



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 LLIMPE GRANDE, CANTÓN QUERO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

AUTOR: Fausto Geovanny Morales Solano

TUTOR: Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

AMBATO - ECUADOR

Septiembre - 2021

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 LLIMPE GRADE, CANTÓN QUERO, PORVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. **Fausto Geovanny Morales Solano**, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1804411773, 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 2021

Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Fausto Geovanny Morales Solano**, con C.I: 1804411773 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 LLIMPE GRANDE, 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 2021



Fausto Geovanny Morales Solano

C.I: 1804411773

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 2021



Fausto Geovanny Morales Solano

C.I: 1804411773

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Fausto Geovanny Morales Solano de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LLIMPE GRANDE, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solórzano
Miembro Calificador

Ing. Mg. Lenin Gabriel Silva Tipantasig
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo se lo dedico con todo mi amor a mi Madre Paulina por todo su cariño, atención y cuidado, por ser un apoyo incondicional y quien ha sido mi inspiración para superarme día con día, ella es mi mayor ejemplo de trabajo duro y perseverancia.

A mis abuelitos, Marlene, Iván y Rubén que no pudieron verme cumplir una meta más en mi vida, pero sé que desde el cielo me guían y cuidan en cada paso que doy.

A mi querida hermana Jennifer quien ha estado a mi lado alentándome en todo momento.

A mi compañera de vida y mejor amiga Christina quien a pesar de los obstáculos que se han presentado a lo largo del camino, ha demostrado su amor, comprensión y apoyo incondicional hacia mí, siendo un pilar fundamental para el logro de mis objetivos, quiero darte las gracias por todo el apoyo y amor que me has dado y deseo compartir este y muchos otros logros importantes en mi vida contigo.

A mi tío Bryan que es como un hermano para mí y a mi abuelita Zonnia por sus palabras de ánimo para alcanzar mis objetivos.

Gracias por qué han hecho de mí una persona con valores y principios para enfrentar cada obstáculo que se presenta en mi vida, además de ser mi principal fuente de motivación para alcanzar cada uno de mis ideales.

Geovanny Morales

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por siempre estar a mi lado, y no dejarme solo en ningún momento.

Agradezco a mi Madre por brindarme la oportunidad de una excelente educación y por su enorme sacrificio al sacarme sola adelante haciendo de mi un hombre con valores y principios.

Agradezco a mi novia y mejor amiga por brindarme su amor, apoyo y paciencia a lo largo del camino.

Agradezco a mi Padre, familiares, amigos de carrera y amigos de infancia, quienes fueron un gran apoyo en las diferentes etapas de mi vida y que han contribuido con mi crecimiento tanto académico como personal.

Agradezco al Ing. Gabriel Velástegui quien brindo todas las facilidades para el desarrollo del presente trabajo.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, y de manera muy especial a mi docente tutor Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos, por compartir sus conocimientos con el fin de expandir mi aprendizaje, los cuales fueron importantes para el desarrollo de mi trabajo investigativo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

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 DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi

B. CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Justificación.....	4
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	6
1.1.2.1 Plantas de tratamiento de agua residual.....	6
1.1.2.2 Características de las Aguas Residuales.....	6
1.1.2.3 Tipos de aguas residuales.....	7
1.1.2.4 Tratamiento para aguas residuales	9
1.1.2.5 Límites que debe presentar el agua residual tratada.....	10
1.1.2.6 Componentes para el tratamiento de agua residual.....	16
1.1.2.7 Parámetros de Aguas Residuales.....	18
1.1.4 Hipótesis.....	20
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo General	20
1.2.1 Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO II.....	21
METODOLOGÍA.....	21
2.1 Metodología	21
Etapa I Levantamiento de la información de la PTAR.....	21

Etapa II Investigación de campo y medición de caudales.....	21
Etapa III Análisis de laboratorio de las características del agua residual.	21
Etapa IV: Análisis y verificación de resultados obtenidos.....	21
2.2.1 Plan de Recolección de Datos.	22
2.2.1.1 Etapa I Levantamiento de la información de la PTAR.	22
2.2.1.2 Etapa II Investigación de campo.	23
2.2.1.3 Etapa III Análisis de laboratorio.	26
2.2.1.4 Etapa IV Análisis y verificación de resultados obtenidos.....	28
2.2 Equipo y material utilizados.....	33
CAPÍTULO III.	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	34
3.1 Análisis y discusión de los resultados obtenidos.....	34
3.1.2 Análisis comparativo de resultados con el TULSMA 2015.....	34
3.2 Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande.	39
3.2.1 Diagnóstico técnico actual de los componentes de la PTAR.....	39
3.2.2 Componentes del sistema actual de tratamiento del agua residual de la PTAR.	39
3.2.3 Dimensiones actuales de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	39
3.2.3.1 Tanque repartidor.	39
3.2.3.2 Tanque séptico.	41
3.2.3.3 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).	42
3.2.3.4 Lecho de secado de lodos.....	43
3.2.4 Diagnostico de funcionamiento teórico actual de los componentes de la PTAR.....	45
.....	45
3.2.4.2 Diagnóstico de funcionamiento del lecho de secado de lodos.	55
3.2.4.3 Diagnóstico de funcionamiento del filtro biológico ascendente.	59
3.3 Verificación de la hipótesis.	64
3.4 Propuesta de mejora de los procesos unitarios de la PTAR.....	66
3.2.5 Diseño de los nuevos procesos unitarios de la PTAR.....	66
3.2.5.1 Determinación de la población futura.	66
3.2.5.2 Cálculo del caudal de diseño sanitario.	68
3.2.5.3 Diseño del cribado.....	73
3.2.5.4 Diseño del desarenador	74
3.2.5.5 Tanque de grasas.	81

3.2.5.6 Diseño tanque séptico.	84
3.2.5.7 Diseño del lecho de secado de lodos.	88
Dimensiones del lecho de secado de lodos.	91
3.2.5.8 Cálculo del filtro biológico ascendente.	92
3.4.2 Comparación de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.	97
3.5 Plan de mantenimiento y operación de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande.	98
3.4.3.1 Cribado.	98
3.4.3.2 Desarenador.	98
3.4.3.3 Tanque séptico.	99
3.4.3.4 Lecho de secado de lodos.	100
3.4.3.5 Filtro biológico ascendente.	100
CAPÍTULO IV.	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	102
4.1 Conclusiones.	102
4.2 Recomendaciones.	103
BIBLIOGRAFÍA.	104
ANEXOS.	110
ANEXOS A. Análisis del Agua Residual.	111
ANEXO B. Planos.	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual.	6
Tabla 2 (continuación) Características físicas, químicas y biológicas del agua residual.	7
Tabla 3 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.	11
Tabla 4 (continuación) Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.	12
Tabla 5 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	13
Tabla 6 (continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	14
Tabla 7 Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	15
Tabla 8 (continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua marina	16
Tabla 9 Remoción de contaminantes del agua residual por procesos unitarios.	18
Tabla 10 Caudales de ingreso de la PTAR. (lt/sg).	24
Tabla 11 Caudales de salida de la PTAR. (lt/sg).	24
Tabla 12 Resultados del análisis de laboratorio del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento. Muestra I.	28
Tabla 13 Resultados del análisis de laboratorio del agua residual que sale de la planta de tratamiento. Muestra II.	28
Tabla 14 Materiales empleados.....	33
Tabla 15 Equipos de seguridad empleados.	33
Tabla 16 Grado de tratamiento obtenido mediante diversas operaciones y procesos unitarios empleados en el tratamiento primario y secundario del agua residual.....	35
Tabla 17 Comparación de los resultados obtenidos de la muestra 1 con el TULSMA 2015.....	35
Tabla 18 Remoción de contaminantes real. Muestra I y muestra II.....	36
Tabla 19 Remoción de contaminantes teórica. Muestra I y muestra II.....	37
Tabla 20 Comparación % de remoción real y % de remoción teórico de la PTAR...	38
Tabla 21 Medidas tanque repartidor.	40
Tabla 22 Medidas tanque séptico	41
Tabla 23 Medidas filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.	42
Tabla 24 Medidas lecho de secado de lodos	44
Tabla 25 Comparación funcionamiento actual vs. funcionamiento teórico.....	55
Tabla 26 Tiempo requerido para la digestión de lodos	58
Tabla 27 Comparación funcionamiento actual vs. funcionamiento teórico.....	59

Tabla 28 Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios.	63
Tabla 29 Comparación funcionamiento actual vs. funcionamiento teórico.....	64
Tabla 30 Funcionamiento actual de los componentes de la PTAR de Llimpe Grande.	65
Tabla 31 Población en años del cantón Quero.	66
Tabla 32 Tasa de crecimiento (r).	67
Tabla 33 Tasas de crecimiento poblacional	67
Tabla 34 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.	69
Tabla 35 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.	69
Tabla 36 Coeficientes de infiltración en tuberías (lt/sg*m)	72
Tabla 37 Densidad y viscosidad del agua	75
Tabla 38 Valores a considerarse para el diseño de un trampa de grasa.	81
Tabla 39 Tiempo requerido para la digestión de lodos.	90
Tabla 40 Comparación estado actual de la PTAR vs. Propuesta de la PTAR.	97
Tabla 41 Tabla resumen de las actividades de mantenimientos de los componentes de la PTAR.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Agua residual producida por actividades domésticas.....	7
Figura 2 Agua residual producida por actividades de la industria.....	8
Figura 3 Agua residual de origen agrícola.....	8
Figura 4 Agua residual producidas por la actividad ganadera.....	9
Figura 5 Agua residual de escorrentía.....	9
Figura 6 Representación del proceso de tratamiento del agua residual de una PTAR.....	16
Figura 7 Comunidad de Llimpe Grande.....	22
Figura 8 PTAR Limpe Grande – Quero.....	23
Figura 9 Medición de caudales al ingreso de la planta de tratamiento.....	25
Figura 10 Medición de caudales a la salida de la planta de tratamiento.....	25
Figura 11 Toma de muestra del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento.....	26
Figura 12 Toma de muestra del agua residual que sale de la planta de tratamiento..	27
Figura 13 Conservación y transporte de las muestras de la planta de tratamiento. ...	27
Figura 14 Estado actual de los componentes de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande.....	29
Figura 15 Proceso de tratamiento del agua residual actual de la PTAR.....	29
Figura 16 Tanque repartidor de la planta de tratamiento.....	30
Figura 17 Tanque séptico actual de la PTAR.....	30
Figura 18 Flujo Anaerobio de Flujo Ascendente actual de la PTAR.....	31
Figura 19 Lecho de secado de lodos de la PTAR.....	32
Figura 20 Pozo de salida actual de la PTAR.....	32
Figura 21 Representación gráfica de remoción real de contaminantes. Muestra I y muestra II.....	36
Figura 22 Representación gráfica de remoción real de contaminantes. Muestra I y muestra II.....	37
Figura 23 Tren de tratamiento del agua residual actual de la PTAR.....	39
Figura 24 Vista en planta tanque repartidor.....	40
Figura 25 Vista en corte tanque repartidor.....	40
Figura 26 Vista en planta tanque séptico.....	41
Figura 27 Vista en corte tanque séptico.....	42

Figura 28 Vista en planta filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.....	43
Figura 29 Vista en corte Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	43
Figura 30 Vista en planta Lecho de secado de lodos	44
Figura 31 Vista en corte Lecho de secado de lodos	44
Figura 32 Detalles del tanque séptico.	52
Figura 33 Detalles del tanque séptico.	54
Figura 6 Nuevo proceso de tratamiento del agua residual de la PTAR.	66
Figura 34 Valores de sedimentación	77
Figura 35 Curvas de comportamiento.	79

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo es evaluar cada componente que conforma la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la comunidad de Llimpe Grande, ubicada en el cantón Quero, provincia de Tungurahua, para así determinar si la PTAR se encuentra trabajando correctamente.

Para la evaluación de la PTAR se inició con el levantamiento de la información del estado actual. En base al trabajo realizado en campo, se determinó el máximo caudal de agua residual tanto a la entrada como a la salida de la misma. Además, se realizó un muestreo del agua residual, muestras que fueron analizadas por un laboratorio acreditado para así determinar la carga contaminante que es tratada en la planta y compararla con los parámetros establecidos en el TULSMA 2015 para descargas de aguas residuales en cuerpos de agua dulce.

Se evaluó el proceso actual (tanque repartidor, tanque séptico, FAFA y lechos de secado de lodos) empleado para el tratamiento del agua residual, lo cual demostró que la planta no se encuentra funcionando de manera correcta, ya que el porcentaje de remoción real de la planta es de aproximadamente 23 por ciento; además, que varios de sus componentes no cumplen con los parámetros establecidos en los manuales de diseños de plantas de tratamiento, por esta razón, se incorporó un nuevo proceso para el tratamiento del agua residual (cribado, desarenador, tanque de grasas, tanque séptico, FAFA y lecho de secado de lodos), para así lograr una remoción teórica del 90 por ciento de contaminantes presentes en el agua residual. Por otro lado, se propone un plan de operación y mantenimiento de la PTAR para su adecuado funcionamiento.

Palabras claves: Planta de tratamiento, Aguas residuales, TULSMA 2015, Caudal, PTAR, FAFA, Tanque repartidor.

ABSTRACT

The main objective of this work is to evaluate each component that makes up the wastewater treatment plant (WWTP) of the community of Llimpe Grande, located in the Quero canton, Tungurahua province, in order to determine if the WWTP is working correctly.

For the evaluation of the WWTP, it began with the gathering of information on the current state. Based on the work carried out in the field, the maximum wastewater flow rate was determined both at the entrance and at the outlet. In addition, a sampling of the wastewater was carried out, samples that were analyzed by an accredited laboratory in order to determine the pollutant load that is treated in the plant and compare it with the parameters established in the TULSMA 2015 for wastewater discharges into freshwater bodies.

The current process (distributor tank, septic tank, FAFA and sludge drying beds) used for the treatment of wastewater was evaluated, which showed that the plant is not working correctly, since the actual removal percentage of the plant is about 23 percent; In addition, that several of its components do not comply with the parameters established in the treatment plant design manuals, for this reason, a new process was incorporated for the treatment of waste water (screening, sand trap, grease tank, septic tank, FAFA and sludge drying bed), in order to achieve a theoretical removal of 90 percent of contaminants present in the wastewater. On the other hand, an operation and maintenance plan for the WWTP is proposed for its proper functioning.

Keywords: Treatment plant, Wastewater, TULSMA 2015, Flow, WWTP, FAFA, Distributor tank.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos.

1.1.1 Antecedentes.

En el trabajo de investigación realizado por Santiago Lema Guachamin, se evidenció mediante los análisis de agua que los niveles de coliformes fecales presentes en el efluente sobrepasan los límites establecidos para ser descargados en cuerpos de agua dulce, uso de fuentes para consumo humano y uso agrícola y riego, por dicha razón se recomienda implementar un sistema de desinfección o lagunas de estabilización para de ésta manera reducir el nivel de coliformes fecales presentes en el efluente de la planta de tratamiento.

[1]

En el trabajo de investigación realizado por Nicole Murillo establece que los resultados obtenidos en la caracterización de efluentes, indican que el agua residual presenta un elevado contenido de materia orgánica disuelta y en suspensión. Como lo demuestran los resultados de DBO, DQO, por lo que no cumplen con los valores de la norma vigente, por este motivo se recomienda implementar un sistema de tratamiento que garantice un efluente tratado que cumpla con la norma aplicable, ya sea los límites máximos permisibles para descarga a un cuerpo receptor o el valor máximo admisible para vertimiento al alcantarillado. [2]

Una vez realizada la intervención a la PTAR de la ciudad de Babahoyo realizada por Andrés Amat y Belén Portero se conoció que la falta de capacitación del personal ha generado que la planta opere de manera incorrecta, sin llegar a la eficiencia óptima de la PTAR, por esta razón se recomienda capacitar a todo el personal para que lleven un correcto funcionamiento de cada una de las etapas que corresponde a la planta de tratamiento. [3]

Una vez realizada la intervención a la PTAR de la quinta Brasilia mediante la investigación realizada por Alexander Fonseca e Iván García establece que, el estado actual de la estructura de la planta de tratamiento y su funcionamiento muestran una falencia en los procesos, lo que afecta el resultado del tratamiento de estas aguas residuales por este motivo se recomienda realizar mantenimiento preventivo a los equipos

y estructuras, además realizar análisis de la calidad del agua tratada con una periodicidad establecida. [4]

En el proyecto de investigación realizado Hernán Vargas se logró establecer que es de suma importancia tener los datos de la población actual que alimenta a la PTAR, ya que los cálculos fueron generados a partir de la población total, se recomienda que para estudios futuras, se disponga de los valores de los censos reales de la inspección. [5]

Una vez realizada la intervención a la PTAR de la urbanización las lomas mediante el trabajo de investigación realizada por Susana Jiménez se pudo establecer que la conformación actual de una sola laguna aeróbica no cumple con los parámetros de diseño, por lo tanto es un sistema totalmente ineficiente en lo que respecta a cumplimiento de la legislación, principalmente de DBO, DQO y SST, por lo que se recomienda la implementación de dos lagunas en serie, una facultativa y la otra de macrófitas; ya que es la que posee una mejor eficiencia en remoción de parámetros. [6]

Mediante la investigación realizada por Estefanía Landi, se conoció que, en el tratamiento secundario, lodos activados presenta altos porcentajes de remoción de materia orgánica. Sin embargo, éstos no son suficientes para el cumplimiento con los límites de descarga que se establecen en las normas de control, por esta razón se recomienda realizar un estudio a fondo de las características físicas y químicas de los lodos generados en el sistema de tratamiento, de tal manera que se pueda establecer un tratamiento adecuado que permita su disposición final o sus posibles aprovechamientos. [7]

En el proyecto realizado por Faber Carreño y Alberto Contreras se logró verificar que el proceso realizado en la PTAR no alcanza a eliminar toda la contaminación del agua, es decir; que la planta de tratamiento de aguas residuales sigue siendo una amenaza para la estabilidad ambiental, la flora y la fauna del sector, y lo más importante es la cantidad de repercusiones negativas que tiene frente a la comunidad, por tal motivo se debe tomar en cuenta la limpieza y mantenimiento que se debe dar a cada unidad de tratamiento, pues una gran acumulación de lodos afecta las condiciones de funcionamiento de las unidades de tratamiento de la PTAR. [8]

En el proyecto de trabajo realizado por Margarita Ronces estable que se debe implementar en las estructuras de concreto un sistema de protección en áreas de contacto con aguas

residuales, para que de esta manera se pueda brindar una protección contra el desgaste y corrosión por efectos de la fricción y acidez del agua, incrementando así su vida útil. [9]

Mediante la investigación realizada por la señorita Indira Jackeline Chiriboga Sisalema se conoció que el sistema de tratamiento para la depuración de aguas residuales en Ubillus es un tratamiento, empleado para poblaciones pequeñas por sus altos porcentajes de remoción teórico de cada uno de los procesos que lo componen: separador de caudales, cribado, fosa séptica, filtro anaerobio de flujo ascendente e infiltración al suelo, por lo que es importante realizar charlas para la concientización sobre los desechos que se arroja al alcantarillado y las consecuencias que se genera en la PTAR, cuando existe una alta concentración de materia orgánica. [10]

En el proyecto efectuado por Alfonso Ávila y Camilo Torres, se logró verificar que el contenido de sólidos suspendidos presente en el agua residual es otro parámetro importante en el tratamiento ya que según los ensayos de laboratorio la concentración de los sólidos está dentro de los parámetros establecidos por la norma, pero, para que esto funcione de manera óptima es necesario hacer una recuperación de los lechos de secado y gestionar un manejo de dichos lodos. [11]

Una vez realizada la intervención a la PTAR de la Universidad Estatal Amazónica mediante la investigación realizada por Paulina Ramos y Javier Llerena, se logró verificar mediante el análisis cuantitativo de las características del afluente y efluente que la PTAR – UEA cumple parcialmente con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente, el incumplimiento radica en el parámetro de coliformes fecales, por lo que se determina la implementación obligatoria y urgente de un sistema de desinfección del agua post-tratamiento, (debido al bajo costo y fácil operación se puede considerar una cámara de cloración) antes de la descarga final de forma que se evite el incumplimiento con los límites permisibles de este parámetro. [12]

1.1.2 Justificación.

En nuestra región interandina existen varias poblaciones asentadas las cuales necesitan soluciones respecto a cubrir los servicios básicos como alcantarillado, tratamiento de aguas residuales, al solucionar dichas necesidades propias de cada lugar, se logra mejor la calidad de vida de los pobladores [13]

La PTAR de la comunidad de Llimpe Grande, ayuda a la disminución del impacto ambiental que generan las aguas residuales domésticas, si dicho sistema no trabaja de manera correcta esto ocasionará conflictos que afectarán tanto al medio ambiente como a los pobladores que habitan el lugar donde se realiza la descarga de agua contaminada. Por esta razón es importante realizar una óptima evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de manera que permita identificar la eficiencia en la remoción de residuos contaminantes y los posibles problemas que se puedan presentar en un futuro.

El tratamiento de aguas residuales se divide en varios procesos tanto físicos como químicos los cuales tienen como finalidad remover la mayor cantidad de contaminantes físicos, biológicos y químicos que puedan estar presentes en el agua residual. [14] El beneficio de tratar el agua residual es poder generar agua limpia o que se pueda volver a utilizar es decir que se encuentre útil para su reúso. [15]

La provincia de Tungurahua es mayormente agrícola por lo que sus aguas deben mantenerse aptas para riego y consumo humano, es por dicha razón que los sistemas de alcantarillado se los construye junto a una planta de tratamiento para de este modo no descargar de manera directa las aguas residuales en las fuentes de agua. [16]

Las actividades económicas de los habitantes de la comunidad de Llimpe Grande es la ganadería, pero principalmente la agricultura; se dedican en mayor parte al cultivo de arveja, la zanahoria, papa y habas, dichos productos se los comercializa en los días de feria del cantón Quero. [13]

La entidad encargada de administrar los recursos hídricos del Ecuador es la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), una de sus labores principales garantizar el suministro de agua potable además de servicios de tratamiento para el agua residual. [17]

La PTAR que va a ser la encargada de tratar el agua residual se debe encontrar integrada por un adecuado proceso, para así lograr remover en su totalidad o la mayor cuantía de contaminantes que se presentan en el agua residual. Es así que si dicha planta se encuentra funcionando con un caudal mayor para la cual fue diseñada, esto va a ocasionar que el agua residual no presente una descontaminación completa, sino que incluso logre salir presentando más contaminantes que cuando ingreso. [18]

En el objetivo 1 del plan de toda una vida, se reconoce que se debe garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas. En el artículo número 14 de la constitución de la república del Ecuador, se reconoce el derecho a la población de vivir en un ambiente sano y equilibrado, que asegure la sostenibilidad y el buen vivir. [19]

Por estas razones es importante dar a conocer en la presente investigación el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de la comunidad Llimpe Grande, cantón Quero, provincia de Tungurahua y a su vez concientizar a la población sobre la importancia de tratar el agua contaminada.

1.1.3 Fundamentación Teórica.

1.1.2.1 Plantas de tratamiento de agua residual.

El tratamiento del agua residual se basa en el conjunto de procesos que pueden ser de tipo físico, biológico o químico cuya finalidad es la reducción del mayor porcentaje de la contaminación presente en el agua, las mismas que pueden ser de origen natural, domesticas, de origen industrial o urbanas. [12]

1.1.2.2 Características de las Aguas Residuales.

El agua residual toma una incomparable naturaleza en su composición debido que al ser trasformada con los diferentes organismos contaminantes se disponen aproximadamente de un 99.9% de agua y su restante de materia sólida que está conformada por materia mineral y orgánica. La contaminación que presente el agua residual va a depender de la procedencia que tenga la misma como se indica en la Tabla 1. [20]

Tabla 1 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual.

PARÁMETRO	ORIGEN
FÍSICAS	
Sólidos	Residuos domésticos e industriales
Temperatura	Residuos domésticos e industriales
Color	Residuos domésticos e industriales
Olor	Aguas residuales en descomposición, residuos industriales
QUÍMICAS	
Orgánico:	
- Proteínas	Residuos comerciales y domésticos
- Carbohidrato	Residuos comerciales y domésticos
- Grasas animales, aceite y grasa mineral	Residuos industriales, comerciales y domésticos
- Agentes tenso activos	
- Fenoles	Residuos comerciales y domésticos
- Pesticidas	Residuos comerciales y domésticos
Inorgánico	Residuos industriales, comerciales y domésticos
- pH	
- Cloruros	Residuos comerciales y domésticos
	Residuos industriales
- Alcalinidad	Residuos agrícolas
	Residuos industriales
- Nitrógeno	Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas
- Fósforo	
- Azufre	Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas
- Compuestos tóxicos	subterráneas

Fuente: Once Sarmiento, David Jónas; Ruiz Herrera, Jhonny Fernando [20]

Tabla 2 (continuación) Características físicas, químicas y biológicas del agua residual.

PARÁMETRO	ORIGEN
QUÍMICAS	
Gases:	Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas
- Oxígeno	Infiltración de agua de superficie
- Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de aguas domésticas
- Metano	Descomposición de aguas domésticas
BACTEREOLÓGICAS	
Proteínas	Residuos domésticos, plantas de tratamiento
Virus	Residuos domésticos, plantas de tratamiento
Plantas	Corrientes de agua y plantas de tratamiento
Animales	Corrientes de agua y plantas de tratamiento

Fuente: Once Sarmiento , David Jónas; Ruiz Herrera , Jhonny Fernando [20]

1.1.2.3 Tipos de aguas residuales.

Agua residual doméstica o urbana.

Son las aguas producidas por las viviendas, medios comerciales privados o públicos. Estas se componen por aguas fecales, de lavado y también limpieza como se puede observar en la Figura 1. [21]



Figura 1 Agua residual producida por actividades domésticas.

Fuente: Pamela Demichellis [22]

Agua residual industrial.

Las aguas residuales industriales son aquellas aguas que son vertidas ya sea desde los locales empleados para actividades comerciales o industriales. [23]



Figura 2 Agua residual producida por actividades de la industria.

Fuente: Angkrit Chamchuen [24]

Agua residual producidas por actividad agrícola.

Las aguas residuales originadas por actividades agrícolas en su mayoría son vertidas de manera directa en las fuentes de agua, ocasionando así que se presente altos niveles de contaminación en las mismas. [25]



Figura 3 Agua residual de origen agrícola.

Fuente: Comunicarse [26]

Aguas residuales pecuarias.

Las aguas residuales originadas por la ganadería generalmente se depositan de manera directa en los cauces de río lo que ocasiona la presencia de contaminantes, afectando así el medio ambiente. [27]



Figura 4 Agua residual producidas por la actividad ganadera.

Fuente: Osmin Pineda [28]

Agua residual de escorrentía.

El agua que se originan por la lluvia suelen ser mucho mayores, es así que dichas aguas son casi cincuenta veces mayor a las producidas por actividades domésticas o industriales.

[27]



Figura 5 Agua residual de escorrentía.

Fuente: Klipartz [29]

1.1.2.4 Tratamiento para aguas residuales

El principal objetivo del tratamiento de las aguas residuales es resguardar la salud de los habitantes. El tratamiento del agua residual va a depender del origen de las mismas, para así de esta manera lograr hallar un proceso en el cual se logre remover la mayor cantidad de contaminantes y así cumplir con los parámetros establecidos en la ley vigente. [30]

Procesos de pretratamiento del agua residual.

El pretratamiento se encarga de extraer la mayor cantidad de sólidos de gran tamaño presentes en el agua residual para que así no se ocasionen problemas en los procesos unitarios siguientes. [30]

Procesos de tratamiento primario del agua residual.

El tratamiento primario es el encargado de disminuir la cantidad de sólidos suspendidos en el agua residual. [30]

Procesos de tratamiento secundario del agua residual.

El tratamiento secundario está enfocado en la eliminación de los sólidos suspendidos y de los compuestos orgánicos biodegradables presentes en el agua residual, aunque con frecuencia se incorpora la desinfección en dicho tratamiento. [31]

Procesos de tratamiento avanzado del agua residual.

Este tratamiento se incorpora para aguas residuales que ameritan una atención especial, como los compuestos tóxicos, la materia orgánica presente en exceso o sólidos suspendidos en agua a tratarse. [31]

1.1.2.5 Límites que debe presentar el agua residual tratada.

El agua residual debe pasar por los diferentes procesos de tratamiento para poder ser descargada en nuevos o similares efluentes de dónde provenía en un principio dicha agua y esta así poder cumplir con los parámetros determinados por la ley. En el Ecuador existe la normativa establecida en el TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) del año 2015 en el cual se hallan varios parámetros que deben cumplir antes de ser descarga en los efluentes, deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la Tabla 3, Tabla 4, Tabla 6 y Tabla 8. [32]

Tabla 3 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70
Explosivas o inflamables	Sustancias	mg/l	cero
Alkil mercurio		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1
Cinc	Zn	mg/l	10
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cobalto total	Co	mg/l	0.5
Cobre	Cu	mg/l	1
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	50
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Fósforo Total	P	mg/l	1 5
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	2 0
Hierro total	Fe	mg/l	2 5
Manganeso total	Mn	mg/l	1 0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Total	N	mg/l	6 0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0 . 1
Plata	Ag	mg/l	0 . 5

Fuente: TULSMA 2015 [32]

Tabla 4 (continuación) Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Plomo	Pb	mg/l	0
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0
Sólidos Sedimentables	SD	mg/l	5
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	20
Sólidos totales	ST	mg/l	220
Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	1600
Sulfuros	s	mg/l	400
Temperatura	°C	mg/l	1
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	< 40
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	2
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

Fuente: TULSMA 2015 [32]

Tabla 5 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	inapreciable en dilucion: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia

Fuente: TULSMA 2015 [32]

Tabla 6 (continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	µg/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 ₄ -2	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		condicion neutral ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente: TULSMA 2015 [32]

Tabla 7 Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE	
			zona de rompientes	mediante emisarios submarinos
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30	30
Arsénico total	As	mg/l	0.5	0.5
Aluminio	Al	mg/l	5	5
Cianuro total	CN-	mg/l	0.2	0.2
Cinc	ZN	mg/l	10	10
Cobre	Cu	mg/l	1	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	2000
Color	Color verdadero	unidades de color	inapreciable en dilución: 1/20	inapreciable en dilución: 1/20
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2	0.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200	400
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	400	600
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20	20
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01	0.01
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	250	250

Fuente: TULSMA 2015 [32]

Tabla 8 (continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE	
			zona de rompientes	mediante emisarios submarinos
Sulfuros	S	mg/l	0.5	0.5
Compuestos Organoclorados	Organoclorados	mg/l	50	50
Organoclorados	totales			
Compuestos Organofosforados	Organofosforados	µg/l	100	100
Organofosforados	totales			
Carbonatos	Especies totales	mg/l	0.25	0.25
Temperatura	°C		< 35	< 35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0.5	0.5

Fuente: TULSMA 2015 [32]

1.1.2.6 Componentes para el tratamiento de agua residual.

La elección conveniente de procesos unitarios para el tratamiento del agua residual tiene mucha importancia ya que de este modo se puede lograr la mayor remoción permisible de contaminantes presentes en el agua residual en la menor cantidad de procesos, es así que logra obtener un funcionamiento eficiente de la PTAR. [31]

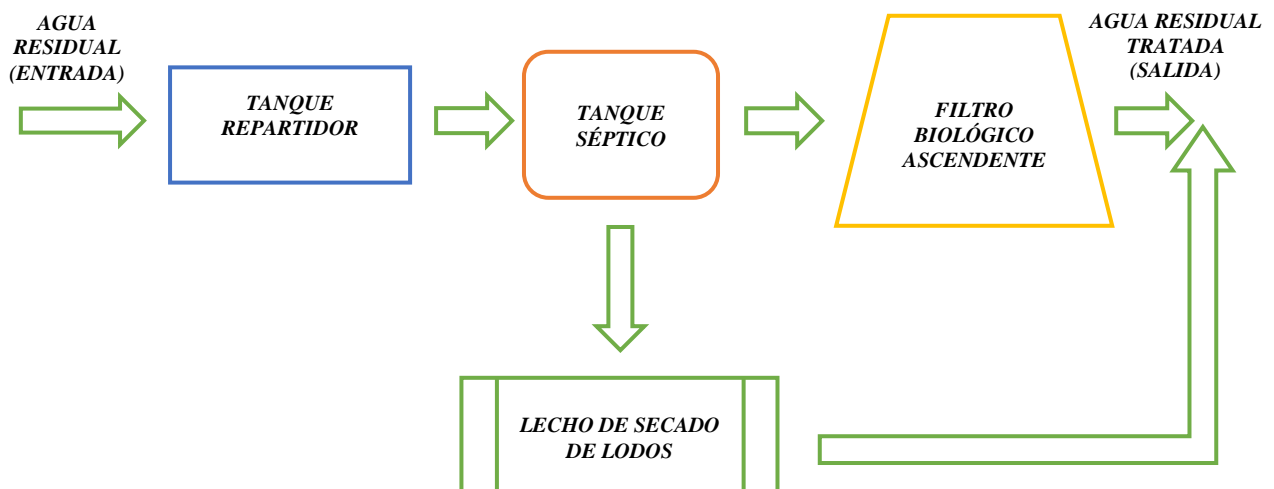


Figura 6 Representación del proceso de tratamiento del agua residual de una PTAR.

Fuente: Geovanny Morales.

Tanque repartidor.

El tanque repartidor es el encargado de dividir los caudales que ingresan a la PTAR. [33]

Tanque séptico.

Es un componente donde los sedimentos que presenta el agua residual se disuelven generando un fluido libre de sedimentos los cuales podrían infiltrarse fácilmente en el subsuelo. De esta forma, la función de dicho componente es resguardar y sobreguarda la propiedad de absorción de la capa del subsuelo proporcionando la adecuada disposición de las aguas residuales. [34]

Filtro biológico de flujo ascendente.

Su objetivo principal es la degradación de los contaminantes biológicos presentes en el agua residual, al tener un material filtrante en su interior las impurezas son retenidas y reducidas a formas muchos más simples, basada en la formación de una capa biológica, donde coexisten bacterias y nematodos, además de otros organismos. [35]

Lecho de secado de lodos.

Es un componente hidráulico encargado de la deshidratación de los lodos producidos por el tanque séptico. Se debe tener en cuenta el origen de los lodos para seleccionar un método correcto. [33]

Porcentajes de remoción por procesos.

El rendimiento de una planta de tratamiento es la medida del éxito del diseño, tanto si se analiza por la calidad del líquido residual que fluye en la instalación como si se compara basándose en los porcentajes de remoción de contaminantes que tiene la misma a través de los diferentes procesos unitarios presentes en la planta de tratamiento, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9 Remoción de contaminantes del agua residual por procesos unitarios.

Unidades de tratamiento	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	BDO	DQO	SS	Pb	N- Org c	NH3 -N
Rejas de barras	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Desarenadores	0 - 5 d	0 - 5 d	0 - 10 d	nulo	nulo	nulo
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Fangos activados						
(Proceso convencional)	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Filtros precoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Carga muy alta, medio sintético	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15
Biodiscos (rbc)	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Cloración	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

Fuente: METCALF y EDDY [31]

1.1.2.7 Parámetros de Aguas Residuales.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

Los valores obtenidos de dicho parámetro son empleados para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. En las plantas de tratamiento se producen procesos unitarios para la desinfección logrando así que los microorganismos se degraden y disminuyendo los contaminantes de la misma. El DBO es uno de los parámetros de medición de contaminantes más utilizados. [36]

Demanda Química de Oxígeno (DQO).

El DQO debe ser mayor a la DBO ya que la remoción es mayor por vía química. La demanda química de oxígeno constituye la cuantía de alimento presente en un microorganismo, es decir la contaminación presente en el agua, dicho alimento se presenta de manera de energía la cual se utiliza biológicamente para estabilizar los componentes presentes en el agua residual. [36]

Potencial Hidrógeno (pH).

El valor del pH en agua generalmente tiene un valor más arriba del 7 es así que se determina como alcalinas e inferior al 7 como ácidas, en el agua de ríos ausentes de contaminación este valor se encuentra entre 6.0 y 8.0, los mismos que permiten el desarrollo de ecosistemas acuáticos. [36]

Nitrógeno (N).

El nitrógeno presente en el agua residual es originado por hábitos de alimentación y preparación de los mismos, además es proveniente de lavados, bañeras o duchas, además de productos empleados en el lavado de prendas de vestir. [36]

Fósforo (P).

El fósforo es un parámetro químico, las fuentes de fósforo son principalmente las plantas de tratamiento de aguas residuales, además de la escorrentía producida en zonas de cultivo donde se emplean fertilizantes y se almacenan abonos. [36]

Sólidos Suspendidos (SS).

Es el material no disuelto, son en general de origen orgánico como desechos provenientes de los humanos, papel y porciones de alimentos, que al juntarse conforman una masa suspendida que no se puede filtrar por simple gravedad. [36]

1.1.4 Hipótesis.

Hipótesis de Trabajo.

La planta de tratamiento de aguas residuales concerniente a la Comunidad de Llimpe Grande, cantón Quero, provincia de Tungurahua no se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

Hipótesis Nula.

La planta de tratamiento de aguas residuales concerniente a la Comunidad de Llimpe Grande, cantón Quero, provincia de Tungurahua se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad Llimpe Grande, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de la información concerniente a la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande.
- Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según la normativa vigente TULSMA 2015.
- Analizar el agua influente y efluente de la planta de tratamiento.
- Realizar un rediseño para mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en el caso de ser necesario.

CAPÍTULO II.

METODOLOGÍA.

2.1 Metodología

En el presente trabajo experimental se efectuará una evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales concerniente a la comunidad de Llimpe Grande, cantón Quero de la provincia de Tungurahua, y se lo realizará de la siguiente manera:

Etapa I Levantamiento de la información de la PTAR.

Se realiza un compendio de información sobre la planta de tratamiento de aguas residuales perteneciente a la comunidad de Llimpe Grande como: medidas de los componentes, año en que fue construida y la actividad socio económica de la comunidad.

Etapa II Investigación de campo y medición de caudales.

Se realiza una medición de los caudales que ingresan y salen de la planta de tratamiento de aguas residuales para así poder determinar las horas en las cuales existe mayor y a su vez menor cantidad de agua y así lograr realizar un muestreo en estos horarios.

Etapa III Análisis de laboratorio de las características del agua residual.

Se realiza el análisis de laboratorio de las muestras recogidas de agua residual de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande tanto al ingreso como a la salida, dichos análisis se los realiza en un laboratorio acreditado y especializado para determinar las características de las muestras tomadas como son: DQO, DBO₅, Nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, solidos suspendidos, fosforo total y pH.

Etapa IV: Análisis y verificación de resultados obtenidos.

Se realiza una comparación con los resultados obtenidos de las muestras de agua residual en el laboratorio con la normativa vigente (TULSMA), para verificar si la planta cumple con los valores límites para descargas a un cuerpo de agua dulce. Conjuntamente, se establece el estado actual de los componentes hidráulicos preexistentes en la PTAR.

2.2.1 Plan de Recolección de Datos.

2.2.1.1 Etapa I Levantamiento de la información de la PTAR.

La comunidad de Llimpe Grande se encuentran ubicada en el sector Sur Oriente de la provincia de Tungurahua a catorce kilómetros aproximadamente de la ciudad de Ambato, en el cantón Quero; sus puntos geográficos son: 9849658.00 Latitud Sur y 769017.00 Longitud Oeste - 9848556.00 Latitud Sur y 768216.00 .00 Longitud Oeste. La actividad económica de los pobladores de la comunidad es la ganadería, pero principalmente la agricultura. [13]



Figura 7 Comunidad de Llimpe Grande

Fuente: Geovanny Morales.

La planta de tratamiento de aguas residuales se localiza aguas abajo de la comunidad, la misma que actualmente se encuentra funcionando. La planta de tratamiento fue construida en el año de 2006 por el Municipio de Quero, sin embargo, actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales no se encuentra funcionando en óptimas condiciones.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande cuenta con varios procesos unitarios para el tratamiento del agua residual los cuales son: Tanque repartidor, Tanque séptico, Lecho de secado de lodos, Filtro anaerobio de flujo ascendente y pozo de salida.



Figura 8 PTAR Limpe Grande – Quero.

Fuente: Geovanny Morales.

2.2.1.2 Etapa II Investigación de campo.

Medición de caudales.

Para realizar la medición de los caudales de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande se utilizó el método de medición volumétrica mediante un recipiente con medida y un dispositivo para tomar el tiempo (cronómetro). La medición de los caudales se realizó durante siete días seguidos del día 22 al 28 de marzo de 2021. Para la medición se tomó un caudal de ingreso y uno de salida de la PTAR durante ocho horas con intervalos de tiempo de una hora.

Tabla 10 Caudales de ingreso de la PTAR. (lt/sg).

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	PROMEDIO
8:15-9:15	1.761	1.529	1.438	1.426	1.627	1.423	1.349	1.508
9:15-10:15	1.952	1.734	1.094	1.068	1.954	1.159	1.152	1.445
10:15-11:15	1.623	1.268	1.038	1.284	1.786	1.258	1.065	1.332
11:15-12:15	1.233	1.216	1.047	1.371	1.349	1.139	1.039	1.199
12:15-13:15	1.034	1.357	1.135	1.522	1.422	1.106	0.942	1.217
13:15-14:15	1.258	3.016	1.384	1.861	1.095	1.308	1.211	1.590
14:15-15:15	1.423	1.029	1.128	1.067	1.288	1.166	1.155	1.179
15:15-16:15	1.765	1.560	1.083	1.299	1.611	1.244	1.264	1.404
16:15-17:15	1.035	1.591	1.073	1.388	1.374	1.129	1.133	1.246

Fuente: Geovanny Morales.

Como se puede observar en la Tabla 10 la hora con mayor caudal durante el día fue a la 13:15, debido a que, en esta hora los pobladores de la comunidad tenían su hora de almuerzo, y la hora con menor caudal fue a las 14:15 debido a que a esta hora los moradores de la comunidad salían a realizar sus actividades diarias de agricultura y ganadería.

Tabla 11 Caudales de salida de la PTAR. (lt/sg).

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	PROMEDIO
8:15 - 9:15	1.522	1.468	1.572	1.438	1.216	1.394	1.367	1.425
9:15 - 10:15	1.264	1.612	1.357	1.034	1.076	1.528	1.177	1.293
10:15 - 11:15	1.634	1.527	1.520	1.637	1.037	1.337	1.017	1.387
11:15 - 12:15	1.299	1.159	1.675	1.435	1.438	1.437	1.537	1.426
12:15 - 13:15	1.733	1.977	1.376	1.934	1.035	1.038	1.934	1.575
13:15 - 14:15	1.296	2.826	1.037	1.297	1.348	1.233	1.038	1.439
14:15 - 15:15	1.377	1.357	1.258	1.067	1.038	1.429	1.394	1.274
15:15 - 16:15	1.673	1.438	1.276	1.328	1.527	1.739	1.438	1.488
16:15 - 17:15	1.349	1.493	1.072	1.294	1.376	1.631	1.384	1.371

Fuente: Geovanny Morales.

Como se puede observar en la Tabla 11 la hora con mayor caudal durante el día fue a la 13:15, debido a que, en esta hora los pobladores de la comunidad tenían su hora de almuerzo, y la hora con menor caudal fue a las 14:15 debido a que a esta hora los moradores de la comunidad salían a realizar sus actividades diarias de agricultura y ganadería.



Figura 9 Medición de caudales al ingreso de la planta de tratamiento.

Fuente: Geovanny Morales.



Figura 10 Medición de caudales a la salida de la planta de tratamiento.

Fuente: Geovanny Morales.

2.2.1.3 Etapa III Análisis de laboratorio.

La toma de las muestras de agua residual de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande se lo realizó el día 7 de abril de 2021 según la norma NTE INEN 2 169:1998 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras) y NTE INEN 2 176:1998 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo). Se efectuó la toma de dos muestras de agua residual, la primera al ingreso de la PTAR y la segunda a la salida de la misma.



Figura 11 Toma de muestra del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento.

Fuente: Geovanny Morales.



Figura 12 Toma de muestra del agua residual que sale de la planta de tratamiento.

Fuente: Geovanny Morales.



Figura 13 Conservación y transporte de las muestras de la planta de tratamiento.

Fuente: Geovanny Morales.

Tabla 12 Resultados del análisis de laboratorio del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento. Muestra I.

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	8,36	+/- 0,08	07-04-21
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	951	N/A	07-04-21
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	460	N/A	07-04-21
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	252,28	N/A	07-04-21
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	7,48	N/A	07-04-21
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	11,40	N/A	07-04-21
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	7,90	N/A	07-04-21
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	411	N/A	07-04-21

Fuente: Laboratorio de servicios ambientales UNACH.

Tabla 13 Resultados del análisis de laboratorio del agua residual que sale de la planta de tratamiento. Muestra II.

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,61	+/- 0,08	07-04-21
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	753	N/A	07-04-21
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	369	N/A	07-04-21
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	204,57	N/A	07-04-21
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	5,16	N/A	07-04-21
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	8,80	N/A	07-04-21
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	10,2	N/A	07-04-21
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	387	N/A	07-04-21

Fuente: Laboratorio de servicios ambientales UNACH.

2.2.1.4 Etapa IV Análisis y verificación de resultados obtenidos.

La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra actualmente descuidada, debido que al existir abundante vegetación esta no permite el correcto funcionamiento de la PTAR, asimismo, el olor que emana de la misma es ocasionado por la falta de mantenimiento que se le da y el descuido por parte de las autoridades ha provocado que se vaya deteriorando con el paso de los años.



Figura 14 Estado actual de los componentes de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande.

Fuente: Geovanny Morales.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande está conformada por los siguientes componentes: Tanque repartidor, Tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), lecho de secado de lodos y un pozo de salida, a continuación, se define el estado actual en el que se encuentran cada uno de los elementos que conforma la PTAR.

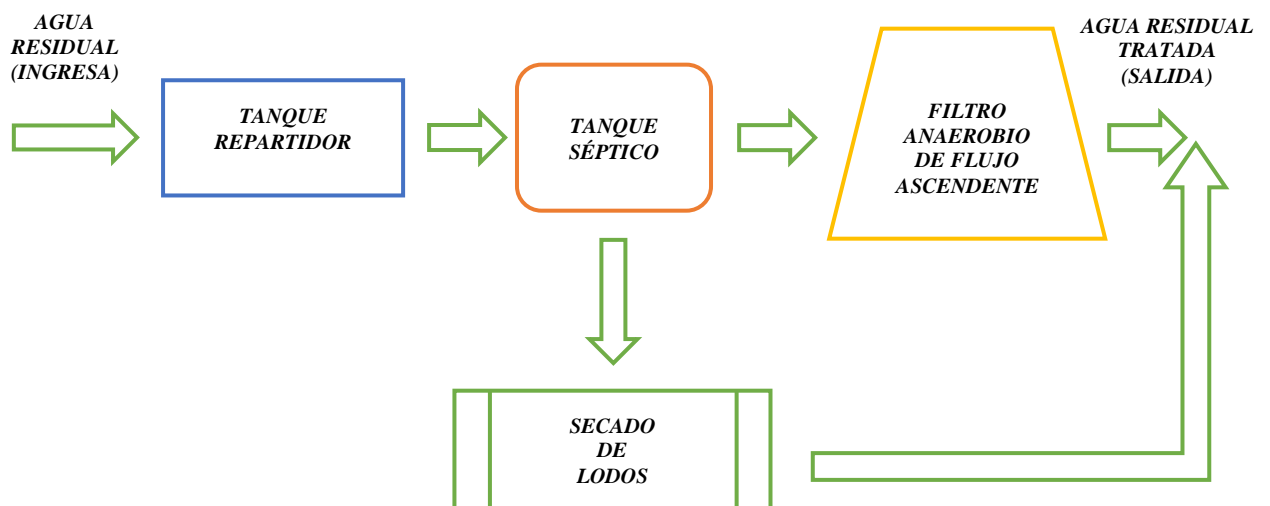


Figura 15 Proceso de tratamiento del agua residual actual de la PTAR.

Fuente: Geovanny Morales.

Tanque repartidor.

El tanque repartidor se encuentra con la presencia de solidos de gran tamaño debido a la falta de mantenimiento, lo que impide el correcto funcionamiento del mismo.

En cuanto a la estructura de dicha construcción hidráulica, sus pisos y paredes se encuentran desgastados y presentan fisuras además de emanar un olor desagradable debido al descuido y carencia de mantenimiento del mismo.



Figura 16 Tanque repartidor de la planta de tratamiento.

Fuente: Geovanny Morales.

Tanque séptico.

El tanque séptico consta de dos compartimientos los mismos que contienen el agua residual, pero en su interior se puede encontrar varios solidos suspendidos debido a la falta de mantenimiento de las instalaciones.



Figura 17 Tanque séptico actual de la PTAR.

Fuente: Geovanny Morales.

Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).

El filtro anaerobio de flujo ascendente o FAFA emana un mal olor debido a la ausencia y descuido en el mantenimiento de la misma, ya que dichas construcciones requieren un mantenimiento y una limpieza periódica es decir cada cierto tiempo.

En cuanto a la estructura de dicha construcción hidráulica, sus paredes se encuentran deteriorados y presentan fisuras además de emanar un olor desagradable debido al descuido y carencia en el mantenimiento del mismo.



Figura 18 Flujo Anaerobio de Flujo Ascendente actual de la PTAR..

Fuente: Geovanny Morales.

Lecho de secado de lodos.

Los lodos del tanque séptico al no ser evacuados en el tiempo establecido, ha provocado el deterioro y la disminución en la capacidad del funcionamiento, es así que se puede observar la presencia de vegetación creciendo en su interior.

En cuanto a la estructura de dicha construcción hidráulica, sus pisos se encuentran con abundante vegetación debido a que no se le ha dado el uso para el cual fue diseñado en un principio.



Figura 19 Lecho de secado de lodos de la PTAR

Fuente: Geovanny Morales.

Pozo de salida.

El pozo de salida se encuentra en mal estado y cubierto de vegetación ocasionado por el descuido en el mantenimiento de la PTAR, además de presentar vegetación y sólidos de gran tamaño en su interior.



Figura 20 Pozo de salida actual de la PTAR.

Fuente: Geovanny Morales.

2.2 Equipo y material utilizados.

Tabla 14 Materiales empleados.

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Jarra de 1 lt	1	unidad
Botella plástica	4	unidad
Cámara	1	unidad
Botella de vidrio	2	unidad
Hojas de papel bond	1	unidad
Flexómetro	1	unidad
Cronómetro	1	unidad
Hojas	1	unidad
Computadora	1	unidad
Impresora	1	unidad
Cuaderno	1	unidad

Fuente: El autor

Tabla 15 Equipos de seguridad empleados.

EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD
Guantes de látex	5	unidad
Mascarilla	8	unidad
Botas de seguridad	1	par
Mandil	1	unidad

Fuente: El autor

CAPÍTULO III.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 Análisis y discusión de los resultados obtenidos.

Análisis de los resultados de laboratorio realizados el 07 de Abril del 2021.

En Abril del 2021 se realizó el muestro del agua residual de ingreso y salida de la PTAR en base a la norma NTE INEN 2 176 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo), es así que fueron preservadas y transportadas bajo la norma NTE INEN 2 169 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras) en envases de polietileno y ámbar para a continuación ser trasladarlas al Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) y de esta manera poder realizar los análisis de los parámetros físico-químicos del agua residual cruda y el agua residual tratada

Se tomó dos muestras del agua residual, una al ingreso de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande a las 13:15 del día 07 de Abril de 2021 y otra a la salida de la misma a las 14:15 del día 07 de Abril de 2021, se tomó estos horarios debido a que es donde existe mayor ingreso de agua residual a la PTAR.

3.1.2 Análisis comparativo de resultados con el TULSMA 2015.

La planta de tratamiento de agua residuales de la comunidad de Llimpe Grande consta con diferentes procesos unitarios para tratar el agua residual, los mismo que tienen un porcentaje de remoción de contaminantes que se observa en la Tabla 18, dichos parámetros serán utilizados para el análisis de la presente investigación.

Tabla 16 Grado de tratamiento obtenido mediante diversas operaciones y procesos unitarios empleados en el tratamiento primario y secundario del agua residual

UNIDADES DE TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	DBO	DQO	SS	P total	N-Org	NH3-N
Desarenadores	5	5	10	Nulo	Nulo	Nulo
Reactor	95	85	90	25	50	15
Filtros percoladores Alta carga, medio pétreo	80	80	85	12	50	15
Total remoción teórica	99.05	97.15	98.65	34	75	27.75

Fuente: METCALF Y EDDY [31]

En la Tabla 17 se puede observar la comparación de los análisis efectuados a las muestras de agua residual con los parámetros permitidos para descarga de agua residual tratada en un cuerpo de agua dulce que se encuentra en la tabla 10 del TUSLMA 2015, y de esta manera verificar si cumplen con dicha normativa.

Tabla 17 Comparación de los resultados obtenidos de la muestra 1 con el TUSLMA 2015.

PARÁMETRO	U	MÉTODO	ENTRADA	SALIDA	LIMITE MAX. TUSLMA	CUMPLE
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	951	753	200	NO
DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	460	369	100	NO
Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	252.28	204.57	30	NO
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	7.48	5.16	30	SI
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	11.40	8.80	50	SI
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	7.90	10.2	10	NO
Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	411	387	130	NO

Fuente: Geovanny Morales.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande no está funcionando de manera correcta, ya que al comparar los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio con los parámetros permitidos por el TULSMA 2015, se puede constatar que los parámetros de: DQO, DBO5, Aceites y grasas, fósforo total y sólidos suspendidos sobrepasan los límites establecidos por dicha norma como se puede observar en la Tabla 17, por lo que es necesario realizar una evaluación de su funcionamiento y de las obras hidráulicas actuales.

Tabla 18 Remoción de contaminantes real. Muestra I y muestra II.

PARÁMETROS	UNIDAD	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN REAL
Fósforo Total	mg/l	7.90	10.2	00.00%
Sólidos Suspendidos	mg/l	411	387	5.84%
Nitrógeno Total	mg/l	11.40	8.8	22.81%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	7.48	5.16	31.02%
DQO	mg/l	951	753	20.82%
DBO5	mg O2/l	460	369	19.78%

Fuente: Geovanny Morales.

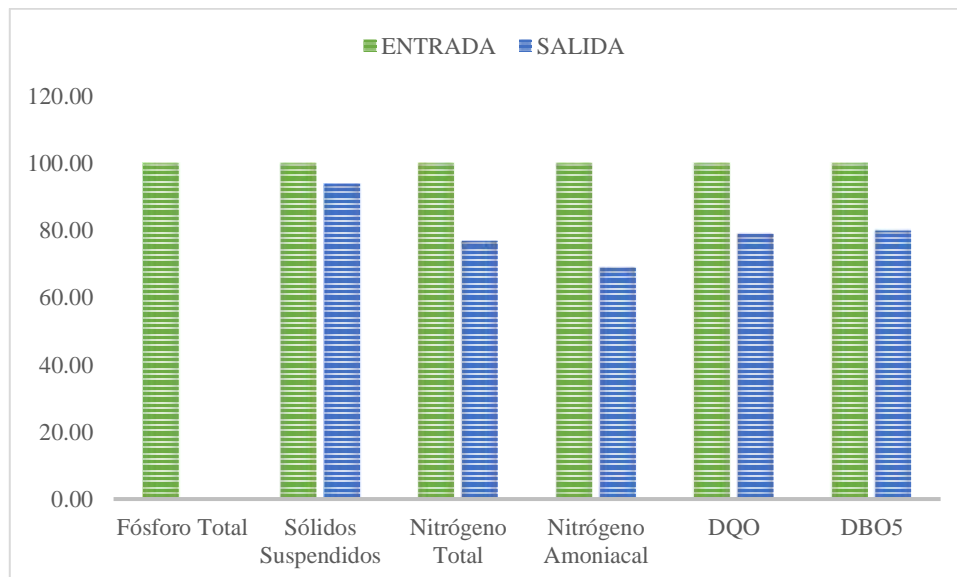


Figura 21 Representación gráfica de remoción real de contaminantes. Muestra I y muestra II.

Fuente: Geovanny Morales.

Los porcentajes de remoción real que se pueden observar en la Tabla 18 son sumamente bajos, por lo que se podría decir que la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande está funcionando parcialmente ya que el agua residual tratada que sale de la misma, aun presenta contaminantes alto, lo que genera un problema para el medio ambiente.

Tabla 19 Remoción de contaminantes teórica. Muestra I y muestra II.

PARÁMETROS	UNIDAD	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN TEÓRICO
Fósforo Total	mg/l	7.90	5.21	34.00%
Sólidos Suspendidos	mg/l	411	3.90	99.00%
Nitrógeno Total	mg/l	11.40	2.85	75.00%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	7.48	5.40	28.00%
DQO	mg/l	951	27.10	97.00%
DBO5	mg O2/l	460	4.37	99.00%

Fuente: Geovanny Morales.

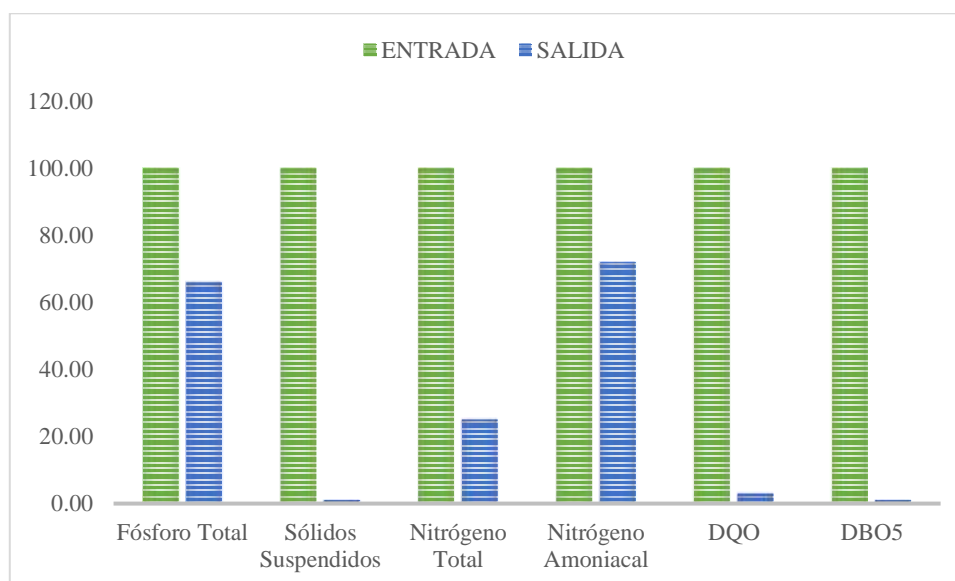


Figura 22 Representación gráfica de remoción real de contaminantes. Muestra I y muestra II.

Fuente: Geovanny Morales.

Los porcentajes de remoción teóricos que se observan en la Tabla 19, son los que la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande debe llegar a cumplir, para de esta manera no presentar un riesgo para el medio ambiente y el agua residual tratada pueda ser depositados de manera segura en el cuerpo de agua de manera que no contamine el mismo.

Tabla 20 Comparación % de remoción real y % de remoción teórico de la PTAR

PARÁMETROS	% DE REMOCIÓN REAL	% DE REMOCIÓN TEÓRICO
Fósforo Total	00.00%	34.00%
Sólidos Suspendidos	5.84%	99.00%
Nitrógeno Total	22.81%	75.00%
Nitrógeno Amoniacal	31.02%	28.00%
DQO	20.82%	97.00%
DBO5	19.78%	99.00%

Fuente: Geovanny Morales.

En la Tabla 20 se puede observar la comparación de los porcentajes de remoción reales, confrontados con los porcentajes de remoción teóricos de la PTAR, los porcentajes de remoción reales actuales de la PTAR son sumamente bajo, por lo que la calidad del agua que es descargada por la planta de tratamiento afecta a los ecosistemas acuáticos.

El funcionamiento parcial de la PTAR de Llimpe Grande puede ser ocasionado debido al mal estado de las obras hidráulicas, la falta de mantenimiento y descuido de la planta por parte de las autoridades además de los años de construcción de la misma, lo que ha ocasionado que actualmente su funcionamiento se vea reducido significativamente.

3.2 Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande.

3.2.1 Diagnóstico técnico actual de los componentes de la PTAR.

Una vez recopilada la información sobre la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande se logró determinar las medidas de las construcciones hidráulicas, calidad y condiciones en las que el agua residual ingresa y sale de la PTAR, para así poder establecer la situación en el que se encuentran actualmente cada uno de los procesos para el tratamiento del agua residual.

3.2.2 Componentes del sistema actual de tratamiento del agua residual de la PTAR.

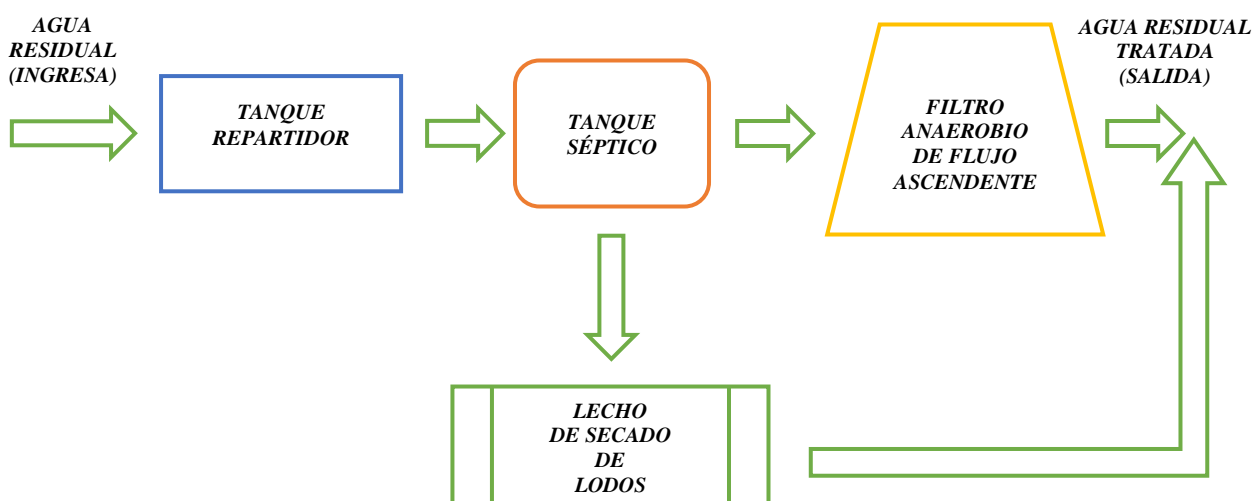


Figura 23 Tren de tratamiento del agua residual actual de la PTAR.

Fuente: Geovanny Morales.

3.2.3 Dimensiones actuales de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.2.3.1 Tanque repartidor.

Es una estructura hidráulica de hormigón armado que recibe el agua residual que proviene de la comunidad de Llimpe Grande a través de una tubería de 200 mm de diámetro, en su parte inferior consta de dos salidas de tubería una con dirección al tanque séptico y otra al by-pass que va directo a la quebrada.

Tabla 21 Medidas tanque repartidor.

MEDIDA	VALOR	UNIDAD
Largo del tanque	2.00	m
Ancho del tanque	1.20	m
Altura del tanque	1.50	m
Espesor paredes	15	cm

Fuente: Geovanny Morales.

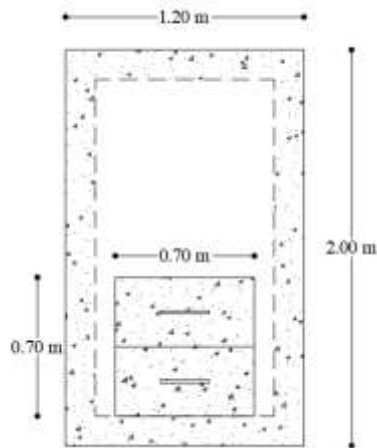


Figura 24 Vista en planta tanque repartidor.

Fuente: Geovanny Morales.

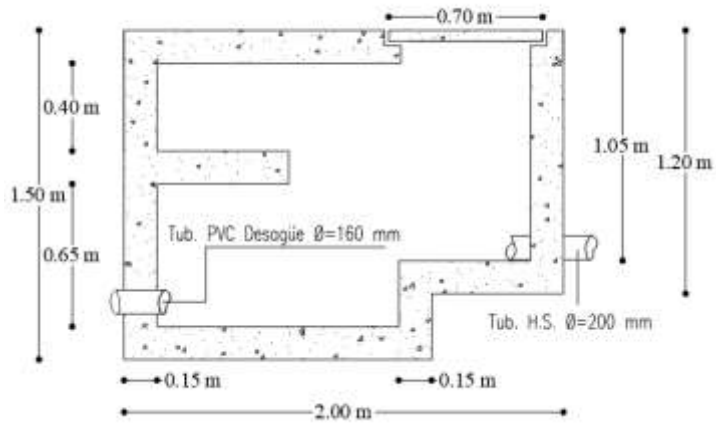


Figura 25 Vista en corte tanque repartidor.

Fuente: Geovanny Morales.

3.2.3.2 Tanque séptico.

El tanque séptico es una estructura hidráulica de hormigón armado, la misma que consta de dos cámaras en su parte interior las mismas que se conectan a través de una ventana de aproximadamente 35 centímetros, el cual recibe el agua del tanque repartidor a través de una tubería de 160 mm de diámetro que llegan a la parte superior del mismo, para desechar los lodos que se genera en el tanque séptico existen dos tuberías de 160 mm de diámetro cada una en la parte inferior que cuentan con llaves de paso para depositarlas en el lecho de secado de lodos, además cuenta con una tubería de 160 mm de diámetro que conecta al filtro biológico.

Tabla 22 Medidas tanque séptico

MEDIDA	VALOR	UNIDAD
Largo del tanque	6.00	m
Ancho del tanque	2.50	m
Altura del tanque	2.20	m
Espesor paredes	15	cm

Fuente: Geovanny Morales.

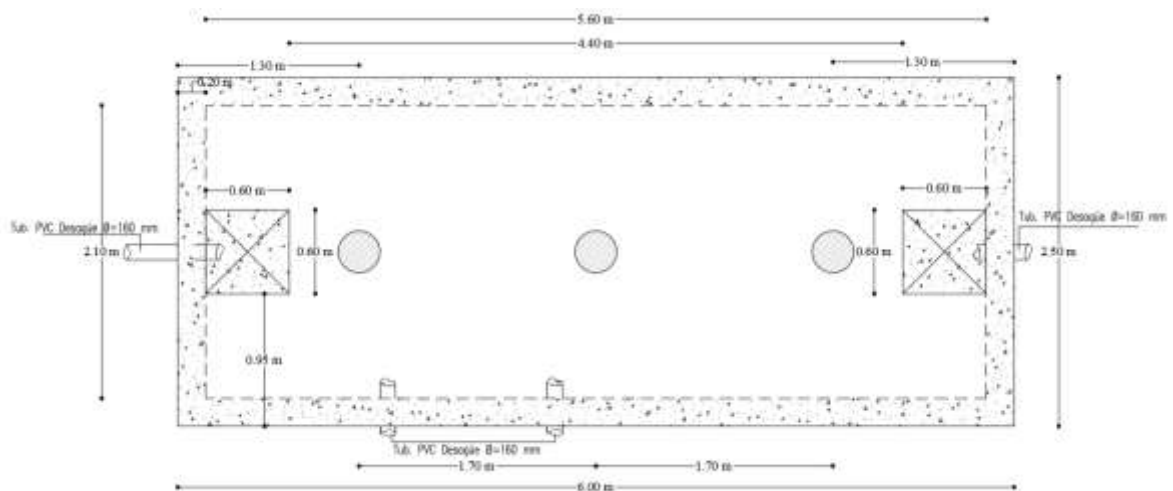


Figura 26 Vista en planta tanque séptico.

Fuente: Geovanny Morales.

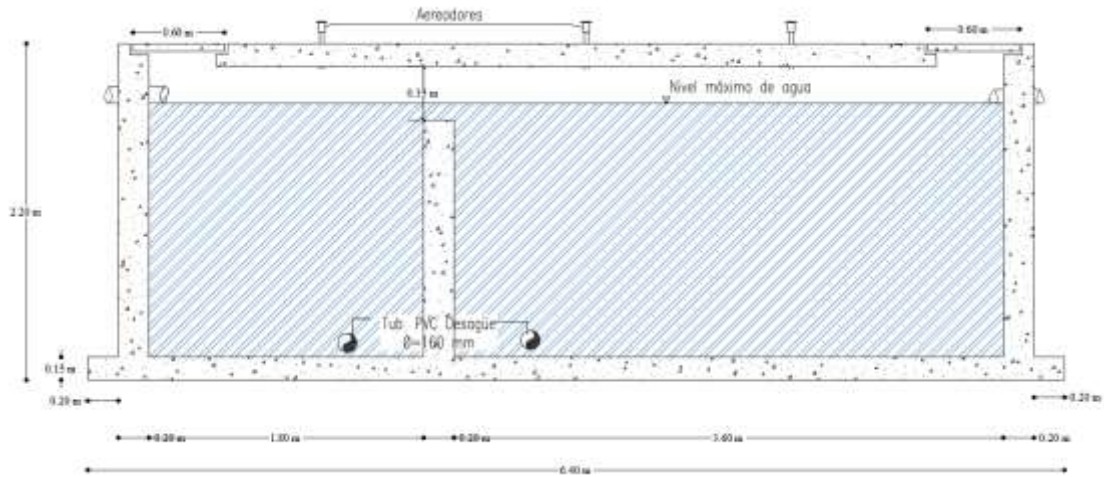


Figura 27 Vista en corte tanque séptico.

Fuente: Geovanny Morales.

3.2.3.3 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).

Es una estructura hidráulica de hormigón armado de forma cilíndrica que recibe el agua residual que sale del tanque séptico a través de una tubería de 160 mm de diámetro para poder así realizar un filtrado de la misma. En su interior existe piedra grava la misma que a su vez cumple la función de medio filtrante.

Tabla 23 Medidas filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

MEDIDA	VALOR	UNIDAD
Diámetro del filtro	3.20	m
Altura del filtro	2.40	m
Espesor paredes	7.00	cm

Fuente: Geovanny Morales.

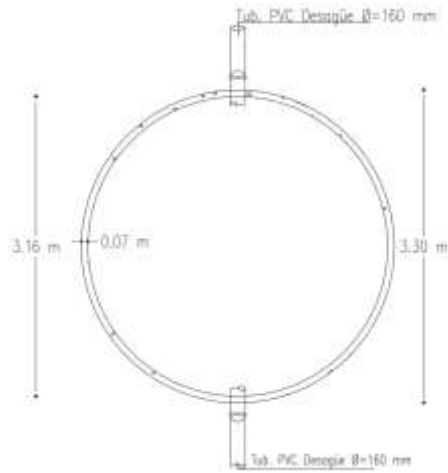


Figura 28 Vista en planta filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Fuente: Geovanny Morales.

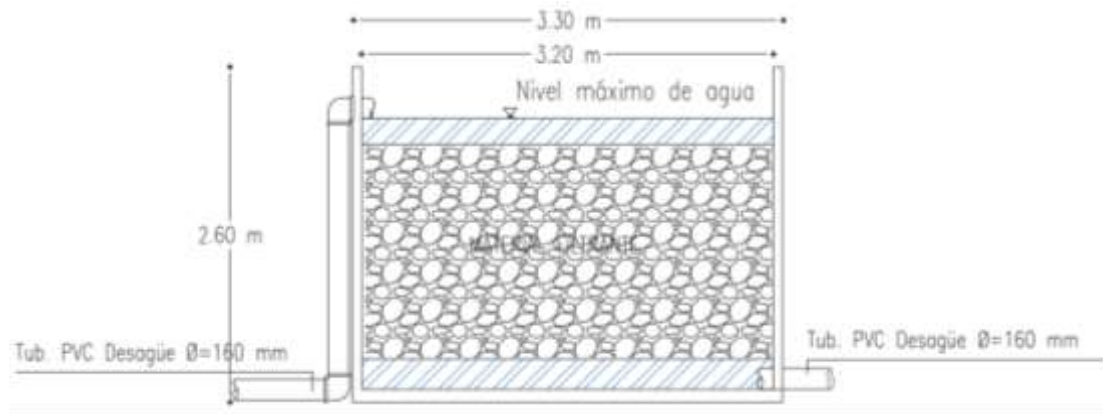


Figura 29 Vista en corte Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Fuente: Geovanny Morales.

3.2.3.4 Lecho de secado de lodos.

El lechado de secado de lodos es una estructura hidráulica de hormigón armado la cual presenta una forma rectangular con una pendiente del 12%, además consta de dos tuberías de entrada de 160 mm de diámetro cada una que salen del tanque séptico y una tubería de 160 mm de diámetro que se conecta con el pozo de salida.

Tabla 24 Medidas lecho de secado de lodos

MEDIDA	VALOR	UNIDAD
Largo	3.50	m
Ancho	2.50	m
Altura	2.00	m
Espesor paredes	15	cm

Fuente: El autor

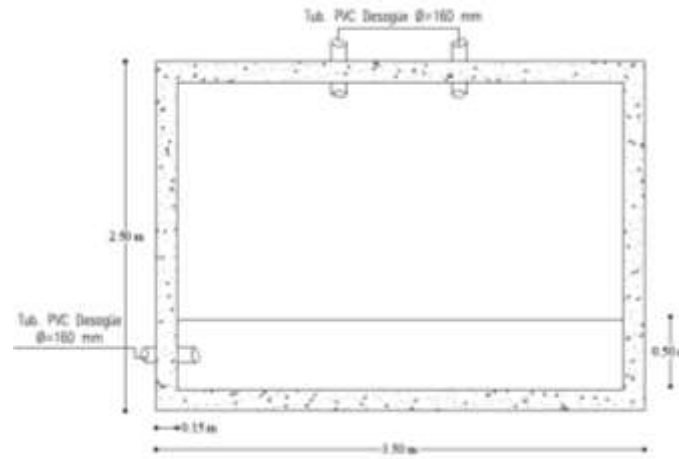


Figura 30 Vista en planta Lecho de secado de lodos

Fuente: El autor

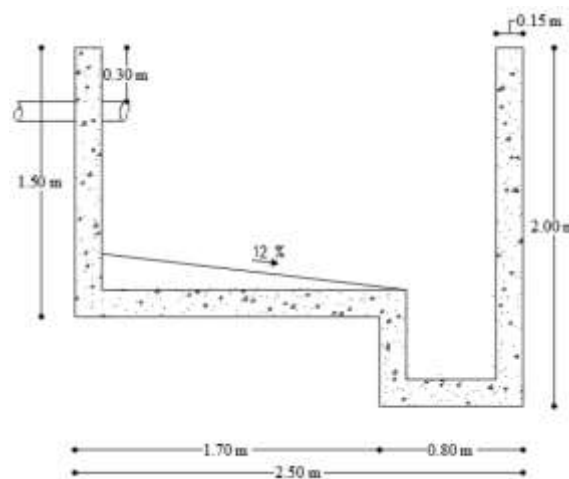


Figura 31 Vista en corte Lecho de secado de lodos

Fuente: El autor

3.2.4 Diagnostico de funcionamiento teórico actual de los componentes de la PTAR.

.

Para el diagnóstico del funcionamiento del tanque séptico se empleó el manual OPS 2005 (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización), del cual se utilizó las fórmulas y valores establecidos. [37]

Se empleó la Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización del año 2005, ya que, en ella se menciona a detalle las fórmulas y valores establecidos para el diseño de tanques sépticos para el tratamiento de aguas residuales, el cual se puede emplear tanto en localidades rurales como urbanas, además de los valores límites que debe cumplir este tipo de construcciones.

Datos:

$$P = 480 \text{ habitantes}$$

$$Q = 351.72 \frac{lt}{hab * día}$$

$$b_{asum} = 2.50 \text{ m}$$

$$h_{asum} = 2.20 \text{ m}$$

Tiempo de retención hidráulica (Pr).

El tiempo de retención hidráulica nos permite conocer el tiempo en el que el un fluido que entra en este caso el agua residual tarda en salir del tanque séptico.

La fórmula establecida para el cálculo es la siguiente.

$$Pr = 1.5 - 0.3 * \log(P * Q)$$

Donde:

P = Población servida.

Q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, litros/(habitante * día)

Entonces,

$$Pr = 1.5 - 0.3 * \log(480 \text{ hab.} * 351.72 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}})$$

$$Pr = 0.068 \text{ días}$$

Nota: En ningún caso, el periodo de retención debe ser menor a seis horas.

Entonces,

$$Pr = 0.25 \text{ día}$$

Volumen requerido para la sedimentación (Vs)

Al conocer el volumen de sedimentación podemos asegurar que las medidas del tanque séptico satisfagan al volumen necesario para la sedimentación y este a su vez no afecte al correcto funcionamiento del mismo.

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * Pr$$

Dónde:

Pr = Tiempo promedio de retención hidráulica en días.

Q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, litros/ (habitante * día)

P = Población servida. (hab)

Entonces,

$$Vs = 10^{-3} * \left(480 \text{ hab} * 351.72 \frac{\text{litros}}{\text{hab} * \text{día}} \right) * 0.25 \text{ días}$$

$$Vs = 42.21 \text{ m}^3$$

Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (Vd).

Al conocer el volumen de almacenamiento y digestión de lodos podemos asegurar que el tanque sea lo más suficientemente grande para la acumulación de los lodos producidos.

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$Vd = G * 10^{-3} * P * N$$

Dónde:

G = Volumen de lodos producidos por persona y por año en lt.

N = Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos

Nota: El tiempo mínimo de remoción de lodos es de 1 año.

Volumen de lodos producidos (G)

La cantidad de lodos producido por habitante y por año, depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de cocina. [37]

Los valores a considerar para G son:

Clima cálido 40 litros/habitante*año

Clima frío 50 litros/habitante*año

En caso de descargas de lavaderos u otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes y similares, donde exista el peligro de introducir cantidad suficiente de grasa que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales, a los valores anteriores se le adicionara el valor de 20 *litros/hab * año*. [37]

Entonces,

$$Vd = 70 \frac{\text{litros}}{\text{hab} * \text{año}} * 10^{-3} * 480 \text{ hab} * 1 \text{ año}$$

$$Vd = 33.60 \text{ m}^3$$

Volumen de natas (Vn).

Como valor de volumen de natas se considera un volumen mínimo de 0.7 m³. [37]

Volumen neto del tanque séptico (VT).

El volumen neto del tanque es la suma del volumen de sedimentación, volumen de lodos producidos y el volumen de natas.

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$VT = Vs + Vd + Vn$$

Donde:

V_s = Volumen de sedimentación.

V_d = Volumen de almacenamiento de lodos.

V_n = Volumen de natas.

Entonces,

$$V_T = 42.21 \text{ m}^3 + 33.60 \text{ m}^3 + 0.7 \text{ m}^3$$

$$V_T = 76.51 \text{ m}^3$$

Dimensiones internas del tanque séptico

Área total (A_t)

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

Es la división entre el Volumen total y la altura asumida, que en este caso se la altura actual del tanque séptico.

$$A_t = \frac{V_T}{h_{asum}}$$

Donde:

V_T = Volumen total

h_{asum} = Altura asumida

Entonces,

$$A_t = \frac{76.51 \text{ m}^3}{2.20 \text{ m}}$$

$$A_t = 34.78 \text{ m}^2$$

Longitud del tanque séptico (L).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

Es la división entre la altura total y el ancho asumido, en este caso el ancho asumido será el valor actual del tanque séptico.

$$L = \frac{At}{b_{asum}}$$

Donde:

L = Longitud del tanque séptico

At = Área total

b_{asum} = Ancho asumido

Entonces,

$$L = \frac{34.78 \cancel{m^2}}{2.50 \cancel{m}}$$

$$L = 13.91 \text{ m}$$

Para verificar las relaciones dimensionales largo y ancho, tenemos la siguiente condición:

$$2 < \frac{L}{b} < 4$$

Entonces,

$$2 < \frac{13.91 \cancel{m}}{2.50 \cancel{m}} < 4$$

$$2 < 5.56 < 4$$

No Cumple la relación

Profundidad máxima de espuma sumergida (H_e).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$H_e = \frac{V_e}{At}$$

Entonces,

$$H_e = \frac{0.7 \cancel{m^3}}{34.78 \cancel{m^2}}$$

$$H_e = 0.02 \text{ m}$$

Profundidad libre de espuma sumergida.

Consiste en la distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida o cortina deflectora del dispositivo de salida del tanque séptico, debe tener un valor mínimo de 0,10 m. [37]

Profundidad de sedimentación (Hs).

Al conocer la profundidad de sedimentación asegurar que la altura del tanque séptico sea lo bastante grande para satisfacer el volumen de sedimentación.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Hs = \frac{Vs}{A_t}$$

Donde:

Hs =Profundidad de sedimentación

A_t =Área total

Vs =Volumen de sedimentación

Entonces,

$$Hs = \frac{42.21 \cancel{m^3}}{34.78 \cancel{m^2}}$$

$$Hs = 1.21 \text{ m}$$

Nota: En ningún caso, la profundidad de sedimentación será menor a 0,30 m. [37]

Profundidad de almacenamiento de lodos (Hd).

Al conocer la profundidad de almacenamiento de lodos podemos asegurar que las dimensiones del tanque séptico sean lo bastante grandes para satisfacer los volúmenes requeridos.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Hd = \frac{Vd}{A_t}$$

Donde:

Hd =Profundidad de almacenamiento de lodos

A_t =Área total

Vd =Volumen de almacenamiento de lodos

Entonces,

$$Hd = \frac{33.60 \cancel{m^3}}{34.78 \cancel{m^2}}$$

$$Hd = 0.97 \text{ m}$$

Profundidad neta del tanque séptico (H_n).

La profundidad del tanque es la suma de la profundidad máxima de espuma sumergida, profundidad de sedimentación, profundidad de almacenamiento de lodos y la profundidad libre de espuma sumergida.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$H_n = H_e + H_s + H_d + H_{sgr}$$

Donde:

H_e =Profundidad máxima de espuma sumergida

H_s =Profundidad de sedimentación

H_d =Profundidad de almacenamiento de lodos

H_{sgr} =Profundidad libre de espuma sumergida

Entonces,

$$H_n = 0.02 \text{ m} + 1.21 \text{ m} + 0.97 \text{ m} + 0.10 \text{ m}$$

$$H_n = 2.30 \text{ m}$$

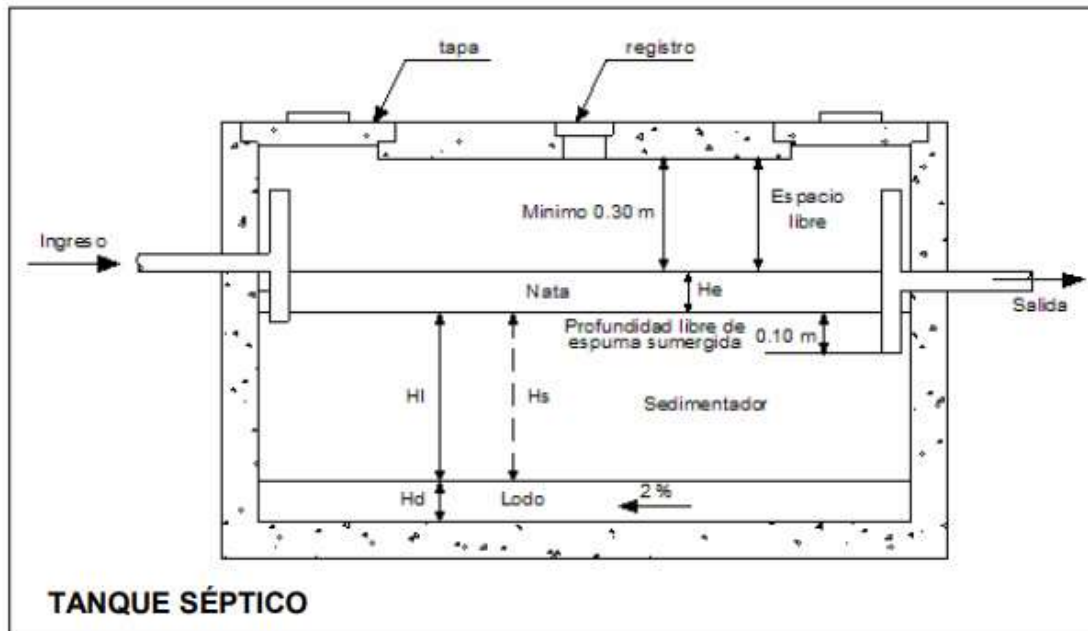


Figura 32 Detalles del tanque séptico.

Fuente: OPS [37]

Dimensiones internas del tanque séptico

Para determinar las dimensiones internas de un tanque séptico rectangular, además de la Norma S090 y de las “Especificaciones técnicas para el diseño de tanque séptico” publicadas por la Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural (UNATSABAR)-CEPIS/OPS-2003, se emplean los siguientes criterios [37]:

- a) Entre el nivel superior de natas y la superficie inferior de la losa de cubierta deberá quedar un espacio libre de 300 mm, como mínimo. . [37]
- b) El ancho del tanque deberá ser de 0,60 m, por los menos, ya que ese es el espacio más pequeño en que puede trabajar una persona durante la construcción o las operaciones de limpieza. . [37]
- c) La profundidad neta no deberá ser menor a 0,75 m. . [37]
- d) La relación entre el largo y ancho deberá ser como mínimo de 2:1. . [37]
- e) En general, la profundidad no deberá ser superior a la longitud total. . [37]
- f) El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 100 mm (4”). . [37]

- g) El nivel de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0,05m por debajo de la tubería de entrada. . [37]
- h) Los dispositivos de entrada y salida de agua residual al tanque séptico estarán constituidos por Tees o pantallas. . [37]
- i) Cuando se usen pantallas, éstas deberán estar distanciadas de las paredes del tanque a no menos de 0,20 m ni mayor a 0,30 m. . [37]
- j) La prolongación de los ramales del fondo de las Tees o pantallas de entrada o salida, serán calculadas por la fórmula $(0,47/A+0,10)$. . [37]
- k) La parte superior de los dispositivos de entrada y salida deberán dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo de la losa de techo del tanque séptico. . [37]
- l) Cuando el tanque tenga más de un compartimiento, las interconexiones entre compartimiento consecutivos se proyectarán de tal manera que evite el paso de natas y lodos. . [37]
- m) Si el tanque séptico tiene un ancho W, la longitud del primer compartimiento debe ser 2W y la del segundo W. . [37]
- n) El fondo de los tanques tendrá una pendiente de 2% orientada al punto de ingreso de los líquidos. o) El techo de los tanques sépticos deberá estar dotado de losas removibles y registros de inspección de 150 mm de diámetro. [37]

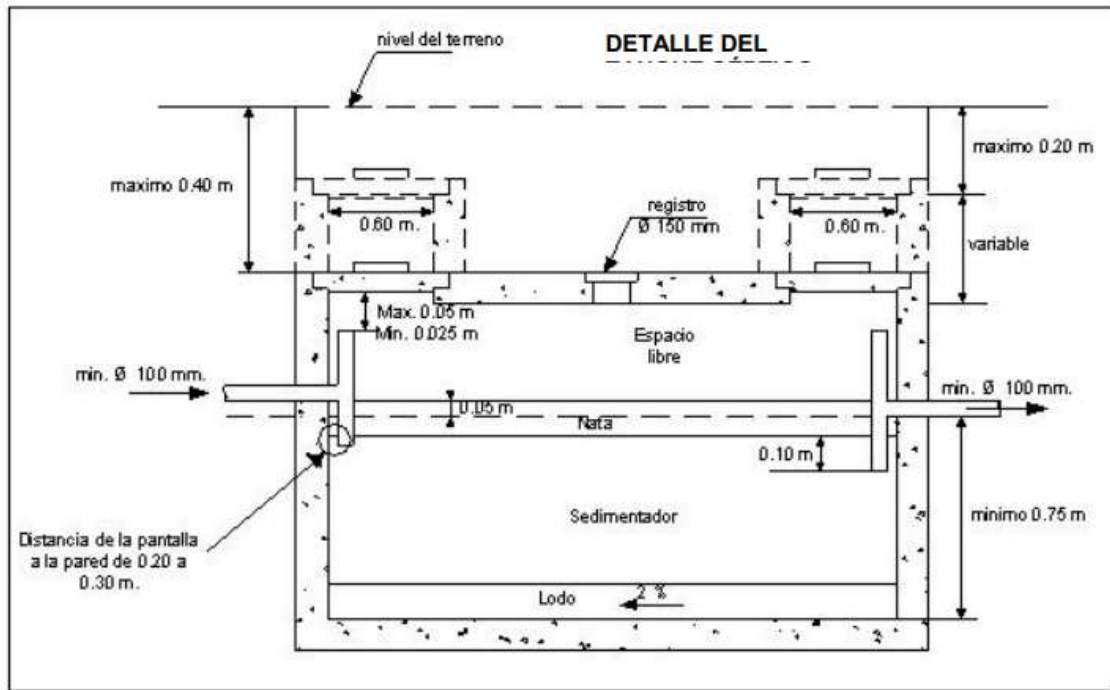


Figura 33 Detalles del tanque séptico.

Fuente: OPS [37]

Consideraciones de un tanque séptico con compartimientos.

- a) El número de compartimientos no deberá ser mayor a cuatro y cada uno deberá tener un largo de 0,60 m como mínimo. . [37]
- b) El tanque séptico puede estar dividido por tabiques, si el volumen es mayor a 5 m³. . [37]
- c) Cuando el tanque séptico tenga dos o más compartimientos, el primer compartimiento deberá tener un volumen entre 50% y 60% de sedimentación, asimismo los subsiguientes compartimientos entre 40% a 50% de volumen de sedimentación. . [37]
- d) En el primer compartimiento pueden tener lugar la mayor parte de los procesos de sedimentación y digestión, en cuyo caso sólo pasaran al segundo algunos materiales en suspensión. De este modo cuando llegan repentinamente al tanque séptico grandes cantidades de aguas servidas, si bien la eficiencia de sedimentación se reduce, los efectos son menores en el segundo compartimiento. . [37]
- e) En el dibujo de detalla algunas de las dimensiones que se podrían tomar para un tanque séptico con dos compartimientos. [37]

Tabla 25 Comparación funcionamiento actual vs. funcionamiento teórico.

	Funcionamiento actual	Funcionamiento teórico
Volumen total	33.00 m ³	76.51 m ³
Tiempo de retención hidráulica del volumen de sedimentación	0.068 días	0.25 días

Fuente: Geovanny Morales.

Se realizó el cálculo teórico para el volumen total del tanque séptico, dando como resultado 76.51 m³, el mismo que es mayor al volumen actual del tanque séptico que es de 33.00 m³ como se observa en la Tabla 25, además el tiempo de retención hidráulica es menor al valor mínimo que establece la norma por lo cual se determina que el tanque séptico actual no cumple con las funciones de diseño, por lo cual es necesario realizar un aumento en sus dimensiones para su correcto funcionamiento.

3.2.4.2 Diagnóstico de funcionamiento del lecho de secado de lodos.

Para el diagnóstico del funcionamiento del lecho de secado de lodos se empleó el manual OPS (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización), del cual se utilizó las fórmulas y valores establecidos. [37]

Se empleó la Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización 2005, ya que, en ella se menciona a detalle las fórmulas y valores límites establecidos para el diseño de lecho de secado lodos ya que estos generalmente son los más utilizados para deshidratar los lodos digeridos provenientes del tanque séptico en plantas de tratamiento de aguas residuales, además de resultar ideales para comunidades de población pequeña.

Datos:

$$Q_{diseño} = 1.954 \text{ lt/sg}$$

$$SS = 411 \text{ mg/lt}$$

Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C)

La carga de solidos se obtiene mediante la multiplicación del caudal promedio de las aguas residuales multiplicado por los sólidos en suspensión presentes en el agua residual cruda es decir antes de ser tratada.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$C = Q_{diseño} * SS * 0.0864$$

Donde:

$Q_{diseño}$ = Caudal promedio de aguas residuales

SS= Sólidos en suspensión en el agua residual cruda

Entonces,

$$C = 1.954 \frac{\cancel{lt}}{sg} * \frac{411mg}{\cancel{lt}} * 0.0864$$

$$C = 69.39 \text{ kg de SS/día}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd)

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

C =Carga de sólidos que ingresa al sedimentador

Entonces,

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 69.39Kg \text{ SS/día}) + (0.5 * 0.3 * 69.39Kg \text{ SS/día})$$

$$Msd = 22.55 \text{ Kg SS/día}$$

Volumen diario de lodos digeridos (Vld)

Al conocer el volumen de lodos digeridos podemos asegurar que las dimensiones del lecho de secado de lodos sean aptas para satisfacer los volúmenes requeridos.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Dónde:

plodo = Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/lit. [37]

% de sólidos = % de sólidos contenidos en el lodo.

Nota: el % de sólidos varía entre 8 a 12% [37], por lo cual se trabajó con un valor intermedio de 10 %.

Entonces,

$$Vld = \frac{22.55 \text{ kg SS/día}}{1.04 \text{ kg/lit} * \left(\frac{10}{100}\right)}$$

$$Vld = 216.83 \text{ lt/días}$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel).

Se obtiene mediante la multiplicación del volumen diario de lodos digeridos y el tiempo de digestión el cual viene dado por la temperatura.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

Td =Tiempo de digestión en días.

Vld =Volumen diario de lodos digeridos

Nota: El tiempo requerido para la digestión de lodos varia acorde a la temperatura como se observa en la Tabla 26.

Tabla 26 Tiempo requerido para la digestión de lodos

TEMPERATURA °C	TIEMPO DE DIGESTIÓN EN DÍAS
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: OPS [37]

Se trabajó con una temperatura de 15 °C, es decir con un tiempo de digestión de lodos de 55 días.

Entonces,

$$Vel = \frac{216.83 \frac{lt}{días} * 55 \cancel{días}}{1000}$$

$$Vel = 11.92 \text{ m}^3$$

Área del lecho de secado (Als).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

Ha =Profundidad de aplicación

Vel =Volumen de lodos a extraerse del tanque

Nota: La profundidad de aplicación puede tener un valor entre 0.20 a 0.40 m, se trabajó con un valor intermedio de 0.30 m.

Entonces,

$$Als = \frac{11.92 \cancel{m}^3}{0.30 \cancel{m}}$$

$$Als = 39.73 \text{ m}^2$$

Tabla 27 Comparación funcionamiento actual vs. funcionamiento teórico.

	Funcionamiento actual	Funcionamiento teórico
Volumen de lodos a extraerse del tanque	17.50 m ³	11.92 m ³

Fuente: Geovanny Morales.

Se realizó el cálculo teórico para el volumen de lodos a extraerse del tanque, dando como resultado 11.92 m³, el mismo que no es superior al volumen actual del lechado de secado de lodos que es de 17.50 m³ como se observa en la Tabla 27, por lo cual se determina que el lecho de secado de lodos si cumple el propósito para el cual fue diseñado, sin embargo, hay que tomar en cuenta que en la parte de operación y mantenimiento del mismo los tiempos de retención o intervalos de limpieza son una parte primordial para su correcto funcionamiento.

3.2.4.3 Diagnóstico de funcionamiento del filtro biológico ascendente.

Para el diagnóstico del funcionamiento del filtro biológico ascendente se empleó el manual CONAGUA (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento), del cual se utilizó las fórmulas y valores establecidos. [38]

Se empleó el Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Filtros anaerobios de flujo ascendente 2015, ya que, en ella se menciona a detalle las fórmulas y valores límites establecidos para el diseño filtros biológicos de flujo ascendente, los cuales son muy utilizados en México y otros países de clima templado debido a la gran eficiencia que demuestran en el tratamiento de aguas residuales.

Datos:

$$\varnothing = 3.20 \text{ m}$$

$$hmf = 1.70 \text{ m}$$

$$h = 2.60 \text{ m}$$

$$Qmh = 168.63 \text{ m}^3/\text{días}$$

$$S_o = 0.460 \text{ kg} * \text{DBO}_5/\text{m}^3$$

Área superficial del filtro biológico (Af).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Af = \frac{\pi * \emptyset^2}{4}$$

Donde:

Af = Área superficial del filtro biológico

\emptyset = Diámetro del filtro biológico

Entonces,

$$Af = \frac{\pi * (3.20 \text{ m})^2}{4}$$

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

Volumen total actual del material filtrante (Vmf)

El material filtrante actúa como filtro dentro del FAFA, de esta manera se conoce cuál es el volumen que ocupa este dentro del filtro.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Vmf = hmf * Af$$

Donde:

hmf = Altura del material filtrante

Af = Área superficial del filtro biológico

Entonces,

$$Vmf = 1.70 \text{ m} * 8.04 \text{ m}^2$$

$$Vmf = 13.67 \text{ m}^3$$

Volumen total actual del filtro biológico (Vf).

Al conocer el volumen del filtro biológico se puede establecer si las dimensiones son lo bastante grandes para satisfacer dicho volumen y de esta forma asegurar un correcto funcionamiento del FAFA.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Vf = h * Af$$

Donde:

h =Altura del filtro

Af =Área superficial del filtro biológico

$$Vf = 2.60 m * 8.04 m^2$$

$$Vf = 20.90 m^3$$

Carga Orgánica Volumétrica del material filtrante (COVmf).

La carga orgánica volumétrica ayuda a conocer el contenido de DBO es decir el grado de contaminación presente en el agua residual.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$COVmf = \frac{Qmh * S_o}{Vmf}$$

Donde:

Qmh = Gasto promedio en el afluente, en m³ /d

S_o = DBO en el afluente, en kg de DBO/ m³

Vmf = Volumen total actual del material filtrante

$$COVmf = \frac{168.83 m^3/días * 0.460 kg * DBO_5/m^3}{13.67 m^3}$$

$$COVmf = 5.68 kg de DBO/m^3 * días$$

Tiempo de residencia hidráulica (TRH).

El tiempo de residencia hidráulica ayuda a determinar el tiempo en que el agua residual que ingresa tarda en salir del FAFA.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

Vm_f = Volumen total actual del material filtrante

Qmh = Gasto promedio en el afluente, en m³ /d

$$TRH = \frac{13.67 \text{ m}^3}{168.83 \text{ m}^3/\text{días}}$$

$$TRH = 0.08 \text{ días} \quad \approx \quad TRH = 1.92 \text{ horas}$$

No se encuentra dentro del rango de 4 a 10 horas

Eficiencia de remoción esperada (E).

La eficiencia de remoción ayuda a conocer cuál es el porcentaje de contaminantes que remueve el FAFA.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

TRH = Tiempo de residencia hidráulica, en horas

Entonces,

$$E = 100[1 - 0.87 * (1.92 \text{ horas})^{-0.5}]$$

$$E = 37.21 \%$$

Área superficial teórica del filtro biológico (Af).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Af = \frac{Qmh}{CHS}$$

Donde:

Q_{mh} = Gasto promedio en el afluente, en m^3/d

CHS =Carga hidráulica superficial

*Nota: para la carga hidráulica superficial se escogió un valor intermedio entre 10 y 15, dando como resultado $12.50 m^3/m^2 * días$, como se observa en la Tabla 28.*

Tabla 28 Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios.

Parámetro de diseño	Rango de valores como una función del gasto		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del medio filtrante (m)	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0
Tiempo de residencia hidráulica (horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m^3/m^2*d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica ($kg BDO/m^3*d$)	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50
Carga orgánica en el medio filtrante ($kg BDO/m^3*d$)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Fuente: CONAGUA [38].

Entonces,

$$Af = \frac{168.83 \cancel{m^3/días}}{12.50 \cancel{m^3/m^2 * días}}$$

$$Af = 13.51 m^2$$

Volumen teórico del material filtrante (V_{mf}).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$V_{mf} = TRH * Q_{mh}$$

Donde:

Q_{mh} = Gasto promedio en el afluente, en m³ /d

TRH = Tiempo de residencia hidráulica, en horas

$$V_{mf} = 0.29 \text{ días} * 168.83 \frac{\text{m}^3}{\text{días}}$$

$$V_{mf} = 48.96 \text{ m}^3$$

Tabla 29 Comparación funcionamiento actual vs. funcionamiento teórico

	Funcionamiento actual	Funcionamiento teórico
Volumen total del material filtrante	13.67 m ³	48.96 m ³
Tiempo de Retención Hidráulica	0.08 días	0.29 días

Fuente: Geovanny Morales.

Se realizó el cálculo teórico para el volumen total del material filtrante, dando como resultado 48.96 m³, el mismo que es tres veces mayor al volumen actual de material filtrante que es de 13.67 como se observa en la Tabla 29, por lo cual se determina que el filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) actual no cumple con las funciones requeridas, por lo cual es necesario realizar un aumento en sus dimensiones para su correcto funcionamiento.

Las dimensiones actuales de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande, se detallan en el Anexo B en el plano A2.

3.3 Verificación de la hipótesis.

El agua residual que llega a la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande del cantón Quero presenta una alta concentración de sólidos suspendidos lo que provoca un incremento en los valores de DBO_5 y DQO como se puede observar en la Tabla 12, además algunos de los procesos unitarios actuales no funcionan

de manera correcta ya que sobrepasan los límites de descarga establecidos permitidos por el TULSMA 2015 como se muestra en la Tabla 17.

Los porcentajes de remoción de contaminantes actuales que presentan los procesos de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande, son sumamente bajos como se observa en la Tabla 20, es por esto que la calidad de agua que es descargada presenta un riesgo para el ecosistema, por tal motivo se evidencia con certeza que la PTAR presenta un funcionamiento inadecuado.

Una vez realizada la evaluación actual del estado de la PTAR se logró evidenciar la hipótesis de trabajo, la cual indica que la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande no se encuentra funcionando de manera correcta como se observa en la Tabla 30.

Tabla 30 Funcionamiento actual de los componentes de la PTAR de Llimpe Grande.

COMPONENTES DE LA PTAR	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	CUMPLE
Tanque repartidor	El tanque repartidor no presenta una rejilla en su parte interna para la retención de sólidos y así permitir una circulación adecuada del agua residual que ingresa. Al incluir una rejilla para la retención de sólidos en el tanque repartidor mejorará el flujo del caudal y el agua residual será más fácil de tratar en los siguientes procesos.	NO
Tanque séptico	El tanque séptico con sus dimensiones actuales no satisface el volumen de agua residual que ingresa a la PTAR, ya que el volumen actual 33.00 m ³ es menor al volumen teórico 76.51 m ³ por lo que aumentado las dimensiones del tanque séptico se podrá cumplir con el volumen teórico requerido.	NO
Lecho de secado de lodos	El lecho de secado de lodos con sus dimensiones actuales satisfacen al volumen actual 17.50 m ³ , ya que el volumen teórico 11.92 m ³ a extraerse fue menor, sin embargo se debe tomar en cuenta su mantenimiento.	SI
Filtro biológico ascendente	El filtro biológico ascendente no cumple con los parámetros para su correcto funcionamiento, debido a que el volumen actual del material filtrante 13.67 m ³ , no satisface al volumen teórico necesario 48.96 m ³ , por lo cual se debe incrementar sus dimensiones.	NO

Fuente: Geovanny Morales.

3.4 Propuesta de mejora de los procesos unitarios de la PTAR.

El nuevo proceso de tratamiento del agua residual consta de: cribado, desarenador, tanque de grasas, tanque séptico de dos cámaras, lecho de secado de lodos y un filtro biológico de flujo ascendente.

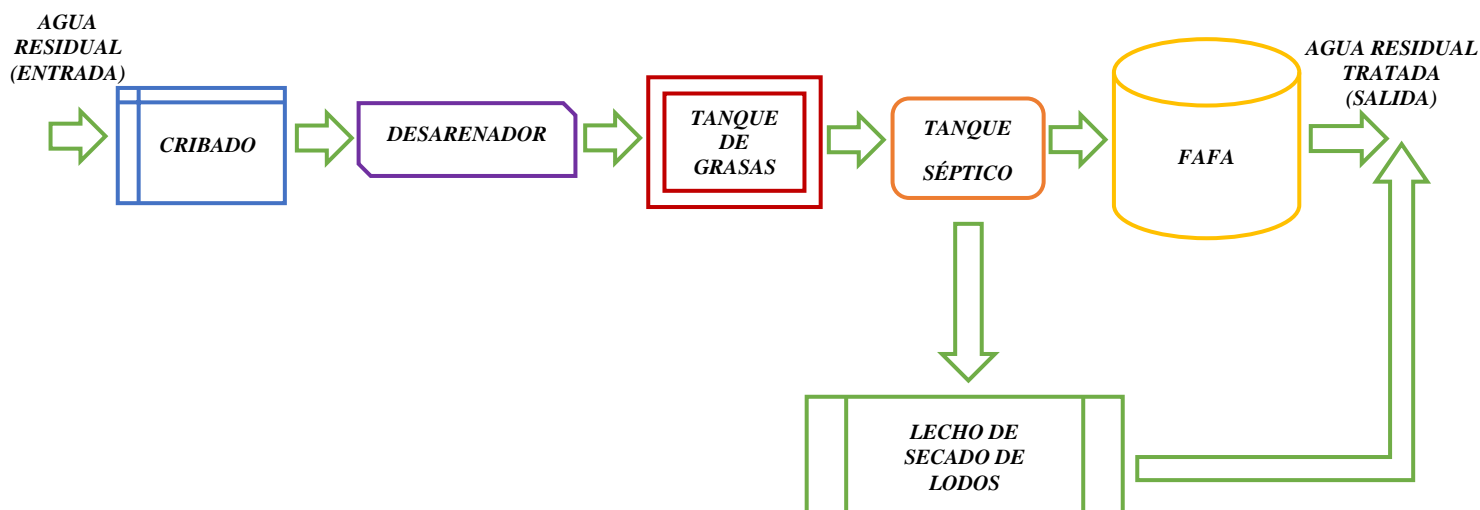


Figura 34 Nuevo proceso de tratamiento del agua residual de la PTAR.

Fuente: Geovanny Morales.

3.2.5 Diseño de los nuevos procesos unitarios de la PTAR.

3.2.5.1 Determinación de la población futura.

La norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (NORMA CO 10.07-602) en su quinta parte bases de diseño, ítem cuatro disposiciones específicas, en su numeral 4.2 concerniente a la población de diseño recomienda que se emplee el método geométrico para el cálculo de la población futura. [39]

Tabla 31 Población en años del cantón Quero.

AÑO CENSAL	POBLACIÓN (hab)		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	8011	7986	15997
2001	8993	9194	18187
2010	9489	9716	19205

Fuente: INEC [40]

Tasa de crecimiento en años (r).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

Pf = Población final

Pi = Población inicial

t = Intervalo de tiempo

Tabla 32 Tasa de crecimiento (r).

AÑO CENSAL	POBLACIÓN (hab)	INTERVALO DE TIEMPO ENTRE AÑOS (t)	TASA DE CRECIMIENTO r (%)
1990	15997	11	1.17
2001	18187	9	0.61
2010	19205	-	-

Fuente: Geovanny Morales.

Entonces,

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n ri}{n}$$

$$r = \frac{1.17 \% + 0.61 \%}{2}$$

$$r = 0.89 \%$$

Nota: La tasa de crecimiento no debe ser menor al 1% [39], como se observa en la Tabla 33.

Tabla 33 Tasas de crecimiento poblacional

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuente: Secretaría del agua [39]

Entonces,

$$r = 1 \%$$

Población futura (Pf).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

Datos:

$$Pa = 480 \text{ hab.}$$

$$r = 1\%.$$

$$n = 20 \text{ años.}$$

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

Pa = población actual (hab)

r = tasa de crecimiento poblacional (%)

n = periodo de diseño (años)

Entonces,

$$Pf = 480 \text{ hab} * (1 + 1\%)^{20}$$

$$Pf = 585.69 \text{ hab} \approx 586 \text{ hab}$$

3.2.5.2 Cálculo del caudal de diseño sanitario.

Caudal medio diario (Qmd).

Se empleó la norma CO 10.7 - 602 – Revisión (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural), para el valor de dotación media futura (Dmf). [39]

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Qmd = \frac{Dmf * Pf}{86400 \text{ s}}$$

Donde:

Dmf =Dotación media futura

P_f =Población futura

Temperatura Quero= 15 a 19 °C (clima frío) [41]

Tabla 34 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (lt/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (lt/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: Secretaría del agua [39]

Tabla 35 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
	EE	
Ia	AP	Grifos públicos
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ia	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario

Fuente: Secretaría del agua [39]

Entonces,

Al tener un clima frío y una población de 586 habitantes, es decir menor a 1000 habitantes y un sistema de tipo IIb (Tabla 35), se asume una dotación de 75 lt/hab/día, como se observa en la Tabla 34.

$$Qmd = \frac{75 \frac{lt}{hab * día} * 586 hab}{86400 seg/día}$$

$$Qmd = 0.51 lt/seg$$

Caudal medio sanitario (Qmds).

Para calcular el caudal medio sanitario (Qmds), mismo que depende de un coeficiente de retorno (C), se empelo la norma RAS2000, título D. [42]

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Qmds = C * Qmd$$

Donde:

C =Coeficiente de retorno

Qmd =Caudal medio sanitario

El coeficiente de retorno varía entre 60% y 80%, por lo cual se asumió el valor de 70% [43]

Entonces,

$$Qmds = 0.7 * 0.51 lt/s$$

$$Qmds = 0.36 lt/s$$

Caudal máximo horario (QMH).

Para calcular el caudal máximo horario (QMH), se necesita un factor de mayoración (F), se empleó la norma RAS 2000, título D. [42]

Factor de mayoración (F).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0.5})} \rightarrow (Harmon)$$

$$F = \frac{5}{P^{0.2}} \rightarrow (Babbit)$$

$$F = \frac{3.5}{P^{0.1}} \rightarrow (Flores)$$

Donde:

P = Población

Se optó por la ecuación de Flores, ya que la norma nos menciona que en dicha fórmula se estima el valor de F en función del número de habitantes. [42]

Entonces,

$$F = \frac{3.5}{586^{0.1}}$$

$$F = 1.85$$

Nota: En general el valor de F debe ser mayor o igual a 1.4. [42]

Caudal máximo horario (QMH).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$QMH = F * Qm\textit{ds}$$

Donde:

F =Factor de mayoración

$Qm\textit{ds}$ =Caudal medio sanitario

Entonces,

$$QMH = 1.85 * 0.36 \textit{ lt/seg}$$

$$QMH = 0.67 \textit{ lt/seg}$$

Caudal conexiones erradas (Qce).

Deben considerarse los aportes de caudales pluviales, provenientes de malas conexiones o conexiones erradas. [42]

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Qce = (5 - 10)\% * QMH$$

Donde:

QMH =Caudal máximo horario

Se fija un coeficiente de seguridad que va de 5% a 10%. [43] Se estableció un valor del 10%.

Entonces,

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

$$Q_{ce} = 10\% * 0.67 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{ce} = 0.067 \frac{lt}{s}$$

Caudal de Infiltración (Qi).

Para determinar el caudal de infiltración, se necesita un coeficiente de infiltración (I) y la longitud de las tuberías (L).

El coeficiente de infiltración viene dado por el tipo de tubería, como se observa en la Tabla 36. [43]

Tabla 36 Coeficientes de infiltración en tuberías (lt/sg*m)

Nivel freático	Tubería de hormigón		Tuberías de material plástico	
	Tipo de unión			
	Hormigón	Anillo goma	Hormigón	Anillo goma
Bajo	0.0005	0.0002	0.00010	0.00005
Alto	0.0008	0.0002	0.00015	0.00005

Fuente: Norma Boliviana NB-688 [43]

Datos:

$$I = 0.0005 \text{ lt/(sg*m)}$$

$$L = 3030 \text{ m [13]}$$

$$Q_i = I * L$$

Donde,

$$I = \text{Coeficiente de Infiltración (Hormigón Simple)} = 0.0005 \text{ lt/(s*m)}$$

$$L = \text{Longitud de las tuberías}$$

Entonces,

$$Q_i = 0.0005 \frac{lt}{s * m} * 3030 m$$

$$Q_i = 1.52 \frac{lt}{s}$$

Caudal de Diseño (QD).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$QD = QMH + Qce + Q_i$$

Donde:

QMH =Caudal máximo horario

Qce =Caudal de conexiones erradas

Q_i =Caudal de infiltración

Entonces,

$$QD = 0.67 \frac{lt}{s} + 0.067 \frac{lt}{s} + 1.52 \frac{lt}{s}$$

$$QD = 2.26 \frac{lt}{s}$$

3.2.5.3 Diseño del cribado.

Dimensionamiento de la rejilla.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

b = Ancho de la rejilla.

e = Espaciamiento.

\emptyset = Diámetro de la varilla.

Entonces,

$$N = \frac{0.90 \text{ m} + 0.016 \text{ m}}{0.03 \text{ m} + 0.016 \text{ m}}$$

$$N = 19.91 \text{ varillas} \approx 20 \text{ varillas}$$

Ancho libre entre varillas.

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$e = \frac{b + \phi}{N} - \phi$$

Donde:

$b =$ Ancho de la rejilla.

$N =$ Número de varillas.

$\phi =$ Diámetro de la varilla.

Entonces,

$$e = \frac{0.90 + 0.016}{20} - 0.016$$

$$e = 0.030 \text{ m} \approx 30 \text{ mm}$$

3.2.5.4 Diseño del desarenador

Para el diseño de las dimensiones del desarenador se empleó el manual OPS (Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores del año 2005), del cual se utilizó las fórmulas y valores establecidos. [44]

Datos:

$$QD = 2.26 \text{ lt/sg}$$

$$Dra = 2.65 \text{ [44]}$$

$$dp = 0.02 \text{ cm [44]}$$

$$T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Nota: El valor de la viscosidad cinemática se basa en la temperatura como se observa en la Tabla 30.

Tabla 37 Densidad y viscosidad del agua

Temperatura °C	Densidad (gr/cm ³)	Viscosidad cinemática
0	0.99987	1.7923
5	0.99999	1.5188
10	0.99973	1.3101
15	0.99913	1.1457
20	0.99823	1.0105

Fuente: OPS [44]

Entonces, el valor de la viscosidad cinemática (η) para una temperatura de 15 °C es $1.1457 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sg}$ como se observa en la Tabla 37.

Velocidad de sedimentación (Vs).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

g = Gravedad.

ρ_s = Densidad relativa de la arena.

d = Diámetro de la partícula.

η = Viscosidad cinemática.

$$V_s = \frac{1}{18} (981 \frac{\text{cm}}{\text{sg}^2}) \left(\frac{2.65 - 1}{1.1457 * 10^{-2}} \right) (0.02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 3.14 \text{ cm/sg}$$

Se comprueba el número de Reynolds (Re).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

$V_s =$ Velocidad de sedimentación.

$d =$ Diámetro de la partícula.

$\eta =$ Viscosidad cinemática.

$$Re = \frac{3.14 \frac{cm}{sg} * 0.02cm}{1.1457 * 10^{-2}}$$

$$Re = 5.48$$

En caso que el número de Reynolds no cumpla para la aplicación de la ley de Stokes ($Re < 0.5$), se realizará un reajuste al valor de V_s considerando la sedimentación de la partícula en régimen de transición, mediante el término del diámetro y el término de velocidad de sedimentación como se observa en la Figura 34.

$$Re < 0.5$$

$$5.48 > 0.5$$

No cumple

Entonces, se realiza un reajuste mediante el gráfico, como se observa en la Figura 34.

Término del diámetro (Tdd).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Tdd = \left[\frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right]^{\frac{1}{3}} d$$

Donde:

$g =$ Gravedad.

$\rho_s =$ Densidad relativa de la arena.

$d =$ Diámetro de la partícula.

$\eta =$ Viscosidad cinemática.

Entonces,

$$Tdd = \left[\frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right]^{\frac{1}{3}} d$$

$$\left[\frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right]^{\frac{1}{3}} d = 4.62$$

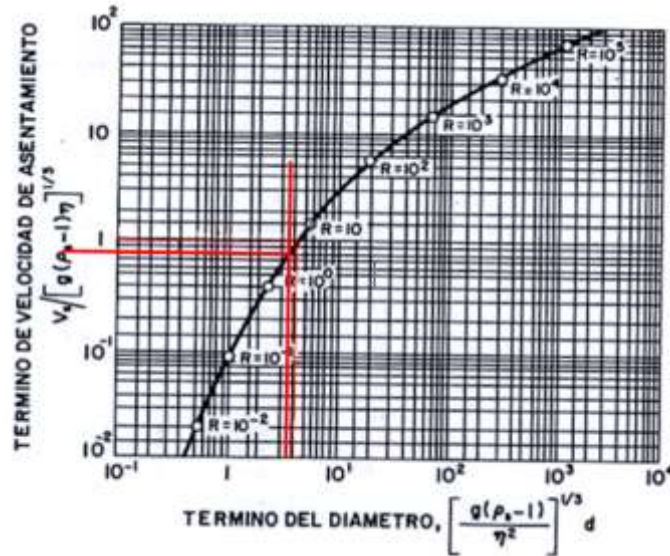


Figura 35 Valores de sedimentación

Fuente: OPS 2005 [44]

Mediante la gráfica del término del diámetro y el término de velocidad de sedimentación, se obtuvo un valor de 0.8, como se observa en la Figura 34.

Término de la velocidad de sedimentación (Vs).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\frac{Vs}{[g(\rho_s - 1)\eta]^{\frac{1}{3}}} = 0.8$$

Donde:

g = Gravedad.

ρ_s = Densidad relativa de la arena.

η = Viscosidad cinemática.

Entonces,

$$V_s = 0.8 * [g(\rho_s - 1)\eta]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 0.8 * [g(\rho_s - 1)\eta]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 0.8 * [981 \text{ cm/sg}2(2.65 - 1)(1.1457 * 10^{-2})]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 2.12 \text{ cm/sg}$$

Comprobamos de nuevo el valor del número de Reynolds.

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

$$Re = \frac{2.12 \frac{\text{cm}}{\text{sg}} * 0.02\text{cm}}{1.1457 * 10^{-2}}$$

$$Re = 3.70$$

Entonces se encuentra en la zona de transición de (Ley de Allen).

Coefficiente de arrastre (Cda).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

$Re = \text{Número de Reynolds.}$

entonces,

$$Cda = \frac{24}{3.70} + \frac{3}{\sqrt{3.70}} + 0.34$$

$$Cda = 8.39$$

Por lo que la velocidad de sedimentación será:

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

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981 \frac{cm}{sg^2}}{8.39} (2.65 - 1) * 0.02}$$

$$V_s = 2.50 \frac{cm}{sg}$$

Si se asume una eficiencia del 75%, de acuerdo a la Figura 35, se acoge un coeficiente de seguridad de 1.75.

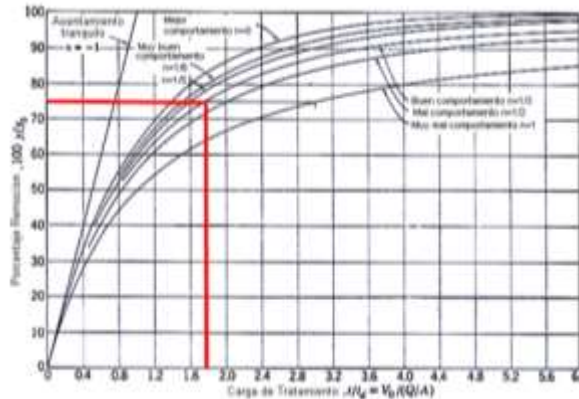


Figura 36 Curvas de comportamiento.

Fuente: OPS [44]

Entonces,

$$V_s = \left(\frac{Q * coefi. segur}{A_s} \right)$$

De donde,

$$A_s = \left(\frac{Q * coefi. segur}{V_s} \right)$$

$$A_s = \left(\frac{2260 \text{ cm}^3/sg * 1.75}{2.50 \text{ cm}/sg} \right)$$

$$A_s = 1582 \text{ cm}^2 * \frac{1 \text{ m}^2}{(100 \text{ cm})^2}$$

$$A_s = 0.16 \text{ m}^2$$

Se establece las dimensiones de largo, ancho y profundidad respetando los criterios de diseño.

Nota: La relación largo/ancho debe ser entre 10 y 20. [44]

Entonces,

Largo: 1.5 m

Ancho: 0.15 m

$$\frac{1.5 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} \approx 10$$

Si cumple la relación

Nota: Por razones de operación, seguridad y mantenimiento del desarenador, se adoptó un ancho $B = 0.30 \text{ m}$, basado en el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales ya construidas.

$$\frac{3.00 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} \approx 10$$

Si cumple la relación

Dimensiones del Desarenador.

Largo (L) = 3.00 m

Ancho (B) = 0.30 m

Altura (h) = 0.30 m

Periodo de retención (PR).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$PR = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}}$$

$$PR = \frac{0.10 \text{ m}^3}{0.00226 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$PR = 44.24 \text{ sg}$$

Longitud del tramo de transición (Lt).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Lt = \frac{B - b}{2 * tg\theta}$$

$$Lt = \frac{0.15 \text{ m} - 0.10 \text{ m}}{2 * tg 12.5}$$

$$Lt = 0.11 \text{ m}$$

3.2.5.5 Tanque de grasas.

Para el diseño del tanque de grasas se empleó la norma RAS 2000, sección II, título E (Tratamiento de aguas residuales) [45], y el manual OPS/CEPIS 2003 (Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa). [46]

Tabla 38 Valores a considerarse para el diseño de un trampa de grasa.

	Nomenclatura	Unidad	Valor
Área por cada litro por segundo	a	m ²	0,25
Relación ancho/longitud	-	-	1:4 – 1:18
Velocidad ascendente mínima	V_a	mm/s	4
Tiempo de retención	T_r	min	2,5 - 3
Profundidad de seguridad del tanque	P	m	< 0,80
Pendiente	S	°	45 a 60
Díámetro de tuberías de entrada	\varnothing_e	mm	> 50
Díámetro de tuberías de salida	\varnothing_s	mm	> 100

Fuente: RAS 2000, Título E [45], y Manual OPS/CEPIS 2003 [46].

Área del tanque (A).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$A = \frac{Q_{md} * a}{60 \text{ lt/min}}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal de diseño.

a = Área por cada litro por segundo.

Nota: Para el área por litro por segundo se asumió un valor de 0.25 m² como se observa en la Tabla 38.

Entonces,

$$Qmd = 2.26 \frac{lt}{seg} * \frac{60 seg}{1 min} = 135.6 lt/min$$

$$A = \frac{135.6 \frac{lt}{min} * 0.25m^2}{60 lt/min}$$

$$A = 0.565 m^2$$

Ancho del tanque (*b*).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

Donde:

A = Área del tanque.

Entonces,

$$b = \sqrt{\frac{0.565}{4}}$$

$$b = 0.38 m$$

Largo del tanque (*L*).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$L = b * 4$$

Donde:

b = Ancho del tanque.

$$L = 0.38 m * 4$$

$$L = 1.52 m$$

Volumen útil del tanque (*V_u*).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$V_u = Qmd * Tr$$

Donde:

Q_{md} = Caudal de diseño.

Tr = Tiempo de retención.

Nota: Para el valor de tiempo de retención que va de 2.5 a 3 min se asumió un valor de 3 min como se observa en la Tabla 38.

Entonces,

$$V_u = 135.6 \frac{lt}{min} * 3 min$$

$$V_u = 406.8 lt \rightarrow 0.4068 m^3$$

Profundidad útil del tanque (P_u).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

V_u = Volumen útil del tanque.

A = Área del tanque.

Entonces,

$$P_u = \frac{0.4068 m^3}{0.57 m^2}$$

$$P_u = 0.71 m$$

Profundidad total del tanque (P_t).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$P_t = P_u + P_s$$

Donde:

P_u = Profundidad útil del tanque.

P_s = Profundidad de seguridad.

Entonces,

$$P_t = 0.71 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$P_t = 1.01 \text{ m}$$

Dimensiones de la trampa de grasas.

$$\text{Largo } (L) = 1.60 \text{ m}$$

$$\text{Ancho } (B) = 0.40 \text{ m}$$

$$\text{Altura } (h) = 1.05 \text{ m}$$

3.2.5.6 Diseño tanque séptico.

Para el diseño de las dimensiones del tanque séptico se empleó el manual OPS 2005 (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización), del cual se utilizó las fórmulas y valores establecidos. [37]

Datos:

$$P = 586 \text{ habitantes}$$

$$QD = 2.26 \frac{\text{lt}}{\text{sg}} \approx 333.22 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}}$$

Tiempo de retención hidráulica del volumen de sedimentación (Pr).

Será calculado a través de la siguiente fórmula.

$$Pr = 1.5 - 0.3 * \log(P * Q)$$

Donde:

P = Población servida.

Q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, litros/(habitante * día)

Entonces,

$$Pr = 1.5 - 0.3 * \log(586 \text{ hab.} * 333.22 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}})$$

$$Pr = 0.09 \text{ días}$$

Nota: En ningún caso, el periodo de retención debe ser menor a seis horas.

Entonces,

$$Pr = 0.25 \text{ día}$$

Volumen requerido para la sedimentación (Vs).

Será calculado a través de la siguiente fórmula.

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * Pr$$

Dónde:

Pr = Tiempo promedio de retención hidráulica en días.

Q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, litros/ (habitante * día)

P = Población servida. (hab)

Entonces,

$$Vs = 10^{-3} * \left(586 \text{ hab} * 333.22 \frac{\text{litros}}{\text{hab} * \text{día}} \right) * 0.25 \text{ días}$$

$$Vs = 48.82 \text{ m}^3$$

Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (Vd).

Será calculado a través de la siguiente fórmula.

$$Vd = G * 10^{-3} * P * N$$

Dónde:

G = Volumen de lodos producidos por persona y por año en lt.

N = Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos

Nota: El tiempo mínimo de remoción de lodos es de 1 año.

Volumen de lodos producidos (G).

La cantidad de lodos producido por habitante y por año, depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de cocina. [37]

- Clima frío 50 litros/habitante*año. [37]

Entonces,

$$Vd = 50 \frac{\text{litros}}{\text{hab} * \text{año}} * 10^{-3} * 586 \text{ hab} * 1 \text{ año}$$

$$Vd = 29.30 \text{ m}^3$$

Volumen de natas (Vn).

$$Vn = 0.7 \text{ m}^3. [37]$$

Volumen neto del tanque séptico (VT).

Será calculado a través de la siguiente fórmula.

$$VT = Vs + Vd + Vn$$

Donde:

Vs =Volumen de sedimentación

Vd =Volumen de almacenamiento de lodos

Vn =Volumen de natas

Entonces,

$$VT = 48.82 \text{ m}^3 + 29.30 \text{ m}^3 + 0.7 \text{ m}^3$$

$$VT = 78.82 \text{ m}^3$$

Dimensiones internas del tanque séptico.

Área total (At).

Será calculado a través de la siguiente fórmula.

Es la división ente el Volumen total y la altura asumida, que en este caso se la altura actual del tanque séptico.

$$At = \frac{VT}{h_{asum}}$$

Donde:

VT = Volumen total

h_{asum} = Altura asumida (2.60 m)

Entonces,

$$At = \frac{78.82 \text{ m}^3}{2.60 \text{ m}}$$

$$At = 30.32 \text{ m}^2$$

Longitud del tanque séptico (L).

Será calculado a través de la siguiente fórmula.

Es la división entre la altura total y el ancho asumido, en este caso el ancho asumido será el valor actual del tanque séptico.

$$L = \frac{At}{b_{asum}}$$

Donde:

L = Longitud del tanque séptico

At = Área total

b_{asum} = Ancho asumido (3.50 m)

Entonces,

$$L = \frac{30.32 \text{ m}^2}{3.50 \text{ m}}$$

$$L = 8.66 \text{ m}$$

Para verificar las relaciones dimensionales largo y ancho, tenemos la siguiente condición:

$$2 < \frac{L}{b} < 4$$

Entonces,

$$2 < \frac{9.00 \text{ m}}{3.50 \text{ m}} < 4$$

$$2 < 2.57 < 4$$

OK.

Dimensiones del tanque séptico.

$$Largo (L) = 9.00 \text{ m}$$

$$Ancho (b) = 3.50 \text{ m}$$

$$Altura (h) = 2.60 \text{ m}$$

3.2.5.7 Diseño del lecho de secado de lodos.

Para el diagnóstico del funcionamiento del lecho de secado de lodos se empleó el manual OPS 2005 (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización), del cual se utilizó las fórmulas y valores establecidos. [37]

Datos:

$$Q_{diseño} = 2.26 \text{ lt/sg}$$

$$SS = 411 \text{ mg/lt}$$

Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C).

Será calculado a través de la siguiente fórmula.

$$C = Q_{diseño} * SS * 0.0864$$

Donde:

$Q_{diseño}$ = Caudal promedio de aguas residuales

SS= Sólidos en suspensión en el agua residual cruda

Entonces,

$$C = 2.26 \frac{\cancel{\text{lt}}}{\text{sg}} * \frac{411\text{mg}}{\cancel{\text{lt}}} * 0.0864$$

$$C = 80.25 \text{ kg de SS/día}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd).

Será calculado a través de la siguiente fórmula.

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

Donde:

C =Carga de sólidos que ingresa al sedimentador.

Entonces,

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 80.25 \text{ Kg SS/día}) + (0.5 * 0.3 * 80.25 \text{ Kg SS/día})$$

$$Msd = 26.08 \text{ Kg SS/día}$$

Volumen diario de lodos digeridos (Vld).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

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

Dónde:

$plodo$ = Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/lt. [37]

$\% \text{ de sólidos}$ = % de sólidos contenidos en el lodo.

Nota: el % de sólidos varía entre 8 a 12% [37], por lo cual se trabajó con un valor intermedio de 10 %.

Entonces,

$$Vld = \frac{26.08 \text{ kg SS/día}}{1.04 \text{ kg/lt} * \left(\frac{10}{100}\right)}$$

$$Vld = 250.77 \text{ lt/días}$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

Td =Tiempo de digestión en días.

Vld =Volumen diario de lodos digeridos

Nota: El tiempo requerido para la digestión de lodos varía acorde a la temperatura como se observa en la Tabla 39.

Tabla 39 Tiempo requerido para la digestión de lodos.

TEMPERATURA °C	TIEMPO DE DIGESTIÓN EN DÍAS
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: OPS 2005 [37]

Se trabajó con una temperatura de 15 °C, es decir con un tiempo de digestión de lodos de 55 días, como se observa en la Tabla 39.

Entonces,

$$Vel = \frac{250.77 \frac{lt}{días} * 55 \cancel{días}}{1000}$$

$$Vel = 13.79 \text{ m}^3$$

Área del lecho de secado (Als).

Se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

Ha =Profundidad de aplicación

Vel =Volumen de lodos a extraerse del tanque

Nota: La profundidad de aplicación puede tener un valor entre 0.20 a 0.40 m, se trabajó con un valor de 0.40 m. [37]

Entonces,

$$Als = \frac{13.79 \cancel{m}^3}{0.40 \cancel{m}}$$

$$Als = 34.48 \text{ m}^2$$

Volumen del lecho de secado de lodos (Vel).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$Vel = Als * h$$

Donde:

$h =$ *Altura asumida (2.00 m).*

$Als =$ *Área del lecho del secado de lodos.*

$$L = 2B$$

Entonces,

$$Vel = A * h$$

$$Vel = 2 * B^2 * h$$

$$B^2 = \frac{Vel}{2 * h}$$

$$B = \sqrt{\frac{Vel}{2 * h}}$$

$$B = \sqrt{\frac{13.79 \text{ m}^3}{2 * 2.00 \text{ m}}}$$

$$B = 1.86 \text{ m}$$

Siendo el ancho igual al largo del lecho de secado.

$$L \approx 2B$$

$$L \approx 2 * 1.86 \text{ m}$$

$$L \approx 3.72 \text{ m}$$

Dimensiones del lecho de secado de lodos.

$$Largo (L) = 3.5 \text{ m}$$

$$Ancho (B) = 2.0 \text{ m}$$

$$Altura (h) = 2.0 \text{ m}$$

3.2.5.8 Cálculo del filtro biológico ascendente.

Para el cálculo de las dimensiones del filtro biológico ascendente se empleó el manual CONAGUA 2015 (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento), del cual se utilizó las fórmulas y valores establecidos. [38]

Datos:

$$\varnothing = 3.20 \text{ m}$$

$$hmf = 1.70 \text{ m}$$

$$h = 2.60 \text{ m}$$

$$Qmh = 8.136 \text{ m}^3/\text{horas}$$

$$S_o = 0.460 \text{ kg} * \text{DBO}_5/\text{m}^3$$

Volumen del filtro (V).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$V = Qmh * TRH$$

Donde:

$$Qmh = \text{Gasto en el afluente, en m}^3/\text{d}$$

$$TRH = \text{Tiempo de residencia hidráulica, en horas}$$

Nota: El rango de tiempo de residencia hidráulica va de 4 horas a 10 horas [38], se utilizó un valor de 6 horas.

Entonces,

$$V = 8.136 \frac{\text{m}^3}{\cancel{h}} * \cancel{6 \text{ horas}}$$

$$V = 48.82 \text{ m}^3$$

Altura total del filtro (H).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$H = h1 + hb + hm$$

Donde:

$$h_1 = \text{Altura del bordo libre} = 0.50 \text{ m [38]}$$

$$h_b = \text{Altura bajo dren} = 0.50 \text{ m [38]}$$

$$h_m = \text{Altura del medio filtrante} = 1.50 \text{ m [38]}$$

Entonces,

$$H = 0.50 \text{ m} + 0.50 \text{ m} + 1.50 \text{ m}$$

$$H = 2.50 \text{ m}$$

Área del FAFA (A).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

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

Donde:

$$V = \text{Volumen del filtro}$$

$$H = \text{Altura total del filtro}$$

Entonces,

$$A = \frac{48.82 \text{ m}^3}{2.50 \text{ m}}$$

$$A = 19.53 \text{ m}^2$$

Volumen del medio filtrante (Vmf).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

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

Donde:

$$A = \text{Área del filtro anaerobio}$$

$$h_m = \text{Altura del medio filtrante}$$

Entonces,

$$V_{mf} = 19.53 \text{ m}^2 * 1.50 \text{ m}$$

$$V_{mf} = 29.30 \text{ m}^3$$

Verificación de la carga hidráulica superficial para:

Carga orgánica volumétrica I (COV).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$COV = \frac{Q_{mh} * S_o}{V}$$

Donde:

Q_{mh} = Gasto promedio en el afluente, en m³ /h

S_o = DBO en el afluente, en kg de DBO/ m³

V = Volumen del filtro

Entonces,

$$COV = \frac{8.136 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0.460 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{48.82 \text{ m}^3} * 24$$

$$COV = 1.84 \text{ kg} \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3 * \text{días}}$$

Carga orgánica volumétrica II (COV_{mf}).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$COV_{mf} = \frac{Q_{mh} * S_o}{V_{mf}}$$

Donde:

Q_{mh} = Gasto promedio en el afluente, en m³ /h

S_o = DBO en el afluente, en kg de DBO/ m³

V = Volumen del medio filtrante

Entonces,

$$COV_{mf} = \frac{8.136 \frac{m^3}{h} * 0.460 \frac{kg}{m^3}}{29.30 m^3} * 24$$

$$COV_{mf} = 3.07 kg \frac{DBO}{m^3 * días}$$

Determinación de las dimensiones del FAFA.

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

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

De donde despejamos el valor del diámetro,

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

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

Donde:

$A = \text{Área del filtro biológico de flujo ascendente}$

Entonces,

$$\varnothing = \sqrt{\frac{19.53 m^2 * 4}{\pi}}$$

$$\varnothing = 4.99 m \approx 5.00 m$$

Se estable un filtro circular de 19.53 m², por tal motivo se establece un diámetro de 5 m.

Eficiencia del filtro anaerobio (E).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

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

Donde:

$TRH = \text{Tiempo de residencia hidráulica, en horas}$

Entonces,

$$E = 100[1 - 0.87 * (6 \text{ horas})^{-0.5}]$$

$$E = 64.50 \%$$

Concentración de DBO esperada en el afluente (DBOef).

Se calcula a través de la siguiente fórmula.

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

Donde:

DBO_{ef} = concentración total de DBO en el efluente, .

S_o = concentración total de DBO en el afluente, en mg/lt.

E = remoción, en %.

Entonces,

$$DBO_{ef} = 460 \frac{mg}{l} - \frac{64.50\% * 460 \frac{mg}{l}}{100}$$

$$DBO_{ef} = 163.00 \frac{mg}{l}$$

Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente.

$Diámetro (\varnothing) = 5.00 \text{ m}$

$Altura (H) = 2.50 \text{ m}$

Las nuevas dimensiones calculadas de cada uno de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande, se detallan en el Anexo B en los planos A3 y A4.

3.4.2 Comparación de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 40 Comparación estado actual de la PTAR vs. Propuesta de la PTAR.

COMPONENTES DE LA PTAR	FUNCIÓN	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA
		DIMENSIONES	DIMENSIONES
TANQUE REPARTIDOR	Repartir el caudal que llega a la PTAR a los demás componentes del sistema	Cumple con la función, pero requiere cuidado y mantenimiento debido al descuido por parte de las autoridades.	Cumple con la función, pero requiere cuidado y mantenimiento debido al descuido por parte de las autoridades.
CRIBADO	Retener los sólidos de gran tamaño para que no vuelvan más lentos los demás procesos de tratamiento del agua residual.	No existe.	Se encuentra en función a la normativa vigente.
DESARENADOR	Eliminar las partículas que son más pesadas que el agua, para así facilitar el tratamiento del agua residual en los siguientes procesos.	No existe	Se encuentra en función a los parámetros establecidos en la norma de la Organización Panamericana de la Salud 2005 (Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores).
TANQUE SÉPTICO	Sedimentar y digerir los sólidos sedimentables presentes en el agua residual.	No cumple la relación Largo/ancho.	Se encuentra en función a los parámetros establecidos en la norma de la Organización Panamericana de la Salud 2005 (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización).
LECHO DE SECADO DE LODOS	Separar los lodos formados en el tanque séptico.	Cumple con la normativa actual.	Se encuentra en función a los parámetros establecidos en la norma de la Organización Panamericana de la Salud 2005 (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización).
FILTRO BIOLÓGICO DE FLUJO ASCENDENTE	Remover la materia orgánica presente en el agua residual.	El tiempo de retención hidráulica no se encuentra en el rango establecido en la norma vigente.	Se encuentra en función a los parámetros establecidos en el manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua 2015 (Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente).

Fuente: Geovanny Morales.

3.4.3 Plan de mantenimiento y operación de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande.

El plan de mantenimiento y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Grande, garantizará el funcionamiento correcto de cada uno de los procesos unitarios para el tratamiento del agua residual y así prolongar la vida útil para la cual se diseñó.

3.4.3.1 Cribado

Actividades.

Limpieza de las rejillas, retirar de manera manual el material suspendidos o atrapado en las rejillas (sólidos gruesos) provenientes del agua residual.

Trasladar los sólidos gruesos, basura o material retirado de las rejillas al lecho de secado de lodos.

Frecuencia.

La limpieza de las rejillas del cribado se debe realizar de manera diaria (una vez al día).

Herramientas.

Pala, balde y equipo de protección personal (EPP).

Encargado.

El encargado es el operador de la PTAR.

3.4.3.2 Desarenador.

Actividades.

Su funcionamiento no debe ser interrumpido, es decir debe funcionar 24 horas al día, de igual manera al realizar el mantenimiento la unidad del desarenador no debe dejar de funcionar.

Retirar el sedimento acumulado en el desarenador, dicha actividad se realiza de manera manual.

Verificar que el agua que pase por el desarenador no supere el nivel máximo del mismo.

Frecuencia.

Se debe verificar el correcto funcionamiento del desarenador de manera diaria (una vez al día).

Se debe limpiar el desarenador una vez por semana, para el correcto funcionamiento del mismo.

Herramientas.

Pala, balde, carretilla y equipo de protección personal (EPP).

Encargado.

El encargado de las actividades es el operador de la PTAR.

3.4.3.3 Tanque séptico.**Actividades.**

Verificar el correcto funcionamiento del tanque séptico.

Realizar la inspección y la limpieza de lodos acumulados en el interior del tanque séptico.

Frecuencia.

Se debe realizar una inspección y limpiar el tanque séptico una vez por año, para el correcto funcionamiento del mismo.

Herramientas.

Para la limpieza del tanque séptico se emplea carro cisterna equipado con bomba de vacío y manguera. Se debe limpiar hasta el punto donde se observe que el lodo se torna diluido.

Nota: Para proporcionar mayor facilidad en el retiro de las natas, se puede colocar cal hidratada o ceniza vegetal.

Encargado.

El encargado de las actividades es el operador de la PTAR.

Nota: Se debe tener cuidado al momento de abrir las tapas de hormigón del tanque séptico, ya que este se debe ventilar durante un tiempo ya que, la acumulación de gases en su interior puede ocasionar asfixia.

3.4.3.4 Lecho de secado de lodos.

Actividades.

Inspeccionar el estado del lecho de secado de lodos.

Retiro de forma manual de los lodos deshidratados y limpieza de las paredes del lecho de secado de lodos.

Comprobar que las llaves de paso por donde emergen los lodos, se hallen funcionando de manera correcta.

Nota: Una vez secado los lodos, con un tratamiento adicional para reducir el contenido de patógenos, se pueden emplear como mejorador de suelo o en uso agropecuario.

Frecuencia.

Se debe inspeccionar y limpiar el lecho de secado de lodos una o dos veces al año (cada seis o doce meses), para el correcto funcionamiento del mismo.

Herramientas.

Pala, carretilla y equipo de protección personal (EPP).

Encargado.

El encargado de las actividades es el operador de la PTAR.

3.4.3.5 Filtro biológico ascendente.

Actividades.

Comprobar que el FAFA se encuentre desempeñando de manera correcta y así de esta manera impedir el acopio de sólidos en el medio filtrante.

Ejecutar un muestreo del agua que aflora del filtro y realizar un análisis físico-químico de las características de la misma.

Frecuencia.

El muestro del agua se debe realizar una vez por año, para verificar el correcto funcionamiento del FAFA.

La limpieza del FAFA se debe realizar una vez cada tres meses, para evitar la acumulación de sólidos en el medio filtrante.

Herramientas.

Recipientes, baldes, cepillo y equipo de protección personal (EPP).

Encargado.

El encargado de las actividades es el operador de la PTAR.

Tabla 41 Tabla resumen de las actividades de mantenimientos de los componentes de la PTAR.

SISTEMA	ACTIVIDAD	ENCARGADO	FRECUENCIA	EQUIPO Y HERRAMIENTAS
CRIBADO	Limpieza de las rejillas, retirar de manera manual el material suspendidos o atrapado en las rejillas (sólidos gruesos) provenientes del agua residual.	El operador	1 vez al día	Pala, balde y equipo de protección personal (EPP).
	Trasladar los sólidos gruesos, basura o material retirado de las rejillas al lecho de secado de lodos.	El operador	1 vez al día	
DESARENADOR	Verificar que el agua que pase por el desarenador no supere el nivel máximo del mismo.	El operador	1 vez al día	Pala, balde, carretilla y equipo de protección personal (EPP).
	Limpieza del desarenador.	El operador	1 vez por semana	
TANQUE SÉPTICO	Inspección y limpieza del tanque séptico.	El operador	1 vez al año	Carro cisterna equipado con bomba de vacío y manguera
LECHO DE SECADO DE LODOS	Inspeccionar el estado del lecho de secado de lodos.	El operador	1 o 2 veces al año	Pala, carretilla y equipo de protección personal (EPP).
	Retiro de forma manual de los lodos deshidratados.	El operador		
FAFA	Limpieza del filtro biológico de flujo ascendente.	El operador	1 vez cada tres meses	Recipientes, baldes, cepillo y equipo de protección personal (EPP).
	Ejecutar un muestreo del agua que aflora del filtro.	El operador	1 vez al año	

Fuente: Geovanny Morales.

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

- 4.1.1** Al evaluar el diseño existente de la PTAR de la comunidad de Llimpe Grande, cantón Quero, provincia de Tungurahua, se concluyó que los componentes con sus dimensiones actuales no satisfacen el caudal que ingresa en la planta, lo que ocasiona un deficiente funcionamiento de la misma.
- 4.1.2** Se realizó un levantamiento de información concerniente a la PTAR de Llimpe Grande donde se logró determinar el caudal de ingreso y salida de la PTAR a través del método volumétrico, obteniendo como resultado un caudal máximo de 3.016 lt/sg y 2.862 lt/sg respectivamente, además se determinó la población futura a través del método geométrico, dando como resultado 586 habitantes y se estableció un caudal de diseño de 2.26 lt/sg.
- 4.1.3** Al comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con los límites establecidos en el TUSLMA 2015, se concluyó que los valores obtenidos sobrepasan a los valores establecidos para descargas en cuerpos de agua dulce, por lo que se determina que la planta no se encuentra funcionando correctamente.
- 4.1.4** Se estableció un nuevo proceso para el tratamiento del agua residual que ingresa en la planta, el mismo que se encuentra conformado por: cribado, desarenador, tanque de grasas, tanque séptico, lecho de secado de lodos y un filtro anaerobio de flujo ascendente, dichos componentes se encuentran diseñados bajo las recomendaciones y parámetros establecidos en los manuales y normas de diseño, además se propone la implementación de un manual de mantenimiento y operación de la PTAR que permita de una manera eficiente y sencilla al operador encargado conocer cómo se debe realizar el mantenimiento de cada uno de los procesos unitarios que conforma la planta de tratamiento de aguas residuales.

4.2 Recomendaciones.

- 4.2.1** Se recomienda contratar a un operador permanente en la PTAR que vigile de manera diaria su funcionamiento, además realice el mantenimiento preventivo como limpieza de los componentes e inspecciones visuales, para así evitar el funcionamiento inadecuado de cada uno de los procesos unitarios de la planta.
- 4.2.2** Se recomienda capacitar a la persona que va a operar la planta de tratamiento de aguas residuales para que de este modo pueda realizar un control y mantenimiento apropiado de cada uno de los componentes que conforman la PTAR.
- 4.2.3** Se recomienda realizar ensayos de laboratorio de los parámetros del agua residual tanto al ingreso como a la salida de la misma una vez por año para poder establecer si la PTAR se encuentra funcionando de manera correcta.
- 4.2.4** Se recomienda que el alcantarillado de la comunidad de Llimpe Grande sea empleado para lo cual fue diseñado es decir para el ingreso del agua residual doméstica de los habitantes de Llimpe Grande y no reciba aguas pluviales o de regadío.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] «Evaluación preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales No.14 de la parroquia San Pablo del lago, cantón Otavalo, provincia de Tungurahua.» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14610/TESIS%20SANTIAGO%20OLEMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [2] N. B. Murillo Carrión, «Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales en la industria alimentaria.» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3188/murillo-carrion-bisseth-nicole.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [3] M. B. Portero Pesantes y V. A. Amat Marchán , «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo.» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9160/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-220.pdf>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [4] C. I. García Paniagua y J. A. Fonseca Martínez, «Evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales “Quinta Brasilia” ubicada en el municipio de Honda - Tolima.» 2015. [En línea]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3482/EVALUACION%20N%20T;jsessionid=FD892F50159E2EC63116FB01028F84FF?sequence=1>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [5] E. H. Vargas Palacios , «Evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), de la inspección de Pueblo Nuevo del municipio de Nilo Cundinamarca.» 2016. [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13901/4/EVALUACION%20TECNICA%20DE%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20RESIDUAL.pdf>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [6] S. Jiménez Gonzales , «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del AyA en la urbanización las Lomas de Buenos Aires, Puntarenas.» 08 2014. [En línea]. Available: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/4048/evaluacion_tratamientodeaguas_urbanizacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 21 03 2021].

- [7] M. E. Landi Paucar , «Evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales de una industria láctea.,» 05 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19553/4/CD-8950.pdf>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [8] C. A. Serna Contreras y J. F. Carreño Ramírez, «Evaluación ambiental de la planta de tratamiento del agua residual del frigorífico ubicada en el barrio la Plazuela del municipio de Restrepo Meta.,» 2018. [En línea]. Available: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14397/1/2018_evaluaci%C3%B3n_ambiental_planta.pdf. [Último acceso: 21 03 2021].
- [9] M. M. Ronces Robles, «Evaluación de funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de municipio del sureste de México.,» 2018. [En línea]. Available: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94946/Tesina%20Mayte%20Ronces.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [10] «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales “Ubillus”, en la parroquia Pintag E.,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9620>. [Último acceso: 28 03 2021].
- [11] C. A. Arroba Torres y D. A. Ávila Malaver , «Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales de un campus universitario.,» 2015. [En línea]. Available: <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9408/%C3%81vilaDavid2015.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [12] D. J. Guevara Llerena y T. P. Ramos Ramos, «Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad estatal amazónica.,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/381/T.AMB.B.UEA.3137?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 28 03 2021].
- [13] M. A. Soto, «Estudio del sistema y tratamiento de alcantarillado sanitario para las comunidades de Llimpe Grande, Llimpe Chico y Zona Libre, del cantón Quero-provincia de Tungurahua,» 2006. [En línea]. [Último acceso: 10 03 2021].
- [14] EcuRed, «Tratamiento de aguas residuales,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Tratamiento_de_aguas_residuales. [Último acceso: 10 03 2021].

- [15] GeneratePress, «¿Qué es el tratamiento de aguas residuales?,» 2020. [En línea]. Available: <https://tratamientodeaguasresiduales.net/que-es-el-tratamiento-de-aguas-residuales/#more-4>. [Último acceso: 10 03 2021].
- [16] A. M. Barreno Velástegui, «Las aguas residuales domésticas y su incidencia en la condición sanitaria de los habitantes de la comunidad de Yayulihuí del cantón Quero, provincia de Tungurahua.,» 2015. [En línea]. [Último acceso: 11 03 2021].
- [17] SENAGUA ECUADOR, «Secretaría Nacional del Agua de la República del Ecuador (SENAGUA Ecuador),» 2019. [En línea]. Available: <https://www.bnamericas.com/es/perfil-empresa/secretaria-nacional-del-agua-de-la-republica-del-ecuador-senagua-ecuador#:~:text=Normal%20%20Creada%20en%202008,de%20desarrollar%20las%20pol%3%ADticas%20pertinentes..> [Último acceso: 11 03 2021].
- [18] L. J. Galeano y V. D. Rojas, «Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por Zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Velez - Santander.,» 2016. [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISE%20%20C3%91O%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>. [Último acceso: 16 03 2021].
- [19] Cepal-ONU, «Constitución del Ecuador,» 2014. [En línea]. Available: <https://observatoriop10.cepal.org/es/instrumentos/constitucion-ecuador>. [Último acceso: 16 03 2021].
- [20] D. J. Once Sarmiento y J. F. Ruiz Herrera , «Evaluación de las plantas de depuración del agua residual de las comunidades de soldados y Churuguzo, cantón Cuenta, Azuay,» 2014. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TESIS%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TESIS%20(1).pdf). [Último acceso: 17 03 2021].
- [21] C. Zambrano , «Aguas Residuales: Clasificación, características y composición.,» 2009. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf>. [Último acceso: 17 03 2021].

- [22] P. Demichellis, «Fosas sépticas y plantas de tratamiento de agua residual,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.pinterest.com/pin/474215035755391778/>. [Último acceso: 17 03 2021].
- [23] L. Zarza, «iagua,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>. [Último acceso: 18 04 2021].
- [24] A. Chamchuen, «Aguas residuales con la basura,» 2021. [En línea]. Available: https://es.123rf.com/photo_53437111_aguas-residuales-con-la-basura-ilustraci%C3%B3n.html. [Último acceso: 17 03 2021].
- [25] Fibras y normas de Colombia S.A.S, «Blog : Fibras y normas de colombia S.A.S,» 2021. [En línea]. Available: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/las-aguas-residuales-de-origen-agricola-y-ganadero/>. [Último acceso: 18 04 2021].
- [26] Comunicarse, «Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta,» 22 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.comunicarseweb.com/noticia/los-contaminantes-agricolas-una-grave-amenaza-para-el-agua-del-planeta>. [Último acceso: 17 03 2021].
- [27] docsity, «Contaminación de las aguas. Aguas residuales-Ingeniería sanitaria y ambiental-Apuntes-Tema 10.,» 2014. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/docsity-contaminacion-de-las-aguas-aguas-residuales-ingenieria-sanitaria-y-ambiental-apuntes-tema-10.pdf>. [Último acceso: 18 04 2021].
- [28] M. Osmin Pineda , «El uso adecuado del agua en explotaciones de ganado bovino,» 25 10 2016. [En línea]. Available: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/uso-adecuado-agua-explotaciones-t39737.htm>. [Último acceso: 17 03 2021].
- [29] Klipartz, «Lluvia jardín aguas pluviales erosión suelo, lluvia, jardín, el ciclo del agua, jardín de lluvia png,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.klipartz.com/es/sticker-png-fosbw>. [Último acceso: 17 03 2021].
- [30] D. Bermeo y F. Salazar , «Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa textil.,» 2013. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6215/1/UPS-GT000524.pdf>. [Último acceso: 17 03 2021].

- [31] Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, pp. 145-148.
- [32] TULSMA, «Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : Recurso agua.,» 2015. [En línea]. [Último acceso: 21 03 2021].
- [33] L. J. Galeano Nieto y V. D. Rojas Ibarra , «propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de velez -santander.,» 2016. [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISE%C3%91O%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [34] E. Rosales Escante , «Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones,» [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-TanquesSepticosConceptosTeoricosBaseYAplicaciones-4835597.pdf>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [35] D. A. Blacio Ordoñez y J. L. Palacios Perez , «FILTROS BIOLOGICOS PARA LA POTABILIZACION DEL AGUA, POSIBILIDADES DE USO DE FLA (FILTROS LENTOS DE ARENA) CON AGUA SUPERFICIAL DE NUESTRA REGION.,» 2011. [En línea]. Available: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf>. [Último acceso: 21 03 2021].
- [36] S. Navarro, «Aguas residuales y agua potable,» 2012. [En línea]. [Último acceso: 21 03 2021].
- [37] Organización Panamericana de la Salud, «Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización,» Lima, 2005.
- [38] Comisión Nacional del Agua, «Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales:Filtros anaerobios de flujo ascendente,» México, 2015.
- [39] Secretaría del Agua, «Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural,» 2013.
- [40] Instituto nacional de estadísticas y censos, «INEC,» [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>. [Último acceso: 14 06 2021].

- [41] Weather Spark, «Weather Spark,» 2021. [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20021/Clima-promedio-en-Quero-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>. [Último acceso: 14 06 2021].
- [42] Dirección de agua potable y saneamiento básico, «Sistema de recolección y evaluación de aguas residuales domésticas y pluviales,» Bogota, 2000.
- [43] Instituto Boliviano de normalización y calidad, «Sistemas de evacuación de aguas,» 2007.
- [44] Organización Panamericana de la Salud, «Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores,» Lima, 2005.
- [45] Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, «Tratamiento de aguas residuales (RAS-2000)(Título E),» Bogotá, 2000.
- [46] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, «Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa,» Lima, 2003.
- [47] Municipalidad provincial de Tumbes, «Guía para la operación y mantenimiento de tanques sépticos».

ANEXOS.

ANEXOS A. Análisis del Agua Residual.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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

N° SE: 029 – 21

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Fausto Morales Solano **INFORME N°:** 029 – 21
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 029 – 21
DIRECCIÓN: Sector La Floresta - Ambato
TELÉFONO: 0987822697 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 07 – 04 – 21
FECHA DE INFORME: 14 – 04 – 21

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual, PTAR Cantón Quero **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA – 044 -21 PTAR Llimpe Grande Entrada Agua
 MA – 045 -21 PTAR Llimpe Grande Salida Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 044-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	8,36	+/- 0,08	07- 04- 21
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	951	N/A	07- 04- 21
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	460	N/A	07- 04- 21
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	252,28	N/A	07- 04- 21
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	7,48	N/A	07- 04- 21
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	11,40	N/A	07- 04- 21
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	7,90	N/A	07- 04- 21
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	411	N/A	07- 04- 21

MA – 045-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,61	+/- 0,08	07- 04- 21
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	753	N/A	07- 04- 21
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	369	N/A	07- 04- 21
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	204,57	N/A	07- 04- 21
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	5,16	N/A	07- 04- 21
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	8,80	N/A	07- 04- 21

- 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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 029 – 21

* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	10,2	N/A	07- 04- 21
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	387	N/A	07- 04- 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.

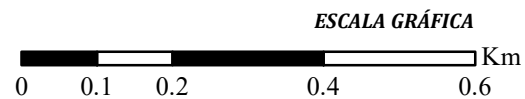
Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.



-
- 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 B. Planos.

UBICACIÓN DE LA PTAR DE LLIMPE GRANDE



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



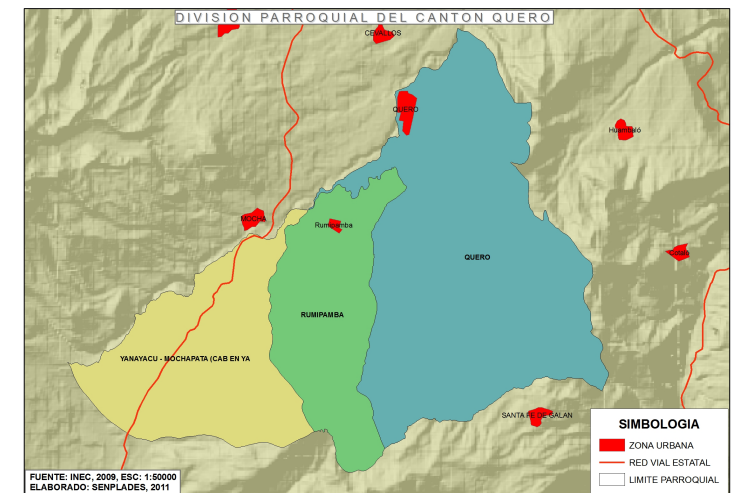
PROVINCIA :	CANTÓN:	PARROQUIA	COMUNIDAD:	PREDIO:
TUNGURAHUA	QUERO	LA MATRIZ	LLIMPE GRANDE	PTAR

PROYECTO:

"EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

DIVISIÓN POLÍTICA DEL CANTÓN

CANTÓN QUERO



AUTOR:

FAUSTO GEOVANNY MORALES SOLANO

TUTOR:

ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS

PROYECCION CARTOGRAFICA UTM

DATUM WGS-84 ZONA 17 S

ESCALA: 1:10000

ÁREA: 500 m²

REF. CARTA TOP. IGM: 1 : 50000

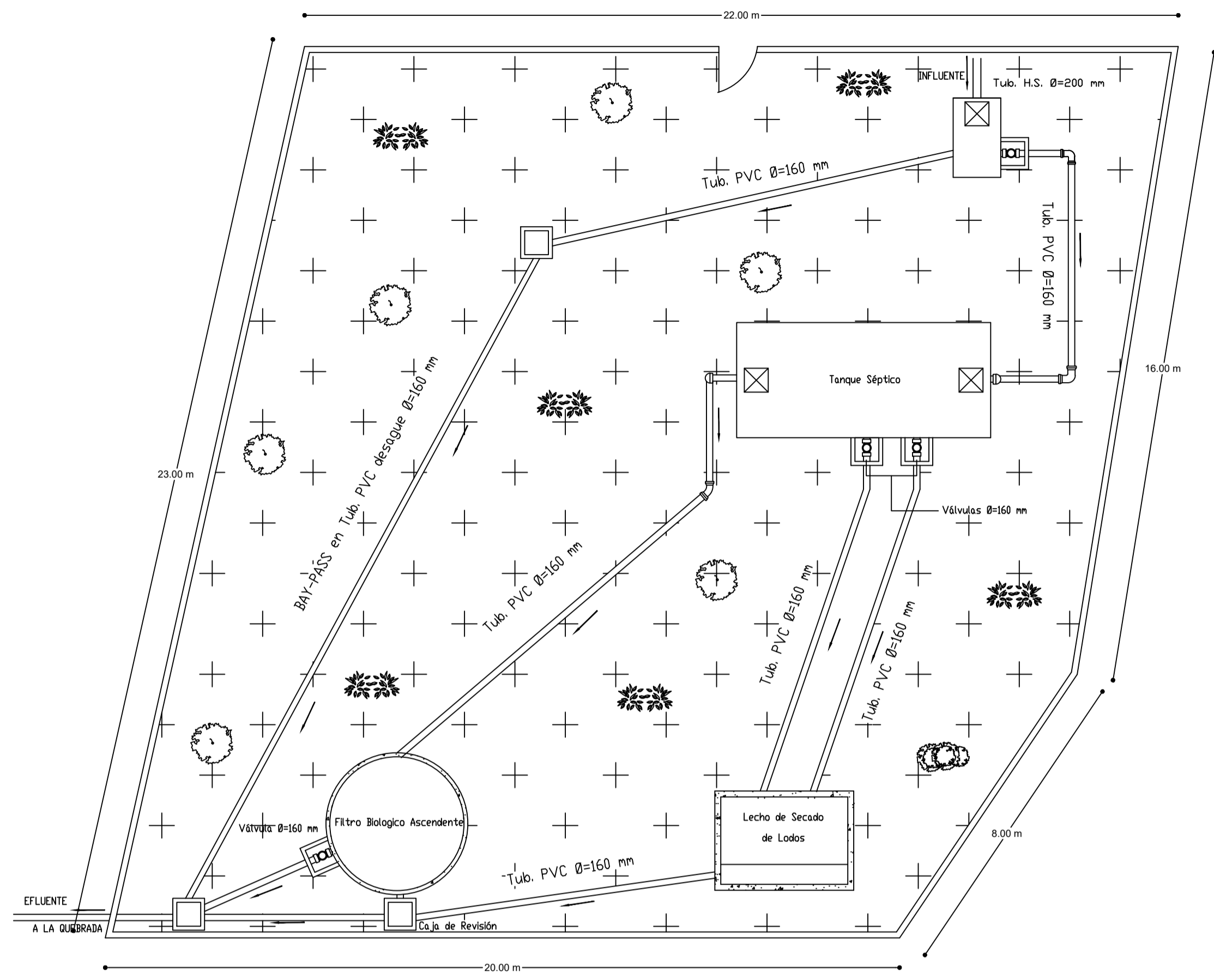
Ñ - IV - C4

FECHA: JUNIO 2021

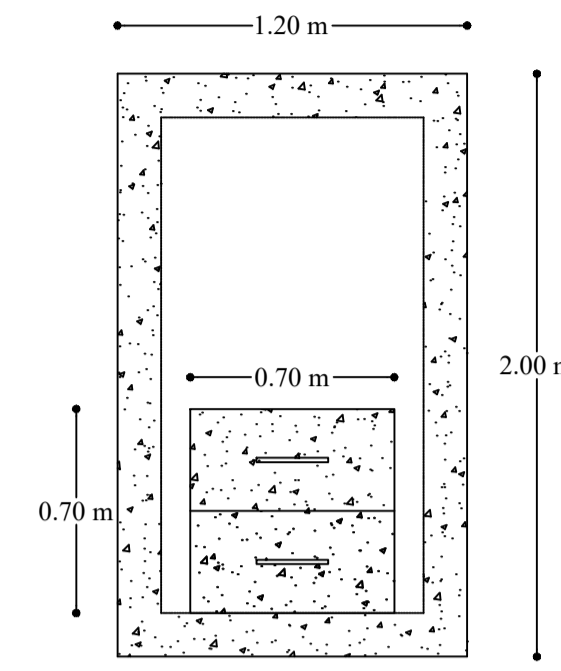
PLANO: A1-A4

IMPLANTACIÓN DE LA PTAR DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE

ESC. 1:100

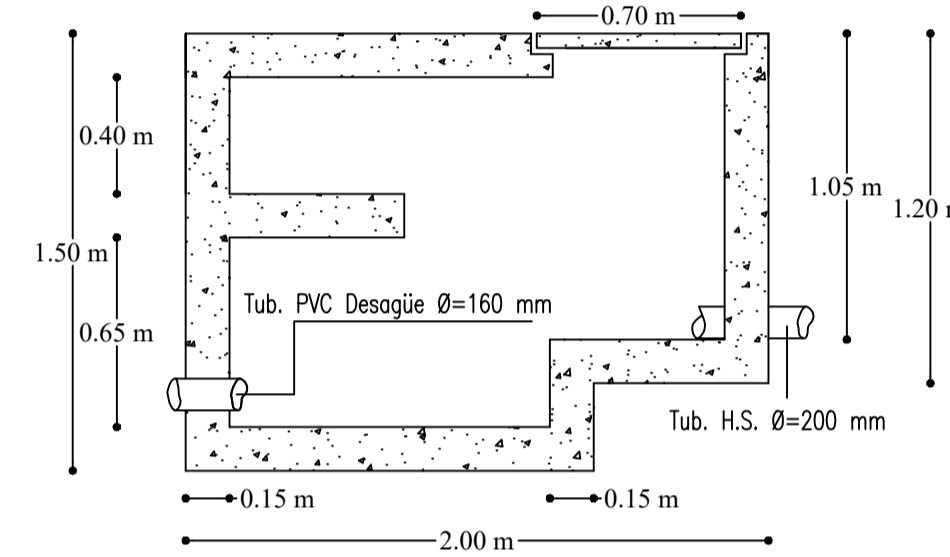


TANQUE REPARTIDOR



VISTA EN PLANTA

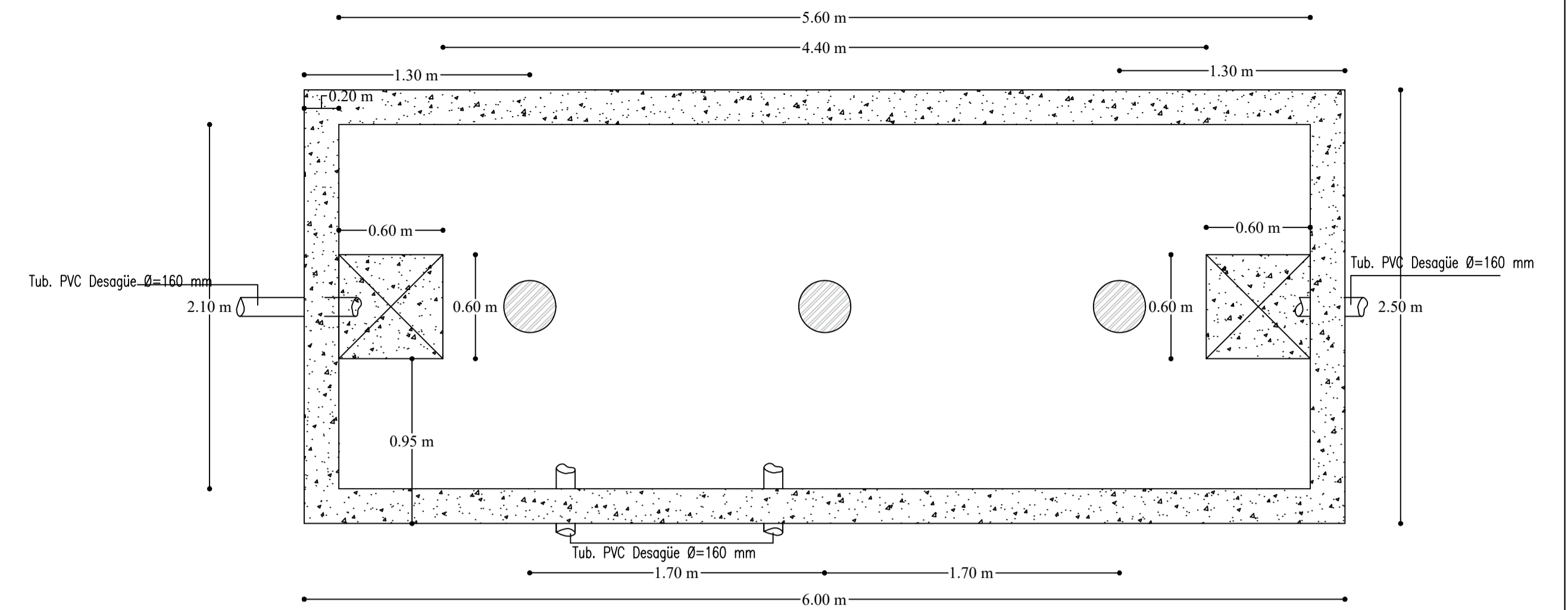
ESC. 1:25



CORTE A - A

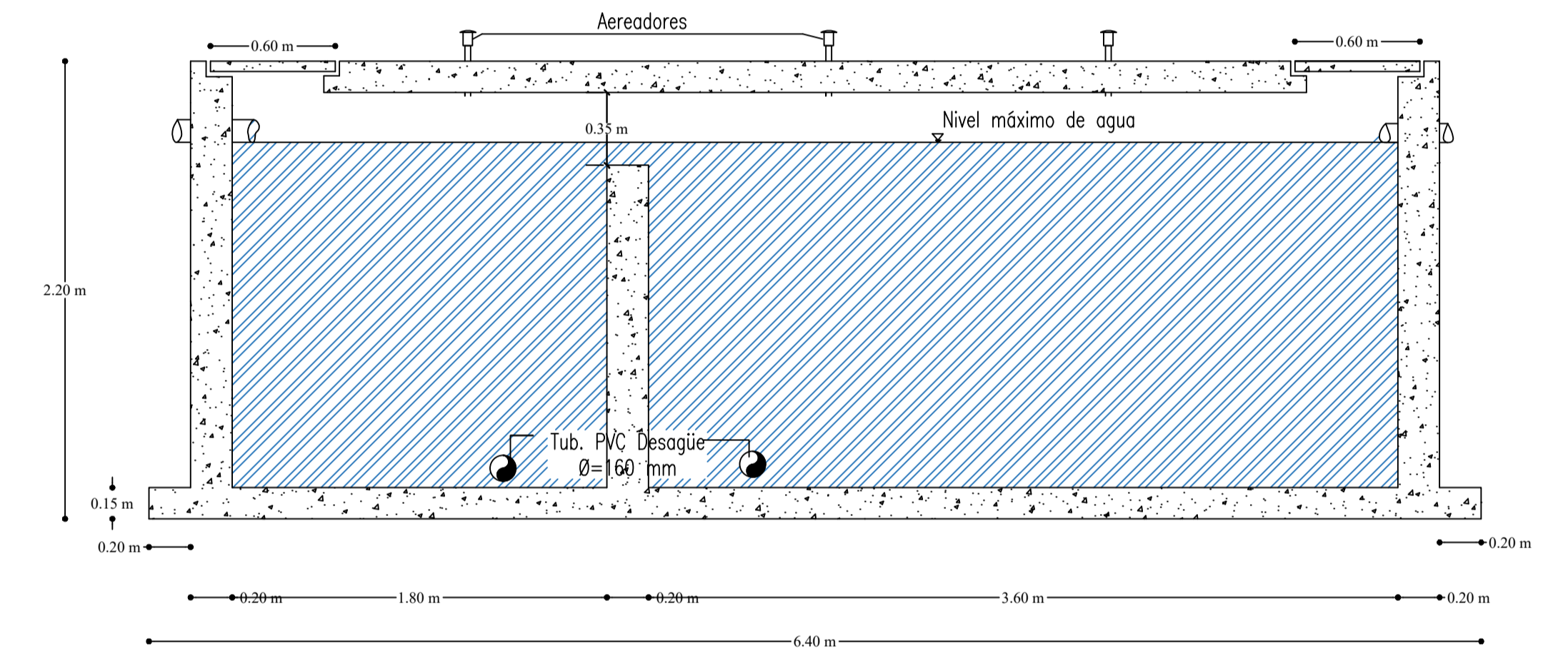
ESC. 1:25

TANQUE SÉPTICO



VISTA EN PLANTA

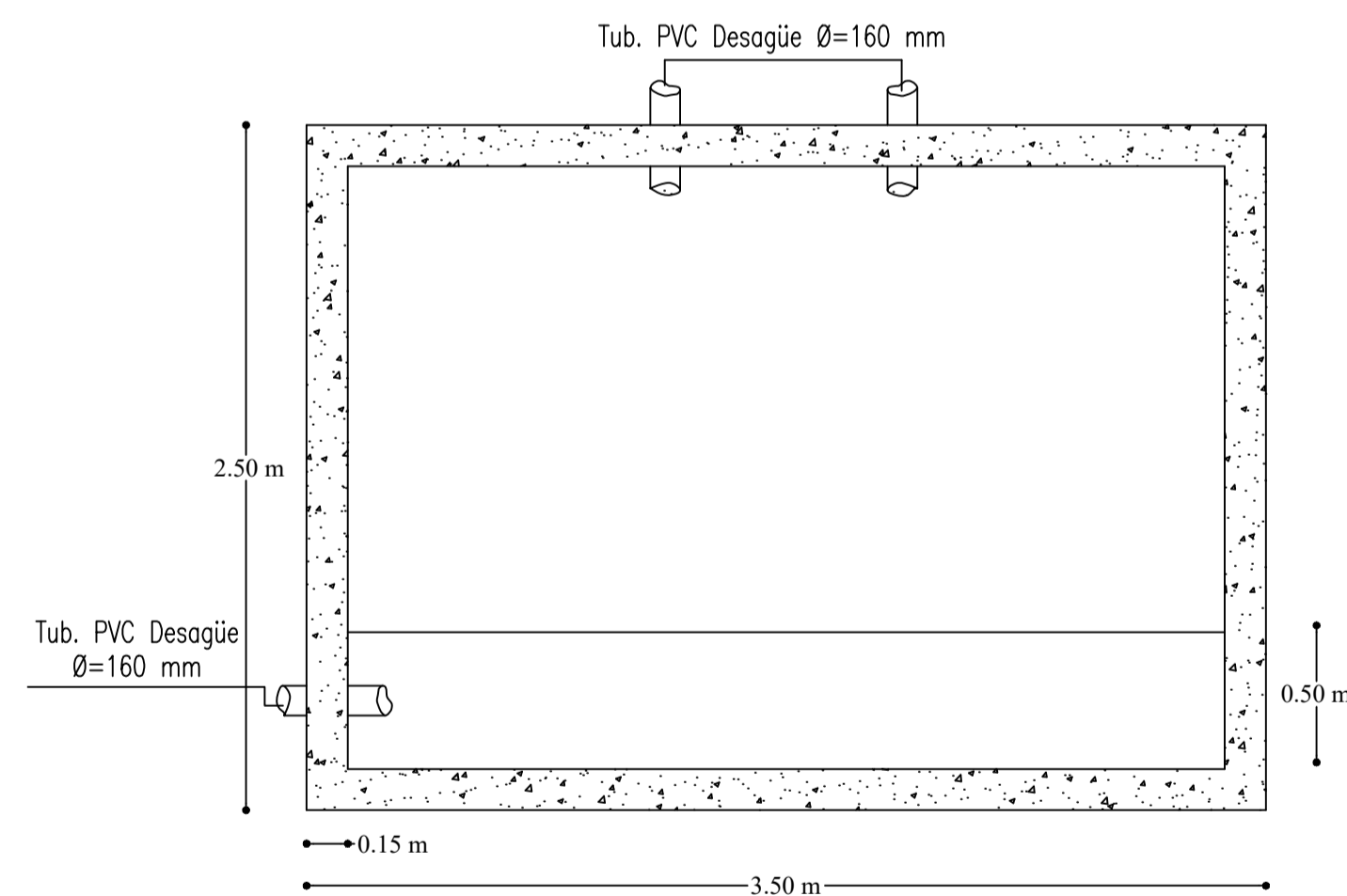
ESC. 1:25



CORTE B - B

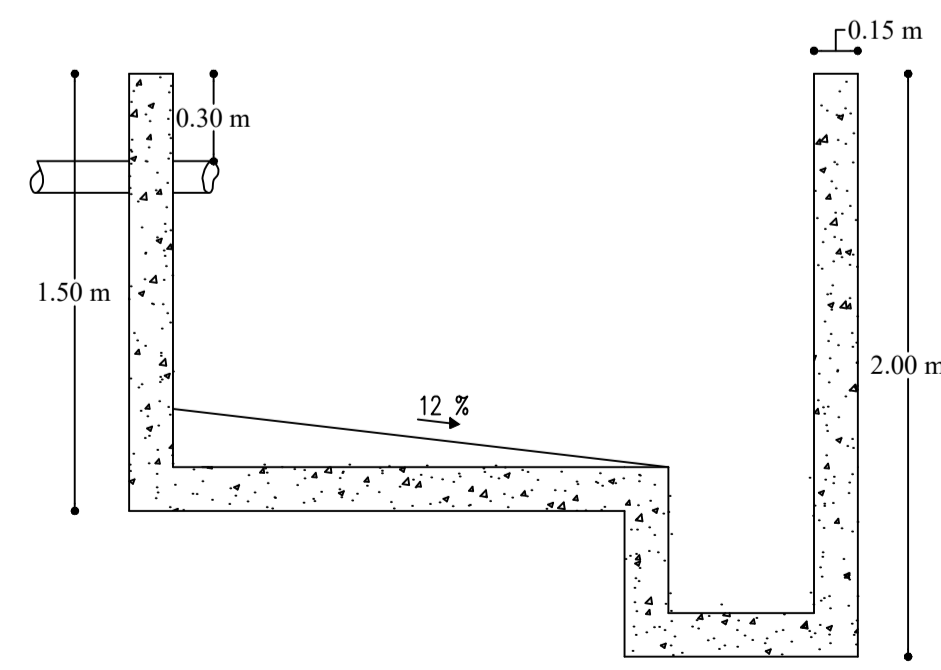
ESC. 1:25

LECHO DE SECADO DE LODOS



VISTA EN PLANTA

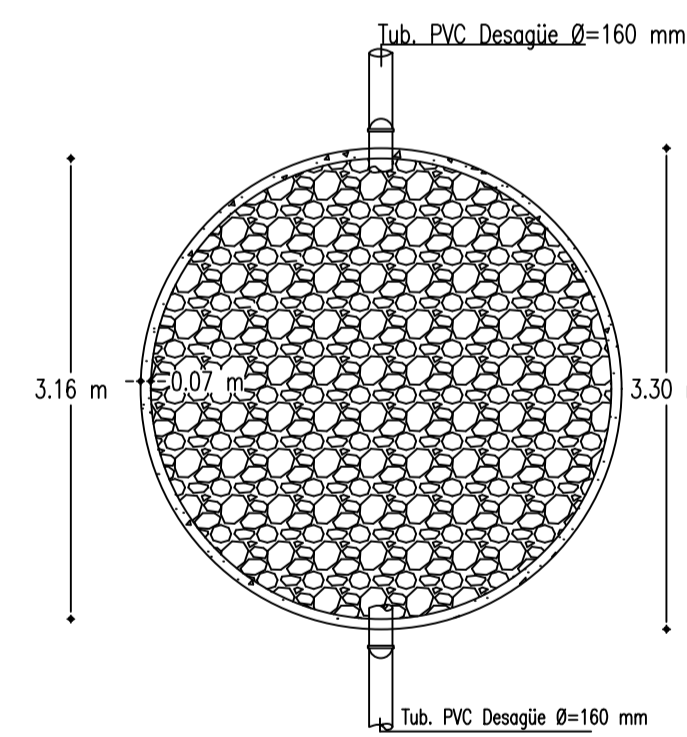
ESC. 1:25



CORTE C - C

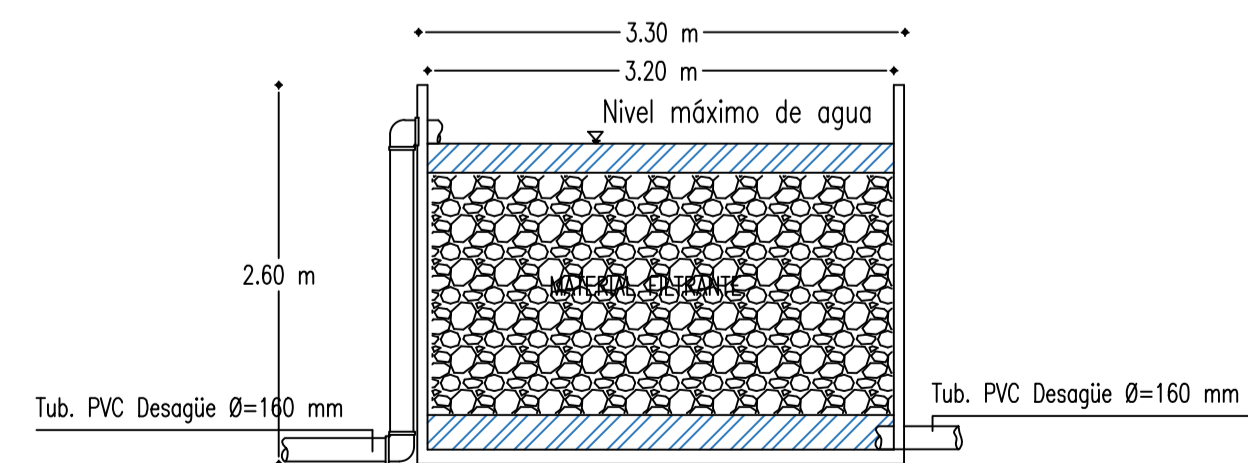
ESC. 1:25

FILTRO BIOLÓGICO ASCENDENTE



VISTA EN PLANTA

ESC. 1:50

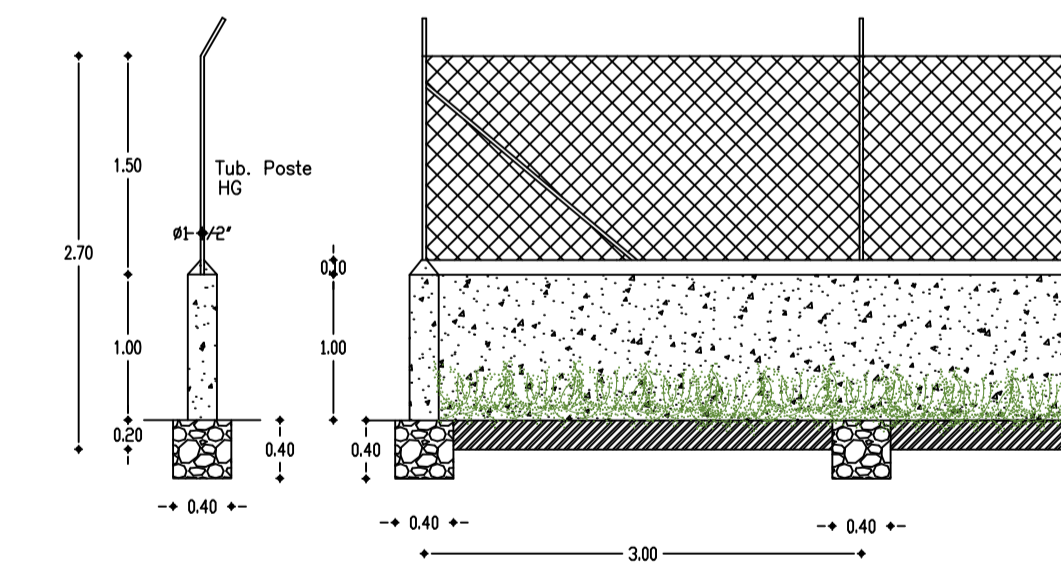


CORTE D - D

ESC. 1:50

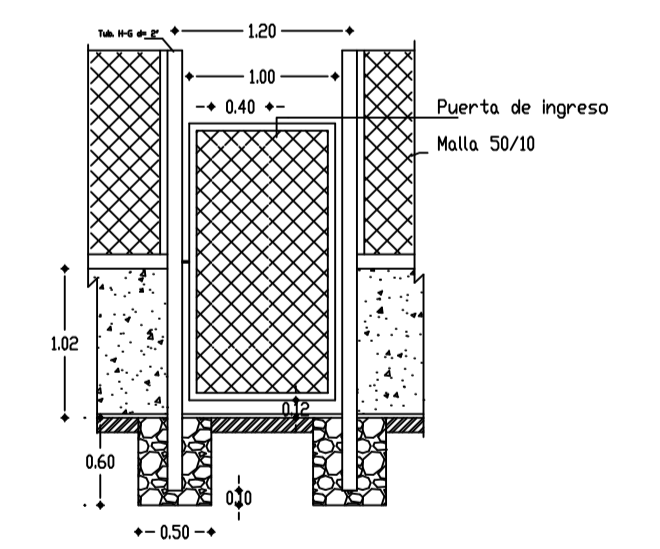
UBICACIÓN DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA EN EL TERRENO

SIN ESC.



DETALLE DE CERRAMIENTO TIPO

ESC. 1:50



PUERTA DE INGRESO

ESC. 1:50

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

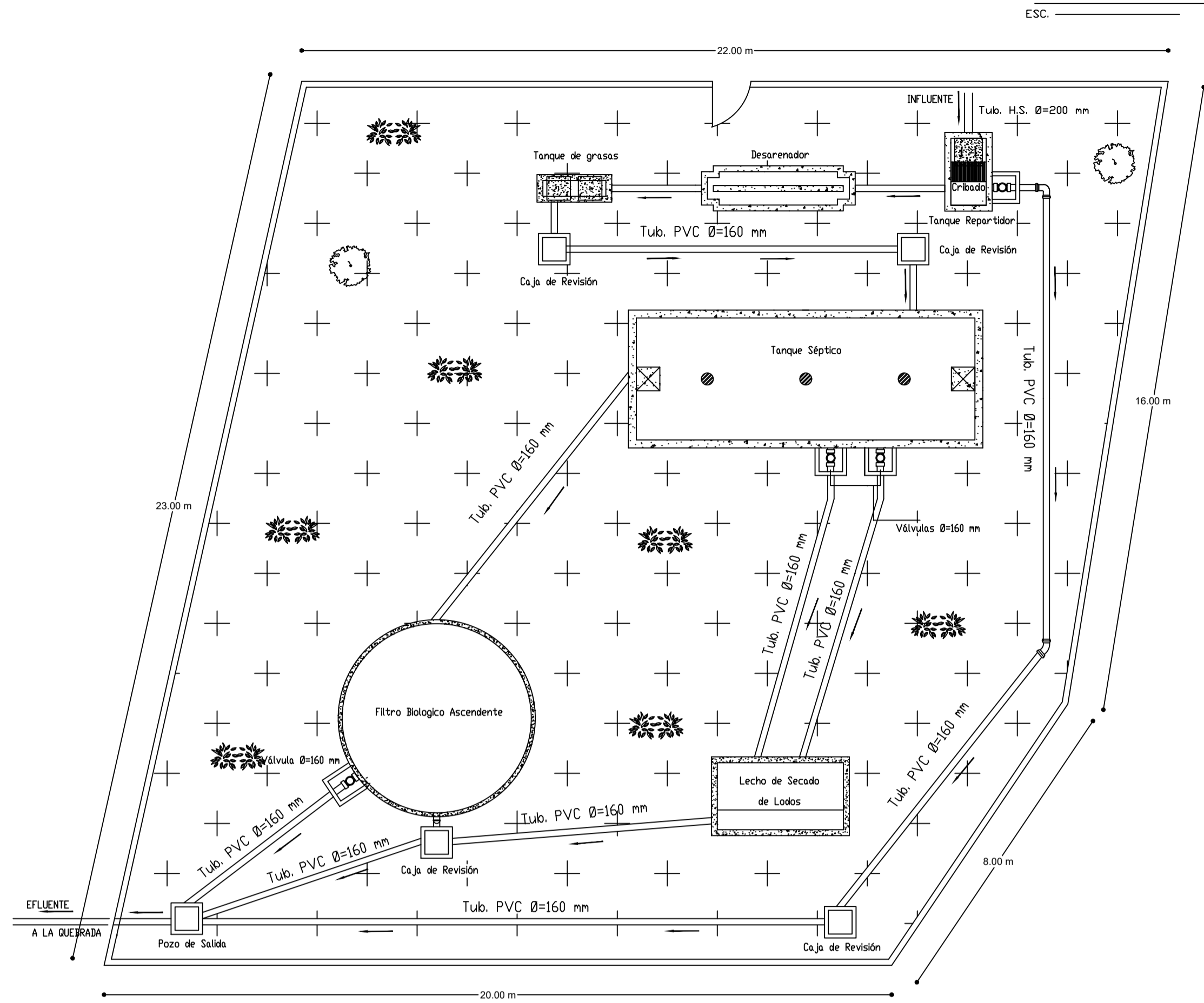
PROYECTO:
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE CANTÓN QUERO

NOMBRE: FAUSTO GEOVANNY MORALES SOLANO
DOCENTE TUTOR: ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS
PLANO: A2-A4

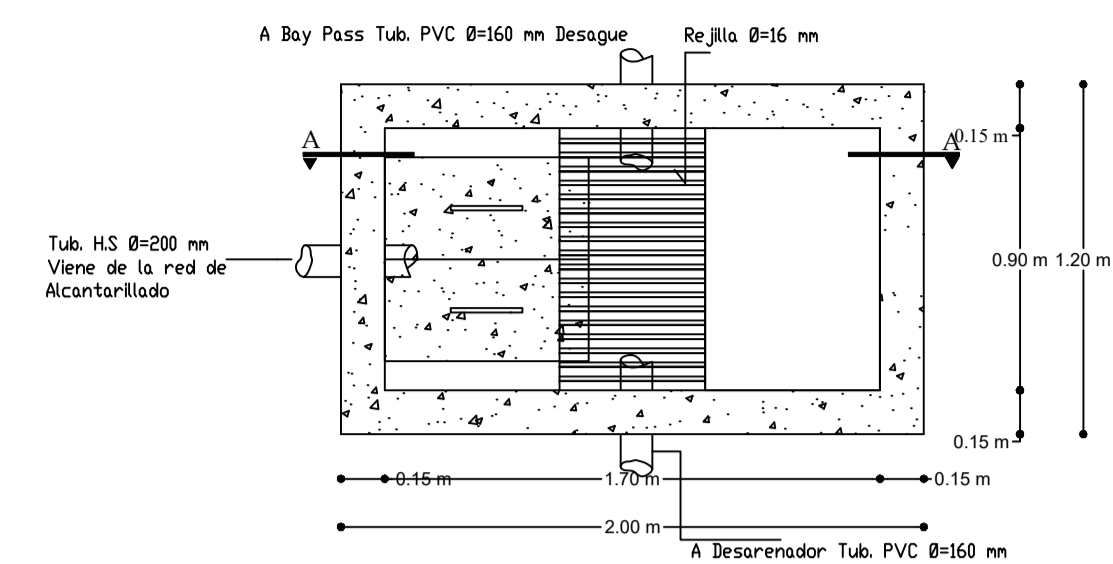
CONTIENE:
PLANO ACTUAL DE LA PTAR DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE
ESCALA: INDICADAS
FECHA: JULIO - 2021
Auto CAD: UBICACION DEL PROYECTO:
2018 QUERO - TUNGURAHUA



IMPLANTACIÓN DE LA PTAR DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE

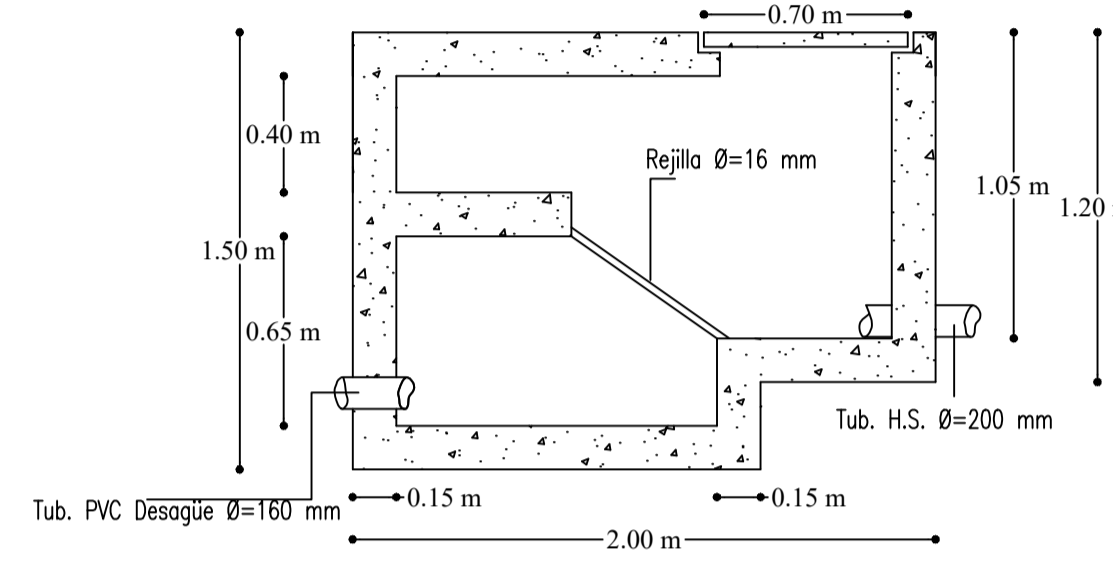


TANQUE REPARTIDOR



VISTA EN PLANTA

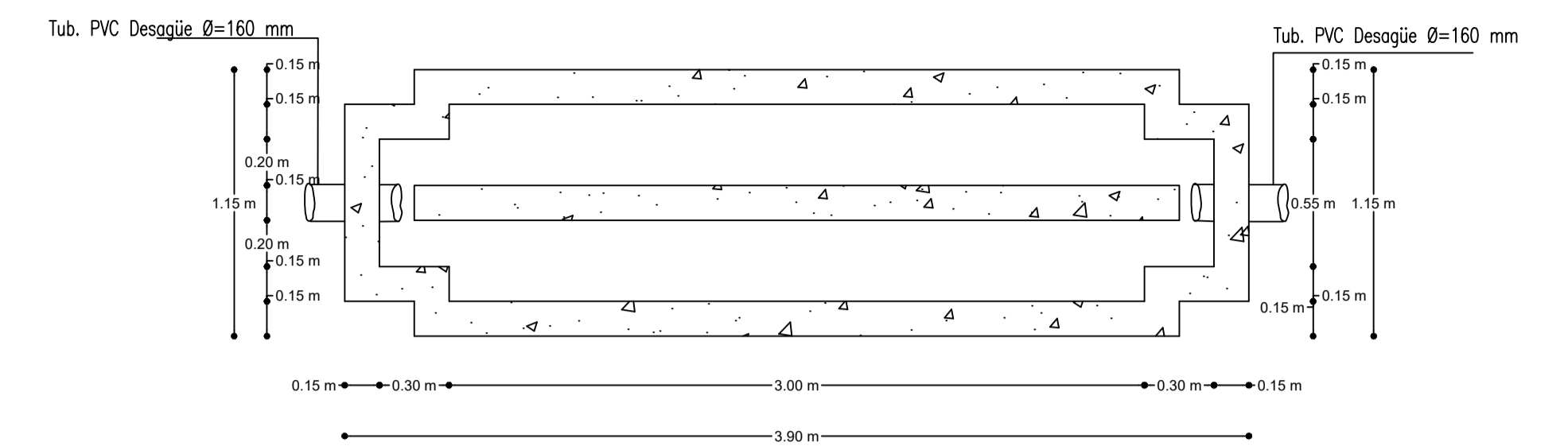
ESC. 1:25



CORTE A - A

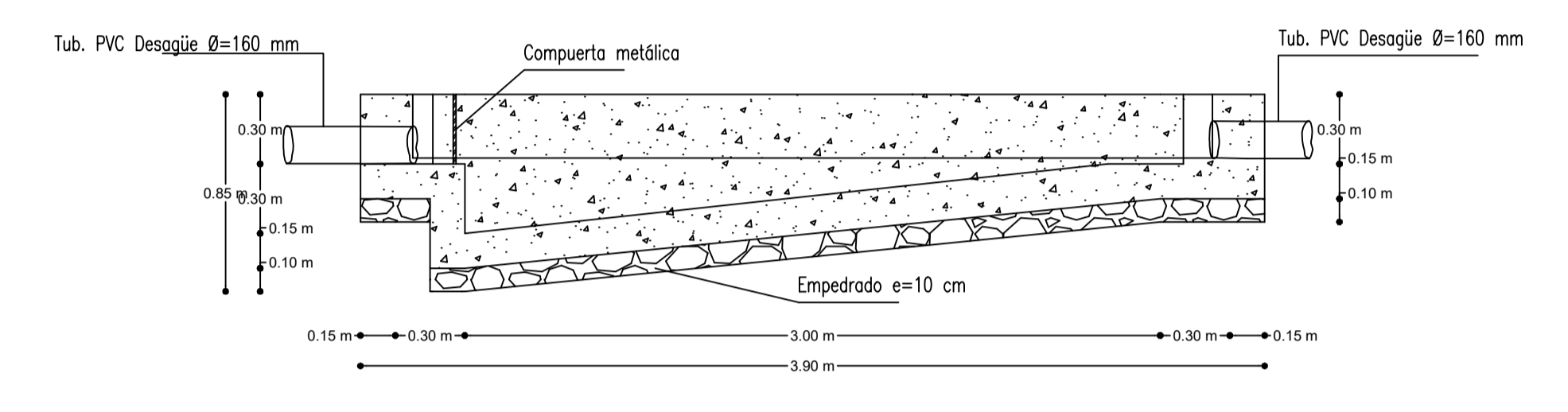
ESC. 1:25

DESARENADOR



VISTA EN PLANTA

ESC. 1:25

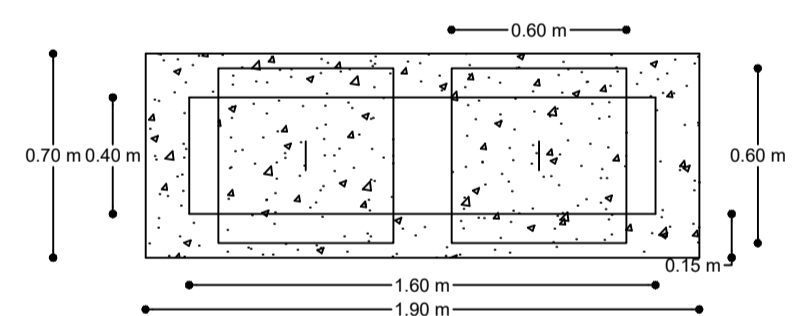


CORTE B - B

ESC. 1:25

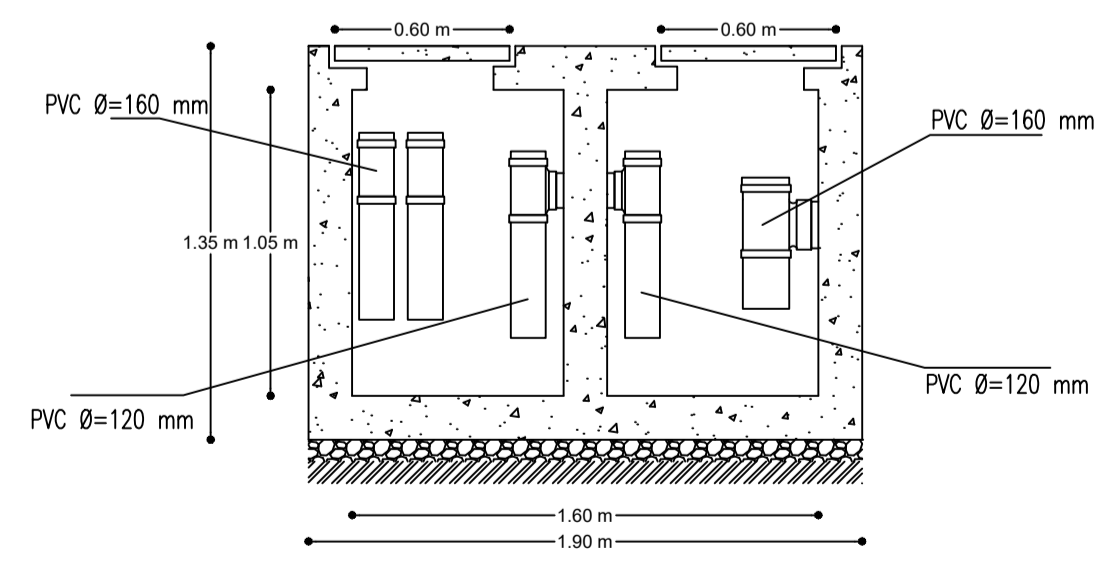
FILTRO BIOLÓGICO ASCENDENTE

TANQUE DE GRASAS



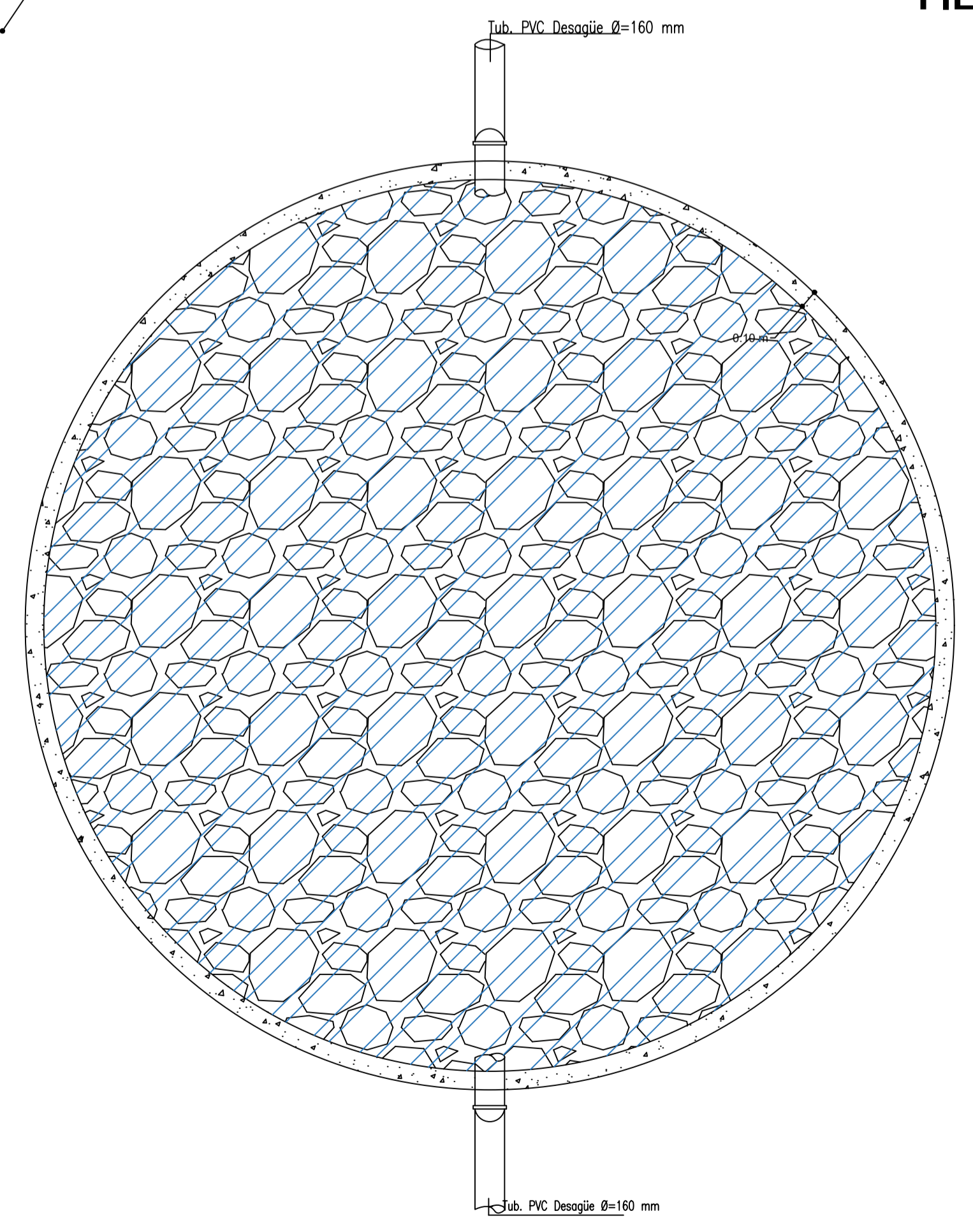
VISTA EN PLANTA

ESC. 1:25



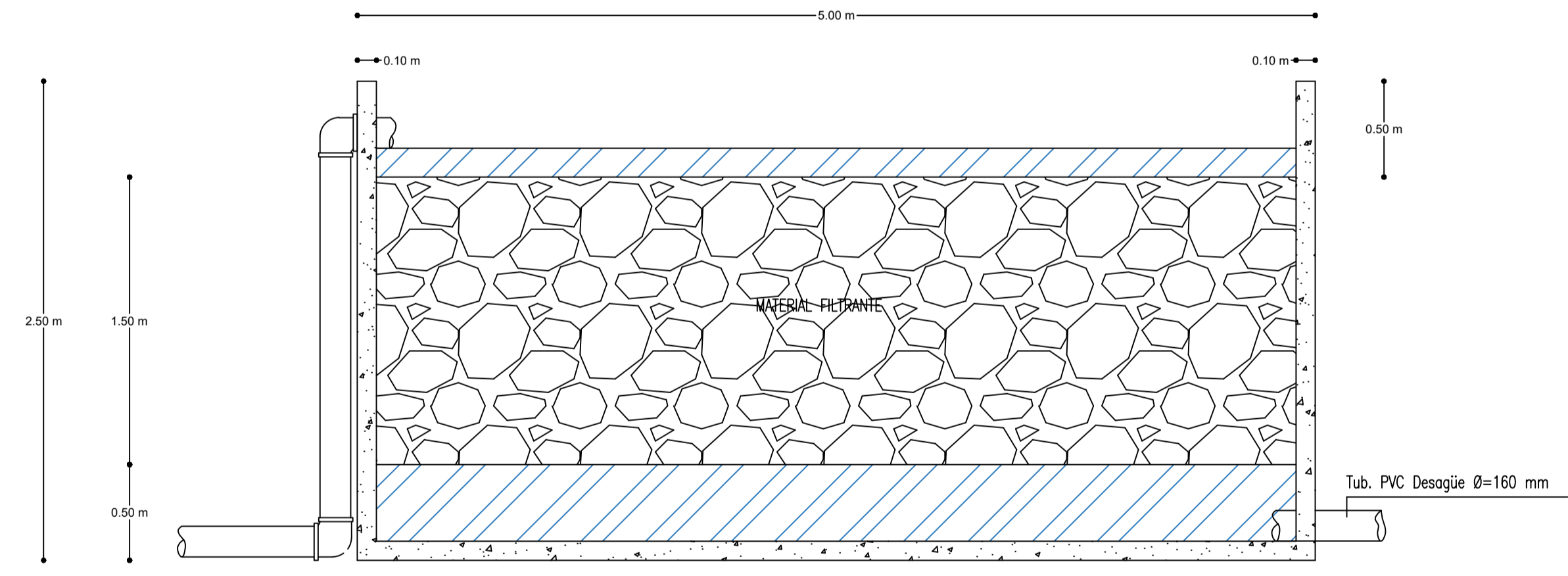
CORTE C - C

ESC. 1:25



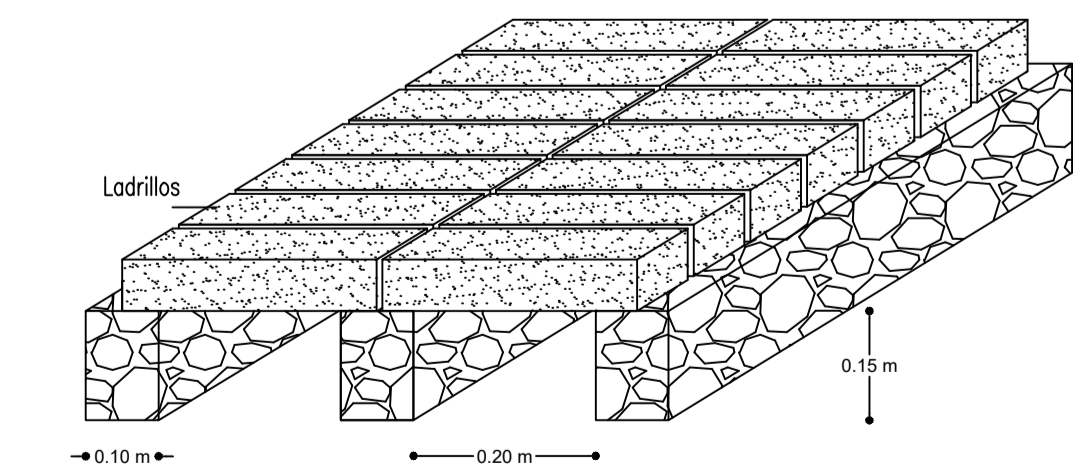
VISTA EN PLANTA

ESC. 1:50



CORTE D - D

ESC. 1:25



COLOCACIÓN DE LADRILLOS EN FALSO FONDO

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

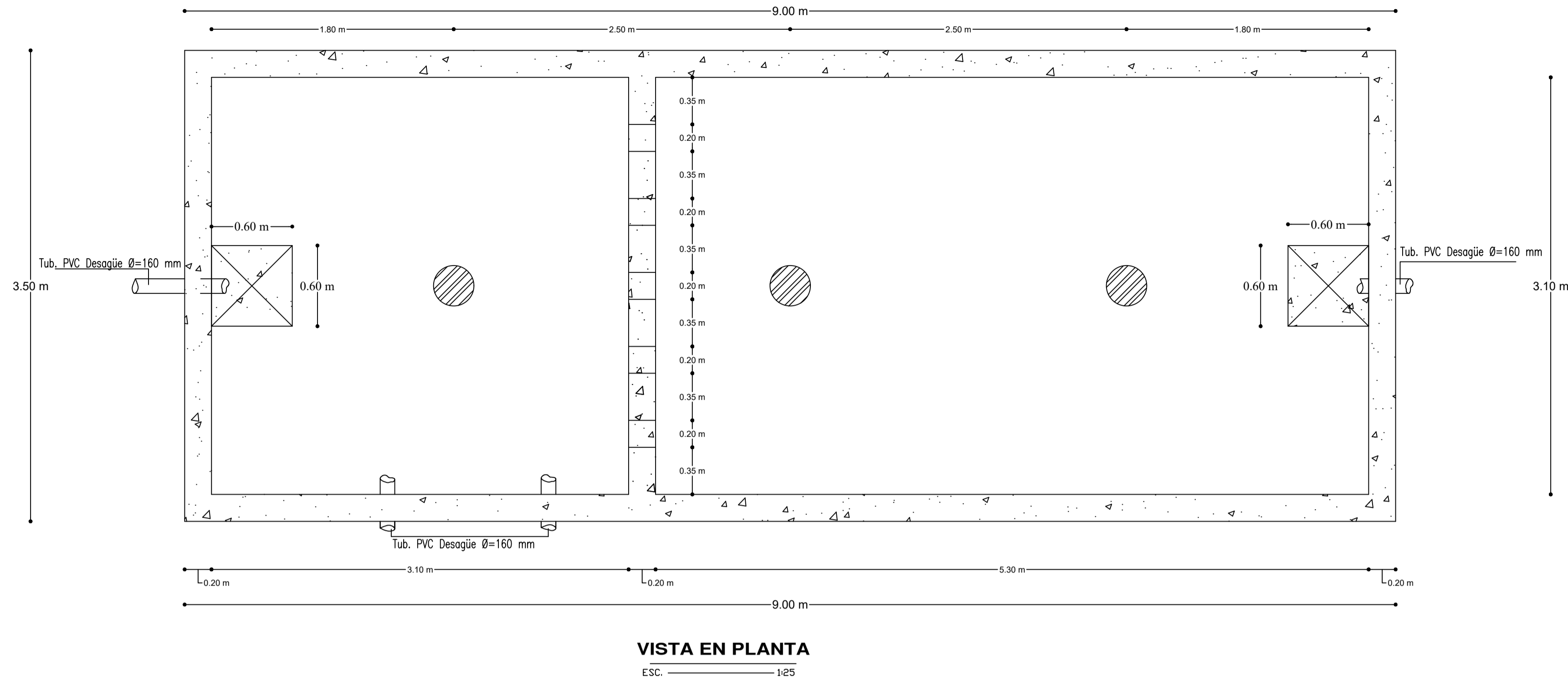
PROYECTO:
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE CANTÓN QUERO

NOMBRE: FAUSTO GEOVANNY MORALES SOLANO
DOCENTE TUTOR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS
LÁMINA: A3-A4

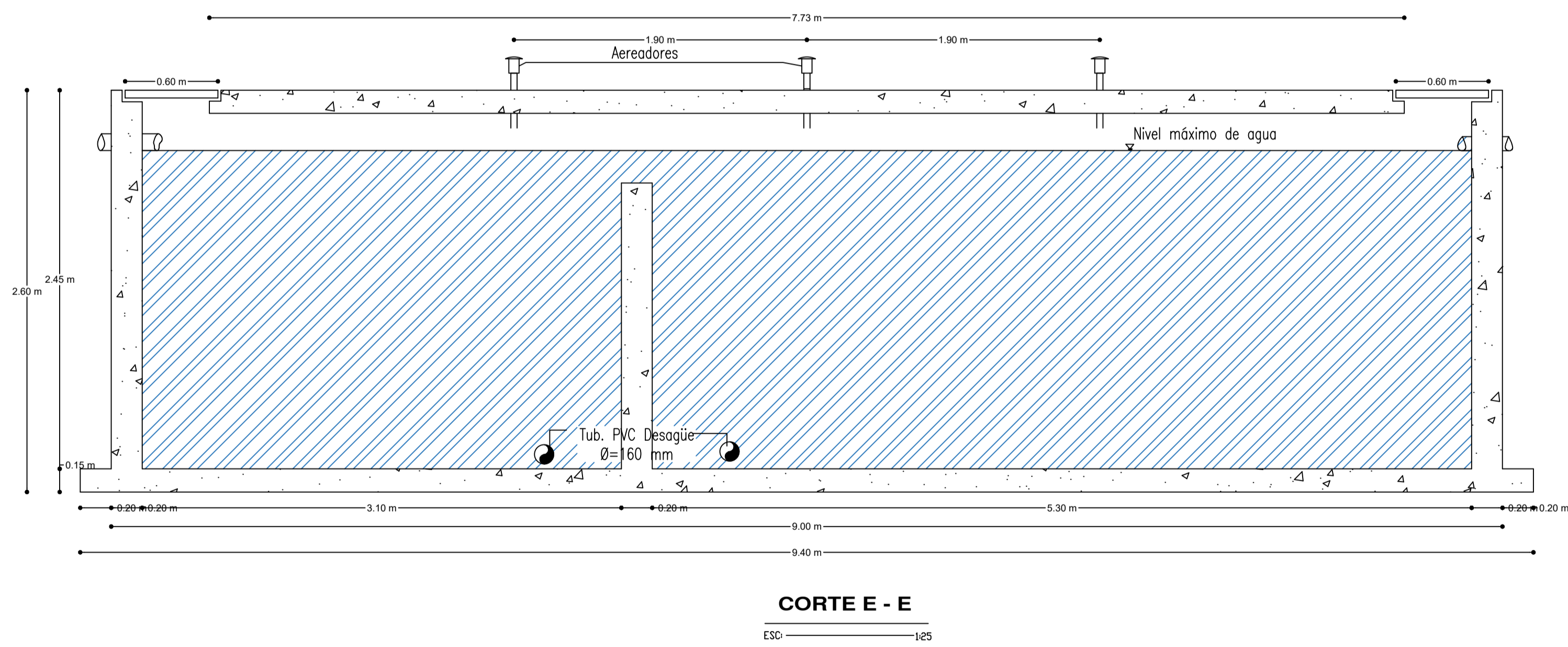
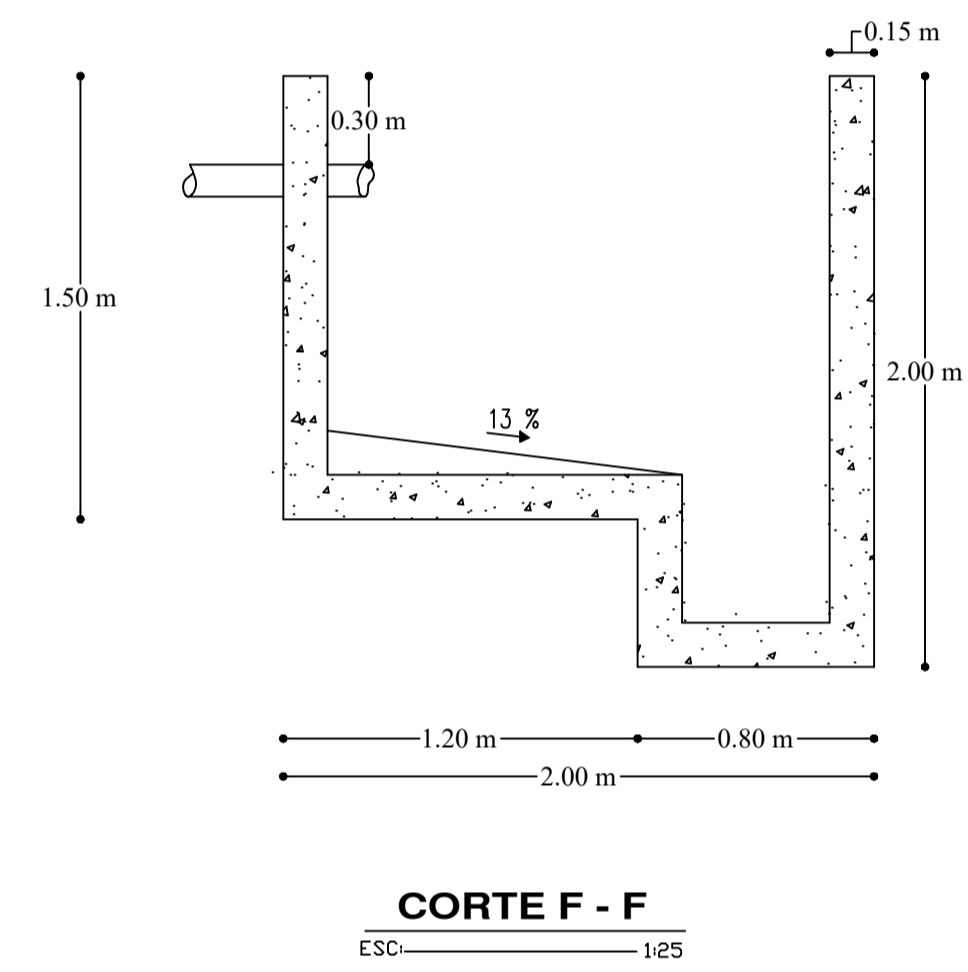
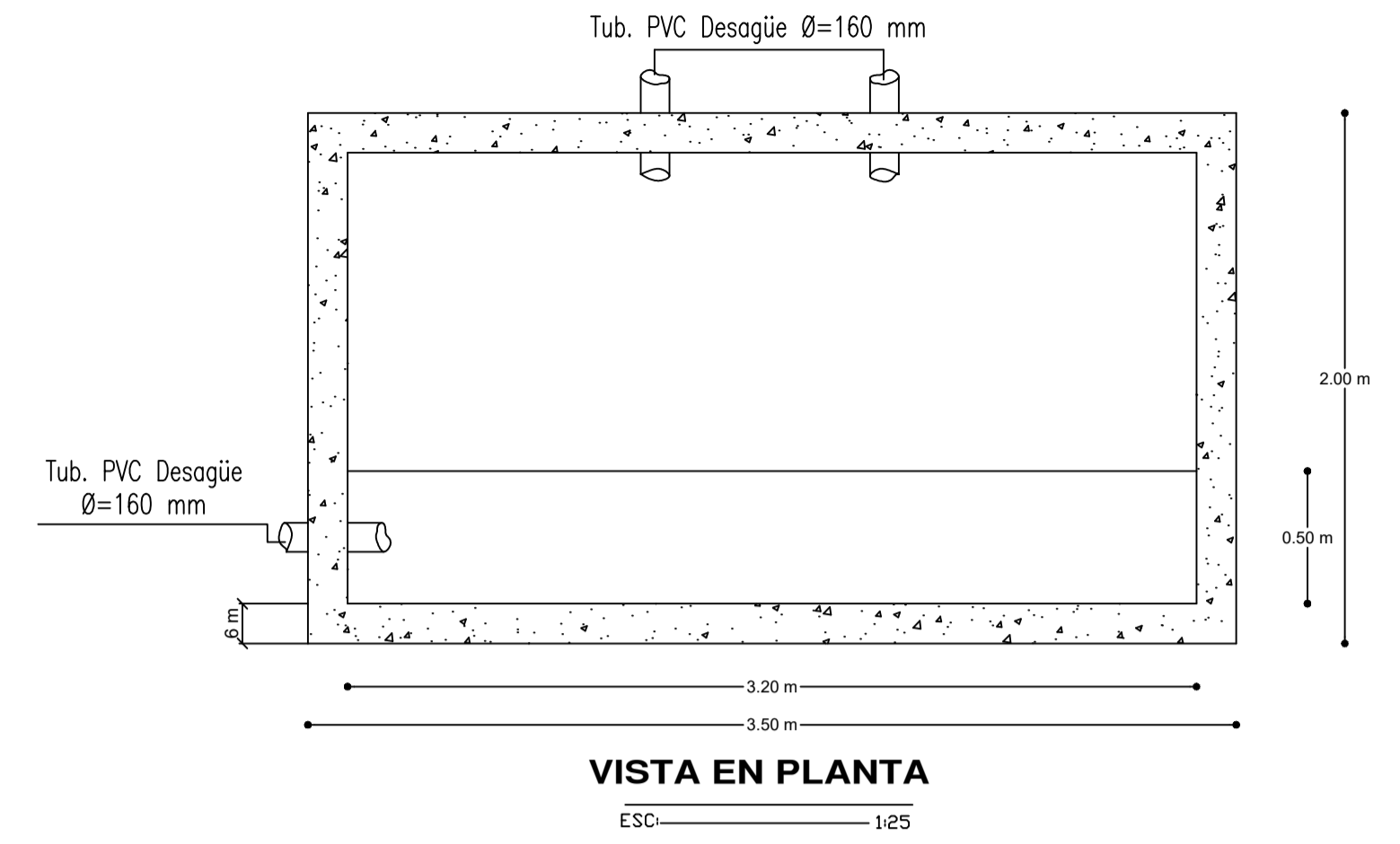
CONTIENE:
PROPUESTA DE LA PTAR DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE
ESCALA: INDICADAS
FECHA: JULIO - 2021
UBICACION DEL PROYECTO: QUERO - TUNGURAHUA
2018



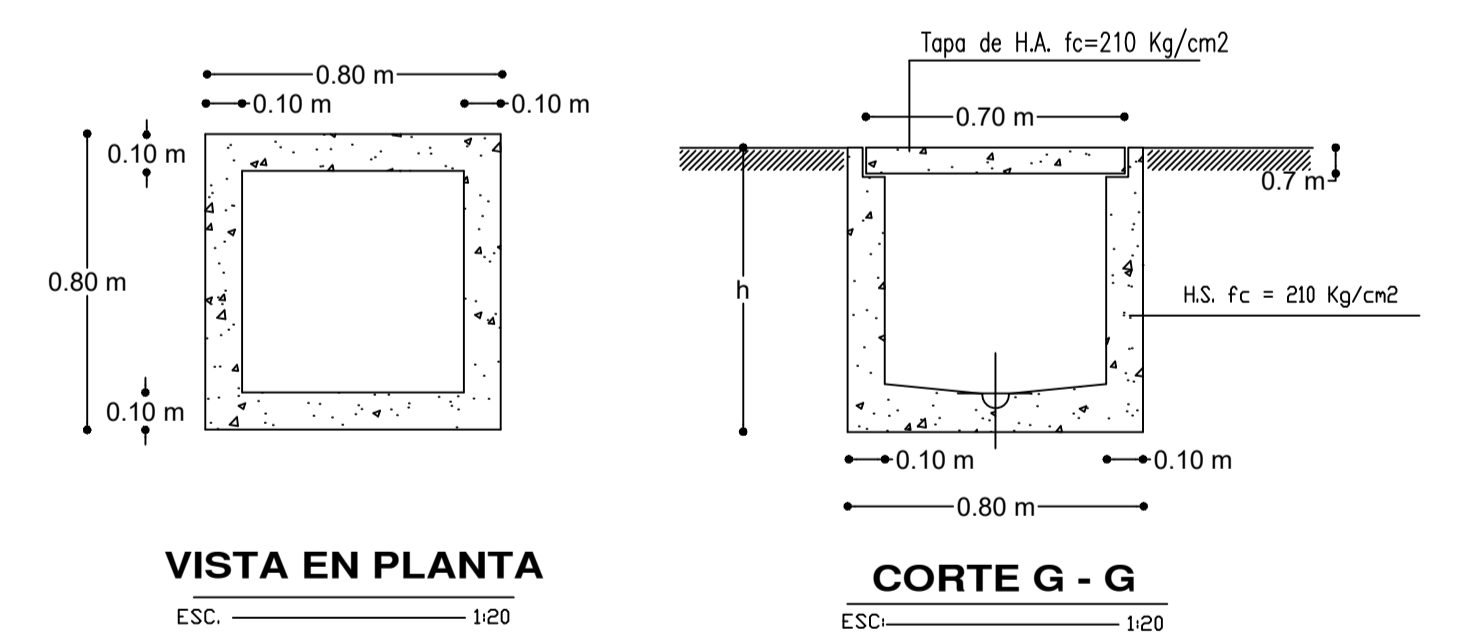
TANQUE SÉPTICO



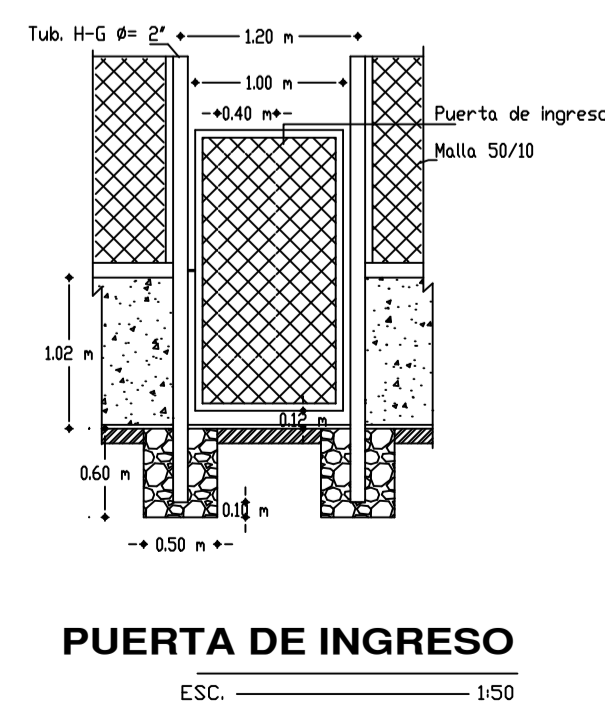
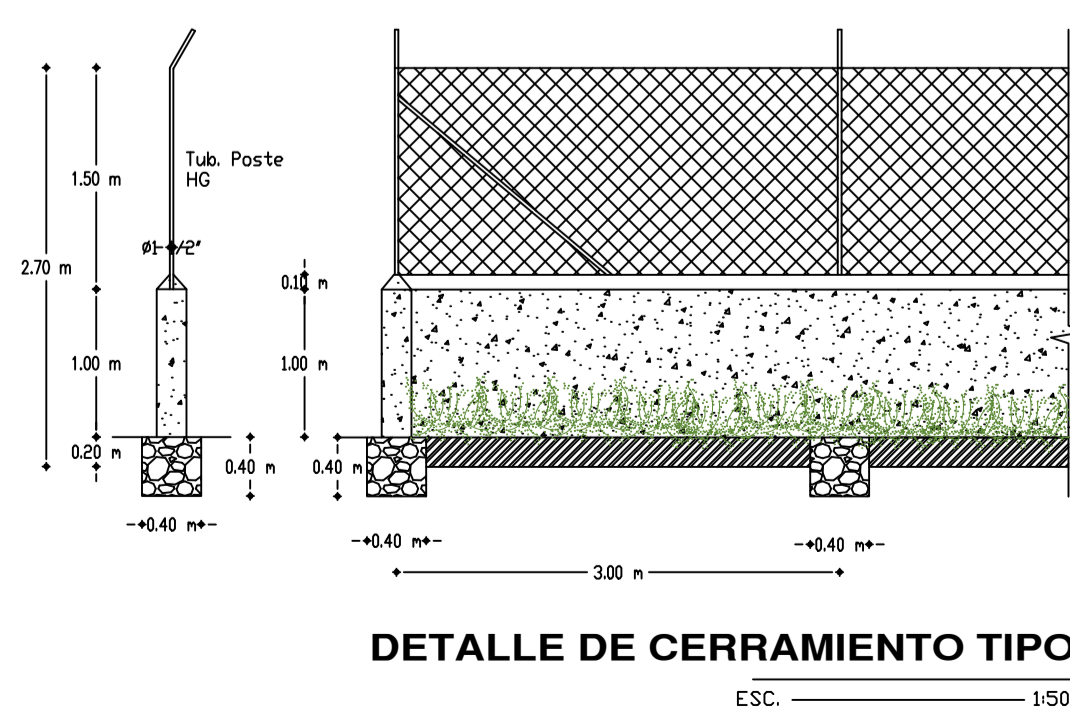
LECHO DE SECADO DE LODOS



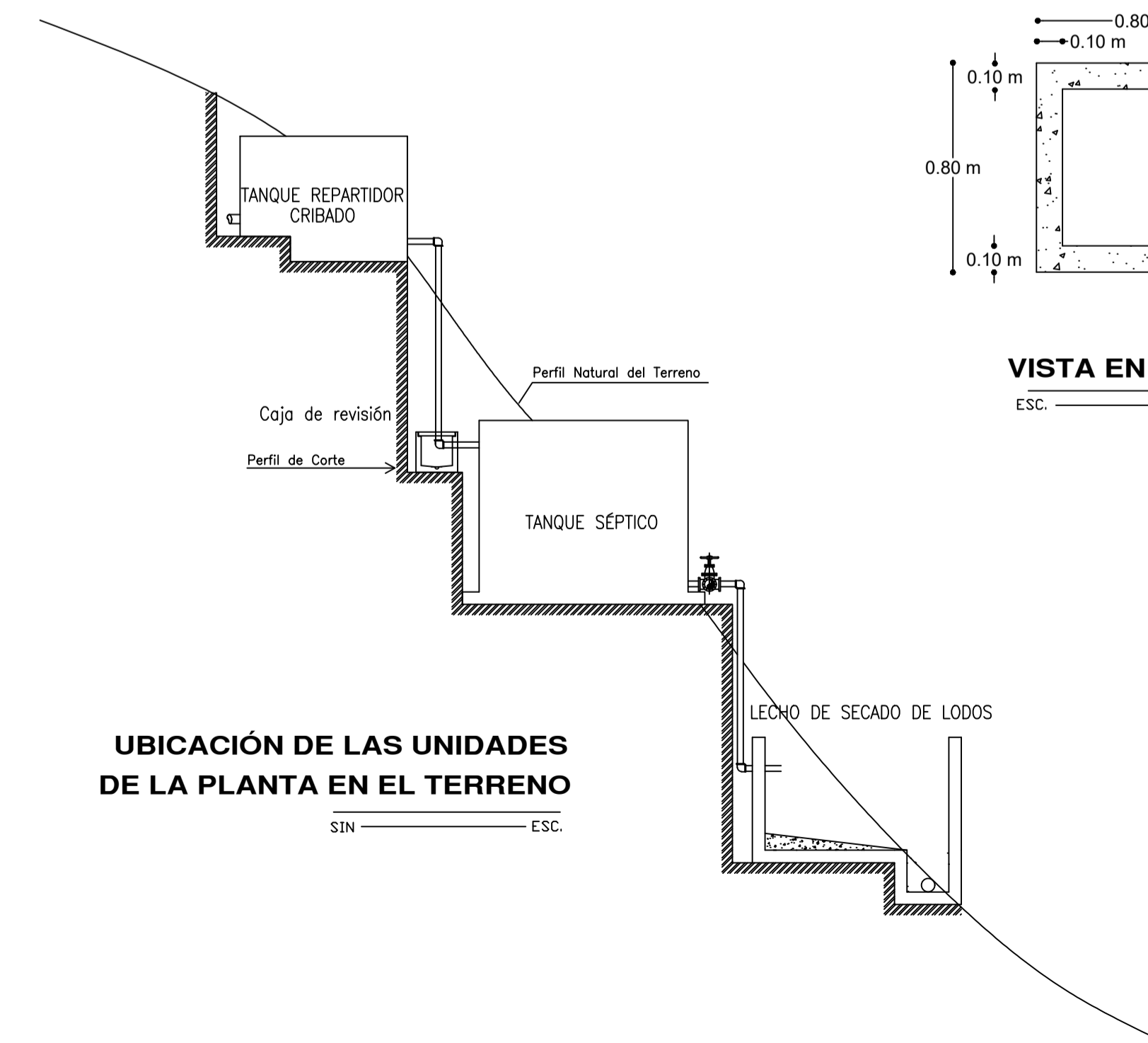
CAJA DE REVISIÓN



CERRAMIENTO TIPO



UBICACIÓN DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA EN EL TERRENO



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

PROYECTO:
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE CANTÓN QUERO

NOMBRE: FAUSTO GEOVANNY MORALES SOLANO
DOCENTE TUTOR: ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS
LÁMINA: A4-A4

CONTIENE:
PROPUESTA DE LA PTAR DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE GRANDE
ESCALA: INDICADAS
FECHA: JULIO - 2021
UBICACION DEL PROYECTO: QUERO - TUNGURAHUA
2018

