que en base a la tabla 2-2, se trabajó con un tratamiento biológico, cumpliendo con los límites de los parámetros que se expresan en el Acuerdo Ministerial N° 028.
- Se ejecutaron las caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual de la comunidad en base al Acuerdo Ministerial N° 028: Criterios de Calidad de Aguas para uso agrícola en Riego, obteniendo valores fuera de norma permisible en la muestra 1 y 2; tal y como se especifica en la tabla 19-3 y la Tabla 20-3.
- Se identificó que la variable fundamental es el caudal de diseño, mismo que presenta el valor de 0,46 L/s, por lo que las medidas establecidas para la planta de tratamiento de aguas residuales fueron consideradas en base a la tabla 30-3: Dotaciones recomendadas para cálculo de Diseño.
- Se dimensionó e Implementó el sistema de tratamiento de aguas residuales en base a los cálculos de ingeniería, mismo que indicaron de un tanque de trampa de aceites y grasas con capacidad de 60 L, un tanque de filtración con capacidad de 200 L, un humedal subsuperficial de flujo horizontal con la presencia de 6 plantas de alcatraz, un tanque de hormigón denominado recolector de agua tratada y se dimensionó un sistema alternativo de filtro natural tal como se especifican las medidas y formas estipuladas en el Anexo I.
- Se validó el diseño basándose en los resultados obtenidos luego de la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales obteniendo los porcentajes de remoción para la muestra 1 en la ilustración 9-4 con una remoción mínima de 40,74% y para la muestra 2 el porcentaje de remoción se ve reflejado en la ilustración 10-4 siendo un porcentaje mínimo de 58,78%; por consiguiente, se consideran que las valorizaciones obtenidas se encuentran dentro del Acuerdo Ministerial N° 028; Tabla A4: Criterios de Calidad de Aguas para uso agrícola en Riego, cumpliendo con los parámetros decretados.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda diseñar un modelo simple y eficiente con el fin de que el presente pueda ser replicado en diversas comunidades facilitando y ayudando a un bien colectivo.
- Antes de que el agua a ser tratada pase al sistema de tratamiento, tener en consideración de que de los lugares provenientes presenten un sistema de rejillas o tapones con el fin de evitar el paso de partículas de gran tamaño lo que puede ocasionar una obstrucción de este.
- Al momento de colocar los materiales de filtración en el tanque, situar piedras de mediano tamaño alrededor de la tubería de la que desemboca el agua filtrada con el fin de que no ocurra obstrucción de esta.
- Para asegurar el libre paso del agua a ser tratada en el Humedal Artificial se sugiere colocar piedras de mediano tamaño tanto al ingreso como a la salida del sistema evitando el taponamiento de la tubería.
- Realizar un control de la vegetación desarrollada dentro del humedal con el fin de evitar la mala hierba y a que estas lleguen a niveles indeseados.
- Es importante realizar mantenimientos periódicos del tanque de trampa de aceites y grasas.
- Llevar un seguimiento adecuado de los parámetros establecidos con el fin de controlar los límites permisibles y se mantenga un sistema eficiente.
- Colocar geomembrana alrededor de los tanques plásticos y de hormigón con el fin de alargar el periodo de vida útil de estos.
- Realizar un sistema alternativo al que se implementa con el fin de tener un segundo recurso previo al desbordamiento del principal y las elevadas precipitaciones que pudieran generarse.
- Al momento de terminar con el proceso realizar una adecuada desinfección de los tanques con el fin de eliminar desechos pétreos que pudieran encontrarse dentro del sistema.
- Realizar análisis de laboratorio en los cuales se reflejen los resultados de metales pesados que se encuentren tanto a la entrada como a la salida del agua residual, debido a que el agua que es tratada presente un alto grado de alcalinidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ACCIONA.** *La importancia del tratamiento de agua.* S.l.: Business As Unusual. 2020.

**ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS.** *Guía Técnica para la Instalación de las Conexiones Domiciliarias y Micromedidores.* Apéndice 11. S.l.: s.n. 2019.

**AEESA.** *Aguas grises: Origen, composición y tecnologías para su reciclaje.* España: Aqua, 2018. pp. 7-8.

**AGRÍCOLA, B.** Filtro de grava. *AQUERO* [En línea]. 2022. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en: <https://baquero.ec/goteros-insertables/>

**AGUA-ENERGÍA; et al.** *Aguas grises: un recurso latente.* S.l.: AIDIS, 2017. pp. 54.

**AQUALEP.** *Filtros de gravedad PTAR.* S.l.: AQUALEP. 2020.

**ARCE, P.** *Análisis de la estructura de covarianza de los índices relacionados con la salud de los ancianos en el hogar, centrándose en los sentimientos subjetivos de salud.* S.l.: Universidad de las Américas. 2018.

**ARNÁIZ, C.; et al.** “Tratamiento biológico de aguas residuales: Eliminación de carbono orgánico”. *Revista Tecnología del Agua*, vol.1, n° 1 (2000).

**BELZONA.** *Guía de Aplicaciones Belzona en Equipos de Tratamiento de Aguas Residuales- Tratamiento de Aguas Residuales.* Primera ed. La Plata: s.n. 2010.

**BOELEE, E.; et al.** “Water and health: From environmental pressures to integrated responses”. *Acta Trópica* [En línea], 2019, 193(1), pp. 217-226. [Consulta: 2 diciembre 2022]. ISSN 18736254. Disponible en: DOI 10.1016/j.actatropica.2019.03.011.

**BOKOVA, I.; & RYDER, G.** *Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado.* S.l.: UNESCO. ISBN 9789568200329. 2017.

**BOYD, C.** *Conductividad eléctrica del agua, parte 1 - Responsible Seafood Advocate.* Auburn: Global Seafood. 2017. pp. 1-6.



**CAMPILLO, N.** *Tema 4 Introducción al Análisis Volumétrico*. Murcia: Universidad de Murcia, 2011. pp. 9.

**CARPIO GALVA, T.M.** *Sólidos Totales secados a 103 - 105oC*. S.l.: IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017. pp. 2-8.

**CASAL, J.; & MATEU, E.** “Tipos de muestreo”. *Rev. Epidem. Med. Prev.*, vol. 1, n° 1 (2003), pp. 3-7.

**CHIMBO, D.; & CRUZ, J.** Diseño y construcción del piso (fondo plano con difusores) para un vehículo de competencia tipo fórmula “SAE” en fibra natural para la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 1-91. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: [2http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5167/1/65T00180.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5167/1/65T00180.pdf)

**CRESCENTMEXICANA.** Trampas de Grasa. *Crescentmexicana* [En línea]. 2018. [Consulta: 5 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.crescentmexicana.com/trampas-de-grasa>.

**CROMBET-GRILLET, S.; et al.** “Caracterización de las aguas residuales de la comunidad «Antonio Maceo» de la Universidad de Oriente”. *Universidad de Oriente*, vol. 25, no. 2 (2013) (Cuba), pp. 134-142. ISSN 02585995.

**CYTED.** *Capítulo 20: Indicadores de contaminación fecal en aguas*. S.l.: Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del agua, 2021. pp. 224-229.

**DELOYA-MARTÍNEZ, A.** *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales del Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica. 2014. pp. 63-72.

**DÍAZ, Elizabeth; et al.** “El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México”. *Quivera* [En línea]. 2012, 14(1), pp. 78-97. [Consulta: 5 diciembre 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005>

**DOCTORALES, S.T.** *Filtración de aguas residuales para reutilización*. S.l.: Ciencias y Tecnologías. 2006. pp. 2-432. ISBN 9788477567806.

**ECUADOR ESTRATÉGICO.** *Memoria técnica del sistema de alcantarillado (componente red de aguas residuales y aguas lluvias*. Ecuador: Ecuador Estratégico. 2018. pp. 1-10.

**ESPINOSA, J.** Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. S.l.: s.n. 2018.

**GARCÍA, M.** “Acid-base disturbances in critically ill patients”. *Revision*, vol. 28, no. 1 (2011). pp. 46-55.

**GONZÁLES, G.** Análisis, comparativas y relaciones entre la DBO, DQO, COT. *Porcicultura.com*. 2013. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/analisis-comparativas-y-relaciones-entre-la-dbo-dqo-cot>

**GONZÁLO, G.** Evaluación del contenido de grasas y aceites en descargas de agua residual porcícola con diferentes fuentes energéticas en la dieta alimenticia. *Porcicultura.com*. 2013. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.porcicultura.com/destacado/Evaluacion-del-contenido-de-grasas-y-aceites-en-descargas-de-agua-residual-porcicola-con-diferentes-fuentes-energeticas-en-la-dieta-alimenticia>

**GUILLEN, A.; et al.** “Concepto y Aplicación de Muestreo Conglomerado y Sistemático (Concept and Application of Cluster and Systematic Sampling)”. *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 6, no. 2 (2011), pp. 186-194.

**HACH COMPANY.** “Manual de análisis de agua”. *Cell*, vol. 3, n°. 970 (2000), pp. 220.

**HARO MARTÍNEZ, A.** “Aguas Residuales: Clasificación, características y composición”. Vol. 1, no. 1961 (2014), pp. 11-44.

**HERNÁNDEZ, C.E.; & CARPIO, N.** “Introducción a los tipos de muestreo”. *ALERTA Revista Científica del Instituto Nacional de Salud* [En línea], 2019, 2(1), pp. 75-79. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en: DOI 10.5377/alerta.v2i1.7535

**IDEAM.** *Sistema de Información del Medio Ambiente*. S.l.: Dane, 2007. p.1

**INEC.** “*Estadística Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*” *Gestión de Agua Potable y Alcantarillado 2016*. Ecuador: Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado. 2016. pp. 2-20.

**INEC.** *Resultados Provinciales Censo*. Ecuador: INEC. 2010.

**INSTITUTO DE TOXICOLOGÍA DE LA DEFENSA.** *Protocolo de Toma de Muestras de Agua Residual*. S.l.: Defensa Gob., 2016. pp. 10. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO\\_DE\\_TOMA\\_DE\\_MUESTRAS\\_DE\\_AGUA\\_RESIDUAL\\_ver\\_2.pdf](https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf)

**INTERAGUA.** Medidor de agua. *Interagua* [En línea], [sin fecha]. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.interagua.com.ec/clientes\\_medidor\\_agua](https://www.interagua.com.ec/clientes_medidor_agua)

**INZUNZA, J.** *CAPITULO 4. TEMPERATURA* [En línea]. S.l.: s.n., 2020, pp. 27. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: [http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso\\_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva\\_Inzunza/cap4\\_Inzunza\\_Temperatura.pdf](http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap4_Inzunza_Temperatura.pdf)

**ISPRA.** *Guida tecnica per la progettazione e gestione dei sistemi di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue urbane*. 2da ed. Roma: s.n. 2012. pp. 1-182. ISBN 9788844805487.

**JIUHUI, Q.** *Planta conceptual de tratamiento de aguas residuales*. S.l.: Copro, la enciclopedia libre. 2016.

**JOCHEN, S.** “El Derecho al Agua”. *Revue juridique de l’Environnement*, vol. 32, no. 2, (2007). pp. 264-264. ISSN 0397-0299.

**LABAJO GONZÁLEZ, D.E.** *El Método Científico: El Método Pericial*. S.l.: UCM, 2016. pp. 1-58.

**LEMA, J.A.** *TESIS COMPLETA - OneDrive*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2022.

**LIBRE, U.** *Capítulo I: Marco Referencial*. 2016. S.l.: s.n.

**LOGROÑO COSTALES, A.M.; & USIÑA, J.** Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas para la parroquia matriz Guamote, cantón Guamote, provincia de Chimborazo [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 125. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6475/1/96T00352.pdf>

**MACÍAS, R.; & DÍAZ, S.** “Estrategias generales para el control y prevención de la contaminación del agua superficial en la cuenca del Río Portoviejo”. *Revista CENIC : Ciencias Biológicas*, vol. 41, n°1 (2010). pp. 1-7. ISSN 2221-2450.

**MASABNI, J.** *Medición del Caudal*. S.l.: Caudales, 2000. pp. 17.

**MENÉNDEZ, C.; & PÉREZ, J.** *Oxidación Biológica Nitrificación*. D. RELOVA (ed.), Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales. S.l.: Félix Varela, 2007. pp. 298. ISBN 9789590703393.

**MIAMI DADE.** *Aceites y grasas de alimentos (FOG)*, S.l.: s.n., 2014. pp. 2.

**MICROLAB, I.** - *Parámetros - Propiedades agregadas - Sólidos Totales*. Microlab Industrial[En línea]. [sin fecha]. p.1. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.microlabindustrial.com/parametros/propiedades-agregadas/577/solidos-totales>

**MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Las descargas de aguas residuales son controladas por el Ministerio del Ambiente* [En línea]. Ecuador: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2017. p.1. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/las-descargas-de-aguas-residuales-son-controladas-por-el-ministerio-del-ambiente/#>

**MOTA BOTELLO, G.; et al.** “La FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible”. *Issues in Environmental Science and Technology*, vol. 30, n°. 14 (2018), pp. 105-121. ISSN 2007-4778.

**NAVARRO, M.O.** “Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría”. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*, vol. 2, n°. 1 (2015). pp. 2-9.

**NOVA, S.** “Vista de Gestión Editorial, Editorial, Índice”. *Revista digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, vol. 1, n° 2 (2018). pp. 1-6.

**OMS.** “Guías para la calidad del agua potable. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad”. *OMS*, vol. 3, n° 1 (1998). pp. 271.

**ORELLANA, M.** Diseño De Sistema De Tratamiento De Agua Potable Para La Comunidad De Bellavista Cantón Colta [En línea]. Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 1-137. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6455/1/96T00343.pdf>

**ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS.** Familias y comunidades. *BANCO2*[En línea]. 2020. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.banco2.com/familias>

**OSORIO TRUJILLO, A.F.; & MARTÍNEZ CAJIGAS, M.E.** “Validación de un método para el análisis de color real en agua”. *Revista de la Facultad de Ciencias* [En línea], vol. 7, no. 1 (2018), pp. 143-155. ISSN 0121-747X. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: DOI 10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086.

**OSPITIA, Gustavo.** *Porosidad*. Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2015.

**PADUA, J.** *Muestreo. Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales* [En línea], México: Fondo de Cultura Económica, 2018. pp. 63-85. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: DOI 10.2307/j.ctv233nh2.5

**PAVCO.** Geomembranas. Geo sistemas. *PAVCO de Mexichem* [En línea], 2017. pp. 11. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.academia.edu/37158915/Geomembranas>

**PROAÑO, R.G.S.; & GUALOTO, K.J.G.** “Wastewater treatment of industrial loads with advanced oxidation in conventional systems”. *Granja* [En línea], vol. 27, no. 1 (2018), pp. 103-111. [Consulta: 1 diciembre 2022]. ISSN 13908596. Disponible en: DOI 10.17163/lgr.n27.2018.08.

**RAMALHO, R.S.** *Tratamiento de aguas residuales*. S.l.: Editorial Reverté. 1996. ISBN 9788429192070.

**RAS 2000.** *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico*

**REISANCHO, L.** Implementación de un sistema de validación de métodos fisicoquímicos para análisis de: aceites y grasas, cloruros, fósforo total y nitratos en muestras de agua [En línea]. Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Quito-Ecuador. 2012. pp. 222. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1793/1/CD-2379.pdf>

**RERS, C.F.** “El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales”. *Observatorio Medioambiental*, vol. 11, n° 1 (2018). pp. 301-305.

**SALAS, S.; & MARTÍNEZ, G.** *Determinación de coliformes totales y fecales por la técnica del número más probable*, S.l.: s.n., 2004. pp. 58-76.

**SANTOS, A.M.; et al.** *Carbón activado: generalidades y aplicaciones*. México: Universidad Autónoma de Coahuila, 2021. pp. 1-27. ISSN 2683-1848.M

**SOLÍS-CASTRO, Y.; et al.** “La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica”. *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 31, no. 1(2018), pp. 35. [Consulta: 1 diciembre 2022]. ISSN 0379-3982. Disponible en: DOI 10.18845/tm.v31i1.3495.

**SPENA.** Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales. *SPENA GROUP Tratamiento de Aguas Residuales* [En línea], 2016. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://spenagroup.com/tipos-tratamiento-agua-aguas-residuales/>

**TORO, C.G.** *El pH. Colegio de Ciencias Agrícolas*. S.l.: s.n., 2013. pp. 12.

**TRUJILLO, H.A.G.** *Tratamientos Biológicos Aplicado a Las Aguas Residuales*. S.l.: s.n. 2010.

**TUHOLSKE, C.; et al.** “Mapping global inputs and impacts from of human sewage in coastal ecosystems”. *Plos One* [En línea], vol. 16, no. 11 (2021). ISSN 19326203. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: DOI 10.1371/JOURNAL.PONE.0258898.

**TUNNEL BORING, M.** “Tratamiento de aguas residuales domésticas a través del diseño e implementación de un módulo (planta piloto), en el distrito Alto Selva Alegre”, *Arequipa Domestic.* , vol. 5, no. 1 (2014), pp. 3-10.

**UCN, N.** Piedras volcánicas y radiación solar revolucionan tratamiento de aguas servidas en el norte. *Noticias UCN al día – Universidad Católica del Norte* [En línea]. 2016. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.noticias.ucn.cl/destacado/piedras-volcanicas-y-radiacion-solar-revolucionan-tratamiento-de-aguas-servidas-en-el-norte/>

**VALADES, L.** Tiempo de retención hidráulico (TRH) en plantas de agua potable. *iAgua* [En línea]. 2019. [Consulta: 5 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/tiempo-retencion-hidraulico-trh-planta-agua>.

**VÁZQUEZ, J.** *Alcatraz: características, taxonomía, hábitat, reproducción*. S.l.: s.n. 2020.

**WIKIWATER.** E21 - El tratamiento del agua por filtración lenta en arena para uso familiar. *Wikiwater*. [En línea], [sin fecha]. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en: <https://wikiwater.fr/E21-El-tratamiento-del-agua-por-filtracion-lenta-en-arena-para-uso-familiar>

**XATAKA.** Hydropure una planta de tratamiento de agua que parece un jardín. *Xataka* [En línea], [Sin fecha]. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.xataka.com.mx/investigacion/hydropure-una-planta-de-tratamiento-de-agua-que-parece-un-jardin>

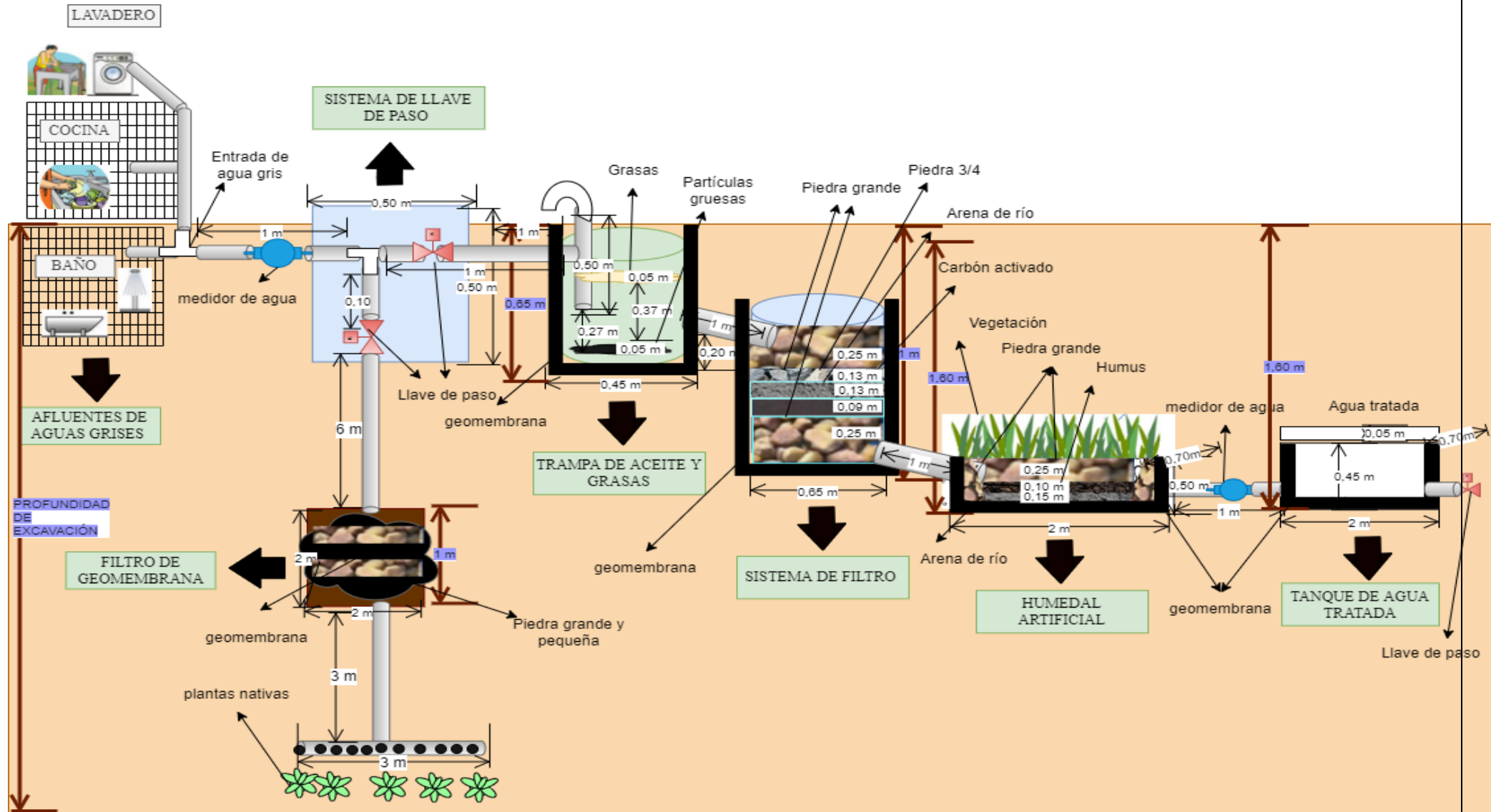
**YOCUM, D.** *Manual de Diseño : Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Biofiltración*. California: Universidad De California, 2006. pp. 1-16.

**ZARAGOZA, A.** *Características de las aguas residuales*. España: Universidad de Salamanca. 2010. pp. 1-62.



# ANEXOS

## ANEXO A: ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO





## ANEXO B: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO AGRÍCOLA EN RIEGO

TABLA 4: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO AGRÍCOLA EN RIEGO

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aluminio	Al	mg/l	5,0 0,1
Arsénico	As	mg/l	
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Dnc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l <sup>v</sup>	0,01
Cobré	Cu	mg/l	0,2
Cromo	Cr*	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	li	mg/l	2,5
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2 6- 9
PH	pH		
Plomó	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	. mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000 Ausencia
Huevos de parásitos			
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Materia flotante	Visible		Ausencia

**ANEXO C: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL**

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p align="center">ELABORADO POR: Michelle Sánchez Carbo</p>	<p align="center">DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUÁN.TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE</p>		
a) Recolección de muestra 1.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Recolección de muestra 2.			1	1:1	2022/06/03
c) Muestras recolectadas.					

**ANEXO D: PRUEBAS INICIALES DE ESTUDIO**

a)



b)



c)

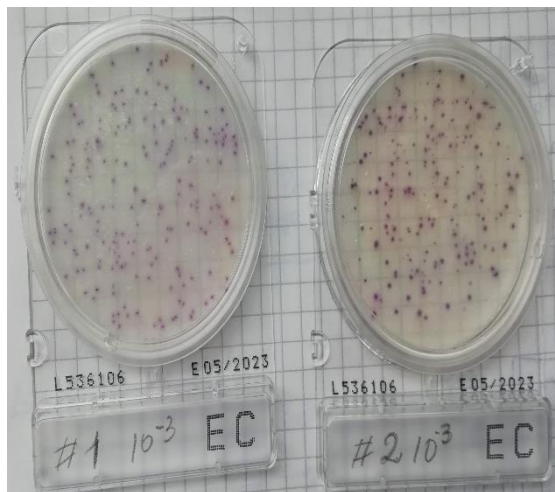


<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> </p> <p align="center">           ELABORADO POR: Michelle Sánchez Carbo         </p>	<p align="center">           DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUÁN.TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE         </p>		
a) Análisis de DQO.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
b) Análisis de DQO.			1	1:1	2022/06/03
c) Análisis de aceites y grasas.					

a)



b)



c)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p align="center">ELABORADO POR: Michelle Sánchez Carbo</p>	<p align="center">DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUÁN.TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE</p>		
<p>a) Incubación para análisis microbiológicos.</p> <p>b) determinación de sólidos fecales y sólidos totales.</p> <p>c) Análisis de color.</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<p align="center"><b>LÁMINA</b></p>	<p align="center"><b>ESCALA</b></p>	<p align="center"><b>FECHA</b></p>
			<p align="center">1</p>	<p align="center">1:1</p>	<p align="center">2022/06/03</p>



**ANEXO E: SISTEMA DE TRATABILIDAD**

a)



b)



c)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR                  POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO                  FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERÍA                  QUÍMICA</b> </p> <p align="center">                 ELABORADO POR:                  Michelle Sánchez Carbo             </p>	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUÁN.TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE		
a) Sistema de filtro.  b) Sistema de humedal	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
c) Sistema de tratabilidad.			1	1:1	2022/07/10

**ANEXO F: PRUEBAS DE TRATABILIDAD**

a)



b)



c)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR                  POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO                  FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERÍA                  QUÍMICA</b> </p> <p align="center">                 ELABORADO POR:                  Michelle Sánchez Carbo             </p>	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUÁN.TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE		
m) Agua inicial.  n) Agua tratada con filtro	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
o) Comparación de la calidad de agua inicial y final.			1	1:1	2022/07/10

**ANEXO G: INICIO DE IMPLEMENTACIÓN**

a)



b)



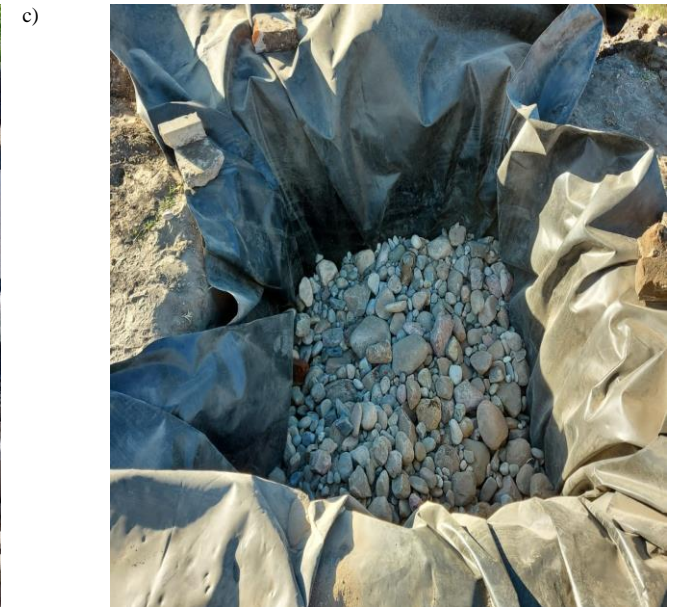
c)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p align="center">ELABORADO POR: Michelle Sánchez Carbo</p>	<p align="center">DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUÁN.TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE</p>							
<p>a) Excavación para filtro natural.</p> <p>b) Adquisición de materiales.</p> <p>c) Trazabilidad del terreno.</p>	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Preliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por aprobar</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Información</td> <td><input type="checkbox"/> Por calificar</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar									
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar									
<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar									
		1	1:1	2022/08/03						



**ANEXO H: FINALIZACIÓN Y ENTREGA DEL PROYECTO**



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p align="center">ELABORADO POR: Michelle Sánchez Carbo</p>	<p align="center">DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUÁN.TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE</p>		
a) Llenado de filtro, carbón activado.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
b) Colocación del Alcatraz en el humedal.  c) Llenado de piedras en el filtro secundario.			1	1:1	2022/08/12



d)



e)



f)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: Michelle Sánchez Carbo	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SACAHUÁN.TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE			
d) Entrega de la planta casa 1.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Información		<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
e) Entrega de la planta casa 2.				1	1:1	2022/09/10
f) Planta finalizada.						



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 18 / 02 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Juana Michelle Sánchez Carbo
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



00801-DBRA-UPT-2023