



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

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

**TEMA:**

---

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LLIMPE CHICO, CANTÓN QUERO,  
PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

---

**AUTOR:** Christian Daniel Quinapanta Villares

**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 CHICO, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. **Christian Daniel Quinapanta Villares**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804688297 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 INVESTIGACION**

Yo, **Christian Daniel Quinapanta Villares**, con C.I. 1804688297 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 CHICO, 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



---

**Christian Daniel Quinapanta Villares**

**C.I: 1804688297**

**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



---

**Christian Daniel Quinapanta Villares**

**C.I: 1804688297**

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Christian Daniel Quinapanta Villares de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LLIMPE CHICO, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

-----  
**Ing. Mg. Lenin Gabriel Silva Tipantasig**

**Miembro Calificador**

-----  
**Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes**

**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a Dios por la salud y sabiduría, a mi madre Myriam Raquel Villares Supe quien fue un pilar fundamental en cada paso a lo largo de mi vida, es un ser excepcional que siempre me manifestó comprensión y amor sincero a pesar de cada obstáculo que se ha suscitado, por ser un gran ejemplo de una vida, por ser mi apoyo incondicional y por enseñarme a ser perseverante, fuerte y un hombre correcto.

A mi padre Juan Elias Quinapanta Lalaleo, hermano Juan Elias Quinapanta Villares y a mi sobrina María Abigail Quinapanta Quinapanta quienes han estado conmigo en cada proceso que eh tenido que superar para ahora lograrlo, por su amor y por sus incontables ánimos de aliento.

A mis abuelitos en especial a mi abuelito Jorge Olmedo Quinapanta Pinto quien por razones de la vida no se encuentra presente, pero fue quien me guío e inspiró insaciablemente a perseguir mis sueños y con sus valores enmarco en mi un hombre con principios correctos frente a cualquier tipo de circunstancia.

A mi familia por ser un soporte de tranquilidad, por estar siempre unidos y buscar el bien y la felicidad de cada uno de las personas que la conforman.

**Christian Quinapanta**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme los conocimientos y experiencias compartidas para formarme como un profesional eficaz.

A los docentes por impartirme sus conocimientos durante toda mi trayectoria universitaria dentro de tan gran institución para formarme como un profesional con ética y valores intachables, en especial a mi tutor el Ingeniero Fabián Morales por impartir en mí su conocimiento, los cuales fueron de gran ayuda para la elaboración de este trabajo experimental.

A mis padres, hermano y sobrina quienes me han brindado su confianza, su apoyo incondicional y han contribuido en mi crecimiento tanto académico como profesional.

A mi familia por estar a mi lado en todo momento, por su cariño y su amor sincero.

Al Ingeniero Gabriel Velástegui quien me aportó con sus conocimientos y han contribuido en mi crecimiento tanto académico como profesional de forma desinteresada con el fin de expandir mi aprendizaje y desarrollar un trabajo eficaz.

A mis amigos y compañeros de carrera con los cuales he compartido momentos difíciles y alegres en cada periodo académico para formarme como un profesional.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

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

### B. CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO .....	1
<b>1.1 Antecedentes Investigativos .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Justificación .....	5
1.1.3 Fundamentación Teórica .....	8
1.1.3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales.....	8
1.1.3.2 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual.....	8
1.1.3.3 Tipos de aguas residuales: .....	10
1.1.3.3.1 Aguas residuales domésticas .....	10
1.1.3.3.2 Aguas residuales pecuarias.....	11
1.1.3.3.3 Aguas residuales de origen agrícola .....	11



1.1.3.3.4	Aguas residuales industriales .....	12
1.1.3.3.5	Aguas residuales de escorrentía urbana.....	12
1.1.3.4	Tratamiento de aguas residuales .....	13
1.1.3.4.1	Tratamiento preliminar .....	13
1.1.3.4.2	Tratamiento primario.....	13
1.1.3.4.3	Tratamiento secundario .....	13
1.1.3.4.4	Tratamiento terciario o avanzado .....	13
1.1.3.5	Agua residual tratada .....	14
1.1.3.6	Componentes para el tratamiento del agua residual .....	16
1.1.3.6.1	Tanque Repartidor.....	16
1.1.3.6.2	Tanque Séptico .....	16
1.1.3.6.3	Filtro Biológico Ascendente.....	17
1.1.3.6.4	Lecho de Secado de Lodos .....	17
1.1.3.7	Porcentaje de la remoción teórica de contaminantes del agua residual por procesos unitario .....	17
1.1.3.8	Parámetros para la evaluación de la calidad del agua residual .....	18
1.1.3.8.1	Sólidos Suspendidos Totales (SST) .....	18
1.1.3.8.2	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	18
1.1.3.8.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	19
1.1.3.8.4	Contenido de nutrientes (Nitrógeno N y Fósforo P) .....	19
1.1.3.8.5	Potencial Hidrógeno (pH).....	19
1.1.4	Hipótesis .....	20
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>21</b>
1.2.1	Objetivo General.....	21
1.2.2	Objetivos Específicos .....	21
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>.....</b>	<b>22</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>22</b>
PRIMER ETAPA:	Levantamiento y recolección de información.....	22

SEGUNDA ETAPA: Trabajo de campo .....	22
TERCER ETAPA: Trabajo de laboratorio .....	22
CUARTA ETAPA: Análisis y comprobación del funcionamiento .....	23
2.1.1 Plan de Recolección de Datos .....	23
2.1.1.1 PRIMER ETAPA: Levantamiento y recolección de información.....	23
2.1.1.2 SEGUNDA ETAPA: Trabajo de campo .....	24
2.1.1.2.1 Materiales y Equipo.....	24
2.1.1.2.2 Caudales .....	25
2.1.1.3 TERCER ETAPA: Trabajo de laboratorio .....	29
2.1.1.4 CUARTA ETAPA: Análisis y comprobación de funcionamiento. ....	30
2.1.1.4.1 Tanque Repartidor .....	32
2.1.1.4.2 Tanque Séptico .....	32
2.1.1.4.3 Filtro Biológico Ascendente.....	33
2.1.1.4.4 Lecho de Secado de Lodos .....	33
 <b>CAPÍTULO III.....</b>	 <b>34</b>
 <b>RESULTADO Y DISCUSIÓN.....</b>	 <b>34</b>
<b>3.1 Análisis y discusión de los resultados.....</b>	<b>34</b>
3.1.1 Toma de muestras del agua residual.....	34
3.1.2 Análisis de las muestras tomadas del agua residual .....	34
<b>3.2 Evaluación de la PTAR de la comunidad de Llimpe Chico.....</b>	<b>37</b>
3.2.1 Diagnostico Técnico .....	37
3.2.2 Proceso del tratamiento actual de la PTAR .....	37
3.2.3 Dimensiones actuales de la PTAR .....	38
3.2.3.1 Tanque Repartidor .....	38
3.2.3.2 Tanque Séptico .....	39
3.2.3.3 Filtro Biológico Ascendente .....	41
3.2.3.4 Lecho de Secado de Lodos .....	42
3.2.4 Diagnóstico de la PTAR según su funcionamiento teórico actual .....	45
3.2.4.1 Tratamiento Preliminar .....	45

3.2.4.1.1	Funcionamiento actual del tanque repartidor .....	45
3.2.4.2	Tratamiento Primario .....	45
3.2.4.2.1	Funcionamiento actual del tanque séptico.....	45
3.2.4.2.2	Funcionamiento actual del lecho de secado de lodos .....	47
3.2.4.3	Tratamiento Secundario .....	51
3.2.4.3.1	Funcionamiento actual del filtro biológico ascendente .....	51
<b>3.3</b>	<b>Verificación de Hipótesis.....</b>	<b>55</b>
<b>3.4</b>	<b>Propuesta de mejora de la PTAR de Llimpe Chico.....</b>	<b>56</b>
3.4.1	Diseño de las nuevas unidades de tratamiento de la PTAR de Llimpe Chico	58
3.4.1.1	Tratamiento Preliminar .....	62
3.4.1.1.1	Diseño del Canal de Llegada.....	62
3.4.1.1.2	Diseño del cribado.....	65
3.4.1.1.3	Diseño del desarenador .....	69
3.4.1.1.4	Diseño de la trampa de grasas .....	74
3.4.1.2	Tratamiento Primario .....	77
3.4.1.2.1	Diseño del tanque séptico.....	77
3.4.1.2.2	Diseño del lecho de secado de lodos .....	80
3.4.1.3	Tratamiento Secundario.....	83
3.4.1.3.1	Diseño del filtro biológico ascendente .....	83
3.4.2	Comparación entre el estado actual y la propuesta de la PTAR Llimpe Chico	87
	.....	87
<b>3.5</b>	<b>Plan de operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento</b>	
<b>propuestas .....</b>	<b>.....</b>	<b>88</b>
3.5.1	Operación y Mantenimiento del Cribado .....	88
3.5.2	Operación y Mantenimiento del Desarenador .....	88
3.5.3	Operación y Mantenimiento de la Trampa de Grasas .....	89
3.5.4	Operación y Mantenimiento del Tanque Séptico .....	90
3.5.5	Operación y Mantenimiento del Filtro Biológico Ascendente.....	91
3.5.6	Operación y Mantenimiento del Lecho de Secado de Lodos .....	91
3.5.7	Operación y Mantenimiento del Área Exterior de la PTAR .....	92

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>93</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>4.1 Conclusiones .....</b>	<b>93</b>
<b>4.2 Recomendaciones .....</b>	<b>94</b>
 <b>C. MATERIALES DE REFERENCIA</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS A Análisis del Agua Residuales .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS B Planos .....</b>	<b>104</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia. .....	9
<b>Tabla 2:</b> (Continuación) Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia. ....	10
<b>Tabla 3:</b> Límites de descarga a un cuerpo de Agua Dulce.....	15
<b>Tabla 4:</b> (Continuación) Límites de descarga a un cuerpo de Agua Dulce.....	16
<b>Tabla 5:</b> Porcentaje de remoción teórica de contaminantes por procesos unitarios.....	18
<b>Tabla 6:</b> Materiales.....	25
<b>Tabla 7:</b> Equipos de Seguridad. ....	25
<b>Tabla 8:</b> Caudales de Ingreso (lt/s) a la PTAR .....	26
<b>Tabla 9:</b> Caudales de Salida (lt/s) a la PTAR.....	27
<b>Tabla 10:</b> Remoción teórica de contaminantes para el tratamiento. ....	35
<b>Tabla 11:</b> Comparación de los resultados de la muestra ingreso y salida con el TULSMA 2015.....	35
<b>Tabla 12:</b> Remoción real (%) de los contaminantes de la muestra de ingreso y salida. ....	36
<b>Tabla 13:</b> Remoción teórica (%) de los contaminantes de la muestra de ingreso y salida. .....	36
<b>Tabla 14:</b> Dimensiones del Tanque Repartidor. ....	38
<b>Tabla 15:</b> Dimensiones del Tanque Séptico.....	40
<b>Tabla 16:</b> Dimensiones del Filtro Biológico Ascendente. ....	41
<b>Tabla 17:</b> Dimensiones del Lecho de Secado de Lodos. ....	43
<b>Tabla 18:</b> Resumen de cálculo del Tanque Séptico. ....	47
<b>Tabla 19:</b> Resumen de cálculo del Lecho de Secado de Lodos. ....	50
<b>Tabla 20:</b> Resumen de cálculo del Filtro Biológico Ascendente. ....	55
<b>Tabla 21:</b> Verificación del Funcionamiento de la PTAR de Llimpe Chico.....	56
<b>Tabla 22:</b> Remoción teórica de contaminantes para el tratamiento - propuesta de mejora. .....	57
<b>Tabla 23:</b> Índice de Crecimiento Poblacional.....	58

<b>Tabla 24:</b> Dimensiones propuestas del canal de entrada. ....	64
<b>Tabla 25:</b> Dimensiones propuestas del cribado. ....	68
<b>Tabla 26:</b> Dimensiones propuestas del Desarenador.....	74
<b>Tabla 27:</b> Dimensiones propuestas de la Trampa de Grasas.....	76
<b>Tabla 28:</b> Dimensiones propuestas del Tanque Séptico.....	80
<b>Tabla 29:</b> Dimensiones propuestas del Lecho de Secado de Lodos. ....	83
<b>Tabla 30:</b> Dimensiones propuestas del Filtro Biológico Ascendente. ....	86
<b>Tabla 31:</b> Comparación entre el estado actual y la propuesta de la PTAR Llimpe Chico .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Agua residual doméstica. ....	10
<b>Figura 2:</b> Agua residual pecuaria. ....	11
<b>Figura 3:</b> Agua residual de origen agrícola.....	11
<b>Figura 4:</b> Agua residual industrial. ....	12
<b>Figura 5:</b> Agua de escorrentía urbana. ....	12
<b>Figura 6:</b> Planta de tratamiento de aguas residuales de Ambato - Tungurahua - Ecuador. .....	14
<b>Figura 7:</b> Comunidad Llimpe Chico. ....	23
<b>Figura 8:</b> PTAR Llimpe Chico - Quero. ....	24
<b>Figura 9:</b> Conducta de los caudales de ingreso a la PTAR. ....	26
<b>Figura 10:</b> Conducta de los caudales de salida de la PTAR. ....	27
<b>Figura 11:</b> Toma de caudales de ingreso a la PTAR. ....	28
<b>Figura 12:</b> Toma de caudales de salida de la PTAR. ....	28
<b>Figura 13:</b> Toma de la muestra del agua residual de entrada a la PTAR.....	29
<b>Figura 14:</b> Toma de la muestra del agua residual de salida de la PTAR.....	29
<b>Figura 15:</b> Identificación y conservación de las aguas residuales tomadas de la PTAR. .....	30
<b>Figura 16:</b> Estado actual de la PTAR de la comunidad Llimpe Chico. ....	31
<b>Figura 17:</b> Proceso del tratamiento actual de la PTAR.....	31
<b>Figura 18:</b> Tanque Repartidor de la PTAR.....	32
<b>Figura 19:</b> Fosa Séptica de la PTAR.....	32
<b>Figura 20:</b> Filtro Biológico Ascendente de la PTAR.....	33
<b>Figura 21:</b> Lecho de Secado de Lodos de la PTAR.....	33
<b>Figura 22:</b> Remoción real (%) de los contaminantes de la muestra de ingreso y salida.	36
<b>Figura 23:</b> Remoción teórica (%) de los contaminantes de la muestra de ingreso y salida. .....	37
<b>Figura 24:</b> Esquema de la PTAR actual.....	38
<b>Figura 25:</b> Vista superior del Tanque Repartidor. ....	39

<b>Figura 26:</b> Vista en elevación del Tanque Repartidor. ....	39
<b>Figura 27:</b> Vista superior del Tanque Séptico. ....	40
<b>Figura 28:</b> Vista en elevación del Tanque Séptico. ....	41
<b>Figura 29:</b> Vista superior del Filtro Biológico Ascendente. ....	42
<b>Figura 30:</b> Vista en elevación del Filtro Biológico Ascendente. ....	42
<b>Figura 31:</b> Vista superior del Lecho de Secado de Lodos. ....	43
<b>Figura 32:</b> Vista en elevación del Lecho de Secado de Lodos. ....	44
<b>Figura 33:</b> Esquema de la propuesta de mejora de la PTAR. ....	57
<b>Figura 34:</b> Curvas de Comportamiento.....	72



## RESUMEN

El objetivo principal en esta investigación es evaluar el funcionamiento de la PTAR en base al análisis del agua residual y al funcionamiento de cada uno de los componentes que forman parte del tren de tratamiento.

Para realizar la evaluación de la PTAR se inició con un levantamiento y recolección de información del estado actual, en base al trabajo de campo se determinó los caudales tanto de ingreso como de salida con lo cual se pudo conocer las horas pico en donde la PTAR recibe mayor y menor cantidad de contaminantes, también se tomó muestras del agua residual para su evaluación y determinar la carga de residuos que ingresa y sale de la PTAR para realizar una comparación respecto a la norma TULSMA 2015 en base a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Se evaluó cada componente (Tanque repartido, Tanque séptico, Lecho de secado de lodos y Filtro biológico ascendente) que interviene en el tratamiento del agua residual en base a las normas vigentes en la actualidad, donde se pudo conocer que dichos componentes remueven aproximadamente un 30 por ciento de los contaminantes, por lo cual se incorporó un nuevo tren de tratamiento (Cribado, Desarenador, Trampa de grasas, Tanque séptico, Lecho de secado de lodos y Filtro biológico ascendente) y un plan de operación y mantenimiento para que los contaminantes del agua residual logren ser removidos en un 90 por ciento.

**Palabras claves:** Planta de tratamiento, Agua residual, PTAR, Carga contaminante, Procesos unitarios, Plan de operación y Plan de mantenimiento.

## ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the operation of the WWTP based on the analysis of the residual water and the operation of each of the components that are part of the treatment train.

To carry out the evaluation of the WWTP, it began with a survey and collection of information on the current state, based on field work, the incoming and outgoing flows were determined, with which it was possible to know the peak hours where the WWTP receives greater and lesser amount of pollutants, residual water samples were also taken for evaluation and to determine the load of waste that enters and leaves the WWTP to make a comparison with the TULSMA 2015 standard based on the discharge limits to a body of fresh water.

Each component (distributed tank, septic tank, sludge drying bed and ascending biological filter) that intervenes in the treatment of residual water was evaluated based on the standards in force today, where it was known that these components remove approximately 30 percent of the pollutants, for which a new treatment train was incorporated (Screening, Desander, Grease Trap, Septic Tank, Sludge Drying Bed and Upward Biological Filter) and an operation and maintenance plan so that pollutants from the residual water can be removed by 90 percent.

**Keywords:** Treatment plant, Residual water, WWTP, Pollutant load, Unit processes, Operation plan and Maintenance plan.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes Investigativos

#### 1.1.1 Antecedentes

La evacuación de efluentes y sus efectos sobre el medio ambiente hoy en día son de mucha importancia debido al crecimiento industrial, rural y urbana, es por ello que se busca tener un desarrollo sustentable, para que el agua sea tratada apropiadamente, es importante considerar al agua residual como un recurso mas no como un residuo a eliminar ya que puede ser utilizados por su alto valor de nutrientes. [1]

En el trabajo de grado elaborado por Víctor Hugo Izurieta Pazmiño, se dio a conocer que el agua tratada incumplía con todos los parámetros para su diseño en los últimos años, lo que generó grandes problemas medio ambientales al instante de descargar el agua tratada en cuerpos de agua dulce, por ello se busca hacer uso de la intervención civil en sus estructuras hidráulicas, además de diseñar un nuevo proceso de tratamiento para mejorar la descontaminación del agua residual y con ello cumplir las medidas estipuladas en los manuales para su diseño. [2]

Para tener un mejoramiento en el diseño y el mantenimiento de una PTAR es necesario evaluar el funcionamiento como lo es en el trabajo de titulación realizado por Rocío Janneth Vilaña Chungandro, es necesario adaptar la planta de tratamiento a las nuevas condiciones con la que se tratara el agua, buscando cumplir la norma TULSMA 2015 de calidad de vertido y conservar la calidad adecuada del cuerpo receptor. [3]

En el estudio elaborado por Mauricio Gerardo Medina Manchego, se identificó que en la actualidad el efluente de la PTAR “Río Seco” no cumple con los parámetros requerimientos para ser desalojado y regado directamente en los cultivos como estaba estipulado en su diseño, ya que esta PTAR representa un riesgo para el estado de salud de todos los consumidores por su deficiente condición, por lo cual una evaluación pertinente

de la PTAR es primordial para mejorar el proceso de descontaminación y corregir la calidad del residual para que pueda ser empleada en diferentes aspectos. [4]

Las evaluaciones permiten determinar diferentes tipos de problemas que se presentan en proceso para tratar el agua residual como en el trabajo de investigación realizado por Susana Jiménez González, se estableció que la laguna facultativa actual es muy amplia para cumplir con los parámetros establecidos del caudal y de la carga orgánica que recibe, lo que podría explicar la sobreproducción de microalgas y la baja calidad del efluente, por tal motivo se debe adaptar a los nuevos escenarios de la infraestructura para tratar de una manera eficaz a las aguas residuales. [5]

La monografía elaborada por Maribel Estefania Landi Paucar, establece que en el tratamiento secundario hay un alto porcentaje de remoción de la materia orgánica de los lodos activados sin embargo no cumplen con los límites de descarga establecido en las normas de control que se asocia con las variaciones del funcionamiento debido una falta de mantenimiento, por consiguiente se busca realizar un estudio para conocer a profundidad las características de los lodos obtenidos y establecer un tratamiento que permita una adecuada aprovechamiento de los mismos. [6]

La eficiencia con la que está trabajando la PTAR en la “Evaluación de la planta de tratamiento de N° 3 “Huaycopungo Sur” de la parroquia San Rafael de la Laguna, Cantón Otavalo, provincia de Imbabura - Ecuador”, está siendo afectada por un registro inadecuado del funcionamiento y mantenimiento además de procedimientos inadecuados de manejo de datos, ausencia de informes periódicos y por falta de equipamientos de laboratorio para su análisis, por esas razones se debe implementar un manual de mantenimiento en donde se deberá desarrollar inspecciones habituales para conocer el estado en el que se encuentra la PTAR y poder gestionar problemas que dificulten su propósito de diseño. [7]

En la tesis de grado realizada por Julio Eduardo Lluma Quishpe y Ivan Geovanny Mendoza Cozar, se concluyó que el tanque homogenización 2 presenta condiciones inadecuadas ya que se encuentra cubierto por un tipo invernadero que causa en su interior

temperaturas elevadas, lo que provoca que el agua residual sufra una aceleración en su putrefacción generando olores y gases que perjudican al medio ambiente además de afectar la operación y mantenimiento de dicho mecanismo, con una adecuada evaluación de su funcionamiento se vio la necesidad de implantar extractores de aire con carbón activado para permitir el desalojé de desagradables olores almacenados en esta unidad. [8]

Una vez realizada la evaluación de la PTAR que se encontraba en operación, en la investigación titulada “Evaluación y rediseño del sistema de Alcantarillado Sanitario y planta de tratamiento para la Urb. Bohíos de Jatumbanba, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha”, se conoció que la PTAR no cumplió el tratamiento apropiado para el cual estaba diseñada por lo cual se propone un rediseño total del sistema para tratar las aguas contaminadas y de ese modo lograr recuperar dicho recurso. [9]

En el trabajo de grado elaborado por Giovanna Lissette Miranda Coello, se concluyó que, mediante el análisis técnico desarrollado, la PTAR necesita de un rediseño ya que el tratamiento no cumplía con la normativa vigente que debían poseer la caracterización Físico Química y Microbiológica, por lo cual para el nuevo diseño se elaboró nuevos planos que mejoraran el dimensionamiento de la planta. [10]

Mediante la investigación realizada por Indira Jackeline Chiriboga Sisalema, se identificó que existe un trabajo ineficiente del proceso de cribado dentro de la PTAR permitiendo el paso de residuos de gran tamaño de materia inorgánica haciendo que las cámaras de la fosa séptica se colmen de residuos que afectarán a diferentes procesos para su tratamiento, por lo cual en la evaluación fue necesario implantar un rediseño en los procesos donde no se cumple con las normativas. [11]

Se dio a conocer en el trabajo de grado elaborado por Eduar Hernan Vargas Palacios, que es necesario realizar unas adecuaciones en el filtro Anaerobio y en el lecho de lodos, mediante los cálculos realizados en la evaluación de la PTAR para mejorar su funcionamiento y generar aguas descontaminadas que cumplan con todos los parámetros para su respectiva evacuación. [12]

El análisis cuantitativo de las características del afluente y efluente determinado en la evaluación del proyecto de investigación titulado “Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Estatal Amazónica”, se determinó que la PTAR – UEA debe tener un sistema de transporte y recolección del agua lluvia, para que la misma no pueda dirigirse al tanque de almacenamiento de lodos por ello es recomendable adaptar una cubierta para no generar problemas. [13]

Las cuatro Plantas de tratamiento evaluadas en el estudio realizado por Diego Martín Dibujes Salgado, no se encuentran depurando eficientemente y los parámetros (pH, sólidos totales, conductividad eléctrica, nitritos y nitratos) tienen altos niveles de contaminación aunque cumplen con los límites permisibles, por consiguiente es recomendable registrar las tomas de muestras que se efectúan cada tres meses para poder precisar el estado de funcionamiento de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual y realizar alguna ajuste en el caso de ser necesario. [14]

La parte estructural de una planta de tratamiento debe ser examinada como lo es en el caso de la tesis de grado elaborada por María Belén Portero Pesantes y Víctor Andrés Amat Marchán, donde se evidenciaron muchos problemas en la parte física ya que no se realiza un mantenimiento adecuado a cada componente de la PTAR por parte de los operadores, mismo que provoca una disminución de la vida útil de cada estructura, es importante conocer que la parte más afectada corresponde a las partes metálicas ya que son deterioradas por la corrosión, por ello el mantenimiento en los elementos estructurales debe ser preventivo y no es necesario esperar a que se genere un daño para tomar acciones. [15]

### **1.1.2 Justificación**

Las pequeñas poblaciones establecidas en nuestra región interandina necesitan soluciones que busquen cubrir los servicios básicos de la población como lo es tratamiento de aguas residuales, de acuerdo a todas las necesidades del lugar, esto ayudará a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad Llimpe Chico y evitará que el agua contaminada se convierta en un desecho que infecte el medio ambiente. Las aguas contaminadas generadas por los habitantes provenientes de inodoros, sumideros de baños y otros drenajes (aguas negras) son provocadas por compuestos en estado sólido, líquido o gaseoso, por lo mismo deben ser tratadas antes de ser evacuadas en ríos, quebradas, etc., para que el impacto en el ambiente sea el menor posible y que las condiciones de salubridad de los pobladores mejore. [16] [17]

La PTAR de la comunidad Llimpe Chico del cantón Quero fue puesta en operación a partir del año de 2006, tiene como prioridades tratar las aguas servidas, además de la disposición y la evacuación, misma que se realiza en una quebrada, previo un análisis se dio a conocer que a lo largo de los últimos años la PTAR no ha tenido ninguna evaluación en donde se examine detalladamente cada proceso unitario que se desarrolla para el tratamiento del agua. [16]

La PTAR tiene una cantidad de aguas residuales proporcional a la dotación de agua potable que se distribuye en la comunidad, llegando a iguales valores entre 70 u 80 % de dicha dotación, es por ello que las aguas residuales deben ser tratadas antes de su respectiva evacuación ya que contienen pequeñas cantidades de sólidos orgánicos e inorgánicos, de los cuales la mitad están en solución, una cuarta parte se sedimentará y la parte restante estará en suspensión, con un tratamiento adecuado para los líquidos y sólidos se busca controlar los olores desalojados, eliminar los lodos y reparara las actividades biológicas o destruir los organismos patógenos presentes en el agua. El tratamiento de aguas residuales se basa en un procedimiento de métodos físicos, químicos y biológicos cuyo propósito final es producir agua lo suficientemente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido (también llamados biosólidos o lodos) que sea adaptable para un reusó apropiado. [16] [18]

El agua residual que va a ingresar a la planta de tratamiento debe cumplir con los requerimientos establecidos para su funcionamiento, como lo es el de destruir completamente la estructuración que se encuentran en los contaminantes, por tal motivo es prioritario conocer si la PTAR se encuentra abastecida con un caudal diferente al que en un principio se diseñó para su trabajo, esto puede provocar que la planta de tratamiento no desempeñe con todos los parámetros para su correcto trabajo y el agua no sea descontaminada. Las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser evaluadas y monitoreadas a lo largo de su funcionamiento para no ocasionar problemas ambientales, por ello se vio en la obligación de trabajar para dar un diagnóstico eficaz en pro de la comunidad y de su entorno ambiental. [19]

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad de Llimpe Chico, impide la contaminación que se provoca por el desalojo de las aguas residuales en el medio ambiente, si el sistema no trabaja eficientemente generara conflictos que afectarían tanto al ambiente como a los pobladores que habitan en donde se encuentra la descarga del agua contaminada. Es fundamental realizar una evaluación pertinente de la PTAR de manera que permitirá identificar la eficiencia de remoción de residuos contaminantes con la que trabaja la obra civil y los posibles problemas que se puedan desarrollarse a futuro, para que se pueda tomar decisiones que busquen la solución en el caso de ser necesario. [20]

El seguimiento dado en la planta de tratamiento da a conocer cada proceso unitario por el cual recorre el agua contaminada, desde un inicio la PTAR recibe las aguas negras de las alcantarillas, estas llegarán a un tanque repartidor con ayuda de vertederos y tuberías, cuando este tanque alcance caudales mayores al máximo sanitario, significara que se presentaron precipitaciones y dentro de los procesos está circulando una mezcla de aguas lluvias y servidas; si esto ocurre el exceso de agua continuara hacia la quebrada, por un By Pass, de lo contrario pasarán a una fosa séptica, el recorrido del agua a lo largo del funcionamiento de la PTAR ha causado un déficit que debe ser solucionado inmediatamente, ya que podría generar daños en las tuberías o colapsos de las estructuras. [16]



La PTAR de la comunidad Llimpe Chico del cantón Quero cuenta con un tratamiento primario en donde se busca recoger las partículas sólidas suspendidas (Ss), mediante la sedimentación que es cerca del 60 % de Ss y un 35 a 40 % de la DBO, con lo que es fundamental implementar un tratamiento secundario convencional que se priorizara en la remoción de la DBO soluble y solidos suspendidos, además retiene lodos en la fosa séptica que pasaran por periodos anuales de secado, por esas razones se debe implementar un plan de manejo eficaz para que se logre cumplir apropiadamente con todos los procedimientos establecidos para su trabajo, además de evaluar a la planta de tratamiento con el fin de reducir contaminantes y tener un control óptimo en su mantenimiento. [16]

La población tiene el derecho de vivir en un medio ambiente íntegro y equilibrado ecológicamente, con el propósito de garantizar la sostenibilidad y el buen vivir (SUMAK KAWSAY), mencionado en la Sección II del Ambiente Sano que se detalla en el Artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, por lo que se debe prestar un correcto estudio, , funcionamiento y mantenimiento a los servicios públicos de alcantarillado, agua potable, , tratamiento de aguas residuales, actividades de saneamiento ambiental y manejo de desechos sólidos. [21]

Por dichas razones es pertinente dar a conocer en la presente investigación el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales proveniente de la comunidad Llimpe Chico, cantón Quero, provincia de Tungurahua y de esa forma informar a la población lo importante que es el tratar el agua contaminada para mejorar la condición de vida de la colectividad.

### **1.1.3 Fundamentación Teórica**

En la actualidad la ejecución de sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento, son elementos muy importantes que se involucran en la conservación del bienestar de las comunidades. El tratamiento de aguas residuales busca que el agua generada en las fuentes de contaminación sea recolectada para que de ese modo tratarla eficientemente eliminando todos los contaminantes antes de ser restituida al medioambiente. [22]

#### **1.1.3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales**

Las Plantas de Tratamiento para Aguas Residuales son un conjunto de sistemas sustentables fundamentales que otorgan un adecuado saneamiento y preservación del medio ambiente mediante la eliminación de los contaminantes que se presentan en el agua residual tanto físicos, químicos y biológicos, beneficiando de tal manera la calidad del agua para que la misma sea reutilizada o desfogada sin alterar el equilibrio ecología en el medio ambiente. [23]

#### **1.1.3.2 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual**

El agua residual adquiere una diferente composición ya que al ser modificada con los diferentes organismos contaminantes se componen aproximadamente de un 99.9% de agua y lo restante de materia sólida que está conformada por materia mineral y materia orgánica. La materia mineral se obtiene de los subproductos que son desechados en la vida cotidiana de un individuo y la materia orgánica es obtiene principalmente de las diferentes actividades que un ser humano realiza en su vida, conformada por proteínas, grasa y materia carbonácea. La contaminación que se da en el agua residual depende principalmente del origen de donde se obtienen tal como se muestras en la tabla 1 y tabla 2. [22]

**Tabla 1:** Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia.

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
<b>Propiedades Físicas:</b>	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
<b>Propiedades Químicas:</b>	
<b>CONSTITUYENTES QUÍMICOS ORGÁNICOS</b>	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Grasas animales, aceites y grasa	
Pesticidas	Residuos agrícolas
Fenoles	Vertidos industriales
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Contaminantes prioritarios	
Agentes tensoactivos	
Compuestos orgánicos volátiles	
Otros	Degradación natural de materia orgánica
<b>CONSTITUYENTES QUÍMICOS INORGÁNICOS</b>	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
Cloruros	
Metales pesados	Vertidos industriales
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Azufre	Agua de suministro, aguas residuales domésticas, comerciales e industriales
<b>CONSTITUYENTES QUÍMICOS GASES</b>	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos
Metano	
Oxígeno	Agua de suministros; infiltración de agua superficial

**Fuente:** Metcalf & Eddy. [1]

**Tabla 2:** (Continuación) Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia.

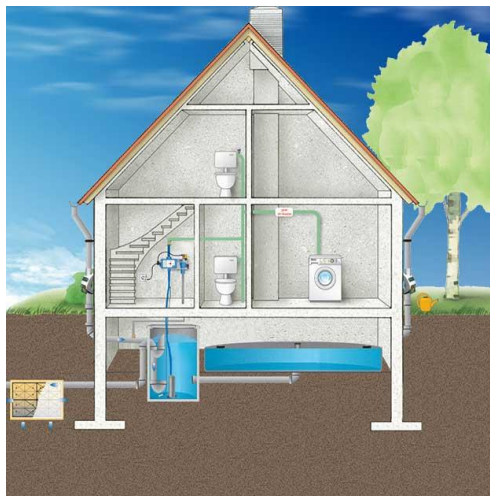
CARACTERÍSTICAS		PROCEDENCIA
<b>Propiedades Biológicas</b>		
Animales		Cursos de agua y plantas de tratamiento
Plantas		
PROTISTAS	Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
	Arqueobacterias	
Virus		Aguas residuales domésticas

Fuente: Metcalf & Eddy. [1]

### 1.1.3.3 Tipos de aguas residuales:

#### 1.1.3.3.1 Aguas residuales domésticas

Son las aguas que se generan en las viviendas, centros comerciales y en lugares de trabajo, están compuestas por residuos fecales y por aguas obtenidas del lavado o de la limpieza como se puede observar en la figura 1. Los contaminantes que se obtiene de este tipo de agua residual son los contaminantes orgánicos. [24]



**Figura 1:** Agua residual doméstica.

Fuente: Fosas Sépticas. [25]

### 1.1.3.3.2 Aguas residuales pecuarias

Son las aguas contaminadas que se obtienen de la actividad ganadera como se ve en la figura 2, si el desarrollo de la actividad es constante se generan contaminaciones directas en los cauces de agua, pero si es una actividad no constante la contaminación generada es confusa. [24]



**Figura 2:** Agua residual pecuaria.  
**Fuente:** Osmin Pineda. [26]

### 1.1.3.3.3 Aguas residuales de origen agrícola

Se originan por la contaminación agrícola, las aguas de lluvia, el agua de riego y por los productos que se emplean en el cuidado de la agricultura como se puede observar en la figura 3, por lo que se introduce en los acuíferos, ríos, embalses, etc. llevando con ello todos los contaminantes que adquirieron. [24]



**Figura 3:** Agua residual de origen agrícola.  
**Fuente:** Isabel Castillo. [27]

#### 1.1.3.3.4 Aguas residuales industriales

Se obtienen de las diferentes actividades industriales que se generan en una población como se ve en la figura 4, los contaminantes que aparecen en este caso son las sustancias químicas ya que son muy usadas para la producción industrial dentro de una fábrica, generando índices altos de contaminación ambiental. [24]



**Figura 4:** Agua residual industrial.  
**Fuente:** Alejandra Ramírez. [28]

#### 1.1.3.3.5 Aguas residuales de escorrentía urbana

Son aguas residuales recolectadas de las precipitaciones atmosféricas (lluvia, nieve, granizo), son aportaciones de carácter discontinuo que pueden contaminarse con los diferentes residuos que se encuentra en el suelo o aire, como se ve en la figura 5. [24]



**Figura 5:** Agua de escorrentía urbana.  
**Fuente:** Rhea Thompson. [29]

#### **1.1.3.4 Tratamiento de aguas residuales**

##### **1.1.3.4.1 Tratamiento preliminar**

Este procedimiento está predestinado al acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo principal de cuidar el funcionamiento de las instalaciones eliminando los residuos peligrosos que otorgan una estética indeseable en la planta de tratamiento. [22]

##### **1.1.3.4.2 Tratamiento primario**

El tratamiento se basa en remover los residuos de un segmento sustancial del material sedimentable o flotante por medios físicos o mecánicos. Esto quiere decir que el tratamiento primario busca como prioridad eliminar una sección importante de la carga orgánica que puede estar de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) entre un 25% - 40% y de los sólidos suspendidos (SS) entre un 50% - 65%. [22]

##### **1.1.3.4.3 Tratamiento secundario**

Mediante los procesos biológicos que se ejecutan en el tratamiento primario se logra reducir los compuestos orgánicos que se encuentran presentes en el agua residual, por lo cual el tratamiento secundario trata de convertir la materia orgánica fragmentada y/o disuelta, en sólidos sedimentables floculentos que pueden ser separados mediante la sedimentación que se produce en los tanques de decantación. Los procesos biológicos más empleados son la de los lodos activos y los filtro percoladores. [22]

##### **1.1.3.4.4 Tratamiento terciario o avanzado**

Su prioridad se basa en complementar los procesos anteriores con el fin de lograr tener efluentes con menor cantidad de contaminantes para que puedan ser reutilizado correctamente como recarga de acuíferos, agua industrial, etc. Se usan los procesos físicos, químicos y biológicos para tener un proceso de tratamiento óptimo. [22]

En la figura 6 se detalla los tratamientos empleados en las aguas residuales cumpliendo todos los requerimientos óptimos para su funcionamiento, sin la emisión de malos olores, además de producir recursos obtenidos por las aguas servidas como lo es el de los lodos

que mediante el tratamiento pueden generar abono que se podrá utilizar en el sector agrícola. [30]



**Figura 6:** Planta de tratamiento de aguas residuales de Ambato - Tungurahua - Ecuador.  
**Fuente:** Diario La Hora. [31]

#### **1.1.3.5 Agua residual tratada**

El agua residual tratada debe cumplir con ciertos parámetros para ser descargada sin ocasionar perjuicios al medio ambiente o al ser humano, de acuerdo a lo señalado en la normativa ecuatoriana del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA 2015). Las descargas en sistemas de agua dulce deben cumplir con los límites establecidos en la tabla 3 y tabla 4 respectivamente, en donde las concentraciones de contaminantes corresponden a valores medios diarios. [32]



**Tabla 3:** Límites de descarga a un cuerpo de Agua Dulce

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico Total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro Total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1000,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	N MP	N MP/100 ml	2000,0
Color Real <sup>1</sup>	Color Real	Unidades de Color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuesto Fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro Total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso Total	Mn	mg/l	2,0
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0

Fuente: TULSMA 2015. [32]

**Tabla 4:** (Continuación) Límites de descarga a un cuerpo de Agua Dulce.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Compuestos Organoclorados	Organoclorados Totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130,0
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000,0
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de Metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	mg/l	1,0

Fuente: TULSMA 2015. [32]

### 1.1.3.6 Componentes para el tratamiento del agua residual

#### 1.1.3.6.1 Tanque Repartidor

Es un componente que debe permitir de manera correcta la distribución del caudal tomando en cuenta todas sus variaciones de acuerdo a la capacidad del proceso que se requiere para su tratamiento o también en proporción a las áreas de los componentes que continúan con el tratamiento, en general esta estructura no permite la acumulación de residuos en los procesos que se desarrollan para tratar el agua residual. [33]

#### 1.1.3.6.2 Tanque Séptico

El proceso que se genera en el tanque séptico está caracterizado porque dentro del mismo ocurre la digestión y sedimentación, consiste básicamente en uno o varios tanques, que están ordenados en serie que esencialmente se usan para eliminar materiales flotantes y sólidos suspendidos, además se efectúa un tratamiento anaerobio a los lodos sedimentados y finalmente se encarga también de almacenar materiales flotantes y lodos. La eliminación

dentro de un tanque séptico puede ser grasas del 30 al 5 %, de aceites del 70 a 80 %, de un 50 a 70 % de sólidos suspendidos (Ss) y de fósforo un 15 %, para aguas residuales domésticas. [16]

#### **1.1.3.6.3 Filtro Biológico Ascendente**

Es un proceso en donde los filtros (piedras porosas y con una superficie específica) son dispositivos de tratamientos biológicos y físicos, que se encargan de la depuración del agua residual quedando retenidos en este medio los sólidos que pueden ser filtrados para luego ser removidos. [34]

Los parámetros relevantes que tiene los medios filtrantes son la porosidad y la superficie específica, si se tiene una mayor porosidad en el medio filtrante, menor será el atascamiento, mientras que la superficie específica nos ayuda a identificar la cantidad de carga orgánica e hidráulica que el filtro puede soportar. [34]

#### **1.1.3.6.4 Lecho de Secado de Lodos**

En el tratamiento de aguas residuales se genera una cantidad de subproductos que son retenidos en las rejillas, desarenadores y sedimentadores, mismos que antes de su evacuación final deben ser acondicionados debido a su alto contenido de materia orgánica ya que puede afectar drásticamente al medio ambiente, por lo que se ejecutan diferentes procesos típicos de manejo de lodos como lo es el de la concentración (espesamiento, digestión, acondicionamiento, deshidratación o secado, incineración y oxidación). [22]

#### **1.1.3.7 Porcentaje de la remoción teórica de contaminantes del agua residual por procesos unitario**

El funcionamiento de una PTAR se determina en base al porcentaje de remoción teórica con la que trabaja a partir de los procesos que se desarrollan dentro de la planta, en la siguiente tabla 5 se da a conocer los porcentajes teóricos de remoción de contaminantes según las unidades de trabajo.

**Tabla 5:** Porcentaje de remoción teórica de contaminantes por procesos unitarios.

Unidades de Tratamiento	Rendimiento de Eliminación del Constituyente, Porcentaje					
	DBO	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 Precolados						
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 (rbcs)	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Cloración	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

Fuente: Metcalf & Eddy. [1]

### 1.1.3.8 Parámetros para la evaluación de la calidad del agua residual

En el manejo de la planta de tratamiento se debe conocer los siguientes parámetros:

#### 1.1.3.8.1 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Es un parámetro fundamental que ofrece verificar la cantidad de microorganismos presentes en el agua residual, están compuestos por partículas orgánicas o inorgánicas que fácilmente son separables del líquido por medio de la sedimentación, filtración o centrifugación, pueden determinarse mediante los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV). [22] [35]

#### 1.1.3.8.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Este parámetro da a conocer la cantidad de oxígeno necesario para que con ello se genere la oxidación química de la materia orgánica, la cual proporciona una información ambigua sobre la concentración de materia orgánica que tiene el agua residual. [22]

#### **1.1.3.8.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es un parámetro que da a conocer sobre la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable a una temperatura de 20°C y en un periodo de 5 días, para poder oxidar biológicamente la materia orgánica con una cantidad necesaria de oxígeno, además es importante conocer que la relación DQO/DBO<sub>5</sub> no da a conocer sobre la cantidad de materia orgánica biodegradable. [22]

#### **1.1.3.8.4 Contenido de nutrientes (Nitrógeno N y Fósforo P)**

Este parámetro se encuentra formado por los compuestos que colectivamente con la materia carbonácea o DBO<sub>5</sub> dan a saber si las aguas residuales tienen la proporción eficiente de nutrientes para facilitar la degradación de la materia orgánica. [22]

#### **1.1.3.8.5 Potencial Hidrógeno (pH)**

El cual nos permite conocer la calidad y la concentración de hidrógeno que tiene el agua para que se genere una proliferación y un conveniente desarrollo de la actividad biológica. [1]

#### **1.1.4 Hipótesis**

##### **Hipótesis de trabajo**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Llimpe Chico, cantón Quero, provincia de Tungurahua no está operando de forma correcta como se estipulo en la apertura del proyecto.

##### **Hipótesis nula**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Llimpe Chico, cantón Quero, provincia de Tungurahua se encuentra en perfecto estado para cumplir un correcto funcionamiento.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Evaluar de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Llimpe Chico, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento de la información de la planta de tratamiento.
- Analizar el agua influente y efluente de la planta de tratamiento.
- Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento según la norma vigente del TULSMA 2015 y así asegurar la protección medioambiental del entorno fluvial.
- Realizar un rediseño para el mejoramiento de la planta de tratamiento en el caso de ser necesario.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 Metodología**

En el presente trabajo experimental se llevará a cabo una evaluación del funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra en operación en la comunidad Llimpe Chico, cantón Quero, provincia de Tungurahua, la cual sé que ejecutará a través del cumpliendo las siguientes etapas:

#### **PRIMER ETAPA: Levantamiento y recolección de información**

En esta etapa se llevará a cabo una compilación de toda la información sobre la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Llimpe Chico, para reconocer las dimensiones y características de cada uno de sus procesos unitarios para el tratamiento del agua residual, el año de construcción, el funcionamiento actual de la PTAR y finalmente la actividad socio económica con la que cuenta la comunidad.

#### **SEGUNDA ETAPA: Trabajo de campo**

En esta etapa se ejecutará la medición de caudales de la PTAR tanto de ingreso como de la salida para poder identificar cuáles son las horas punta en donde se presenta un menor y mayor caudal, para con ello en dichos horarios tomar muestras del agua residual.

#### **TERCER ETAPA: Trabajo de laboratorio**

En esta etapa se llevará a cabo el análisis preciso en un laboratorio certificado de la calidad en la cual se encuentra el agua de la PTAR de la comunidad Llimpe Chico según las muestras tomadas del agua residual de ingreso como de la salida. Las diferentes características primordiales del agua residual que se analizó son: DBO5, DQO, aceites y grasas, fósforo total, pH, sólidos suspendidos, nitrógeno total y nitrógeno amoniacal.



## **CUARTA ETAPA: Análisis y comprobación del funcionamiento**

En esta etapa se realizará una comparación entre la normativa vigente (TULSMA 2015) y los resultados obtenidos en laboratorio para descargas a un cuerpo de agua dulce. Conjuntamente, se debe diagnosticar el estado de las construcciones hidráulicas existentes en la PTAR de la comunidad de Llimpe Chico.

### **2.1.1 Plan de Recolección de Datos**

#### **2.1.1.1 PRIMER ETAPA: Levantamiento y recolección de información**

La zona de la comunidad beneficiada (Llimpe Chico), tanto la planta de tratamiento como el diseño del sistema de alcantarillado, se encuentra ubicada en el cantón Quero al Sur Oriente de la provincia de Tungurahua a 14 Km. aproximadamente de la ciudad de Ambato como se ve en la figura 7 y en el plano de ubicación Anexos B – Planos. [16]



**Figura 7:** Comunidad Llimpe Chico.  
**Fuente:** Autor.

La población de la comunidad rural de Llimpe Chico es de aproximadamente 1120 habitantes. La comunidad se encuentra ubicada sobre la cota cercana de los 2800 m.s.n.m., las actividades económicas de los pobladores en la comunidad es la ganadería, pero principalmente es la agricultura; ya que cultivan productos de ciclo corto, como es la papa,

arvejas, habas, la zanahoria, etc., estos productos son comercializados en los días de feria en el cantón Quero, es prioritario dar a conocer que algunas familias también se dedican a la crianza de aves de corral. [16]

La comunidad cuenta con servicio de agua entubada, mismo que posee un caudal de 2 l/s, siendo la tarifa que se debe cancelar de 30 centavos de dólar por cada 10 m<sup>3</sup> de agua, este sistema esta organizado a través de una junta administradora. La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Llimpe Chico cuenta con el siguiente tren de tratamiento para realizar la desinfección; Tanque repartidor, Tanque séptico, Filtro biológico ascendente y un lecho de secado de lodos como se puede visualizar en la figura 8. [16]



**Figura 8:** PTAR Llimpe Chico - Quero.  
**Fuente:** Autor.

## **2.1.1.2 SEGUNDA ETAPA: Trabajo de campo**

### **2.1.1.2.1 Materiales y Equipo**

Para la ejecución del trabajo de campo es necesario el empleo de materiales y equipos que se detallan en la tabla 6 y tabla 7 las cuales ayudarán a recolectar toda la información idónea que la PTAR de Llimpe Chico tiene para su respectiva evaluación.

**Tabla 6:** Materiales.

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Recipiente 5 lt	2	U
Botella plástica	6	U
Cámara Fotográfica	1	U
Hojas de Papel bond	10	U
Cuaderno	1	U
Flexómetro	1	U
Cronometro	1	U
Computadora	1	U
Impresora	1	U

**Fuente:** Autor.

**Tabla 7:** Equipos de Seguridad.

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Overol	1	U
Mascarilla	7	U
Botas de Seguridad	1	PAR
Guantes de Látex	7	PAR
Guantes de Caucho	2	PAR

**Fuente:** Autor.

### **2.1.1.2.2 Caudales**

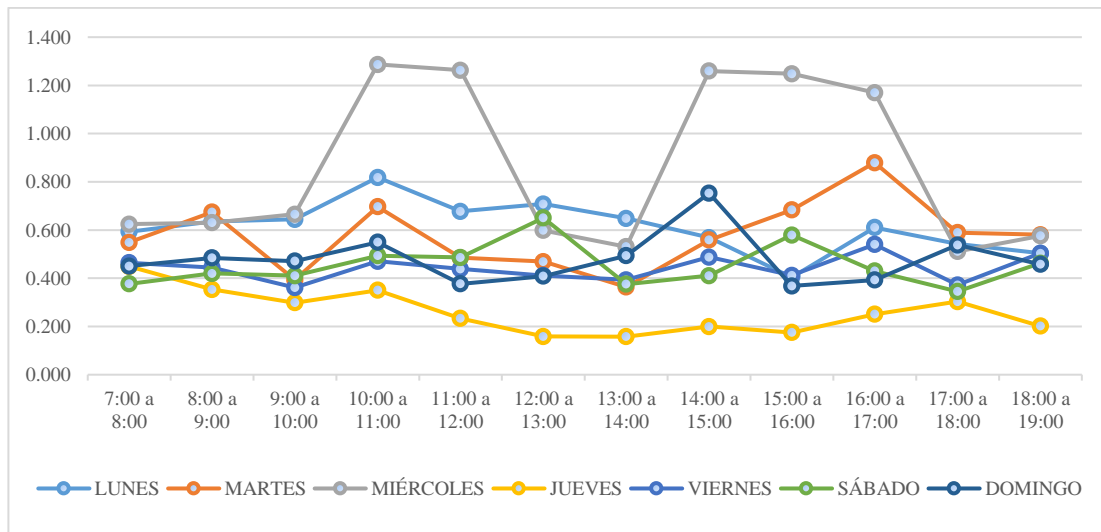
Para realizar la medición de los caudales en la PTAR de la comunidad de Llimpe Chico se puso en ejecución el método denominado medición volumétrica la cual consiste en la utilización de un balde con medida y un cronómetro, esta medición se llevó a cabo durante 7 días seguidos mismos que fueron de la semana del 30 de noviembre al 06 de diciembre del 2020, para ello se toma una muestra del caudal de ingreso y de salida de la PTAR durante cada hora en un tiempo determinado de 12 horas como se ve en la figura 11 y figura 12, debido a que frecuentemente las personas de la comunidad hacían uso del agua potable entre las 7am y 7pm del día, lo cual nos ayudaría a determinar los picos más altos del caudal del agua residual, también es primordial conocer que los caudales obtenidos se registró en la tabla 8 y tabla 9 como se puede observar.

**Tabla 8:** Caudales de Ingreso (lt/s) a la PTAR

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
7:00 a 8:00	0.593	0.549	0.625	0.449	0.464	0.377	0.450	0.501
8:00 a 9:00	0.635	0.674	0.630	0.354	0.444	0.420	0.484	0.520
9:00 a 10:00	0.644	0.394	0.665	0.299	0.361	0.411	0.471	0.464
10:00 a 11:00	0.818	0.696	1.287	0.350	0.470	0.494	0.549	0.666
11:00 a 12:00	0.678	0.485	1.263	0.233	0.438	0.486	0.377	0.566
12:00 a 13:00	0.708	0.469	0.598	0.159	0.411	0.650	0.409	0.486
13:00 a 14:00	0.649	0.364	0.531	0.158	0.393	0.376	0.493	0.423
14:00 a 15:00	0.569	0.558	1.259	0.200	0.487	0.411	0.753	0.605
15:00 a 16:00	0.404	0.684	1.248	0.175	0.412	0.579	0.368	0.553
16:00 a 17:00	0.610	0.880	1.170	0.251	0.540	0.430	0.393	0.610
17:00 a 18:00	0.543	0.589	0.511	0.303	0.372	0.345	0.538	0.457
18:00 a 19:00	0.504	0.580	0.576	0.202	0.504	0.462	0.458	0.469

Fuente: Autor.

Se puede determinar que la hora en donde hay mayor caudal durante el día en toda la semana, fue en el horario de 10:00 a 11:00 como se detalla en la figura 9, en este transcurso de tiempo los pobladores de la comunidad realizaban actividades que normalmente no se realizaban debido a la pandemia; por otro lado de 13:00 a 14:00 fue la hora durante el día en toda la semana que poseía menor caudal, ya que era la hora en la cual los pobladores se dirigían a realizar sus actividades de agricultura y ganadería.



**Figura 9:** Conducta de los caudales de ingreso a la PTAR.

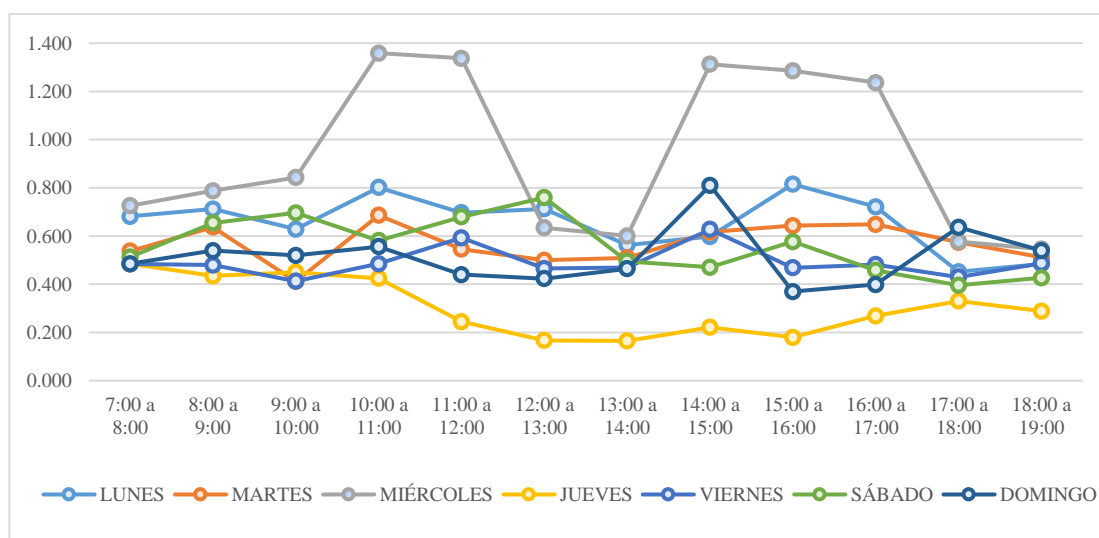
Fuente: Autor.

**Tabla 9:** Caudales de Salida (lt/s) a la PTAR.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
7:00 a 8:00	0.682	0.537	0.726	0.485	0.484	0.513	0.485	0.559
8:00 a 9:00	0.712	0.637	0.787	0.434	0.480	0.654	0.540	0.606
9:00 a 10:00	0.628	0.411	0.842	0.450	0.413	0.696	0.520	0.566
10:00 a 11:00	0.801	0.686	1.359	0.425	0.485	0.581	0.556	0.699
11:00 a 12:00	0.697	0.546	1.337	0.245	0.593	0.679	0.440	0.648
12:00 a 13:00	0.713	0.500	0.635	0.167	0.465	0.760	0.424	0.523
13:00 a 14:00	0.563	0.509	0.600	0.165	0.469	0.495	0.464	0.467
14:00 a 15:00	0.598	0.616	1.312	0.222	0.627	0.471	0.810	0.665
15:00 a 16:00	0.815	0.643	1.285	0.180	0.468	0.577	0.370	0.620
16:00 a 17:00	0.721	0.649	1.236	0.269	0.482	0.457	0.399	0.602
17:00 a 18:00	0.452	0.574	0.577	0.331	0.430	0.396	0.637	0.485
18:00 a 19:00	0.484	0.512	0.546	0.289	0.487	0.427	0.540	0.469

Fuente: Autor.

Se puede determinar que la hora en donde hay mayor caudal durante el día en toda la semana, fue en el horario de 10:00 a 11:00 como se detalla en la figura 10, en este transcurso de tiempo los pobladores de la comunidad realizaban actividades que normalmente no se realizaban debido a la pandemia; por otro lado de 13:00 a 14:00 fue la hora durante el día en toda la semana que poseía menor caudal, ya que era la hora en la cual los pobladores se dirigían a realizar sus actividades de agricultura y ganadería.



**Figura 10:** Conducta de los caudales de salida de la PTAR.

Fuente: Autor.





**Figura 11:** Toma de caudales de ingreso a la PTAR.  
**Fuente:** Autor.



**Figura 12:** Toma de caudales de salida de la PTAR.  
**Fuente:** Autor.

### 2.1.1.3 TERCER ETAPA: Trabajo de laboratorio

La toma y conservación de las muestras del agua residual tanto de ingreso como de salida a la PTAR se efectuó según lo establece la norma NTE INEN 2 176:1998 y NTE INEN 2 169:1998 el 07 de abril del 2021, como se muestra en figura 13, figura 14 y figura 15.



**Figura 13:** Toma de la muestra del agua residual de entrada a la PTAR.  
**Fuente:** Autor.



**Figura 14:** Toma de la muestra del agua residual de salida de la PTAR  
**Fuente:** Autor.



**Figura 15:** Identificación y conservación de las aguas residuales tomadas de la PTAR.  
**Fuente:** Autor.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) al agua residual tanto de entrada como de salida de la PTAR de Llimpe Chico se encuentran detallados en la parte de Anexos A Análisis del agua residual.

#### **2.1.1.4 CUARTA ETAPA: Análisis y comprobación de funcionamiento.**

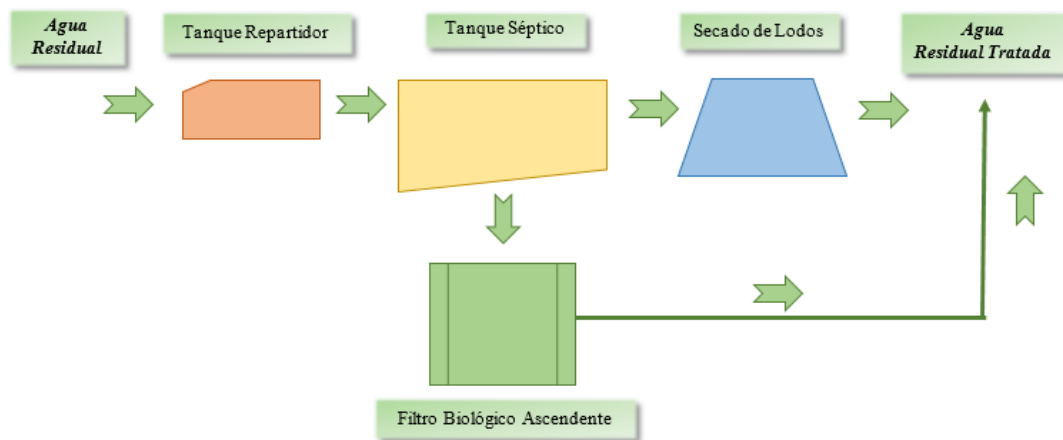
La planta de tratamiento de la comunidad Llimpe Chico a lo largo de los años de funcionamiento se encuentra deteriorada, ya que existe la presencia de mucha vegetación alrededor de cada obra hidráulica que a futuro puede provocar colapsos estructurales como se puede observar en la figura 16.





**Figura 16:** Estado actual de la PTAR de la comunidad Llimpe Chico.  
**Fuente:** Autor.

La planta de Tratamiento de aguas residuales está conformada por el siguiente proceso de tratamiento: Tanque repartidor, tanque séptico, filtro biológico ascendente y un lecho de secado de lodos como se ve en la figura 17. A continuación, se da a conocer el estado actual en el que se encuentran las construcciones hidráulicas.



**Figura 17:** Proceso del tratamiento actual de la PTAR.  
**Fuente:** Autor.

#### 2.1.1.4.1 Tanque Repartidor

El Tanque Repartidor se encuentra con una cantidad inmensurable de desperdicios como se ve en la figura 18, lo cual genera un tráfico incorrecto del agua residual generando un mal funcionamiento.



**Figura 18:** Tanque Repartidor de la PTAR.  
**Fuente:** Autor.

#### 2.1.1.4.2 Tanque Séptico

El tanque séptico presenta una tapa en cada uno de sus dos compartimientos que se encuentran deterioradas por lo que puede ingresar desperdicios como se puede visualizar en la figura 19, de igual manera se puede encontrar una gran cantidad de sólidos suspendidos que no son retenidos en el tanque repartidor.



**Figura 19:** Tanque Séptico de la PTAR.  
**Fuente:** Autor.

#### 2.1.1.4.3 Filtro Biológico Ascendente

El Filtro Biológico Ascendente se encuentra incumpliendo sus funciones debido a la falta de mantenimiento generando así la presencia de plantas alrededor del tanque mismas que pueden afectar a la estructura además de propagar olores desagradables, como se ve en la figura 20.



**Figura 20:** Filtro Biológico Ascendente de la PTAR.  
**Fuente:** Autor.

#### 2.1.1.4.4 Lecho de Secado de Lodos

El Lecho de Secado al no ser usado frecuentemente por la descarga del agua residual del Tanque Séptico según el tiempo de diseño, se encuentra con desperdicios en su interior como se puede observar en la figura 21, además existe la presencia de plantas a su alrededor por la falta de mantenimiento.



**Figura 21:** Lecho de Secado de Lodos de la PTAR.  
**Fuente:** Autor.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Análisis y discusión de los resultados**

##### **3.1.1 Toma de muestras del agua residual**

El agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Chico proviene principalmente del uso doméstico, por tal motivo se realiza una toma de muestras del agua según lo siguiente:

- En la PTAR de la comunidad Llimpe Chico se recogió una muestra puntual del agua residual que ingresa a la planta, a las 10:00 el miércoles 07 de abril del 2021, ya que es el horario en donde se presenta un excesivo ingreso de agua residual a comparación del resto de días.
- En la PTAR de la comunidad Llimpe Chico se recogió una muestra puntual del agua residual que sale de la planta, a las 11:00 el miércoles 07 de abril del 2021, ya que es el horario en donde se presenta un excesivo ingreso de agua residual a comparación del resto de días.

Para ser trasladada al Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) cada una de las diferentes muestras tomadas fueron tomadas en base a la norma NTE INEN 2 176 y según la norma NTE INEN 2 169 se realizó la debida preservación y transportación.

##### **3.1.2 Análisis de las muestras tomadas del agua residual**

La PTAR de la comunidad de Llimpe Chico está conformada por el siguiente proceso de tratamiento: Tanque repartidor, tanque séptico, filtro biológico ascendente y un lecho de secado de lodos, dichos procesos unitarios serán empleados para el análisis del trabajo presente y cumplen con un porcentaje de remoción teórica de contaminantes que se encuentra detallados en la tabla 10.

**Tabla 10:** Remoción teórica de contaminantes para el tratamiento.

Unidades de Tratamiento	Rendimiento de Eliminación del Constituyente, Porcentaje					
	DBO5	DQO	SS	Pb	N-Org c	NH3-N
Fangos Activados (proceso convencional)	95	85	90	25	50	15
Filtros Precolados Alta carga, medio pétreo	80	80	85	12	50	15
<b>Remoción Total Teórica</b>	<b>99.00%</b>	<b>97.00%</b>	<b>98.50%</b>	<b>34.00%</b>	<b>75.00%</b>	<b>27.75%</b>

Fuente: Metcalf & Eddy. [1]

Los resultados adquiridos de los análisis realizados nos permiten comparar en la tabla 11 si están o no cumpliendo con los parámetros de la tabla 3 y 4 del TULSMA 2015.

**Tabla 11:** Comparación de los resultados de la muestra ingreso y salida con el TULSMA 2015.

Parámetro	Unidad	Método	Ingreso	Salida	Límite Máximo TULSMA 2015	Cumple
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	Standard Methods 5210 - B	452.00	212.00	100.00	NO
DQO	mg/l	Standard Methods 5220 - D	928.00	459.00	200.00	NO
Sólidos Suspendidos	mg/l	Standard Methods 25040 - D	596.00	281.00	130.00	NO
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	219.71	134.86	30.00	NO
Fósforo Total	mg/l	Standard Methods 4500 - P - E	6.50	7.90	10.00	SI
Nitrógeno Total	mg/l	Standard Methods 4500 - N - B	12.30	10.10	50.00	SI
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Standard Methods 4500 - NH <sub>3</sub> B&C	8.96	7.53	30.00	SI

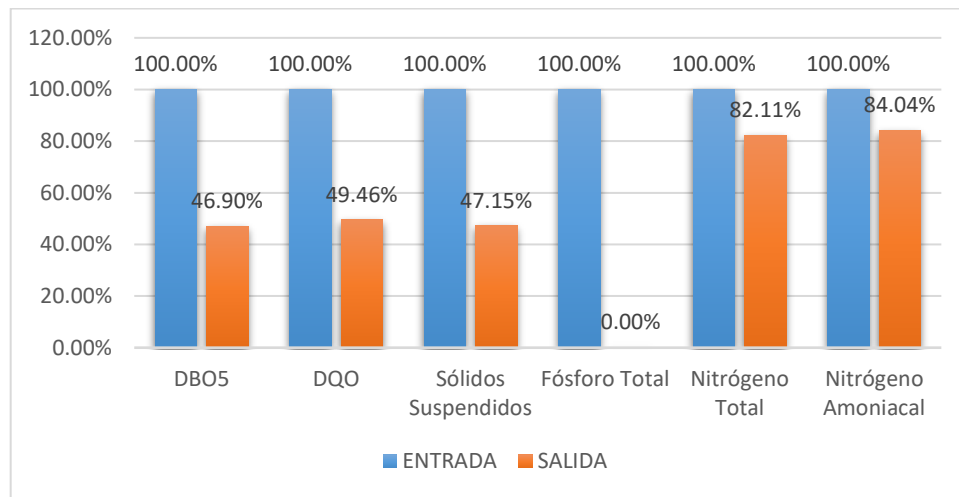
Fuente: Autor.

En la tabla 12 y figura 22 se puede ver la remoción real (%) y en la tabla 13 y figura 23 se puede ver la remoción teórica (%) de los contaminantes de las muestras.

**Tabla 12:** Remoción real (%) de los contaminantes de la muestra de ingreso y salida.

Parámetro	Unidad	Ingreso	Salida	Remoción Real (%)
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	452.00	212.00	53.10%
DQO	mg/l	928.00	459.00	50.54%
Sólidos Suspendidos	mg/l	596.00	281.00	52.85%
Fósforo Total	mg/l	6.50	7.90	-
Nitrógeno Total	mg/l	12.30	10.10	17.89%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	8.96	7.53	15.96%

Fuente: Autor.



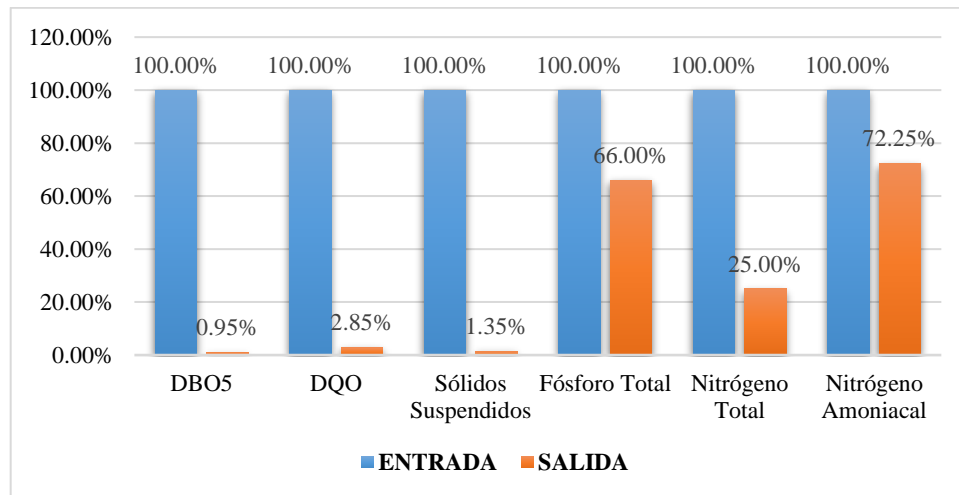
**Figura 22:** Remoción real (%) de los contaminantes de la muestra de ingreso y salida.

Fuente: Autor.

**Tabla 13:** Remoción teórica (%) de los contaminantes de la muestra de ingreso y salida.

Parámetro	Unidad	Ingreso	Salida	Remoción Teórica (%)
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	452.00	4.294	99.05%
DQO	mg/l	928.00	26.448	97.15%
Sólidos Suspendidos	mg/l	596.00	8.046	98.65%
Fósforo Total	mg/l	6.50	4.290	34.00%
Nitrógeno Total	mg/l	12.30	3.075	75.00%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	8.96	6.474	27.75%

Fuente: Autor.



**Figura 23:** Remoción teórica (%) de los contaminantes de la muestra de ingreso y salida.  
**Fuente:** Autor.

Realizada la respectiva comparación de los resultados obtenidos en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) se estableció que la PTAR de la comunidad de Llimpe Chico se encuentra desarrollando sus funciones de manera ineficiente a la establecida en un principio como se puede ver en la tabla 11 por consiguiente es fundamental realizar una evaluación del funcionamiento de las obras hidráulicas actuales.

### 3.2 Evaluación de la PTAR de la comunidad de Llimpe Chico

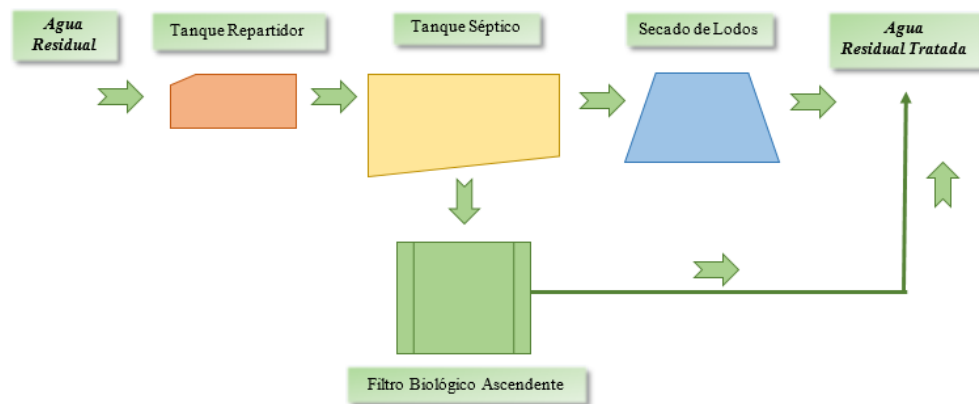
#### 3.2.1 Diagnostico Técnico

Mediante el levantamiento de información de la planta se dio a conocer las dimensiones, condiciones y características con las que el agua residual ingresa y sale de la PTAR, con ello se determinó el estado en el que se encuentran todos los procesos para el tratamiento actual de la misma.

#### 3.2.2 Proceso del tratamiento actual de la PTAR

En la figura 24 se puede visualizar el esquema actual de la planta de tratamientos de aguas residuales de la comunidad de Llimpe Chico.





**Figura 24:** Esquema de la PTAR actual.  
**Fuente:** Autor.

### 3.2.3 Dimensiones actuales de la PTAR

#### 3.2.3.1 Tanque Repartidor

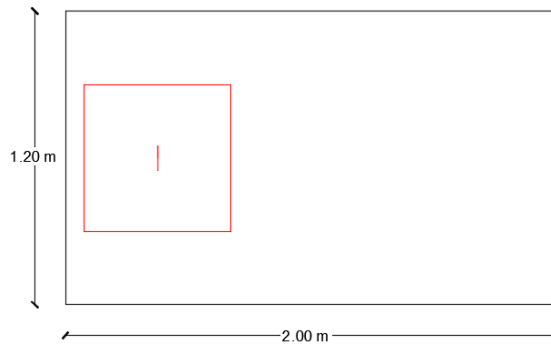
El tanque repartidor es la primera estructura de la PTAR que tiene contacto con el agua residual proveniente del alcantarillado de la comunidad de Llimpe Chico, el agua residual ingresa a través de una tubería que tiene 20 cm de diámetro, la estructura es de hormigón armado, en la parte inferior se presenta una salida de tubería de 16 cm que cuenta con una válvula que traslada el agua residual al tanque séptico y un By Pass que se conecta con el pozo de salida. Las dimensiones del tanque repartidor se encuentran en la tabla 14 y las vistas en la figura 25 y figura 26.

**Tabla 14:** Dimensiones del Tanque Repartidor.

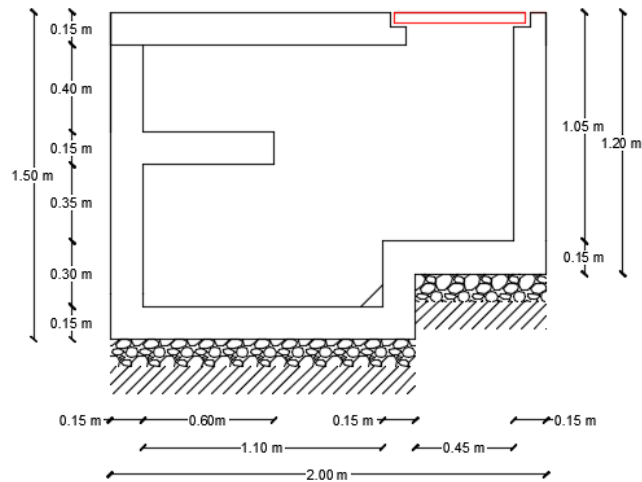
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo	1.20	m
Ancho	2.00	m
Altura	1.50	m
Borde Libre	0.60	m
Altura de Grada	0.30	m
Espesor de Paredes	0.15	m
Espesor de Piso	0.15	m

**Fuente:** Autor.





**Figura 25:** Vista superior del Tanque Repartidor.  
**Fuente:** Autor.



**Figura 26:** Vista en elevación del Tanque Repartidor.  
**Fuente:** Autor.

### 3.2.3.2 Tanque Séptico

El tanque séptico recibe el agua residual proveniente del tanque repartidor por medio de una tubería de 16 cm de diámetro que se encuentra en la parte superior de la estructura, es de hormigón armado y posee una división la cual otorga dos cámaras internas de diferentes dimensiones que se enlazan gracias a una ventana que tiene una altura de 0.35 m. Las dimensiones del tanque séptico se encuentran en la tabla 15 y las vistas en la figura 27 y figura 28.

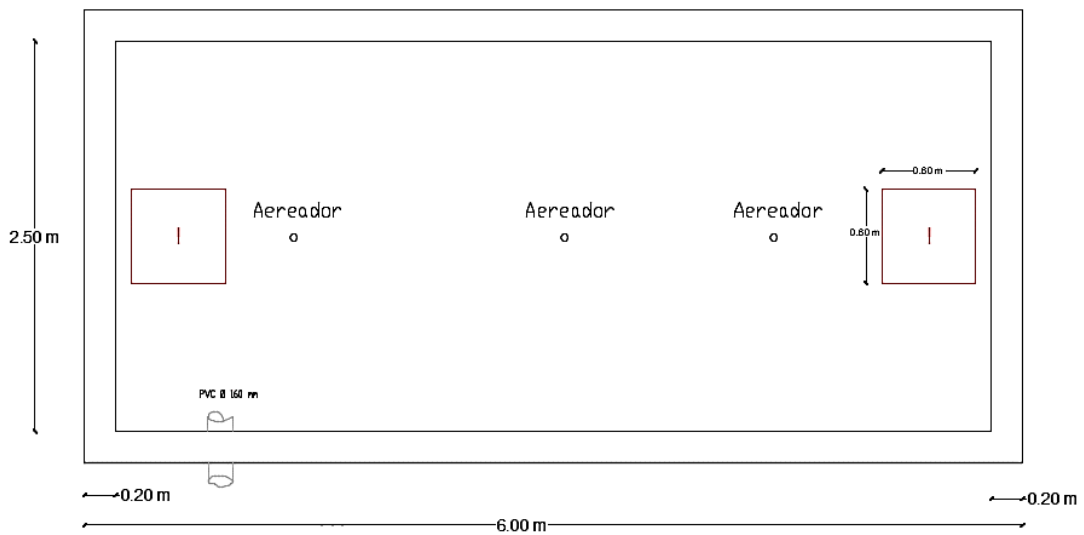
En la parte inferior del tanque séptico se presentan dos tuberías de 16 cm, cada una cuenta con una válvula la cual servirán para trasladar los lodos provenientes del agua residual al

lechado de lodos y una tubería de 16 cm en la parte superior que traslada el agua residual al filtro biológico ascendente.

**Tabla 15:** Dimensiones del Tanque Séptico.

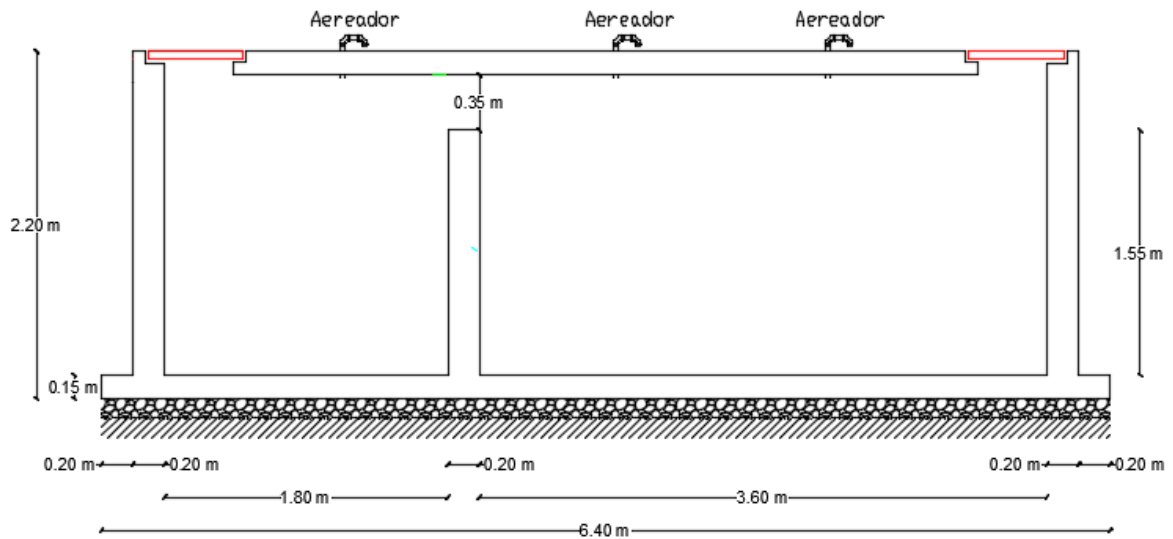
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo	2.50	m
Ancho	6.00	m
Altura	2.20	m
Borde Libre	1.55	m
Espesor de Paredes	0.20	m
Espesor de Piso	0.15	m

**Fuente:** Autor.



**Figura 27:** Vista superior del Tanque Séptico.

**Fuente:** Autor.



**Figura 28:** Vista en elevación del Tanque Séptico.  
Fuente: Autor.

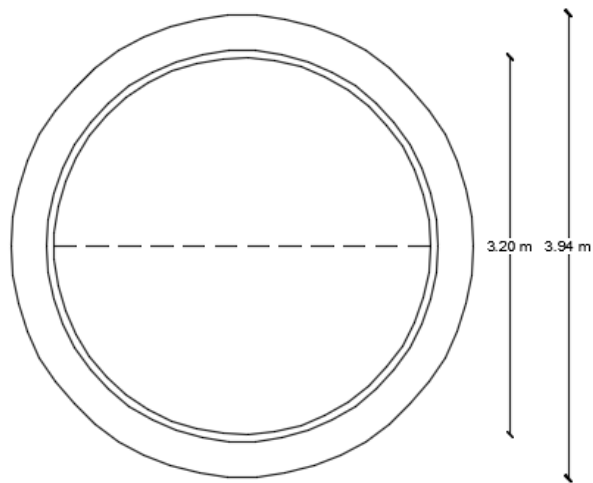
### 3.2.3.3 Filtro Biológico Ascendente

El filtro biológico ascendente recibe el agua residual proveniente del tanque séptico por medio de una tubería de 16 cm de diámetro que se encuentra en la parte inferior de la estructura, es de hormigón armado de forma cilíndrica, cuenta con una pared circular de 7.00 cm de grosor, con un diámetro de 3.20 m, no posee cubierta y almacena 21 m<sup>3</sup> de agua residual, en el interior del tanque se encuentra grava la misma que actúa como medio filtrante del agua residual y un falso fondo conformado de ladrillos y bloques, en la parte inferior se presentan dos tuberías de salida que se encargan de trasladar el agua residual ya tratada al pozo de salida. Las dimensiones del filtro biológico ascendente se encuentran en la tabla 16 y las vistas en la figura 29 y figura 30.

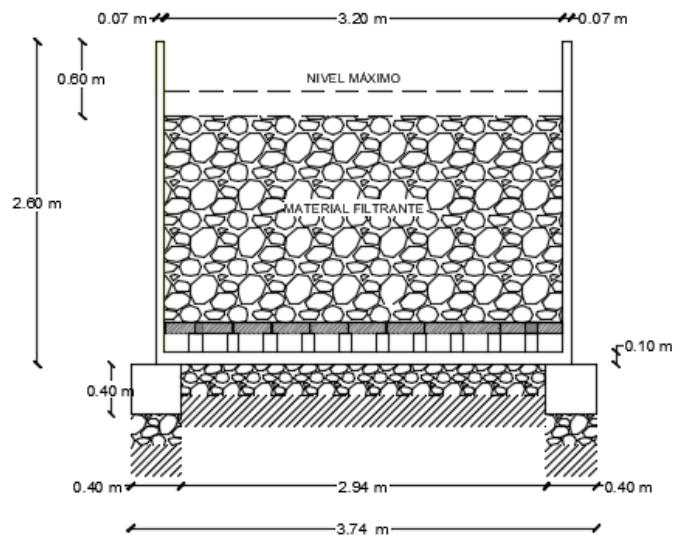
**Tabla 16:** Dimensiones del Filtro Biológico Ascendente.

	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro	3.20	m
Altura	2.60	m
Espesor de Pared	0.07	m
Espesor de Piso	0.10	m

Fuente: Autor.



**Figura 29:** Vista superior del Filtro Biológico Ascendente.  
**Fuente:** Autor.



**Figura 30:** Vista en elevación del Filtro Biológico Ascendente.  
**Fuente:** Autor.

### 3.2.3.4 Lecho de Secado de Lodos

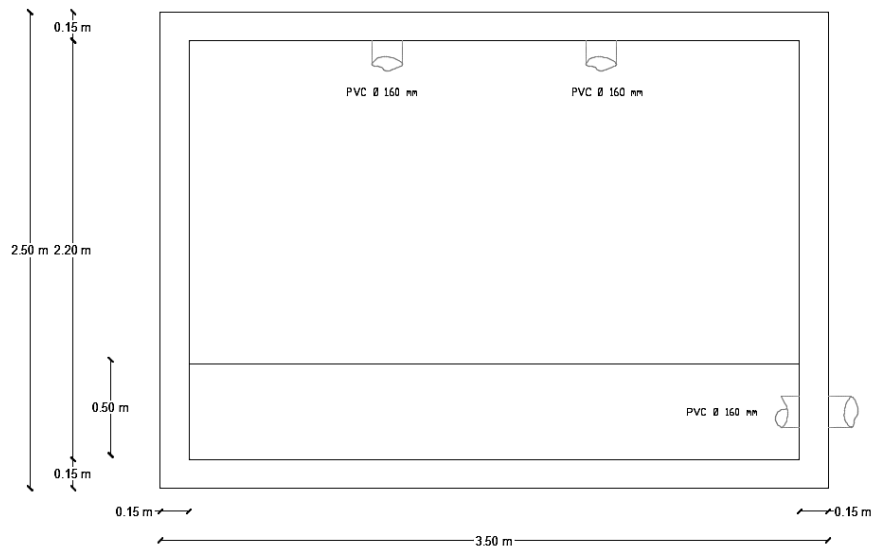
El lecho de sacado de lodos recibe el agua residual proveniente del tanque séptico en un periodo trimestral por medio de dos tuberías de 16 cm de diámetro, es una estructura de forma rectangular construida de hormigón armado, tiene una pendiente de 12% en su piso mismo que traslada el agua residual a un canal rectangular para finalmente dirigirse al

pozo de salida gracias a una tubería de 16 cm de diámetro. Las dimensiones del lecho de secado de locos se encuentran en la tabla 17 y las vistas en la figura 31 y figura 32.

**Tabla 17:** Dimensiones del Lecho de Secado de Lodos.

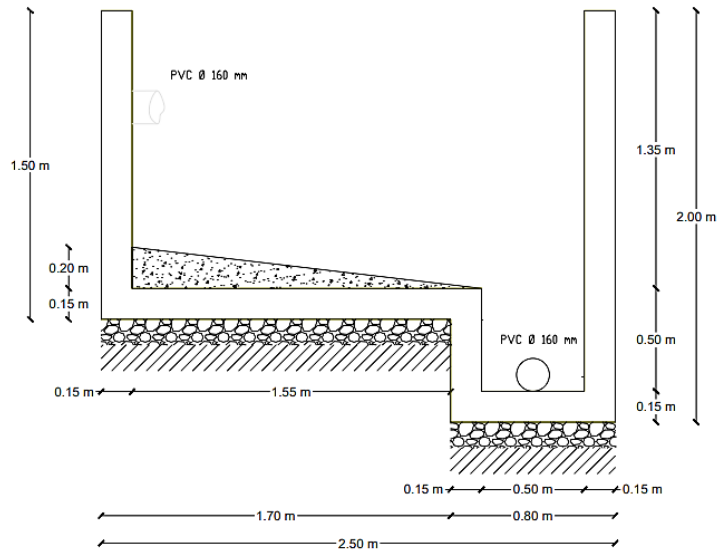
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo	2.50	m
Ancho	3.50	m
Altura	1.50	m
Pendiente	12%	
Anchura del Canal	0.50	m
Altura del Canal	0.50	m
Espesor de Pared	0.15	m
Espesor de Piso	0.15	m

**Fuente:** Autor.



**Figura 31:** Vista superior del Lecho de Secado de Lodos.

**Fuente:** Autor.



**Figura 32:** Vista en elevación del Lecho de Secado de Lodos.  
**Fuente:** Autor.

### **3.2.4 Diagnóstico de la PTAR según su funcionamiento teórico actual**

El caudal empleado para la evaluación de la PTAR de Llimpe Chico es el caudal máximo horario ( $Q_{mh} = 1.287 \text{ lt/s}$ ) debido a que cada componente se le debe evaluar con el flujo más crítico, mismo que se determinó en base a la toma de caudales que se encuentran detallados en la tabla 8. [1]

#### **3.2.4.1 Tratamiento Preliminar**

##### **3.2.4.1.1 Funcionamiento actual del tanque repartidor**

El estado actual del tanque repartidor de caudales no está desempeñando con los parámetros de diseño que fueron determinados para su funcionamiento ya que no cuenta con las rejillas que cumplen con la retención de residuos sólidos grandes lo que provoca una inadecuada circulación del agua residual por las tuberías y una deficiencia de los componentes que continúan con el tratamiento ya que las basuras ingresan directamente, como se puede visualizar en la figura 18, figura 25 y figura 26.

#### **3.2.4.2 Tratamiento Primario**

##### **3.2.4.2.1 Funcionamiento actual del tanque séptico**

Para la ejecución de la evaluación del funcionamiento del tanque séptico se empleó el uso de diferentes tablas que se encuentran en la norma RAS 2000 – Título E, para con ello verificar si las dimensiones iniciales del proyecto cumplen con las dimensiones requeridas en la actualidad. [36]

*Funcionamiento Actual del Tanque Séptico:*

##### **a) Volumen actual de agua residual del tanque séptico ( $\text{m}^3$ ):**

$$V_{ts} = l * b * h$$

Donde:

$l$  = Largo actual del tanque séptico = 6.00 m

$b$  = Ancho actual del tanque séptico = 2.50 m

$h$  = Altura actual del tanque séptico = 2.20 m

$$V_{ts} = l * b * h$$

$$V_{ts} = 6.00m * 2.50 m * 2.20m$$

$$V_{ts} = 33.00 m^3$$

*Funcionamiento Teórico del Tanque Séptico:*

**a) Contribución de aguas residuales (lt/(hab\*días)):**

$$q = C * D_a$$

Donde:

$C$  = Coeficiente de retorno (70 – 80) % = 70%

$D_a$  = Dotación Actual CPE INEN 005 9-1 = 120 lt/(hab\*día) [37]

$$q = C * D_a$$

$$q = 0.70 * 120 \frac{lt}{hab * días}$$

$$q = 84 \frac{lt}{hab * días}$$

**b) Volumen teórico de agua residual del tanque séptico (m<sup>3</sup>):**

$$V_u = 1000 + P_a * [(q * T) + (K * L_f)]$$

Donde:

$P_a$  = Población Actual = 1120 hab

$q$  = Contribución de aguas residuales = 84 lt/hab\*día

$T$  = Tiempo de retención = 0,50 días

$K$  = Acumulación de lodos digeridos = 65 días

$L_f$  = Contribución de lodo fresco = 1 lt/hab\*día

$$V_u = 1000 + P_a * [(q * T) + (K * L_f)]$$

$$V_u = 1000 + 1120 hab * \left[ \left( 84 \frac{lt}{hab * día} * 0,50 días \right) + \left( 65 días * 1 \frac{lt}{hab * día} \right) \right]$$

$$V_u = 1000 + 1120 hab * \left( 107 \frac{lt}{hab} \right)$$

$$V_u = 120840 lt \quad \approx \quad V_u = 120.84 m^3$$



El tanque séptico en la actualidad no se encuentra cumpliendo con los parámetros para su correcto funcionamiento según lo determinado con la norma RAS 2000, ya que no cumple con las dimensiones óptimas para abastecer al volumen útil de agua residual que se encuentra ingresando al tanque séptico, además la estructura actual requiere de una ampliación y un adecuado mantenimiento puesto que las tapas del tanque se encuentran en mal estado y las tuberías están ubicadas sin ningún tipo de protección, como se puede visualizar en la figura 19, figura 27 y figura 28. En la tabla 18 se puede observar un resumen de los datos necesarios para el cálculo y las debidas respuestas que dan a conocer sobre su funcionamiento.

**Tabla 18:** Resumen de cálculo del Tanque Séptico.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>			
<b>Norma RAS 2000</b>			
<b>Datos</b>			
Largo actual del tanque séptico	6.00 m	Contribución de aguas residuales	84 lt/(hab*días)
Ancho actual del tanque séptico	2.50 m	Población actual	1120 hab
Altura actual del tanque séptico	2.20 m	Tiempo de retención	0.50 días
Coefficiente de retorno	70 %	Contribución de lodo fresco	1 lt/(hab*días)
Dotación Actual	120 lt/(hab*días)	Acumulación de lodos dirigidos	65 días
<b>Respuesta</b>			
Volumen actual del tanque séptico	33.00 m <sup>3</sup>	Volumen teórico del tanque séptico	120.84 m <sup>3</sup>

Fuente: Autor.

#### **3.2.4.2.2 Funcionamiento actual del lecho de secado de lodos**

El funcionamiento actual del lecho de secado de lodos se determinó en base al manual OPS 2005 titulado Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización, para verificar si las dimensiones iniciales del proyecto cumplen con las dimensiones requeridas en la actualidad. [38]

*Funcionamiento Actual del Lecho de Secado de Lodos:*

$$Q_{mh} = \text{Caudal Máximo Horario de la PTAR} = 1.287 \text{ lt/s}$$

a) **Área actual del lecho de secado de lodos (m<sup>2</sup>):**

$$A_{ld} = l * a$$

Donde:

$l$  = Largo actual del lecho de secado de lodos = 2.50 m

$a$  = Ancho actual del lecho de secado de lodos = 3.50 m

$$A_{ld} = l * a$$

$$A_{ld} = 2.50m * 3.50m$$

$$A_{ld} = 8.75 m^2$$

*Funcionamiento Teórico del Lecho de Secado de Lodos:*

a) **Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (kg  $\frac{SS}{día}$ ):**

$$C = Q_{mh} * SS * 0.0846$$

Donde:

$SS$  = Sólidos en Suspensión en el agua residual = 596 mg\*SS/l

$$C = Q_{mh} * SS * 0.0846$$

$$C = 1.287 \frac{lt}{s} * 596 \frac{mg}{lt} * 0.0846 \frac{s * kg}{mg * días}$$

$$C = 64.89 kg \frac{SS}{días}$$

b) **Masa de sólidos que forman parte de los lodos (kg  $\frac{SS}{días}$ ):**

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Donde:

$C$  = Carga de sólidos que ingresan al sedimentador = 64.89 kg\*SS/días

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$M_{sd} = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 64.89 kg \frac{SS}{días}\right) + \left(0.5 * 0.3 * 64.89 kg \frac{SS}{días}\right)$$

$$M_{sd} = 21.09 kg \frac{SS}{días}$$

c) **Volumen diario de los lodos digeridos ( $\frac{lt}{días}$ ):**

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * \frac{\% \text{ de sólidos}}{100}}$$

Donde:

$M_{sd}$  = Masa de sólidos que forman parte de los lodos = 21.09 kg\*SS/días

$\rho_{lodo}$  = Densidad de los lodos = 1.04 kg/lit [38]

% de sólidos = % de sólidos contenidos en el lodo (8% a 12%) = 10% [38]

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * \frac{\% \text{ de sólidos}}{100}}$$

$$V_{ld} = \frac{21.09 \text{ kg} \frac{SS}{días}}{1.04 \frac{kg}{lt} * \frac{10\%}{100}}$$

$$V_{ld} = 202.79 \frac{lt}{días}$$

d) **Volumen de lodos a retirar del tanque ( $m^3$ ):**

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

Donde:

$T_d$  = Tiempo de digestión de los lodos = 55 días [38]

$V_{ld}$  = Volumen diario de los lodos digeridos = 202.79 lt/días

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

$$V_{el} = \frac{202.79 \frac{lt}{día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{el} = 11.15 m^3$$

e) **Área Teórica del lecho de secado de lodos ( $m^2$ ):**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Donde:

$H_a$  = Profundidad de aplicación del lecho de secado de lodos = 0.50 m

$V_{el}$  = Volumen de lodos a retirar del tanque = 11.15  $m^3$

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

$$A_{ls} = \frac{11.15 \text{ m}^3}{0.50 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 22.30 \text{ m}^2$$

El lecho de secado de lodos en la actualidad no se encuentra cumpliendo con los parámetros para su correcto funcionamiento según lo determinado con el manual OPS 2005 ya que las dimensiones actuales como se ve en la figura 31 y figura 32 no proveen del espacio necesario para su correcto funcionamiento, además incumple con la norma TULSMA 2015 ya que presenta valores muy alto con respecto a sus límites máximos, por tal motivo la estructura requiere de una ampliación, como se puede visualizar en la figura 21. En la tabla 19 se puede observar un resumen de los datos necesarios para el cálculo y las debidas respuestas que dan a conocer sobre su funcionamiento.

**Tabla 19:** Resumen de cálculo del Lecho de Secado de Lodos.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>			
<b>Norma OPS 2005</b>			
<b>Datos</b>			
Largo actual del secado de lodos	2.50 m	Densidad de los lodos	1.04 kg/lt
Ancho actual del secado de lodos	3.50 m	% de sólidos contenidos en el lodo	10%
Caudal de Diseño	1.287 lt/s	Tiempo de digestión	55 días
Sólidos en Suspensión	596 mg SS/lt	Profundidad de aplicación del secado de lodos	0.50 m
<b>Respuesta</b>			
Área Actual del secado de lodos	8.75 m <sup>2</sup>	Área Teórica del secado de lodos	22.30 m <sup>2</sup>

**Fuente:** Autor.

### 3.2.4.3 Tratamiento Secundario

#### 3.2.4.3.1 Funcionamiento actual del filtro biológico ascendente

El funcionamiento actual del filtro biológico ascendente se llevó a cabo mediando el uso del manual CONAGUA 2015 titulada Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, para con ello verificar si las dimensiones iniciales del proyecto cumplen con las dimensiones requeridas en la actualidad. [39]

*Funcionamiento Actual del filtro biológico ascendente:*

$$Q_{mh} = \text{Caudal Máximo Horario de la PTAR} = 1.287 \text{ lt/s} = 111.20 \text{ m}^3/\text{días}$$

$$S_o = \text{Concentración de } DBO_5 \text{ en el agua residual} = 0.452 \text{ kg} \cdot DBO_5/\text{m}^3$$

**a) Altura del material filtrante (m):**

$$h_{mf} = H - b - d$$

Donde:

$$H = \text{Altura total del filtro} = 2.60 \text{ m}$$

$$b = \text{Altura del borde libre} = 0.60 \text{ m}$$

$$d = \text{Altura del bajo dren} = 0.30 \text{ m}$$

$$h_{mf} = H - b - d$$

$$h_{mf} = 2.60\text{m} - 0.60\text{m} - 0.30\text{m}$$

$$h_{mf} = 1.70 \text{ m}$$

**b) Área superficial del filtro biológico (m<sup>2</sup>):**

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

Donde:

$$D = \text{Diámetro del Filtro Biológico} = 3.20 \text{ m}$$

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

$$A_f = \frac{\pi * 3.20\text{m}^2}{4}$$

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

c) **Volumen total actual del material filtrante (m<sup>3</sup>):**

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

Donde:

$$h_{mf} = \text{Altura del material filtrante} = 1.70 \text{ m}$$

$$A_f = \text{Área superficial del filtro} = 8.04 \text{ m}^2$$

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

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

$$V_{mf} = 13.67 \text{ m}^3$$

d) **Volumen total actual del filtro biológico (m<sup>3</sup>):**

$$V_f = H * A_f$$

Donde:

$$H = \text{Altura total del filtro} = 2.60 \text{ m}$$

$$A_f = \text{Área superficial del filtro} = 8.04 \text{ m}^2$$

$$V_f = H * A_f$$

$$V_f = 2.60\text{m} * 8.04\text{m}^2$$

$$V_f = 20.90 \text{ m}^3$$

e) **Carga Orgánica Volumétrica del material filtrante (kg de DBO/(m<sup>3</sup>\*días)):**

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

Donde:

$$V_{mf} = \text{Volumen total actual del material filtrante} = 13.67 \text{ m}^3$$

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

$$COV_{mf} = \frac{111.20 \frac{\text{m}^3}{\text{días}} * 0.452 \text{ kg} * \frac{\text{DBO}_5}{\text{m}^3}}{13.67 \text{ m}^3}$$

$$COV_{mf} = 3.68 \text{ kg de } \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3 * \text{días}}$$

**f) Tiempo de Retención Hidráulica (horas):**

$$TRH = \frac{V_{mf}}{Q_{mh}}$$

Donde:

$$V_{mf} = \text{Volumen total actual del material filtrante} = 13.67 \text{ m}^3$$

$$TRH = \frac{V_{mf}}{Q_{mh}}$$

$$TRH = \frac{13.67 \text{ m}^3}{111.20 \frac{\text{m}^3}{\text{días}}}$$

$$TRH = 0.12 \text{ días} \quad \approx \quad TRH = 2.88 \text{ horas}$$

El tiempo de retención hidráulica del actual filtro biológico ascendente no se encuentra dentro del rango de 4 a 10 horas como lo determina la norma por tal dicha estructura está trabajando de forma ineficiente.

**g) Eficiencia de remoción esperada (%):**

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

Donde:

$$TRH = \text{Tiempo de Retención Hidráulica} = 2.88 \text{ horas}$$

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

$$E = 100[1 - 0.87 * (2.88 \text{ horas})^{-0.5}]$$

$$E = 48.73\%$$

*Funcionamiento Teórico del filtro biológico ascendente:*

$$Q_{mh} = \text{Caudal Máximo Horario de la PTAR} = 1.287 \text{ lt/s} = 111.20 \text{ m}^3/\text{días}$$

$$S_o = \text{Concentración de } DBO_5 \text{ en el agua residual} = 0.452 \text{ kg} * DBO_5/\text{m}^3$$

**a) Área superficial teórica del filtro biológico (m<sup>2</sup>):**

$$A_f = \frac{Q_{mh}}{CHS}$$

Donde:

$CHS = \text{Carga Hidráulica Superficial (10-15 m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{días))} = 12.50 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{días})$  [39]

$$A_f = \frac{Q_{mh}}{CHS}$$
$$A_f = \frac{111.20 \frac{\text{m}^3}{\text{días}}}{12.50 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{días}}}$$
$$A_f = 8.90 \text{ m}^2$$

**b) Volumen teórico del material filtrante (m<sup>2</sup>):**

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

Donde:

$TRH = \text{Tiempo de retención hidráulica (4-10 horas)} = 7 \text{ horas}$  [39]

$$V_{mf} = THR * Q_{mh}$$
$$V_{mf} = 0.29 \text{ días} * 111.20 \frac{\text{m}^3}{\text{días}}$$
$$V_{mf} = 32.25 \text{ m}^3$$

El del filtro biológico ascendente en la actualidad como se puede visualizar en la figura 20 no se encuentra cumpliendo con los parámetros para su correcto funcionamiento según lo determinado con el manual de diseño del CONAGUA 2015, sin embargo, para ejercer un funcionamiento eficaz se requiere de un adecuado mantenimiento y una ampliación de la estructura ya que las dimensiones actuales como se puede ver en la figura 29 y figura 30 no proporcionan el volumen adecuado para tratar el agua residual.

En la tabla 20 se puede observar un resumen de los datos necesarios para el cálculo y las debidas respuestas que dan a conocer sobre su funcionamiento.



**Tabla 20:** Resumen de cálculo del Filtro Biológico Ascendente.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>			
<b>Manual CONAGUA 2015</b>			
<b>Datos</b>			
Altura total del filtro	2.60 m	Caudal Máximo Horario	1.287 lt/s
Altura del borde libre	0.60 m	Concentración de DBO	452 mg*DBO <sub>5</sub> /lt
Altura del bajo dren	0.30 m	Carga Hidráulica Superficial	12.5 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> *días)
Diámetro del Filtro	3.20 m	Carga orgánica en el material filtrante	0.75 kg*DBO <sub>5</sub> /(m <sup>3</sup> *días)
<b>Respuesta</b>			
Área superficial actual del filtro biológico	8.04 m <sup>2</sup>	Volumen total actual del material filtrante	13.67 m <sup>3</sup>
Área superficial teórica del filtro biológico	8.90 m <sup>2</sup>	Volumen teórico del material filtrante	32.25 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Autor

Los planos del diseño actual de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales de la comunidad de Llimpe Chico se encuentran en el plano 1/3 de los Anexos B – Planos.

### 3.3 Verificación de Hipótesis

Las aguas residuales que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Llimpe Chico del cantón Quero de la provincia de Tungurahua contienen un alto índice de concentración de solidos suspendidos mismo que provocan un incremento en el DBO<sub>5</sub> y DQO como se muestra en la tabla 11, lo cual no cumple con los límites establecidos en el TULSMA 2015 como se puede visualizar en la tabla 3 y tabla 11, del mismo modo se establece que los diferentes procesos unitarios que intervienen en el tratamiento de la PTAR no están cumpliendo la función de remover los contaminantes que se encuentran en el agua residual por tal motivo se evidencia con certeza un mal funcionamiento de la PTAR

La evaluación actual del estado en el que se encuentra la PTAR evidenció la hipótesis de trabajo, con ayuda de la información obtenida se establece que el estado actual del funcionamiento es inadecuado como se muestra en la tabla 21.

**Tabla 21:** Verificación del Funcionamiento de la PTAR de Llimpe Chico.

VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR			
Componente	Cumple	Funcionamiento	Verificación
Tanque Repartidor	NO	El tanque repartidor dentro de la PTAR no cuenta con las rejillas que cumplen con la retención de residuos lo que provoca una inadecuada circulación.	Retención inadecuada
Tanque Séptico	NO	El tanque séptico en la actualidad con sus dimensiones iniciales no abastecen al volumen que actualmente ingresa a la PTAR.	Actual $V_{ts} = 33.00 \text{ m}^3$ Teórico $V_{ts} = 120.84 \text{ m}^3$
Filtro Biológico Ascendente	NO	El del filtro biológico ascendente no cumple con los parámetros para su correcto funcionamiento, ya que las dimensiones de la estructura no abastecen el volumen teórico.	Actual $V_{mf} = 13.67 \text{ m}^3$ Teórico $V_{mf} = 32.25 \text{ m}^3$
Lecho de Secado de Lodos	NO	El lecho de secado de lodos presenta valores muy alto con respecto a sus límites máximos del TULSMA 2015 y a sus dimensiones, por lo cual este componente requiere de una previa ampliación.	Actual $A_{ld} = 8.75 \text{ m}^2$ Teórico $A_{ld} = 22.30 \text{ m}^2$

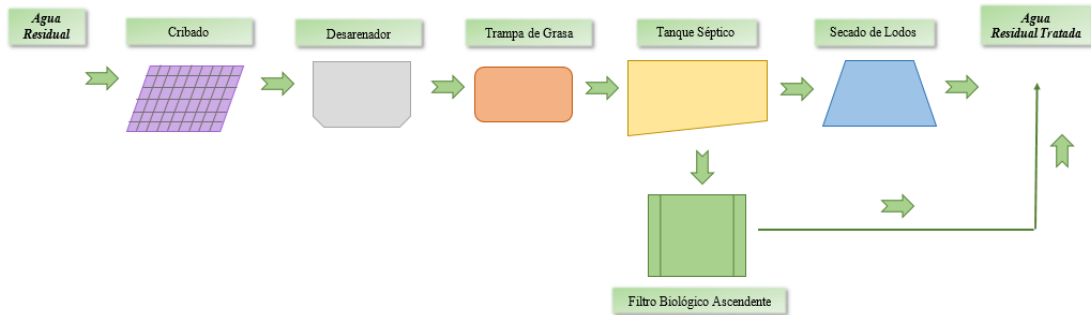
Fuente: Autor

### 3.4 Propuesta de mejora de la PTAR de Llimpe Chico

En base a los ensayos obtenidos del agua residual que ingresa y sale de la PTAR de Llimpe Chico y a la evaluación actual de su funcionamiento, se determinó que para mejorar el tratamiento del agua residual se debe implementar un cribado el cual se encarga de retener las partículas muy grandes y pesadas que se encuentran en el agua residual para no ocasionar problemas en los procesos que continúan con el tratamiento, un desarenador para detener la circulación de arena, semillas u otros residuos de similar tamaño y la trampa de grasas que cumple la función de retardar el flujo del agua residual para separar las grasas y el agua, lo cual permite que la grasa flote en la superficie y los desechos más pesados se puedan depositar en el fondo de la estructura, también, esto ayudará en la reducción del  $\text{DBO}_5$ , DQO, Sólidos Suspendidos y Aceites y Grasas ya que no habrá gran presencia de residuos sólidos grandes.

El nuevo proceso de tratamiento que se debe adoptar para la mejora de la PTAR de Llimpe Chico cuenta con los siguientes componentes; Cribado, Desarenador, Trampa de Grasas,

Tanque Séptico, Filtro Biológico Ascendente y Secado de Lodos mismo que se puede visualizar en la figura 33.



**Figura 33:** Esquema de la propuesta de mejora de la PTAR.  
Fuente: Autor

Las unidades de tratamientos que serán empleados para el nuevo proceso cumplirán con el porcentaje de remoción teórica de contaminantes para mejorar la eliminación de constituyentes dentro del agua residual como se puede observar en la tabla 22.

**Tabla 22:** Remoción teórica de contaminantes para el tratamiento - propuesta de mejora.

Unidades de Tratamiento	Rendimiento de Eliminación del Constituyente, Porcentaje					
	DBO <sub>5</sub>	DQO	SS	PB	N-ORG C	NH <sub>3</sub> -N
Rejas de barras	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Desarenadores	0-5 d	0-5 d	0-10 d	nulo	nulo	nulo
Fangos Activados (Proceso Convencional)	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Filtros Precolados						
Alta carga, Medio Pétreo	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
<b>Remoción Total Teórica</b>	<b>99.05%</b>	<b>97.15%</b>	<b>98.65%</b>	<b>34.00%</b>	<b>75.00%</b>	<b>27.75%</b>

Fuente: Autor

### 3.4.1 Diseño de las nuevas unidades de tratamiento de la PTAR de Llimpe Chico

El caudal que se empleó en el diseño de las nuevas unidades de tratamiento de la PTAR de Llimpe Chico se efectuó en base a la NORMA CO 10.7-602 y en la determinación de la población a futuro con un periodo de diseño de 20 años. [40]

#### *Determinación de la población a futuro de la PTAR*

La población futura del cantón Quero se determinó de acuerdo a los datos estadísticos del INEC en el periodo 1990-2010 y al método geométrico mismo que nos entrega un valor más representativo de la población futura. [41] [37]

#### – Índice de crecimiento poblacional

$$r = \left( \frac{Pf}{Pa} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde:

$Pa$  = Población Actual = 15997 hab

$Pf$  = Población Futura = 18187 hab

$n$  = Intervalo de tiempo = 11 años

$$r = \left( \frac{Pf}{Pa} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$r = \left( \frac{18187 \text{ hab}}{15997 \text{ hab}} \right)^{\frac{1}{11}} - 1$$

$$r = 0.0117 * 100$$

$$r = 1.17 \%$$

**Tabla 23:** Índice de Crecimiento Poblacional.

Año censal	Población (habitantes)	Intervalo de tiempo n (años)	Índice de crecimiento r (%)
1990	15997	11	1.17
2001	18187	9	0.61
2010	19205		
<b>Promedio</b>			0.89

Fuente: Autor.

Como el índice de crecimiento población es inferior al 1% se recomienda tomar el índice de crecimiento población de acuerdo a la región geográfica en donde se encuentra el proyecto (Región Sierra 1%).

– **Población a futuro (hab):**

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

Donde:

$Pa$  = Población Actual = 1120 hab

$r$  = Índice de crecimiento poblacional con el método geométrico = 1.00%

$n$  = Periodo de diseño de la PTAR = 20 años

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

$$Pf = 1120 \text{ hab} * (1 + 0.01)^{20}$$

$$Pf = 1367 \text{ hab}$$

Debido a que la población a lo largo de los años aumenta también aumentara la dotación de aguas potable por ende se determinó una dotación futura para los años que se realiza el diseño de la PTAR de la Comunidad de Llimpe Chico.

– **Dotación Futura (lt/(hab\*días):**

$$D_f = D_a + 1 \frac{lt}{hab * días} * n$$

Donde:

$D_a$  = Dotación Actual norma CPE INEN 005 9-1 = 120 lt/hab/día [37]

$n$  = Periodo de diseño de la PTAR = 20

$$D_f = D_a + 1 \frac{lt}{hab * días} * n$$

$$D_f = 120 \frac{lt}{hab * días} + 1 \frac{lt}{hab * días} * 20$$

$$D_f = 140 \frac{lt}{hab * días}$$

– **Caudal Medio Diario Futuro (lt/s):**

$$Q_{mdf} = \frac{D_f * P_f}{86400 \text{ s}}$$

Donde:

$D_f$  = Dotación Futura = 140 lt/hab/día

$P_f$  = Población Futura= 1367 hab

$$Q_{mdf} = \frac{D_f * P_f}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{mdf} = \frac{140 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}} * 1367 \text{ hab}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{mdf} = 2.215 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

– **Caudal Medio Diario Sanitario Futuro (lt/s):**

$$Q_{msf} = C * Q_{mdf}$$

Donde:

$C$  = Coeficiente de retorno (70 – 80) % = 70%

$Q_{mdf}$  = Caudal Medio Diario Futuro = 2.215 lt/s

$$Q_{msf} = C * Q_{mdf}$$

$$Q_{msf} = 0.7 * 2.215 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$Q_{msf} = 1.551 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

– **Factor de Mayoración**

El factor de Mayoración en basa en la norma RAS 2000 – Título D y en la ecuación de HARMON se emplea para sectores mayores a 1000 habitantes. [42]

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

Donde:

$P_f$  = Población Futura en miles = 1.367 hab

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

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + 1.367^{0.5})}$$

$$F = 3.70$$

$$2 \leq M \leq 3.80$$

$$2 \leq 3.70 \leq 3.80 \quad OK$$

– **Caudal Máximo Horario Sanitario Futuro (lt/s):**

$$Q_{mhf} = F * Q_{msf}$$

Donde:

$F$  = Factor de Mayoración = 3.70

$Q_{msf}$  = Caudal Medio Diario Sanitario Futuro = 1.551 lt/s

$$Q_{mhf} = F * Q_{msf}$$

$$Q_{mhf} = 3.70 * 1.551 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{mhf} = 5.739 \frac{lt}{s}$$

– **Caudal de Conexiones Erradas (lt/s):**

$$Q_e = (5 - 10)\% * Q_{mhf}$$

Donde:

$Q_{mhf}$  = Caudal Máximo Horario Sanitario Futuro = 5.736 lt/s

$$Q_e = 10\% * Q_{mhf}$$

$$Q_e = 10\% * 5.739 \frac{lt}{s}$$

$$Q_e = 0.574 \frac{lt}{s}$$

– **Caudal de Infiltración (lt/s):**

$$Q_i = k * L$$

Donde:

$k$  = Coeficiente de Infiltración (Hormigón Simple) = 0.0005 lt/(s\*m)

$L$  = Longitud Total = 3379 m [16]

$$Q_i = I * L$$

$$Q_i = 0.0005 \frac{lt}{s * m} * 3379 m$$

$$Q_i = 1.690 \frac{lt}{s}$$

– **Caudal de Diseño (lt/s):**

$$Q_D = Q_{mhf} + Q_e + Q_i$$

Donde:

$Q_{mhf}$  = Caudal Máximo Horario Sanitario Futuro = 5.739 lt/s

$Q_e$  = Caudal de Conexiones Erradas = 0.574 lt/s

$Q_i$  = Caudal de Infiltración = 1.690 lt/s

$$Q_D = Q_{mhf} + Q_e + Q_i$$

$$Q_D = 5.739 \frac{lt}{s} + 0.574 \frac{lt}{s} + 1.690 \frac{lt}{s}$$

$$Q_D = 8.003 \frac{lt}{s}$$

### 3.4.1.1 Tratamiento Preliminar

#### 3.4.1.1.1 Diseño del Canal de Llegada

El canal de llegada es la estructura que se encarga de recibir el agua residual proveniente del alcantarillado, se recomienda que el canal sea rectangular abierto:

*Diseño del canal de entrada:*

$$Q_D = \text{Caudal de Diseño de la PTAR} = 8.003 \text{ lt/s} = 0.008 \text{ m}^3/\text{s}$$

La estructura del canal de llegada estará compuesta de hormigón simple por lo cual se usa un coeficiente de rugosidad de 0.013 según la norma CPE INEN 005 9-1. [37]

El ancho de canal de llegada debe ser  $> 0.30 \text{ m}$  y  $< 0.70 \text{ m}$ , debe poseer una pendiente  $\geq 0.5 \%$  y la velocidad debe encontrarse dentro del rango de  $0.6 \text{ m/s} - 3.0 \text{ m/s}$  lo cual evitara que exista sedimentación de los materiales en el canal como lo establece la Manual de Depuración Uralita. [43]



a) **Tirante hidráulico del canal (m):**

$$Q_D = \frac{1}{n} * A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{MANNING}$$

$$\left( \frac{Q_D * n}{\frac{1}{S^{\frac{1}{2}}}} \right)^3 = \frac{(b * y)^5}{(b + 2 * y)^2}$$

Donde:

$S$  = Pendiente asumida = 0.01

$n$  = Coeficiente de rugosidad = 0.013

$b$  = Base asumida = 0.30 m

$$\left( \frac{Q_D * n}{\frac{1}{S^{\frac{1}{2}}}} \right)^3 = \frac{(b * y)^5}{(b + 2 * y)^2}$$

$$\left( \frac{0.008 \frac{m^3}{s} * 0.013}{0.01^{\frac{1}{2}}} \right)^3 = \frac{(0.30m * y)^5}{(0.30m + 2 * y)^2}$$

$$y = 0.04 \text{ m}$$

b) **Radio hidráulico (m):**

$$Rh = \frac{b * y}{b + 2 * y}$$

Donde:

$b$  = Ancho del canal = 0.30 m

$y$  = Tirante hidráulico del canal = 0.04 m

$$Rh = \frac{b * y}{b + 2 * y}$$

$$Rh = \frac{0.30m * 0.04m}{0.30m + 2 * 0.04m}$$

$$Rh = 0.03 \text{ m}$$

c) **Velocidad de avance del flujo del canal (m/s):**

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$S$  = Pendiente asumida = 0.01

$n =$  Coeficiente de rugosidad = 0.013

$Rh =$  Radio hidráulico del canal = 0.03 m

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$
$$V = \frac{1}{0.013} * (0.03m)^{\frac{2}{3}} * (0.01)^{\frac{1}{2}}$$
$$V = 0.74 \frac{m}{s} \quad OK$$

**d) Altura total del canal (m):**

$$h = y + b_l$$

Donde:

$b_l =$  Borde libre del canal = 0.30 m [44]

$y =$  Tirante hidráulico del canal = 0.04 m

$$h = y + b_l$$

$$h = 0.04m + 0.30m$$

$$h = 0.34 m$$

Para un adecuado mantenimiento la medida de la altura será:

$$h = 0.40 m$$

**Tabla 24:** Dimensiones propuestas del canal de entrada.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>		
<b>Manual de Depuración Uralita</b>		
<b>Dimensiones Propuestas</b>		
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo	1.00	m
Ancho	0.30	m
Altura	0.40	m
Espesor de Paredes	0.15	m
Espesor de Piso	0.10	m

**Fuente:** Autor.

### 3.4.1.1.2 Diseño del cribado

El diseño del cribado se llevó a cabo mediando el uso del manual CONAGUA 2015 titulada Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario, para determinar las dimensiones propuestas. [45]

*Diseño de cribado:*

$$Q_D = \text{Caudal de Diseño de la PTAR} = 8.003 \text{ lt/s} = 0.008 \text{ m}^3/\text{s}$$

**a) Área del canal de entrada (m<sup>2</sup>):**

$$A = W * h$$

Donde:

$$W = \text{Ancho del canal de entrada} = 0.30 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura del tirante hidráulico} = 0.04 \text{ m}$$

$$A = W * h$$

$$A = 0.30\text{m} * 0.04\text{m}$$

$$A = 0.012 \text{ m}^2$$

**b) Velocidad antes de la rejilla (m/s):**

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

Donde:

$$A = \text{Área del canal de entrada} = 0.012 \text{ m}^2$$

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

$$V = \frac{0.008 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.012 \text{ m}^2}$$

$$V = 0.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**c) Longitud de la rejilla (m):**

$$L = \frac{h + h_b}{\text{sen}(\theta)}$$

Donde:

$$h = \text{Altura del tirante hidráulico} = 0.04 \text{ m}$$

$$h_b = \text{Borde libre del canal} = 0.30 \text{ m}$$

$$\theta = \text{Ángulo de inclinación} = 45^\circ$$

$$L = \frac{h + h_b}{\text{sen}(\theta)}$$

$$L = \frac{0.04\text{m} + 0.30\text{m}}{\text{sen}(45^\circ)}$$

$$L = \mathbf{0.48 \text{ m}}$$

La longitud de la varilla será de 0.55m para que se encuentre a la altura del canal.

**d) Número de barras:**

$$n = \frac{W - C}{C + d_b}$$

Donde:

$$W = \text{Ancho del canal de entrada} = 0.30 \text{ m}$$

$$C = \text{Claro de barras (apertura) - limpieza manual} = 0.025 \text{ m}$$

$$d_b = \text{Espesor de la barra} = 0.02 \text{ m}$$

$$n = \frac{W - C}{C + d_b}$$

$$n = \frac{0.30\text{m} - 0.025\text{m}}{0.025\text{m} + 0.02\text{m}}$$

$$n = \mathbf{6.11} \quad \approx \quad n = \mathbf{7 \text{ espacios}}$$

$$\text{número de barras} = n - 1$$

$$\text{número de barras} = 7 - 1$$

$$\text{número de barras} = \mathbf{6 \text{ barras}}$$

**e) Velocidad de acercamiento, aguas arriba (m/s):**

$$V_a = \frac{Q_D}{(W + d_b) * h}$$

Donde:

$$W = \text{Ancho del canal de entrada} = 0.30 \text{ m}$$

$$d_b = \text{Espesor de la barra} = 0.02 \text{ m}$$

$h =$  Altura del tirante hidráulico = 0.04 m

$$V_a = \frac{Q_D}{(W + d_b) * h}$$
$$V_a = \frac{0.008 \frac{m^3}{s}}{(0.30m + 0.02m) * 0.04m}$$
$$V_a = 0.63 \frac{m}{s}$$

**f) Velocidad a través de las rejillas (m/s):**

$$A_r = n * d_b * h$$

Donde:

$A_r =$  Área de las rejillas

$n =$  Número de barras = 6 barras

$d_b =$  Espesor de la barra = 0.02 m

$h =$  Altura del tirante hidráulico = 0.04 m

$$A_r = n * d_b * h$$
$$A_r = 6 * 0.02m * 0.04m$$
$$A_r = 0.0048 m^2$$

$$V_r = \frac{Q_D}{A - A_r}$$

Donde:

$A_r =$  Área de las rejillas = 0.0048 m<sup>2</sup>

$A =$  Área del canal de entrada = 0.012 m<sup>2</sup>

$$V_r = \frac{Q_D}{A - A_r}$$
$$V_r = \frac{0.008 \frac{m^3}{s}}{0.012 m^2 - 0.0048m^2}$$
$$V_r = 1.11 \frac{m}{s}$$

**g) Pérdida hidráulica (m):**

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left( \frac{V_r^2 - V_a^2}{2 * g} \right)$$

Donde:

$V_r$  = Velocidad a través de las rejillas = 1.11 m/s

$V_a$  = Velocidad de acercamiento, aguas arriba = 0.63 m/s

$g$  = Gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left( \frac{V_r^2 - V_a^2}{2 * g} \right)$$

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left( \frac{\left(1.11 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(0.63 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_L = 0.060 \text{ m} \quad \approx \quad h_L = 60 \text{ mm}$$

**h) Arreglo de barras:**

- Ancho del canal = 0.30 m
- 6 barras de 0.02 m de espesor = 0.12 m
- 7 espacios de 0.025 m = 0.18 m
- 0.295 m < 0.30 m, se recomienda asignar 0.25 cm a cada lado.

**Tabla 25:** Dimensiones propuestas del cribado.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>		
<b>Manual CONAGUA 2015</b>		
<b>Dimensiones Propuestas</b>		
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Longitud de la rejilla	0.55	m
Número de barras	6	
Ángulo de inclinación	45°	
Tamaño de barras	0.02	m
Número de espacios	7	
Tamaño de espacios	0.025	m

**Fuente:** Autor.

### 3.4.1.1.3 Diseño del desarenador

El diseño del desarenador se llevó a cabo mediando el uso del manual OPS 2005 titulada Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, para determinar las dimensiones propuestas. [46]

*Diseño de desarenador:*

$$Q_D = \text{Caudal de Diseño de la PTAR} = 8.003 \text{ lt/s} = 8003 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$g = \text{Gravedad} = 981 \text{ cm/s}^2$$

**a) Velocidad de sedimentación (m/s):**

$$V_s = \frac{1}{18} * g * \left( \frac{p_s - 1}{n} \right) * d^2$$

Donde:

$$p_s = \text{Densidad relativa de la arena} = 2.65$$

$$T = \text{Temperatura del agua} = 15^\circ\text{C}$$

$$n = \text{Viscosidad cinemática del agua} = 1.1457 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s} \text{ [46]}$$

$$d = \text{Diámetro de las partículas} = 0.2 \text{ mm} = 0.02 \text{ cm}$$

$$V_s = \frac{1}{18} * g * \left( \frac{p_s - 1}{n} \right) * d^2$$

$$V_s = \frac{1}{18} * 981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} * \left( \frac{2.65 - 1}{1.1457 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}} \right) * (0.02 \text{ cm})^2$$
$$V_s = 3.14 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

**b) Revisión del número de Reynolds:**

$$R_e = \frac{V_s * d}{n}$$

Donde:

$$V_s = \text{Velocidad de sedimentación} = 3.14 \text{ cm/s}$$

$$n = \text{Viscosidad cinemática del agua} = 1.1457 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s} \text{ [46]}$$

$$d = \text{Diámetro de las partículas} = 0.2 \text{ mm} = 0.02 \text{ cm}$$

$$R_e = \frac{V_s * d}{n}$$

$$R_e = \frac{3.14 \frac{cm}{s} * 0.02cm}{1.1457 \times 10^{-2} \frac{cm^2}{s}}$$

$$R_e = 5.48 > 0.5$$

No está dentro de la zona de la ley de Stokes, por lo cual se debe realizar un ajuste.

**c) Reajuste en función del diámetro de las partículas:**

$$\left[ \frac{g * (p_s - 1)}{n^2} \right]^{\frac{1}{3}} * d$$

$$\left[ \frac{981 \frac{cm}{s^2} * (2.65 - 1)}{\left(1.1457 \times 10^{-2} \frac{cm^2}{s}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} * 0.02cm = 4.62$$

**d) Reajuste en función de la velocidad de sedimentación:**

$$V_s = 1 * [g * (p_s - 1) * n]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 1 * \left[ 981 \frac{cm}{s^2} * (2.65 - 1) * 1.1457 \times 10^{-2} \frac{cm^2}{s} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 2.65 \frac{cm}{s}$$

**e) Revisión del número de Reynolds reajustado:**

$$R_e = \frac{V_s * d}{n}$$

Donde:

$V_s$  = Velocidad de sedimentación = 2.65 cm/s

$n$  = Viscosidad cinemática del agua =  $1.1457 \times 10^{-2}$  cm<sup>2</sup>/s [46]

$d$  = Diámetro de las partículas = 0.2 mm = 0.02 cm

$$R_e = \frac{V_s * d}{n}$$

$$R_e = \frac{2.65 \frac{cm}{s} * 0.02cm}{1.1457 \times 10^{-2} \frac{cm^2}{s}}$$



$$R_e = 4.63$$

Se encuentra en la zona de transición – Ley de Allen.

f) **Coefficiente de arrastre:**

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

Donde:

$$R_e = \text{Número de Reynolds} = 4.63$$

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

$$C_D = \frac{24}{4.63} + \frac{3}{\sqrt{4.63}} + 0.34$$

$$C_D = 6.92$$

g) **Reajuste de la Velocidad de sedimentación (m/s):**

$$V_s' = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} * (p_s - 1) * d}$$

Donde:

$$C_D = \text{Coeficiente de arrastre} = 6.92$$

$$p_s = \text{Densidad relativa de la arena} = 2.65$$

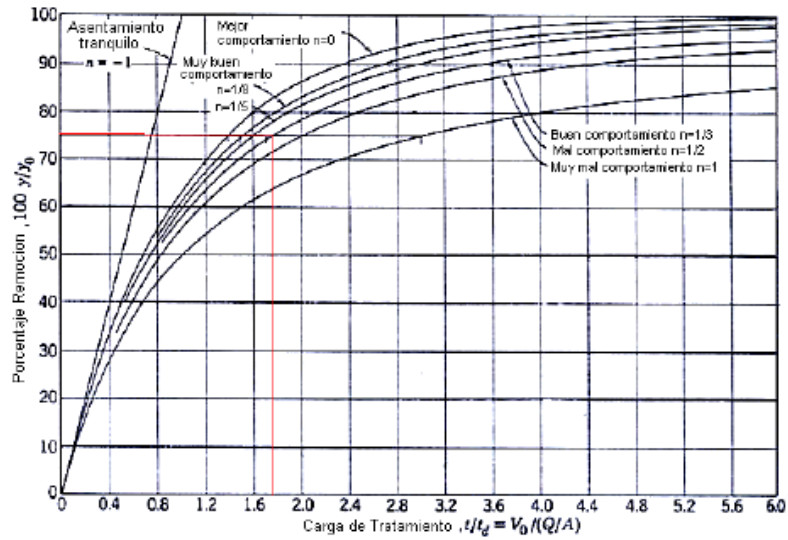
$$d = \text{Diámetro de las partículas} = 0.2 \text{ mm} = 0.02 \text{ cm}$$

$$V_s' = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} * (p_s - 1) * d}$$

$$V_s' = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981 \frac{cm}{s^2}}{6.92} * (2.62 - 1) * 0.02 cm}$$

$$V_s' = 2.50 \frac{cm}{s}$$

Para este caso se asume un 75% de eficiencia, de acuerdo a la figura 34 se adopta 1,75 como coeficiente de seguridad.



**Figura 34:** Curvas de Comportamiento.

Fuente: OPS 2005 – Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentadores. [46]

**h) Área superficial (m<sup>2</sup>):**

$$A_s = \left( \frac{Q_D * coef. segur.}{V_s'} \right)$$

Donde:

*coef. segur.* = Coeficiente de seguridad = 1.75

$V_s'$  = Velocidad de sedimentación reajustada = 2.50 cm/s

$$A_s = \left( \frac{Q_D * coef. segur.}{V_s'} \right)$$

$$A_s = \left( \frac{8003 \frac{cm^3}{s} * 1.75}{2.50 \frac{cm}{s}} \right)$$

$$A_s = 5602.10 \text{ cm}^2 \approx A_s = 0.56 \text{ cm}^2$$

**i) Dimensiones respecto al diseño (m):**

Misma altura del canal de llegada

$$h = 0.40 \text{ m}$$

$$b = 0.45 \text{ m}$$

Verificación del ancho y altura de la cámara de sedimentación

$$0.8 \leq \frac{h}{b} \leq 1$$

$$0.8 \leq \frac{0.40 \text{ m}}{0.45 \text{ m}} \leq 1$$

$$0.8 \leq 0.89 \leq 1 \quad \text{OK}$$

$$L = 4.50 \text{ m}$$

Verificación del largo de la cámara de sedimentación

$$10 \leq \frac{L}{b} \leq 20$$

$$10 \leq \frac{4.50 \text{ m}}{0.45 \text{ m}} \leq 20$$

$$10 \leq 10 \leq 20 \quad \text{OK}$$

**j) Periodo de retención (s):**

$$P_r = \frac{V}{Q_D}$$

Donde:

$$V = \text{Volumen del tanque de sedimentación} = 1.80 \text{ m}^3$$

$$P_r = \frac{V}{Q_D}$$

$$P_r = \frac{1.51 \text{ m}^3}{0.008 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$P_r = 225 \text{ s}$$

**k) Longitud del tramo de transición (m):**

$$L_t = \frac{b - h}{2 * \text{tang}(\theta)}$$

Donde:

$$b = \text{Base del desarenador} = 0.45 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura del desarenador} = 0.40 \text{ m}$$

$$\theta = \text{Ángulo de divergencia} = 12.30^\circ$$

$$L_t = \frac{b - h}{2 * \text{tang}(\theta)}$$

$$L_t = \frac{0.45\text{m} - 0.40}{2 * \text{tang}(12.30^\circ)}$$

$$L_t = 0.15 \text{ m}$$

**Tabla 26:** Dimensiones propuestas del Desarenador.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>		
<b>Manual OPS 2005</b>		
<b>Dimensiones Propuestas</b>		
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo	4.50	m
Ancho	0.45	m
Altura	0.40	m
Angulo de divergencia	12.30°	
Longitud de transición	0.15	m
Espesor de Paredes	0.15	m
Espesor de Piso	0.10	m

**Fuente:** Autor.

#### 3.4.1.1.4 Diseño de la trampa de grasas

Para el diseño de la trampa de grasas se empleó el uso de la norma RAS 2000 - Titulo E y la norma OPS/CEPIS 2003, las cuales nos ayudarán a determinar las dimensiones adecuadas de dicho componente. [36] [47]

*Diseño de la trampa de grasas:*

$$Q_D = \text{Caudal máximo horario futuro de la PTAR} = 8.003 \text{ lt/s} = 480.18 \text{ lt/min}$$

**a) Área de la trampa de grasas (m<sup>2</sup>):**

$$A_g = \frac{Q_D * a}{60 \text{ lt/min}}$$

Donde:

$$a = \text{Área por cada litro por segundo} = 0.25 \text{ m}^2$$

$$A_g = \frac{Q_D * a}{60 \text{ lt/min}}$$

$$A_g = \frac{480.18 \frac{lt}{min} * 0,25m^2}{60 \frac{lt}{min}}$$

$$A_g = 2.00 m^2$$

**b) Ancho propuesto de la trampa de grasas (m):**

$$b_g = \sqrt{\frac{A_g}{4}}$$

Donde:

$$A_g = \text{Área de la trampa de grasas} = 2.00 m^2$$

$$b_g = \sqrt{\frac{A_g}{4}}$$

$$b_g = \sqrt{\frac{2.00 m^2}{4}}$$

$$b_g = 0,71 m \approx b_g = 0.75m$$

**c) Largo propuesto de la trampa de grasas (m):**

$$L_g = b_g * 4$$

Donde:

$$b_g = \text{Ancho de la trampa de grasas} = 0.75 m$$

$$L_g = b_{pg} * 4$$

$$L_g = 0,75 m * 4$$

$$L_g = 3.00 m$$

**d) Volumen útil de la trampa de grasas (m³):**

$$V_{ug} = Q_D * TR_g$$

Donde:

$$TR_g = \text{Tiempo de retención de la trampa de grasas} (2,5 - 3) = 3 \text{ min [36]}$$

$$V_{ug} = Q_D * TR_g$$

$$V_{ug} = 480.18 \frac{lt}{min} * 3min$$

$$V_{ug} = 1440.54 \text{ lt} \quad \approx \quad V_{ug} = 1.44 \text{ m}^3$$

e) **Profundidad útil de la trampa de grasas (m):**

$$P_{ug} = \frac{V_{ug}}{A_g}$$

Donde:

$V_{ug}$  = Volumen útil de la trampa de grasas = 1.44 m<sup>3</sup>

$A_g$  = Área de la trampa de grasas = 2.00 m<sup>2</sup>

$$P_{ug} = \frac{V_{ug}}{A_g}$$

$$P_{ug} = \frac{1.44 \text{ m}^3}{2.00 \text{ m}^2}$$

$$P_{ug} = 0,72 \text{ m}$$

f) **Profundidad total propuesto de la trampa de grasas (m):**

$$P_{Tg} = P_{ug} + P_{sg}$$

Donde:

$P_{ug}$  = Profundidad útil de la trampa de grasas = 0.72 m

$P_{sg}$  = Profundidad de seguridad de la trampa de grasas (< 0,80m) = 0.30 m [36]

$$P_{Tg} = P_{ug} + P_{sg}$$

$$P_{Tg} = 0,72 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$P_{Tg} = 1,02 \text{ m} \quad \approx \quad P_{Tg} = 1,05 \text{ m}$$

**Tabla 27:** Dimensiones propuestas de la Trampa de Grasas.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>		
<b>Norma RAS 2000</b>		
<b>Dimensiones Propuestas</b>		
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo	3.00	m
Ancho	0.75	m
Altura	1.05	m
Espesor de Paredes	0.15	m
Espesor de Piso	0.10	m

Fuente: Autor.

### 3.4.1.2 Tratamiento Primario

#### 3.4.1.2.1 Diseño del tanque séptico

Para el diseño del tanque séptico se empleó el uso de la norma RAS 2000 - Título E, la misma que nos ayudaran a determinar las dimensiones propuestas, en este caso se tomara la mitad de la población futura para tener dimensiones que optimicen el funcionamiento del tanque séptico. [38]

*Diseño del tanque séptico:*

**a) Contribución de aguas residuales futura (lt/(hab\*días)):**

$$q = C * D_f$$

Donde:

$C$  = Coeficiente de retorno (70 – 80) % = 70%

$D_f$  = Dotación Futura = 140 lt/(hab\*día)

$$q = C * D_f$$

$$q = 0.70 * 140 \frac{lt}{hab * días}$$

$$q = 98 \frac{lt}{hab * días}$$

**b) Volumen propuesto de agua residual del tanque séptico (m<sup>3</sup>):**

$$V_u = 1000 + P_f * [(q * T) + (K * L_f)]$$

Donde:

$P_f$  = Población Futura = 1367 hab = 684 hab

$q$  = Contribución de aguas residuales futura = 98 lt/hab\*día

$T$  = Tiempo de retención = 0,50 días

$K$  = Acumulación de lodos digeridos = 65 días

$L_f$  = Contribución de lodo fresco = 1 lt/hab\*día

$$V_u = 1000 + P_f * [(q * T) + (K * L_f)]$$

$$V_u = 1000 + 684 \text{ hab} * \left[ \left( 98 \frac{lt}{hab * día} * 0,50 \text{ días} \right) + \left( 65 \text{ días} * 1 \frac{lt}{hab * día} \right) \right]$$

$$V_u = 1000 + 684 \frac{hab}{hab} * \left( 114 \frac{lt}{hab} \right)$$

$$V_u = 78976.00 \text{ lt} \quad \approx \quad V_u = 78.98 \text{ m}^3$$

c) **Área propuesta del tanque séptico (m<sup>2</sup>):**

$$A_{ts} = \frac{V_u}{h_{ts}}$$

Donde:

$V_u$  = Volumen propuesto de agua residual del tanque séptico = 78.98 m<sup>3</sup>

$h_{ts}$  = Altura asumida del tanque séptico = 3.50 m

$$A_{ts} = \frac{V_u}{h_{ts}}$$

$$A_{ts} = \frac{78.98 \text{ m}^3}{3.50 \text{ m}}$$

$$A_{ts} = 22.57 \text{ m}^2$$

d) **Ancho propuesta del tanque séptico (m):**

$$b_{ts} = \sqrt{\frac{A_{ts}}{3}}$$

Donde:

$A_{ts}$  = Área propuesta del tanque séptico = 22.57 m<sup>2</sup>

$$b_{ts} = \sqrt{\frac{A_{ts}}{3}}$$

$$b_{ts} = \sqrt{\frac{22.57 \text{ m}^2}{3}}$$

$$b_{ts} = 2.74 \text{ m} \quad \approx \quad b_{ts} = 2.75 \text{ m}$$

e) **Largo propuesta del tanque séptico (m):**

$$L_{ts} = 3 * b_{ts}$$

Donde:

$b_{ts}$  = Ancho propuesta del tanque séptico = 2.75 m

$$L_{ts} = 3 * b_{ts}$$

$$L_{ts} = 3 * 2.75 \text{ m}$$



$$L_{ts} = 8.25 \text{ m}$$

El ancho y el largo del tanque séptico que se proponen es de 2.75 m y 8.25 m respectivamente, las mismas que debe cumplir con la relación entre largo ( $L_{ts}$ ) y ancho ( $b_{ts}$ ), la cual está comprendida entre los siguientes valores.

$$2 < \frac{L_{ts}}{b_{ts}} < 4$$
$$2 < \frac{8.25 \text{ m}}{2.75 \text{ m}} < 4$$
$$2 < 3 < 4 \quad \approx \quad \text{OK}$$

**f) Largo propuesta del primer compartimiento (m):**

$$L_{p1} = \frac{2}{3} * L_{ts}$$

Donde:

$$L_{ts} = \text{Largo propuesta del tanque séptico} = 8.25 \text{ m}$$

$$L_{p1} = \frac{2}{3} * L_{ts}$$

$$L_{p1} = \frac{2}{3} * 8.25 \text{ m}$$

$$L_{p1} = 5.50 \text{ m}$$

**g) Largo propuesta del segundo compartimiento (m):**

$$L_{p2} = \frac{1}{3} * L_{ts}$$

Donde:

$$L_{ts} = \text{Largo propuesta del tanque séptico} = 8.25 \text{ m}$$

$$L_{p2} = \frac{1}{3} * L_{ts}$$

$$L_{p2} = \frac{1}{3} * 8.25 \text{ m}$$

$$L_{p2} = 2.75 \text{ m}$$

**h) Altura libre del tanque séptico (m):**

$$h_l = 0.50 \text{ m}$$

i) **Altura total propuesta del tanque séptico (m):**

$$H_{Ts} = h_{ts} + h_a$$

Donde:

$$h_{ts} = \text{Altura asumida del tanque séptico} = 3.00 \text{ m}$$

$$h_a = \text{Altura adicional libre del tanque séptico} = 0.35 \text{ m}$$

$$H_{Ts} = h_{ts} + h_a$$

$$H_{Ts} = 3.00 \text{ m} + 0.35 \text{ m}$$

$$H_{Ts} = 3.35 \text{ m}$$

**Tabla 28:** Dimensiones propuestas del Tanque Séptico.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>		
<b>Norma RAS 2000</b>		
<b>Dimensiones Propuestas</b>		
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo	8.25	m
Ancho	2.75	m
Altura	3.35	m
Altura adicional	0.35	m
Espesor de Paredes	0.20	m
Espesor de Piso	0.20	m

Fuente: Autor.

#### 3.4.1.2.2 Diseño del lecho de secado de lodos

El diseño del lecho de secado de lodos se determinó en base al manual OPS 2005 titulado Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización, para determinar las dimensiones del componente, en este caso se tomará la mitad del caudal de diseño para tener dimensiones que optimicen el funcionamiento de lecho de secado de lodos. [36]

*Diseño del lecho de secado de lodos:*

$$Q_D = \text{Caudal máximo horario futuro de la PTAR} = 8.003 \text{ lt/s} = 4.002 \text{ lt/s}$$

a) **Carga de sólidos que ingresa al sedimentador**  $\left( kg \frac{SS}{dia} \right)$ :

$$C = Q_D * SS * 0.0846$$

Donde:

$SS = \text{Sólidos en Suspensión en el agua residual} = 596 \text{ mg} \cdot \text{SS}/\text{lt}$

$$C = Q_D * SS * 0.0846$$

$$C = 4.002 \frac{\text{lt}}{\text{s}} * 596 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} * 0.0846 \frac{\text{s} * \text{kg}}{\text{mg} * \text{días}}$$

$$C = 201.79 \text{ kg} \frac{SS}{\text{días}}$$

b) Masa de sólidos que forman parte de los lodos  $\left( \text{kg} \frac{SS}{\text{días}} \right)$ :

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Donde:

$C = \text{Carga de sólidos que ingresan al sedimentador} = 201.79 \text{ kg} \cdot \text{SS}/\text{días}$

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$M_{sd} = \left( 0.5 * 0.7 * 0.5 * 201.79 \text{ kg} \frac{SS}{\text{días}} \right) + \left( 0.5 * 0.3 * 201.79 \text{ kg} \frac{SS}{\text{días}} \right)$$

$$M_{sd} = 65.58 \text{ kg} \frac{SS}{\text{días}}$$

c) Volumen diario de los lodos digeridos  $\left( \frac{\text{lt}}{\text{días}} \right)$ :

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * \frac{\% \text{ de sólidos}}{100}}$$

Donde:

$M_{sd} = \text{Masa de sólidos que forman parte de los lodos} = 65.58 \text{ kg} \cdot \text{SS}/\text{días}$

$\rho_{lodo} = \text{Densidad de los lodos} = 1.04 \text{ kg}/\text{lt}$  [36]

$\% \text{ de sólidos} = \% \text{ de sólidos contenidos en el lodo (8\% a 12\%)} = 10\%$  [36]

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * \frac{\% \text{ de sólidos}}{100}}$$

$$V_{ld} = \frac{65.58 \text{ kg} \frac{SS}{\text{días}}}{1.04 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * \frac{10}{100}}$$

$$V_{ld} = 630.58 \frac{\text{lt}}{\text{días}}$$

**d) Volumen de lodos a retirar del tanque (m<sup>3</sup>):**

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

Donde:

$T_d$  = Tiempo de digestión de los lodos = 55 días [36]

$V_{ld}$  = Volumen diario de los lodos digeridos = 630.58 lt/días

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$
$$V_{el} = \frac{630.58 \frac{lt}{día} * 55 días}{1000}$$
$$V_{el} = 34.68 m^3$$

**e) Área útil determinada del lecho de secado de lodos (m<sup>2</sup>):**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Donde:

$H_a$  = Profundidad de aplicación del lecho de secado de lodos = 0.50 m

$V_{el}$  = Volumen de lodos a retirar del tanque = 34.68 m<sup>3</sup>

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$
$$A_{ls} = \frac{34.68 m^3}{0.50 m}$$
$$A_{ls} = 69.36 m^2$$

El lecho de secado de lodos que se propone es de sección cuadrada por tal motivo el largo de este componente será igual al ancho.

**f) Lado determinado actual del lecho de secado de lodos (m<sup>2</sup>):**

$$A_{ls} = L_{ls} * L_{ls}$$
$$L_{ls} = \sqrt{A_{ls}}$$

Donde:

$A_{ls}$  = Área útil determinada del lecho de secado de lodos = 69.36 m<sup>2</sup>

$$L_{ls} = \sqrt{A_{ls}}$$

$$L_{ls} = \sqrt{69.36 \text{ m}^2}$$

$$L_{ls} = 8.33 \text{ m} \quad \approx \quad L_{ls} = 8.35 \text{ m}$$

**Tabla 29:** Dimensiones propuestas del Lecho de Secado de Lodos.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>		
<b>Manual OPS 2005</b>		
<b>Dimensiones Propuestas</b>		
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo	8.35	m
Ancho	8.35	m
Altura	1.75	m
Pendiente	10%	
Anchura del Canal	0.80	m
Altura del Canal	0.70	m
Espesor de Pared	0.15	m
Espesor de Piso	0.15	m

Fuente: Autor.

### 3.4.1.3 Tratamiento Secundario

#### 3.4.1.3.1 Diseño del filtro biológico ascendente

El diseño del filtro biológico ascendente se llevó a cabo mediando el uso del manual CONAGUA 2015 titulada Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, para determinar las dimensiones propuestas, en este caso se tomará la mitad del caudal de diseño para tener dimensiones que optimicen el funcionamiento de lecho de secado de lodos. [39]

*Diseño del filtro biológico ascendente:*

$$Q_D = \text{Caudal máximo horario futuro de la PTAR} = 8.003 \text{ lt/s} = 691.46 \text{ m}^3/\text{días}$$

$$= 4.002 \text{ lt/s} = 345.73 \text{ m}^3/\text{días}$$

$$S_o = \text{Concentración de } DBO_5 \text{ en el agua residual} = 0.452 \text{ kg}^*DBO_5/\text{m}^3$$

a) **Área superficial del filtro biológico (m<sup>2</sup>):**

$$A_f = \frac{Q_D}{CHS}$$

Donde:

$CHS = \text{Carga Hidráulica Superficial (10 - 15 m}^3\text{/(m}^2\text{*días))} = 12.50 \text{ m}^3\text{/(m}^2\text{*días)}$

$$A_f = \frac{Q_D}{CHS}$$

$$A_f = \frac{345.73 \frac{\text{m}^3}{\text{días}}}{12.50 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{días}}}$$

$$A_f = 27.66 \text{ m}^2$$

b) **Volumen teórico del material filtrante (m<sup>3</sup>):**

$$V_{mf} = THR * Q_D$$

Donde:

$THR = \text{Tiempo de retención hidráulica (4-10 horas)} = 7 \text{ horas [39]}$

$$V_{mf} = THR * Q_D$$

$$V_{mf} = 0.29 \text{ días} * 345.73 \frac{\text{m}^3}{\text{días}}$$

$$V_{mf} = 100.26 \text{ m}^3$$

c) **Diámetro del filtro biológico (m):**

$$D_f = \left( \frac{4 * A_f}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$A_f = \text{Área superficial teórica del filtro biológico} = 27.66 \text{ m}^2$

$$D_f = \left( \frac{4 * A_f}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_f = \left( \frac{4 * 27.66 \text{ m}^2}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_f = 5.93 \text{ m}$$

Para abastecer el volumen necesario del material filtrante se asumirá un lado del filtro biológico de 6.55 m.

$$L_f = 6.55 \text{ m}$$

**d) Altura total del material filtrante (m):**

Debido a que el material filtrante es grava se establece una altura de entre (0.8 – 3.00m) como se indica en el manual del CONAGUA 2015, por lo cual para este diseño se asumirá una altura total del material filtrante de 3.00m.

$$h_{mf} = 3.00 \text{ m}$$

**e) Altura total del filtro biológico (m):**

$$H = h_{mf} + b + d$$

Donde:

$$h_{mf} = \text{Altura total del material filtrante} = 3.00 \text{ m}$$

$$b = \text{Altura del borde libre} = 0.70 \text{ m}$$

$$d = \text{Altura del bajo dren} = 0.30 \text{ m}$$

$$H = h_{mf} + b + d$$

$$H = 3.00 \text{ m} + 0.70 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$H = 4.00 \text{ m}$$

**f) Volumen total del filtro (m<sup>3</sup>):**

$$V_f = \frac{\pi * D_f^2}{4} * H$$

Donde:

$$D_f = \text{Diámetro del filtro biológico} = 6.55 \text{ m}$$

$$H = \text{Altura total del filtro biológico} = 4.00 \text{ m}$$

$$V_f = \frac{\pi * D_f^2}{4} * H$$

$$V_f = \frac{\pi * (6.55 \text{ m})^2}{4} * 4.00 \text{ m}$$

$$V_f = 134.78 \text{ m}^3$$

g) Carga Orgánica Volumétrica del material filtrante (kg de DBO/(m<sup>3</sup>\*días)):

$$COV_t = \frac{Q_D * S_o}{V_{mf}}$$

Donde:

$V_{mf}$  = Volumen total del material filtrante = 100.26 m<sup>3</sup>

$$COV_t = \frac{Q_D * S_o}{V_f}$$

$$COV_t = \frac{345.73 \frac{m^3}{días} * 0.452 \text{ kg} * \frac{DBO_5}{m^3}}{100.26 m^3}$$

$$COV_t = 1.55 \text{ kg de } \frac{DBO}{m^3 * días}$$

**Tabla 30:** Dimensiones propuestas del Filtro Biológico Ascendente.

<b>PTAR LLIMPE CHICO</b>		
<b>Manual CONAGUA 2015</b>		
<b>Dimensiones Propuestas</b>		
	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro	6.55	m
Altura	4.00	m
Altura del material filtrante	3.00	m
Espesor de Pared	0.15	m
Espesor de Piso	0.15	m

Fuente: Autor.

Los planos del diseño propuesto de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales de la comunidad de Llimpe Chico se encuentran en los planos 2/3 y 3/3 de los Anexos B – Planos.



### 3.4.2 Comparación entre el estado actual y la propuesta de la PTAR Llimpe Chico

La Planta de Tratamientos de Aguas Residuales de la comunidad de Llimpe Chico en la actualidad presenta varios problemas para el cual fue diseñado desde un principio, ya que han incumplido con las dimensiones requeridas para su funcionamiento y mantenimiento como se detalla en los manuales o normas de construcción, esto ha provocado que el agua residual que es evacuada por la planta se encuentre sobrepasando los límites de descarga como se muestra en la tabla 11, por lo cual en la tabla 31 se detalla la comparación entre los componentes de remoción actuales - figura 24 con los de la propuesta - figura 33.

**Tabla 31:** Comparación entre el estado actual y la propuesta de la PTAR Llimpe Chico

Componente	ESTADO ACTUAL		PROPUESTA	
	Función	Dimensiones	Función	Dimensiones
Cribado	Ausente	Ausente	Retener los sólidos muy grandes y pesadas.	Cumple con el manual Conagua 2015.
Desarenador	Ausente	Ausente	Retener y sedimentar la circulación de arena u otros residuos de similar tamaño.	Cumple con el Manual OPS 2005.
Trampa de Grasas	Ausente	Ausente	Separar las grasas y el agua.	Cumple con la Norma RAS 2000 y la OPS/CEPIS 2003.
Tanque Séptico	Digiere y sedimenta los sólidos suspendidos en el agua residual.	No cumple con la Norma RAS 2000.	Digiere y sedimenta los sólidos suspendidos en el agua residual.	Cumple con la Norma RAS 2000.
Filtro Biológico Ascendente	Reduce la carga contaminante presente en el agua residual.	No cumple con la Norma Conagua 2015.	Reduce la carga contaminante presente en el agua residual.	Cumple con la Norma Conagua 2015
Lecho de Secado de Lodos	Separa la parte sólida y líquida del tanque séptico.	No cumple con el Manual OPS.	Separa la parte sólida y líquida del desarenador, trampa de grasas y tanque séptico.	Cumple con el Manual OPS.

Fuente: Autor.

### **3.5 Plan de operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento propuestas**

El plan de operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento propuestas para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comunidad de Llimpe Chico otorgarán una garantía correcta respecto a su funcionamiento.

#### **3.5.1 Operación y Mantenimiento del Cribado**

La planta de tratamiento por estar ubicada en el lugar más bajo de la red de alcantarillado está expuesto a recoger cualquier tipo de material flotante o disperso en el agua residual, es aquí donde el operador del cribado cuando se encuentra en funcionamiento debe verificar si las rejillas y el canal de entrada están saturadas con residuos para poder realizar la evacuación de los mismos, también debe verificar el estado de las barras que conforman las rejillas para saber si requieren de un mantenimiento previo y finalmente se debe tener un control exhaustivo del caudal.

Las actividades de mantenimiento son:

- Retiro de los residuos acumulados en el canal de entrada y las rejillas.
- Inspección el estado de la estructura que conforman el cribado y las barras que forman parte de las rejillas. [48]

**Herramientas:** Pala, botas, guantes, palustre, overol, carretilla, rastrillo y ficha de control.

**Personal:** 1 operador + 1 ayudante

**Tiempo:** 1 hora

**Frecuencia:** 2 veces a la semana

#### **3.5.2 Operación y Mantenimiento del Desarenador**

El desarenador se encarga de retener los sólidos más finos que no son retenidos por el cribado, en su operación esta unidad debe impedir el ingreso de estos residuos a los

componentes que continúan con el tren de tratamiento ya que podrían disminuir la eficiencia de los mismos. Se debe inspeccionar la unidad para saber si es necesario proceder a evacuar los sedimentos acumulados en el fondo de la unidad y también se debe tener un control del caudal que ingresa a la unidad como de la calidad del agua.

Las actividades de mantenimiento son:

- Retirar los sedimentos acumulados que se encuentran en base del desarenador para ser trasladados al lecho de secado de lodos.
- Inspección estructural de la unidad.
- Engrasar la válvula que se encarga de dirigir los residuos al lechado de secado de lodos. [48]

**Herramientas:** Pala, botas, guantes, palustre, overol, carretilla y ficha de control.

**Personal:** 1 operador + 1 ayudante

**Tiempo:** 4 hora

**Frecuencia:** 2 veces al mes

### 3.5.3 Operación y Mantenimiento de la Trampa de Grasas

Las trampas de grasas retienen el agua residual proveniente del desarenador con el fin de separar los aceites y grasas en sus compartimientos en un tiempo determinado. Al separarse las grasas se almacenan en la superficie del agua provocando una nata de grasa mientras que los sólidos más grandes se depositaran en el fondo de la trampa dejando pasar libremente el agua residual para que continúe con el tren de tratamiento.

Las actividades de mantenimiento son:

- Revisión de las válvulas y tuberías que se encargan de trasladar el agua residual.
- Inspección estructural de la unidad.
- Recolección y transportación en el caso de presentar gran consolidación de sólidos o natas de grasas en la superficie. [48]

<b>Herramientas:</b>	Pala, botas, guantes, overol, carretilla y ficha de control.
<b>Personal:</b>	1 operador + 1 ayudante
<b>Tiempo:</b>	4 hora
<b>Frecuencia:</b>	1 veces al mes

### 3.5.4 Operación y Mantenimiento del Tanque Séptico

El tanque séptico es la unidad en donde se genera estabilidad hidráulica y los residuos sólidos se sedimenta del líquido por gravedad provocando un agua residual sin muchos contaminantes sólidos, el material sedimentado se almacena en la parte inferior del tanque la cual será trasladada al lecho de secado de lodos periódicamente. Los tanques sépticos deben tener un mantenimiento optimo respecto a los residuos almacenados dentro del mismo ya que la acumulación de estos solidos puede generar obstaculización en las tuberías de salida.

Las actividades de mantenimiento son:

- Retirar los sedimentos acumulados que se encuentran en base del tanque séptico para trasladarlos al lecho de secado de lodos.
- Inspección y limpieza de todos los componentes de la estructura.
- Engrasar la válvula que se encarga de dirigir los residuos al lechado de secado de lodos. [48]

<b>Herramientas:</b>	Pala, botas, guantes, palustre, overol, carretilla y ficha de control.
<b>Personal:</b>	1 operador + 1 ayudante
<b>Tiempo:</b>	8 horas
<b>Frecuencia:</b>	trimestral

### 3.5.5 Operación y Mantenimiento del Filtro Biológico Ascendente

El filtro biológico ascendente tiene como funcionamiento principal pulir el agua residual que sale del tanque séptico, en este componente se procura tener eficiencia en la depuración del agua residual y la generación de organismos adheridos al material filtrante, cuando el medio filtrante ha cumplido su periodo de vida los residuos que se obtienen se convierten en lodos los cuales deben ser retirados del filtro y colocados en el lecho de secado de lodos para su debido tratamiento.

Las actividades de mantenimiento son:

- Inspección del estado de la estructura que conforman el filtro biológico ascendente.
- Limpieza de las natas, de la estructura y del medio filtrante. [48]

**Herramientas:** Botas, guantes, palustre, overol, cepillo, balde y ficha de control.

**Personal:** 1 operador + 1 ayudante

**Tiempo:** 8 horas

**Frecuencia:** trimestral

### 3.5.6 Operación y Mantenimiento del Lecho de Secado de Lodos

El lecho de secado de lodos se encarga de deshidratar y tratar adecuadamente el lodo obtenido del desarenador, trampa de grasas, tanque séptico y filtro biológico, el cual debe ser expuesto al ambiente para que pierda humedad y en el caso que los lodos presenten saturación de líquido este sea filtrado por un manto de grava, el agua residual que saldrá de este componente debe ser trasladado por un drenaje inferior el cual conducirá a la descarga de la PTAR.

Las actividades de mantenimiento son:

- Retiro manual de los lodos deshidratados.
- Revisión de los componentes que filtran el líquido saturado en los lodos.

- Inspección y limpieza de la estructura que conforma el lecho de secado de lodos. [48]

**Herramientas:** Pala, botas, guantes, balde, overol, carretilla y ficha de control.

**Personal:** 1 operador + 1 ayudante

**Tiempo:** 6 horas

**Frecuencia:** trimestral

### 3.5.7 Operación y Mantenimiento del Área Exterior de la PTAR

El área exterior de la PTAR deberá permanecer constantemente limpia y libre de vegetación ya que la acumulación de esto puede afectar a las estructuras, el cerco debe ser revisado para que no puedan ingresar tanto animales ni personas ya que al área donde se realiza el tratamiento emite contaminante.

La vía de ingreso a la PTAR deberá permanecer en condiciones óptimas para que el operador como los ayudantes pueden hacer las revisiones de todas las unidades que conforman el tren de tratamiento.

Las actividades de mantenimiento son:

- Limpieza de vías de acceso.
- Control y retiro de las malas hierbas presentes en al área de funcionamiento.
- Inspección del cerco y la puerta que se encuentra alrededor de la PTAR. [48]

**Herramientas:** Palas, barras, carretillas, rastrillos y ficha de control.

**Personal:** 1 operador + 1 ayudante

**Tiempo:** 8 horas

**Frecuencia:** trimestral

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Se realizó la recolección de todos los datos requeridos de la planta de tratamiento de la comunidad de Llimpe Chico en base a un levantamiento de información, misma que se puntualiza en el Plan de Recolección de Datos con el propósito de determinar los procesos unitarios del tratamiento actual que se le da al agua residual.
- Se analizó el agua residual que ingresa a la planta de tratamiento, obteniendo un caudal por el método volumétrico de 1.287 lt/s para su evaluación actual. Al analizar la calidad del agua residual influente y efluente de la planta de tratamiento se determinó que está incumple con la remoción real (Tabla 12) insatisfactoria para su correcta remoción teórica establecida (Tabla 13).
- Se evaluó el funcionamiento de la planta de tratamiento según la norma vigente del TULSMA 2015, la cual nos ayudó a identificar que los parámetros de  $DBO_5$ , DQO, Sólidos Suspendidos y Aceites y Grasas incumplen con los límites máximos permisibles del TULSMA 2015 (Tabla 11) obteniendo una remoción de alrededor del 50%, por lo cual se añadió un cribado, desarenador y trampa de grasas para asegurar la protección medioambiental del entorno fluvial.
- Se realizó un rediseño en base a un caudal de 8.003 lt/s a partir de las características la comunidad y a las normas y manuales vigente en la actualidad bajo los criterios correctos de construcción, el tren de tratamiento propuesto está constituido de los siguientes procesos unitarios; cribado, desarenador, trampa de grasas, tanque séptico, lecho de secado de lodos y filtro biológico ascendente (Figura 33) con el fin de mejorar la calidad de agua residual que sale de la planta de tratamiento debido a que las dimensiones actuales no abastecen eficientemente al caudal que

ingresa a la planta de tratamiento, por lo cual también se desarrolló un plan de operación y mantenimiento para el tren propuesto de tratamiento donde se da a conocer las actividades que se deben llevar a cabo constantemente en cada uno de sus procesos unitarios.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda realizar una revisión constante del alcantarillado de aguas residuales domésticas para evitar que el mismo recolecte aguas residuales pecuarias, agrícolas, industriales y de escorrentía urbana que no están dentro en su diseño inicial.
- Se recomienda realizar una constante toma de muestras del agua residual que ingresa y sale de la planta de tratamiento con el fin de analizar la calidad del agua y conocer si la misma cumple con los parámetros para su correcta remoción de contaminantes según lo establecido en el TULSMA 2015 o requiere de un cambio en su plan de operación y mantenimiento.
- Se recomienda realizar un mantenimiento constante en todos los procesos unitarios del tren de tratamiento y del área alrededor de la planta para conservar de una manera más eficiente sus estructuras e instalaciones.
- Se recomienda registrar todas las actividades llevadas a cabo en la planta de tratamiento por parte del operador en la ficha de control para tener una vigilancia más exhaustiva de todos los cambios o mantenimientos que se les da en un respectivo periodo.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. & Eddy, «Tratamiento, vertido y reutilización,» de *Ingeniería de Aguas Residuales*, España, MC Graw-Hill, 1995.
- [2] V. H. I. Pazmiño, «EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA POATUG, CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA,» Ambato, 2020.
- [3] R. J. Vilaña Chungandro, «Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de Aguas Residuales para los barrios Villaflora y El Rosario, parroquia Píntag, provincia de Pichincha,» Quito, 2016.
- [4] M. G. M. Manchego, «Evaluación y Rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de estabilización del sector ‘Rio Seco’, distrito de la Joya, provincia de Arequipa,» Arequipa, 2018.
- [5] S. J. González, «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del AyA en la Urbanización Las Lomas de Buenos Aires, Puntarenas,» Cartago, 2014.
- [6] M. E. L. Paucar, «Evaluación Técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales de una Industria Láctea,» Quito, 2018.
- [7] S. W. U. Llulluna, «Evaluación de la planta de tratamiento de N° 3 “Huaycopungo Sur” de la parroquia San Rafael de la Laguna, Cantón Otavalo, provincia de Imbabura - Ecuador,» Leiria, 2018.
- [8] J. E. Lluma Quishpe y I. G. Mendoza Cozar, «Evaluación Hidráulico – Sanitario de la planta de tratamiento de aguas residuales del Camal Metropolitano de Quito,» Quito, 2016.
- [9] J. A. Oscullo Olalla, «Evaluación y rediseño del sistema de Alcantarillado Sanitario y planta de tratamiento para la Urb. Bohíos de Jatumbanba, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha,» Quito, 2016.

- [10] G. L. Miranda Coello, «Evaluación del tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación de efluentes generados por la Empresa de Lácteos “Marlen” ubicada en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua,» Ambato, 2017.
- [11] I. J. Chiriboga Sisalema, «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales “Ubillus”, en la parroquia Pintag e implementación del sistema de gestión integrado,» Quito, 2016.
- [12] E. H. Vargas Palacios, «Evaluación Técnica de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), de la inspección de Pueblo Nuevo del Municipio de Nilo Cundinamarca,» Bogotá, 2016.
- [13] 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,» Puyo, 2018.
- [14] D. M. Dibujes Salgado, «Evaluación de funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua residual del cantón San Miguel de Urcuquí, para garantizar la calidad del agua de acuerdo a la normativa ambiental,» Ibarra, 2016.
- [15] M. B. Portero Pesantes y V. A. Amat Marchán, «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo,» Guayaquil, 2017.
- [16] 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,» Tungurahua, 2006.
- [17] L. F. A. Forbes, «Larepublica.net,» 09 05 2008. [En línea]. Available: <https://www.larepublica.net/noticia/aguas-residuales-y-su-impacto>. [Último acceso: 17 11 2020].
- [18] L. T. T. B. y. C. M. D. Navarrete, DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, PTAR's SAN AGUSTIN., Ambato: Grupo Compas, 2018.
- [19] E. Vargas, *EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR), DE LA INSPECCIÓN DE PUEBLO NUEVO DEL MUNICIPIO DE NILO CUNDINAMARCA*, Bogota, 2016.

- [20] M. B. Arévalo Durazno, P. F. Morocho Soria y P. E. Novillo Alulema, «Evaluación de la planta de depuración de Aguas Residuales que sirve a la parroquia Tarqui, cantón Cuenca, provincia del Azuay,» Cuenca, 2010.
- [21] «CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR,» Montecristi.
- [22] R. Rodas, «Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales,» 25 12 2002. [En línea]. Available:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION\\_INTEGRAL\\_DEL\\_T RATAMIENTO\\_AR.pdf?1533263624=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCurso\\_Internacional\\_GETION\\_INTEGRA L\\_DE\\_T.pdf&Expires=1602110807&Signature=Iae4X2-5uIkBrAfIM1HpqSq-g78P2ba0](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION_INTEGRAL_DEL_T RATAMIENTO_AR.pdf?1533263624=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCurso_Internacional_GETION_INTEGRA L_DE_T.pdf&Expires=1602110807&Signature=Iae4X2-5uIkBrAfIM1HpqSq-g78P2ba0). [Último acceso: 15 12 2020].
- [23] B. F. d. Marquez, «IAGUA,» 12 09 2016. [En línea]. Available:  
<https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [24] «Dspace,» [En línea]. Available:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [25] F. Sépticas, «Fosassepticas.online,» [En línea]. Available:  
<https://fosassepticas.online/aguas-residuales-domesticas/>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [26] O. Pineda, «Engormix,» 25 10 2016. [En línea]. Available:  
<https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/uso-adeecuado-agua-explotaciones-t39737.htm>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [27] I. Castillo, «Lifeder,» 09 09 2020. [En línea]. Available:  
<https://www.lifeder.com/aguas-agricolas/>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [28] A. Ramírez, «Expoknews,» 10 04 2018. [En línea]. Available:  
<https://www.expoknews.com/ejemplo-de-gestion-de-aguas-residuales/>. [Último acceso: 15 12 2020].

- [29] R. Thompson, «Neefusa,» [En línea]. Available: <https://www.neefusa.org/nature/water/consejos-para-reducir-el-impacto-de-la-escorrent-de-aguas-pluviales>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [30] L. Hora, «La Hora,» 22 02 2020. [En línea]. Available: <https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102307831/rio-ambato-recibira-aguas-limpias>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [31] D. L. Hora, «Río Ambato recibirá aguas limpias,» *La Hora*, 22 02 2020.
- [32] «Ministerio del Ambiente,» 04 11 2015. [En línea]. Available: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>. [Último acceso: 17 11 2020].
- [33] «NORMA OS.090,» El Peruano, Perú, 2006.
- [34] I. J. CHIRIBOGA SISALEMA, «EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “UBILLUS”, EN LA PARROQUIA PINTAG E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO,» Quito, 2016.
- [35] V. Escalante Estrada, E. Ramírez Camperos, F. Pozo Román, L. Cardoso Vigueros, A. Tomasini Ortiz y G. Moeller, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS, México: México-Printed, 2006.
- [36] RAS 2000 - Título E, «Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico,» de *Tratamiento de Aguas Residuales*, Colombia, 2000, p. 145.
- [37] CPE INEN 005 9-1, «Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para población mayores a 1000 habitantes,» Quito, 1992.
- [38] OPS 2005, Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización, Lima, 2005.
- [39] CONAGUA, «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente.,» México, 2015.

- [40] Secretaria del Agua, «Norma de Diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural,» de *Norma CO 10.7- 602*, Quito, p. 44.
- [41] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, «Ecuadorencifras,» [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>. [Último acceso: 14 05 2021].
- [42] RAS 2000 - Título D, «Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico,» de *Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales*, Bogotá, 2000, p. 102.
- [43] A. Hernández Muñoz, A. Hernández Lehman y P. Galán Martínez , *Manual de Depuración Uralita*, Madrid: Thomson Editores Spain, 2004.
- [44] M. Villón Béjar, *Hidráulica de Canales*, Lima: Villón, 2007, p. 508.
- [45] CONAGUA, «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario,» México, 2015.
- [46] OPS 2005, *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*, Lima, 2005.
- [47] OPS/CEPIS 2003, «Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa,» Lima, 2003, p. 11.
- [48] C. A. Lara Pazmiño, «Estudios y diseños para la evaluación y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la cabecera cantonal de quero y su tratamiento (incluido la licencia ambiental),» Quero, 2020.

# **ANEXOS**

**ANEXOS A**

**Análisis del Agua**

**Residuales**



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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

Nº SE: 028 – 21

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Christian Quinapanta **INFORME Nº:** 028 – 21  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **Nº SE:** 028 – 21  
**DIRECCIÓN:** Barrio La Carolina - Ambato  
**TELÉFONO:** 0984094961 **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 – 042 -21 PTAR Llimpe Chico Entrada Agua  
 MA – 043 -21 PTAR Llimpe Chico Salida Agua

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

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 042-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,30	+/- 0,08	07- 04- 21
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	928	N/A	07- 04- 21
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	452	N/A	07- 04- 21
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	219,71	N/A	07- 04- 21
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	8,96	N/A	07- 04- 21
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	12,30	N/A	07- 04- 21
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	6,50	N/A	07- 04- 21
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	596	N/A	07- 04- 21

MA – 043-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,41	+/- 0,08	07- 04- 21
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	459	N/A	07- 04- 21
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	213	N/A	07- 04- 21
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	134,86	N/A	07- 04- 21
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	7,53	N/A	07- 04- 21
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	10,10	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: 028 – 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	281	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.  
**TÉCNICO 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.

Página 2 de 2

FMC2101-01

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

# ANEXOS B Planos

# COMUNIDAD LLIMPE CHICO

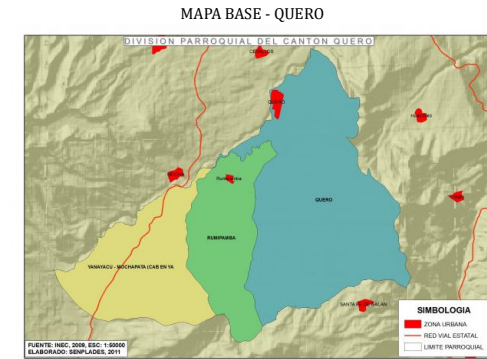


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>PROVINCIA :</b>	<b>CANTÓN:</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>COMUNIDAD:</b>	<b>PREDIO:</b>
TUNGURAHUA	QUERO	LA MATRIZ	LLIMPE CHICO	PTAR

## MAPA BASE DEL CANTÓN



## REFERENCIA CARTOGRÁFICA PARA LA UBICACIÓN

### UBICACIÓN DEL PREDIO

#### PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - LLIMPE CHICO

PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)
P1	9848849.00	767663.00
P2	9848838.00	767654.00
P3	9848829.91	767665.07
P4	9848841.10	767674.13



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community, Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA UTM
DATUM WGS-84 ZONA 17 S

ESCALA:	1:200
SUPERFICIE:	200.00 m2

REF. CARTA TOP. IGM: 1 : 50000
Ñ - IV - A4

FECHA:
SEPTIEMBRE - 2021

**AUTOR:**

CHRISTIAN DANIEL QUINAPANTA VILLARES

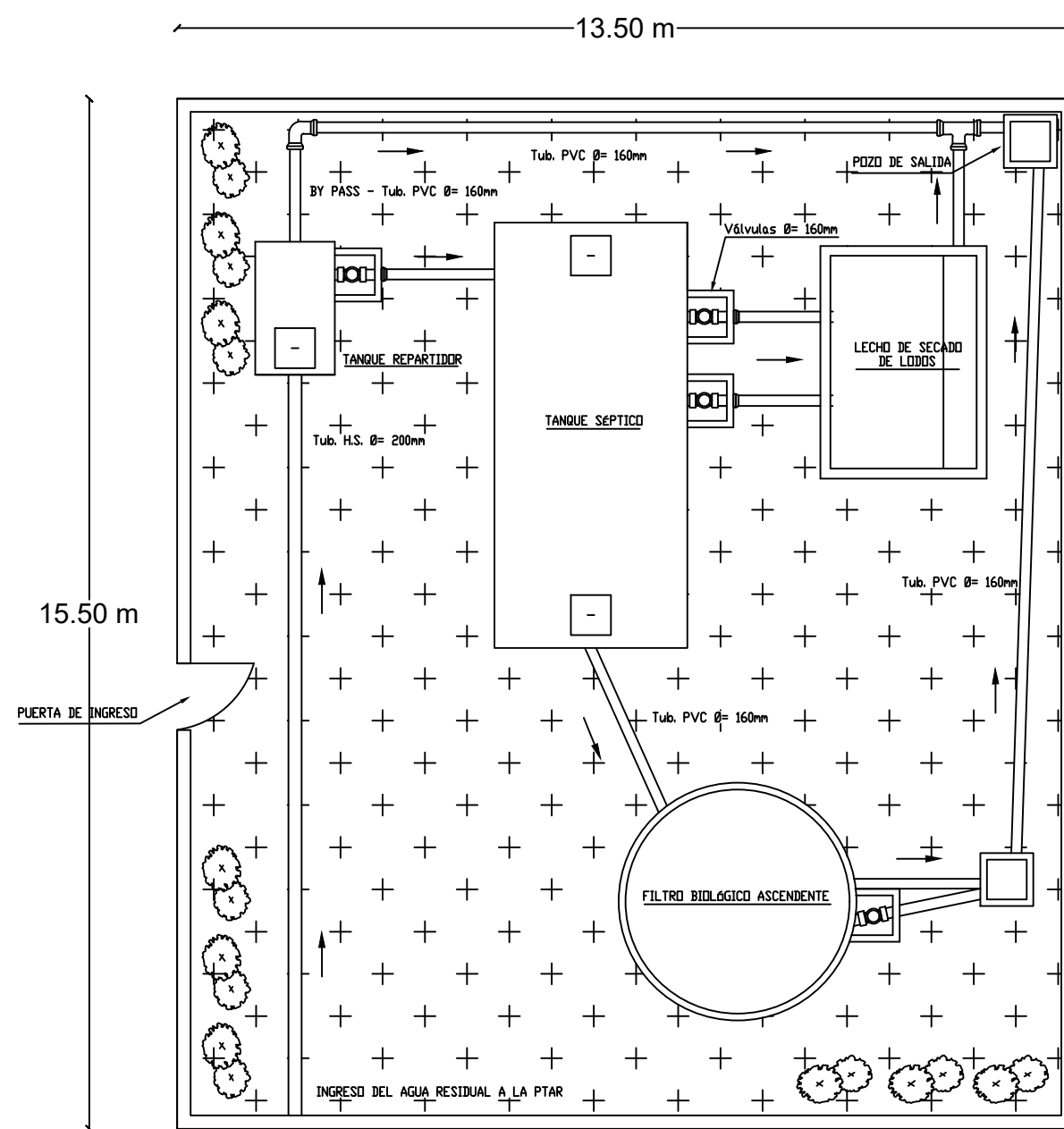
**TUTOR:**

ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS



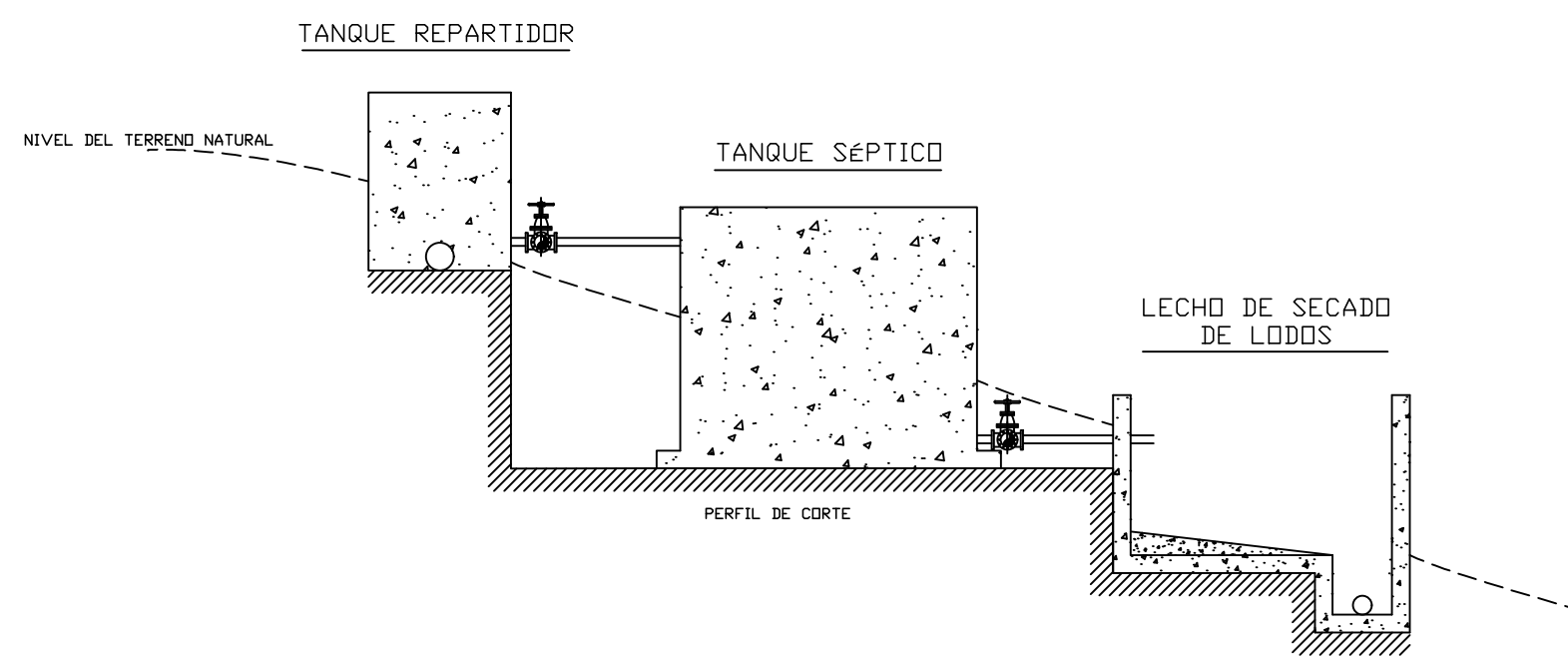
### IMPLANTACIÓN

Escr: 1/100

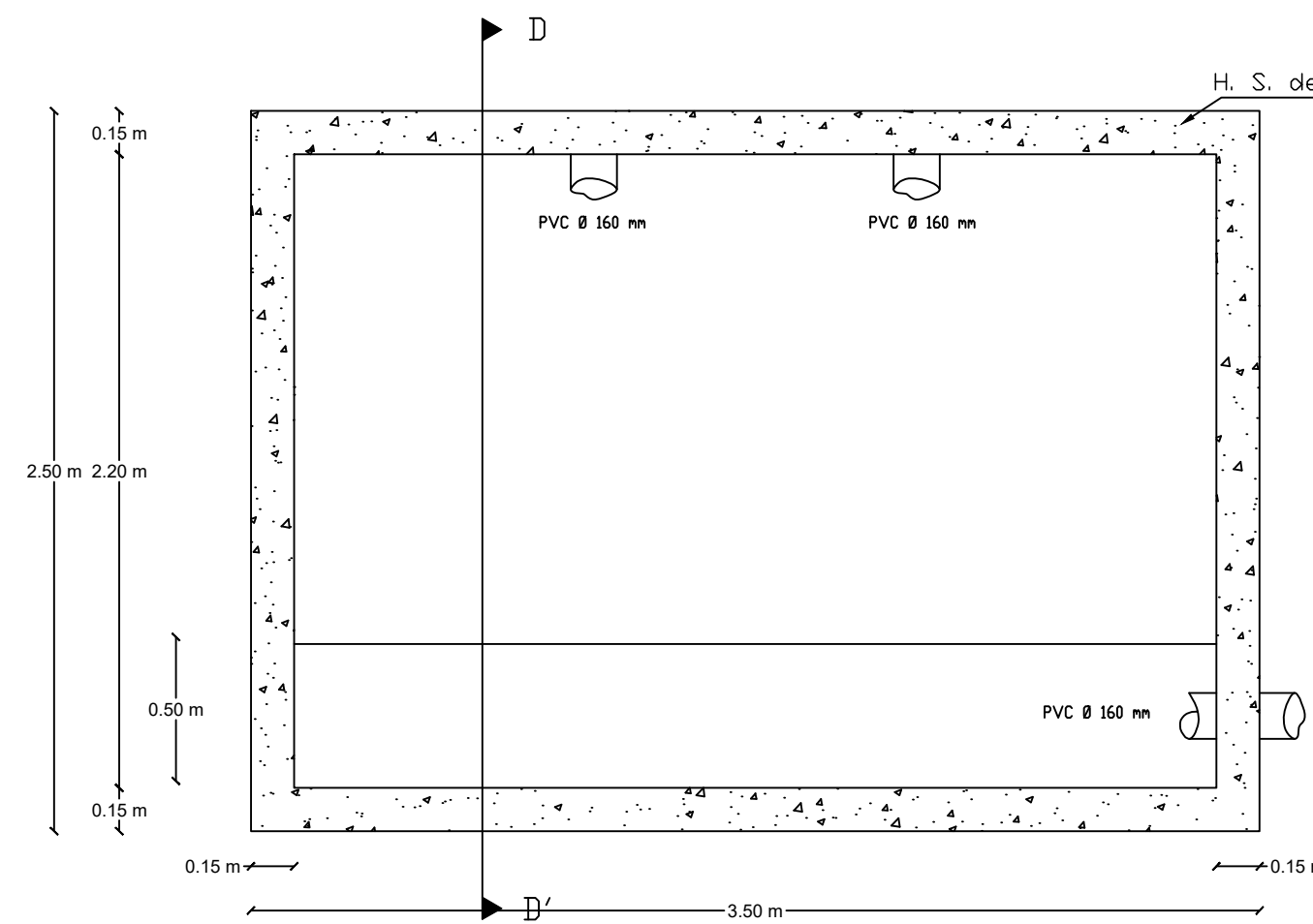


### UBICACIÓN DE LAS UNIDADES EN LA PLANTA DEL TERRENO

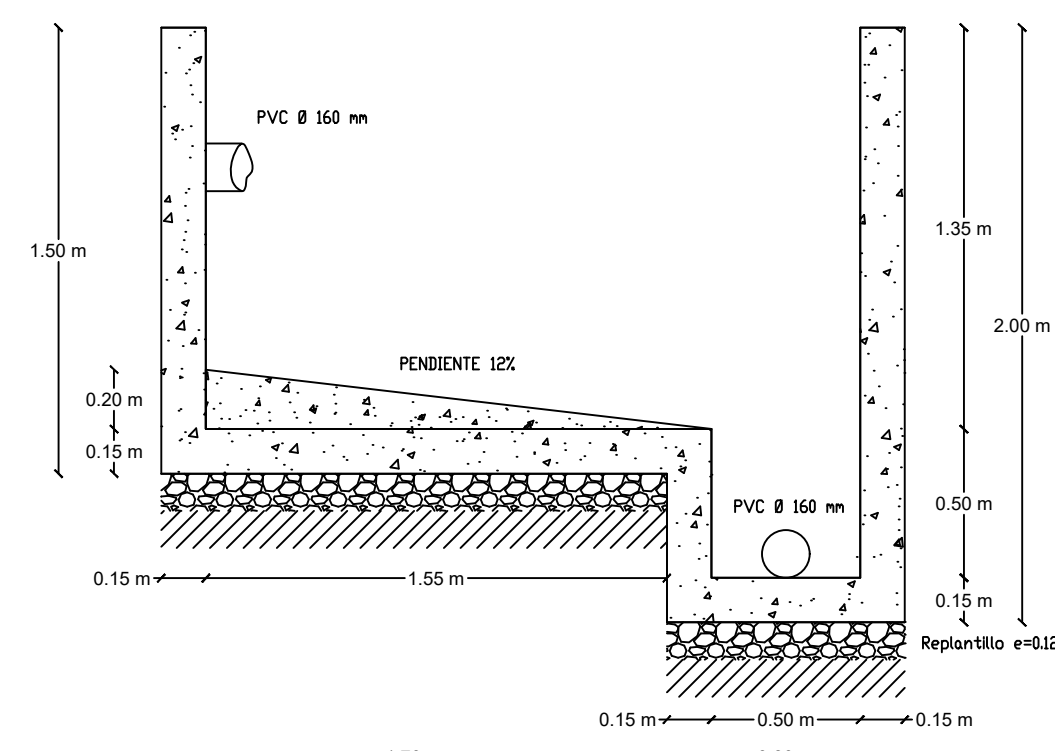
Sin Escala



### LECHO DE SECADO DE LODOS

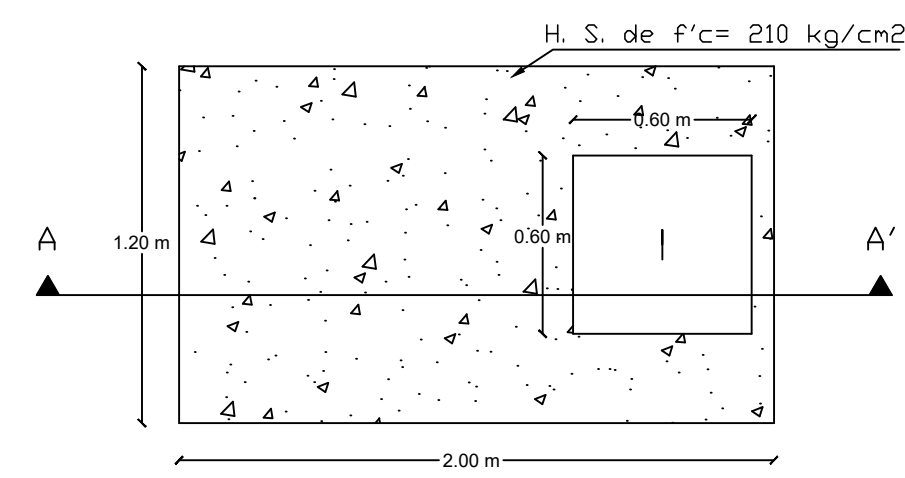


VISTA SUPERIOR  
Escr: 1/25

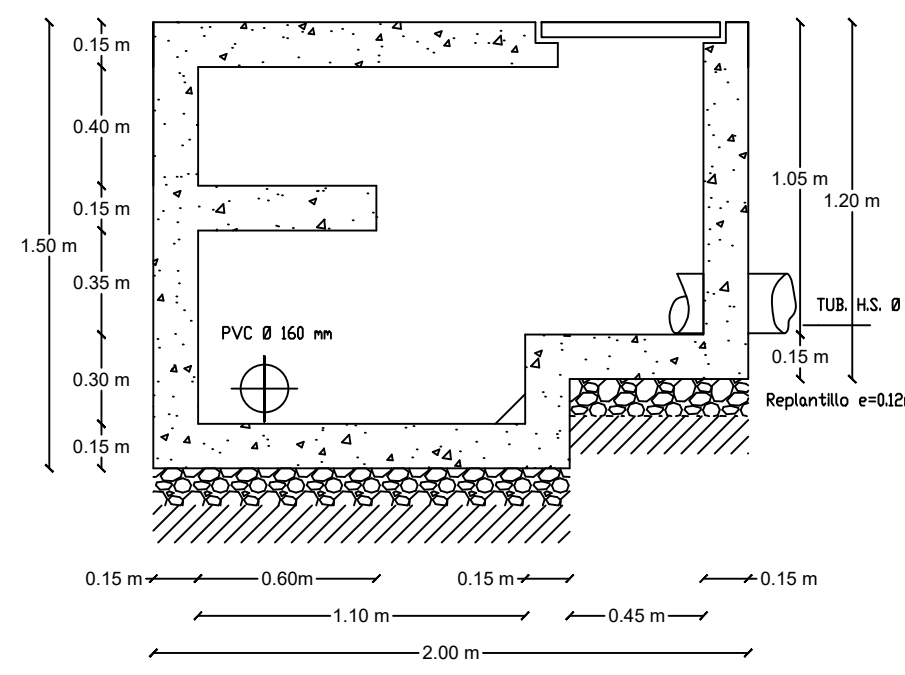


CORTE D-D'  
Escr: 1/25

### TANQUE REPARTIDOR

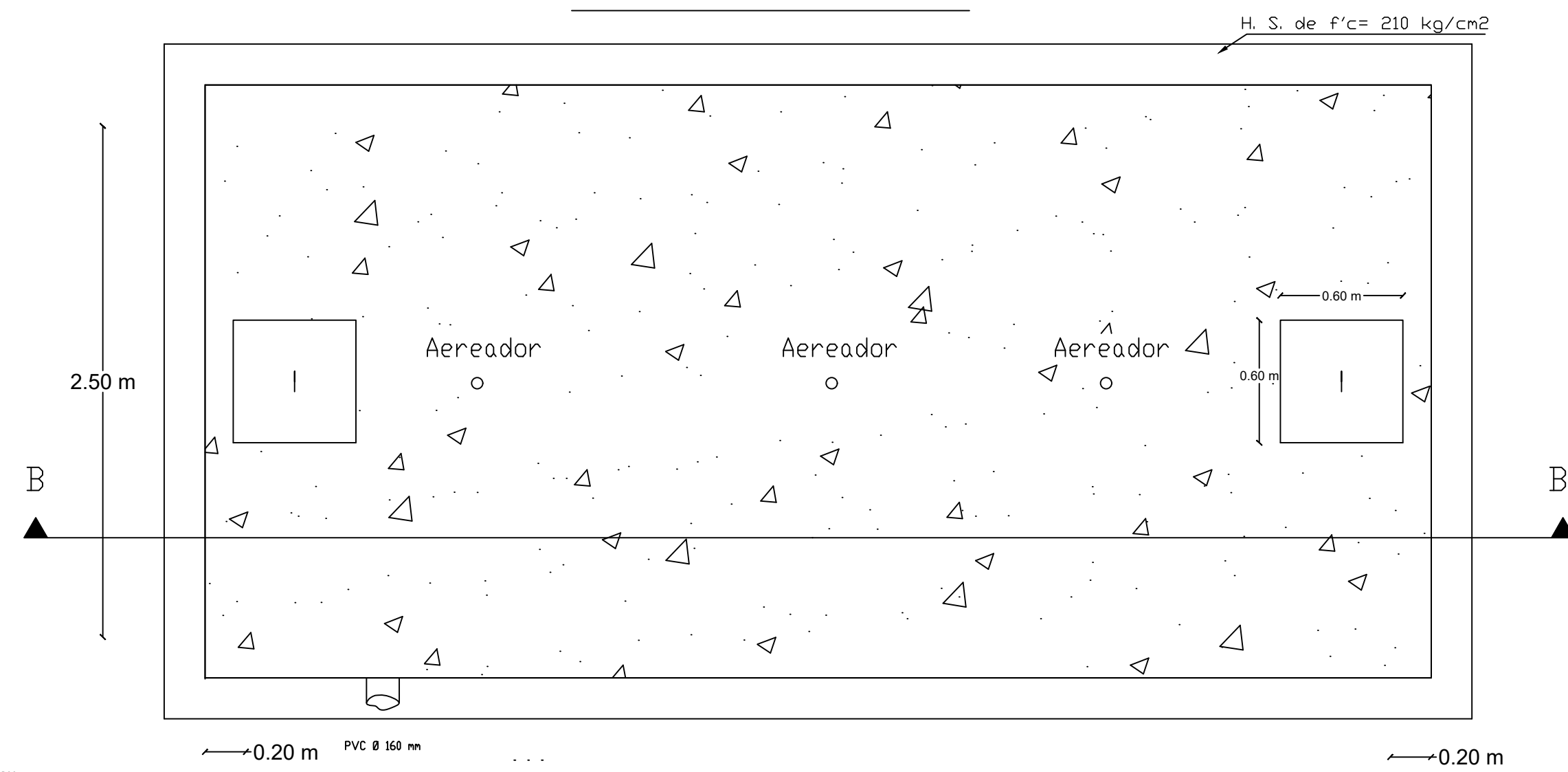


VISTA SUPERIOR  
Escr: 1/25

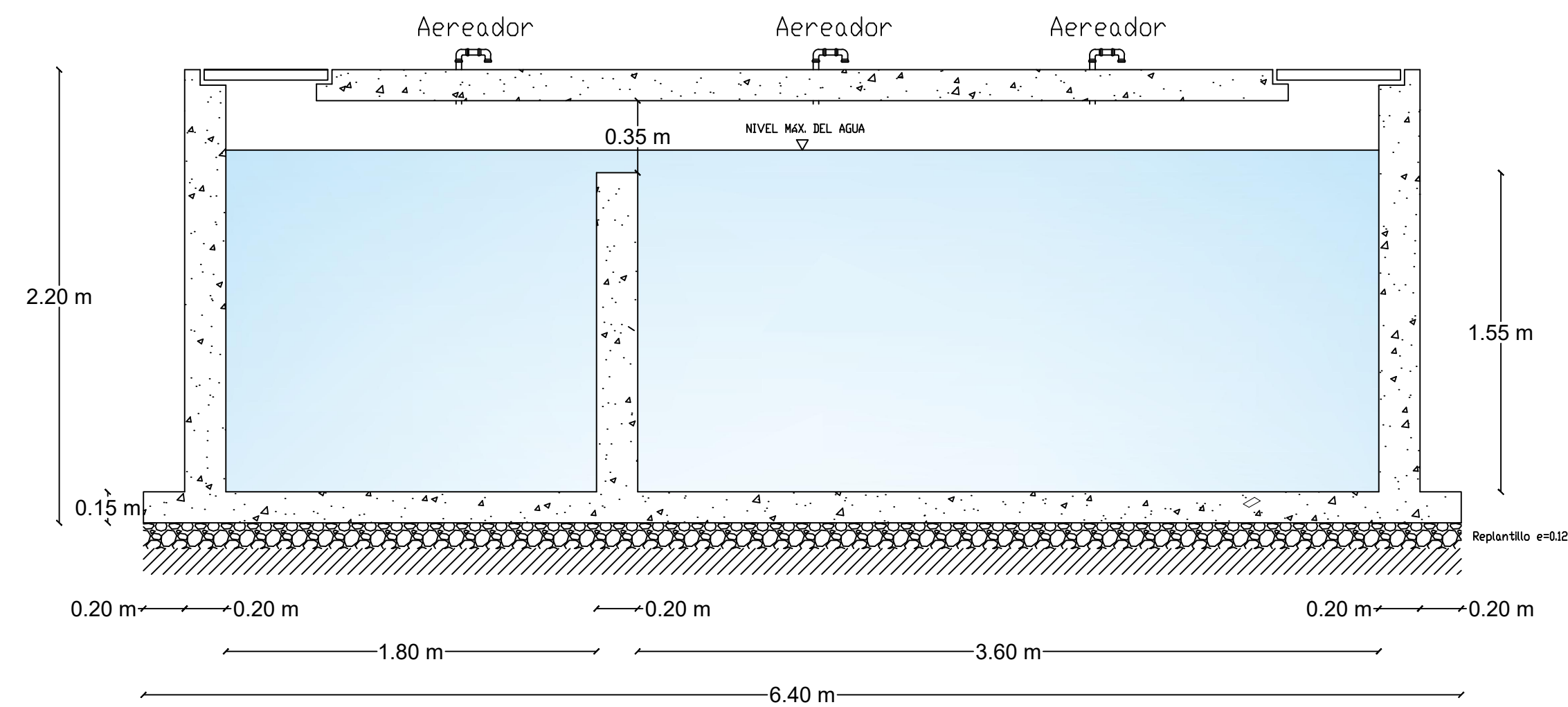


CORTE A-A'  
Escr: 1/25

### TANQUE SÉPTICO



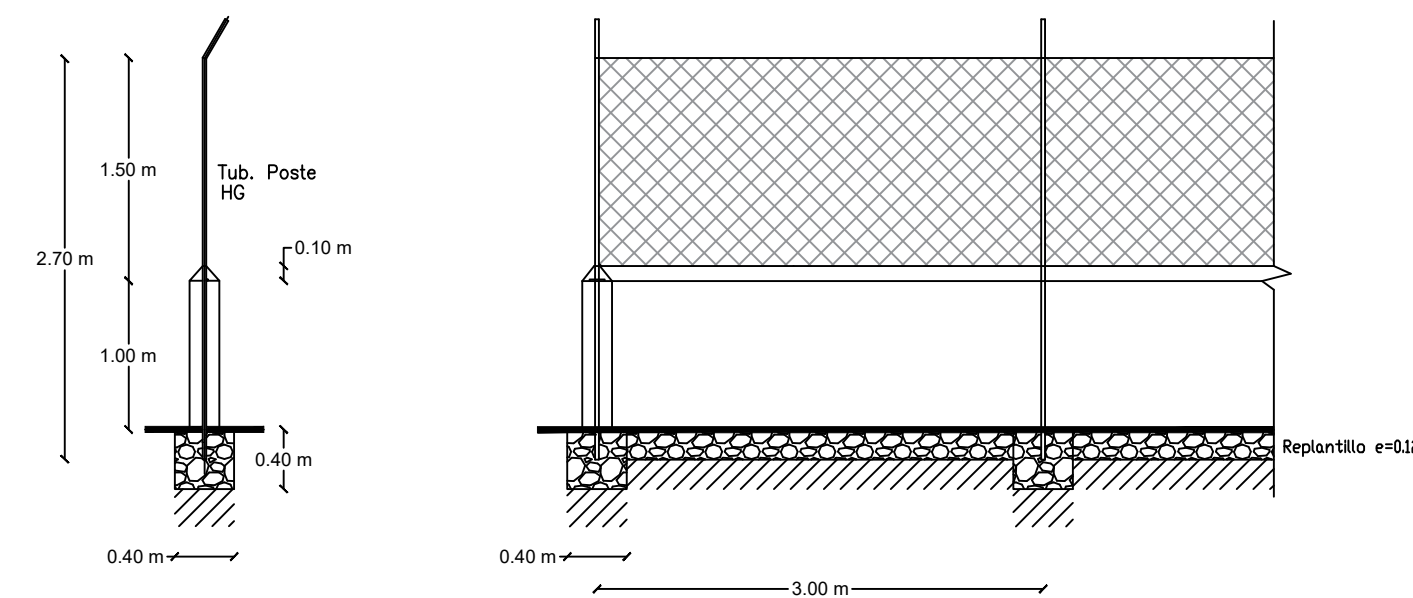
VISTA SUPERIOR  
Escr: 1/25



CORTE B-B'  
Escr: 1/25

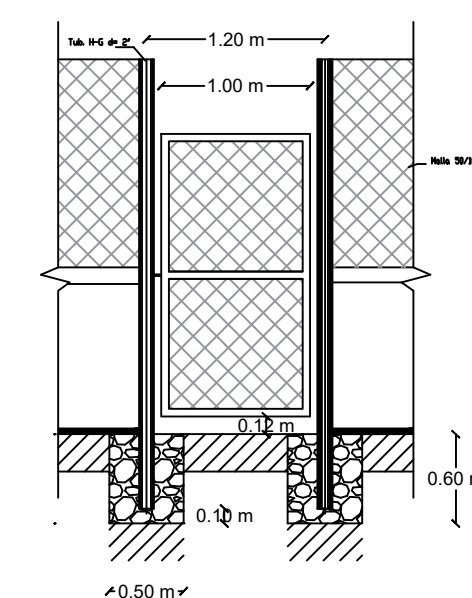
### DETALLE DEL CERRAMIENTO

Escr: 1/50

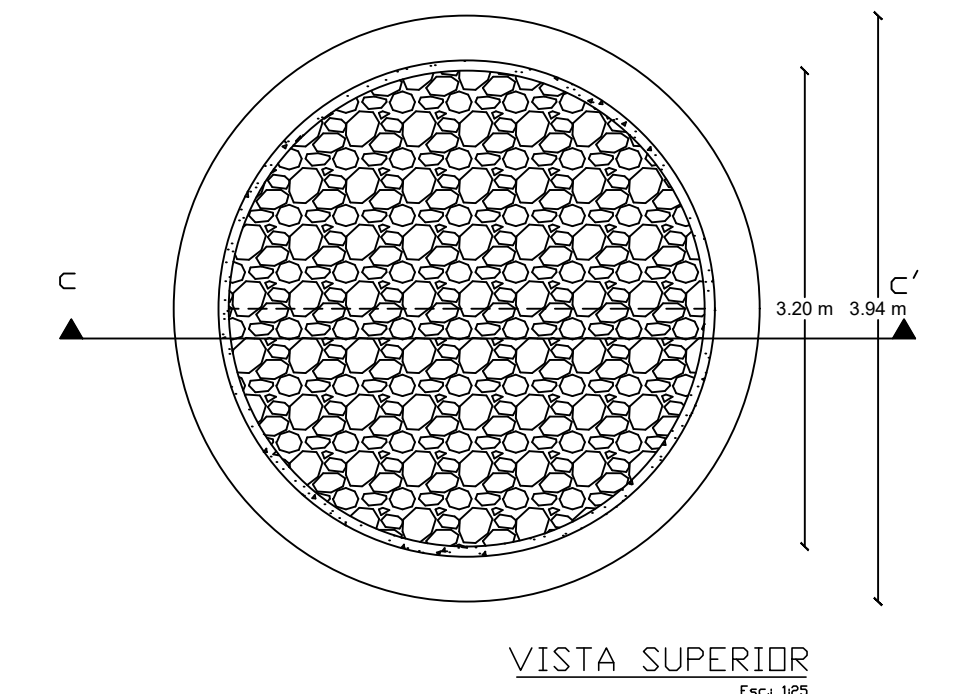


### DETALLE DE LA PUERTA

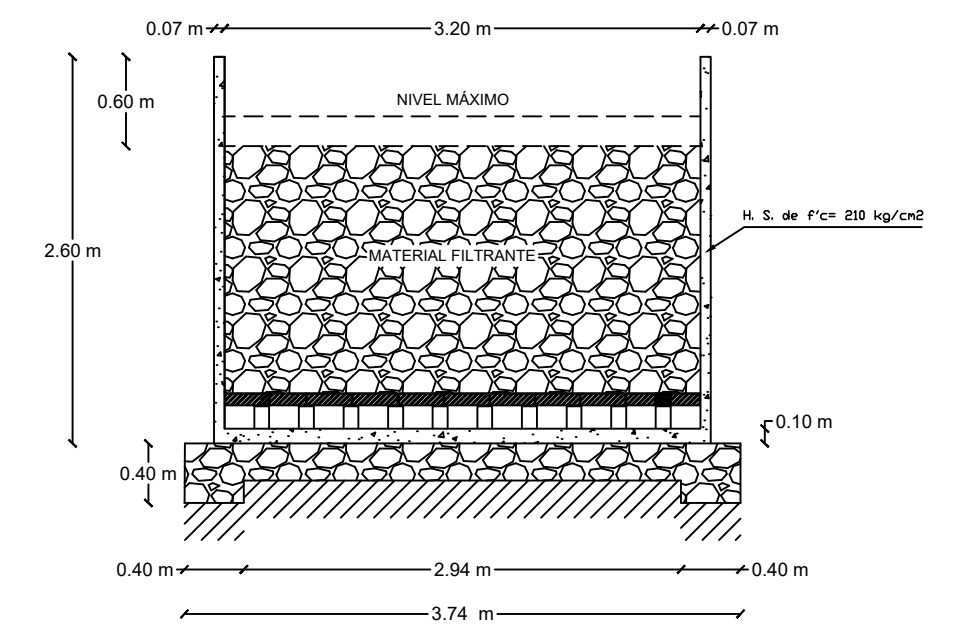
Escr: 1/50



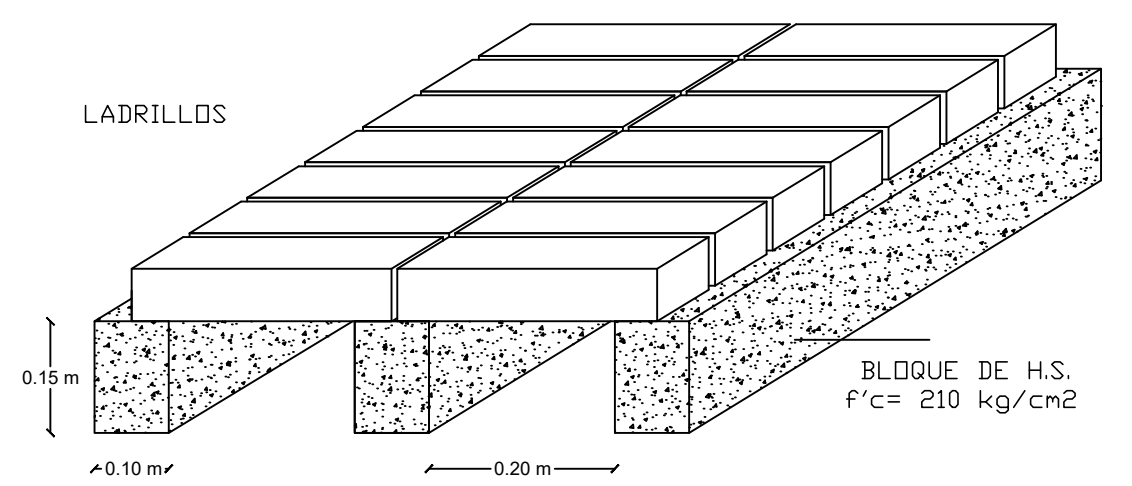
### FILTRO BIOLÓGICO ASCENDENTE



VISTA SUPERIOR  
Escr: 1/25



CORTE C-C'  
Escr: 1/25



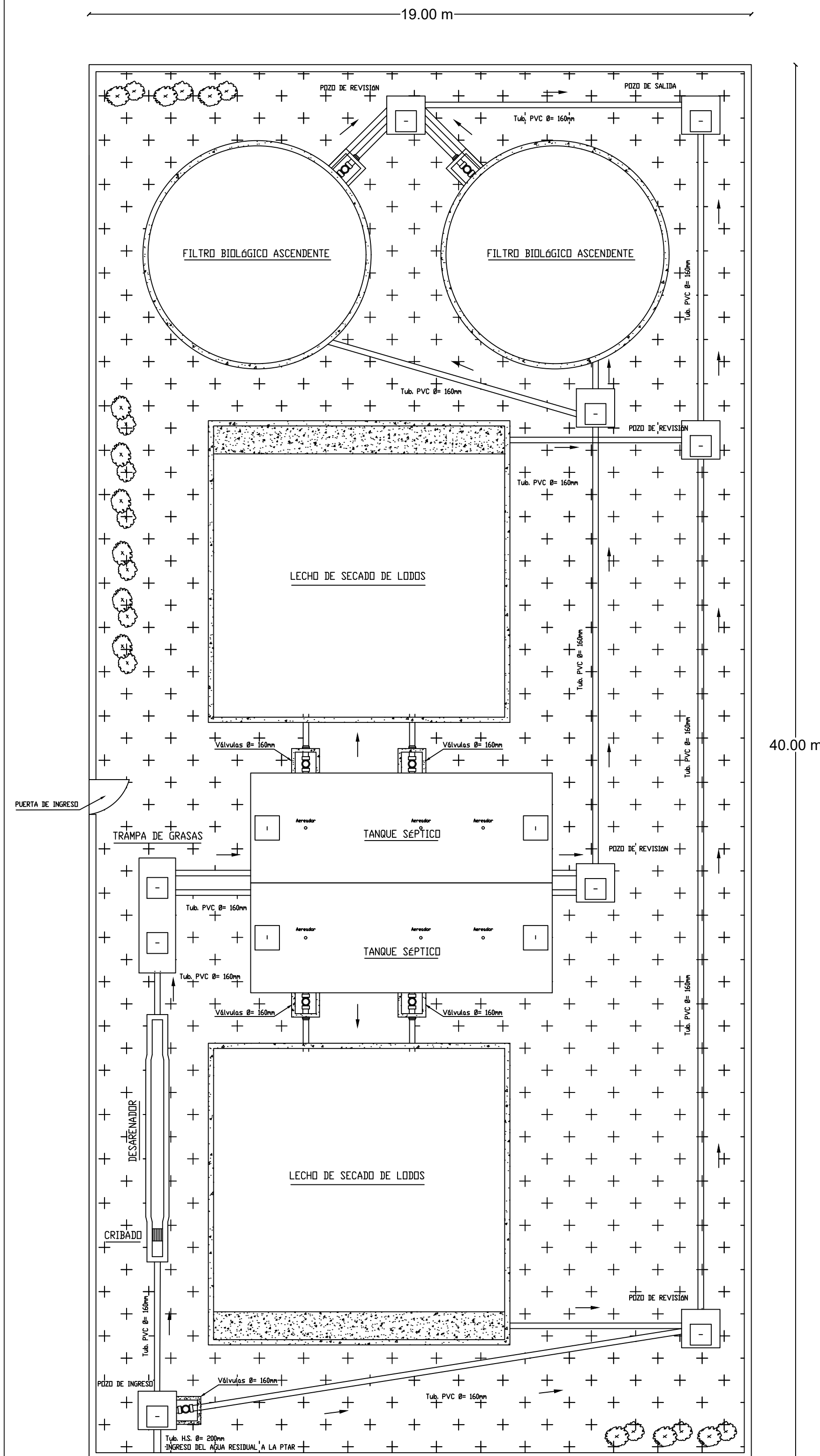
DISPOSICIÓN DE FALSO FONDO  
Sin Escala

<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE LLIMPE CHICO, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
<b>NOMBRE:</b> CHRISTIAN DANIEL QUINAPANTA VILLARES	
<b>UBICACIÓN:</b> COMUNIDAD LLIMPE CHICO, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
<b>DOCENTE TUTOR:</b> ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>ESCALA:</b> INDICADA
	<b>PLANO:</b> 1/3
<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE - 2021	

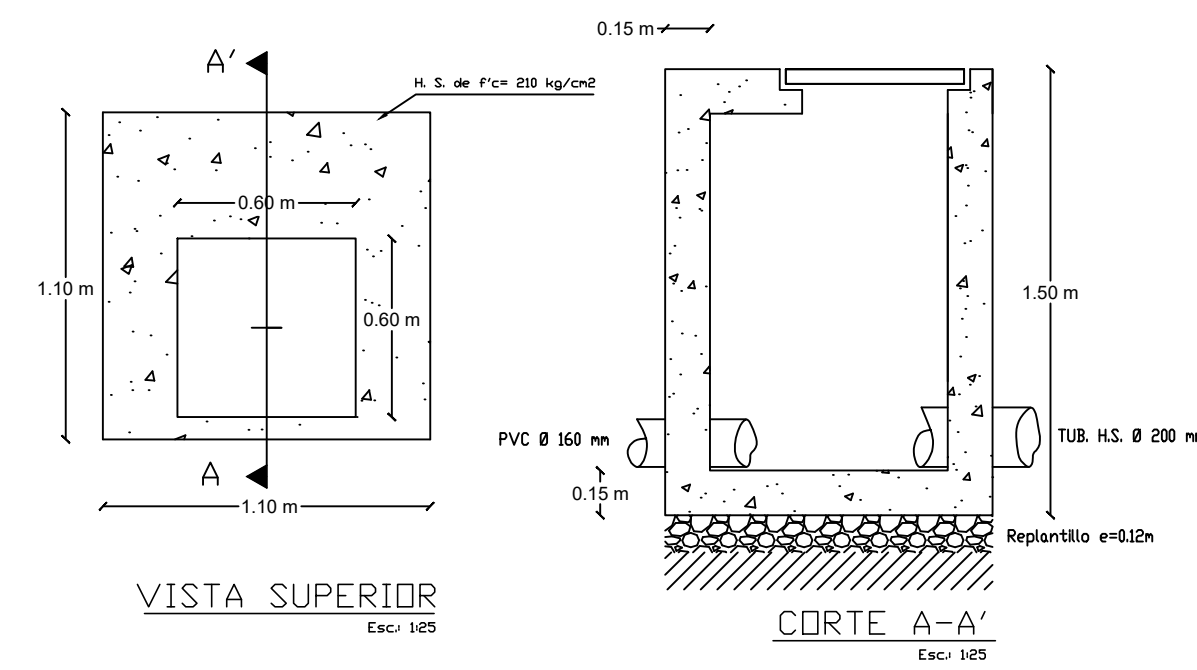


### IMPLANTACIÓN

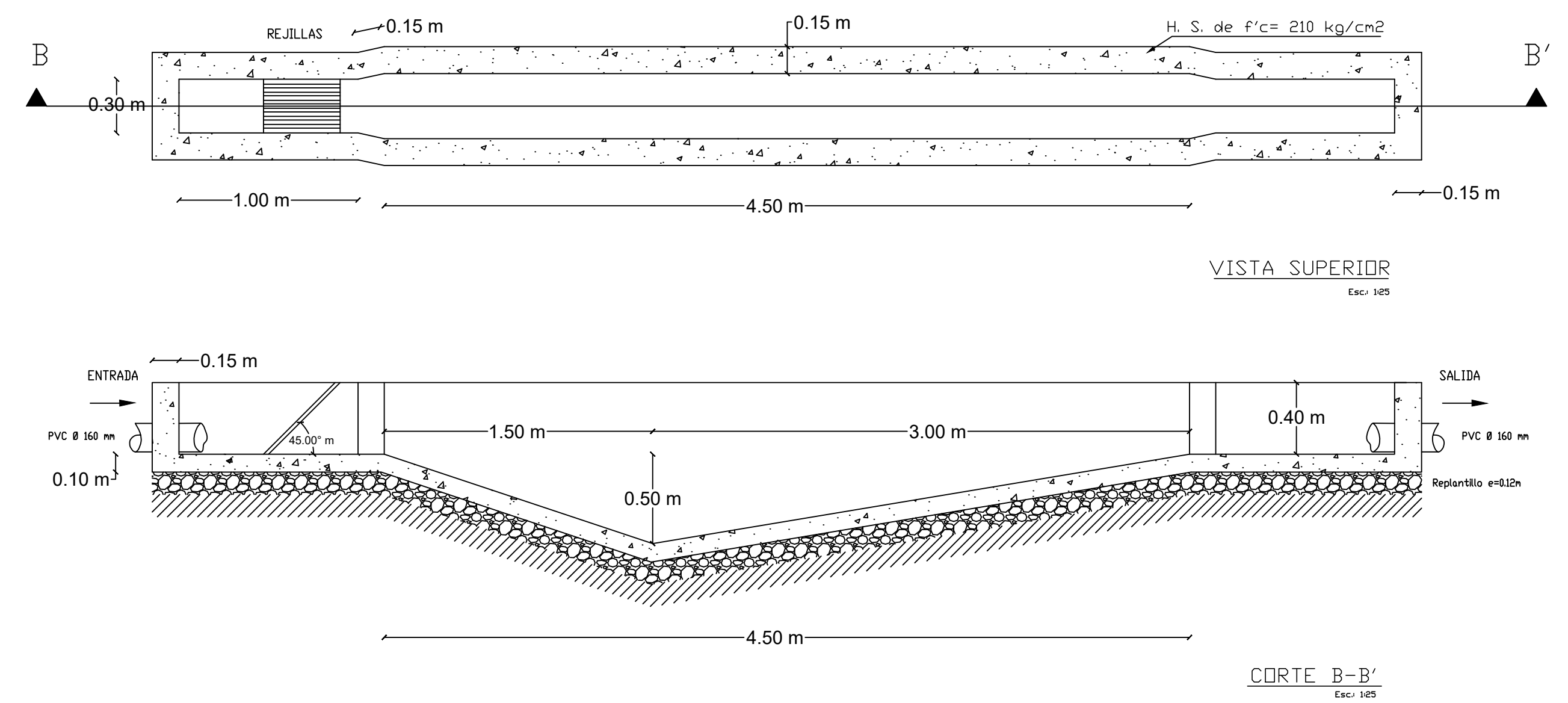
Escr: 1/100



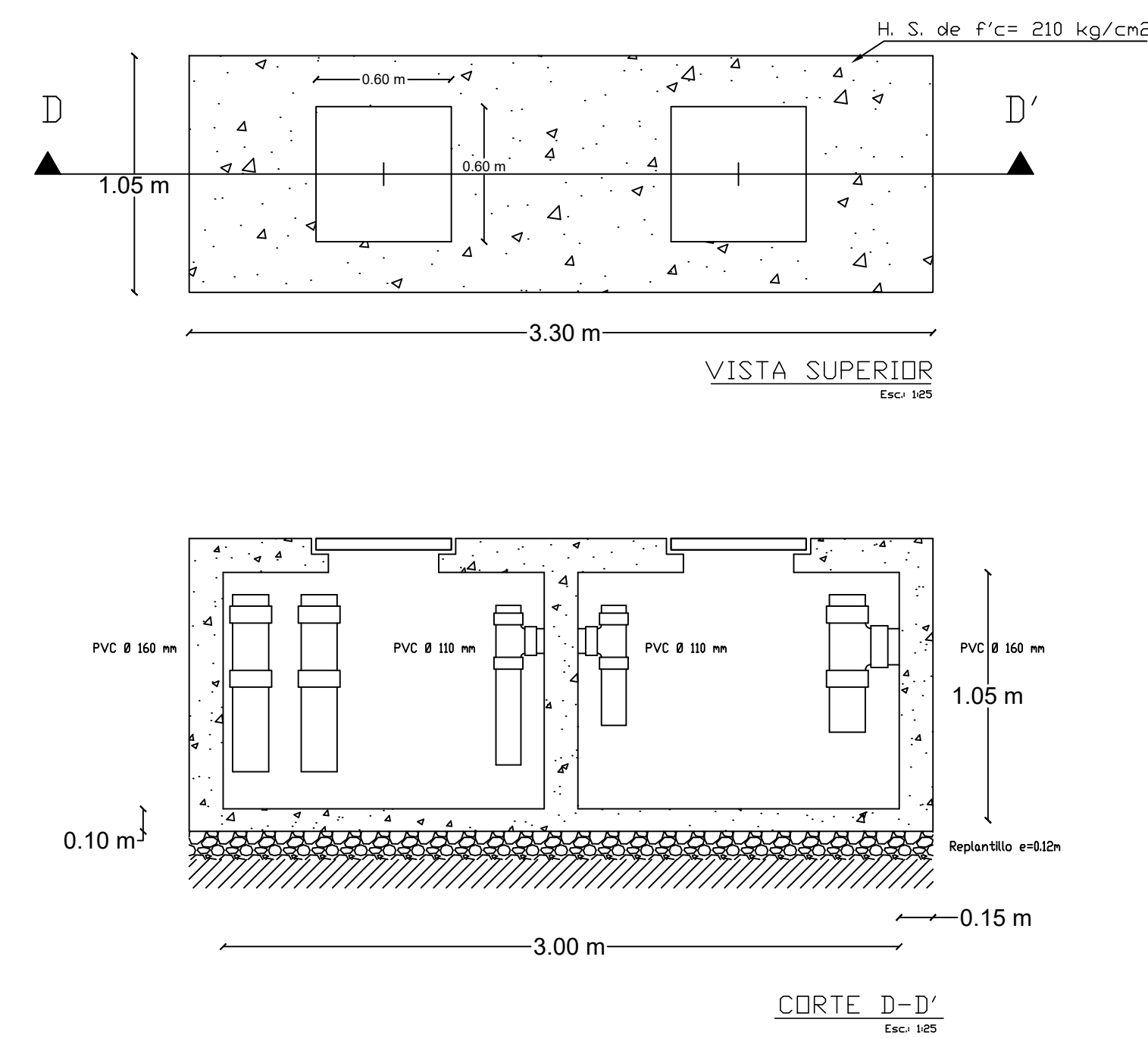
### POZO DE REVISIÓN, INGRESO Y SALIDA



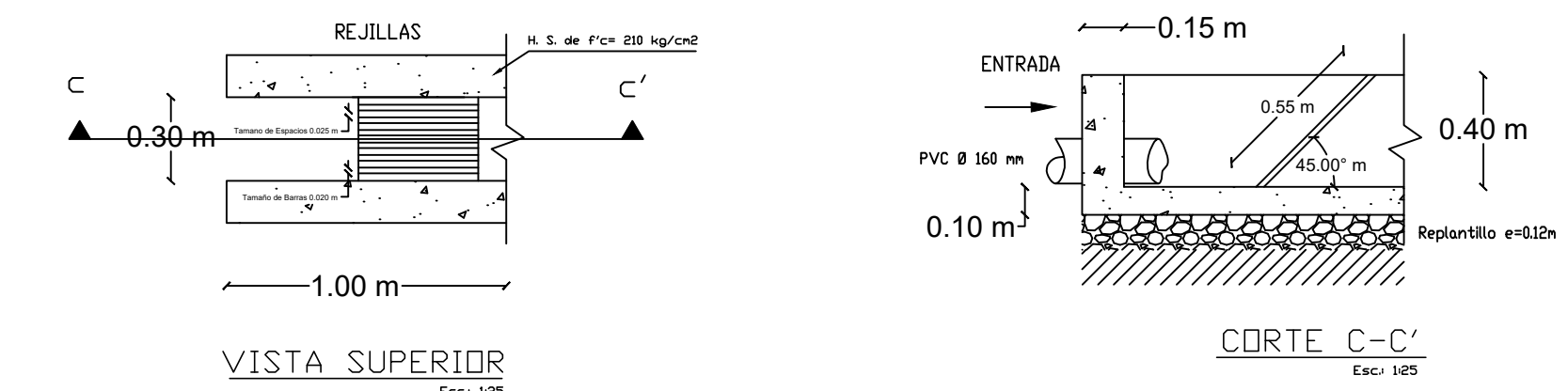
### DESARENADOR



### TRAMPA DE GRASAS

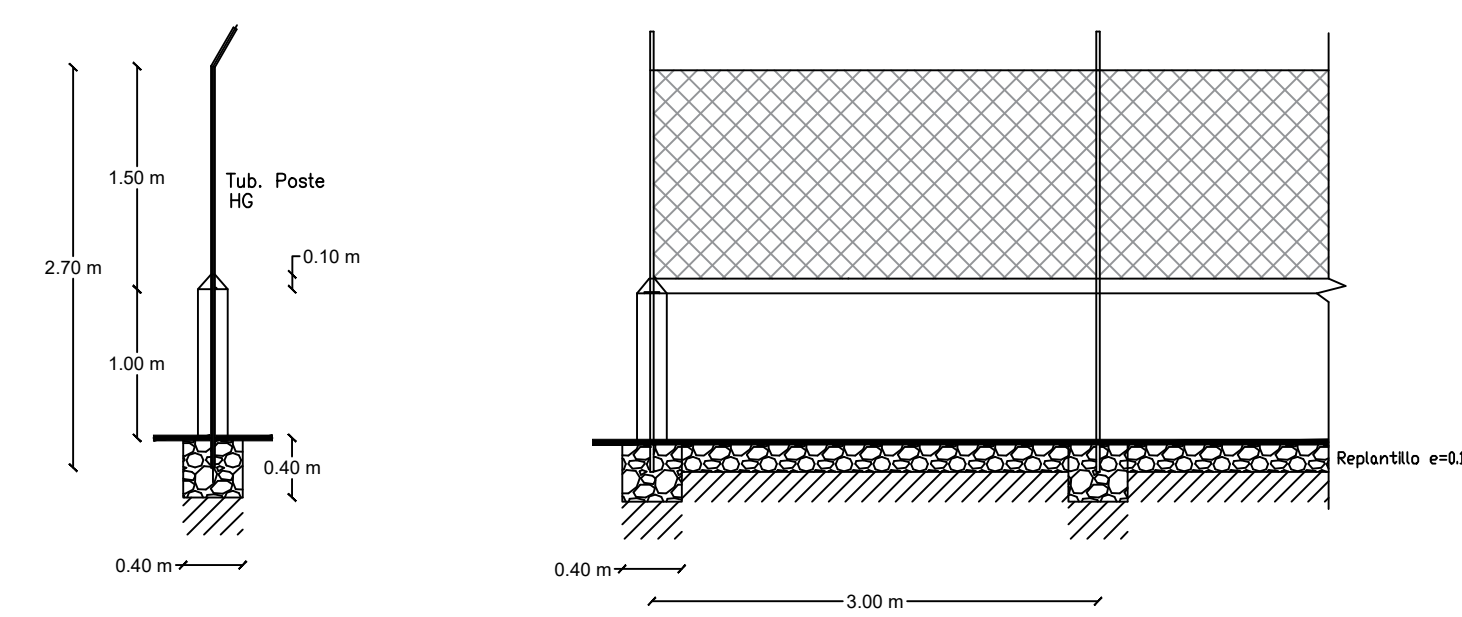


### CRIBADO



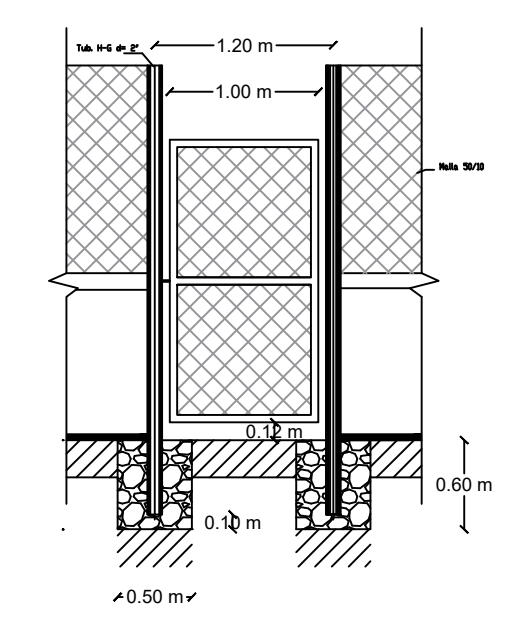
### DETALLE DEL CERRAMIENTO

Escr: 1/50

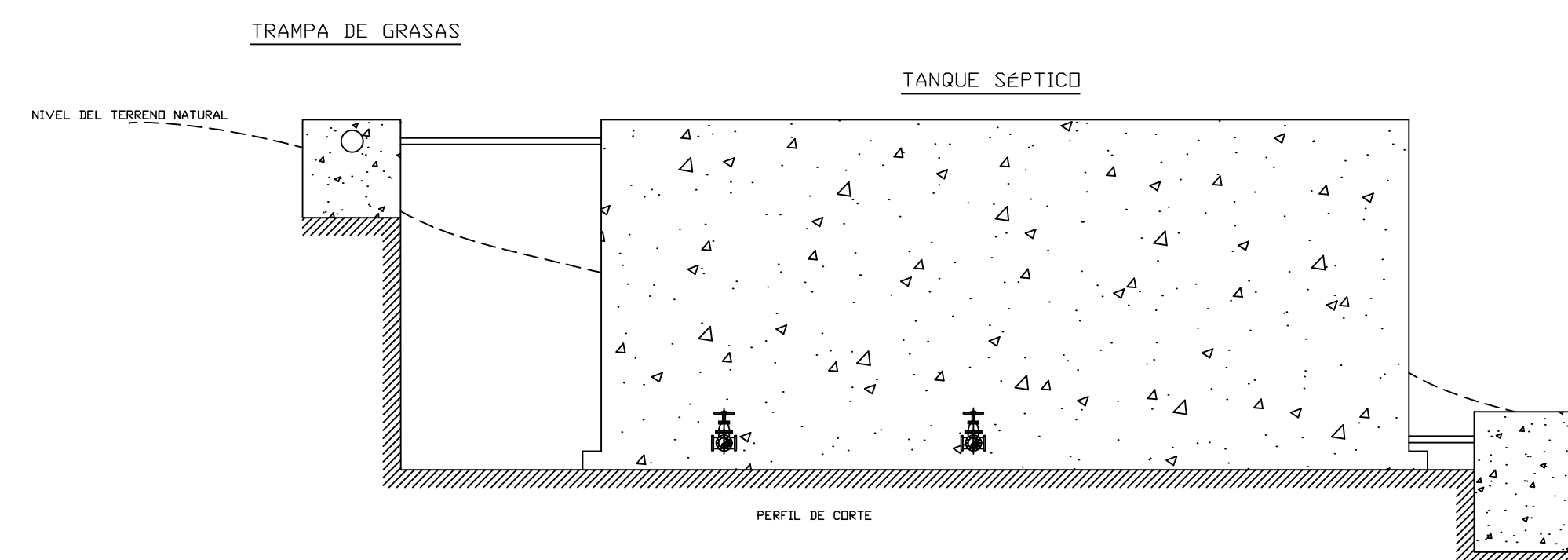


### DETALLE DE LA PUERTA

Escr: 1/50



### UBICACIÓN DE LAS UNIDADES EN LA PLANTA DEL TERRENO

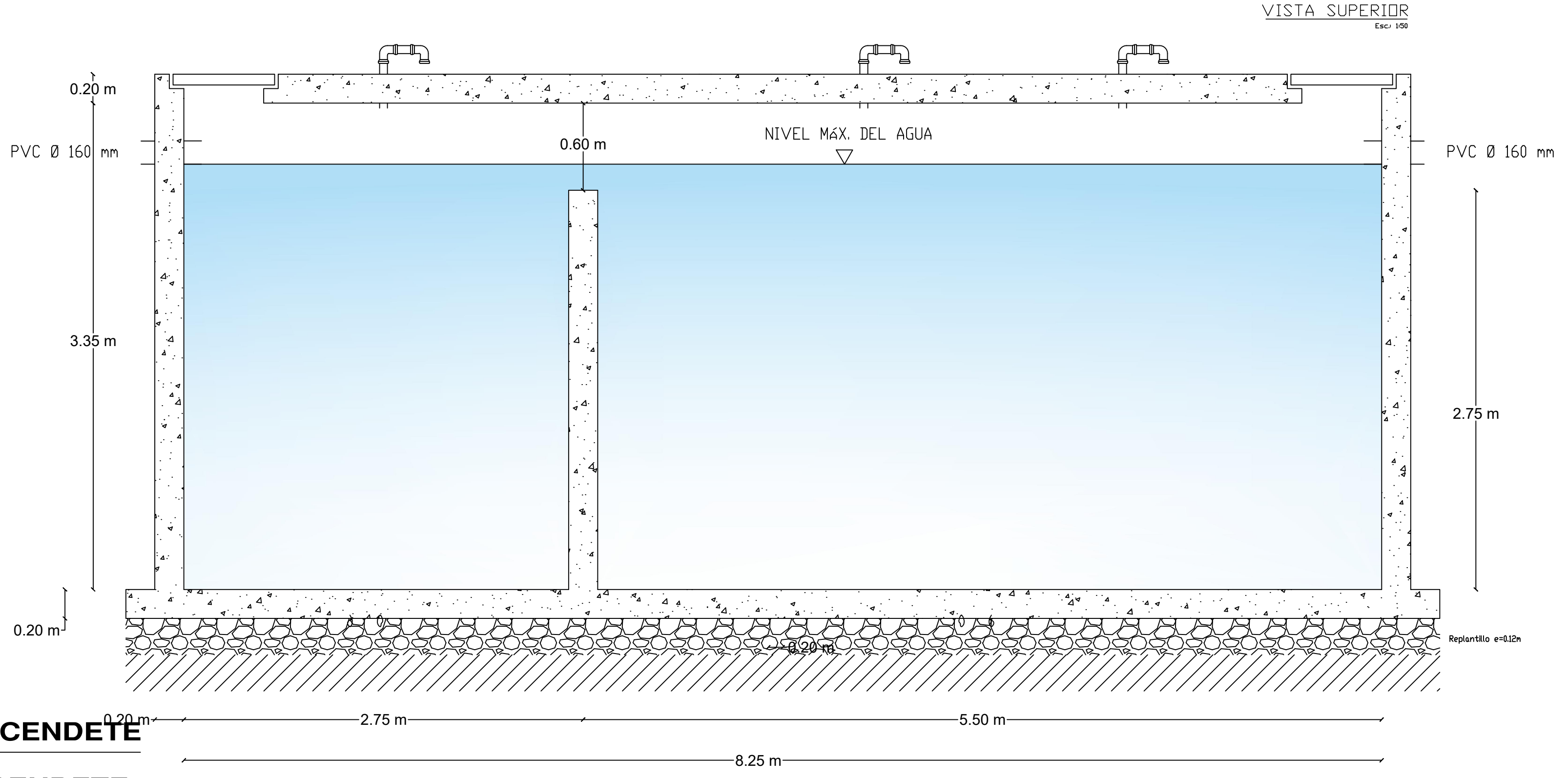
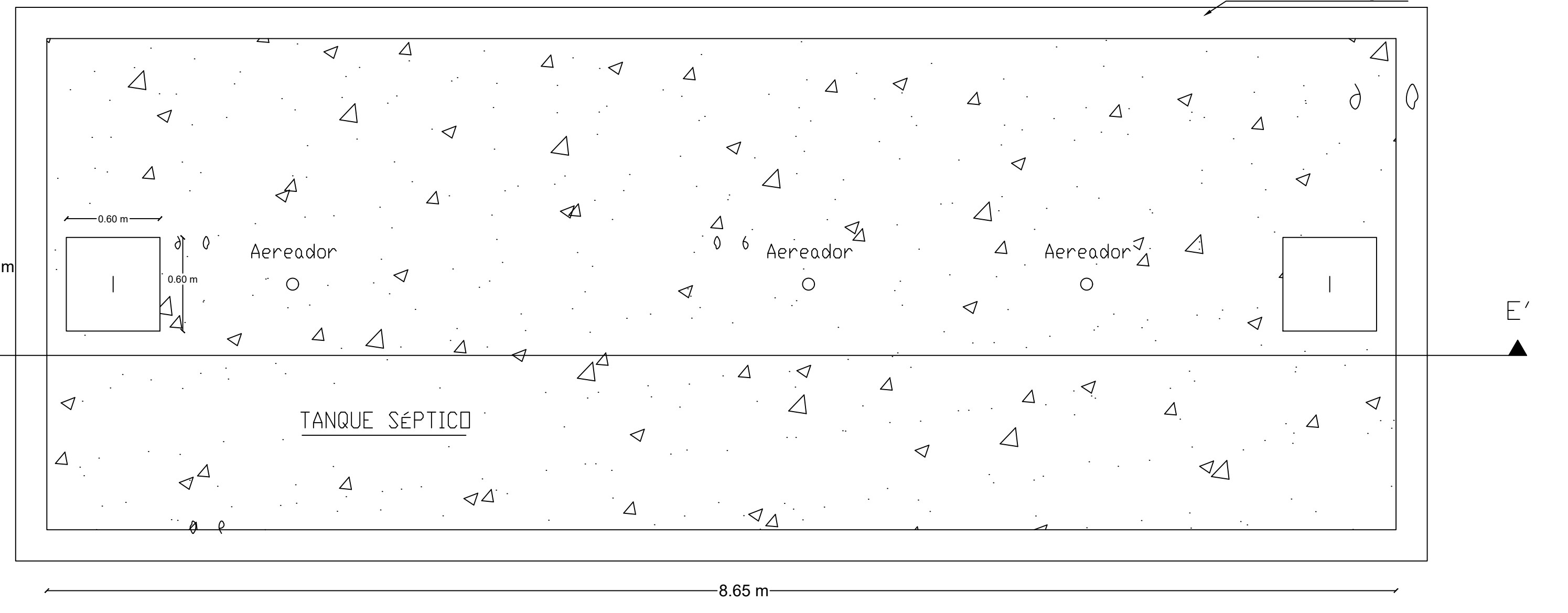
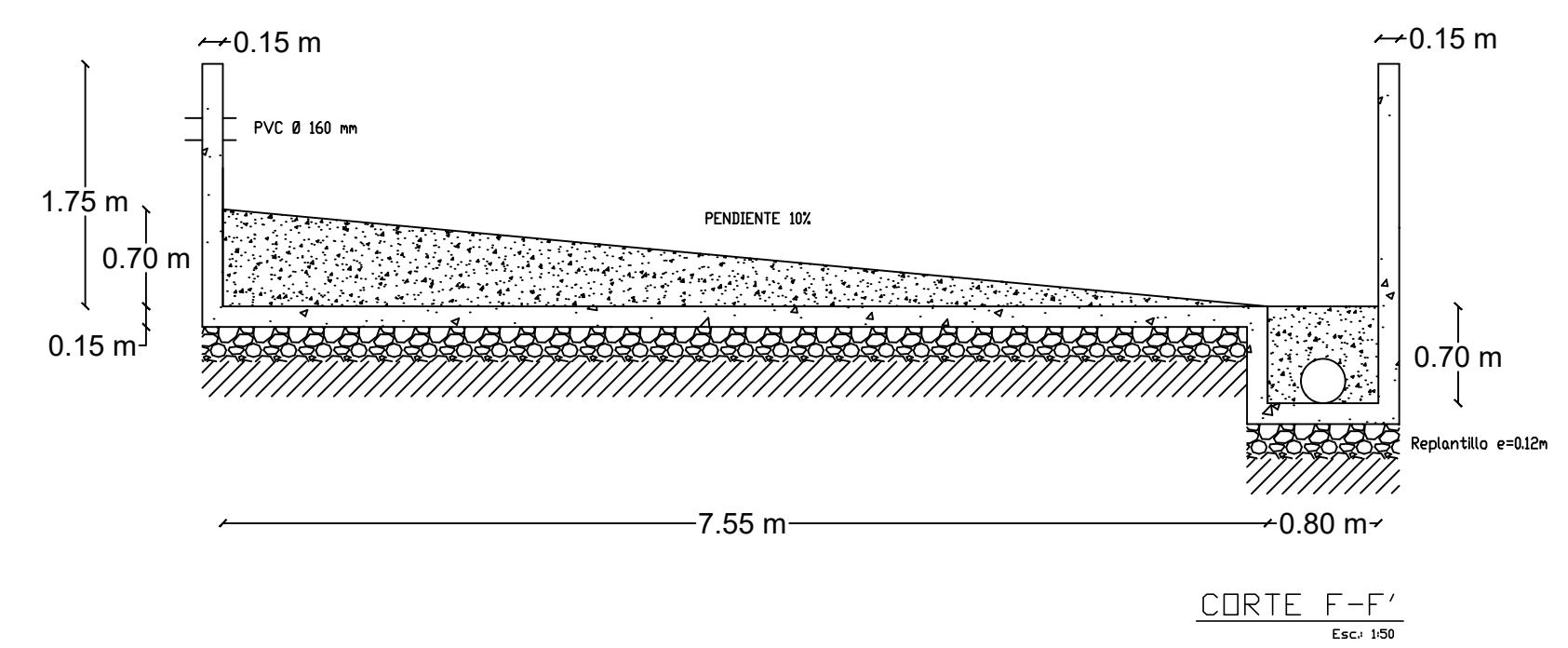
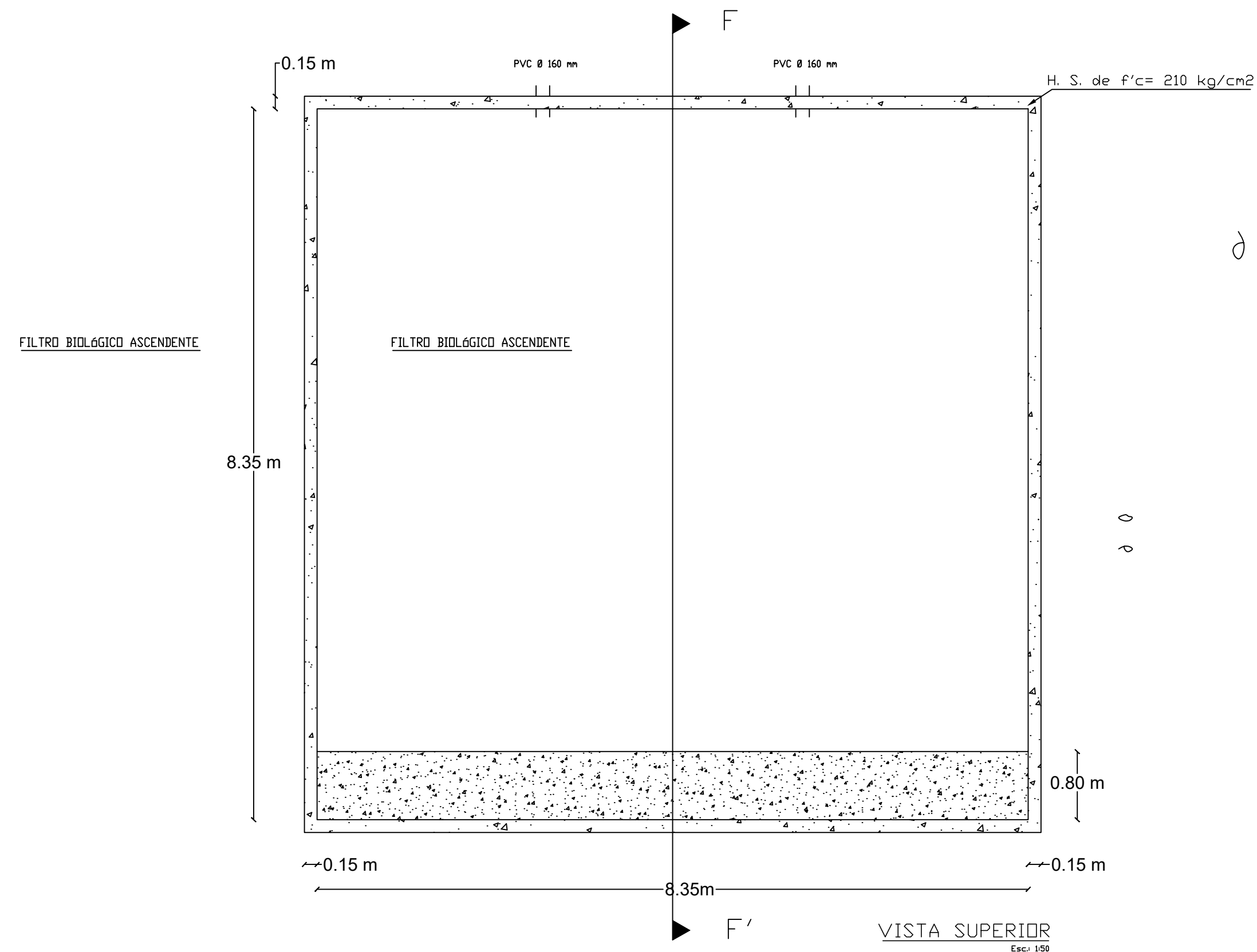


<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE LIMPE CHICO, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
<b>NOMBRE:</b> CHRISTIAN DANIEL QUINAPANTA VILLARES	
<b>UBICACIÓN:</b> COMUNIDAD LIMPE CHICO, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
<b>DOCENTE TUTOR:</b> ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>ESCALA:</b> INDICADA
	<b>PLANO:</b> 2/3
	<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE - 2021



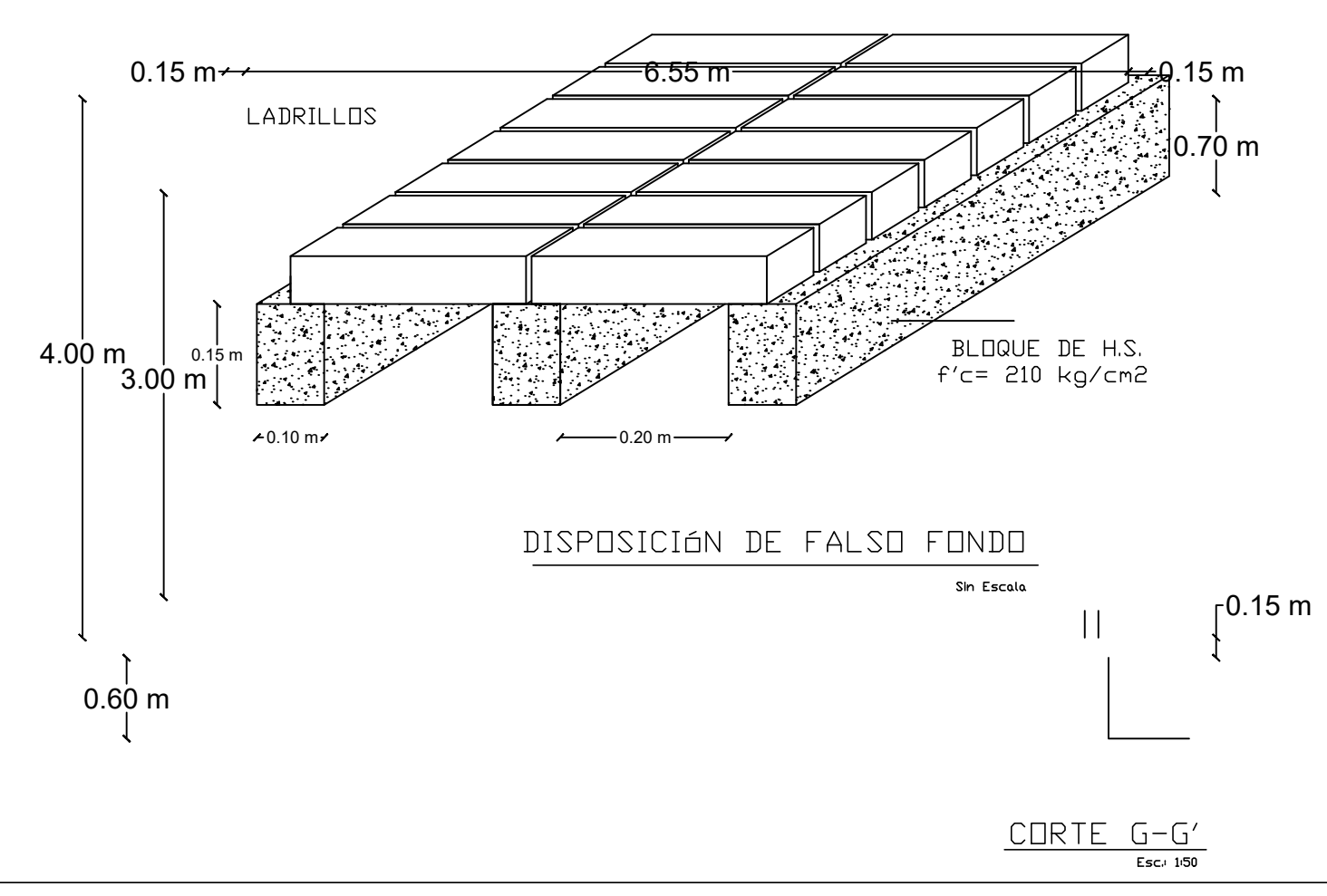
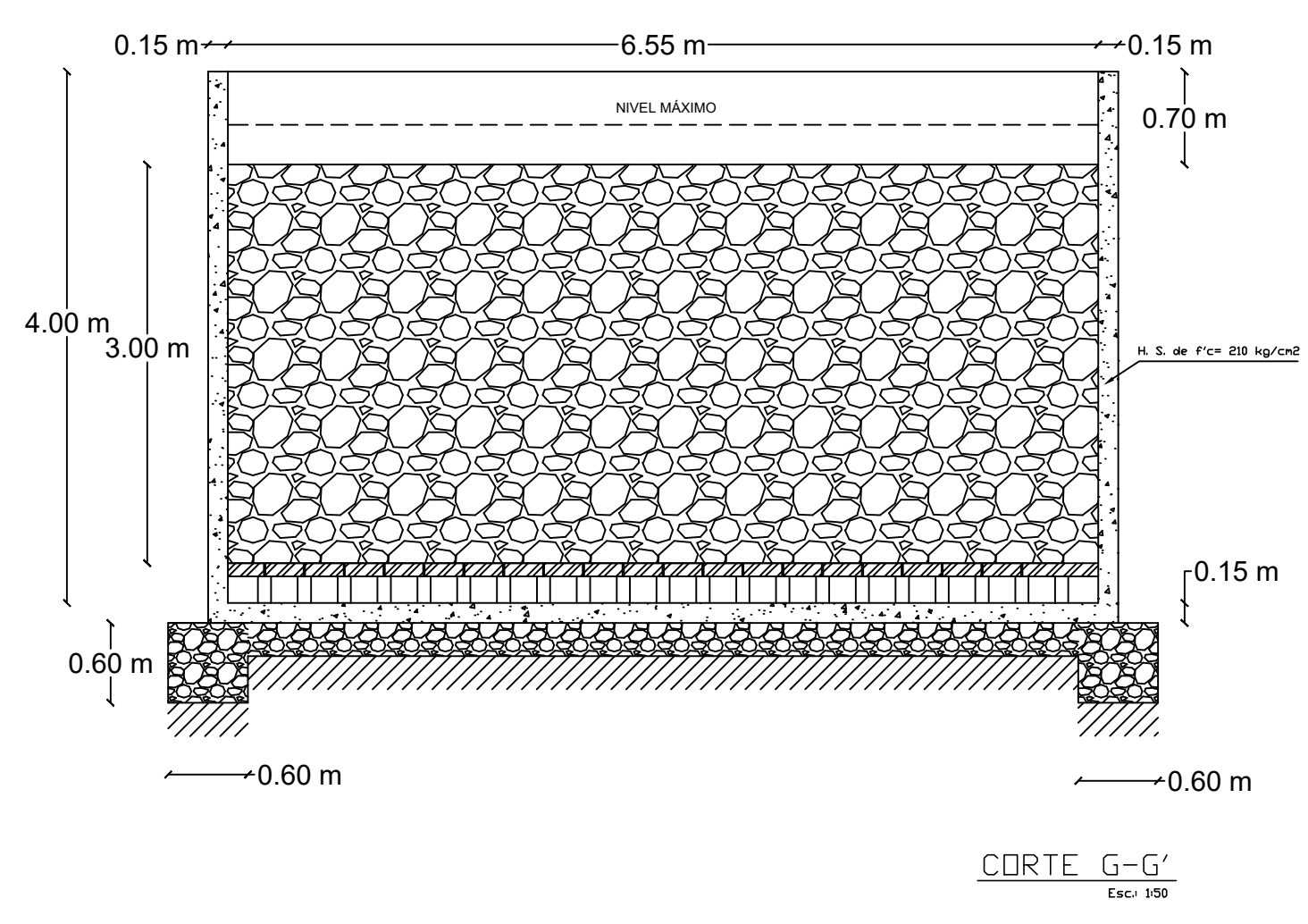
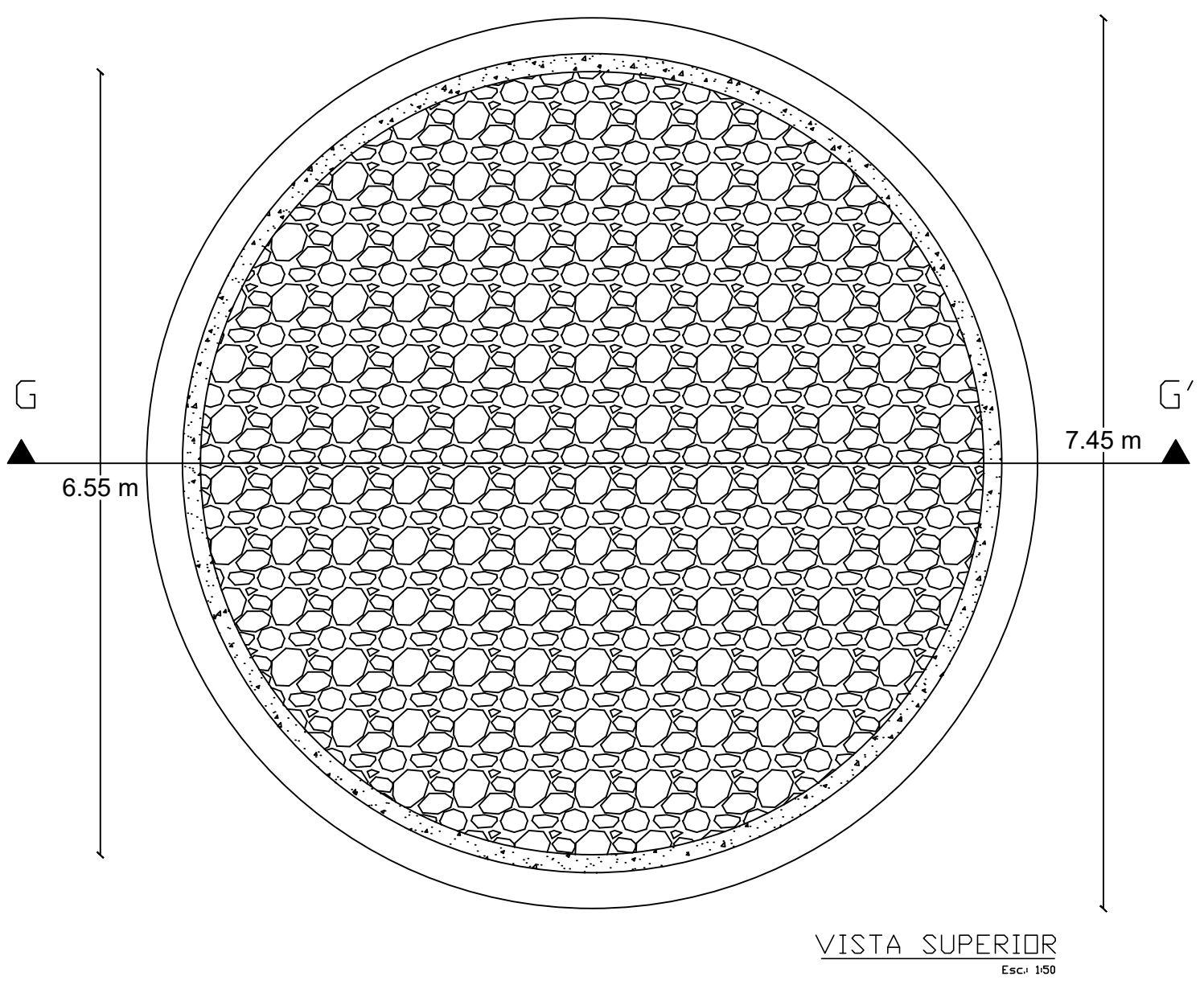
**LECHO DE SECADO DE LODOS**

**TANQUE SÉPTICO**



**FILTRO BIOLÓGICO ASCENDETE**

**FILTRO BIOLÓGICO ASCENDETE**



<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE LIMPE CHICO, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
<b>NOMBRE:</b> CHRISTIAN DANIEL QUINAPANTA VILLARES	
<b>UBICACIÓN:</b> COMUNIDAD LIMPE CHICO, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
<b>DOCENTE TUTOR:</b> ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>ESCALA:</b> INDICADA
 	<b>PLANO:</b> 3/3
<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE - 2021	