



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE LA COMUNIDAD YANAYACU LA DOLOROSA  
SECTOR LA FLORESTA, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO,  
PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

---

**AUTOR:** Mauricio Alejandro Molina Nogales

**TUTOR:** Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solórzano

**AMBATO – ECUADOR**

**Septiembre - 2022**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD YANAYACU LA DOLOROSA SECTOR LA FLORESTA, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. **Mauricio Alejandro Molina Nogales** portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0503633612, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solórzano

TUTOR

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Mauricio Alejandro Molina Nogales**, con C.I. 0503633612 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD YANAYACU LA DOLOROSA SECTOR LA FLORESTA, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



---

**Mauricio Alejandro Molina Nogales**

**C.I. 0503633612**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2022



---

**Mauricio Alejandro Molina Nogales**

**C.I. 0503633612**

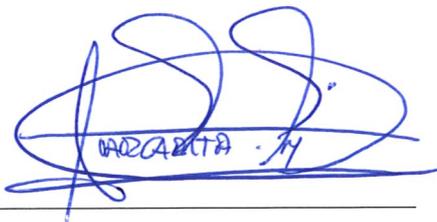
**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Mauricio Alejandro Molina Nogales, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD YANAYACU LA DOLOROSA SECTOR LA FLORESTA, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:



**Ing. Mg. Celia Margarita Mayacela Rojas**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**



**Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mis Abuelitos, quienes desde cielo guían y bendicen mi camino para cumplir mis objetivos.

A mis padres Margoth y Adán, a quienes amo profundamente y son el pilar fundamental en mi vida, con infinito amor les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo su sacrificio para que yo pueda estudiar y forjarme con ética, profesionalismo y honestidad.

A mi esposa y amiga Karla, por llegar a mi vida y a quien amo tanto y agradezco por tenerme paciencia, estar a mi lado en todo momento y por darme su amor todos los días, por siempre confiar y motivarme a cumplir todo lo que me proponga y ser mejor cada día.

A mis hermanos May, Javi y Geova, por siempre cuidarme, apoyarme y guiarme en el transcurso de mi vida, ser el ejemplo de perseverancia y enseñarme siempre a dar lo mejor de mí en todas las metas que me proponga.

A mis sobrinos Sebas, Rafa y JuanDa, por quienes pongo toda mi dedicación para fomentar con ejemplo que la perseverancia, la lucha constante y el sacrificio, es el camino para cumplir todas las metas que se propongan.

A mis queridos Cuñados Tañita y Jorge (Cu), con quienes he compartido momentos de regocijo y han sido el apoyo incondicional en este camino, son los hermanos que la vida me regalo.

A mi suegra y amiga Marinita, que con el amor de madre ha sabido aconsejarme y apoyarme en momentos difíciles de mi vida, y acogerme en su familia como un hijo.

**Alejandro Molina Nogales**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por las bendiciones recibidas y poner en mi camino personas de corazones nobles, a pesar de los momentos más duros me ayudo a superar cada uno de los obstáculos que se presentaron durante este camino y perseverar en mis objetivos.

A mi familia por todo el apoyo incondicional, por brindarme su confianza, su tiempo, sus consejos y amor.

A la familia de mi esposa, por el cariño, apoyo emocional y consideración, que me han brindado durante todo este camino recorrido.

De manera especial a Taña Escobar, quien ha sido el apoyo incondicional y guía durante este proceso, gracias infinitas.

A los docentes y tribunales de carrera de Ingeniería Civil quienes me brindaron sus conocimientos para mi formación académica y de manera especial a mi tutor Ing. Fidel Castro por la guía académica durante la ejecución de este proyecto.

Finalmente, agradezco a mi alma máter la Universidad Técnica de Ambato por formarme como profesional para la planificación, el diseño y ejecución de proyectos civiles.

**Alejandro Molina Nogales**

## ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

### B. CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación.....	4
1.3. Fundamentación teórica .....	6
1.3.1. Contaminación hídrica .....	6
1.3.2. Aguas residuales.....	6
1.3.3. Composición del agua residual .....	6
1.3.4. Características físicas .....	6
1.3.5. Características químicas.....	7
1.3.6. Características biológicas.....	9

1.4.	Tratamiento de aguas residuales.....	9
1.4.1.	Pretratamiento de aguas residuales .....	9
1.4.2.	Tratamiento primario de aguas residuales.....	9
1.4.3.	Tratamiento secundario de aguas residuales .....	9
1.4.4.	Tratamiento terciario de aguas residuales .....	9
1.5.	Etapas de PTAR de origen doméstico .....	10
1.5.1.	Rejillas .....	10
1.5.2.	Fosa séptica .....	10
1.5.3.	Filtro biológico.....	10
1.5.4.	Lecho de secado de lodos.....	10
1.6.	Tipos de Aguas Residuales.....	10
1.6.1.	Aguas residuales domésticas o urbanas .....	10
1.6.2.	Aguas residuales industriales .....	11
1.6.3.	Aguas residuales de la agricultura y ganadería .....	11
1.6.4.	Aguas residuales derivada de la lluvia .....	12
1.7.	Marco Legal .....	12
1.7.1.	Normativa Ambiental para el tratamiento de aguas residuales.....	12
1.8.	Objetivos .....	17
1.8.1.	Objetivo General .....	17
1.8.2.	Objetivos específicos .....	17
1.9.	Hipótesis .....	20
CAPÍTULO II .....		21
METODOLOGÍA .....		21
2.1.	Materiales y Equipos .....	21
2.1.1.	Fase de línea base.....	21
2.1.2.	Fase de recolección de datos en campo: .....	21
2.1.3.	Fase de análisis de laboratorio .....	22

2.1.4.	Fase de tabulación de resultados .....	22
2.2.	Métodos .....	23
2.2.1.	Metodología .....	23
2.2.2.	Determinación de los datos de partida para el diseño de la PTAR para la comunidad Yanayacu.....	24
2.2.3.	Análisis de la información secundaria sobre la mejor alternativa de tratamiento .....	25
2.2.4.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento para las aguas residuales para la comunidad Yanayacu.....	27
CAPÍTULO III .....		40
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
3.1.	Información demográfica del sector y de los parámetros técnicos de la planta de tratamiento.....	40
3.1.1.	Descripción de la zona de estudio .....	40
3.1.2.	Análisis del funcionamiento de la PTAR.....	42
3.1.3.	Tanque repartidor .....	42
3.1.4.	Tanque séptico .....	43
3.1.5.	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) .....	43
3.1.6.	Lecho de secado de lodos.....	44
3.2.	Análisis de la calidad del agua del afluente y efluente de PTAR.....	44
3.2.1.	Medición de caudales – Método volumétrico .....	44
3.2.2.	Análisis del laboratorio .....	48
3.2.3.	Evaluación del proceso de depuración de la planta en base a la normativa vigente TULSMA 2015.....	50
3.3.	Dimensiones actuales de los elementos que conforman la PTAR .....	52
3.3.1.	Tanque repartidor .....	52
3.3.2.	Tanque séptico .....	54
3.3.3.	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente .....	55

3.3.4.	Lecho de secado de lodos.....	57
3.4.	Verificación del funcionamiento de la PTAR. ....	59
3.4.1.	Diagnóstico del tanque repartidor de caudales.....	59
3.4.2.	Diagnóstico fosa séptica.....	59
3.4.3.	Diagnóstico del lecho de secado de lodos.....	61
3.4.4.	Diagnóstico del filtro anaerobio de flujo ascendente.....	63
3.5.	Verificación de la hipótesis.....	68
3.6.	Propuesta de un rediseño para el mejoramiento de la PTAR. ....	69
3.6.1.	Parámetros de diseño.....	70
3.6.2.	Dotación.....	73
3.6.3.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas.....	76
3.7.	Comparación estado actual PTAR con la nueva Propuesta PTAR.....	87
3.8.	Operación y mantenimiento de la PTAR.....	90
3.8.1.	Operador de la PTAR.....	90
3.8.2.	Canal de entrada.....	90
3.8.3.	Rejillas.....	91
3.8.4.	Desarenador.....	91
3.8.5.	Fosa Séptica.....	91
3.8.6.	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.....	92
3.8.7.	Lecho de secado de lodos.....	92
3.8.8.	Flujograma de Operación y mantenimiento de la PTAR.....	93
3.8.9.	Flujograma de Operación y mantenimiento de la PTAR.....	94
3.8.10.	Formato de Control de Operaciones y Mantenimiento de la PTAR.....	95
CAPÍTULO IV.....		96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		96
4.1	Conclusiones.....	96

4.2 Recomendaciones .....	97
BIBLIOGRAFÍA .....	98
ANEXOS .....	105
Anexo 1: ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	105
Anexo 2: FOTOGRAFÍAS .....	107
Anexo 3: PLANOS .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	14
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos .....	18
Tabla 3. Materiales y equipos de campo. ....	21
Tabla 4. Materiales y equipos de laboratorio. ....	22
Tabla 5. Materiales y equipos de escritorio. ....	23
Tabla 6. Ponderación de la Matriz de Pugh.....	26
Tabla 7. Matriz de Pugh para la toma de decisiones. ....	27
Tabla 8. Fórmulas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes tamaños de población.....	29
Tabla 9. Fórmulas empíricas para el cálculo de caudal punta para diferentes tamaños de población. ....	30
Tabla 10. Valores recomendados de los parámetros necesarios para el diseño de un canal de desbaste y sus respectivas rejillas. ....	30
Tabla 11. Valores recomendados de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de desarenadores.....	32
Tabla 12. Contribución de aguas residuales y lodo fresco por persona. ....	35
Tabla 13. Tiempo de retención hidráulica .....	36
Tabla 14. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos. ....	37
Tabla 15. Cálculos para el diseño de Fosa Séptica.....	39
Tabla 16. Resultados de la medición de cambios de ingreso en (lt/s). ....	45
Tabla 17. Resultados de la medición de caudales de salida en lt/s.....	46
Tabla 18: Resultados de los análisis del agua residual a la entrada de la PTAR.....	50
Tabla 19. Remoción real de contaminantes.....	51
Tabla 20. Dimensión del tanque repartidor. ....	53
Tabla 21. Dimensión del tanque séptico.....	54
Tabla 22. Dimensión del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente. ....	56

Tabla 23. Dimensión del lecho de secado de lodos.....	57
Tabla 24. Datos del análisis de la fosa séptica .....	60
Tabla 25. Tiempo requerido para digestión de lodos .....	62
Tabla 26. Datos del análisis del lecho de secado de lodos .....	62
Tabla 27. Datos del análisis del FAFA.....	64
Tabla 28. Datos Actuales de FAFA.....	67
Tabla 29. Resumen valores calculados FAFA.....	68
Tabla 30. Comparación de medidas tomadas en situ y las medidas calculadas .....	70
Tabla 31. Medidas del canal de entrada. ....	76
Tabla 32. Datos de partida del desarenador.....	77
Tabla 33. Datos para el diseño de la Fosa Séptica.....	80
Tabla 34. Datos de Cálculo de Lecho de secado. ....	82
Tabla 35. Datos para el diseño del FAFA .....	85
Tabla 36. Grado de remoción teórica de la propuesta de tratamiento .....	88
Tabla 37. Comparación estado actual y propuesta .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aguas residual domésticas .....	11
Figura 2. Aguas residuales Industriales .....	11
Figura 3. Aguas residuales de la agricultura y ganadería .....	12
Figura 4. Aguas residuales derivadas de la lluvia .....	12
Figura 5. División Parroquial del Cantón Quero .....	24
Figura 6. Mapa de la parroquia Yanayacu.....	41
Figura 7. Proceso actual de los componentes de la PTAR.....	42
Figura 8: Dimensión del tanque repartidor.....	42
Figura 9: Medición del tanque séptico .....	43
Figura 10: Filtro anaerobio de flujo ascendente.....	43
Figura 11: Medición del FAFA.....	44
Figura 12: Medición del lecho de secado de lodos.....	44
Figura 13: Comportamiento de Caudales al ingreso de la PTAR. ....	46
Figura 14: Comportamiento de caudales a la salida de la PTAR. ....	47
Figura 15: Medición del caudal a la entrada de la PTAR.....	47
Figura 16: Medición del caudal a la salida de la PTAR.....	48
Figura 17. Obtención de muestra a la entrada de la PTAR. ....	48
Figura 18: Obtención de la muestra a la salida de la PTAR.....	49
Figura 19: Rotulado y conservación de las muestras. ....	49
Figura 20: Esquema de remoción real de contaminantes. ....	52
Figura 22. Corte A-A del tanque repartidor. ....	53
Figura 23. Vista en planta de la fosa séptica. ....	54
Figura 24. Corte B-B' de la fosa séptica. ....	55
Figura 25. Corte C-C' de la fosa séptica. ....	55
Figura 26. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).....	56
Figura 27. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente; Corte D-D' .....	57

Figura 28: Vista en planta del lecho de secado de lodos.....	58
Figura 29: Corte en B-B del lecho de secado de lodos .....	58
Figura 30. Criterios de dimensionamiento en un FAFA. ....	64
Figura 31. Propuesta de rediseño de la PTAR.....	70
Figura 32. Planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia Yanayacu.....	107
Figura 33. Medición de Caudal de ingreso a la PTAR.....	108
Figura 34. Medición de Caudal de salida a la PTAR .....	108
Figura 35. Toma de muestra de agua del ingreso a la PTAR.....	109
Figura 36. Toma de muestra de agua de salida de la PTAR.....	109
Figura 37. Tanque repartidor de Caudal.....	110
Figura 38. Fosa Séptica .....	110
Figura 39. Lecho de secado de lodos.....	111
Figura 40. Tanque anaerobio de flujo ascendente (FAFA) .....	111

## RESUMEN

El presente trabajo experimental se aplicó la metodología tipo: explicativo, hipotética deductiva periodo transversal y preexperimental, para la recolección de datos se procedió con el levantamiento de información de la planta de tratamiento sobre su ubicación y los procesos unitarios con los que cuenta, observándose que la planta consta actualmente con cuatro elementos hidráulicos, mismos que presentan deterioro en las estructuras además de la presencia de vegetación por el escaso mantenimiento, para la toma de medidas de los caudales a la entrada y salida de la PTAR se utilizó el método volumétrico, por último se realizó la recolección de muestras de las aguas residuales para el análisis de las características fisicoquímicos que fueron analizadas en un laboratorio, posteriormente se realizó la comparación con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente TULSMA 2015, donde se pudo verificar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Fósforo Total y los Sólidos Suspendidos no cumplen con la normativa vigente, considerándose que la planta no está funcionando de manera eficiente dado a que la remoción de contaminantes es baja. Por lo expuesto en los resultados se optó por realizar una propuesta de rediseño de la PTAR la cual consta de un sistema de cribado, desarenador, tanque séptico, lecho de secado de lodos, filtro anaerobio de flujo ascendente y desinfección, la cual pretende contribuir con el mejoramiento de cada uno de los procesos de la PTAR y que cumpla con la función para la cual fue construida.

**Palabras clave:** Aguas residuales, Análisis fisicoquímicos, Planta de tratamiento, TULSMA, Yanayacu.

## ABSTRACT

In this experimental work, the type methodology was applied: explanatory, hypothetical, deductive, transversal and pre-experimental period, for data collection, information was collected from the treatment plant on its location and the unit processes it has, observing that the plant currently has four hydraulic elements, which show deterioration in the structures in addition to the presence of vegetation due to poor maintenance. To take measurements of the flows at the entrance and exit of the WWTP, the volumetric method was used, for Lastly, the collection of wastewater samples was carried out for the analysis of the physicochemical characteristics that were analyzed in a laboratory, later the comparison was made with the maximum permissible limits established by the current TULSMA 2015 regulations, where it was possible to verify that the Demand Biochemistry of Oxygen, Oils and Fats, Phosphorus Total and Suspended Solids do not comply with current regulations, considering that the plant is not working efficiently given that the removal of contaminants is low. Due to what was stated in the results, it was decided to make a proposal for the redesign of the WWTP, which consists of a screening system, sand trap, septic tank, sludge drying bed, FAFAs and disinfection, which aims to contribute to the improvement of each one of the WWTP processes and that it fulfills the function for which it was built.

**Keywords:** Wastewater, Physicochemical analysis, Treatment plant, TULSMA, Yanayacu.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

Actualmente la contaminación ambiental es un mal que aqueja al mundo aun siendo el ser humano el principal causante de la contaminación del agua, representado el 80% de aguas residuales resultantes por actividades humanas; el proteger la salud Pública y medio ambiente en estos tiempos es primordial, por tal motivo es necesario realizar un previo tratamiento de las aguas contaminadas antes ser descargadas en los cuerpos receptores de agua, del tal manera garantizar el acceso a aguas limpias y se pueda evitar la contaminación en ríos y mares [1].

En vista de este problema se ha visto la necesidad de elaborar diferentes proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que se puedan aplicar de acuerdo a las necesidades de la población, como se los nombra a continuación.

A nivel internacional, la calidad del suministro de agua varía ampliamente entre las fuentes. Por lo tanto, el tipo de tratamiento para el agua también cambia. Dependiendo del problema de calidad del agua el tratamiento varía según su grado de contaminación. El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales eficiente y económica requiere un estudio de ingeniería en profundidad. Esta investigación debe basarse en la calidad de la fuente y la selección adecuada de los procesos y actividades de tratamiento más completos y económicos para tratar el agua de la calidad requerida.

El coeficiente de contaminación orgánica más utilizado aplicado a las aguas residuales es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Esta determinación consiste en medir la cantidad de oxígeno disuelto que utilizan los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica degradable. La medición de DBO es importante en el tratamiento de aguas residuales y en la ingeniería de gestión de la calidad del agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno necesaria para la estabilidad biológica. También es importante tomar en cuenta la alta concentración de nitrógeno de la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas residuales agrícolas e industriales, ya que la tasa de aporte de estas sustancias es mayor que la tasa de degradación de las mismas, por lo que el sistema debe tener una unidad especial de procesamiento de desnitrificación [2].

Según YAKUNINA en su proyecto integrador, indican que en Ecuador aproximadamente el 12% de aguas residuales son tratadas, mientras que el 88% es vertido directamente a quebradas y ríos sin un previo tratamiento. La Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) en sus datos menciona que todos los ríos del Ecuador bajo la cota de 2800 msnm son altamente contaminados, por ende, el agua no es apta para el consumo humano [3].

Las ciudades y sus pueblos pequeños son expuestos a enfermedades generadas por escaso tratamiento de aguas residuales, por varios factores entre estos la escasa gestión de los municipios, falta de planificación y la falta de profesionales, técnicos que sea especializados en el área etc., Todo esto ha dado como consecuencia la alta contaminación del recurso agua por las descargas de efluentes con altas concentraciones de contaminantes.

Es importante que para obtener buenos resultados de la remoción de contaminantes de las aguas residuales que ingresan a una planta de tratamiento y cumplir con la norma de calidad de descargas de agua, es necesario contar con un buen diseño que permita realizar su función correctamente además de dar un adecuado mantenimiento de cada operación unitaria. El considerar las alternativas de funcionalidad y eficiencia de los procesos de la PTAR ayudará a obtener criterios que se pueden aplicarse y dar mejor funcionamiento. En nuestro país el tratamiento de aguas residuales en diferentes estudios realizados se obtenido que a nivel Nacional se realizó un “Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta”, esta planta recibe en promedio un caudal de 30798 m<sup>3</sup>/d de agua residual, en la que se diagnosticó que los valores arrojados de eficiencia de remoción con otras plantas del mismo tipo, esta presenta una pobre remoción de materia orgánica y los parámetros medidos de DQO, DBO5 sobrepasan los límites permisibles de la normativa, llegando a la conclusión que este sistema requiere mantenimiento permanente [4].

Por otra parte, en la investigación titulada “Evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica en una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Manta, se estudió la eficiencia de remoción evaluando las lagunas anaerobias, facultativas y de maduración y el resultado arrojó que los parámetros analizados en el efluente de descarga no cumplen con los límites máximos permisibles [5].

En otro estudio realizado en la Provincia de Tungurahua ubicada en cantón Tisaleo denominado “Evaluación de tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación de efluentes generados por la empresa de Lácteos “Marlen” se evaluó la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales donde mediante la caracterización físico química y microbiológica del agua que fue tomada de los efluentes de la nombrada empresa, se determinó que los parámetros como DBO5, DQO, las grasas, turbiedad, color, temperatura, sólidos disueltos y sedimentables se encuentran en niveles superiores de lo que permite la norma de calidad del agua [6].

Mientras que en un estudio titulado “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo” se realizó con la finalidad de analizar y evaluar la PTAR y verificar el estado en la que se encuentra, que permita observar su funcionalidad de tal manera se analice el agua que ingresa a la planta es descargada al efluente con los límites máximos permisibles que indica la norma. En la que se concluyó que los parámetros medidos están dentro de la norma de los límites máximos permitidos, sin embargo, ese resultado no es un indicador que la operación y mantenimiento que se da a la planta esté funcionando de manera óptimas [7].

A nivel local, se han realizado evaluaciones en la planta de tratamiento en la Provincia de Tungurahua, cantón Quero de diferentes comunidades, en esta investigación se evaluó la PTAR de la comunidad Zona Libre denominado “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales” de la mencionada comunidad, el trabajo tipo experimental resultó que en ciertos los elementos hidráulicos eran insuficientes en sus dimensiones por lo que se rediseño para que cumplan con la depuración de su afluente en base teórica obtenida, excepto la unidad de filtro biológico donde el medio filtrante no alcanza de menorar la cantidad de DBO que posee el agua residual para el descargo del efluente por falta de volumen del mismo, además el porcentaje de eficiencia en cuanto a la remoción en los parámetros de DBO5 Y DQO son bajos [8].

En otra investigación realizada en la misma Provincia y cantón mencionados se realizó un proyecto tipo experimental en la comunidad Llimpe Grande titulado “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales” en donde el objetivo principal fue evaluar cada componente que conforma la PTAR (tanque repartidor, tanque séptico, FAFA y lechos de secado y lodos), los resultados obtenidos demostró que la PTAR no es encuentra funcionando correctamente debido a que la eficiencia de remoción son bajos, además el

estudio demuestra que los componentes no cumplen con los parámetros establecidos en los diferentes manuales de diseño, viéndose en la necesidad de aportar en su investigación con la propuesta de un nuevo proceso para la PTAR para lograr una eficiente remoción de los contaminantes del agua residual [9].

A medida que la civilización se ha ido desarrollando, y ha aumentado la densidad demográfica y la expansión industrial se ha puesto énfasis en priorizar el tratamiento de aguas residuales especialmente por razones de higiene y salud pública, economía, estética y asuntos legales. El propósito de darle un adecuado tratamiento a las aguas residuales es el de evitar daños y perjuicios a aguas destinadas al suministro para la población, a actividades recreacionales, actividades piscícolas, a la agricultura y al entorno ecológico [10].

Una Planta de Tratamiento de Aguas forma parte de una vida más saludable y un mejor cuidado del medio ambiente, su función consiste en realizar una limpieza del agua residual de forma tal que pueda ser devueltas de forma segura al medio ambiente. Sus principales procesos consisten en: la eliminación de sólidos, desde los de mayor tamaño hasta las partículas más pequeñas, la reducción de materia orgánica y contaminantes a través de bacterias útiles y microorganismos naturales que consumen materia orgánica luego se separan del agua, y la restauración del oxígeno garantizando que, al ser puesta nuevamente en ríos o lagos, esta soportar la vida existente en los mismos [11].

Es importante tomar en cuenta que existen circunstancias en las que se vuelve necesario renovar o rediseñar una planta de tratamiento de aguas residuales; esto es cuando aumenta el caudal a depurar, cuando se incrementan los desechos orgánicos e inorgánicos a depurar, cuando se observa la deficiencia en la depuración total, cuando los equipos son deficientes o presentan problemas mecánicos, o cuando hubo un mal diseño original o errores constructivos [12].

## **1.2. Justificación**

Al hablar de aguas residuales, también conocidas como aguas negras, se hace referencia a aquellas que han sido afectadas de forma negativa por las diferentes actividades humanas que proceden de viviendas y áreas industriales, en cuyo recorrido arrastran contaminantes y detritos, de forma que al no tratarlas se convierten en un foco de

enfermedades y malos olores y provocan un alto impacto ambiental negativo al ser reincorporadas a los acuíferos naturales [13].

A nivel global, el agua es un recurso vital del cual se necesita disponer en óptimas condiciones de calidad y en suficiente cantidad, es por esto que el tratamiento de aguas residuales es un asunto de suma importancia para lograr un desarrollo sostenible posibilitando mejoras en el ambiente, en la salud y en la calidad de vida de las personas [14].

De acuerdo con el Instituto Nacional de estadística y Censos, en el Ecuador, el 61,86% de los Gobiernos autónomos descentralizados (GAD) Municipales realizan tratamientos de sus aguas residuales, mientras que el 38,14% no realizan ningún tratamiento, de aquellas que han sido tratadas el 56.39% son descargan en ríos, el 26.32% en quebradas y tan solo el 19.55% es dispuesta en otros sitios [15].

Para reducir los contaminantes de las aguas residuales y que esta pueda ser reutilizada en otro sitio, es necesario someterla a procesos físicos, químicos y biológicos o una combinación de estos. El agua para riego ocupa el tercer lugar en las prioridades de satisfacción de demanda, luego del abastecimiento urbano y uso ecológico, por tanto el aprovechamiento de las aguas residuales para riego en la agricultura es una elección altamente beneficiosa siempre y cuando el agua tratada cumpla con los estándares óptimos de calidad para garantizar la conservación de las características orgánicas y minerales del suelo y a su vez cumplir con las exigencias sanitarias estipuladas en la legislación [16].

La actividad económica del Cantón Quero gira entorno a la agricultura, la ganadería, dotando a varias provincias de las regiones Sierra, Costa y Oriente, de productos agrícolas, ganado para consumo, y lácteos. Debido a las actividades económicas del sector, que han ido de la mano con el crecimiento industrial del mismo, el agua que se descarga al sistema de alcantarillado presenta índices de contaminación altos y en crecimiento. Actualmente en el cantón están en funcionamiento varias PTARs, como es el caso de la planta de tratamiento en estudio en “La Floresta-Yanayacu” la cual fue puesta en marcha hace aproximadamente dos décadas, por lo cual surge la necesidad de verificar su estado actual y realizar las mejoras necesarias en caso de requerirlo, buscando siempre la máxima utilidad que se pueda obtener del agua posteriormente tratada [17].

### **1.3. Fundamentación teórica**

El recurso natural con gran impacto a nivel mundial es el agua y la importancia para todos los seres vivos, en especial para la subsistencia de los seres humanos, ya que contiene hidrogeno y oxígeno. Y la importancia de este líquido vital para las personas más allá de cubrir gran parte del cuerpo humano, es indispensable para el sustento diaria de alimentos agroindustriales para alimentarnos [18].

#### **1.3.1. Contaminación hídrica**

Según Torres Cobo, esta contaminación ocurre cuando se agregan diferentes componentes químicos o biológicos alterando sus propiedades de esta manera afecta el estado natural del agua. Lo más común en pueblos rurales principalmente es el esparcimiento de desperdicios como forma de limpieza de sus predios por la falta de colectores de basura y falta de alcantarillado sanitario [19].

#### **1.3.2. Aguas residuales**

De acuerdo con Díaz Cuenca, Las aguas residuales son las producidas por los seres humanos y de esta forma alterando sus propiedades fisicoquímicas. Estas aguas se recolectan de edificaciones provenientes de baños y cocinas, en lo cual se descarga solidos orgánicos e inorgánicos [20].

#### **1.3.3. Composición del agua residual**

De acuerdo con Valde E y Vázquez A, el agua residual se compone del 99.9% de agua de consumo humano y el 0.1% de solidos suspendidos dentro de ellos su tercera parte de macronutrientes y el restante de materia inorgánica. Por este motivo es importante el tratamiento de estas aguas residuales, es indispensable porque se necesita depurar los sólidos suspendidos presentes, para su posterior reutilización en diferentes campos ocupacionales que se requiera como puede ser regadío entre otras [21].

#### **1.3.4. Características físicas**

Según Rodas Hernández (2017) las características físicas son:

#### ***1.3.4.1. Color, olor y sabor***

Estas características se las puede definir como organolépticas ya que se puede medir sensorialmente, generalmente los olores las aguas residuales son producidas por gases debido a la descomposición orgánica. Mientras que el color es oscuro varían en grises y negras debido procedencia y a la circulación [22].

#### ***1.3.4.2. Temperatura***

Las aguas residuales suelen tener la temperatura superior que el agua de suministro, por consecuencia de la incorporación de diferentes aguas con distintas temperaturas. Estos cambios bruscos de temperatura y elevadas pueden acarrear consecuencias elevadas multiplicación de plantas acuáticas y mohos [22].

#### ***1.3.4.3. Turbiedad***

Los sólidos suspendidos es el factor indispensable para identificar la turbiedad de las aguas residuales ya que entre mayor cantidad de solidos la intensidad de la luz disipa su transmisión ocasionando mínima decantación secundaria [22].

### **1.3.5. Características químicas**

Según lo expuesto en el libro de Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización de Metcalf & Eddy Inc.

#### ***1.3.5.1. Potencial de hidrogeno***

Este parámetro es de gran importancia puesto que de este modo para aguas residuales con inapropiada concentración de pH puede generar problemas en la depuración en procesos biológicos y al momento de la descarga del efluente puede alterar los iones de hidrógenos en cuerpos dulces al momento de la disposición final [22].

#### ***1.3.5.2. Alcalinidad***

En las aguas residuales la alcalinidad es la encargada de la regulación de iones de hidrogeno provocados por las cantidades de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos presentes en estas aguas generalmente producidas por los usos domésticos [23].

#### ***1.3.5.3. Cloruros***

Los cloruros en aguas de origen natural se producen del contacto con suelo y rocas con cloruros y el contacto con el agua. Mientras que las heces de las personas reflejan una gran presencia de cloruros en el agua, de la misma manera las infiltraciones

subterráneas y aguas con altos contenidos de sal son indicadores de altos contenidos cloruros y sulfatos [23].

#### **1.3.5.4. Gases**

En gran cantidad las aguas residuales acogen altos contenidos de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono los mismos que se encuentran en la atmosfera por lo que contendrán todas las aguas que estén expuestas a la intemperie [23].

#### **1.3.5.5. Oxígeno disuelto**

Los microorganismos dependen del oxígeno disuelto para respiración de los mismos, así mismo el Oxígeno es ligado únicamente con el agua. [23].

#### **1.3.5.6. Metales**

En las aguas residuales se pueden encontrar metales como: níquel, cobre, manganeso, plomo, cromo, entre otros. Entre estos metales pesados algunos de ellos son considerados importantes para la vida microbiológica, y la proliferación de algas, también son considerados contaminantes. Pero en excesivas acumulaciones de estos metales puede convertirse estas aguas en altamente toxicas para el consumo y para el uso agrícola [23].

#### **1.3.5.7. Nitrógeno y Fosforo**

Estos nutrientes son de gran aporte al desarrollo de vida vegetal, no obstante, en nitrógeno en el agua residual puede ayudar como bioestimulantes a las proteínas provenientes por este motivo es de suma importancia conocer la cantidad de aporte en el agua residual domésticas y así diseñar el mejor proceso para la depuración biológica [23].

#### **1.3.5.8. Grasas y aceite**

Las grasas y aceites ocupan grandes importancias en la alimentación humana por esta razón al ser ingresados en la descarga para tratamiento provoca daños en la red principal y en la PTAR, por lo que se debe tratar ya que estas pueden provocar problemas en las películas superficiales de grasa en solidos suspendidos y la ineficiente vida biológica [23].

### **1.3.6. Características biológicas**

#### ***1.3.6.1. Coliformes fecales***

Es un indicador en aguas residuales de materia fecal, y estas se caracterizan por su elevada tolerancia en condiciones de altas temperaturas [24].

### **1.4. Tratamiento de aguas residuales**

#### **1.4.1. Pretratamiento de aguas residuales**

En este proceso de tratamiento tiene como objetivo principal la separación de material y sólidos voluminosos, de esta manera pueda continuar en los siguientes procesos de tratamiento, ya que como primera instancia para una correcta depuración de agua residual debe ser removido las partículas de gran tamaño y evitando obstaculicen el flujo en los diferentes procesos unitarios que continúan [25].

#### **1.4.2. Tratamiento primario de aguas residuales**

En este proceso de tratamiento se busca decantar sedimentos de gran densidad que se estancaran en la parte inferior de elemento y de esta manera reducir en gran cantidad los volúmenes orgánicos en suspensión y de DBO presentes. [26].

#### **1.4.3. Tratamiento secundario de aguas residuales**

El tratamiento de secundario erradica materias orgánicas que en los anteriores procesos por su tamaño no pudieron hacerlo, ya que esta combina procesos mecánicos y biológicos con la ayuda de bacterias cuando se le proporciona oxígeno se convierte en catalizador [27].

#### **1.4.4. Tratamiento terciario de aguas residuales**

En este proceso terciario mitiga elementos tóxicos, que provienen de la infiltración de metales pesados, pesticidas, detergentes y sustancias que ayudan a la proliferación de algas y hongos [28].

## **1.5. Etapas de PTAR de origen doméstico**

### **1.5.1. Rejillas**

En este primer elemento de gran importancia consiste en la separación de material de gran tamaño que ingresa de la red de alcantarillado y su control y mantenimiento se lo realiza de manera continua manual con el debido proceso y uso adecuado de herramientas [29].

### **1.5.2. Fosa séptica**

En este tanque se depositan las aguas servidas, y sus materiales suspendidos se sedimentan por gravedad, cuentan con aireadores de gases suprimiendo los malos olores, conectados con tuberías y válvulas de control hacia el lecho de secados de lodos, para su posterior circulación hacia los filtros biológicos [29].

### **1.5.3. Filtro biológico**

Son sistemas de filtrado natural, cuya función fundamental es la eliminación de los contaminantes y sustancias tóxicas, por medio de la neutralización y transformación en sustancias no nocivas [30].

### **1.5.4. Lecho de secado de lodos**

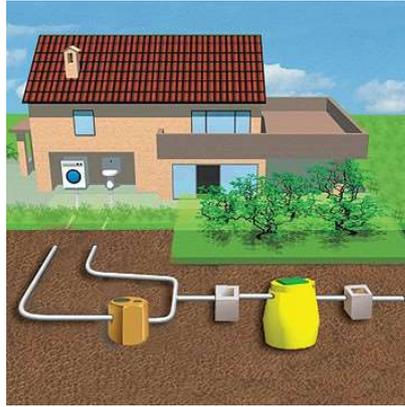
Este elemento hidráulico se sección rectangular que recolecta lodos provenientes de la fosa séptica y del filtro biológico que sirve para el secado de los mismos, para ser reutilizados como abono orgánico previo a un tratamiento de deshidratación de los lodos [30].

## **1.6. Tipos de Aguas Residuales**

Para la clasificación de aguas residuales, notaremos que existen diferentes sistemas de acuerdo al valor que tomaremos como referencia. Principalmente se diferencian por su origen, también las aguas residuales se clasifican por la cantidad y el tipo de sustancias químicas que contienen, según las propiedades bacteriológicas, según la relación entre el agua, los sólidos en suspensión y disueltos [31].

### **1.6.1. Aguas residuales domésticas o urbanas**

Estos tipos de agua residual es la que estamos familiarizados todos los días, lo cual proviene de aguas domiciliarios. La característica principal que tiene esta agua residual es el alto contaminante orgánico y solidos sedimentales [31].



*Figura 1. Aguas residual domésticas*

*Fuente: <https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>*

### **1.6.2. Aguas residuales industriales**

Estas aguas son provenientes de actividades industriales, donde también están incluidas aguas desechadas de fábricas, producción energética, fabricación de productos consumibles y productos manufacturados. Se caracterizan por el alto nivel contaminante de metales pesados y elementos químicos artificiales [31].



*Figura 2. Aguas residuales Industriales*

*Fuente: <https://sp.depositphotos.com/21849895/stock-illustration-an-aerial-view-of-the.html>*

### **1.6.3. Aguas residuales de la agricultura y ganadería**

Estas aguas residuales no son tan frecuentes, puesto que en gran cantidad se reutiliza para el regadío. Sin embargo, en gran cantidad de estas aguas residuales proviene de la ganadería y los niveles de contaminantes son provenientes de productos químicos que son de uso ganadero y desechos fecales y orines de los animales, mismos que son perjudiciales para la fertilidad de los suelos debido a la saturación de partículas fecales [31].



*Figura 3. Aguas residuales de la agricultura y ganadería*

*Fuente: <https://evaporadoresindustriales.grupovento.com/sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales/>*

#### **1.6.4. Aguas residuales derivada de la lluvia**

Este tipo de aguas residuales se produce por la acción de la lluvia que arrastra hasta el suelo los contaminantes presentes en la atmósfera, especialmente en los centros urbanos. La mayor parte de esta agua desembocando en el alcantarillado público, donde se mezcla con las aguas residuales domésticas o urbanas [31].



*Figura 4. Aguas residuales derivadas de la lluvia*

*Fuente: <https://docplayer.es/57741950-Cartilla-3-sistemas-de-cosecha-de-agua-de-lluvia.html>*

### **1.7. Marco Legal**

#### **1.7.1. Normativa Ambiental para el tratamiento de aguas residuales**

En la república del Ecuador, se establece que las y los ciudadanos tienen el pleno derecho al buen vivir, con proyectos que ayuden a sostener un ambiente sano sin incumplir las leyes vigentes.

##### ***1.7.1.1. Constitución de la República del Ecuador***

La Constitución de la República del Ecuador publicada en el 2008, en su segundo capítulo Derecho del Buen Vivir indica que, Art. 14 “Que se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*” [32, p. 29].

Del mismo carácter importante en el capítulo sexto, en el Art. 66, literal 27 indica que es, “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” [32, p. 52]

El Art. 264 en el capítulo cuarto de la Constitución del Ecuador, indica que los GAD asumirán exclusivamente estas competencias sin interferir en otra ley que regula el sistema nacional de competencias:

“Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley” [32, p. 130].

#### ***1.7.1.2. Código Orgánico del Ambiente (COA)***

En Código orgánico del ambiente (COA) con su fecha de registro abril del 2017, que se encuentra vigente, en su Título II, capitulo quinto Calidad de los componentes Abióticos y estado de los componentes Bióticos en el Art. 196, indica:

“Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades” [33, p. 55].

#### ***1.7.1.3. Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)***

En el registro oficial del 2019 de la COOTAD, en el Art. 55, numeral d, indica que:

“Prestar los servicios de públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley” [34, p. 29].

#### 1.7.1.4. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de uso doméstico para permisos de descarga a cuerpos dulces deberá cumplir con los valores medios diarios de tabla 9 de norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, del anexo 1 del libro sexto del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: [35, p. 24].

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

<b>LIMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas	Sustancias Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico Total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	Ba	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro Total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20

Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	50
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	100
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro Total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso Total	Mn	mg/l	2,0
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sub>2</sub>	mg/l	0,5

Temperatura	°C		Condición Natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
*La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida			

*Fuente:* Norma de calidad ambiental y de descarga de Efluentes al recurso agua [35, p. 24].

## **1.8. Objetivos**

### **1.8.1. Objetivo General**

Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Yanayacu la Dolorosa, sector la Floresta, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

### **1.8.2. Objetivos específicos**

#### ***1.8.2.1. Realizar el levantamiento de información demográfica del lugar de estudio y de los parámetros técnicos de la planta de tratamiento.***

Para el cumplimiento del primer objetivo que es realizar el levantamiento de información demográfica del sector y de los parámetros técnicos de la planta de tratamiento, se empleó un enfoque cualitativo, en el que se aplicó la técnica de recolección de datos por medio de fuentes primarias y secundarias como Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de la Parroquia, documentos indexados, documentación secundarias etc.

#### ***1.8.2.2. Analizar la calidad del agua del influente y efluente de la planta de tratamiento en estudio.***

Para el cumplimiento de este objetivo que es analizar la calidad del agua del influente y efluente de la planta de tratamiento, se realizó la medición de caudales en la PTAR de la comunidad Yanayacu la Dolorosa durante 7 días consecutivos del 29 de noviembre al 5 de diciembre 2021 cada hora de 06h00 a 18h00, la cual consistió en medir el caudal, cronometrando el tiempo que tarda en llenar un volumen conocido de un recipiente hacerlo en tres ocasiones tomando como dato el promedio esto se lo realiza en tanto en el caudal de ingreso y el caudal de salida.

#### **Localización de los caudales de ingreso y salida**

Al identificar cuáles son los puntos de ingreso y salida del caudal para la muestra que se analizó en laboratorio se consideró la hora pico donde mayor caudal ingresa siendo está a las 12h00, con la ayuda de un recipiente y un bastón de alcance se recolecto el agua para el análisis en el punto de entrada se rotula las botellas de las muestras y se colocan en un cooler para mantener la temperatura y los parámetros

que estable la norma NTE INEN 2176:2013, para la técnica de muestreo del agua y su transporte a laboratorios certificados. Esto se repite para las muestras del del caudal que descarga a los cuerpos receptores.

### **Actividades de laboratorio**

El muestreo se realizó el día 03 de diciembre del 2021 con todos los parámetros y técnicas de muestreo que indica las normas NTE INEN 2 169:1998 Y NTE INEN 2 176:1998. se realizó la toma de 4 muestras de agua residual, dos al ingreso de la planta y dos a la salida. Los parámetros medidos en la PTAR son:

*Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>
Ph	mg/l
Aceites y grasas	mg/l
Detergentes	mg/l
Fósforo total	mg/l
Sólidos suspendidos	mg/l
Nitrógeno total	mg/l
Nitrógeno Amoniacal	mg/l
DQO	mg/l
DBO5	Mg O2/l

*Fuente: NTE INEN 2 169:1998 Y NTE INEN 2 176:1998*

#### ***1.8.2.3. Evaluar el proceso de depuración de la planta en base a la normativa vigente TULSMA 2015.***

Para el cumplimiento del tercer objetivo que es evaluar el proceso de depuración de la planta en base a la normativa vigente TULSMA 2015. Los resultados obtenidos del laboratorio se compararon con la norma TULSMA 2015, que establece las descargas de agua a un cuerpo de agua dulce, de esta manera se verificó si cumplen con los límites máximos permisibles, además de verificar el nivel de funcionamiento y eficiencia que tiene la PTAR, en cuanto a la remoción de contaminantes por ende la depuración de la misma.

***1.8.2.4. Proponer un rediseño para el mejoramiento de la PTAR en estudio, desde el punto de vista técnico, ambiental y económico.***

Para el cumplimiento del cuarto objetivo que es proponer un rediseño para el mejoramiento de la obra civil en estudio, desde el punto de vista técnico, ambiental y económico. Mediante la información recolectada y el previo análisis de la PTAR se realizó un plan de soluciones técnicas, para mejorar los parámetros ambientales y los caudales de salida, que garanticen una adecuada descarga al cuerpo de agua dulce. Se realizó mediante revisión bibliográfica y manuales de PTAR que puedan ser aplicables en este proyecto.

## **1.9. Hipótesis**

### **Hipótesis de trabajo**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua actualmente no se encuentra funcionando de manera correcta.

### **Hipótesis nula**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua actualmente se encuentra funcionando de manera correcta.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos a utilizar se han considerado dependiendo la fase del proyecto que se realizó.

##### 2.1.1. Fase de línea base

Se realizó la recopilación de información de una línea base documental, por medio de documentos indexados, documentación secundaria y documentos como el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), además información de la localización exacta del sector y de la Planta de tratamiento de aguas residuales en estudio, la dimensión con la que cuenta esa estructura, y los años que tiene en funcionamiento.

##### 2.1.2. Fase de recolección de datos en campo:

En esta etapa se realizó la visita preliminar de campo, realizando un levantamiento de información sobre los procesos unitarios con los que cuenta la PTAR, las condiciones estructurales y funcionales, además de la medición de información de caudales de entrada y salida para la obtención de un muestreo de agua residual en los horarios de máxima demanda, de esta forma conocer horas pico de los días con mayor caudal.

Por otro lado, se realizó una campaña específica para recolectar varias muestras de agua residual, las mismas que fueron llevados a un laboratorio especializado.

Tabla 3. Materiales y equipos de campo.

Método: Experimental Experimentos de campo				
Objetivo	Actividades	Materiales-Equipos	Técnicas	Resultado
Realizar el levantamiento de información demográfica	Levantamiento de información sobre la PTAR y la situación Demográfica	Cámara (1) Flexómetro (1) GPS (1) Libreta de apunte (1) Cinta (1) Esferos (2)	Matriz de observación	Mapeo de planta de tratamiento

del sector y de los parámetros técnicos de la planta de tratamiento.	del sector	Mascarilla (1) Gafa protectora (1) Casco (1) Mandil (1)		
	Medición de información de caudales de entrada y salida.	Cronometro (1) Cuaderno (1) Recipiente de volumen conocido (2)	Registro de medición	Registro de horas pico con mayor caudal
	Recolección de muestras de agua residual.	Frasco ámbar (2) Botella plástica 2lt(4) Etiquetas (6) Caja térmica (1) Gel frio (6) Termómetro (1) Guantes (10) pares	Registro de muestras	Muestras de aguas residuales

Fuente: El autor

### 2.1.3. Fase de análisis de laboratorio

Esta fase se llevó a cabo netamente en el laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), para analizar las muestras de aguas recolectadas en la PTAR con el fin de analizar sus parámetros cuantificables y contrastar con los límites máximos permisibles de la norma técnica ecuatoriana.

Tabla 4. Materiales y equipos de laboratorio.

<b>FASE DE LABORATORIO</b>		
<b>Materiales</b>	Reactivos	Pastillas magnéticas
	Tiras de pH	
	Probetas	
	Pipetas	
	Agua destilada	
	Guías metodológicas de laboratorio	
<b>Equipos</b>	Guantes	Agitador magnético
	Mascarilla	
	Mandil	
	pHmetro	

Fuente: El autor

### 2.1.4. Fase de tabulación de resultados

Esta fase se ha dedicado a tabular y redactar los resultados obtenidos en los análisis de los laboratorios, realizar gráficas, contrastar lo obtenido con otros investigadores, etc.

Tabla 5. Materiales y equipos de escritorio.

<b>FASE DE ESCRITORIO</b>		
<b>Materiales</b>	Esferos	Útiles de oficina
	Libreta de apuntes	
<b>Equipos</b>	Computador	Paquete de software estadístico
	Teléfono inteligente	
	Paquete de office 360	
	Impresora	

*Fuente: El Autor*

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Metodología

El diseño metodológico que se aplica al presente proyecto es experimental, para Hernández, Fernández y Batipsta (2014) el experimento requiere la manipulación intencional de una acción para analizar los resultados. Se trata de diseños que se fundamentan en el enfoque cuantitativo y en el paradigma deductivo. Se basan en hipótesis preestablecidas, miden variables y su aplicación debe sujetarse al diseño concebido y según el periodo temporal de aplicación: Transversal.

**Investigación Explicativo:** La presente investigación sigue una línea explicativa, debido a que está dirigida para determinar las causas y efectos de la investigación, basada en la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

**Experimental:** Mediante este método se determinó en control físico – químico y microbiológico de las aguas residuales, ya que, mediante los parámetros obtenidos se realizó la propuesta de rediseño de la planta de tratamiento.

**Hipotética-deductiva:** Se utilizó para realizar la explicación de los resultados obtenidos en los análisis del agua.

**Transversal:** La investigación es transversal, debido a que se realizó la recolección de datos en el momento de estudio, mediante visitas in situ, para conocer la situación actual de la planta de tratamiento de las aguas residuales.

## 2.2.2. Determinación de los datos de partida para el diseño de la PTAR para la comunidad Yanayacu

La comunidad La Floresta se encuentra en la Parroquia Yanayacu perteneciente al cantón Quero, se localiza al sur oeste de la Provincia de Tungurahua a 22 Km de la ciudad de Ambato. La altura corresponde en la parte más baja de la comunidad es de 3300 m.s.n.m y la temperatura promedio varía entre 12 ° a 18° C [36].

El Instituto Nacional de Estadísticas y censos (INEC) son el punto de partida para obtener datos de partida para determinar los diferentes caudales para la evaluación y rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

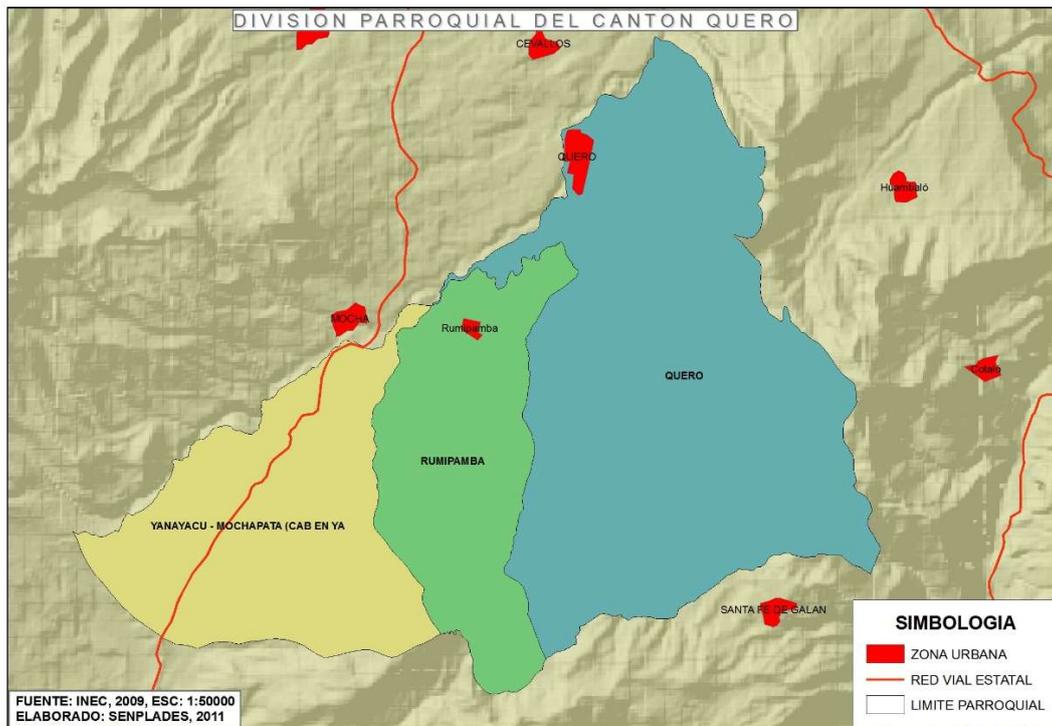


Figura 5. División Parroquial del Cantón Quero

Fuente: <https://quero.gob.ec/index.php/mapa-de-quero/mapas-en-imagens/category/4-mapas>

### 2.2.2.1. Población actual

La planta de tratamiento de la comunidad La Floresta de la parroquia Yanayacu recolecta aguas residuales de 150 familias dando una población actual de 600 habitantes y su extensión es de 12 hectáreas, con el apoyo del GAD Municipal del cantón Quero por parte del ingeniero Gabriel Velastegui jefe de agua potable y alcantarillado se pudo conocer los datos mencionados.

#### **2.2.2.2. Población futura**

Según Lozano W, La población futura estimada es un parámetro clave para asegurar trabajo adecuado de la planta de tratamiento de aguas domésticas, hasta el final de su período de diseño. El término de diseño es la vida útil de los elementos hidráulicos, equipos e instalaciones de depuración donde se alcanza el equilibrio La inversión inicial y la ganancia real de la misma. Como es estos tiempos Varía para cada elemento de la planta de tratamiento, período de diseño varía entre 25 a 30 años, como base para el cálculo de la población futura. En este caso particular el periodo de diseño se consideró 25 años.

[37].

#### **2.2.2.3. Dotación**

Según la Norma CO 10.7 – 602, menciona que para niveles de servicio Iib para agua potable en conexiones domiciliarias con más de un grifo y sistemas de alcantarillado la dotación para climas fríos es de 75 l/hab\*día, con el levantamiento de información demográfica la temperatura del lugar de estudio es frío optaremos como dotación de agua lo indicado en la norma [38].

#### **2.2.2.4. Características del agua residual doméstica**

La caracterización de aguas residuales domésticas, según Metcalf y Eddy dice, para el diseño de los elementos unitarios de depuración de aguas residuales para su posterior descarga a cuerpos dulces, es importante conocer el comportamiento físico, químico y orgánico de las aguas residuales a tratar y así definir los procesos que mejor trabajen para las aguas residuales analizadas [22].

### **2.2.3. Análisis de la información secundaria sobre la mejor alternativa de tratamiento**

El tratamiento adecuado y las diferentes alternativas se pueden determinar mediante investigaciones realizadas en el mismo sector y hacer un análisis comparativo de diferentes tipos de agua residual, condiciones climáticas, agentes contenidos más comunes y procedencia de las aguas al sistema de alcantarillado que llega a la planta de tratamiento.

### 2.2.3.1. Selección de la alternativa

Con la investigación realizada en diferentes plantas de tratamiento, se tomó algunas alternativas para el tratamiento secundario, siendo estas las más óptimas para el tipo de agua domestica presente en el sistema de depuración, conociendo las características físico químicas las cuales son: Humedal de flujo superficial vertical, contactores biológicos rotatorios y filtro anaerobio de flujo ascendente. Para la selección de la alternativa más cercana a las condiciones de la PTAR actual y al entorno socioeconómico del sector se realizó la Matriz de Pugh de toma de decisiones, la cual nos indica que para decisiones superior al diseño actual con +1, si es igual al diseño actual con 0, y si es inferior al diseño actual -1, y con esto realizar un balance positivo o negativo de las diferentes alternativas planteadas [39].

### 2.2.3.2. Criterios de selección

Se tomo criterios que ayuden a una correcta ponderación de criterios relacionados con investigaciones similares, y con el entorno de la planta de tratamiento en estudio los cuales son las siguientes:

1. Remoción esperada.
2. Espacio físico necesario.
3. Inversión.
4. Consumo de Eléctrico.
5. Mantenimiento y Operación.

### 2.2.3.3. Matriz de pugh

Se realizo un análisis de elección de alternativas optimas utilizando la matriz de Pugh. Permitiendo ponderar las alternativas por su relación con criterios de selección anteriormente definidos, basado en el criterio del autor para la toma de decisiones adecuadas [39].

Tabla 6. Ponderación de la Matriz de Pugh

<b>PONDERACIONES</b>	
+1	Si es mejor el criterio
-1	Si es peor el criterio
0	Si son similares.

Fuente: [39]. Adaptado por: El Autor

Tabla 7. Matriz de Pugh para la toma de decisiones.

<b>MATRIZ DE PUGH</b>			
ALTERNATIVA CRITERIO	Humedal de flujo subsuperficial vertical	Contactores biológicos rotatorios	Filtro anaerobio de flujo ascendente
Remoción esperada	1	-1	1
Espacio físico necesario	-1	0	1
Inversión	1	-1	-1
Consumo de eléctrico	0	-1	0
Mantenimiento y Operación	-1	1	-1
TOTAL	0	-2	0
<i>Nota: La matriz de pugh analiza cual es la mejor alternativa en base a los criterios todos como datos de ponderación +1 si es mejor, -1 si es inferior criterio</i>			

Fuente: Stuart Pugh (1990). Adaptado por: El Autor.

#### 2.2.4. Dimensionamiento de la planta de tratamiento para las aguas residuales para la comunidad Yanayacu.

Con la toma de decisiones para el tratamiento secundario con la matriz de Pugh, para la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, se consideró tratamiento preliminar con un cribado y desarenado, tratamiento primario con una fosa séptica, tratamiento secundario con un filtro anaerobio de flujo ascendente, y un Lecho de secado de lodos como alternativa para la reutilización de lodos para el uso agrícola. Con investigaciones en procesos de tratamiento de otras PTAR's cercanos al sector como "Evaluación de la PTAR de la comunidad zona libre" [8], también con la "Evaluación de la PTAR de la comunidad Puñachizag" [40].

##### 2.2.4.1. Coeficiente de retorno

Es considerada al agua de uso domestica generada por la población, sienta esta menor a la dotación de agua potable, por el consumo humano, limpieza y riego de viviendas y jardines [41].

#### **2.2.4.2. Caudal medio diario**

Para obtener este caudal es importante conocer la procedencia del mismo, lo cual se genera por la suma de caudales portantes al sistema de alcantarillado siendo estos el caudal de aguas residuales, los originados por aguas residuales domésticos, industriales, comerciales e institucionales. Para estos tres últimos en nuestro caso de estudio no les consideramos porque en el sector no existe industrialización, escuelas o instituciones públicas e industrialización de algún tipo, puesto que la mayor actividad económica viene de la agricultura y ganaderías [37, p. 47].

Ecuación 1. *Caudal medio diario*

$$Q_{md} = Q_{dm} + Q_{ind} + Q_{inst} + Q_{com}$$

Donde:

Q<sub>dm</sub>: Caudal doméstico de aguas residuales (L/s)

Q<sub>ind</sub>: Caudal industrial de aguas residuales (L/s)

Q<sub>ins</sub>: Caudal institucional de aguas residuales (L/s)

Q<sub>com</sub>: Caudal comercial de aguas residuales (L/s)

#### **2.2.4.3. Caudal doméstico**

Para obtener el caudal doméstico, se utilizó la dotación establecida Norma CO 10.7 – 602 [38], considerando que el coeficiente de retorno varía entre un 70 a 85% hacia el alcantarillado sanitario y la población [37].

Ecuación 2. *Caudal doméstico*

$$Q_{dom} = \frac{Dotación * P * Cr}{86400}$$

Donde:

Q<sub>dom</sub>: Aporte de aguas residuales de las actividades domésticas (L/s)

D: Dotación de agua potable consumida por habitante y por día (L/hab\*d)

P: Número de habitantes

Cr: Coeficiente de retorno sanitario (entre 0,70 y 0,85, típicamente 0,80)

#### **2.2.4.4. Caudal mínimo**

Para determinar este caudal al tratamiento residual y evitar fallas en los elementos hidráulicos de cada unidad, se debe contemplar en el funcionamiento de tren de

depuración, y en relación del tamaño de la población de aplica la formulación del caudal mínimo con la siguiente ecuación considerando cuenta población es inferior 20000 h\*eq, como se muestra en la tabla 8 [37, p. 49].

Ecuación 3 Caudal mínimo

$$Q_{min} = 0.30 * Q_{med}$$

Donde:

$Q_{min}$ : Caudal mínimo

$Q_{med}$ : Caudal medio

Tabla 8. Fórmulas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes tamaños de población.

Tamaño de la población	Caudal mínimo “ $Q_{min}$ ”
Pequeña (< 20.000 h-eq)	0,30 * $Q_{md}$
Mediana (20.000 – 60.000 h-eq)	0,45* $Q_{md}$
Grande (60.000 h-eq)	0,60* $Q_{md}$

Fuente: William Lozano (2012).

#### 2.2.4.5. Caudal punta

El caudal de punta para la depuración de aguas residuales se expresa la ecuación 4, en la tabla 9 donde para cada densidad poblacional su factor de punta disminuye en relación a mayor población, siendo para nuestro caso de estudio 5 veces mayor que el caudal medio diario [37].

Ecuación 4. Caudal punta

$$Q_p = 5 * Q_{med}$$

Donde:

$Q_p$ : Caudal punta

$Q_{med}$ : Caudal medio

Tabla 9. Fórmulas empíricas para el cálculo de caudal punta para diferentes tamaños de población.

Tamaño de la población	Caudal mínimo “Qmin”
Pequeña (< 20.000 h-eq)	5 * Qmd
Mediana (20.000 – 60.000 h-eq)	3* Qmd
Grande (60.000 h-eq)	2* Qmd

Fuente: William Lozano (2012).

#### 2.2.4.6. Caudal máximo

Este caudal es el mayor consumo realizado por las personas, en un periodo de máximo consumo que se lo obtiene con la ecuación (5):

Ecuación 5. Caudal máximo

$$Q_{max} = Q_p * 2$$

Donde:

$Q_{max}$ : Caudal máximo diario

$Q_p$ : Caudal punta

#### 2.2.4.7. Canal de entrada

Para el ingreso de las aguas residuales al tratamiento dependiendo de las topografías del terreno puede variar su sección generalmente es rectangular se sección constante, este siendo el primer tratamiento donde se separan los sólidos voluminosos, evitando sobrecargas en los siguientes procesos de tratamiento [42].

Tabla 10. Valores recomendados de los parámetros necesarios para el diseño de un canal de desbaste y sus respectivas rejillas.

Características	Reja de Gruesos	Reja de Finos
Modo de funcionamiento	Manual – Automático	Manual – Automático
Anchura de los barros (mm)	>12	<6
Pendiente en relación a la vertical (grados)	30-45	
Velocidad de aproximación (m/s)	0,3-0,6	
Pérdida de carga admisible (m)	0,15	0,15

Fuente: García y Corzo (2008).

- **Ancho útil de paso**

Cuando se tiene determinado el ancho del canal de ingreso se calcula el ancho útil, con la ecuación (6) [42].

Ecuación 6. Ancho útil de paso, canal de entrada

$$Wu = (Ac - n * Ab) * (1 - G * 1000)$$

Donde:

Wu: ancho útil de paso en m

Ac: ancho del canal en m

n: número de barros

Ab: ancho de barros en m

G: grado de colmatación, normalmente se utiliza un valor de 30%

- **Profundidad**

La ecuación (7), determina el calado del canal relacionado con el caudal máximo y la velocidad aproximada varía entre 0.3 – 0.6 m/s [42].

Ecuación 7. Profundidad, canal de entrada

$$h = \frac{Q}{v} * \frac{1}{wu}$$

Donde:

h: profundidad en m

Q: caudal máximo en m<sup>3</sup>/seg

v: velocidad de aproximación en m/s

- **Largo**

Según García y Corzo, aplicando la ecuación 8, determinamos la longitud del canal considerando un tiempo de retención entre 5 a 15 seg, y la velocidad aproximada del agua en m/s [42].

Ecuación 8. Largo, canal de entrada

$$L = TRH * v$$

Donde:

L: largo del canal en m

TRH: tiempo de retención en s

v: velocidad de aproximación del agua en m/s

#### 2.2.4.8. Sistema de cribado

Este sistema forma parte del pretratamiento de depuración, donde se busca separar material de gran tamaño, siendo su mantenimiento manual o automático, considerando que si la limpieza es manual se reducen gastos de mantenimiento, en este proceso es recomendable que la limpieza sea continua facilitando el ingreso del agua residual sin solidos voluminosa a los posteriores procesos de tratamiento [43].

En la tabla 10 se encuentran mencionados algunos parámetros para el diseño, y mediante a la ecuación 9 se encontrará el número de barros necesarios para la separación de partículas gruesas :

Ecuación 9. Sistema de cribado

$$N = \frac{BR - L}{b + L}$$

Donde:

N: Número de barros

BR: Ancho del canal en la zona de rejilla (m)

L: Luz o espacio entre barros (m)

#### 2.2.4.9. Desarenador

Según García Quito & Ludizaca Viracocha, (2017), en el desarenador se van a eliminar las arenas, pero también en este proceso se puede eliminar gravas, partículas, elementos orgánicos como son semillas cascara de frutas huesos etc., para el diseño del desarenador se tomó como referencia fuentes bibliográficas de [37].

Tabla 11. Valores recomendados de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de desarenadores

PARÁMETRO	VALOR	
	INTERVALO	VALOR
Carga hidráulica	<70 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *hora (a Qmax)	
Velocidad horizontal del agua	0,2-0,4 m/s	0,3 m/s

Tiempo de retención	45-90 s	60 s
Longitud	20-25 veces la altura de la lámina de agua	
Relación Largo-ancho	1,5-3,0	2

Fuente: García y Corzo (2008).

- **Tamaño de partículas**

Según García y Corzo el desarenador permite dividir granulometrías superiores a 200 micrómetros de esta forma impidiendo su sedimentación en los canales y así previniendo abrasión para evitando sobrecargas en las siguientes fases de tratamiento, bajo a este criterio se considera el tamaño de las partículas en de 0.2 mm las mismas que generalmente se encuentran en aguas residuales domésticas [42].

- **Velocidad de flujo**

García y Corzo, en la Guía de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de humedales de flujo subsuperficial dicen, que para partículas de 0,2 mm la velocidad de flujo es de 0,3 m/seg, como se presenta en la (Tabla 10) [42].

- **Longitud**

Para determinar la longitud del desarenador se considera el ancho del canal de entra y la relación larga – ancho de 2 según recomienda García y Corzo para el diseño de desarenador [42].

Ecuación 10. Longitud de Desarenador

$$L = Ac * relación L/Ach$$

L: longitud del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

Relación larga – ancho 2 m

- **Área útil**

La sección transversal es el área donde circulará las aguas residuales y donde se colocará las rejillas para la separación de partículas de gran tamaño, para obtener esta área útil utilizaremos la siguiente ecuación (11) [42].

Ecuación 11. Área útil del desarenador

$$A = Q/v$$

Donde:

A: área útil en m<sup>2</sup>

Q: caudal máximo diario en m<sup>3</sup>/seg

v: velocidad del flujo en m/s

- **Profundidad**

Según García y Corzo, con la siguiente ecuación se obtendrá el calado del desarenador.

Ecuación 12. Profundidad del desarenador

$$h = \frac{A}{Ac}$$

Donde:

h: profundidad del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

A: área útil en m<sup>2</sup>

- **Carga superficial**

La carga superficial tiene como fin tratar el volumen del agua residual que ingresa al desarenador según García y Corzo, también explica que para un correcto funcionamiento la carga superficial debe ser menor de 70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*h y así el dimensionamiento sea adecuado como indica la ecuación 13 [42].

Ecuación 13. Carga superficial de desarenador

$$Cs = \frac{Qmax}{L * Ac}$$

Donde:

Cs: carga superficial

Max: caudal máximo en m<sup>3</sup>/h

L: longitud del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

#### **2.2.4.10. Fosa Séptica**

La fosa séptica siendo un tratamiento primario, busca conseguir reducir los sólidos suspendidos así permitiendo sedimentarlos y por medio de la gravedad

acumulando en la parte inferior de la fosa y formando lodos, con la digestión y la producción de gases permite reducir el volumen de lodos formados. Generalmente estos tanques sépticos se conforman de dos cámaras siendo la primera la que mayor acumulación de lodos acumula. Los gases que producen este tratamiento son evacuados por medio de aireadoras o chimeneas de ventilación donde reduce los malos olores [42].

- **Contribución per cápita de lodos (lf)**

Según la RAS, y con el levantamiento de información en nuestra zona de estudio la población pertenece a la clase media baja con un valor lodo fresco 1 l/día y la contribución de aguas residuales de 100 por persona, como se puede observar para diferentes ocupantes permanentes en la tabla 12 [44].

*Tabla 12. Contribución de aguas residuales y lodo fresco por persona.*

Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales (c) y lodo fresco L <sub>f</sub> (l/día)	
		C	L <sub>f</sub>
Ocupantes permanentes		C	L <sub>f</sub>
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
Ocupantes temporales			
Fábrica en general	persona	70	0,3
Oficinas temporales	persona	50	0,2
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0,2
Escuelas	persona	50	0,2
Bares	persona	6	0,1
Restaurantes	comida	25	0,01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0,02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4

*Fuente: Norma RAS – 2000, Colombia.*

- **Contribución diaria de las aguas residuales**

Considerando la contribución per cápita para los ocupantes permanentes se pudo obtener dicho valor, y por los habitantes equivalentes obtener la contribución diaria, expresada con la siguiente ecuación:

Ecuación 14. Contribución diaria de las aguas residuales

$$Ec = he * C$$

Donde:

Ec: Contribución diaria de aguas residuales

he: Habitantes equivalentes

c: Contribución per cápita de aguas residuales

- **Tiempo de retención hidráulica**

En la tabla 13 muestra los tiempos de retención, basados en la contribución diaria anteriormente mencionados.

*Tabla 13. Tiempo de retención hidráulica*

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1500	1	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
4501 a 6000	0,75	18
6001 a 7500	0,67	16
7501 a 9000	0,58	14
más de 9000	0,5	12

*Fuente: Norma RAS – 2000, Colombia.*

- **Tasa de acumulación de lodo dirigido (k)**

Según el Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Yanayacu [36], la temperatura oscila entre 12° y 18° C, basándonos en la tabla 14, se puede determinar la acumulación de lodos para un intervalo de limpieza de 1 año dato del cual se obtuvo mediante la información obtenida por el personal de mantenimiento de la PTAR.

Tabla 14. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos.

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t \geq 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fuente: Norma RAS – 2000, Colombia.

- **Volumen útil de la fosa séptica**

Es el espacio que ocupan las aguas residuales dentro de las dos cámaras, este parámetro se calcula mediante la ecuación (15)

El volumen útil de la fosa se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 15. Volumen útil de la fosa séptica

$$Vu = 1000 + Nc(C * T * K * Lf)$$

donde,

$V_u$ : Volumen útil del tanque séptico ( $m^3$ )

$N_c$ : Número de habitantes equivalentes

$C$ : Contribución de aguas residuales (L/hab/d)

$T$ : Tiempo de retención hidráulico (d)

$K$ : Tasa de acumulación de lodos digeridos (d)

$L_f$ : Contribución de lodos frescos (L/hab/d).

- **Dimensiones de la fosa séptica**

La Organización Panamericana de la Salud menciona que, para el cálculo del ancho de la fosa séptica la relación longitud – ancho debe ser de 2:4 , con este criterio la ecuación 16 determina el ancho de la fosa, y tomando en cuenta que la altura mínima es de 1.20m [45].

Ecuación 16. Dimensiones de la fosa séptica

$$b = \left( \frac{Vu}{3h * 1000} \right)^{0.5}$$

Donde:

$b$ : Ancho de la fosa (m)

Vu: Volumen útil (m<sup>3</sup>)

H: Profundidad (m)

**Nota:** los cálculos previamente realizados se utilizan como datos de partida para calcular los siguientes procesos:

- **Longitud total de la fosa**

En este proceso de cálculo con la ecuación 17, es donde se termina la longitud de la primera y segunda acamara, donde los sólidos suspendidos se sedimentan en la primera parte un 60% [45].

Ecuación 17. Longitud total de la fosa

$$L = 3b$$

Dónde: L Longitud de la fosa (m)

b: Ancho de la fosa (m)

- **Longitud del primer compartimento**

Ecuación 18. Longitud del primer compartimento o cámara

$$L1 = L * 2/3$$

- **Longitud del segundo compartimento**

Ecuación 19. Longitud del segundo compartimento o cámara

$$L1 = L * 1/3$$

- **Borde inferior de los orificios de paso**

Este borde determina el paso de circulación de la primera cámara hacia la segunda sedimentando en gran parte las partículas suspendidas, con ecuación 20 se determina este borde [45].

Ecuación 20. Borde inferior de los orificios de paso

$$B1 = h * 2/3$$

- **Borde superior de los orificios de paso**

La OPS indica que el máximo nivel de agua será 30 centímetros por debajo de la altura total de la fosa donde se colocaran los pasos que ingresan y salen de la fosa séptica [45].

Ecuación 21. Borde superior de los orificios de paso

$$Bs = h - 0.3m$$

En la tabla 15 podemos encontrar las diferentes fórmulas para el diseño de la fosa séptica.

*Tabla 15. Cálculos para el diseño de Fosa Séptica.*

<b>Parámetros para el cálculo</b>		
L1	habitantes (hab)	
L2	contribución (L/hab.d)	
L3	Lodos Frescos (L/hab.día)	$L_f = 1 \text{ L/hab/d}$
L4	TRH (días)	$T = 12 \text{ horas ó } 0.5 \text{ días}$
L5	Tasa de acumulación de lodos digeridos (día)	$K = 65 \text{ días}$
L6	Contribución Total (L/d)	$CT = L/hab/d * hab = L/d$
L7	Volumen Útil	$V_u = 1000 + N_c (C*T + K*L_f)$
L8	Relación Log/Ancho	$2m - 4m$
L9	Profundidad útil (m)	Mayor 1.20
L10	Ancho interno (m)	$b = [V_u / (3h * 1000)]^{0.5}$
L11	Longitud de la fosa (m)	$L = 3*b$
L12	Longitud del primer compartimento (m)	$L_1 = L * 2/3$
L13	Longitud del segundo compartimento (m)	$L_2 = L * 1/3$
L14	Borde inferior de los orificios de paso (m)	$BI = h * 2/3$
L15	Borde superior de los orificios de paso (m) (0,3 tabla)	$BS = h - 0.3 m$
L16	Altura total del equipo (m)	$L_9 + 0.3$

*Fuente: Isla de Juna, R. (2005); proyectos de PTAR*

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Información demográfica del sector y de los parámetros técnicos de la planta de tratamiento

##### 3.1.1. Descripción de la zona de estudio

Según el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Yanayacu, indica que la comunidad Yanayacu se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, en el cantón Quero, está situada al Sur Oeste de la provincia de Tungurahua. Limita al norte con el río Mocha, al sur la quebrada de Sabañag y nudo de Igualata Sanancajas, al este la quebrada Pilco y al oeste el río Mocha. La zona de estudio se encuentra a una altura 3305 sobre el nivel del mar, con temperaturas frías que oscilan entre 12°C a 18°C. Según Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Yanayacu, la actividad económica de los habitantes del sector es generada de gran cantidad de la agricultura y la ganadería.

Esta planta de tratamiento de agua residual de la comunidad La Floresta, se encuentra en la parte más baja de la parroquia cercana al río Mocha colindante en la quebrada Yanayacu al norte, actualmente se encuentra en funcionamiento, esta PTAR fue construida por el GAD Municipal de Quero en 2011 para realizar el tratamiento a las aguas residuales de la comunidad [36].

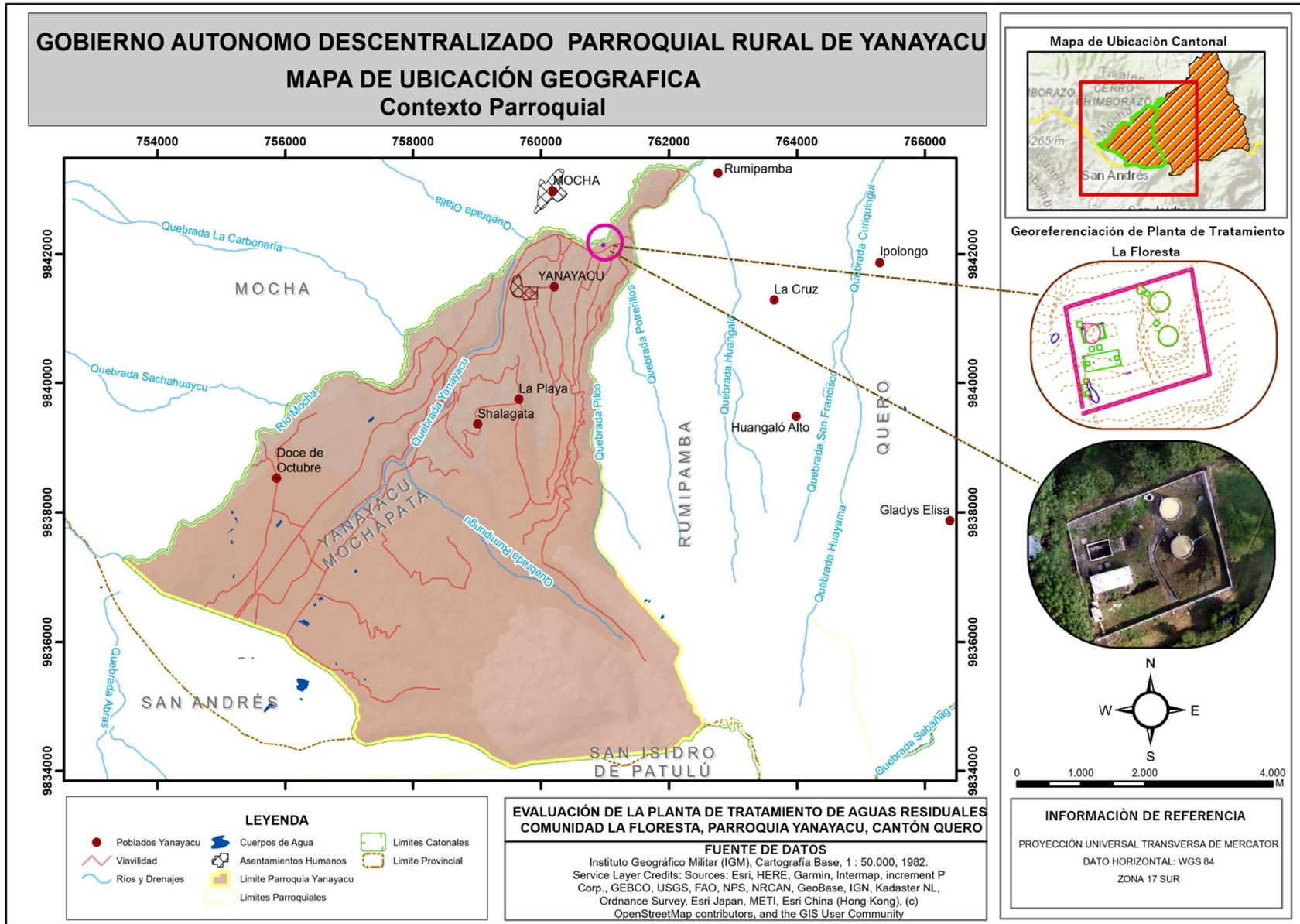


Figura 6. Mapa de la parroquia Yanayacu

### 3.1.2. Análisis del funcionamiento de la PTAR

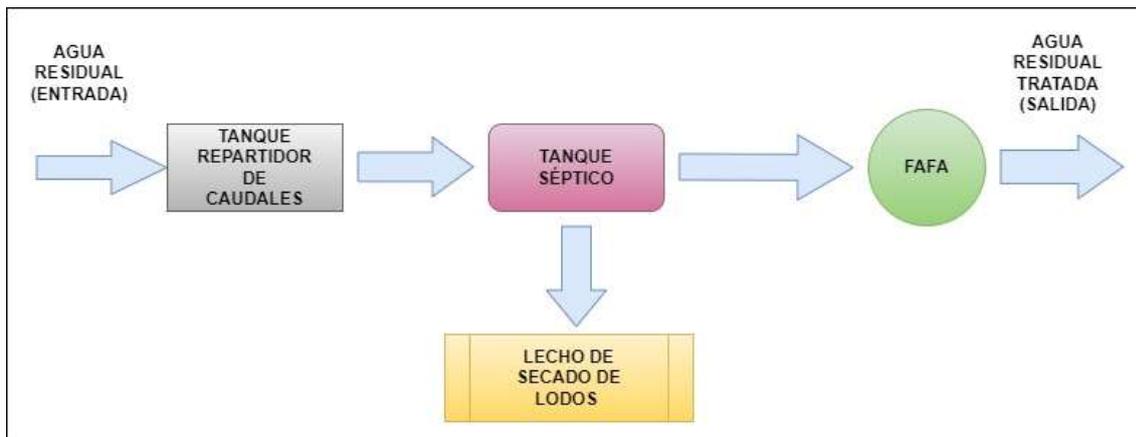


Figura 7. Proceso actual de los componentes de la PTAR

La comunidad Yanayacu cuenta con el servicio de alcantarillado que es conducida hacia la planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra en la parte baja de la mencionada comunidad, la PTAR actualmente se encuentra en funcionamiento sin embargo no cuenta con todos los procesos para realizar una correcta depuración de las aguas para la cual fue construida inicialmente.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Yanayacu la Dolorosa, cuenta con un tren de tratamiento conformado por: tanque repartidor de caudal, fosa séptica, filtro anaerobio de flujo ascendente y lecho de secado de lodos.

### 3.1.3. Tanque repartidor

El tanque repartidor es una estructura de hormigón que su principal función es recibir el agua residual proveniente de la comunidad de Yanayacu. Este tanque repartidor es obstruido continuamente con lodo por el paso del agua residual.



Figura 8: Dimensión del tanque repartidor

Fuente: El Autor

### 3.1.4. Tanque séptico

El tanque séptico es una estructura hidráulica de hormigón la cual consta de dos compartimentos en los que contienen el agua residual que es recibida por el tanque repartidor, la fosa presenta una falta de mantenimiento por lo es obstruida continuamente por los lodos y sedimentos que llega hacia el tanque séptico.



*Figura 9: Medición del tanque séptico  
Fuente: El Autor*

### 3.1.5. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

este elemento de tratamiento está construido de hormigón armado que tiene una forma cilíndrica, en esta estructura se recibe el agua residual que sale de la fosa séptica para proceder a realizar el filtrado del agua. Esta operación cumple la función de medio filtrante por medio de la piedra grava.



*Figura 10: Filtro anaerobio de flujo ascendente.  
Fuente: El Autor*



*Figura 11: Medición del FAFA.  
Fuente: El Autor*

### **3.1.6. Lecho de secado de lodos**

El lecho de secado de lodos es una estructura hidráulica de hormigón que presenta una forma rectangular mismo que consta de dos tuberías de entrada y de salida, el lodo es proveniente de la fosa séptica y este es conectado por una tubería de salida que conecta al pozo de salida. En la imagen se puede observar que la falta de mantenimiento ha provocado el crecimiento de plantas en la parte externa.

Para realizar el diagnóstico del funcionamiento de la fosa séptica se empleó el manual OPS 2005



*Figura 12: Medición del lecho de secado de lodos.  
Fuente: El Autor*

## **3.2. Análisis de la calidad del agua del afluente y efluente de PTAR**

### **3.2.1. Medición de caudales – Método volumétrico**

Para las respectivas mediciones de caudales en la PTAR de la comunidad Yanayacu la Dolorosa, cantón Quero, se utilizó el método de medición volumétrica, en la que se realizó

mediciones de caudales al tanto de ingreso a la planta de tratamiento como en la descarga al cuerpo dulce como se muestra en las tablas 17 y 18 respectivamente.

*Tabla 16. Resultados de la medición de cambios de ingreso en (lt/s).*

<b>Hora</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>	<b>Promedio</b>
<b>6:00 a 7:00</b>	0,22	0,20	0,20	0,18	0,18	0,18	0,18	<b>0,19</b>
<b>7:00 a 8:00</b>	0,26	0,28	0,27	0,28	0,37	0,36	0,33	<b>0,31</b>
<b>8:00 a 9:00</b>	0,33	0,32	0,31	0,30	0,41	0,20	0,21	<b>0,30</b>
<b>9:00 a 10:00</b>	0,35	0,36	0,34	0,31	0,18	0,31	0,29	<b>0,30</b>
<b>10:00 a 11:00</b>	0,70	0,75	0,74	0,78	0,71	0,36	0,35	<b>0,63</b>
<b>11:00 a 12:00</b>	0,62	0,55	0,63	0,75	0,71	0,59	0,60	<b>0,64</b>
<b>12:00 a 13:00</b>	0,50	0,50	0,50	0,49	0,75	0,54	0,54	<b>0,54</b>
<b>13:00 a 14:00</b>	0,57	0,67	0,63	0,66	0,56	0,49	0,47	<b>0,58</b>
<b>14:00 a 15:00</b>	0,39	0,36	0,39	0,43	0,37	0,38	0,58	<b>0,41</b>
<b>15:00 a 16:00</b>	0,50	0,48	0,47	0,43	0,60	0,42	0,41	<b>0,47</b>
<b>16:00 a 17:00</b>	0,39	0,37	0,38	0,37	0,45	0,37	0,37	<b>0,38</b>
<b>17:00 a 18:00</b>	0,36	0,37	0,36	0,35	0,73	0,48	0,43	<b>0,44</b>

*Elaborado por: El autor*

En la tabla 17, se presentan los caudales que ingresan al tren de tratamiento los cuales se pudieron evidenciar que no existe variación considerable en horas pico esto se estima que los estudios se realizaron en cuando todavía se mantenía en virtualidad las actividades escolares y la gran mayoría de su población trabaja labrando sus propias tierras. De esta forma el caudal máximo para nuestro diseño es de 0.75 lt/s siendo el horario de 11h00 a 12h00 el de mayor caudal.

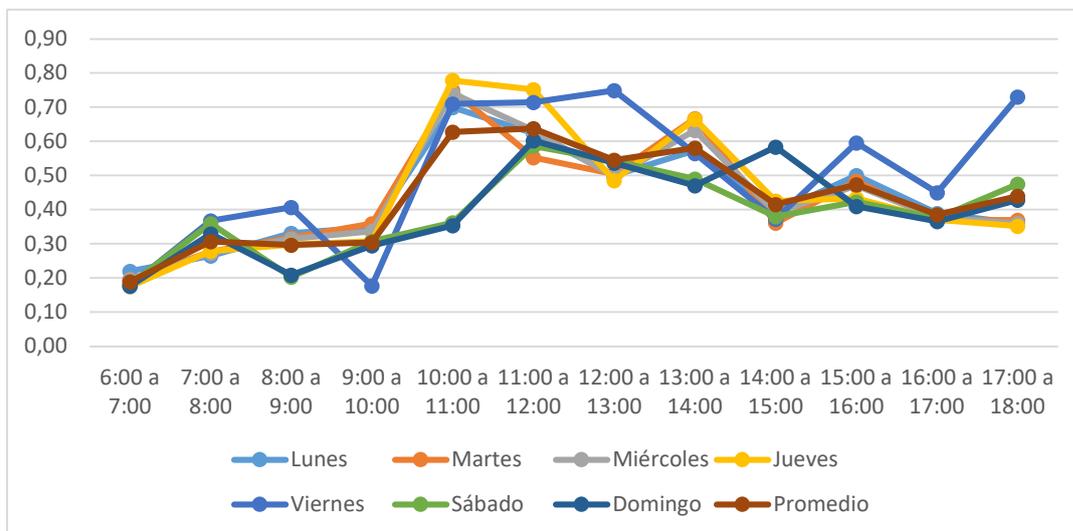


Figura 13: Comportamiento de Caudales al ingreso de la PTAR.  
Fuente: El Autor

Tabla 17. Resultados de la medición de caudales de salida en lt/s.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
6:00 a 7:00	0,20	0,19	0,20	0,22	0,12	0,12	0,12	0,17
7:00 a 8:00	0,34	0,33	0,33	0,34	0,21	0,26	0,26	0,29
8:00 a 9:00	0,26	0,28	0,27	0,26	0,43	0,29	0,28	0,30
9:00 a 10:00	0,51	0,54	0,52	0,52	0,30	0,30	0,30	0,43
10:00 a 11:00	0,69	0,66	0,67	0,68	0,62	0,30	0,31	0,56
11:00 a 12:00	0,72	0,79	0,75	0,73	0,60	0,59	0,58	0,68
12:00 a 13:00	0,44	0,44	0,45	0,48	0,79	0,50	0,51	0,52
13:00 a 14:00	0,47	0,45	0,46	0,46	0,42	0,38	0,38	0,43
14:00 a 15:00	0,35	0,32	0,34	0,35	0,33	0,29	0,31	0,33
15:00 a 16:00	0,49	0,47	0,47	0,45	0,38	0,37	0,33	0,42
16:00 a 17:00	0,44	0,43	0,44	0,45	0,42	0,41	0,40	0,43
17:00 a 18:00	0,32	0,33	0,32	0,32	0,35	0,31	0,33	0,33

Elaborado por: El Autor

Como se observa en la tabla 18, los caudales de salida tienen poca variación a lo largo de toda la semana. Entonces se puede considerar que el caudal promedio máximo de salida de la PTAR es en el horario de 11:00 a 12:00; mientras que los caudales mínimos se presentan en la mañana, horarios de 6:00 a 7:00 am.

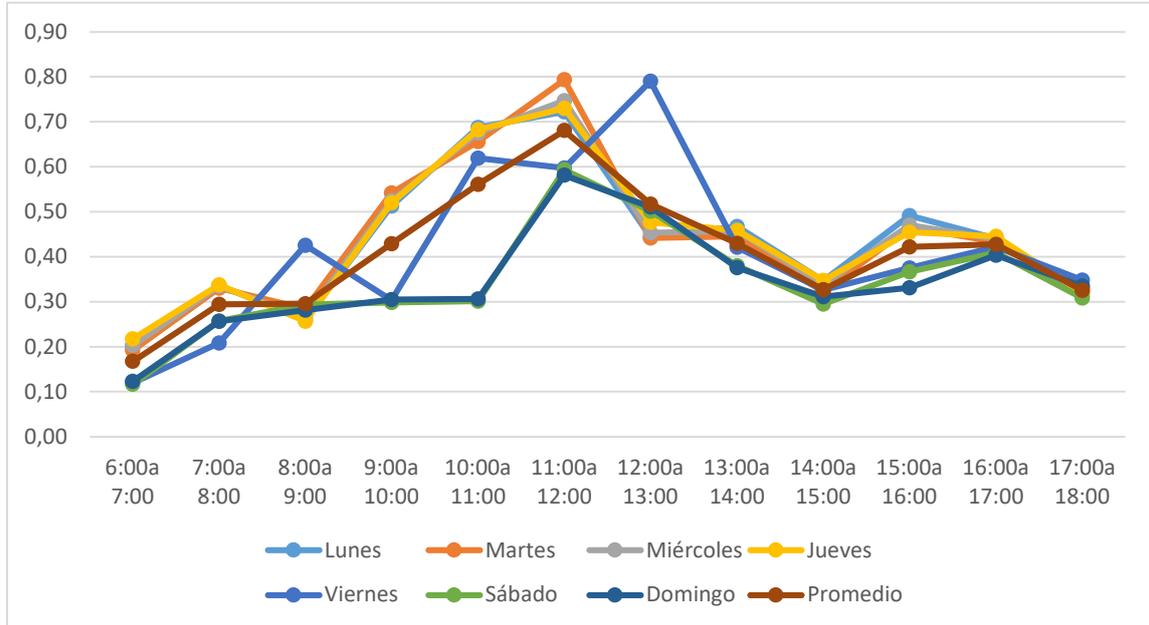


Figura 14: Comportamiento de caudales a la salida de la PTAR.  
Fuente: El Autor



Figura 15: Medición del caudal a la entrada de la PTAR.  
Fuente: Mauricio Alejandro Molina Nogales



*Figura 16: Medición del caudal a la salida de la PTAR.  
Fuente: El Autor*

### **3.2.2. Análisis del laboratorio**

Para la toma de las muestras de agua residual se tomaron en dos puntos, al ingreso y a la salida de la planta de tratamiento el 03 de diciembre del 2021, según lo establece la norma calidad del agua, técnicas de muestreo que indica NTE INEN 2 176:1998 y NTE INEN 2 169:1998. Posteriormente se transportó las muestras a un laboratorio certificado para su análisis en el Laboratorio de Servicios Ambientales para el respectivo análisis físico químicos del agua residual.



*Figura 17. Obtención de muestra a la entrada de la PTAR.  
Fuente: El Autor*



*Figura 18: Obtención de la muestra a la salida de la PTAR.  
Fuente: El Autor*



*Figura 19: Rotulado y conservación de las muestras.  
Fuente: El Autor*

**3.2.3. Evaluación del proceso de depuración de la planta en base a la normativa vigente TULSMA 2015.**

*Tabla 18: Resultados de los análisis del agua residual a la entrada de la PTAR.*

<b>Parámetros Analizados</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	<b>RESULTADO ENTRADA</b>	<b>Salida</b>	<b>TULSMA Límite Max</b>	<b>Cumple</b>
pH	mg/l	PE-LSA-01	4,2	4,97		
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D	837,5	190	200	<b>Si</b>
DBO5	Mg O2/l	STANDARD METHODS 5220-B	433,9	132	100	<b>No</b>
Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	855,2	406,9	30	<b>No</b>
Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C	21,6	8,15		
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	18,3	13,9	30	<b>Si</b>
Nitrógeno Total	mg/l	ESTÁNDAR METHODOS 25040 N - B	37	33,2	50	<b>Si</b>
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	41,5	18,5	10	<b>No</b>
Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	189	183	130	<b>No</b>

*Fuente: El Autor*

En la tabla 19 se observa que los resultados de las muestras de agua residual al ingreso y salida de la PTAR, realizados en el Laboratorio de Servicios Ambientales, laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17 -012, arrojó que de los nueve parámetros que han sido analizados, cuatro no cumplen con los límites máximos permisibles que indica la normativa vigente TULSMA 2015.

Para determinar la eficiencia de la PTAR en el afluente y efluente, se calcula con la ecuación (24) el porcentaje de eficiencia de remoción de los diferentes parámetros fisicoquímicos que se analizaron en el laboratorio.

Ecuación 22. Porcentaje de Eficiencia

$$E = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100\%$$

Donde:

Co: Valor inicial de parámetro (Afluente)

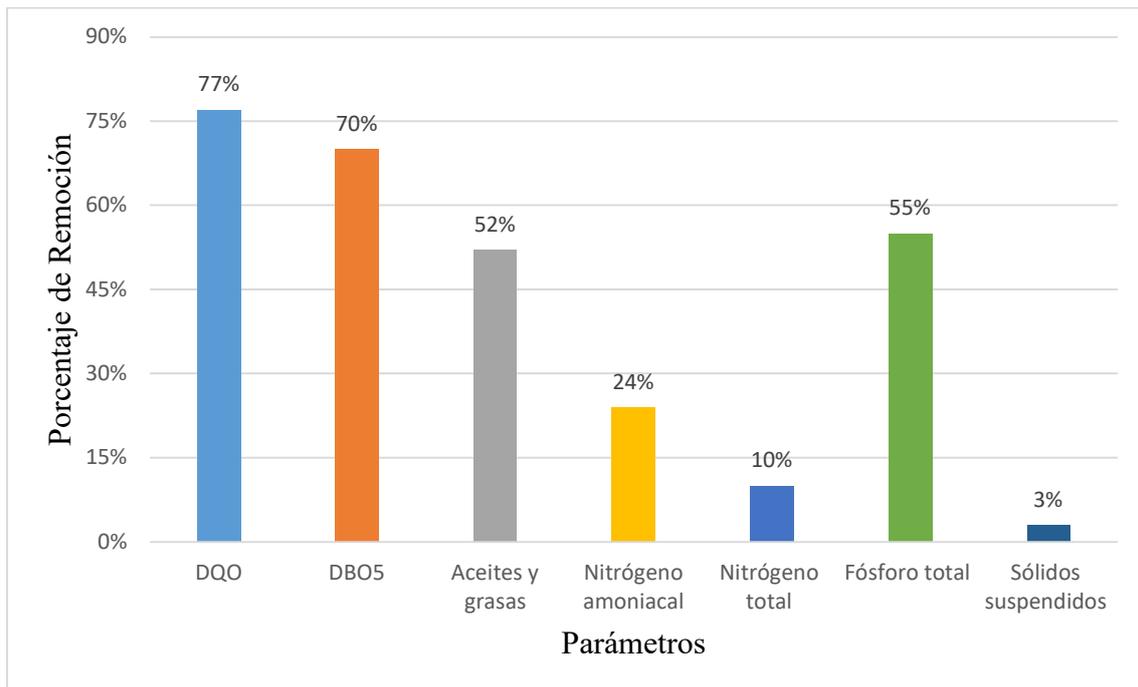
Cf: Valor final del parámetro (Efluente)

En la Tabla 20 se observan por porcentajes de remoción real en los parámetros fisicoquímicos de la planta de tratamiento de la comunidad La Floresta; al mismo tiempo se visualiza en la figura 20 el diagrama de barras con los resultados obtenidos.

*Tabla 19. Remoción real de contaminantes.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>% Eficiencia de Remoción</b>
DQO	mg/l	837.5	190.0	77 %
DBO5	mg O2/l	433.9	132.0	70 %
Aceites y grasas	mg/l	855.2	406.9	52 %
Nitrógeno amoniacal	mg/l	18,3	13,9	24 %
Nitrógeno total	mg/l	37	33,2	10 %
Fósforo total	mg/l	41,5	18,5	55 %
Sólidos suspendidos	mg/l	189.0	183.0	3 %

*Fuente: El Autor*



*Figura 20: Esquema de remoción real de contaminantes.  
Fuente: El Autor*

Observadas las gráficas se puede determinar que el funcionamiento de la PTAR de la Dolorosa no está funcionando de manera eficiente, los niveles de contaminantes que ingresan a la planta no son removidos en su mayoría, observándose que a la salida de la planta la contaminación aún sigue siendo altos. Estos resultados responden a que evidentemente la PTAR requiere de más procesos unitarios que ayuden a la remoción de los contaminantes del agua residual.

### **3.3. Dimensiones actuales de los elementos que conforman la PTAR**

#### **3.3.1. Tanque repartidor**

El tanque repartidor cuenta con un tubo H.S a la entrada de diámetro de 400 mm y a la salida tiene un diámetro de 160 mm de PVC, además cuenta con un bypass, las medidas del tanque se presentan en la tabla 21, mientras que en la figura 21 y 22 se puede observar el diseño detallado.

Tabla 20. Dimensión del tanque repartidor.

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	2.00	m
Ancho	1.20	m
Altura 1	1.20	m
Altura 2	1.50	m
Espesor de pared	0.15	m

Fuente: El Autor

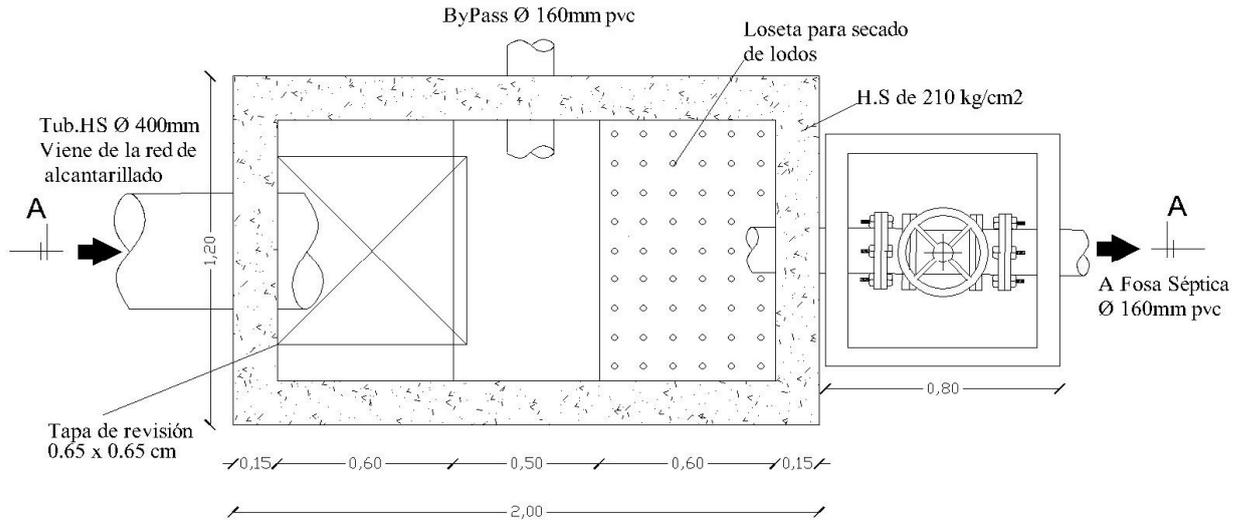


Figura 21: Vista en planta del tanque repartidor.

Fuente: El Autor

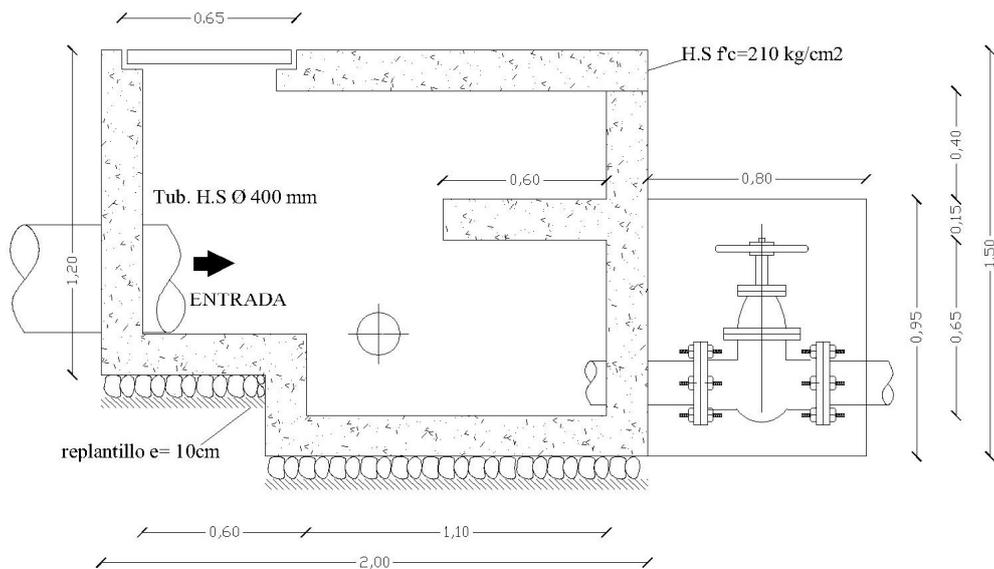


Figura 22. Corte A-A del tanque repartidor.

Fuente: El Autor

### 3.3.2. Tanque séptico

Esta estructura tiene una tubería que ingreso con un tubo de 160mm de diámetro de pvc, y se conecta al filtro biológico por una tubería de la misma dimensión, mientras que para la salida de lodos tiene una tubería PVC de 160 mm. En la tabla 22 se presenta las dimensiones del tanque séptico y en las figuras 23, 24 y 25 se observa el diseño de la misma.

Tabla 21. Dimensión del tanque séptico.

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	6.00	m
Ancho	2.50	m
altura	2.20	m
Espesor de pared	0.20	m

Fuente: El Autor

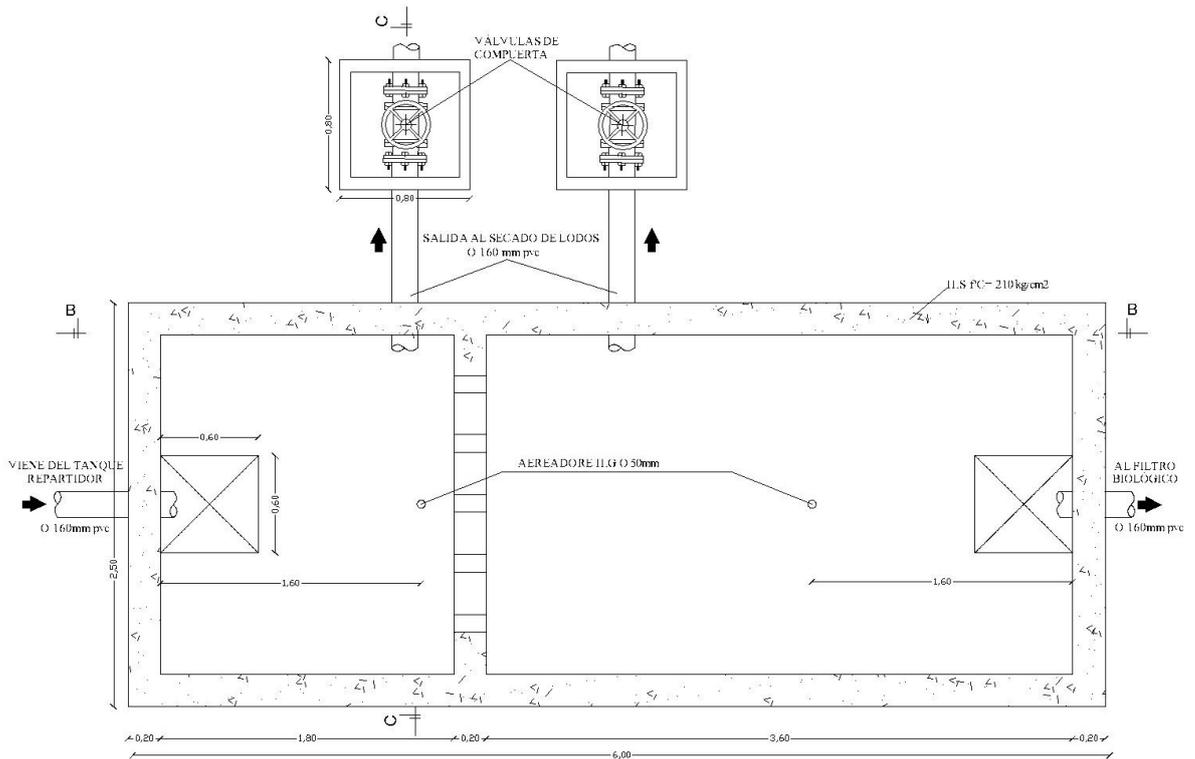


Figura 23. Vista en planta de la fosa séptica.

Fuente: El Autor

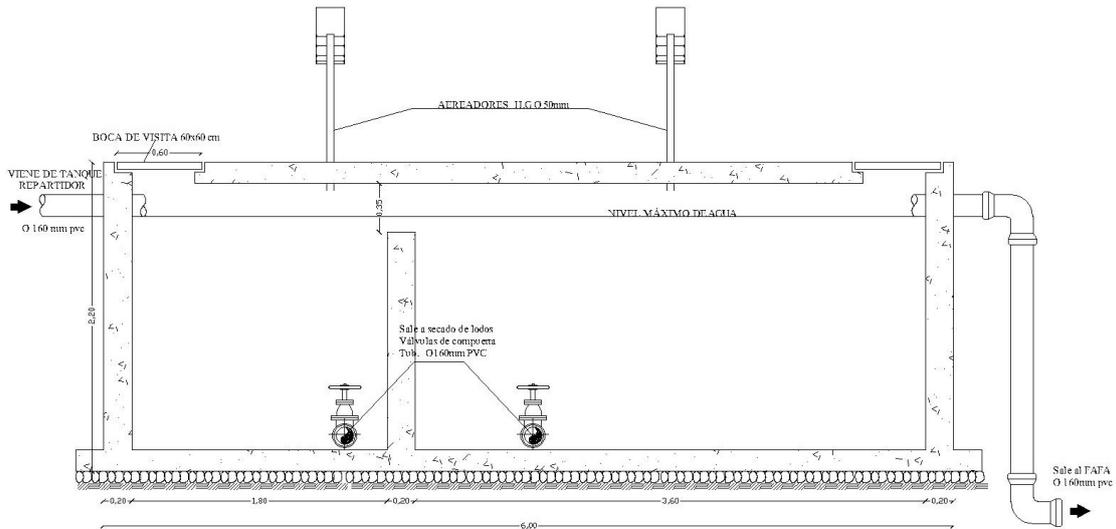


Figura 24. Corte B-B' de la fosa séptica.  
Fuente: El Autor

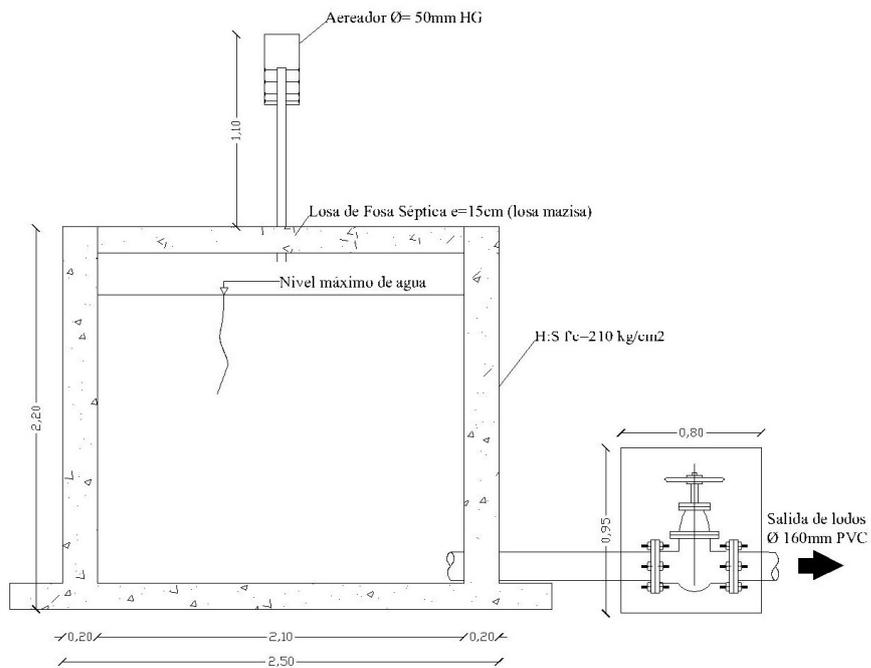


Figura 25. Corte C-C' de la fosa séptica.  
Fuente: El Autor

### 3.3.3. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

En esta estructura tiene una tubería PVC de 160 mm al ingreso del filtro y a la salida es de 160 mm, cuenta con grava de 50-76 mm que cumple la función medio filtrante, en la tabla 23 se observa las dimensiones obtenidas de la estructura y en las figuras 26 y 27 se observa el diseño del FAFa.

Tabla 22. Dimensión del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro	3.20	m
Altura	2.50	m
Espesor de pared	0.10	m
Altura de material filtrante	1.65	m

Fuente: El Autor

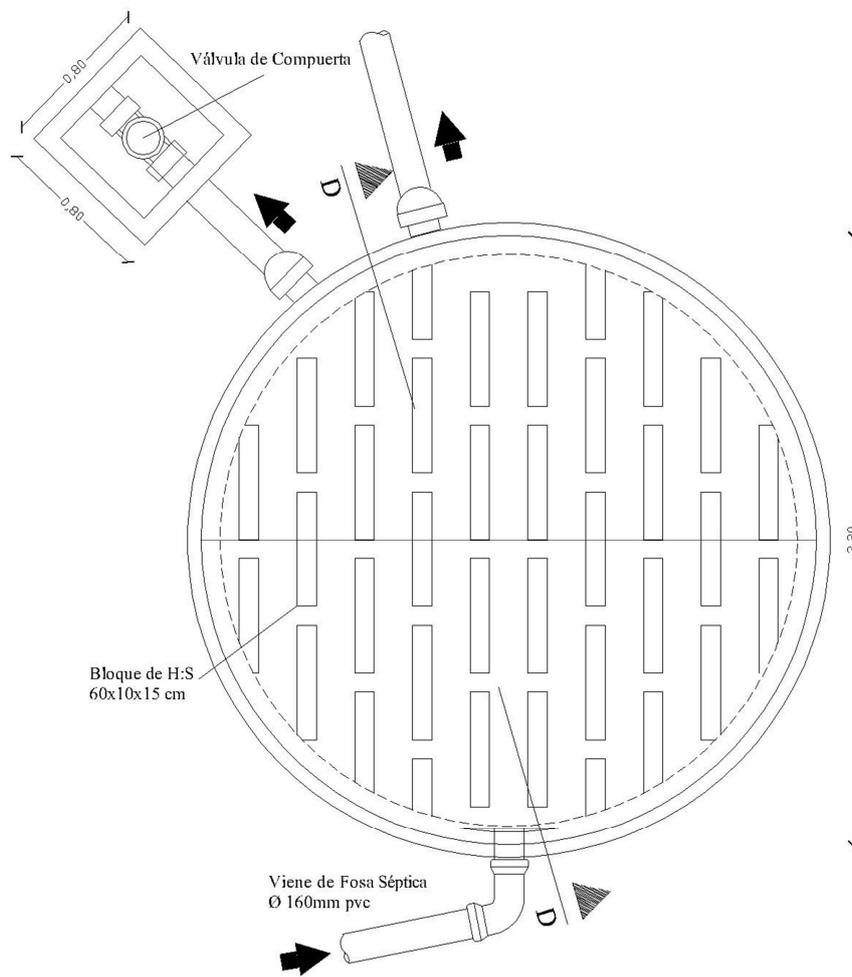


Figura 26. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Fuente: El Autor

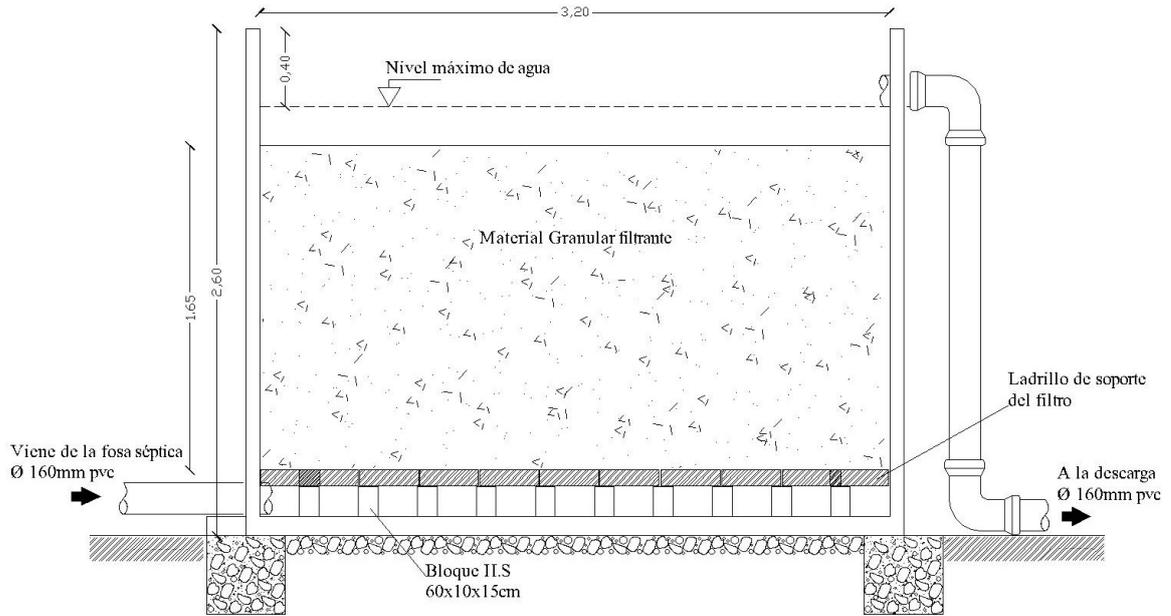


Figura 27. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente; Corte D-D'  
Fuente: El Autor

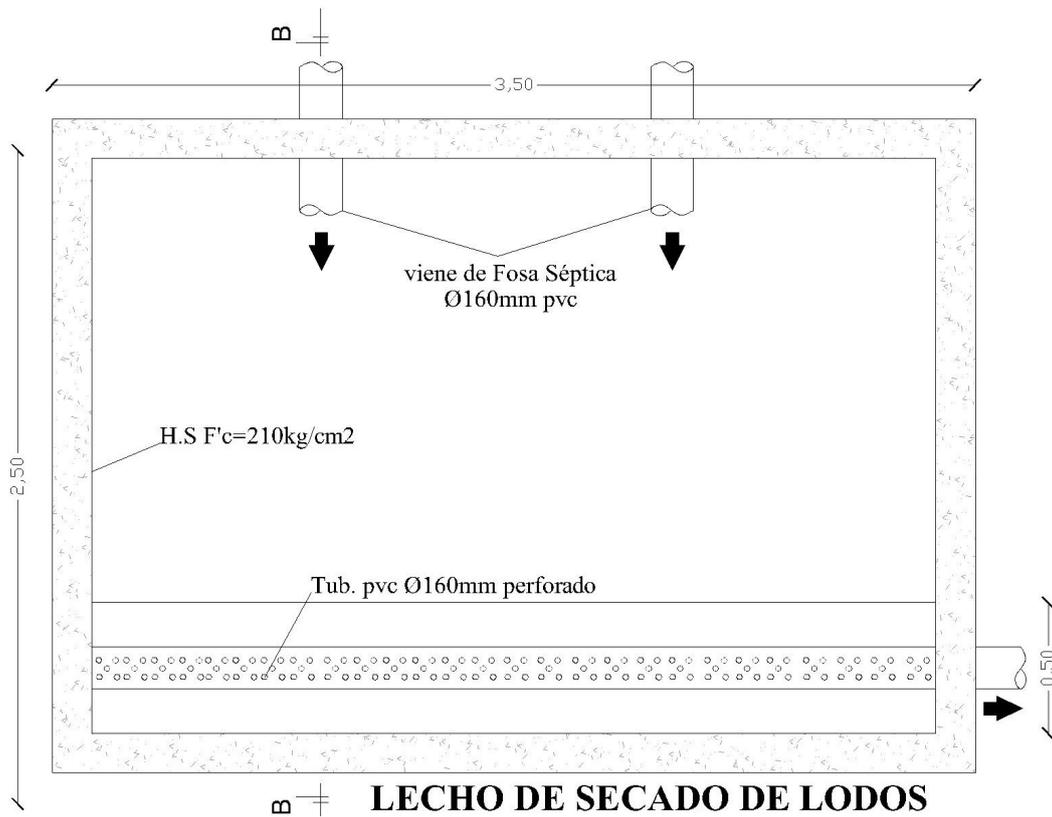
### 3.3.4. Lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos cuenta dos tuberías PVC de salida de lodos con un diámetro de 160 mm de diámetro, en la tabla 24 se observa las dimensiones y en las figuras 28 y 29 se aprecia el diseño que tiene el lecho de secado de lodos.

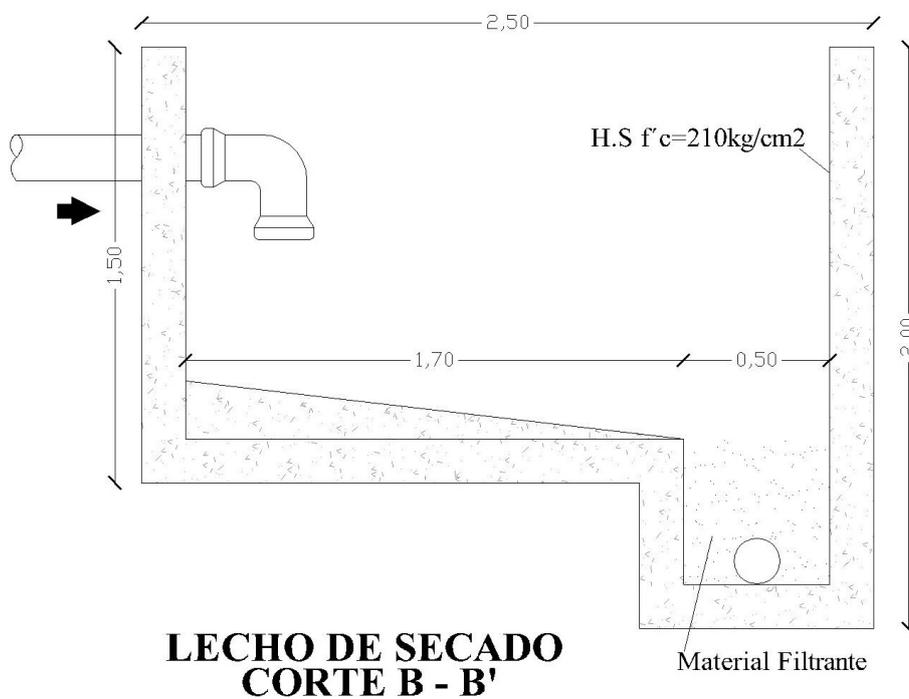
Tabla 23. Dimensión del lecho de secado de lodos.

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	3.50	m
Ancho	2.50	m
Altura 1	1.50	m
Altura 2	2.00	m
Espesor de pared	0.15	m

Fuente: El Autor



*Figura 28: Vista en planta del lecho de secado de lodos*  
Fuente: El Autor



*Figura 29: Corte en B-B del lecho de secado de lodos*  
Fuente: El Autor

### 3.4. Verificación del funcionamiento de la PTAR.

#### 3.4.1. Diagnóstico del tanque repartidor de caudales

Con un análisis visual previo se puede evidenciar que existía el espacio para una rejilla interna, con lo que ayudaría a evitar el paso de sólidos grandes, al paso del tiempo de vida útil fueron retirados. En la actualidad este elemento no cumple con la función en la que fue prevista para el tratamiento de aguas residuales, por lo que para este proyecto de estudio se considerara como un pozo de ingreso a la fosa séptica.

#### 3.4.2. Diagnóstico fosa séptica

Según la Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización de la OPS [45], los datos para los cálculos se presentan a continuación en la tabla 25.

Donde:

- ✓ Según el Gad Parroquial Rural de Yanayacu en su PDOT [36], indicada que la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad La Floresta recolecta las aguas de uso doméstico de 150 familias con una media aritmética de 4 personas por familia dando con una población de 600 habitantes.
- ✓ Para el caudal aguas residuales se toma como referencia el dato obtenido por la medición de caudales que se realizó en el ingreso de la PTAR en su horario más crítico y de mayor caudal como se observa en la tabla 17, dando como dato de partida 0.75 lt/seg, siendo este el mayor de su horario de 11h00 a 12h00, con la ecuación (25) se calcula el caudal en l/hab\*día.

Ecuación 23. Caudal agua residuales

$$Q = \frac{Q_{\text{ingreso}} \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * \frac{86400\text{seg}}{\text{día}}}{\text{población}}$$
$$Q = \frac{0.75 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * \frac{86400\text{seg}}{\text{día}}}{600 \text{ hab}}$$

$$Q = 108 \frac{l}{hab} * día$$

- ✓ De acuerdo con la Organización Panamericana de salud (OPS) en su Guía para para el diseño de Tanques Séptico, Tanques Inhoff y Lagunas de estabilización, menciona que el volumen producido por lodos depende de la temperatura ambiental [45]. Los mismos que se consideran a continuación:
  - Clima cálido → 40 litros/hab\*año
  - Clima frío → 50 litros/hab\*año

Tabla 24. Datos del análisis de la fosa séptica

Datos	Valor	Unidad
Población (P)	600	hab
Caudal de agua residuales (Q)	108	l/hab*día
Volumen de lodos producidos por hab/año (G)	50	l/hab*año
Intervalo de operación de remoción de lodos (N)	1	año

Fuente: El Autor

- Periodo de retención hidráulica

$$PR = 1.5 - 0.3 \text{Log} (P * Q)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \text{Log} \left( 600 \text{ hab} * 108 \frac{1}{\text{hab} * \text{día}} \right)$$

$$PR = 0.06 \text{ días}$$

Periodo de retención mínimo es de 6 días

$$PR = 6 \text{ horas} = 0.25 \text{ días}$$

- Volumen requerido para la sedimentación

$$V_s = \frac{P * Q * PR}{1000}$$

$$V_s = \frac{600 \text{ hab} * 108 \frac{1}{\text{hab} * \text{día}} * 0.25 \text{ días}}{1000}$$

$$V_s = 16.2 \text{ m}^3$$

- Volumen de digestión y almacenamiento

$$Vd = \frac{G * P * N}{1000}$$

$$Vd = \frac{50 \frac{1}{hab * día} * 600hab * 1año}{1000}$$

$$Vd = 30 m^3$$

- Volumen de natas

El Volumen mínimo es de  $0.70 m^3$

$$Vn = 0.70 m^3$$

- Volumen total de fosa séptica

$$Vt = Vs + Vd + Vn$$

$$Vt = 16.2m^3 + 30m^3 + 0.70m^3$$

$$Vt = 46.9 m^3$$

El volumen de la fosa séptica actual es de  $33 m^3$  es menor que el volumen calculado de  $46.9 m^3$ , esto quiere decir que las dimensiones de la fosa séptica no son las adecuadas para la remoción de aguas residuales y de igual manera el elemento estructural se encuentra en mal estado y falta de mantenimiento.

### 3.4.3. Diagnóstico del lecho de secado de lodos

Continuando con el criterio de diseño para esta estructura fue evaluada con lo que dice el manual de la Organización panamericana de la Salud [45], con los siguientes datos de la Tabla 27.

Donde:

- ✓ Caudal de diseño revisar Tabla 17.
- ✓ Solidos Suspendidos revisar tabla 19.
- ✓ Según la Organización Panamericana de salud (OPS) en su Guía para para el diseño de Tanques Séptico, Tanques Inhoff y Lagunas de estabilización [45, p. 19], indica que la densidad de lodos es igual  $1.04 Kg/l$ . El Porcentaje contenidos en lodos varía entre 8% al 12% y la profundidad aplicada, entre 0.20 m a 0.40 m.
- ✓ De acuerdo con la OPS y su guía de diseño [45], menciona que el tiempo de digestión de lodos depende de la temperatura como se observa en la tabla 26.

Tabla 25. Tiempo requerido para digestión de lodos

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas superficiales, OPS [45, p. 17]

Tabla 26. Datos del análisis del lecho de secado de lodos

Datos	Valor	Unidad
Caudal de diseño (Q)	0.75	l/seg
Sólidos suspendidos en el agua residual cruda (SS)	189	mg/l
Densidad de lodos (plodo)	1.04	Kg/l
Porcentaje de sólidos (% sólidos)	10	%
Tiempo de digestión (Td)	55	días
Profundidad de aplicación (Ha)	0.40	m

Fuente: El Autor

- Carga de sólidos de ingreso

$$C = Q * SS * 0.0864$$

$$C = 0.75 \frac{l}{seg} * 189 * 0.0864$$

$$C = 12.24 \text{ Kg de SS/día}$$

- Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$Msd = \left( 0.5 * 0.7 * 0.5 * 12.24 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}} \right) + \left( 0.5 * 0.3 * 12.24 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}} \right)$$

$$Msd = 3.98 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}}$$

- Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{plodo * (\% \text{ de sólidos} / 100)}$$

$$Vld = \frac{3.98 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}}}{1.04 \text{ kg/l} * (10 / 100)}$$

$$Vld = 38.27 \text{ l/día}$$

- Volumen de lodos a extraerse del tanque

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{38.27 \frac{\text{l}}{\text{día}} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 2.10 \text{ m}^3$$

- Área del lecho de secado de lodos

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als = \frac{2.10 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$Als = 5.25 \text{ m}^2$$

El área actual del lecho de secado de lodos es de 13.13 m<sup>2</sup>, el área calculada es 5.25 m<sup>2</sup>, de tal manera nos indica que las medidas si solventan para que la estructura trabaje adecuadamente. Pero es importante corregir la parte inferior ya que no cuenta con material filtrante y una tubería perforada que sirva como drenaje de los líquidos que contienen los lodos.

#### 3.4.4. Diagnóstico del filtro anaerobio de flujo ascendente.

Para el diagnóstico del filtro anaeróbico de flujo ascendente se realizó con el Manual de la Comisión nacional del Agua (CONAGUA) [48], con los datos mostrados en la Tabla 28.

Donde:

- ✓ Caudal promedio se expresa como dato de partida el caudal de la tabla 17, que es 0.75 l/s y transformando sus unidades a m<sup>3</sup>/día, con la siguiente formula:

$$Q = 0.75 \frac{\text{l}}{\text{seg}} * \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ día}} * \frac{0.001 \text{ m}^3}{\text{l}}$$

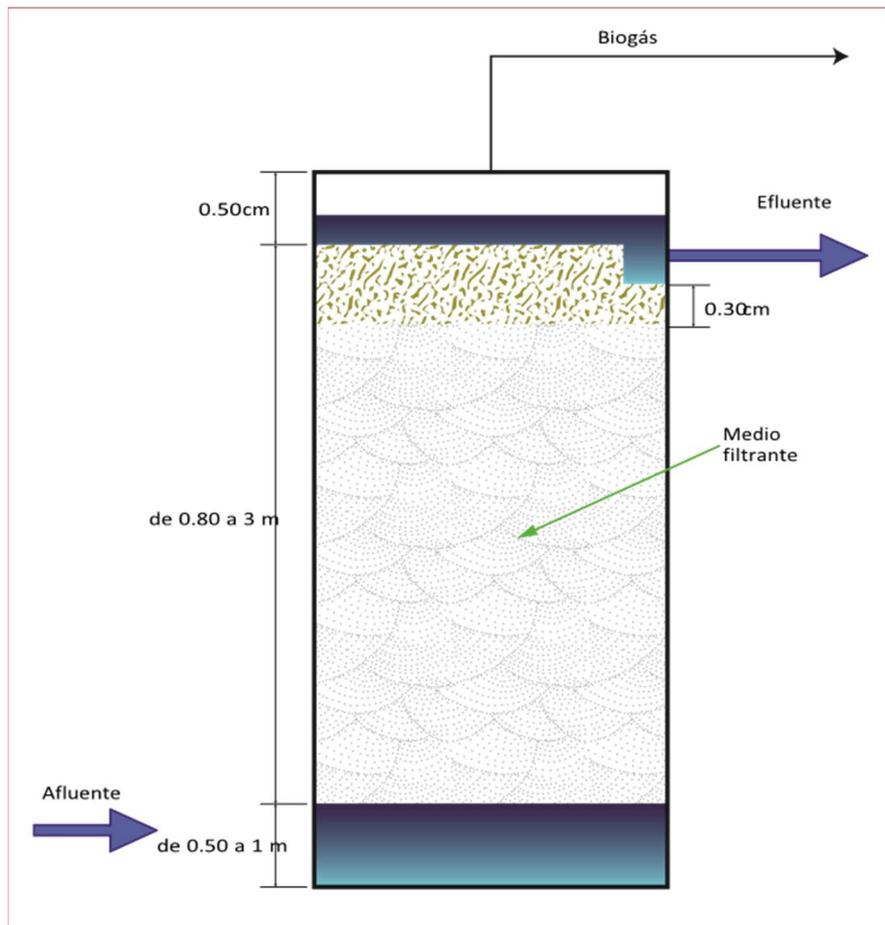
$$Q = 64.8 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- ✓ Chernicharo de Lemos, citado por la CONAGUA [48], dice que la carga orgánica volumétrica en estudios realizados en varios filtros anaerobios aplicando un COV

de 0.25 a 0.75 kg de DBO/m<sup>3</sup> d; La carga hidráulica superficial entre 6 y 15 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup> d).

- ✓ La demanda bioquímica de oxígeno revisar tabla 19.
- ✓ Tanto la longitud de borde libre y la longitud del bajo dren según la CONAGUA [48, p. 16], indica sus valores de dimensionamiento por un gráfico, revisar en la figura 30.

Figura 30. Criterios de dimensionamiento en un FAFA.



Fuente: CONAGUA [48, p. 16].

Tabla 27. Datos del análisis del FAFA

Datos	Valor	Unidad
Caudal Promedio (Q)	64.8	m <sup>3</sup> /día
Carga Orgánica Volumétrica (COV)	0.75	Kg DBO/m <sup>3</sup> día
Carga Hidráulica Superficial (CHS)	10	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> día
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (So)	433.9	mg/l
Longitud del borde libre (b)	0.50	m
Longitud del bajo Dren (d)	0.50	m

Fuente: El Autor

### Cálculo de las dimensiones teóricas del FAFA

- Área teórica del FAFA

$$A = \frac{Q}{CHS}$$
$$A = \frac{64.8 \text{ m}^3/\text{día}}{10 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} * \text{día}}$$
$$A = 6.48 \text{ m}^2$$

- Volumen del medio filtrante

$$Vm_f = \frac{Q * S_o}{COV}$$
$$Vm_f = \frac{64.8 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.433 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}{0.75 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}}$$
$$Vm_f = 37.41 \text{ m}^3$$

- Altura del medio filtrante

$$hm = \frac{Vm_f}{A}$$
$$hm = \frac{37.41 \text{ m}^3}{6.48 \text{ m}^2}$$
$$hm = 5.77 \text{ m}$$

- Altura total del filtro

$$H = hm + b + d$$
$$H = 5.77 \text{ m} + 0.5 \text{ m} + 0.5 \text{ m}$$
$$H = 6.77 \text{ m}$$

- Volumen total del filtro

$$Vt = A * H$$
$$Vt = 6.48 \text{ m}^2 * 6.77 \text{ m}$$
$$Vt = 43.87 \text{ m}^3$$

- Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{Vm_f}{Q}$$
$$TRH = \frac{37.41 \text{ m}^3}{64.8 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$TRH = 0.60 \text{ día}$$

$$TRH = 14.40 \text{ h}$$

- Revisión de la carga Orgánica Volumétrica (COV)

$$COV_t = \frac{Q * S_o}{V_t}$$

$$COV_t = \frac{64.8 \frac{m^3}{día} * 0.433 \frac{Kg \text{ DBO}}{m^3}}{43.87 m^3}$$

$$COV_t = 0.64 \frac{Kg \text{ DBO}}{m^3 * día}$$

- Eficiencia esperada

$$E = 100[1 - 0.87(TRH)^{-0.5}]$$

$$E = 100[1 - 0.87(14.40 \text{ h})^{-0.5}]$$

$$E = 77.00 \%$$

- Concentración de DBO Esperado en el afluente

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E(S_o)}{100}$$

$$DBO_{ef} = 433.9 \text{ mg/l} - \frac{77 * (433.9 \text{ mg/l})}{100}$$

$$DBO_{ef} = 99.80 \text{ mg/l}$$

Las medidas y datos reales del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) para la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) actual de la comunidad la Floresta; Para la misma los datos se presenta en la Tabla 29.

Tabla 28. Datos Actuales de FAFA

Datos	Valor	Unidad
Diámetro del filtro (D)	3.20	m
Altura del filtro (H)	2.50	m
Longitud del borde libre (B)	0.60	m
Longitud del bajo dren (D)	0.25	m
Caudal promedio (Q)	64.8	m <sup>3</sup> /día
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	433.9	mg/l

Fuente: El Autor

Cálculos de las dimensiones reales del FAFA

- Área real del filtro

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (3.20)^2}{4}$$

$$A = 8.04 \text{ m}^2$$

- Altura del medio filtrante

$$hm = H - b - d$$

$$hm = 2.50\text{m} - 0.60\text{m} - 0.25\text{m}$$

$$hm = 1.65\text{m}$$

- Volumen del medio filtrante

$$Vm_f = hm * A$$

$$Vm_f = 1.65\text{m} * 8.04\text{m}^2$$

$$Vm_f = 13.27\text{m}^3$$

- Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{Vm_f}{Q}$$

$$TRH = \frac{13.27 \text{ m}^3}{64.8\text{m}^3/\text{día}}$$

$$TRH = 0.20 \text{ día}$$

$$TRH = 4.80 \text{ h}$$

- Eficiencia esperada

$$E = 100[1 - 0.87(TRH)^{-0.5}]$$

$$E = 100[1 - 0.87(4.8 \text{ h})^{-0.5}]$$

$$E = 60.29\%$$

- Concentración de DBO esperada en el efluente

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E(S_o)}{100}$$

$$DBO_{ef} = 433.9 \text{ mg/l} - \frac{60.29(433.9 \text{ mg/l})}{100}$$

$$DBO_{ef} = 172.30 \text{ mg/l}$$

En consecuencia, de los cálculos realizados y para el diagnóstico del FAFA en la Tabla 30, se muestra el resumen comparativo de los valores calculados tanto teórico y reales para su mejor diagnóstico.

*Tabla 29. Resumen valores calculados FAFA.*

<b>Datos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Calculado</b>	<b>Valor real</b>
Área del filtro	$m^2$	6.48	8.04
Altura total del filtro	$m$	6.77	2.50
Volumen total del filtro	$m^3$	43.87	20.11
Altura del medio filtrante	$m$	5.77	1.65
Volumen del medio filtrante	$m^3$	37.41	13.27
Tiempo de retención hidráulica	$h$	13.92	4.80

*Fuente: El Autor*

Con el resumen que se puede observar en la Tabla 30, se concluye que el filtro anaeróbico del flujo ascendente no cumple con el diseño del manual de referencia, puesto que los valores reales son menores que los calculados, lo que esto genera que el agua residual no se depura correctamente. En consecuencia, de ello es ineficiencia en el mantenimiento actualmente el filtro no cumple con la desinfección del agua residual.

### 3.5. Verificación de la hipótesis

Mediante los análisis realizados se puede constatar que la planta de tratamiento de la comunidad La Floresta en la Parroquia Yanayacu, tienen elevadas concentraciones de sólidos suspendidos y aceites y grasas lo que causa la elevación de valores de la DBO5 y DQO (Tabla 19 y 20)

La remoción de los contaminantes del agua residual que ingresa a la planta es removida por los procesos unitarios con los que cuenta actualmente la planta de tratamiento, sin embargo, en los resultados obtenidos indica que la planta no está funcionando correctamente debido a que los análisis del agua reflejaron que sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente (Tabla 19 y 20).

Asimismo, cada estructura de la planta de tratamiento de aguas residuales se evaluó funcionamiento de todas las estructuras, donde se evidencio que el FAFA no cuenta con el volumen necesario para un adecuado tratamiento secundario que fue diseñado para depurar el agua residual.

Al realizar la evaluación de la PTAR de la comunidad La Floresta, verificamos que la hipótesis de trabajo la cual indica que la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad La Floresta en la Parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua actualmente no se encuentra funcionando de manera correcta.

### **3.6. Propuesta de un rediseño para el mejoramiento de la PTAR.**

En este apartado se realiza una propuesta de mejora para la PTAR de la comunidad Yanayacu la cual es realizada en base al análisis realizado en la mencionada planta y a los requerimientos necesarios. El proceso de tratamiento propuesto consta de las siguientes mejoras.

Implementar un sistema de cribado para la retención de residuos sólidos gruesos que ingresan junto al agua residual, con la finalidad de disminuir los sólidos que pueden afectar la eficiencia de los demás procesos unitarios.

Implementar un desarenador para reducir los sólidos, partículas pesadas que no han sido eliminados en el sistema de cribado.

Además, se propone un sistema de desinfección del agua para lograr cumplir con el propósito por cual fue creado la planta y cumplir con los valores establecidos en la normativa vigente

La propuesta realizada en este proyecto consta de: cribado, desarenador, Tanque repartidor de caudales, desarenador, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y por la desinfección.

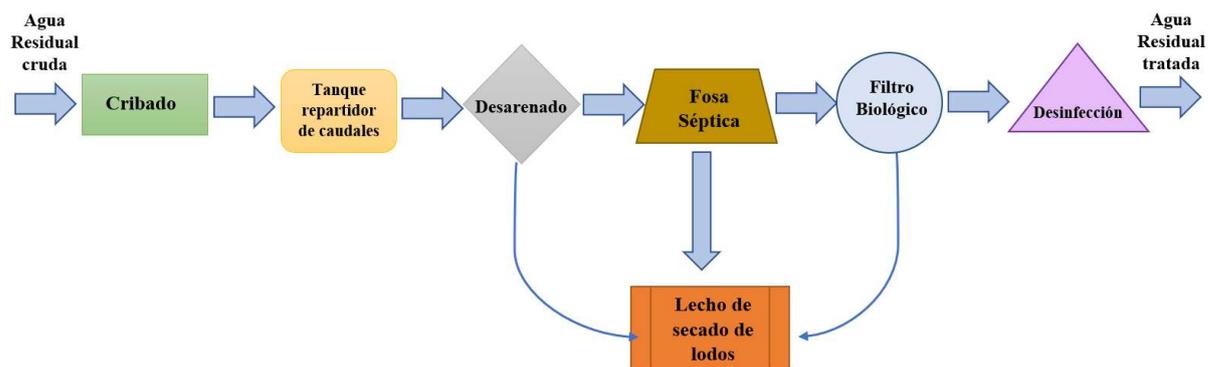


Figura 31. Propuesta de rediseño de la PTAR

Fuente: El Autor

### 3.6.1. Parámetros de diseño

#### Número de habitantes

El número de habitantes, se obtuvo mediante información levantada en el Gad parroquial Yanayacu, en donde indicaron que cuenta con 150 familias compuestas de 4 miembros, conformándose así por aproximadamente de 600 habitantes en la comunidad.

#### Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional se establece por tres métodos que son; Método Aritmético, Método Geométrico y Método Exponencial.

- **Método Aritmético**

Para emplear este método usamos los datos censales de población que proporciona el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) de la Tabla 31.

Tabla 30. Comparación de medidas tomadas en situ y las medidas calculadas

Año Censal	Población (habitantes)
1990	11956
2001	13611
2010	14254

Fuente: INEC [49].

$$r = \left( \frac{\frac{Pf}{Pi} - 1}{t} \right) * 100$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento poblacional %.

Pf = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección de habitantes.

Pi = Población correspondiente al año del censo inicial con información de habitantes

t = Período poblacional (años).

$$r_1 = \left( \frac{\frac{13611}{11956} - 1}{11} \right) * 100$$

$$r_1 = 1.26 \%$$

$$r_2 = \left( \frac{\frac{14254}{13611} - 1}{9} \right) * 100$$

$$r_2 = 0.52 \%$$

$$r = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

$$r = \frac{1.26\% + 0.52\%}{2} = \mathbf{0.89\%}$$

- **Método Geométrico**

$$r = \left[ \left( \frac{Pf}{Pi} \right)^{1/t} - 1 \right] * 100$$

$$r_1 = \left[ \left( \frac{13611}{11956} \right)^{1/11} - 1 \right] * 100$$

$$r_1 = 1.19\%$$

$$r_2 = \left[ \left( \frac{14254}{13611} \right)^{1/9} - 1 \right] * 100$$

$$r_2 = 0.51\%$$

$$r = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

$$r = \frac{1.19\% + 0.51\%}{2} = \mathbf{0.85\%}$$

- **Método Exponencial**

$$r = \left( \frac{\ln \frac{P_f}{P_i}}{t} \right) * 100$$

$$r_1 = \left( \frac{\ln \frac{13611}{11956}}{11} \right) * 100$$

$$r_1 = 1.18\%$$

$$r_2 = \left( \frac{\ln \frac{14254}{13611}}{9} \right) * 100$$

$$r_2 = 0.51\%$$

$$r = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

$$r = \frac{1.18\% + 0.51\%}{2} = \mathbf{0.85\%}$$

Al analizar la tasa de crecimiento poblacional con los diferentes métodos se obtuvieron porcentajes menores a la unidad por lo que se considera  $r = 1\%$ .

### **Población futura**

Con los datos obtenidos en el área de estudio tenemos una población actual de 600 habitantes y obtenida la tasa de crecimiento  $r=1\%$ , vamos a conocer la población futura con un periodo de diseño de 25 años, con los 3 mismos métodos que se utilizó para tasa de crecimiento obtendremos la población futura.

- **Método Aritmético**

$$P_f = P_a(1 + r * n)$$

Donde:

Pa= Población actual

r= tasa de crecimiento

n=periodo de diseño (años)

$$P_f = 600(1 + 0.01 * 25)$$

$$P_f = 750 \text{ hab}$$

- **Método Geométrico**

$$Pf = Pa(1 + r)^n$$

$$Pf = 600(1 + 0.01)^{25}$$

$$Pf = 770 \text{ hab}$$

- **Método Exponencial**

$$Pf = Pa * e^{r*n}$$

$$Pf = 600 * e^{0.01*25}$$

$$Pf = 770 \text{ hab}$$

La población futura en un periodo de diseño de 25 años es de 770 habitantes.

### 3.6.2. Dotación

#### Dotación Actual

De acuerdo con la Norma CO 10.7 – 602 de La secretaría del Agua, Indica que la dotación de agua para el nivel de servicio **I**b**** (Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa y sistemas de alcantarillado sanitario) en el clima frío la dotación es 75 litros/habitante/día [38, pp. 30 - 31].

#### Dotación Futura

La dotación incrementa en consecuencia del aumento de la población al paso de los años, de esta manera asumiremos como incremento 1 l/Hab\*día por cada año.

$$Df = Da + 1 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}} * n$$

Donde:

Df = Dotación futura (l/hab\*día)

Da = Dotación actual (l/hab\*día)

n= periodo de diseño (años)

$$Df = 75 + 1 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}} * 25$$

$$Df = 100 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}}$$

#### Caudales de diseño

Los caudales obtenidos para el diseño de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales se serán obtenidos acorde a la Norma boliviana [67].

### Caudales medio diario sanitario

$$Qmd = \frac{Pf * Df}{86400} * C$$

Donde:

Qmd= Caudal medio diario (l/seg)

Pf= Población Futura (hab)

Df= Dotación futura (hab)

C= Coeficiente de retorno (0.7 – 0.8)

$$Qmd = \frac{770 \text{ hab} * 100 \frac{\text{l}}{\text{hab} * \text{día}}}{86400} * 0.8$$
$$Qmd = 0.71 \text{ l/seg}$$

### Caudales máximo horario

Los altos índices de suministro generan picos elevados de consumo por lo cual depende el caudal máximo horario Mercalf & Eddy [22], se puede recurrir a la estadística para determinar la desviación típica y con eso el caudal máximo horario.

Por medio de la utilización Excel y la tabla 17, para obtener la Desviación Estándar con los siguientes datos:

N: Numero de muestra

$$N = \sum \text{Caudales} = 84$$

$\bar{x}$ : Valor promedio de los caudales tomados

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N xi}{N} = 0.52$$

$\sigma$ : Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (xi - \bar{x})^2}{N}}$$
$$\sigma = 0.161 \text{ lt/seg}$$

Entonces:

$$QMH = Qmd + 2 * \sigma$$

$$Q_{MH} = 0.71 \frac{lt}{seg} + 2 * 0.161 \frac{lt}{seg}$$

$$Q_{MH} = 1.032 \text{ lt/seg}$$

### **Caudales por infiltración**

La infiltración que se refiere este caudal es el que ingresa subterráneamente por las fisuras que pueden presentar en la tubería en toda la red de alcantarillado.

$$Q_{inf} = I * L$$

I= Coeficiente de infiltración

L= Longitud de la tubería Obtenida del PDOT del Gad Parroquial de Yanayacu [36, p. 138], es de 859m.

$$Q_{inf} = 0.0001 \frac{l}{seg * m} * 859m$$

$$Q_{inf} = 0.085 \text{ l/seg}$$

### **Caudales por conexiones erradas**

Las conexiones erradas corresponden al aporte de aguas pluviales al sistema sanitario, por este motivo la norma incrementa un porcentaje al caudal máximo horario entre el 5% al 10% por condiciones que se evidencio en un recorrido por el sector tomaremos el máximo del porcentaje que es el 10%.

$$Q_{ce} = 10\% * Q_{MH}$$

$$Q_{ce} = 0.10 * 1.032 \text{ l/seg}$$

$$Q_{ce} = 0.103 \text{ l/seg}$$

### **Caudales de diseño**

$$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce}$$

$$Q_d = 1.032 \frac{l}{seg} + 0.085 \frac{l}{seg} + 0.103 \frac{l}{seg}$$

$$Q_d = 1.22 \frac{l}{seg}$$

### 3.6.3. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas

Para realizar el dimensionamiento del tren de tratamiento de la PTAR para la comunidad La Floresta parroquia Yanayacu, se lo realiza con los procesos que muestran a continuación.

#### 3.6.3.1. Dimensionamiento del canal de entrada

Segun García & Corzo (2008). Indica que, entre el 0,20 a 2 m de ancho, asumiendo para nuestro diseño un ancho de 90 cm, de la misma manera se establece una altura de 50 cm que se encuentra dentro de los valores propuestos por el mismo autor.

Tabla 31. Medidas del canal de entrada.

MEDIDAS DEL CANAL DE ENTRADA	
Ancho útil del canal	0,40 m
Profundidad del canal	0,55 m
Longitud del canal	1,5 m

*Nota:* A este valor le sumamos un resguardo de 0,05m según lo indicado por (García & Corzo Hernández, 2008), por ende, la profundidad del canal será de 0,55 m

#### 3.6.3.2. Diseño de la rejilla

En el dimensionamiento de las rejillas el espesor debe encontrarse entre 5 – 15 mm y de ancho de 25 – 50, pero lo recomendable es a 25 mm (INEN, 1992) [50].

$$N = \frac{b + e}{\varnothing + e}$$

Donde:

N: Numero de barras

b= Ancho de canal de entrada (mm)

Ø= diámetro de barras (mm)

e= Espaciamiento asumido entre barras (mm)

$$N = \frac{400mm + 25mm}{14mm + 25mm}$$

$$N = 11 \text{ barrotos}$$

#### 3.6.3.3. Diseño del desarenador

García & Corzo (2008) recomienda. Para el diseño se consideren los criterios de este texto y “Que el tamaño de las partículas es de 0,2 mm [42], para el diseño se

utilizó el criterio de la OPS [45], los datos de partida para el diseño se muestran en la Tabla 33.

Tabla 32. Datos de partida del desarenador.

<b>DATOS DE PARTIDA</b>	
Caudal de diseño (Qd)	1.22 l/seg
Temperatura del agua (T)	14°C
Aceleración de la gravedad (g)	981 cm/seg <sup>2</sup>
Diámetro de las partículas (d)	0.02 cm
Viscosidad cinemática del agua (η)	0.011754 cm <sup>2</sup> /seg
Densidad de la arena (ρs)	2.65 g/cm <sup>3</sup>

Fuente: EL Autor

- Velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho_s - 1}{\eta} \right) d^2$$

$$V_s = \frac{1}{18} * 981 \frac{cm}{seg^2} * \left( \frac{2.65 - 1}{0.011754 \text{ cm}^2/seg} \right) * 0.02 \text{ cm}^2$$

$$V_s = 3.060 \frac{cm}{seg}$$

- Comparación de números de Reynolds

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta}$$

$$Re = \frac{3.060 \frac{cm}{seg} * 0.02 \text{ cm}}{0.011754 \frac{cm^2}{seg}}$$

$$Re = 5.21$$

Re < 0.5 no Cumple Ley de Stokes (Se reajusta la Velocidad de Sedimentación)

- Término de la velocidad de sedimentación

$$V_s = 1 * [g(\rho_s - 1)\eta]^{1/3}$$

$$V_s = 1 * \left[ 981 \frac{cm}{seg^2} (2.65 - 1) * 0.011754 \frac{cm^2}{seg} \right]^{1/3}$$

$$V_s = 2.67 \text{ cm/seg}$$

- Nuevamente la comparación de números de Reynolds

$$Re = \frac{Vs * d}{\eta}$$

$$Re = \frac{2.67 \frac{cm}{seg} * 0.02cm}{0.011754 \frac{cm^2}{seg}}$$

$$Re = 4.54$$

Con los datos obtenidos del número de Reynolds nos ubica en la zona de transición (Ley de Allen).

- Coeficiente de arrastre

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

$$C_D = \frac{24}{4.54} + \frac{3}{\sqrt{4.54}} + 0.34$$

$$C_D = 7.03$$

- Velocidad de sedimentación

$$Vs = \sqrt{\frac{3}{4} * \frac{g}{C_D} (\rho_s - 1) * d}$$

$$Vs = \sqrt{\frac{3}{4} * \frac{981 \frac{cm}{seg^2}}{7.03} (2.65 - 1) * 0.02cm}$$

$$Vs = 2.48 \text{ cm/seg}$$

$$Vs = 0.025 \text{ m/seg}$$

- Velocidad de desplazamiento

$$Vd = a * \sqrt{d}$$

Coeficiente a se obtiene en función al diámetro de la partícula d=0.2

- $d > 1 \text{ mm} \rightarrow a=36$
- **$1 \text{ mm} > d > 0.1 \text{ mm} \rightarrow a=44$**
- $d < 0.1 \text{ mm} \rightarrow a=51$

$$Vd = 44 * \sqrt{0.2}$$

$$Vd = 19.68 \text{ cm/seg}$$

$$Vd = 0.1968 \text{ m/seg}$$

- Sección transversal del desarenador

$$A_{trans} = \frac{Qd}{Vd}$$

$$A_{trans} = \frac{0.00122 \frac{m^3}{seg}}{0.1968 \frac{m}{seg}}$$

$$A_{trans} = 0.006m^2$$

- Dimensiones del desarenador

Se adopta la relación 1.5:1 ancho profundidad [22]

$$B = 1.5 * h \quad (1)$$

$$A_{trans} = B * h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_{trans}}{1.5}}$$

$$h = \sqrt{\frac{0.006m^2}{1.5}}$$

$$h = 0.08 m \approx \mathbf{0.45m}$$

Reemplazo h en la ecuación 1

$$B = 1.5 * h$$

$$B = 1.5 * 0.45$$

$$B = 0.68 \approx \mathbf{0.70m}$$

- Longitud del desarenador

$$L = \frac{Vd * h}{Vs - 0.04 * Vd}$$

$$L = \frac{0.1968 \frac{m}{seg} * 0.45m}{0.0248 \frac{m}{seg} - 0.04 * 0.1968 \frac{m}{seg}}$$

$$L = 5.17 \approx \mathbf{5.20m}$$

- Longitud de la transición (el ángulo se recomienda  $\alpha=12^\circ30'$ )

$$Lt = \frac{B - b}{2 * \text{tag } \alpha}$$

$$L_t = \frac{0.70 - 0.40m}{2 * \text{tag} (12^\circ 30')}$$

$$L_t = 0.67m \approx \mathbf{0.70m}$$

Se Verifica el criterio

$$L_t < \frac{L}{3}$$

$$0.70 < \frac{5.20m}{3}$$

$$0.70m < 1.73 m \rightarrow \text{Si Cumple}$$

- Tiempo de retención

$$T_s = \frac{h}{V_s}$$

$$T_s = \frac{0.45m}{0.0248 \text{ m/seg}}$$

$$T_s = 18.14 \text{ seg}$$

- Periodo de desplazamiento

$$T_d = \frac{L}{V_d}$$

$$T_d = \frac{5.20m}{0.1968 \text{ m/seg}}$$

$$T_d = 26.42 \text{ seg}$$

$$\mathbf{T_d > T_s}$$

$$26.42 \text{ seg} > 18.14 \text{ seg} \rightarrow \mathbf{Si cumple}$$

#### 3.6.3.4. Diseño de la fosa séptica

El diseño de la fosa séptica en base al criterio de manual de la Organización Panamericana de Salud [45], para lo cual se utilizará los datos de partida de la Tabla 33.

Tabla 33. Datos para el diseño de la Fosa Séptica

<b>DATOS PARA DISEÑO DE FOSA SÉPTICA</b>	
Habitantes (P)	770 hab
Caudal de aguas residuales (Q)	136.89 l/hab*día
Volumen de lodos (G)	50 l/hab*día
Intervalo de operación de remoción (N)	1 año

Fuente: El Autor

- Periodo de retención hidráulica

$$PR = 1.5 - 0.3 \text{Log} (P * Q)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \text{Log} (770 \text{ hab} * 136.89 \frac{1}{\text{hab} * \text{día}})$$

$$PR = 0.007 \text{ días}$$

Periodo de retención mínimo es de 6 horas

$$PR = 6 \text{ horas} = 0.25 \text{ días}$$

- Volumen requerido para la sedimentación

$$V_s = \frac{P * Q * PR}{1000}$$

$$V_s = \frac{770 \text{ hab} * 136.89 \frac{1}{\text{hab} * \text{día}} * 0.25 \text{ días}}{1000}$$

$$V_s = 26.35 \text{ m}^3$$

- Volumen de digestión y almacenamiento

$$V_d = \frac{G * P * N}{1000}$$

$$V_d = \frac{50 \frac{1}{\text{hab} * \text{día}} * 770 \text{ hab} * 1 \text{ año}}{1000}$$

$$V_d = 38.5 \text{ m}^3$$

- Volumen de natas

El Volumen mínimo es de 0.70 m<sup>3</sup>

$$V_n = 0.70 \text{ m}^3$$

- Volumen total de fosa séptica

$$V_t = V_s + V_d + V_n$$

$$V_t = 26.35 \text{ m}^3 + 38.5 \text{ m}^3 + 0.70 \text{ m}^3$$

$$V_t = 65.55 \text{ m}^3$$

- Dimensionamiento de la fosa séptica

➤ **Área**

$$A_t = L * B$$

$$A_t = 3B * B$$

$$A_t = 3B^2$$

➤ **Volumen**

$$V_t = A_t * h$$

h= Altura de fosa (valor asumido= 2.50m)

$$V = 3B^2 * h$$

$$B = \sqrt{\frac{V}{3 * h}}$$

$$B = \sqrt{\frac{65.55}{3 * 2.50m}}$$

$$B = 2.95 m$$

Entonces:

$$L = 3 * B$$

$$L = 3 * 2.95 m$$

$$L = \mathbf{8.85 m}$$

- Dimensionamiento de las cámaras

- **Primera cámara**

$$L_1 = \frac{2}{3} * L$$

$$L_1 = \frac{2}{3} * 8.85m$$

$$L_1 = 5.90 m$$

- **Segunda cámara**

$$L_2 = \frac{1}{3} * L$$

$$L_2 = \frac{1}{3} * 8.85m$$

$$L_2 = 2.95 m$$

- Volumen real de la fosa

$$V_{real} = L * B * h$$

$$V_{real} = 8.85 m * 2.95 m * 2.50 m$$

$$V_{real} = 65.27 m^3$$

### 3.6.3.5. Dimensionamiento del lecho de secado de lodos

Bajo el mismo criterio el Lecho de secado de lodos fue diseñado en base a la OPS [45], los datos para para el cálculo se presenta en la Tabla 34.

Tabla 34. Datos de Cálculo de Lecho de secado.

<b>DATOS PARA EL CÁLCULO PARA LECHO DE SECADO</b>	
Caudal de diseño (Q)	1.22 l/seg

Sólidos suspendidos en el agua residual cruda (SS)	189 mg/l
Densidad de Lodos (plodo)	1.04 kg/l
Porcentaje de sólidos (% sólidos)	12 %
Tiempo de digestión (Td)	55 días
Profundidad de aplicación (Ha)	0.40 m

Fuente: Mauricio Alejandro Molina Nogales

- Carga de sólidos de ingreso

$$C = Q * SS * 0.0864$$

$$C = 1.22 \frac{l}{seg} * 189 * 0.0864$$

$$C = 19.92 \text{ Kg de SS/día}$$

- Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$Msd = \left( 0.5 * 0.7 * 0.5 * 19.92 \text{ kg} \frac{SS}{día} \right) + \left( 0.5 * 0.3 * 19.92 \text{ kg} \frac{SS}{día} \right)$$

$$Msd = 6.474 \text{ kg} \frac{SS}{día}$$

- Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\rho lodo * (\% \text{ de sólidos} / 100)}$$

$$Vld = \frac{6.474 \text{ kg} \frac{SS}{día}}{1.04 \text{ kg/l} * (12 / 100)}$$

$$Vld = 51.88 \text{ l/día}$$

- Volumen de lodos a extraerse del tanque

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{51.88 \frac{l}{día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 2.85 \text{ m}^3$$

- Área del lecho de secado de lodos

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als = \frac{2.85 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$Als = 7.13 \text{ m}^2$$

- Dimensiones del lecho de secado de lodos

**Área**

$$Als = L * B$$

$$Als = 2B * B$$

$$B = \sqrt{\frac{Als}{2}}$$

$$B = \sqrt{\frac{7.13}{2}}$$

$$**B = 1.88 \text{ m} \approx 1.90 \text{ m}**$$

$$L = 2 * B$$

$$L = 2 * 1.90 \text{ m}$$

$$**L = 3.80 \text{ m}**$$

- Medio de drenaje como recomienda OPS [45], un espesor de 0.30 m.
  - Como medio filtrante será arena entre tamaño 0.3 a 1.3 mm, con un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.
  - Como primera capa de drenaje con un espesor de 0.20 m se coloca grava graduada entre 1.6 y 51mm [45].

### **3.6.3.6. Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente**

Para el diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente se realizó con el Manual de la Comisión nacional del Agua (CONAGUA) [48], con los datos mostrados en la Tabla 35.

Tabla 35. Datos para el diseño del FAFA

<b>Datos para Diseño de FAFA</b>	
Caudal Promedio (Q)	4.39 m <sup>3</sup> /hora
Altura del medio filtrante (Hmf)	2.3 m
Tiempo de residencia hidráulica (TRH)	8 h /cada filtro
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (So)	433.9 mg/l
Longitud del borde libre (b)	0.50 m
Longitud del bajo Dren (d)	0.50 m

Fuente: El Autor

- Volumen del FAFA

$$V = Q * TRH$$

$$V = 4.39 \frac{m^3}{h} * 8 h$$

$$V = 35.12 m^3$$

- Altura del FAFA

$$H = b + d + hmf$$

$$H = 0.50 m + 0.50 m + 2.5 m$$

$$H = 3.5 m$$

- Área del FAFA

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{35.12 m^3}{3.5 m}$$

$$A = 10.03 m^2$$

- Diámetro del FAFA

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 9.97 m^2}{\pi}}$$

$$D = 3.60 \text{ m}$$

- Volumen del medio filtrante

$$V_{mf} = A * h_{mf}$$

$$V_{mf} = 10.03 \text{ m}^2 * 2.5 \text{ m}$$

$$V_{mf} = 25.07 \text{ m}^3$$

- Verificación de la carga hidráulica

$$CHS = \frac{Q}{A}$$

$$CHS = \frac{105.40 \text{ m}^3/\text{día}}{10.03 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 10.50 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

$$10 < CHS < 15$$

$$10 < 10.50 < 15 \text{ *SI CUMPLE*}$$

- Revisión de Carga Orgánica Volumétrica

$$COV = \frac{Q * S_o}{V}$$

$$COV = \frac{105.40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.433 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}{35.12 \text{ m}^3}$$

$$COV = 1.29 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

$$COV_{mf} = \frac{Q * S_o}{V_{mf}}$$

$$COV_{mf} = \frac{105.40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.433 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}{25.07 \text{ m}^3}$$

$$COV_{mf} = 1.82 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

- Eficiencia esperada

$$E = 100[1 - 0.87(TRH)^{-0.5}]$$

$$E = 100[1 - 0.87(16 h)^{-0.5}]$$

$$E = 78.25 \%$$

- DBO esperada en el efluente

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E(S_o)}{100}$$

$$DBO_{ef} = 433.9 \text{ mg/l} - \frac{78.25(433.9 \text{ mg/l})}{100}$$

$$DBO_{ef} = 94.37 \text{ mg/l}$$

- Volumen real del filtro

$$V_{real} = A * H$$

$$V_{real} = \frac{\pi * D^2}{4} * H$$

$$V_{real} = \frac{\pi * 3.60^2}{4} * 3.5 \text{ m}$$

$$V_{real} = 35.63 \text{ m}^3$$

### 3.7. Comparación estado actual PTAR con la nueva Propuesta PTAR

En la actualidad la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Yanayacu, del sector La Floresta, presenta imperfecciones en el procesamiento de depuración, debido que las estructuras hidráulicas no respetan las dimensiones especificadas en los parámetros diseño de los manuales, y otras no cumplen con el funcionamiento para las que fueron prevista por varios factores tanto de mantenimiento y por cumplir su vida útil ya que por la tasa de crecimiento poblacional los elementos son insuficientes para lo que fueron diseñadas. Por lo que se realizó las comparaciones el estado actual de la Planta de tratamiento de aguas residuales y la propuesta que se realizó para determinar cuáles de los elementos estructurales se mejora y cuales se implementaran como se muestra en la sección 3.7.

Tabla 36. Grado de remoción teórica de la propuesta de tratamiento

Unidades de tratamiento	Rendimiento de eliminación del constituyente, porcentaje					
	DBO	DQO	SS	Pb	N - Org	NH3 - N
Rejas de barras	0	0	0	0	0	0
Desarenadores	5	5	10	0	0	0
Sedimentación primaria	40	40	65	20	20	0
Filtro percolador de alta carga, medio pétreo	80	80	85	12	50	15
Total, de remoción teórico	99,05	97,15	98,65	34	75	27,75

Fuente: METCALF & EDDY [22]

Tabla 37. Comparación estado actual y propuesta

SISTEMA	CONDICIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE MEJORA	
	Función	Dimensiones	Función	Dimensiones
<b>CANAL DE ENTRADA</b>	No existe	No existe	Recepción de caudal para PTAR	Cumple con la normativa vigente de diseño
<b>CRIBADO</b>	No existe	No existe	Retener los sólidos de gran tamaño	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en base a los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)
<b>DESARENADOR</b>	No existe	No existe	Sedimentar de las partículas suspendidas en el agua residual	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en base a los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)
<b>TANQUE SÉPTICO</b>	sedimenta y digiere los sólidos suspendidos en el agua residual	cumple con la normativa vigente, pero es insuficiente para el caudal de ingreso	sedimenta y digiere los sólidos suspendidos en el agua residual	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en base a los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)
<b>FAFA</b>	remueve la carga contaminante del agua residual	no cumple con la altura ni los parámetros de la normativa actual	remueve la carga contaminante del agua residual	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en base a los parámetros de la CONAGUA
<b>LECHO SECADO DE LODOS</b>	Recepción de los lodos producidos en el proceso de tratamiento	Cumple Satisfactoriamente con el volumen requerido	Recepción de los lodos producidos en el proceso de tratamiento	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en base a los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)
<b>DESINFECCIÓN</b>	No existe	No existe	Eliminación de patógenos y organismos	No se especifica dimensiones ya que corresponden a un debido proceso de dosificación

Fuente: Mauricio Alejandro Molina Nogales

### **3.8. Operación y mantenimiento de la PTAR**

Con este plan de mantenimiento y operación de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Yanayacu, sector la floresta, se busca garantizar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos estructurales que conforman la PTAR, así con toda la estructura en conjunto. Además, con un correcto plan de operación ayudara a alargar la vida útil y con esto garantizar la depuración eficiente de las aguas residuales que ingresan a la PTAR, de tal manera es indispensable cumplir con las actividades que se muestran a continuación.

#### **3.8.1. Operador de la PTAR**

El operador encargado del correcto funcionamiento de la PTAR debe estar capacitado y relacionado con cada elemento hidráulico y conocer que función cumple cada uno. Por lo que es importante dotar de capacitaciones como: Operación y mantenimiento de PTAR, Medio Ambiente, seguridad y salud ocupacional, en esta última contar con todo el equipo de protección personal EPP y considerar lo siguiente:

- Uso permanente de overol, mascarilla contra gases, guantes, botas y gafas.
- Lavar las herramientas después de usarlas.
- Mantener una higiene adecuada antes y después de realizar los trabajos de mantenimiento de la PTAR.

#### **3.8.2. Canal de entrada**

Retirar los sedimentos del fondo del canal y retirar la materia orgánica que puedan tener en las paredes de la misma.

- |                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| ➤ <b>Personal</b>                | 1 operador             |
| ➤ <b>Equipos y herramientas</b>  | EPP, Herramienta menor |
| ➤ <b>Tiempo empleado</b>         | 1 hora                 |
| ➤ <b>Frecuencia de ejecución</b> | 1 por Mes              |

### 3.8.3. Rejillas

Es importante retirar la basura para evitar la acumulación de material voluminoso por lo que pueda obstruir el paso del efluente, y revisar la correcta inclinación de las rejillas de 45°.

- **Personal** 1 operador
- **Equipos y herramientas** EPP, rastrillo, pala, carretilla
- **Tiempo empleado** 1 hora
- **Frecuencia de ejecución** 2 por Semana

### 3.8.4. Desarenador

Verificar los niveles de sedimentación en el fondo y de ser necesario retirarlo para así evitar la sobreacumulación y que el material orgánico y sedimentos se adhieran en las paredes del elemento.

- **Personal** 2 operador
- **Equipos y herramientas** EPP, palas, baldes, espátulas, carretillas
- **Tiempo empleado** 6 hora
- **Frecuencia de ejecución** 1 por Semana

### 3.8.5. Fosa Séptica

Inspeccionar el volumen de lodos acumulados para la extracción, de antelación se debe abrir la tapa de revisión para que ventilen los gases acumulados.

Retirar las natas que se acumulan en la parte superior y el exceso de lodos que se encuentran en la fosa sin dejar totalmente vacío para que sigan cumpliendo su función de digestión y sedimentación, luego transportar en material de lodos extraídos al lecho de secado de lodos.

- **Personal** 1 operador
- **Equipos y herramientas** EPP, barreta, herramienta menor
- **Tiempo empleado** 8 horas
- **Frecuencia de ejecución** 1 por mes

### 3.8.6. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Verificar el correcto funcionamiento del filtro, evitando que haya paso obstruidos en tuberías.

Realizar las limpiezas de material sólidos que se forman en el medio filtrante por el cumplimiento de su ciclo de vida de microorganismos anaerobios que estos se convierten en lodo.

Tomar muestras del agua de salida del FAFA para análisis de Laboratorio.

- **Personal** 1 operador
- **Equipos y herramientas** EPP, herramienta menor, envases, cooler
- **Tiempo empleado** 4 horas
- **Frecuencia de ejecución** 1 cada 3 meses

### 3.8.7. Lecho de secado de lodos

Dejar secar los lodos que se generan de la fosa séptica, luego se puede usar como abono para mejorar el suelo o donde lo disponga la autoridad pertinente.

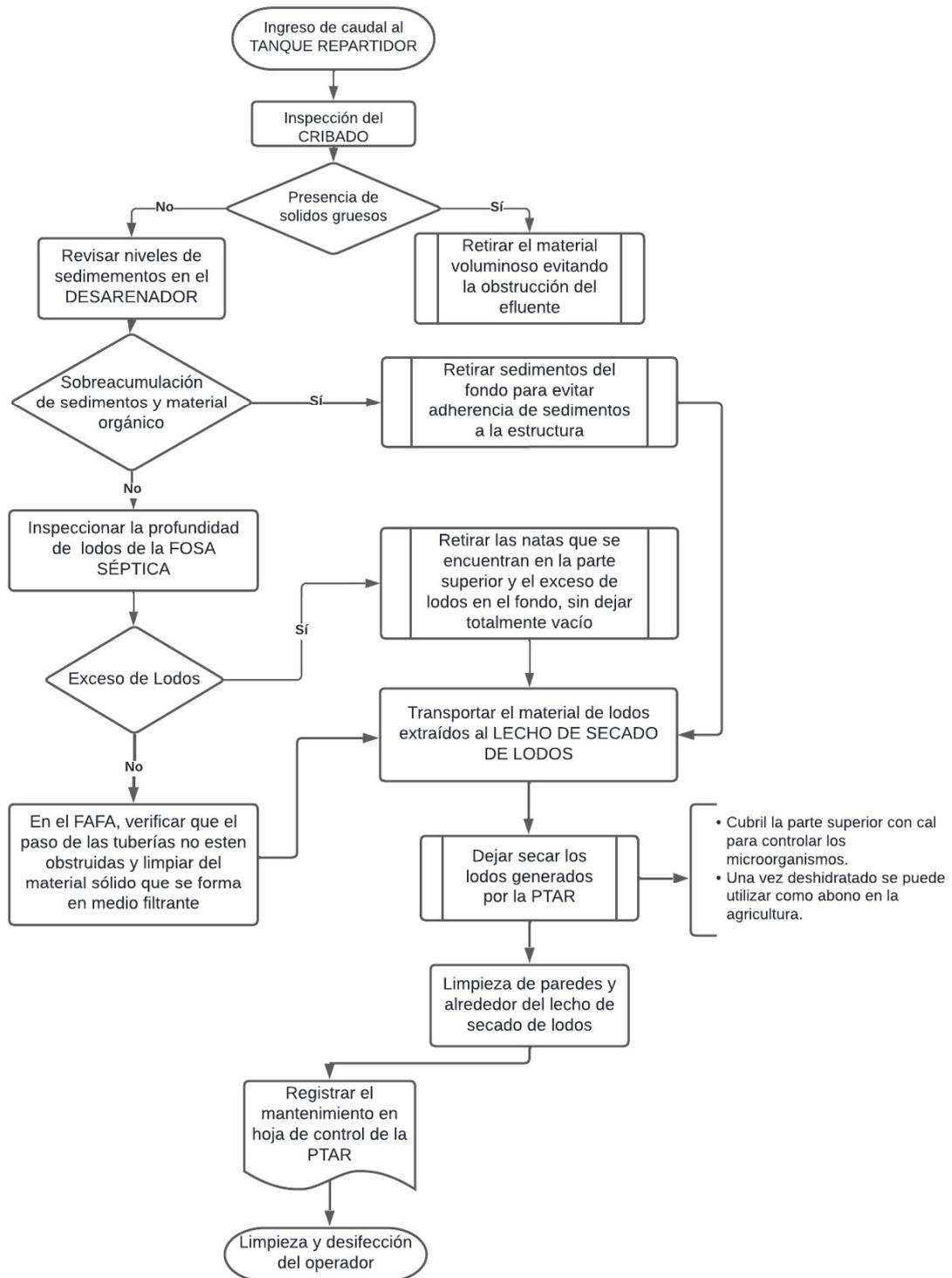
Para usarlo como abono considera lo siguiente:

- Una vez llenada la cama de secado, cubrir la parte superior con cal para controlar los microorganismos patógenos.
- Una vez deshidratado a causa del secado y la cal, se puede utilizar como abono en la agricultura y así evitando en lo posible impactos ambientales por el uso de productos químicos.

Limpieza de las paredes y alrededores del lecho de secado de lodos, en lo posible sustituir la capa superior del material filtrante.

- **Personal**
- **Equipos y herramientas** 1 operador
- **Tiempo empleado** EPP, herramienta menor, carretilla
- **Frecuencia de ejecución** 6 horas  
1 vez mes

### 3.8.8. Flujograma de Operación y mantenimiento de la PTAR



Fuente: El Autor

### 3.8.9. Flujograma de Operación y mantenimiento de la PTAR

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES																												
		Mantenimiento Frecuencia /día		Mto 1 Diario		Mto 2 Semanal		Mto 3 Quincenal		Mto 4 Mensual																		
ACTIVIDAD	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4						
	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
<b>CRIBADO</b>																												
Revisión de correcta inclinación de rejillas																												
Limpieza de materiales voluminosos en rejillas																												
<b>DESARENADOR</b>																												
Verificación de sedimentos en el fondo																												
Retiro de lodos sobre acumulador y materia orgánica																												
Limpieza de paredes del elemento																												
<b>FOSA SÉPTICA</b>																												
Control de olores y ventilación de gases fosa séptica																												
Retiro de natas superficiales de fosa Séptica																												
Retiro de exceso de lodos fosa Séptica																												
Transporte de lodos extraídos de la fosa séptica																												
<b>FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE</b>																												
Inspección del correcto paso de efluente por tuberías del FAFA																												
Limpieza de material solidos que se forman en medio filtrante																												
Muestreo de agua de salida del FAFA																												
<b>LECHO DE SECADO DE LODOS</b>																												
Secado de lodos provenientes del la fosa séptica																												
Colocación de cal para deshidratar lodos																												
Recolección de lodos deshidratados listos para reutilizacion																												
Limpieza de paredes y alrededores del lecho de secado de lodos																												
Sustituir la capa superior del material filtrante																												
<b>OTROS</b>																												
Limpieza de capa vegetal exteriores e interiores de la PTAR																												
Capacitación del personal sobre HSE																												
Capacitación del personal sobre Operación de PTAR																												
Llenado de hojas de control de mantenimiento de la PTAR																												

Elaboró: El Autor



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Levantado la información de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Yanayacu y se pudo observar mediante una inspección previa que la planta cuenta con cuatro procesos unitarios que se encuentran funcionando desde el 2011, la cual presenta desgaste y por falta de mantenimiento su eficiencia en los elementos hidráulicos se ha ido disminuyendo (ver ítem 3.2).
- Se determinó el caudal de agua de ingreso y salida de la PTAR a través del método volumen conocido llamado volumétrico, dando como resultado un caudal promedio de ingreso mínimo es de 0,18 lt/s y máximo de 0,64 lt/s y el caudal promedio de salida mínimo y máximo es de 0,17 lt/s y 0,68 lt/s respectivamente para nuestro caudal de diseño se tomará 0.75 l/s este es el mayor del pico de consumo de suministro (ver Tablas 17,18).
- Se analizó la calidad del agua tratada que resulta de la planta de tratamiento y se pudo constatar que la planta, no está funcionando correctamente debido a que el agua de salida no cumple con los niveles máximos permisibles establecidos por la normativa vigente TULSMA 2015, debido a que los parámetros contienen elevadas concentraciones, de las cuales, tan solo tres parámetros cumplen con la normativa siendo estos la demanda química de oxígeno 190mg/l, nitrógeno amoniacal con 13,9 mg/l y nitrógeno total con 33,2 mg/l (ver Tabla 19).
- Se estudio el estado actual de la planta de tratamiento de aguas servidas y su estado de operación, sin embargo, esto no cumple con los estándares y recomendaciones establecidos en la guía de diseño. Por eso, la depuradora necesita la intervención de obras civiles en los elementos hidráulicas para su eficiente funcionamiento (ver ítem 3.4).
- Se propone un nuevo proceso de tratamiento para depurar el agua residual que ingresa a la planta de tratamiento, el cual incluye: caja receptora, cribado, desarenador, fosa séptica de

doble cámara, filtro anaeróbico de flujo ascendente y un lecho de secado de lodos; Diseñados de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones especificadas en el manual de diseño y que cumplirá con la norma TULSMA para descargo a cuerpos dulces.

- Se ha desarrollado un plan de operación y mantenimiento para ayudar al Operador de la planta de tratamiento de agua residual facilite la supervisión, este plan incluye recomendaciones de funcionamiento y actividades a realizar a diario o cuando sea necesario de cada elemento hidráulico de la Planta de tratamiento de aguas residuales (ver ítem 3.8).

#### **4.2 Recomendaciones**

- Es importante realizar los respectivos muestreos periódicos y el análisis del agua residual para verificar y dar cumplimiento con la normativa vigente, además de identificar posibles irregularidades en su funcionamiento que puedan ser identificados y solucionados.
- Se recomienda realizar el mantenimiento de la planta de forma frecuente para evitar el desgaste y posibles obstrucciones que dificulten el buen funcionamiento.
- Se recomienda dar capacitaciones al personal encargado de la planta para llevar a cabo un estricto control del mantenimiento de cada uno de los procesos unitarios que conforman la planta de tratamiento
- Se recomienda que el sistema de alcantarillado de la Parroquia de Yanayacu garantice la entrada aguas residuales domésticas para las que está fue diseñado y no recibe aguas ajenas a ella como: agua de lluvia, industria y riego.
- Se recomienda aplicar la propuesta de rediseño de la PTAR para ayudar a mejorar su funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACCIONA BUSINESS AS UNUSUAL, «La importancia el tratamiento de agua,» acciona.com, 2020. [En línea]. Available: [https://www.accionacom.com/es/tratamiento-de-agua/?\\_adin=02021864894](https://www.accionacom.com/es/tratamiento-de-agua/?_adin=02021864894). [Último acceso: 30 Noviembre 2021].
- [2] M. M. Ronces Dobles, Evaluación de funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de un Municipio del Suroeste de México, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.
- [3] «La realidad de las aguas servidas en Ecuador-YAKUNINA,» yakunina.com, [En línea]. Available: <https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/>. [Último acceso: 29 Noviembre 2021].
- [4] G. Velasco T, J. Moncayo S y D. Chuquer S, «Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta,» *infoANALÍTICA*, vol. 1, pp. 27-39, 2019.
- [5] G. P. Velasco Taipe, Evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica en una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Manta, Universidad Central del Ecuador, 2017.
- [6] G. L. Miranda Coello, Evaluación del tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación de efluentes generados por la empresa de lácteos "Marlen" ubicada en el cantón Tisaleo provincia de Tungurahua, Universidad Autónoma de los Andes, 2017.
- [7] M. B. Portero Pesantes y V. A. Amat Marchaán, Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2017.
- [8] J. V. Zambonino Quisanga, Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Zona Libre, cantón Quero, provincia de Tungurahua, Universidad Técnica de Ambato, 2021.

- [9] F. G. Morales Solano, Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales ed la comunidad LLimpe Grande, cantón Quero, provincia de Tungurahua, Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [10] R. Rojas, «"Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales" Sistemas de tratamiento de aguas residuales,» 27 Septiembre 2002. [En línea]. Available: <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000093-9097e9190c/GESTION%20INTEGRAL%20DEL%20TRATAMIENTO%20AR.pdf>. [Último acceso: 07 03 2022].
- [11] SPENA GROUP, «Planta de Tratamiento de aguas residuales- PTAR,» 10 12 2016. [En línea]. Available: <https://spenagroup.com/planta-tratamiento-aguas-residuales-ptar/>. [Último acceso: 07 03 2022].
- [12] AquaCorp, «Conoce la importancia de construir una planta de tratamiento de agua residual,» 27 11 2020. [En línea]. Available: <https://aquacorp.com/2020/11/27/conoce-la-importancia-de-construir-una-planta-de-tratamiento-de-agua-residual/>. [Último acceso: 07 03 2022].
- [13] INCYTU, «Tratamiento de aguas residuales,» 2019. [En línea]. Available: [shorturl.at/ISV07](http://shorturl.at/ISV07).
- [14] M. Romero , A. Colin, E. Sanchez y M. Ortiz , «Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluacion de la remoción de la carga orgánica,» *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 25, nº 3, pp. 157-167, 2009.
- [15] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos , «Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua y Alcantarillado),» Octubre 2016. [En línea]. Available: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2015/Documento\\_Tecnico-Gestion\\_de\\_Agua\\_y\\_Alcantarillado\\_2015.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf). [Último acceso: 07 03 2022].
- [16] J. Pérez, «Depuración y reutilización de aguas residuales para riego,» *Estación experimental de Cajamar*, pp. 447-469.

- [17] Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Quero, «Actividad Económica,» 15 01 2015. [En línea]. Available: <https://quero.gob.ec/index.php/municipalidades/actividad-economica>. [Último acceso: 07 03 2022].
- [18] L. P. Prieto Rodríguez, Eliminación de microcontaminantes orgánicos presentes en aguas residuales urbanas mediante combinación de procesos de depuración biológica y oxidación química, Universidad de Almería, 2013.
- [19] L. E. Torres Cobo y D. O. Delgado Delgado, Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas a escala piloto en la UNEMI, Universidad Estatal de Milagro, 2020.
- [20] E. Díaz Cuenca, A. Alavarado Granados y K. Camacho Calzada, «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*, vol. 14, n° 1, pp. 78-97, 2012.
- [21] E. Valdez y A. Vásquez, Ingeniería de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, México, 2013.
- [22] METCALF y EDDY, Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización, España: Impresos y revistas S.A (IMPRESA), 1991.
- [23] METCALF & EDDY, INC, Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización, vol. I, Madrid: McGraw-Hill, 1995.
- [24] L. E. Torres Cobo y D. O. Delgado Delgado, Propuesta de diseño en una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas a escala piloto en la UNEMI, Universidad Estatal de Milagro, 2020.
- [25] S. Bruna Gutiérrez y J. P. Gonzales Tobar, Diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas para la comuna de ConCón, Pontífica Universidad Católica de Valparaíso, 1998.
- [26] W. A. Lozano Rivas, Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales, Universidad Nacional Abierta y a Distancia , 2012.

- [27] E. Rodie B y Hardenberg, «Tratamiento de aguas residuales,» 1987. [En línea]. Available: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lar/oropeza\\_b\\_vm/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/capitulo4.pdf). [Último acceso: 30 Noviembre 2021].
- [28] S. Degollado y F. Gonzales, «Sistema de tratamiento de aguas residuales,» 16 Julio 2015. [En línea]. Available:[http://interapas.mx/files/cultura\\_del\\_agua/folletos/sistema\\_de\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://interapas.mx/files/cultura_del_agua/folletos/sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf). [Último acceso: 30 Noviembre 2021].
- [29] M. D. Guerrero Tamayo, Estudio de impacto ambiental y plan de manejo de la planta de tratamiento de aguas servidas de la junta administradora de agua potable y alcantarillado de la parroquia Quinchicoto, Universidad Técnica de Ambato, 2014.
- [30] G. Dotro, G. Langerbraber, P. Molle, J. Nivala, J. Puigagut, O. Stein y M. Von Sperling, Tratamiento biológico de aguas residuales: Humedales para tratamiento, vol. VII, Londres: Lightning Source, 2017.
- [31] E. Arriols, «Ecología verde,» 6 Agosto 2018. [En línea]. Available: [shorturl.at/cfsUZ](http://shorturl.at/cfsUZ).
- [32] Constitución de la República del Ecuador, Ediciones legales, Quito, 2008.
- [33] Código Orgánico del Ambiente, «Artículo 196, Título II,» Quito, 2017.
- [34] Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD , «Artículo 55, Título II,» Quito, 2019.
- [35] Ministerio del Ambiente, «Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua,» Quito, 2015.
- [36] GAD Parroquial Rural de Yanayacu, *Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Yanayacu*, Administracion 2014 - 2019.
- [37] W. A. Lozano, Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales, Bogota: Universidad Nacional Abierta ya Distancia, 2012.

- [38] Secretaría del Agua, «NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL,» QUITO, 2010.
- [39] S. Pugh, «La Matriz de Pugh para la toma de decisiones,» 14 Octubre 1990. [En línea].Available: <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html#:~:text=Luego%20se%20deben%20especificar%20los,mejora%20a%20un%20product o%20existente..>
- [40] R. A. Criollo Espín , EVALUCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE PUÑACHIZAG, CANTON QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [41] J. G. Rivadeneira, Diseño de un sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento para la comunidad Santa Ines, Escuela Superior Politécnica del Ejército, 2011.
- [42] J. García y A. Corzo, Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial., Universidad de Cataluña, 2008.
- [43] Q. García y V. Ludizaca, Diseño de un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales en la comunidad del Tabacay, cantón Azogues, provincia de Cañar, Universidad de Cuenca , 2017.
- [44] RAS, Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, Colombia: Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000.
- [45] Organización Panamericana de la Salud, «Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilizacion,» *Organizacion Panamericana de la Salud*, pp. 4-10, 2005.

- [46] Comisión Nacional del Agua, «Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaeróbicos de flujo Ascendente,» Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Mexico, 2015.
- [47] INEC, «ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL ECONÓMICA EN GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS MUNICIPALES 2015 (AGUA Y ALCANTARILLADO),» Octubre 2016. [En línea]. Available: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2015/Documento\\_Tecnico-Gestion\\_de\\_Agua\\_y\\_Alcantarillado\\_2015.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf). [Último acceso: 16 10 2021].
- [48] INEN, «Norma técnica Ecuatoriana,» *Instituto ecuatoriano de normalización*, pp. 4-9, 1996.
- [49] Constitución de la República del Ecuador , «Artículo 14 [Título II],» Ediciones Legales, Quito, 2008.
- [50] Constitución de la república del Ecuador, «Artículo 264 [Título V],» Ediciones Legales, Quito, 2008.
- [51] M. Guerrero, «Planta de tratamiento de aguas servidas de la junta administradora de agua potable y alcantarillado de la parroquia Quinchicoto,» 2014. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7695/1/tesis-030%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20261.pdf>.
- [52] A. Troconis y K. Herbert, «Tratamiento de Aguas Residuales,» *Belzona Inc*, p. 10, 2010.
- [53] R. Isla de Juana, *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: agua de proceso, residuales y de refrigeración*, España: Bellisco, 2005.
- [54] O. Delgadillo, A. Camacho, L. Pérez y M. Andrade, *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*, Cochabamba, Bolivia: Nelson Antequera, 2010.
- [55] P. Acosta, C. Caro y N. Perico, *Análisis de interferencia de parámetros físicos del agua, en desinfección por radiación UV*, Granados: Revista de tecnología, 2015.

- [56] J. E. Lluglla y H. P. Montaluisa, Propuesta de tratamiento de las aguas residuales generadas en el caserío la clementina, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, Universidad Estatal Amazónica, 2020.

## ANEXOS

### Anexo 1: ANÁLISIS DE LABORATORIO



#### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



Nº SE: 094 – 21

#### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Mauricio Molina

**INFORME Nº:** 094 – 21

**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato

**Nº SE:** 094 – 21

**DIRECCIÓN:** Latacunga

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 03 – 12 – 21

**TELÉFONO:** 0986608740

**FECHA DE INFORME:** 13 – 12 – 21

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua residual, PTAR Barrio La Floresta, Yanayacu

**TIPO DE MUESTRA:**

**IDENTIFICACIÓN:**

MA – 134 -21

Entrada PTAR

Agua residual

MA – 135 -21

Salida PTAR

Agua residual

**El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.**

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

**MA – 134-21**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	4,20	+/- 0,08	03-12-21
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	837,5	N/A	03-12-21
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	433,9	N/A	03-12-21
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	855,2	N/A	03-12-21
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C	21,6	N/A	03-12-21
* Nitrógeno Amónico	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	18,3	N/A	03-12-21
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	37,0	N/A	03-12-21
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	41,5	N/A	03-12-21
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	189,0	N/A	03-12-21

**MA – 135-21**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	4,97	+/- 0,08	03-12-21
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	190,0	N/A	03-12-21
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	132,0	N/A	03-12-21
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	406,9	N/A	03-12-21
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C	8,15	N/A	03-12-21

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.  
 - Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.  
 - Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.  
 - LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

Página 1 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 094 – 21

* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	13,9	N/A	03-12-21
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	33,2	N/A	03-12-21
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	18,5	N/A	03-12-21
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	183,0	N/A	03-12-21

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.  
Benito Mendoza T., Ph.D.



JUAN CARLOS  
LARA ROMERO



Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.  
-LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

## Anexo 2: FOTOGRAFÍAS

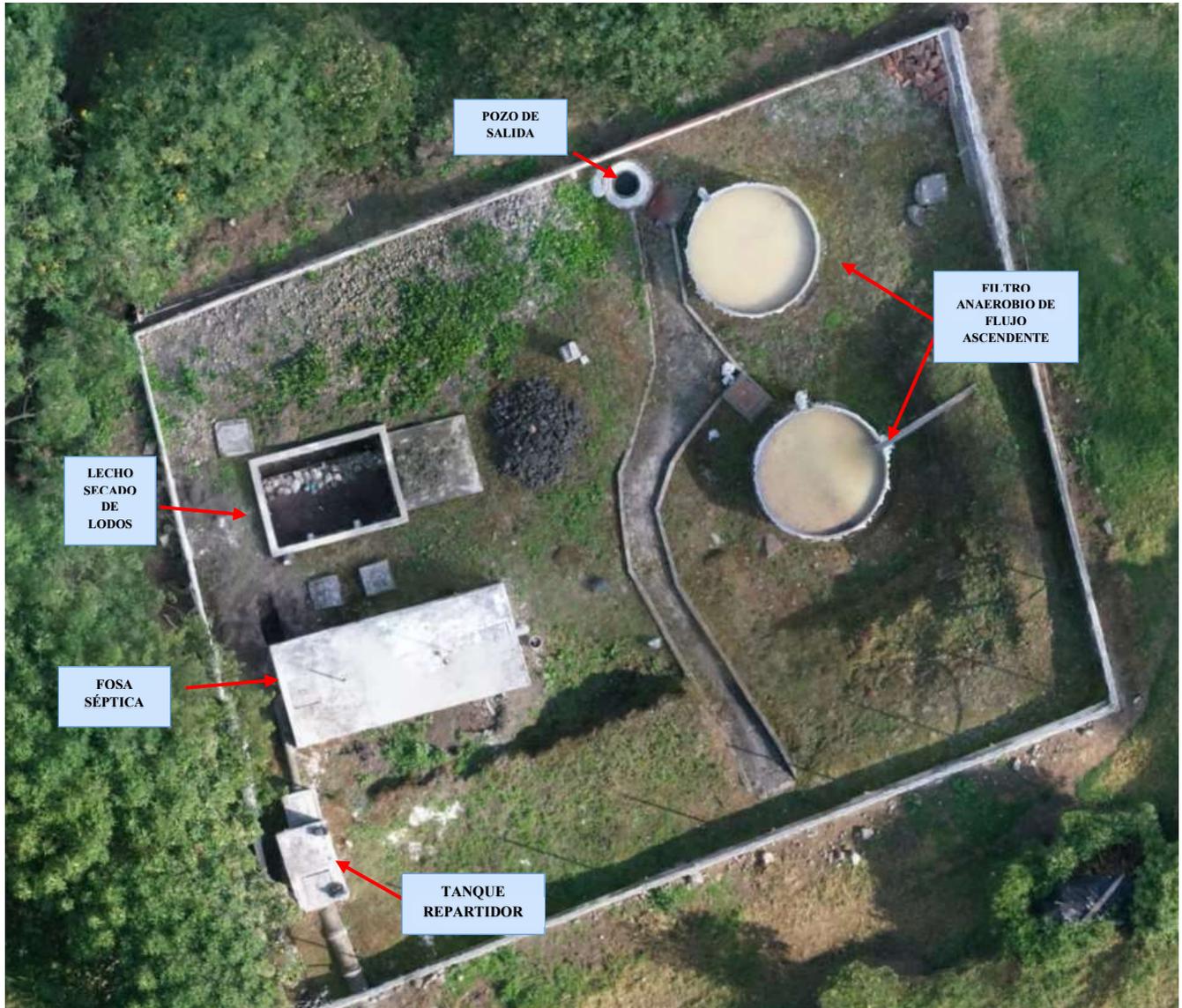


Figura 32. Planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia Yanayacu



*Figura 33. Medición de Caudal de ingreso a la PTAR*



*Figura 34. Medición de Caudal de salida a la PTAR*



*Figura 35. Toma de muestra de agua del ingreso a la PTAR*



*Figura 36. Toma de muestra de agua de salida de la PTAR*



*Figura 37. Tanque repartidor de Caudal*



*Figura 38. Fosa Séptica*

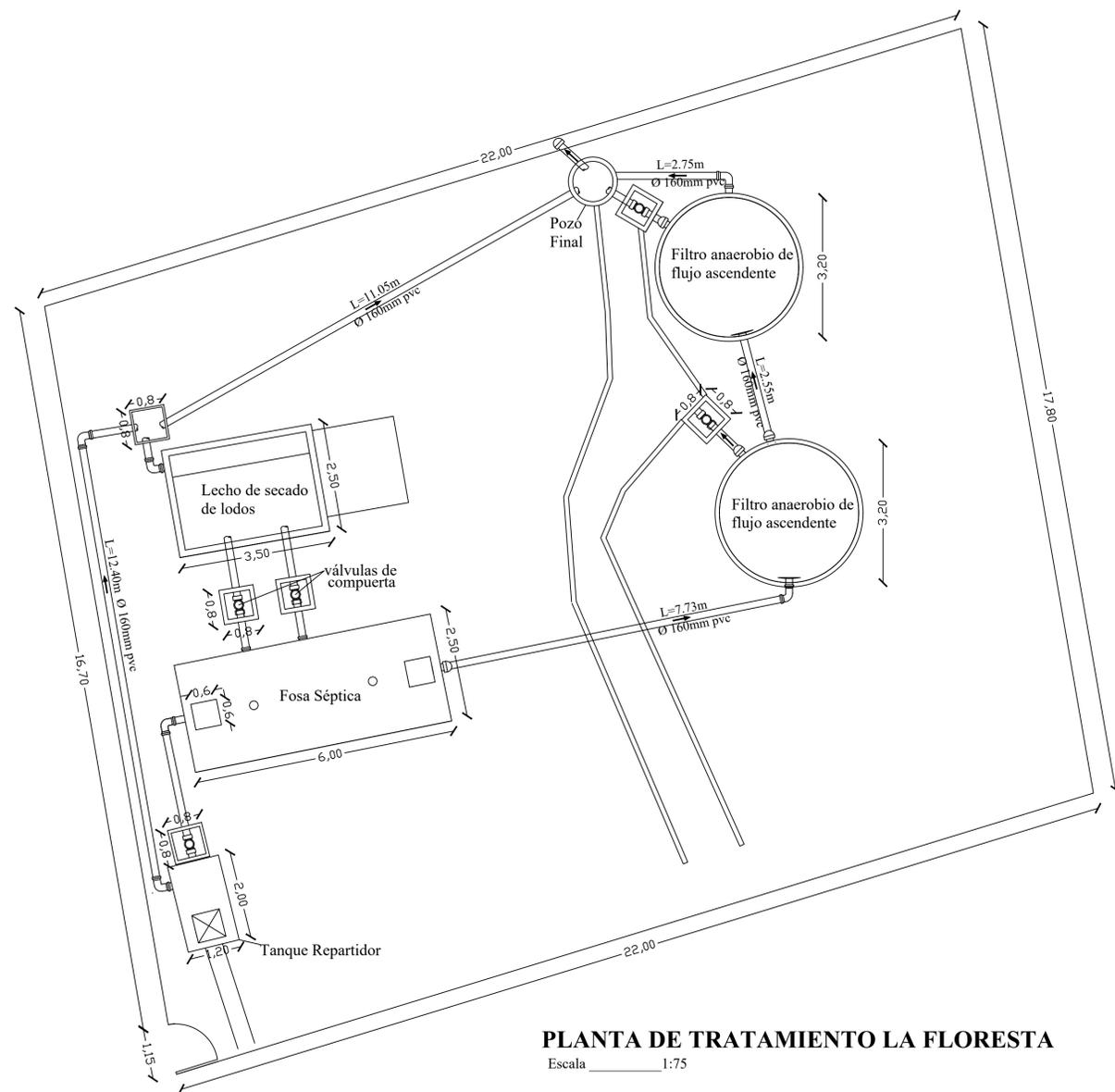


*Figura 39. Lecho de secado de lodos*

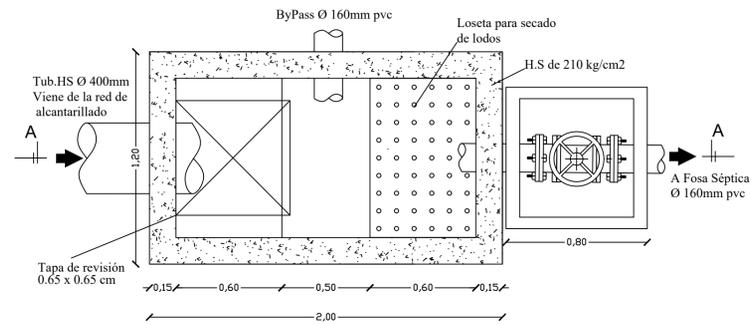


*Figura 40. Tanque anaerobio de flujo ascendente (FAFA)*

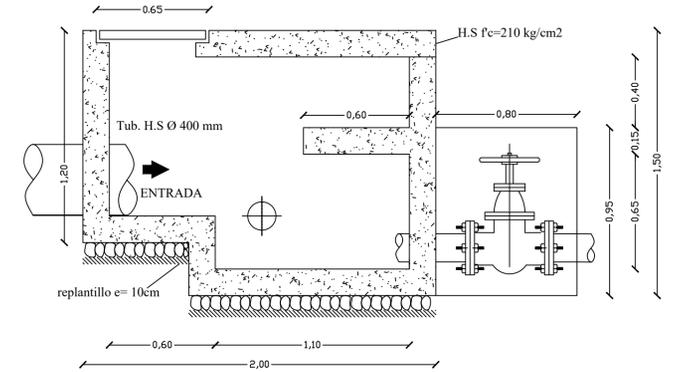
# PLANOS



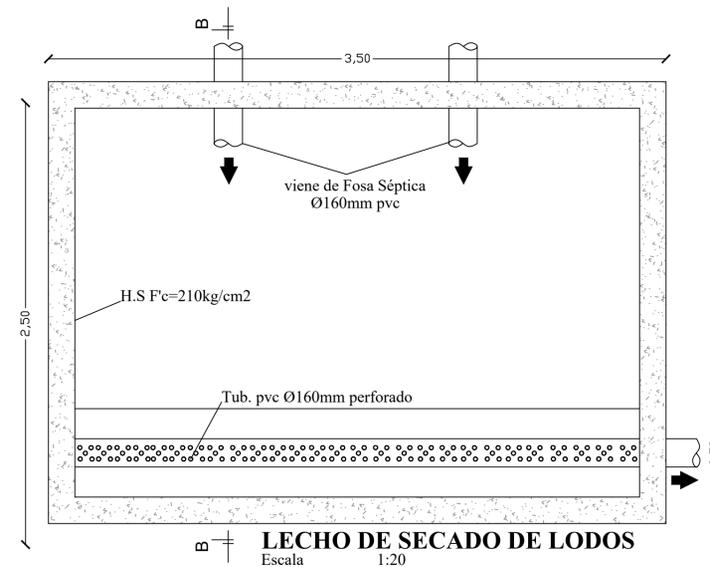
**PLANTA DE TRATAMIENTO LA FLORESTA**  
Escala 1:75



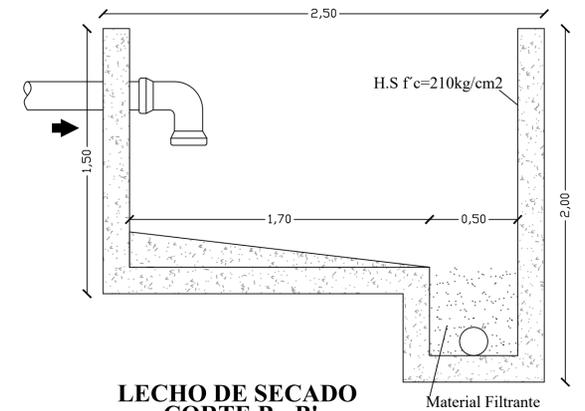
**TANQUE RECEPTOR DE CAUDAL**  
Escala 1:20



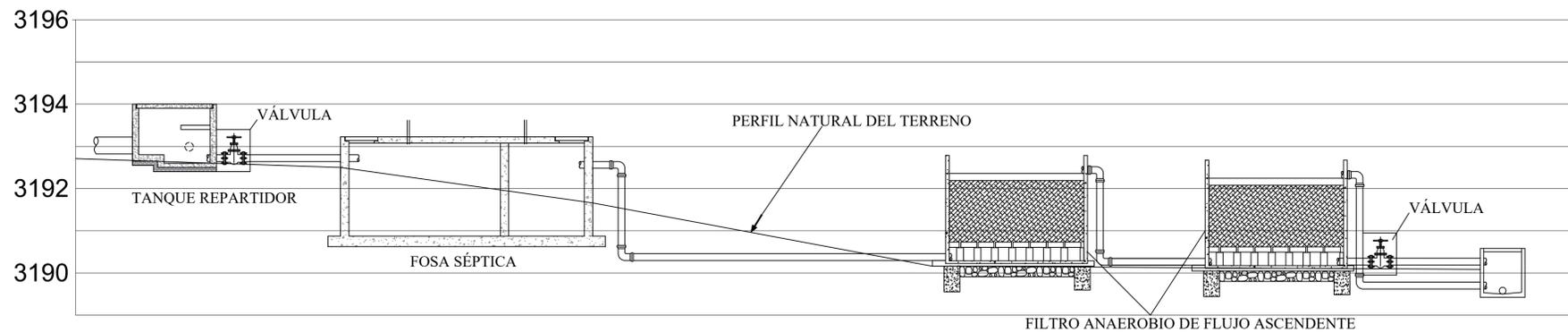
**TANQUE RECEPTOR CORTE A - A'**  
Escala 1:20



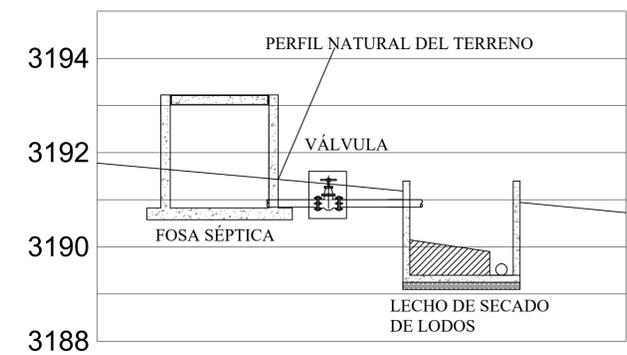
**LECHO DE SECADO DE LODOS**  
Escala 1:20



**LECHO DE SECADO CORTE B - B'**  
Escala 1:20

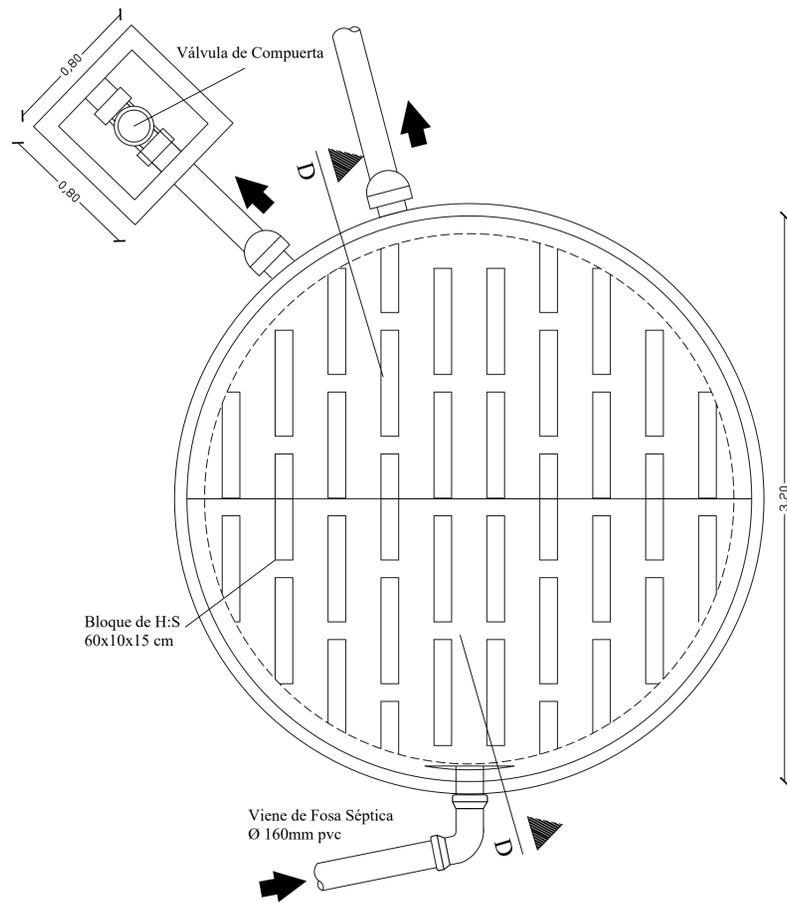


**PERFIL LONGITUDINAL**  
Escala 1:75

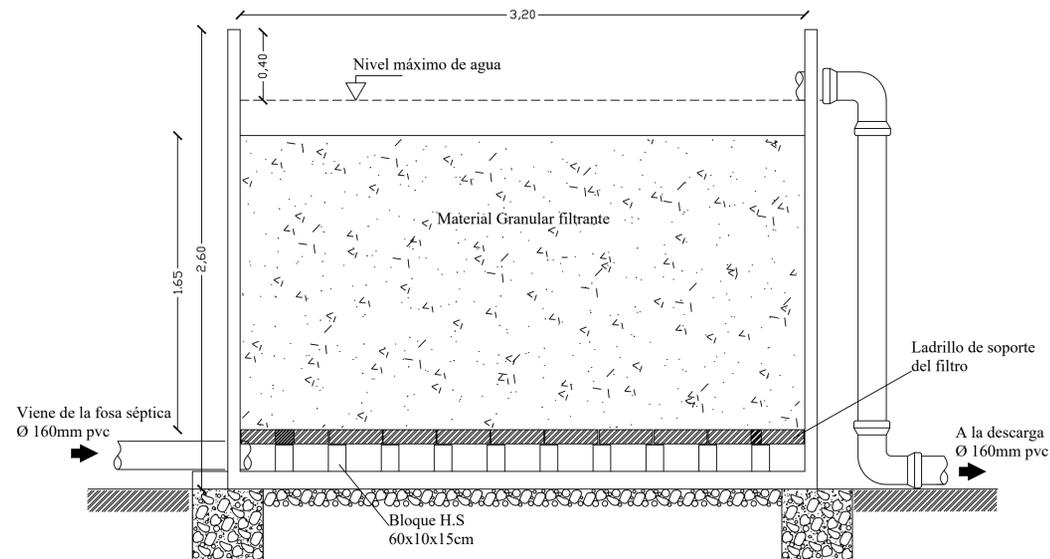


**PERFIL TRANSVERSAL**  
Escala 1:75

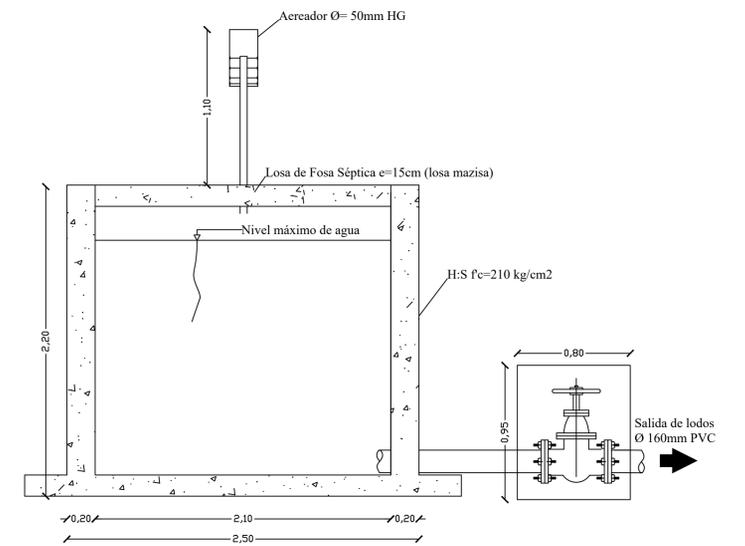
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		PROYECTO:	
		CONTIENE: VISTA EN PLANTA Y CORTE DEL TREN DE TRATAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO ACTUAL, DETALLES TANQUE REPARTIDOR, LECHO DE SECADO DE LODOS	
ELABORÓ: MAURICIO MOLINA N.	REVISÓ: ING. FIDEL CASTRO TUTOR DEL TESIS	FECHA: JULIO/ 2022	UBICACIÓN: YANAYACU PARRQUILA QUERO CANTÓN
		ESCALA: INDICADAS	LAMINA: 1/3



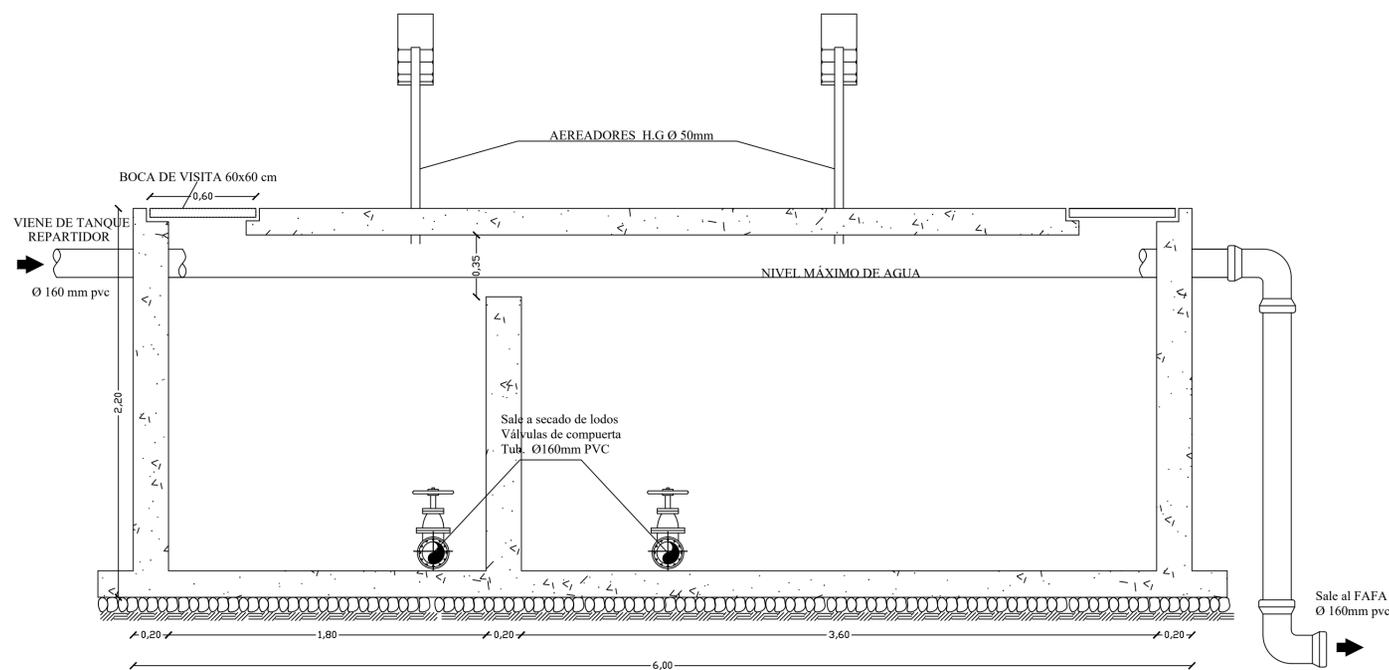
**FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE**  
Escala 1:20



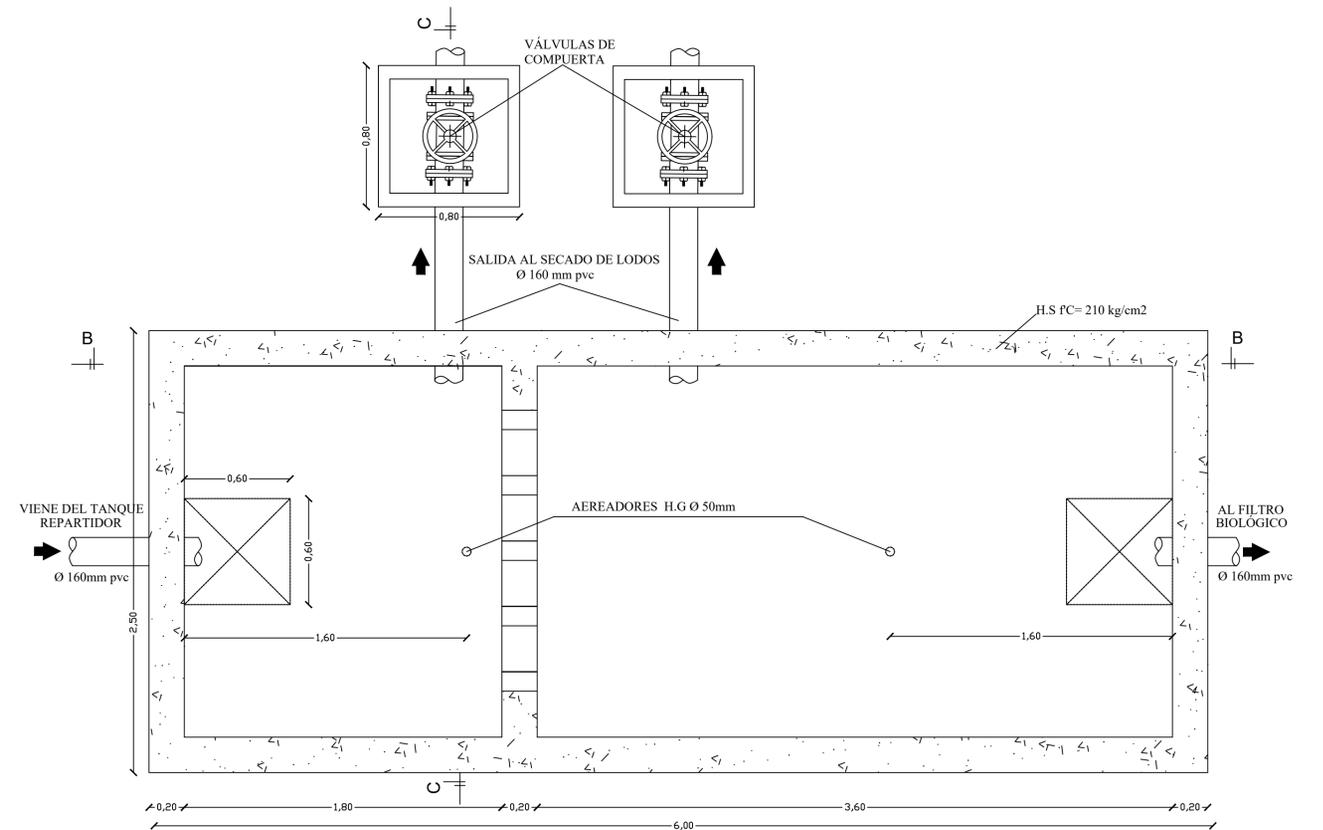
**FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE**  
**CORTE D - D'**  
Escala 1:20



**FOSA SÉPTICA - CORTE C-C'**  
Escala 1:25

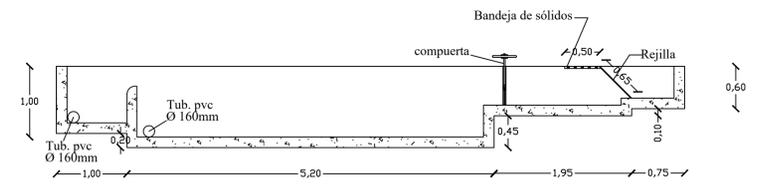
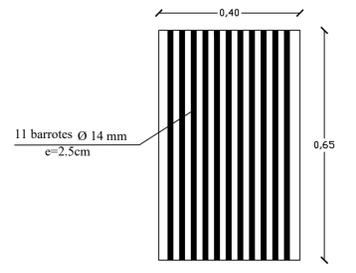
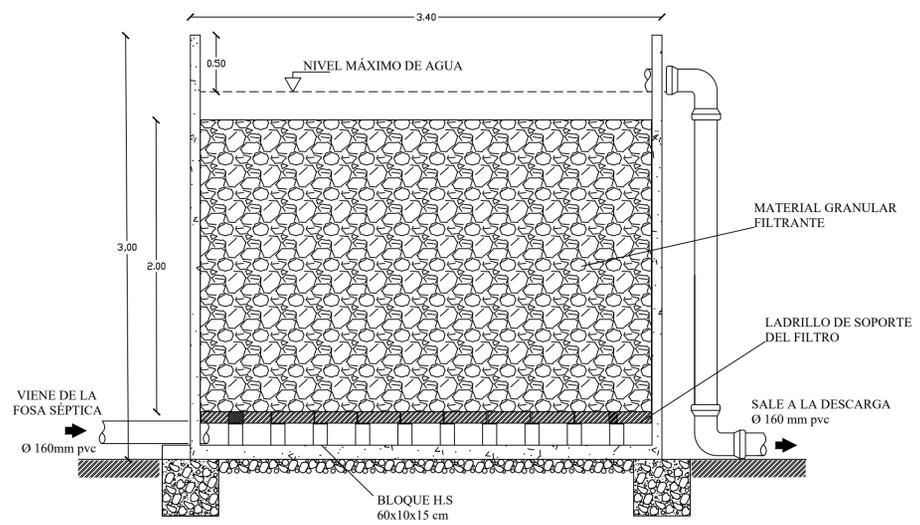
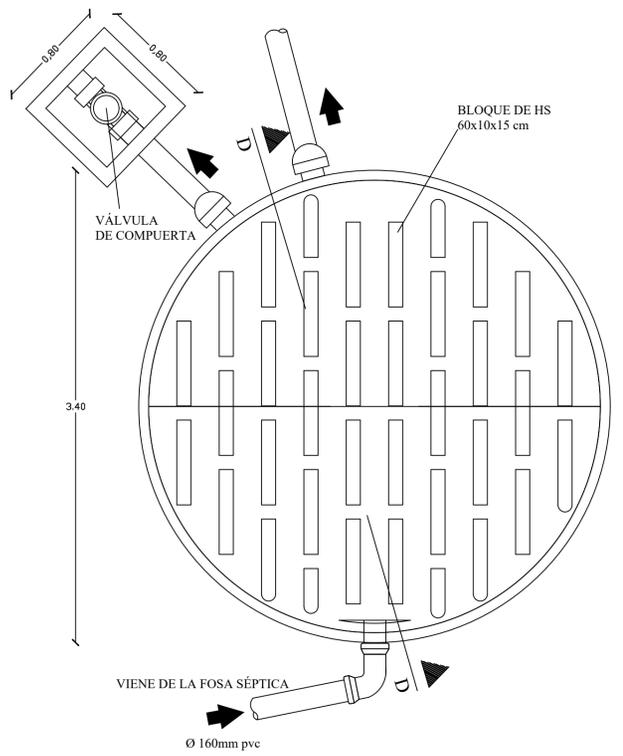
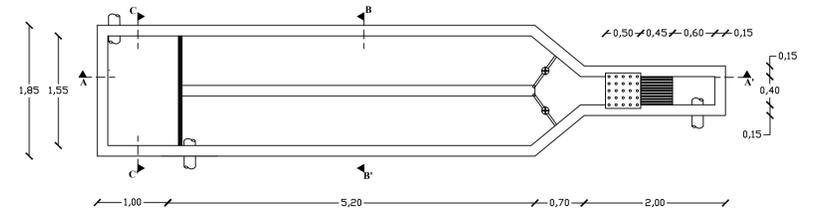
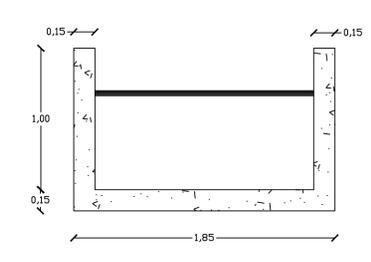
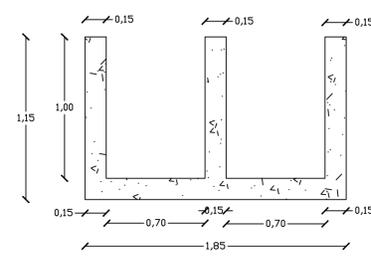
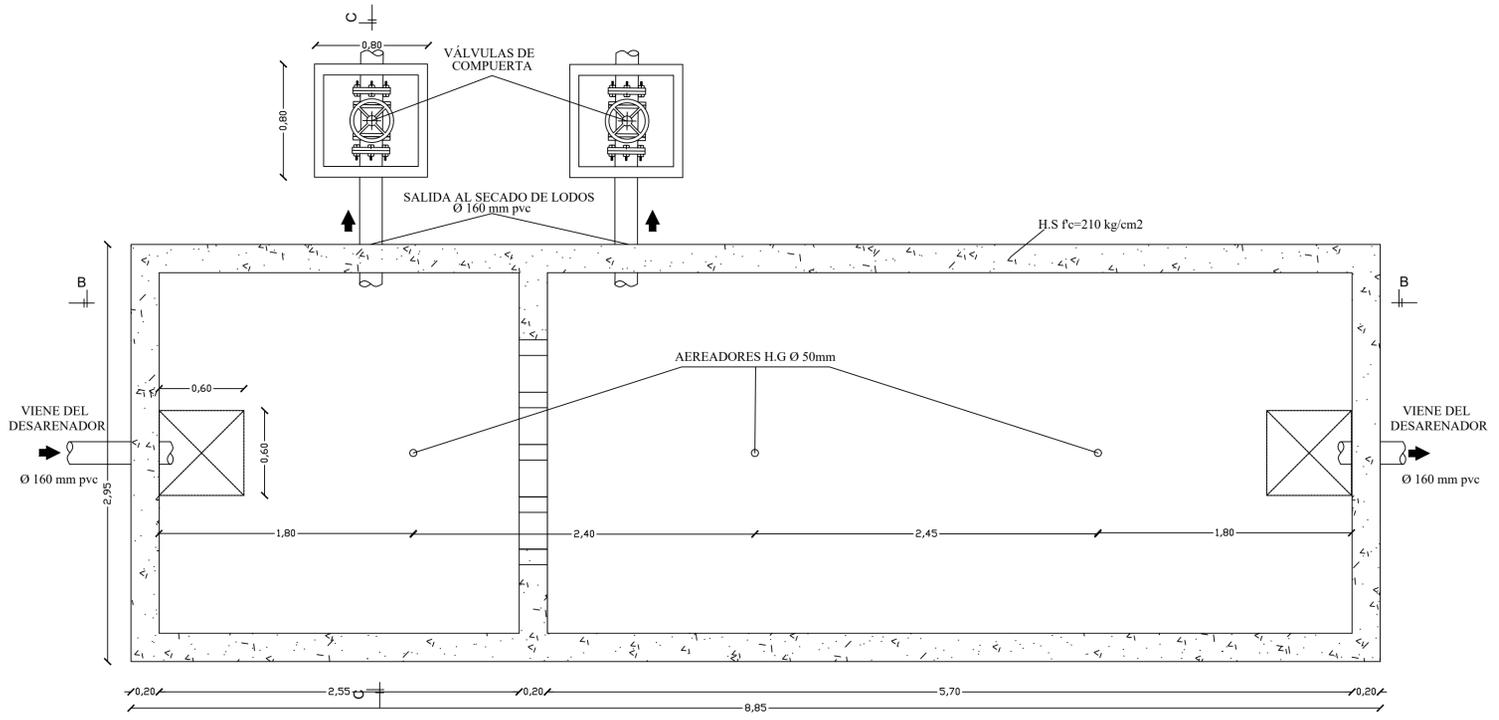
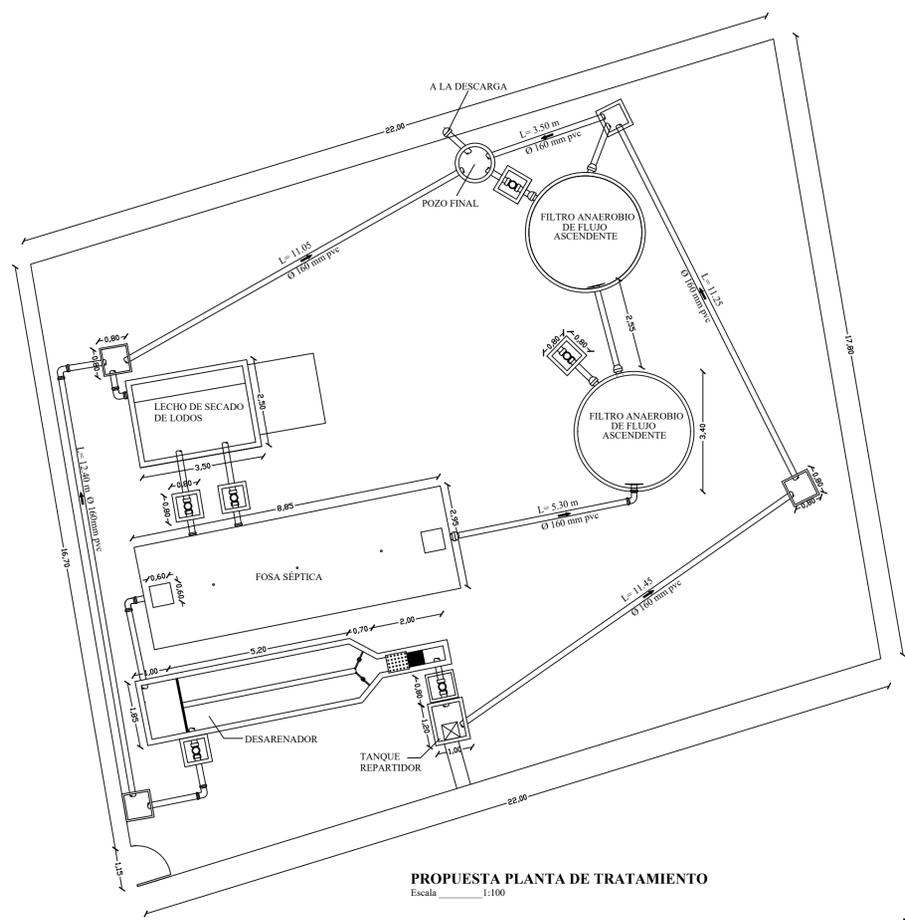


**FOSA SÉPTICA - CORTE B-B'**  
Escala 1:20



**FOSA SÉPTICA**  
Escala 1:20

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		PROYECTO:	
		CONTIENE: VISTA EN PLANTA Y CORTE DE LA FOSA SÉPTICA VISTA EN PLANTA Y CORTE DEL FAFA	
ELABORÓ:	REVISÓ:	FECHA:	UBICACIÓN:
MAURICIO MOLINA N.	ING. FIDEL CASTRO TUTOR DEL T.S.S.	JULIO/ 2022	YANAYACU PARRQUILA QUERO CANTON
ESCALA:		LAMINA:	INDICADAS
			2/3



<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
PROYECTO:			
CONTIENE: PROPUESTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES VISTA EN PLANTA Y CORTE DEL DESARENADOR, FAFA, FOSA SÉPTICA	UBICACIÓN: YANAYACU PARRQUERA QUERO CANTÓN		
ELABORÓ: MAURICIO MOLINA N.	REVISÓ: ING. FIDEL CASTRO TUTOR DEL T.S.E.	FECHA: JULIO/ 2022	ESCALA: INDICADAS
			LAMINA: <b>2/3</b>