



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

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

**TEMA:**

---

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE LA PARROQUIA MORASPUNGO, CANTÓN  
PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”**

---

**Autor:** David Sebastián Carrasco Lozada

**Tutor:** Ing. MEng. Lenin Rafael Maldonado Narváez

**AMBATO - ECUADOR**

**Marzo - 2022**

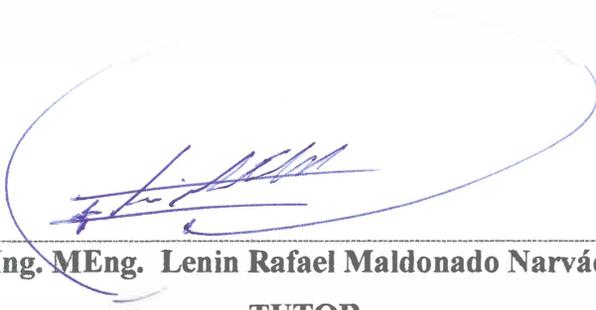
## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA MORASPUNGO, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, elaborado por el Sr. **David Sebastián Carrasco Lozada**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 180518915-4, 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, Marzo 2022



---

**Ing. MEng. Lenin Rafael Maldonado Narváez**

**TUTOR**

## **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, Marzo 2022



---

**David Sebastián Carrasco Lozada**

**C.I: 180518915-4**

**AUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACION**

Yo, David Sebastián Carrasco Lozada, con C.I. 180518915-4 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 PARROQUIA MORASPUNGO, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, 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, Marzo 2022



---

**David Sebastián Carrasco Lozada**

**C.I: 180518915-4**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante David Sebastián Carrasco Lozada, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA MORASPUNGO, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”**

Ambato, Marzo 2022

Para constancia firman:



---

Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasig  
**Miembro Calificador**



---

Ing. Alex Xavier Frias Torres  
**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha sido mi guía y mi sustento en todo tiempo.

Dedico este trabajo a mis padres Mario y Bélgica y hermanos que han estado en los instantes alegres y tristes de mi vida, quienes han sabido guiarme, aconsejarme y acompañarme para alcanzar esta nueva meta profesional.

A mi abuelita Herminia (+) que desde pequeño me ha dado mucho amor y ha sido amiga y consuelo, y ahora desde el cielo me guía y me bendice.

A mi sobrino Martín que me ha dado muchas alegrías y satisfacciones a su corta edad, y a quien siempre le deseare lo mejor para su formación personal y profesional.

Por último, dedico a todas aquellas personas que me han apoyado en los transcurso buenos y malos de la vida, y más aún aquellas que no lo han hecho porque me han enseñado a superarme por mí mismo y descubrir de lo que puedo ser capaz de alcanzar.

**David Carrasco**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la sabiduría y tenacidad en todo tiempo....

A los formadores de mi vida, empezando por mis padres Mario y Bélgica mis hermanos Ricardo y Lissette, ya que es en la casa donde comienza la verdadera educación.

A mi tío Fernando quien ha sido como un segundo padre, y a la distancia expresar sus mejores deseos y apoyo incondicional.

A mi alma mater Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, quienes han puesto sus recursos por formarme para la vida, y fue en donde encontré una familia presta a ayudar en cualquier circunstancia e hicieron esta etapa una de las mejores en mi vida.

A mis docentes de cada una de mis etapas académicas, que más que profesores han sabido ser amigos, de manera especial a quien consideré una segunda madre mi profesora de escuela la Lcda. Martha Vargas (+), y a quién me ha guiado como tutor de este trabajo un gran catedrático y amigo el Ing. Lenin Maldonado, además de los ingenieros Víctor Hugo Paredes y Galo Núñez, por sus consejos para la vida personal y profesional.

Al GAD Municipal de Pangua, especialmente al alcalde Prof. Saúl Mejía y al coordinador de agua potable y alcantarillado Ing. Christian Rosero, quienes me abrieron las puertas facilitándome toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

A mis amigos de cada etapa de mi vida, a los que se han ido y a los que están, por esas palabras de aliento cuando las he necesitado.

Infinitas gracias a todos por hacer de mi un mejor ser humano, dispuesto a servir a la sociedad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1 CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes .....	1
1.1.2 Justificación.....	3
1.1.3 Fundamentación teórica .....	6

1.2	Objetivos .....	22
1.2.1	Objetivo General .....	22
1.2.2	Objetivos específicos .....	22
2	CAPÍTULO II .....	23
	METODOLOGÍA .....	23
2.1	Metodología de investigación .....	23
2.2	Materiales y Equipos .....	25
2.3	Metodología .....	26
3	CAPÍTULO III .....	28
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
3.1	FASE 1: Levantamiento de información.....	28
3.2	FASE 2: Análisis del comportamiento de los caudales del agua residual in situ	34
3.3	FASE 3: Investigación de laboratorio .....	37
3.4	FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento PTAR .....	38
	CAPÍTULO IV .....	65
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
4.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
	Bibliografía .....	67
	ANEXO A.....	70

ANEXO B. .... 73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo del nitrógeno .....	11
Figura 2 Tipos de agua residual .....	13
Figura 3. Fases del tratamiento de aguas residuales .....	16
Figura 4. Componentes de una PTAR.....	17
Figura 5. Cribado .....	17
Figura 6. Desarenador .....	18
Figura 7. Tanque Séptico .....	19
Figura 8. Lecho de secado de lodos .....	19
Figura 9 Desinfección .....	20
Figura 10 Ubicación referencial de la PTAR sector río Piñanato.....	28
Figura 11 Delimitación urbana de la parroquia Moraspungo .....	29
Figura 12 Unidades del tren de tratamiento .....	30
Figura 13 Diagnóstico visual del sedimentador .....	31
Figura 14 Filtración en el tanque séptico .....	32
Figura 15 Diagnóstico del tanque séptico .....	32
Figura 16 Diagnóstico del FAFA.....	33
Figura 17 Diagnóstico del lecho de secado de lodos .....	33
Figura 18 Variaciones del caudal de entrada .....	36
Figura 19 Tubería de salida de la PTAR.....	36
Figura 20 Toma de muestras .....	37
Figura 21 Porcentaje de eficiencia de reducción de contaminantes.....	42
Figura 22 Vista en planta del tanque regulador de caudal .....	43

Figura 23 Vista en elevación del tanque regulador de caudal.....	43
Figura 24 Vista en planta del sedimentador .....	44
Figura 25 Vista en elevación del sedimentador .....	44
Figura 26 Curvas de comportamiento .....	47
Figura 27 Vista en planta del tanque séptico .....	49
Figura 28 Vista en elevación del tanque séptico.....	50
Figura 29 Vista en planta del FAFA .....	53
Figura 30 Vista en elevación del FAFA.....	54
Figura 31 Vista en planta del lecho de secado de lodos.....	60
Figura 32 Vista en elevación del lecho de secado de lodos .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual .....	6
<i>Tabla 2 Remoción de contaminantes del agua residual por procesos unitarios .....</i>	<i>20</i>
Tabla 3. Materiales utilizados en el trabajo experimental.....	25
Tabla 4. Equipos electrónicos utilizados en el trabajo experimental .....	25
<i>Tabla 5 Coordenadas de la PTAR .....</i>	<i>34</i>
Tabla 6 Resumen de caudales en lts/seg medidos en la PTAR.....	35
Tabla 7 Resultados físico-químicos de las muestras de entrada comparadas con la norma TULSMA .....	38
Tabla 8 Resultados físico-químicos de las muestras de salida comparadas con la norma TULSMA .....	39
<i>Tabla 9 Porcentaje de eficiencia de reducción de contaminantes.....</i>	<i>41</i>
Tabla 10 Dimensiones del tanque regulador de caudal.....	43
Tabla 11 Dimensiones del sedimentador .....	45
Tabla 12 Datos para la evaluación del sedimentador.....	45
<i>Tabla 13 Redimensionamiento del desarenador.....</i>	<i>48</i>
Tabla 14 Dimensiones del tanque séptico.....	50
Tabla 15 Datos para el dimensionamiento del tanque séptico .....	50
Tabla 16 Promedio del consumo estimado de agua potable por clima .....	51
Tabla 17 Dimensiones del FAFA.....	54
Tabla 18 Datos para el dimensionamiento del FAFA.....	54
Tabla 19 Tiempo de Retención Hidráulica de Aguas Residuales por falta de flujo ..	55

Tabla 20 Tiempo de Retención Hidráulica del Empaque .....	56
Tabla 21 Dimensiones del lecho de secado de lodos .....	61
Tabla 22 Datos para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos .....	61
Tabla 23 Factor de Capacidad Relativa (fcr) .....	62

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo experimental fue evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales construida en la orilla del río Piñanato.

Para iniciar el trabajo de la evaluación se procedió a un levantamiento de información necesaria como la actividad socioeconómica de la población de Moraspungo, ubicación de la PTAR, superficie que ocupa, población a la que da servicio, unidades de tratamiento con la que cuenta la PTAR, entre otras.

Posterior a esto se realizó un trabajo in situ empezando a medir las unidades de tratamiento, el aforo de caudales de entrada y de salida a través del método volumétrico para determinar el día y la hora del escenario más crítico, y tomar las muestras, lo cual en los análisis realizados en el laboratorio presentaron resultados de que algunos parámetros físicos-químicos, no cumplen con lo establecido en la norma TULSMA para descargas en cuerpos de agua dulce, especialmente los dos parámetros siguientes: Tensoactivos y Color Real.

Una vez tomada todos los datos necesarios y realizados todos los cálculos de dimensionamiento teórico de cada una de las unidades de tratamiento, se dedujo el erróneo funcionamiento del FAFA, además de la evidencia de grietas en el tanque séptico.

**Palabras clave:** PTAR, Parámetros físicos, Parámetros químicos, Tensoactivos, Color Real, FAFA, Tanque séptico.

## **ABSTRACT**

The purpose of this experimental work was to evaluate the operation of the wastewater treatment plant built on the banks of the Piñanato River.

To begin the evaluation work, the necessary information was gathered, such as the socioeconomic activity of the population of Moraspungo, the location of the WWTP, the area it occupies, the population it serves, the treatment units of the WWTP, among others.

Subsequently, an in situ work was carried out starting to measure the treatment units, the gauging of inflow and outflow through the volumetric method to determine the day and time of the most critical scenario, and take samples, which in the laboratory analysis showed results that some physical-chemical parameters do not comply with the provisions of the TULSMA standard for discharges into freshwater bodies, especially the following two parameters: Surfactants and True Color.

Once all the necessary data had been collected and all the theoretical sizing calculations for each of the treatment units had been made, it was deduced that the FAFA was not working properly, in addition to the evidence of cracks in the septic tank.

Key words: WWTP, Physical parameters, Chemical parameters, Surfactants, True Color, FAFA, Septic tank.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes investigativos

#### 1.1.1 Antecedentes

El agua uno de los recursos vitales para la subsistencia humana, se ha visto en los últimos años amenazada por los diversos usos que se le da sean estos domésticos, industriales, agrícolas o ganaderos, y que después de ser usadas en muchos de los casos no se le da el tratamiento adecuado por lo que, al ser vertida nuevamente a un cuerpo de agua dulce o salada, causa contaminación al medio ambiente, por su abundante carga de diferentes parámetros físicos-químicos tales como: fósforo, nitrógeno, coliformes fecales, entre los más comunes. Y la falla común se debe a que no se da la el mantenimiento adecuado a las plantas de tratamiento, debido al alto costo que representa realizar estas operaciones por lo que las entidades en sectores rurales tienen limitaciones económicas e inclusive no cuentan con sistemas de tratamiento. [1]

El mando y manejo ineficiente de las aguas de origen doméstico, terminan en dificultades de salud graves para el bienestar de la población entre las enfermedades más relevantes se tienen: irregularidades digestivas, cólera, dolencia parasítica, que se va acumulando con otras imperfecciones como es la insuficiencia de un sistema de agua potable, alcantarillado y la inadecuada gestión de la basura ,por eso es fundamental realizar charlas y capacitaciones sobre salud y conservación del medio ambiente a toda la población, principalmente a las comunidades donde se desarrollan la mayoría de las enfermedades ya mencionadas. [2]

En América Latina y el Caribe se evidencia el problema de agua potable y saneamiento básico. Acorde a la publicación de la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2011), expresa lo siguiente:

Desde hace 109 años, la OPS coopera con los países de las Américas promoviendo la prevención y control de las enfermedades de origen hídrico y llamando la atención a las condiciones precarias del acceso al agua y saneamiento básico y la necesidad de que gobiernos y comunidades se comprometan en serio con el tema, ya que ninguna intervención en salud pública tiene mayor impacto en el desarrollo de una nación y en la salud individual y colectiva como la provisión de agua potable y la disposición sanitaria de excretas. [3]

La falta de agua potable y saneamiento básico tiene impactos nefastos en los procesos de desarrollo. El conjunto constituye la segunda causa de morbimortalidad para menores de cinco años en la Región, y es el mayor componente de la carga de enfermedades asociadas con el ambiente. Por otro lado, intervenciones combinadas de agua saneamiento e higiene puede reducir hasta un 80% la prevalencia de enfermedades de origen hídrico y muertes relacionadas (50% en el caso de las diarreas).

En Ecuador el agua potable y saneamiento aumentó considerablemente en los últimos años debidos al crecimiento demográfico, según datos del INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda, 2010) se manifiesta lo siguiente:

En 2006 el porcentaje de hogares a nivel nacional que tenían un adecuado sistema de eliminación de excretas alcanzaba al 82,6%. Para 2014, la cobertura aumenta a nivel nacional al 91,4%, es decir, 8,8 puntos porcentuales adicionales de hogares disponen del servicio. El mayor aumento de hogares con adecuadas condiciones de saneamiento se da en el área rural, donde la cobertura del servicio se incrementa 18,3 puntos entre 2006 y 2014. [4]

Para la provincia de Cotopaxi, el INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda, 2010), expone lo siguiente:

“La red pública de alcantarillado en el año 2001 era de 24.38%, para el año 2010 es de 36.52%”. [4]

En la parroquia Moraspungo el manejo de aguas residuales se ha visto retrasado debido a que las administraciones anteriores no le han dado la importancia del debido tratamiento que se le debe dar a este tipo de aguas por lo que los dos cuerpos de agua dulce que pasan por esta parroquia que son el río Piñanato y el río Angamarca se han visto seriamente afectados ambientalmente. Actualmente la parroquia Moraspungo en el casco urbano cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas residuales de la población y una más en el recinto Las Juntas, cubriendo el 98% de la población de estas dos zonas, sin embargo, en la zona rural carecen de un sistema de tratamiento de aguas residuales por lo que en total estaría cubriendo aproximadamente al 10% de la población de esta parroquia. [5]

### **1.1.2 Justificación**

El agua en nuestro planeta es uno de los principales recursos de vida humana, animal y vegetal; inclusive ha sido un elemento clave en el desarrollo de las sociedades, debido a que su presencia representa asentamientos poblacionales. El aumento demográfico tanto en la zona urbana como rural ha provocado que este recurso tenga una mayor demanda en las últimas décadas, además del uso desmedido del consumo del agua en las diversas industrias que existen; por lo que su uso en múltiples actividades, ha desencadenado en un desecho afectando a la contaminación del medio ambiente. Además, la poca o nula información de parte de las autoridades sobre el manejo y tratamiento de aguas residuales, se ha transformado en el uso sin medida del líquido vital. [6]

Las aguas servidas se originan de diversas fuentes, como las de zonas residenciales, zonas educativas, o comerciales denominadas aguas negras domésticas, y las provenientes de manufacturas o industrias que son las aguas industriales; por lo tanto, su composición es variada, relacionando solo al agua proveniente de domicilios, conlleva consigo desechos alimenticios, de los baños, jabones tanto de baño como de lavar ropa, y un sinnúmero de materia orgánica e inorgánica. Los tratamientos para las aguas contaminadas se denominan en base a la ubicación del procedimiento de sanitización, como primarios, secundarios y avanzados. [7]

Un correcto saneamiento de una comunidad implica una adecuada disposición de las aguas residuales en donde han de intervenir una cadena de sistemas y elementos, los cuales son:

“sistemas de alcantarillado diferenciándose por el tipo de agua que transportan, entre ellos tenemos: alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y alcantarillado combinado o mixto”.

Uno de los principales propósitos en intervenir e implementar Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), es proteger la salud pública. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su Planificación de la Seguridad del Saneamiento (PSS) indica que se debe tomar en cuenta todos los riesgos reales para la salud que implica el manejo de aguas residuales, para gestionar e invertir en las mejoras o implementaciones de nuevos sistemas de alcantarillado, así también en analizar de cómo se podrían manejar o controlar de mejor manera estos riesgos. [8]

La Organización Mundial de la Salud en datos tomados en el año 2015, indica que: “2900 millones de personas, usaban un servicio de saneamiento gestionado de forma segura, es decir, sus excrementos se eliminaban de forma segura in situ o se sometían a tratamiento en otro lugar”; así mismo señala que: “2300 millones de personas no tienen instalaciones de saneamiento básicas como inodoros o letrinas”. [9]

Según datos del 2015 tomados del Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), los GAD Municipales que han implementado el alcantarillado Sanitario y Pluvial es del 35,35%, el 21,86% solo cuentan con alcantarillado Combinado, los municipios que cuentan con alcantarillado Sanitario, Combinado y pluvial representan el 15, 85%, mientras que el 5.58% de GAD municipales no cuentan con ningún tipo de alcantarillado [5]. El implemento a mediano plazo de sistemas de saneamiento de aguas residuales adecuados en los municipios, es de vital importancia para cumplir con la meta 6.2 del Objetivo 6 de las Naciones Unidas: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, que cita “De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad”. [10]

En el cantón Pangua, se ha evidenciado por la población una falta de preocupación y gestión por parte de las autoridades locales sobre el tema de salubridad y específicamente en la implementación de sistemas de alcantarillado tanto en el sector urbano como rural, siendo este último el que tiene mayor densidad demográfica 93%, este desinterés ha sido traducido en varios casos de enfermedades por insalubridad en el manejo de evacuación del agua después de su utilización, cabe mencionar que solo las cuatro cabeceras parroquiales cuentan con este servicio; es así que en la parroquia Moraspungo, el alcantarillado cubre el 90% del casco poblacional con relación a las 25 comunidades que pertenecen a esta parroquia, y que no cuentan con ningún tipo de sistema de alcantarillado ni plantas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo en la mayoría de domicilios han dispuesto de pozos sépticos. [11]

Es por esta razón, que es necesario el presente proyecto para la evaluación y solución del funcionamiento correcto de la PTAR Río Piñanato que recibe agua residual de una parte de los domicilios y negocios de la parroquia Moraspungo perteneciente al cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi, y a la vez concientizar a la población y autoridades sobre el buen uso de este sistema de saneamiento.

### 1.1.3 Fundamentación teórica

#### 1.1.3.1 Plantas de tratamiento de agua residual

Las Plantas de Tratamiento de Agua Residual son un conjunto de infraestructuras que cumplen una serie de operaciones y procesos unitarios: físicos, químicos y biológicos; que tiene como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano, y así obtener agua apta para el vertido a un cuerpo de agua dulce o salada, o uso para industrias o riego en la agricultura, que cumpla con los parámetros establecidos en la ley; y evitar la contaminación del medio ambiente (flora y fauna). [12]

#### 1.1.3.2 Características de agua residual

El agua después de su uso, en cualquier tipo de proceso altera sus características iniciales, afectando la calidad y modificando sus propiedades físicas, químicas y biológicas; las características más comunes y que se encuentran en las aguas residuales se determinan después de los análisis convencionales que se realizan en un laboratorio, las cuales se presentan en la *Tabla 1*.

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

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
<b>FÍSICAS</b>	
- Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia inorgánica
- 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

*Fuente: METCALF & EDDY [13]*

Tabla 1 (continuación) Características físicas, químicas y biológicas del agua residual

<b>QUÍMICOS</b>	
<b>Orgánicos:</b>	
- Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
- Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
- Pesticidas	Residuos agrícolas
- Fenoles	Vertidos industriales
- Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
- Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
- Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
- Compuestos orgánicos volátiles	
<b>Inorgánicos:</b>	
- Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
- Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
- 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>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
<b>Gases:</b>	
- Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos
- Metano	Descomposición de residuos domésticos
- Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial

Fuente: METCALF & EDDY [13]

Tabla 1 (continuación) Características físicas, químicas y biológicas del agua residual

<b>BIOLÓGICOS</b>	
<b>- Animales</b>	Cursos de agua y plantas de tratamiento
<b>- Plantas</b>	Cursos de agua y plantas de tratamiento
<b>- Protistas:</b>	
<b>Eubacterias</b>	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
<b>Arqueobacterias</b>	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
<b>- Virus</b>	Aguas residuales domésticas

*Fuente: METCALF & EDDY [13]*

De las características citadas en la Tabla 1, a continuación, se indica las más importantes dentro del análisis físico-químico, para establecer la calidad del agua:

### **1.1.3.3 Parámetros de Aguas residuales**

La indicación de los parámetros de las aguas residuales implica un muestreo apropiado para asegurar la efectividad de la misma, y también un análisis de laboratorio eficaz apegado a normas estándar que aseguren precisión en los resultados. Aunque en la práctica, como se señalará a continuación, existen caracterizaciones típicas de aguas residuales.

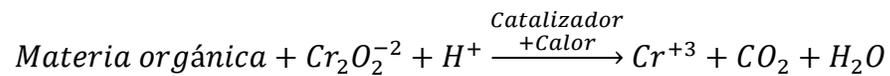
#### **- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la demanda bioquímica de oxígeno, y se la puede definir como la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias; este parámetro es el más usado para medir la calidad de aguas servidas y superficiales, determinando lo anteriormente mencionado, también para diseñar unidades de tratamiento biológico, evaluar los procesos del tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. En condiciones normales del laboratorio, este

parámetro se mide a 20°C, el ensayo estándar se elabora a los cinco días de incubación y se conoce comúnmente como DBO, su unidad es mg/L – O<sub>2</sub>. [14]

#### - **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)**

Este parámetro es usado para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico fuerte (dicromato de potasio) en un medio ácido y temperatura alta. La reacción principal de este ensayo se puede representar de la siguiente forma:



Este ensayo de concentración orgánica es útil en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica y tan solo puede tomar tres horas en realizarla. La interpretación de los resultados, es problemática debido a distintos factores y variables que tergiversan estos ensayos, estos factores son:

- Varios compuestos orgánicos oxidables por dicromato no son oxidables biológicamente.
- Los sulfuros, sulfitos, tiosulfatos, nitritos y hierro ferroso son oxidados por dicromato por lo que introducen una DQO inorgánica.
- Los hidrocarburos aromáticos y la piridina no son oxidados por el dicromato.
- Para concentraciones mayores de 1g/L de cloruros se debe ejecutar con un testigo de concentración de cloruros igual a la de la muestra.
- El tiempo de reflujo debe ser siempre dos horas, debido a que el resultado de la DQO es función del tiempo de digestión.

El promedio de las aguas servidas domiciliarias crudas es de 250 a 1000 mg/L, con relación de DQO/DBO que por lo general varía entre 1, y 2,5. [14]

#### - **Potencial Hidrógeno (pH)**

Se puede definir como la medida de concentración del ion hidrógeno en el agua.

Las aguas residuales con baja concentración de ion hidrógeno son complicadas de tratar biológicamente, alterando la biota de fuentes receptoras siendo negativo para los microorganismos; aguas con  $\text{pH} < 6$  son ideales para el crecimiento de hongos sobre bacterias en tratamientos biológicos y el poder bactericida del cloro predomina, a cambio un pH alto predomina el nitrógeno amoniacal en forma gaseosa no iónica ( $\text{NH}_3$ ) el cual es tóxico pero se puede remover mediante arrastre con aire ( $10,5 \leq \text{pH} \leq 11,5$ ).

El valor de pH idóneo en diferentes procesos de tratamiento y existencia de vida biológica es generalmente de 6,5 a 8,5; para descargas de efluentes se espera un pH de 6,0 a 9,0.

El incremento de pH se debe a la oxidación bioquímica de ácidos orgánicos y destrucción de sales de ácidos orgánicos. [14]

#### - **Nitrógeno (N)**

Los tipos de nitrógeno en que se presentan en aguas residuales son:

- Nitrógeno orgánico: aguas residuales domésticas frescas.
- Nitrógeno amoniacal: descomposición del nitrógeno orgánico por bacterias.
- Nitritos y nitratos: descomposición del nitrógeno orgánico en medio aerobio.

Todas estas son interconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno (*Figura 1*).

Los datos de este componente son indispensables para examinar la tratabilidad de las aguas servidas por tratamientos biológicos, ya que un contenido insuficiente requerirá la adición de nitrógeno para su biodescomposición; en otros casos (control de eutrofización) la remoción de nitrógeno es un requisito de tratamiento. [14]

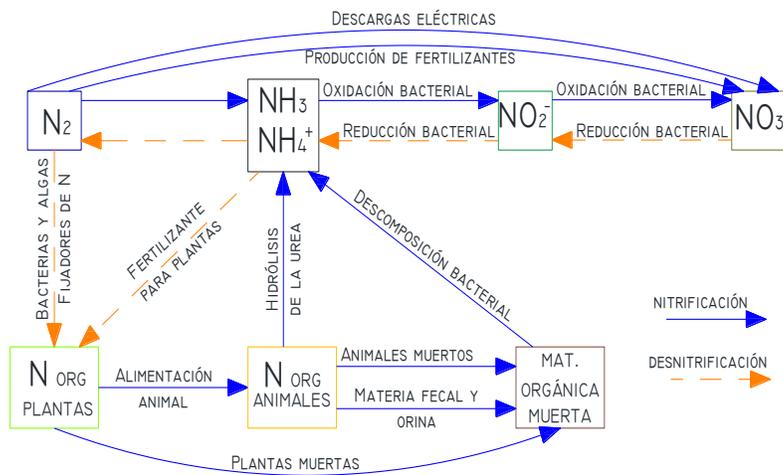


Figura 1 Ciclo del nitrógeno

Fuente: Autoría propia

## - Fósforo (P)

En aguas residuales es necesario remover las algas que se forman. Los niveles de fósforo oscilan entre 6 y 20 mg/L, las formas más comunes en las que se presentan son las siguientes:

- Ortofosfato: aptos para el metabolismo biológico
- Polifosfato: (deshidratados molecularmente), se hidrolizan lentamente y revierten a las formas de ortofosfatos.
- Fósforo orgánico: de importancia secundaria en la mayoría de aguas residuales, pero vitales en aguas industriales y en lodos.

El reactivo usado para determinar colorimétricamente los ortofosfatos es el molibdato de amonio, los otros dos fosfatos se convierten en ortofosfatos para su determinación.

La relación recomendada para el tratamiento biológico viene dada de la siguiente manera:  $\text{DBO/N/P}=100/5/1$ . [14]

#### - **Coliformes fecales y totales**

Son indicadores de contaminación por organismos patógenos (*Escherichia* y *Aerobacter*) en el agua, debido a que estas bacterias pueden crecer en el suelo, pero dentro del grupo de coliformes se considera a la *Escherichia coli* de origen fecal exclusivamente. Prácticamente todos los coliformes crecen dentro del huésped, cumpliéndose generalmente en climas templados, aunque hay de que se reproducen en aguas de clima cálido, por lo que se debería establecer normas bacteriológicas de descarga de aguas servidas.

El ser humano diariamente genera de  $10^9$  y  $4 \cdot 10^{31}$  coliformes en sus excrementos, por lo cual su presencia se detecta fácilmente y se utiliza como norma de control sanitario, tanto en el influente como el efluente.

Este ensayo se realiza en base a la capacidad de la *Escherichia Coli*, de crear gas, en medio EC, al incubarse a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  durante  $24 \pm 2$  horas.

En su remoción lo que más influye y da efecto es: tiempo de retención, temperatura, radiación ultravioleta, concentración algal, consumo por protozoos, zotíferos y dafnias.

Aunque algunas cepas de coliformes fecales causan diarrea, no todos son patógenos para el ser humano, sin embargo, hay coliformes que pueden transferir genes resistentes a drogas, por lo que es necesario su eliminación en los tratamientos de aguas residuales.  
[14]

#### **1.1.3.4 Tipos de agua residual**

Las aguas residuales pueden tener varios orígenes, ya sea por acción directa o indirecta del ser humano; esta contaminación de las aguas naturales es necesario estudiarla tomando en cuenta las causas o actividades que las originan, a continuación, en la *Figura 2* se puede observar los tipos de aguas residuales más comunes.

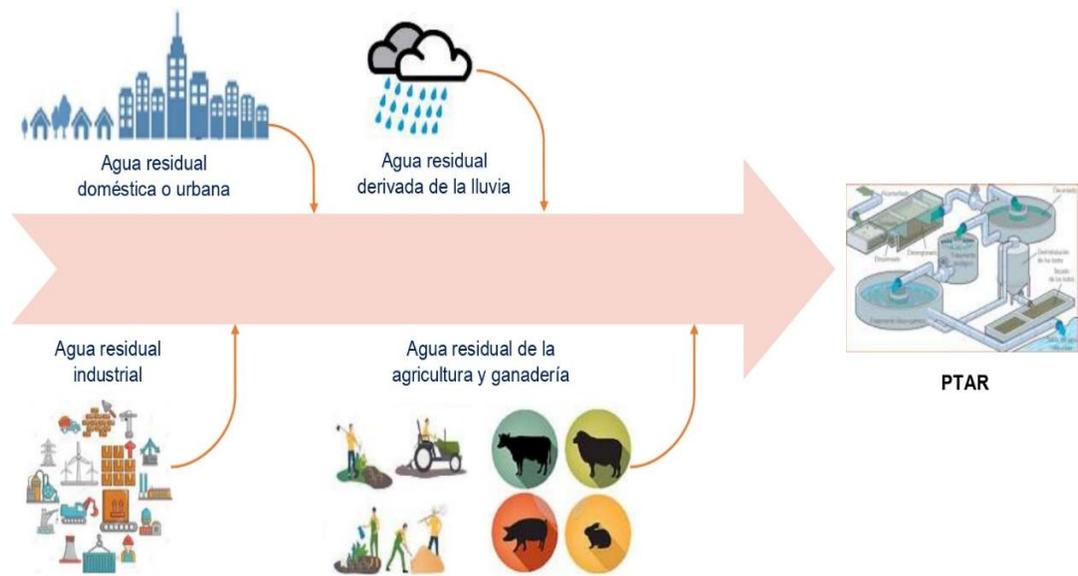


Figura 2 Tipos de agua residual

Fuente: Autoría propia

- **Agua residual doméstica o urbana**

Estas aguas son las que provienen de inodoros, lavaderos, cocinas, entre otros elementos de viviendas, edificios y centros comerciales. Estas aguas están compuestas por: sólidos suspendidos (materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo), Organismos patógenos. [15]

- **Agua residual industrial**

Son aquellas aguas que se originan a partir de desechos de procesos industriales o manufactureros, que además de contener los componentes citados en el literal anterior refiriéndose a las aguas residuales domésticas, también se componen por elementos tóxicos, tales como: plomo, mercurio, níquel y cobre

Todos estos elementos requieren ser removidos dentro de las instalaciones de la misma industria y que las características físico-químicas cumplan con los límites máximos permisibles para que este efluente pueda ser considerado como agua residual doméstica. [15]

- **Agua residual de la agricultura y ganadería**

Estas aguas proceden de la actividad agrícola y ganadera, en el primer caso el origen se debe al arrastre por aguas lluvia y agua de regadío de los productos usados tales como abonos: fertilizantes; y pesticidas entre ellos los insecticidas, plaguicidas, herbicidas, fungicidas.

En el caso de aguas procedentes de la actividad ganadera, si se desarrolla de manera estabulada los vertidos de las excretas de los desperdicios biológicos del ganado son directos a los cauces (localizados), en cambio si la actividad se maneja de forma no estabulada el vertido de las excretas de los desperdicios biológicos del ganado es difuso. Las aguas residuales pecuarias consisten principalmente por: sólidos, semisólidos (lisier, generalmente de granjas de cerdos) y líquidos (purines, generalmente de piscícolas). [16]

- **Agua residual derivada de la lluvia**

Son aquellas que provienen de las precipitaciones pluviales, que después de haber caído sobre techos, calles y suelos, pueden contener gran cantidad de sólidos suspendidos; en lugares de alta contaminación atmosférica pueden también contener metales pesados y otros elementos químicos. [16]

### **1.1.3.5 Tratamiento para aguas residuales**

El tratamiento de las aguas residuales es toda la serie de operaciones (físicas, químicas y biológicas) que se realizan en el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario; cada uno de ellos descritos a continuación:

#### **- Pretratamiento**

Aunque no se considera un tratamiento en el que se reduzca la carga contaminante del agua residual, tiene un papel muy importante ya que en parte elimina elementos que pueden generar una baja eficiencia del tratamiento posterior, además que protege de daños a la infraestructura involucrada en los demás procesos que conforman el sistema de tratamiento. [17]

#### **- Tratamiento primario**

En esta etapa se tiene como objetivo, eliminar los sólidos suspendidos (en su mayoría materia orgánica) por efecto de la gravedad, esto se logra de manera libre o a su vez con la implementación de químicos (floculantes) que aglomeran las partículas, haciéndolas ganar peso y así decanten con una velocidad mayor. [17]

#### **- Tratamiento secundario**

Conocido también como tratamiento biológico o depurador, comprende en la eliminación de los contaminantes (DBO soluble y remanentes de materia en suspensión) mediante la actividad biológica de microorganismos presentes en los reactores. [17]

#### **- Tratamiento avanzado**

Se entiende como un proceso adicional al tratamiento secundario, en el que se tiene como objetivo eliminar los contaminantes orgánicos no biodegradables, organismos patógenos y nutrientes como el nitrógeno y fósforo. Este proceso se da principalmente para asegurar el uso posterior del agua residual tratada, específicamente en zonas agrícolas. [17]

En la siguiente *Figura 3* se presenta la esquematización de los tratamientos de aguas residuales.

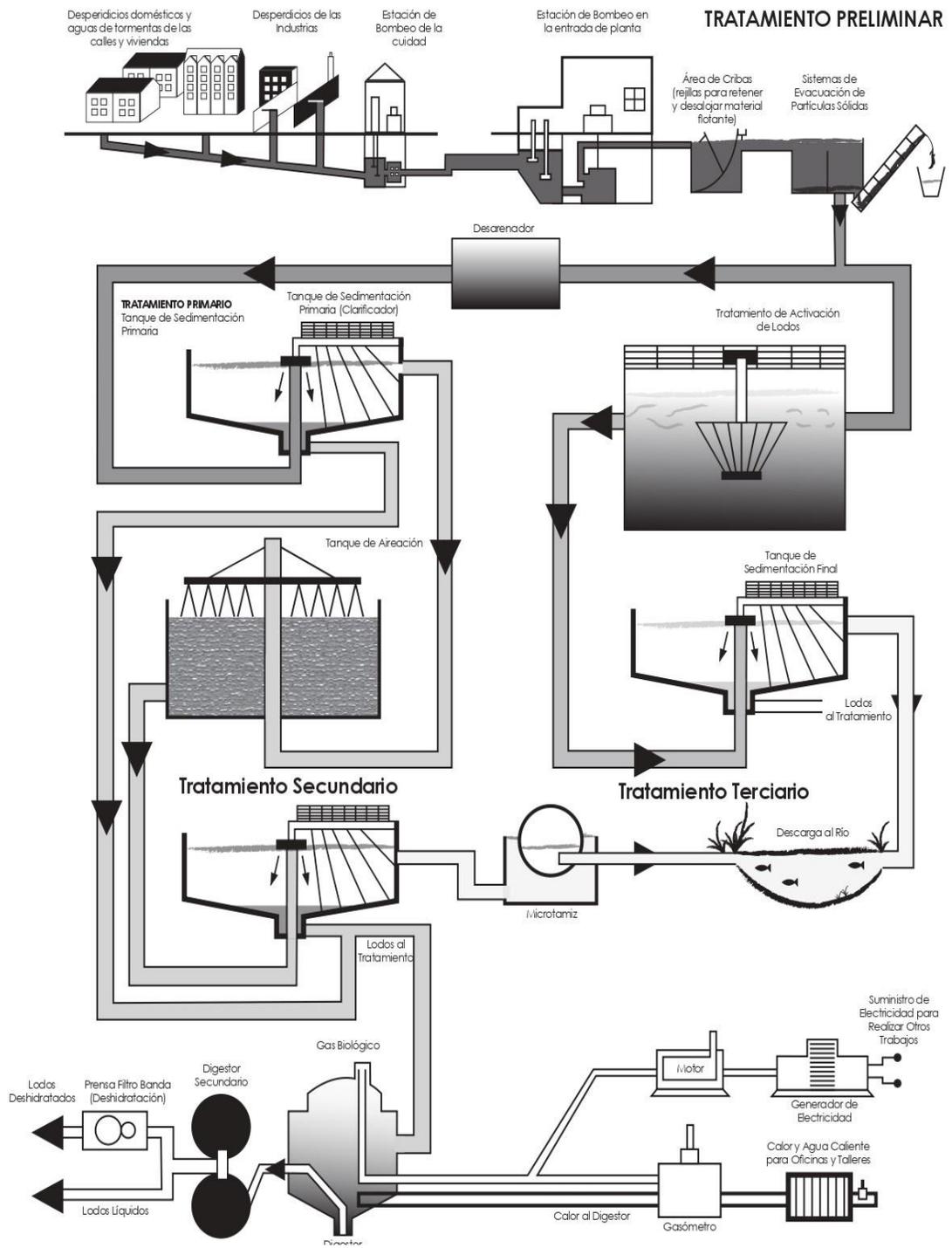
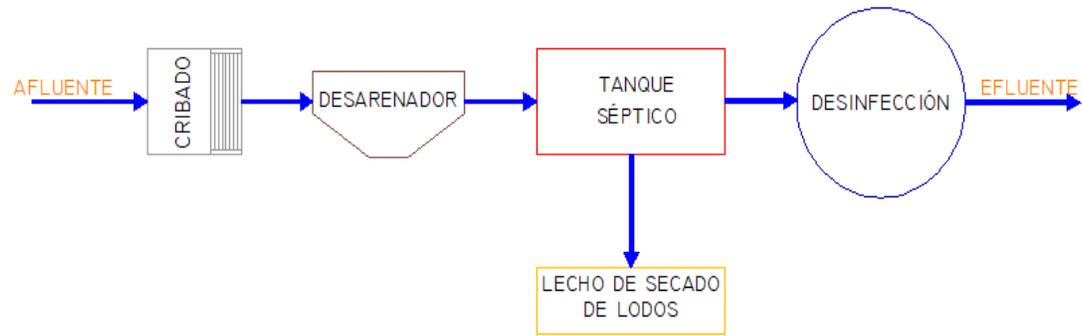


Figura 3. Fases del tratamiento de aguas residuales

Fuente: Belzona [18]

### 1.1.3.6 Componentes para el tratamiento de agua residual

En la *Figura 4* se puede observar un diagrama de un tren de tratamiento convencional o más utilizado en el tratamiento de aguas residuales domésticas.



*Figura 4. Componentes de una PTAR*

*Fuente: El autor*

A continuación, se describen las estructuras principales de este tren de tratamiento indicado anteriormente

#### - **Cribado**

Son estructuras protectoras, que se instalan en la entrada de una planta de tratamiento para retirar sólidos y materiales de gran tamaño (pedazos de madera, plásticos, piedras y otros residuos domésticos, entre otros). Esencialmente constan de rejas de metal o placas con agujeros finos, generalmente movibles para limpiar y retirar los sólidos retenidos a una tolva o basurero para su disposición adecuada. [18]



*Figura 5. Cribado*

*Fuente: Losada & Rivera [19]*

## - **Desarenador**

Son estructuras hidráulicas, cuya función es la de remover partículas de cierto tamaño. Existen dos tipos de desarenadores: Detritus y Remolino. Los más comunes que se encuentran en una PTAR son los desarenadores detritus de flujo vertical, su forma de funcionamiento consiste en que las partículas se sedimentan mientras el agua sube; estas estructuras pueden tener formas diferentes: circulares, cuadradas o rectangulares. Los desarenadores se construyen principalmente cuando existen inconvenientes de tipo locativo o de espacio. [18]



*Figura 6. Desarenador*

*Fuente: Autoría Propia*

## - **Tanque Séptico**

También llamados tanques de sedimentación primaria o clarificadores; estas estructuras son grandes receptores generalmente rectangulares, en los cuales se contiene el agua por un tiempo prolongado, lo cual permite que:

- Las partículas más pesadas que componen el lodo se asienten en el fondo.
- Las partículas flotantes o ligeras grasa o cabello (scum - capa flotante de impurezas) se eleven a la superficie.

El tanque séptico puede estar construido de hormigón armado o de acero. [18]



*Figura 7. Tanque Séptico*  
*Fuente: Autoría Propia*

#### **- Lecho de Secado de Lodos**

Es uno de los métodos más antiguos y usados para reducir el contenido de humedad de los lodos en forma natural, en plantas pequeñas de menos de 100 lts/s. El lecho típico es rectangular con poca profundidad y un fondo poroso con un sistema de drenaje.

Su función consiste en: aplicar capas de lodo entre 0,2 y 0,3 m en el lecho y se deja secar, posteriormente el desagüe se da mediante el drenaje de la capa inferior y evaporización de la superficie por acción del sol y el viento. [20]



*Figura 8. Lecho de secado de lodos*  
*Fuente: Autoría Propia*

- **Desinfección**

En este proceso unitario se destruyen las bacterias y virus presentes en las aguas residuales específicamente de desechos fecales a través de un agente de desinfección. Este proceso es de suma importancia, debido a que, en los procesos previos de la PTAR, es improbable o poco común la remoción de este tipo de contaminantes. [21]



*Figura 9 Desinfección*

*Fuente: Autoría Propia*

- **Porcentajes de remoción teórica por procesos**

A continuación, en la *Tabla 2*, se describe algunos ejemplos de datos obtenidos después de las operaciones y procesos realizados en los tratamientos primarios y secundarios.

*Tabla 2 Remoción de contaminantes del agua residual por procesos unitarios*

Unidades de tratamiento	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	DBO	DQO	SS	PB	N-Org c	NH3-N
<b>Rejas de barras</b>	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
<b>Desarenadores</b>	0 – 5 d	0 – 5 d	0 – 10 d	nulo	nulo	nulo
<b>Sedimentación primaria</b>	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0

*Fuente: METCALF Y EDDY [13]*

Tabla 2 (continuación) Remoción de contaminantes del agua residual por procesos unitarios

<b>Fangos activados</b>						
<b>(Proceso convencional)</b>	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
<b>Filtros percoladores</b>						
<b>Alta carga, medio pétreo</b>	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
<b>Carga muy alta, medio sintético</b>	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15
<b>Biodiscos (rbc)</b>	80-85	80-85	10-25	8-12	15-50	8-15
<b>Cloración</b>	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

Fuente: METCALF Y EDDY [13]

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Moraspungo, cantón Pangua, provincia de Cotopaxi.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Recolectar la información existente (en campo), para detectar posibles causas de mal funcionamiento de la PTAR.
- Determinar la calidad del agua de entrada y salida de la planta de tratamiento.
- Generar un diagnóstico para el óptimo funcionamiento de la planta de tratamiento evaluada en caso de ser necesario.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 Metodología de investigación**

La metodología de investigación que se empleó, nos enseña a cómo dirigir los diferentes procesos de un determinado trabajo, para alcanzar los resultados deseados de una manera eficiente y eficaz, la principal ventaja de tener una metodología de investigación adecuada es que nos da los pasos a seguir en el proceso.

Es de mucha importancia seguir una metodología de investigación ya que provee a la investigación una serie de conceptos, principios y leyes que permiten visualizar un camino para resolver los problemas que se presentan cotidianamente en la sociedad.

Las modalidades de investigación que se emplearon en el presente trabajo son las siguientes:

Modalidad bibliográfica: esta modalidad de investigación aporta en través de informes, trabajos e investigaciones realizadas dentro o fuera del sector que aborden el tema y permitan mejorar el contexto de los problemas y condiciones actuales que se presentan en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia Moraspungo sector río Piñanato.

Modalidad de campo: en esta modalidad de campo se enfocará en la recolección de información real y datos a través de observaciones directas, mediciones in situ y entrevistas a autoridades, administrador y operarios de la planta, y a pobladores del sector.

Una vez realizado descrito las modalidades de investigación, se debe definir los niveles de investigación que se van a utilizar en el trabajo, los cuales son:

Nivel Exploratorio: este nivel permite indagar a fondo la problemática de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia Moraspungo sector río Piñanato para poder conseguir información necesaria sobre el sector.

Nivel Descriptivo: en este tipo de investigación se determinará el método de análisis, definir características del lugar como: actividades socioeconómicas, socioculturales, demografía, topografía y demás propiedades de la parroquia Moraspungo y de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sector río Piñanato.

Al terminar la investigación tanto en campo como bibliográfica, se tendrá que evaluar los problemas que presenta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Moraspungo sector río Piñanato, para poder analizar su funcionamiento y hacer los cálculos respectivos de cada una de las unidades de tratamiento que necesiten rehabilitarse, estos cálculos se realizarán a partir del aforo de caudales en la entrada y salida de la PTAR; y así poder plantear la solución técnica y económicamente viable, para que la PTAR pueda volver a tener la función para la que fue diseñada, la cual es quitar los contaminantes del agua residual para que vuelva a ser vertida a un cuerpo de agua dulce.

## 2.2 Materiales y Equipos

Para efectuar el trabajo in situ, fue indispensable la utilización de diferentes materiales para la toma de muestras y medidas de parámetros de funcionamiento del sistema los cuales se detallan a continuación en la *Tabla 3*:

*Tabla 3. Materiales utilizados en el trabajo experimental*

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Balde 20 lts.</b>	U	1
<b>Flexómetro</b>	u	1
<b>Cinta métrica</b>	u	1
<b>Guante de látex</b>	par	6
<b>Mascarilla</b>	u	6
<b>Envases plásticos</b>	u	6
<b>Botas de seguridad</b>	par	1
<b>Hojas</b>	u	10
<b>Cuaderno</b>	u	1

*Fuente: Autoría propia*

De igual manera se utilizó equipos electrónicos para toma de datos visuales y topográficos, y el posterior procesamiento de los mismos datos, la lista de estos equipos se muestra a continuación en la *Tabla 4*:

*Tabla 4. Equipos electrónicos utilizados en el trabajo experimental*

<b>Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Cronómetro</b>	u	1
<b>Cámara fotográfica</b>	u	1
<b>Impresora</b>	u	1
<b>Estación total</b>	u	1
<b>Computadora</b>	u	1

*Fuente: Autoría propia*

## **2.3 Metodología**

Para la realización del presente trabajo experimental, en el cual se evalúa el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Moraspungo, cantón Pangua, provincia de Cotopaxi, se ha establecido cuatro fases de trabajo expuestas a continuación:

### **2.3.1 Fase 1: Levantamiento de información**

Esta fase es una de las más importantes ya que se debe levantar con detalle toda la de información de la PTAR en estudio.

Para esta fase, se toma datos de la información existente acerca de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia Moraspungo-Río Piñanato, tales como: año de construcción, dimensiones, unidades del tren de tratamiento; levantamiento topográfico de la PTAR, entre otra información de la población.

En la sección correspondiente se detallará lo descrito a continuación:

- Ubicación de la Planta.
- Actividad socioeconómica de la población
- Diagnóstico de las Unidades de Tratamiento de la PTAR
- Levantamiento topográfico.

### **2.3.2 Fase 2: Análisis del comportamiento de los caudales del agua residual in situ**

En esta fase, se realiza el aforo de caudales del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, por del método volumétrico; cada hora, durante 6 días y 12 horas diarias de 7:00 am a 19:00pm.

A partir de ello se establece el día y la hora o las horas, en la que hay mayor y menor cantidad de agua residual. Posterior a esto se realiza la toma de muestras en los escenarios máximos para los análisis físico químicos respectivos en laboratorio.

Las actividades principales realizadas en esta fase son:

- Aforo de caudales de entrada y salida de la PTAR.
- Establecimiento del escenario más crítico de entrada y salida de caudales.

### **2.3.3 Fase 3: Análisis de muestras en el laboratorio**

Una vez tomadas las muestras de agua residual a la entrada y salida de la PTAR de la parroquia Moraspungo-Río Piñanato en los horarios máximos determinada por el aforo de caudales de aguas residuales, se procede a realizar los análisis físico químicos en un laboratorio calificado, entre los parámetros a investigar, son los siguientes: aceites y grasas, DBO5 y DQO, fósforo, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, Ph, sólidos suspendidos, entre otros.

Las actividades principales realizadas en esta fase son:

- Toma de muestra de agua residual.
- Análisis de las características fisicoquímicas del agua.

### **2.3.4 Fase 4: Análisis y verificación de funcionamiento PTAR**

A partir de los resultados de los análisis realizados en el laboratorio, se elabora una comparación con valores establecidos en la normativa TULSMA vigente en el Ecuador, para vertidos a un cuerpo de agua dulce. Adicionalmente, se evalúa el estado y funcionamiento de las estructuras existentes en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Las actividades principales realizadas en esta fase son:

- Comparación de resultados de análisis de agua residual con los establecidos por el TULSMA.
- Estimación teórica de remoción de contaminantes del tren tratamiento existente.
- Descripción de la infraestructura existente.
- Recomendaciones para el buen funcionamiento de la PTAR.



### 3.1.2 Actividad socio económica de la población

La parroquia Moraspungo, es una de las cuatro parroquias pertenecientes al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi, se encuentra ubicada al sur oeste de la provincia, limitando con las provincias de Bolívar y Los Ríos; este territorio que va de desde los 360 a los 950 metros sobre el nivel mar, está comprendido en su mayoría por un área agroecológica, por lo que, su principal fuente económica es la agricultura predominando los sembríos de caña de azúcar en la zona alta, y en la zona baja los cultivos de las diferentes variedades de plátano, cacao, café, naranja, maíz, arroz, yuca, palma africana, y algunas frutas tropicales, además de árboles endémicos de la zona como el moral, cedro, chonta, entre otros. [5].

Esta parroquia tiene una superficie total de 40.682,01 hectáreas, comprendiendo el 56,54% del territorio cantonal, de las cuales se dividen en 40.412,38 hectáreas rurales y 269,63 hectáreas urbanas y a la vez está como se puede observar en el mapa continuación, se subdividen en zonas urbanas consolidadas con 43,87 hectáreas, zonas urbanas no consolidadas con 168,39 hectáreas y zonas de protección urbana con 67,41 hectáreas. [22]

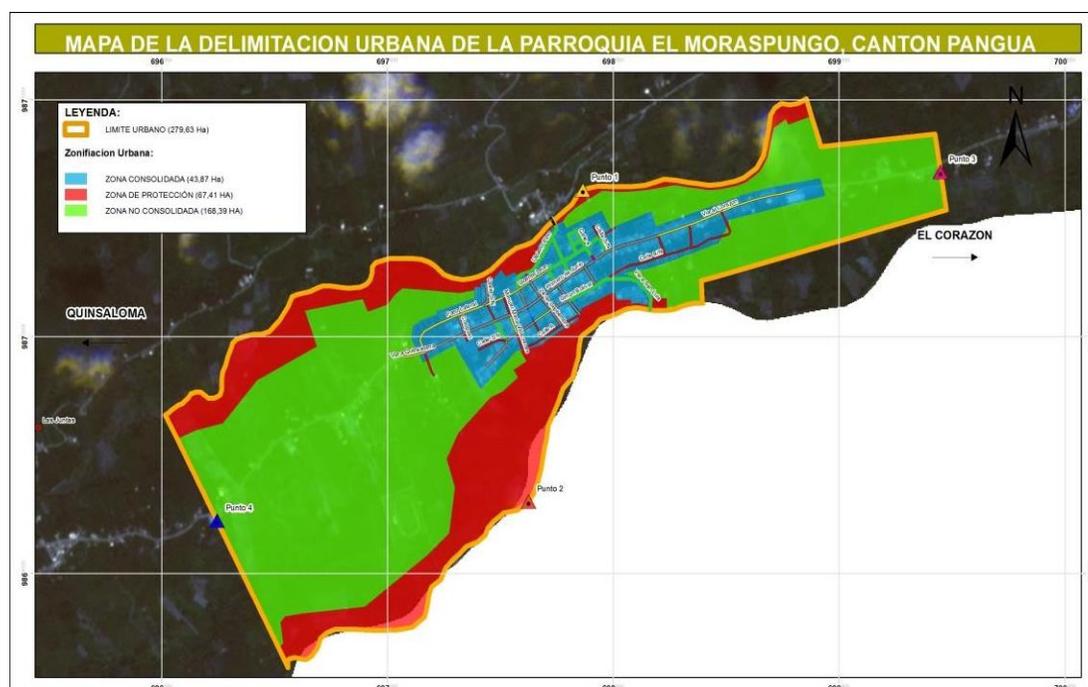


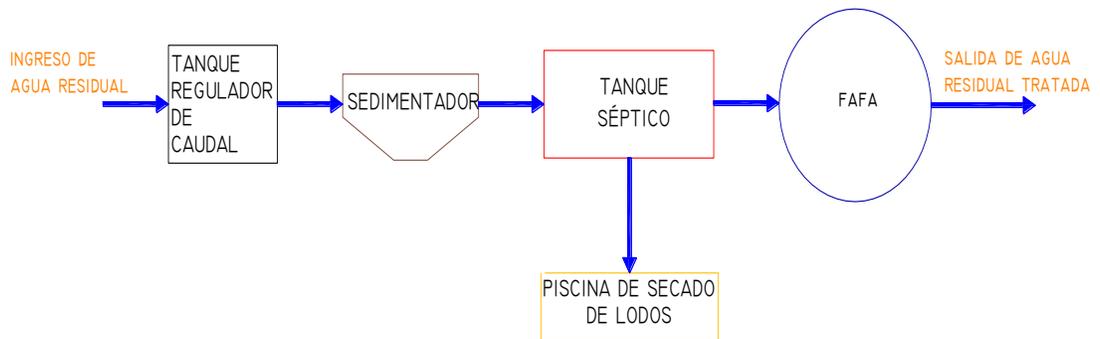
Figura 11 Delimitación urbana de la parroquia Moraspungo

Fuente: PDOT Pangua 2020

Cabe mencionar que la parroquia Moraspungo cuenta con agua potable en la zona urbana, que proviene del afluente del río Piñanato ubicado aguas arriba de la PTAR, y tratada en una planta que dota aproximadamente un caudal de 25,14 lts/s, que es administrada por la Junta de Agua Potable Moraspungo – Las Junta, la cual abastece del líquido vital a 1053 usuarios en la actualidad. El alcantarillado sanitario y pluvial de la parroquia Moraspungo tiene una cobertura del 98% solo en la cabecera parroquial, existiendo un déficit de este servicio en las zonas rurales por lo que suelen construir por su cuenta pozos sépticos y no tienen un buen manejo en el desecho de las excretas. [23]

### 3.1.3 Diagnóstico de las unidades de tratamiento

La planta de tratamiento de aguas residuales, está conformado por las siguientes unidades de tratamiento: tanque regulador de caudal, sedimentador, tanque séptico, lecho de secado de lodos, filtro anaerobio de flujo ascendente. A continuación, se detalla dichas estructuras en el diagrama (*Figura 12*):



*Figura 12 Unidades del tren de tratamiento*

*Fuente: Autoría propia*

A continuación, se describirá las características más relevantes observadas en cada una de las estructuras mencionadas en el párrafo anterior:

### - Sedimentador

En esta unidad se puede observar en la Figura 4 que existe defectos en el mantenimiento, por lo que se acumula la basura, disminuyendo así la eficiencia de la función de la estructura.



*Figura 13 Diagnóstico visual del sedimentador*

*Fuente: Autoría propia*

### - Tanque Séptico

En la *Figura 14* se puede apreciar las filtraciones en la pared contigua al lecho de secado de lodos, ocasionadas por la presión del agua que se queda en esta unidad y se puede observar en la *Figura 15* sólidos suspendidos que han pasado del sedimentador y que el nivel del agua está al límite de llegar al nivel de la losa de esta estructura, provocando en muchas ocasiones el rebose del agua, según declaraciones de los operarios de esta planta.



*Figura 14 Filtración en el tanque séptico*

*Fuente: Autoría propia*



*Figura 15 Diagnóstico del tanque séptico*

*Fuente: Autoría propia*

### **- Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente**

Esta estructura es la accionante de las fallas en las unidades predecesoras, ya que se encuentra a un nivel superior del tanque séptico, cómo se observa en la *Figura 16*, lo cual impide que el agua ascienda y termine su proceso para luego ser vertida al cuerpo de agua dulce aledaño que es el río Piñanato.



*Figura 16 Diagnóstico del FAFA*

*Fuente: Autoría propia*

#### **- Lecho de secado de lodos**

Esta estructura se ve igual de deteriorada que las demás estructuras de la PTAR, cómo se observa en la *Figura 17*, por lo que no cumple al 100% su función. La presencia del agua que proviene desde el tanque séptico provoca una estanqueidad de los lodos a secarse teniendo siempre estos saturados sin que cumplan esta infraestructura su función para la cual fue diseñada.



*Figura 17 Diagnóstico del lecho de secado de lodos*

*Fuente: Autoría propia*

### 3.1.4 Levantamiento Topográfico

En la *Tabla 5* se presenta las coordenadas principales que se tomaron en la PTAR, con el fin de tener la realidad del terreno en un plano que se muestra en el Anexo B.

*Tabla 5 Coordenadas de la PTAR*

LOCALIZACIÓN	PUNTO	ESTE	NORTE
Sector Río Piñanato	1	697857	9870033
	2	697865	9870019
	3	697819	9869985
	4	697813	9869997

*Fuente: Autoría propia*

## 3.2 FASE 2: Análisis del comportamiento de los caudales del agua residual in situ

### 3.2.1 Aforo de caudales de entrada y salida de la PTAR

Con el propósito de controlar la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales es de interés tener conocimiento del caudal que está siendo tratado y de esa manera poder hacer la cuantificación de las cargas de caudal y contaminantes con las que están trabajando los diferentes procesos unitarios y de esta manera proponer las modificaciones pertinentes para el funcionamiento adecuado de la planta.

La medición de los caudales se hizo a través del método volumétrico, el cual consiste en tomar un recipiente de un volumen determinado y tomar el tiempo en el cual el agua residual alcanza a llenar dicho volumen, para el caso de este trabajo se realizó con un balde de 20 litros; la medición se hizo durante seis días continuos, del 27 de septiembre al 02 de octubre de 2021 por un lapso de tiempo de 12 horas diarias desde las 7:00 horas hasta las 19:00 horas, como se puede observar en la *Tabla 6* a continuación:

Tabla 6 Resumen de caudales en lts/seg medidos en la PTAR

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	PROMEDIO
<b>07:00 a 08:00</b>	4.70	4.69	4.26	4.62	4.07	4.59	4.49
<b>08:00 a 09:00</b>	5.15	4.11	4.41	4.11	3.87	4.31	4.33
<b>09:00 a 10:00</b>	4.78	5.52	4.75	5.15	3.50	6.03	4.96
<b>10:00 a 11:00</b>	5.67	5.84	5.28	5.40	3.23	5.20	5.10
<b>11:00 a 12:00</b>	6.09	5.93	5.76	6.18	6.02	<b>6.29</b>	<b>6.05</b>
<b>12:00 a 13:00</b>	6.00	5.56	5.29	5.22	5.99	5.54	5.60
<b>13:00 a 14:00</b>	4.57	6.09	4.69	4.72	5.81	5.66	5.26
<b>14:00 a 15:00</b>	5.37	4.97	4.90	5.75	5.87	5.10	5.33
<b>15:00 a 16:00</b>	4.94	5.56	5.10	5.90	4.83	5.43	5.29
<b>16:00 a 17:00</b>	5.45	5.54	5.69	4.64	6.13	4.78	5.37
<b>17:00 a 18:00</b>	4.46	4.42	4.37	5.39	5.49	5.34	4.91
<b>18:00 a 19:00</b>	5.79	5.11	5.08	5.57	6.17	6.02	5.62

Fuente: Autoría propia

### 3.2.2 Establecimiento del escenario más crítico de entrada y salida de caudales

Analizando la *Tabla 6*, se puede destacar que el horario del escenario más crítico es de 11:00 am a 12:00 am, esto debido a que las personas regresan de sus actividades en el campo para el almuerzo, además se debe mencionar que el día sábado presenta una pequeña diferencia por lo que es el día de feria de la parroquia, en tanto que las hora del día en que presenta un caudal menor es de 08:00 am a 9:00 am, debido a que antes de esa hora las personas ya salen de sus casas a realizar sus diferentes actividades diarias, estas variaciones se puede apreciar en la *Figura 18* a continuación:

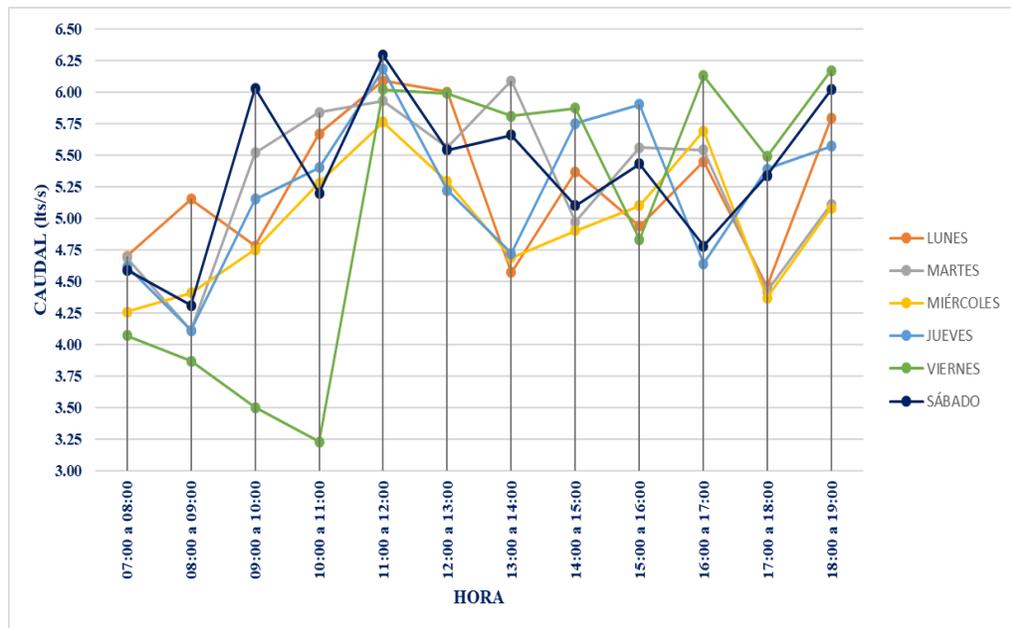


Figura 18 Variaciones del caudal de entrada

Fuente: Autoría propia

Por razones de ineficiencia en la operación del filtro, no se pudo tomar los caudales de salida, ya que era casi nula la cantidad de agua que salía por la tubería asentada sobre una roca como se puede observar en la Figura 19, además en los párrafos anteriores en la Figura 7 se puede apreciar el error constructivo en el filtro.



Figura 19 Tubería de salida de la PTAR

Fuente: Autoría propia

### **3.3 FASE 3: Investigación de laboratorio**

#### **3.3.1 Toma de muestra de agua residual.**

Las muestras fueron tomadas el día 01 de octubre de 2021 ya que según se pudo observar en la *Figura 20* es el día del escenario más crítico en el horario de 11:00 a 12:00 am, fueron cuidadosamente envasadas y conservadas para su posterior traslado a un laboratorio acreditado en este caso al Laboratorio ALS Ecuador; dicho procedimiento se lo realizó bajo lo establecido en las normas NTE INEN 2 169:1998 y NTE INEN 2 169:1998. En la *Figura 11* se puede observar los envases que se deben utilizar para conservar sin alterar las propiedades físicas y químicas del agua residual.



*Figura 20 Toma de muestras*

*Fuente: Autoría propia*

#### **3.3.2 Análisis de las características fisicoquímicas del agua.**

Revisando los resultados obtenidos de los análisis realizados en el laboratorio del agua residual de la entrada de la PTAR, se ha comprobado que la calidad del agua corresponde a un agua de origen residual doméstico. Dichos resultados se encuentran en el Anexo A.

### 3.4 FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento PTAR

#### 3.4.1 Comparación de resultados de análisis de agua residual con los establecidos por el TULSMA.

En la siguiente *Tabla 7* se evidencia los resultados de las muestras tomadas en la entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, los resultados se han obtenido una vez realizado los análisis respectivos en el laboratorio, y su respectiva comparación con los valores límites permisibles para el vertido de agua tratada a un cuerpo de agua dulce, que establece la norma TULSMA en su Libro VI, Anexo 1, Tabla 10, para comprobar si cumple o no cumple los parámetros físico químicos.

*Tabla 7 Resultados físico-químicos de las muestras de entrada comparadas con la norma TULSMA*

Parámetro	Unidad	Método	Entrada	TULSMA	Estado de Cumplimiento
Aceites y grasas	mg/l	Standard Methods, 5520 B	<20	30	CUMPLE
DBO <sub>5</sub>	mg/l	Standard Methods, 5210 B	116,66	100	NO CUMPLE
DQO	mg/l	Standard Methods, 5220 A y 5220 D	281,6	200	NO CUMPLE
Fósforo	mg/l	Standard Methods, 4500-P B y 4500-P C	1,55	10	CUMPLE
Nitrógeno amoniacal	mg/l	Standard Methods, 4500-NH <sub>3</sub> F	18,95	30	CUMPLE
Nitrógeno total	mg/l	Standard Methods, 4500-N <sub>org</sub> C	24	50	CUMPLE
pH	U pH	Standard Methods, 4500-H+ A y 4500-H+ B	7,91	6-9	CUMPLE

*Fuente: Autoría propia*

Tabla 7 (continuación) Resultados físico-químicos de las muestras de entrada comparadas con la norma TULSMA

Sólidos suspendidos	mg/l	Standard Methods, 2540 A y 2540 D	274	130	NO CUMPLE
Color	Pt-Co	Standard Methods, 2120 C	19,87	Inapreciable en dilución: 1/20	NO CUMPLE
Tensoactivos	mg/l	Standard Methods, 5540 A y 5540 C	8,51	0,5	NO CUMPLE

Fuente: Autoría propia

En la siguiente *Tabla 8* se evidencia los resultados de las muestras tomadas en la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, los resultados se han obtenido una vez realizado los análisis respectivos en el laboratorio, y su respectiva comparación con los valores límites permisibles para el vertido de agua tratada a un cuerpo de agua dulce, que establece la norma TULSMA en su Libro VI, Anexo 1, Tabla 10, para comprobar si cumple o no cumple los parámetros físico químicos.

Tabla 8 Resultados físico-químicos de las muestras de salida comparadas con la norma TULSMA

Parámetro	Unidad	Método	Salida	TULSMA	Estado de Cumplimiento
Aceites y grasas	mg/l	Standard Methods, 5520 B	<20	30	CUMPLE
DBO <sub>5</sub>	mg/l	Standard Methods, 5210 B	73,01	100	CUMPLE
DQO	mg/l	Standard Methods, 5220 A y 5220 D	167,6	200	CUMPLE

Fuente: Autoría propia

Tabla 8 (continuación) Resultados físico-químicos de las muestras de salida comparadas con la norma TULSMA

Fósforo	mg/l	Standard Methods, 4500-P B y 4500-P C	1,55	10	CUMPLE
Nitrógeno amoniacal	mg/l	Standard Methods, 4500-NH <sub>3</sub> F	18,40	30	CUMPLE
Nitrógeno total	mg/l	Standard Methods, 4500-N <sub>org</sub> C	23,25	50	CUMPLE
pH	-	Standard Methods, 4500-H+ A y 4500-H+ B	7,92	6-9	CUMPLE
Sólidos suspendidos	mg/l	Standard Methods, 2540 A y 2540 D	98	130	CUMPLE
Color real	U. de color	Standard Methods, 2120 C	10,78	Inapreciable en dilución: 1/20	NO CUMPLE
Tensoactivos	mg/l	Standard Methods, 5540 A y 5540 C	4.59	0,5	NO CUMPLE

Fuente: Autoría propia

De los análisis realizados se puede observar que luego del tratamiento las aguas residuales no cumplen con los siguientes parámetros: color real dilución 1/20; y Tensoactivos.

A pesar de que los análisis de las aguas residuales son aceptables, es necesario mencionar que el filtro anaeróbico no está funcionando, debido a un error en la construcción de el mismo, en vista que fue construido a un nivel que la cámara de reacción, por lo que las aguas residuales prácticamente salen directamente de este tanque hacia el efluente más cercano que en este caso es el río Piñanato.

### 3.4.2 Estimación teórica de remoción de contaminantes del tren tratamiento existente.

La estimación teórica de remoción de contaminantes para determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se calcula mediante el porcentaje de eficiencia de remoción de los parámetros físico químicos que se han analizado en el laboratorio, para lo cual se empleó la siguiente ecuación:

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

- Donde:  
E= Eficiencia de remoción  
Co= Valor inicial del parámetro  
Cf= Valor final del parámetro

Una vez hecho los cálculos con la ecuación, se muestran los resultados en la *Tabla 9* los porcentajes de la eficiencia de remoción de los diferentes contaminantes en las unidades de la PTAR.

*Tabla 9 Porcentaje de eficiencia de reducción de contaminantes*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Afluentes</b>	<b>Efluente</b>	<b>%Eficiencia de remoción</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	<20	<20	-
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	116.66	73.01	37.42
<b>DQO</b>	mg/l	281.6	167.6	40.48
<b>Fósforo</b>	mg/l	1.55	1.55	0.00
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg/l	18.95	18.4	2.90
<b>Nitrógeno total</b>	mg/l	24	23.25	3.13
<b>pH</b>	U pH	7.92	7.91	0.13
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg/l	274	98	64.23
<b>Color</b>	Pt-Co	19.87	10.78	45.75
<b>Tensoactivos</b>	mg/l	8.51	4.59	46.06

*Fuente: Autoría propia*

A continuación, en la Figura 12 se representa en un diagrama de barras los porcentajes de remoción de cada uno de los parámetros analizados.

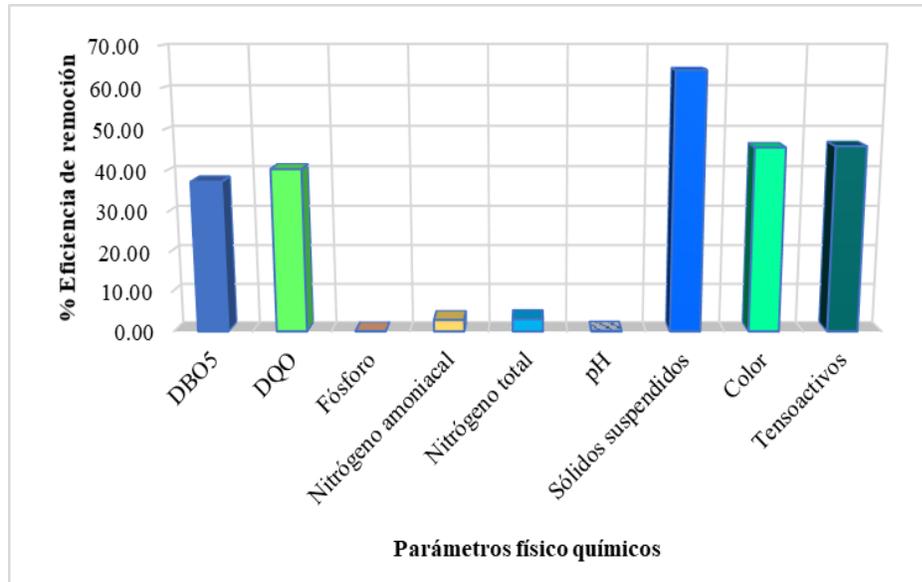


Figura 21 Porcentaje de eficiencia de reducción de contaminantes

Fuente: Autoría propia

### 3.4.3 Descripción de la infraestructura existente

Se tomo las dimensiones y datos de cada una de las unidades de tratamiento, detalladas a continuación:

#### - Tanque regulador de caudal

Esta unidad de pretratamiento es una estructura que está construida de hormigón armado, de un área de 1,76 m<sup>2</sup>, la cual tiene la función de recibir el agua residual proveniente del alcantarillado sanitario, por dos tuberías de diámetro Ø=400mm de PVC corrugado, y a su vez de esta unidad sale una tubería de igual diámetro Ø=400mm de PVC corrugado dirigida hacia el sedimentador, como se puede observar en las Figuras 22 y 23 en planta y en elevación.

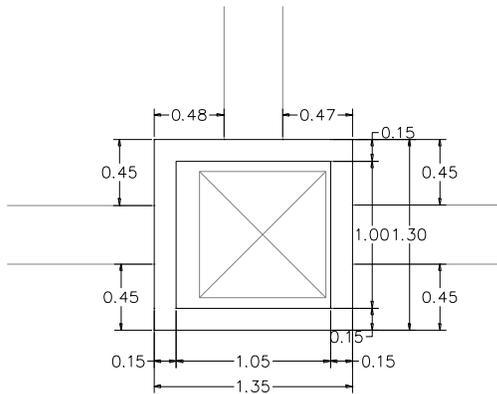


Figura 22 Vista en planta del tanque regulador de caudal

Fuente: Autoría propia

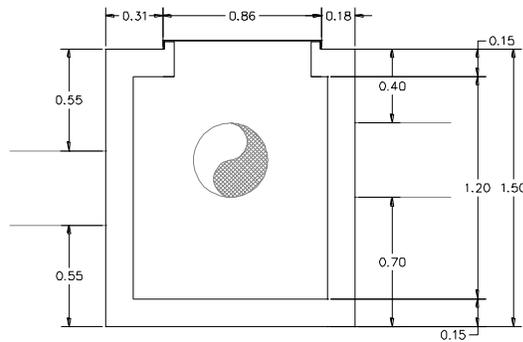


Figura 23 Vista en elevación del tanque regulador de caudal

Fuente: Autoría propia

En la siguiente *Tabla 10*, se detallan las dimensiones tomadas aproximadamente tanto en planta como en elevación del tanque regulador de caudal:

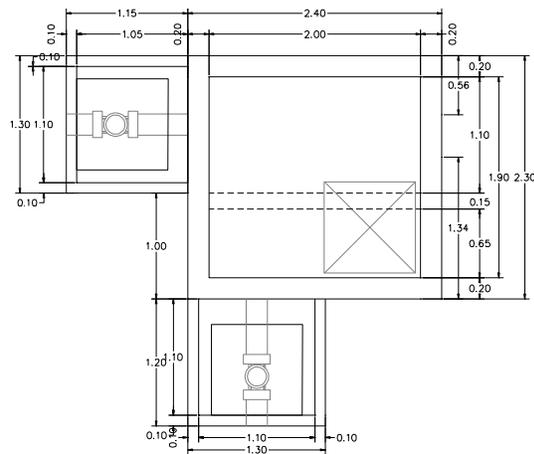
Tabla 10 Dimensiones del tanque regulador de caudal

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Largo	1,35	m
Ancho	1,30	m
Altura	1,50	m
Espesor de paredes y contrapiso	0,15	m

Fuente: Autoría propia

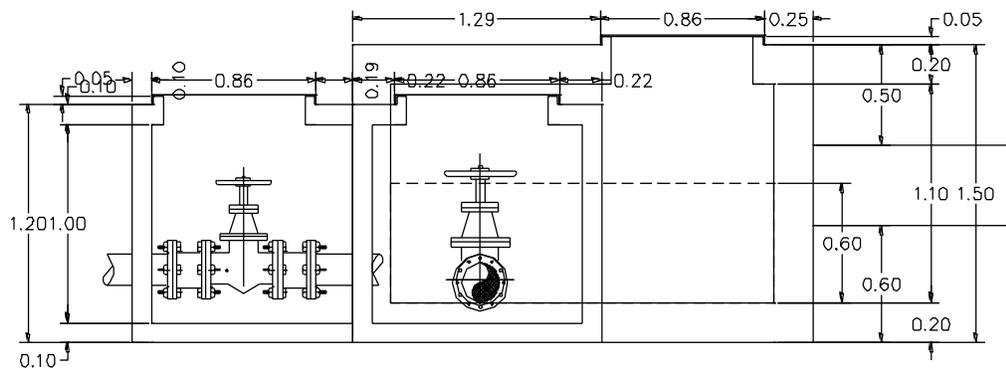
## - Sedimentador

Esta unidad que está encargada de sedimentar las partículas finas, ocupa un área de 5,52 m<sup>2</sup> la cual está construida de hormigón armado con una división de dos cámaras como se muestra en la *Figura 24*, la primera cámara donde se sedimentan la mayor parte de partículas se conecta al tanque séptico con una tubería de diámetro Ø=200mm de PVC corrugado y controlado por una válvula de compuerta del mismo diámetro, mientras que de la otra cámara sale una tubería de la misma especificación que la anterior, e igual controlada con una válvula de compuerta la cual funciona como una salida de emergencia del agua residual.



*Figura 24 Vista en planta del sedimentador*

*Fuente: Autoría propia*



*Figura 25 Vista en elevación del sedimentador*

*Fuente: Autoría propia*

En la *Tabla 11*, se detallan las dimensiones en planta y en elevación del sedimentador:

*Tabla 11 Dimensiones del sedimentador*

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Largo	2,40	m
Ancho	2,30	m
Altura	1,50	m
Espesor de paredes y contrapiso	0,20	m

*Fuente: Autoría propia*

Los datos para la valoración teórica del sedimentador se presentan en la *Tabla 12*:

*Tabla 12 Datos para la evaluación del sedimentador*

Parámetro	Valor	Unidad	Nomenclatura
Caudal	6.29	lt/seg	$Q_{dis}$
Densidad relativa de arena	2.65	-	$\delta_s$
Diámetro de partícula	0.02	cm	d
Temperatura del agua	15	°C	T
Viscosidad Cinemática	0.0011457	cm <sup>2</sup> /seg	$\eta$

*Fuente: Autoría propia*

- Cálculo de la Velocidad de sedimentación ( $V_s$ )

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

$$V_s = \frac{1}{18} * \left( 980 \frac{cm}{seg^2} \right) * \left( \frac{2.65 - 1}{0.011457 cm^2/seg} \right) * (0.02 cm)^2$$

$$V_s = 3.14 cm/seg$$

- Comprobación del número de Reynolds

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

$$Re = \frac{3.14 \text{ cm/seg} * 0.02 \text{ cm}}{0.011457 \text{ cm}^2/\text{seg}}$$

$$Re = 5.48$$

Si  $Re=5.48 > 0.5$ , entonces no está dentro de la ley de Stokes

- Reajuste en función del diámetro de partícula

$$\left[ \frac{g * (\delta_s - 1)}{\eta^2} \right]^{1/3} * d$$

$$\left[ \frac{\left( 980 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} \right) * (2.65 - 1)}{(0.011457 \text{ cm}^2/\text{seg})^2} \right]^{1/3} * 0.02 \text{ cm} = \mathbf{4.62}$$

- *Velocidad de sedimentación*

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

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

$$V_s = \left[ \left( 980 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} \right) * (2.65 - 1) * (0.011457 \text{ cm}^2/\text{seg}) \right]^{1/3}$$

$$V_s = 2.65 \text{ cm/seg}$$

- Re comprobación del número de Reynolds con el nuevo valor de la velocidad de sedimentación

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

$$Re = \frac{2.65 \text{ cm/seg} * 0.02 \text{ cm}}{0.011457 \text{ cm}^2/\text{seg}}$$

$$Re = 4.62$$

Nota: se encuentra en zona de transición.

- Cálculo del Coeficiente de arrastre ( $C_D$ )

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

$$C_D = \frac{24}{4.62} + \frac{3}{\sqrt{4.62}} + 0.34$$

$$C_D = 6.93$$

- Con este valor de  $C_D$  se volverá a calcular la Velocidad de Sedimentación  $V_s$

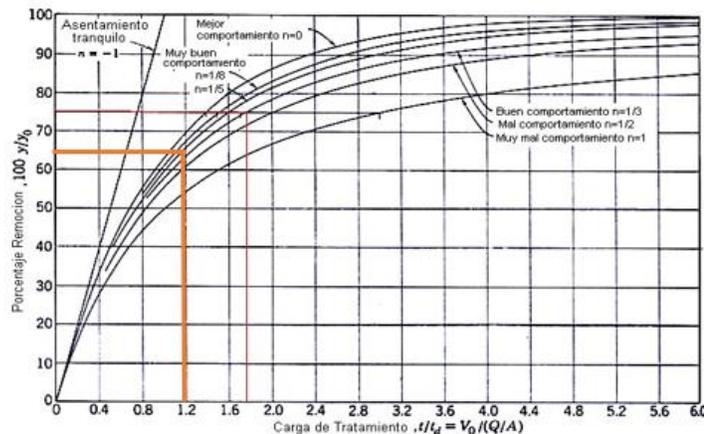
$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} * (\delta_s - 1) * d}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{\left(980 \frac{cm}{seg^2}\right)}{6.93} * (2.65 - 1) * 0.02cm}$$

$$V_s = 2.49cm/seg$$

- Cálculo del Área Horizontal (A)

De acuerdo a la siguiente *Figura 26*, se asume un porcentaje de eficiencia del 65%, se determina un coeficiente de seguridad de 1.20.



*Figura 26 Curvas de comportamiento*

*Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales, G. Rivas Mijares, 1978*

$$A = \left( \frac{Q * coef.seguridad}{V_s} \right) / 10000$$

$$A = \left( \frac{6290 \text{ cm}^3/\text{seg} * 1.20}{2.49 \text{ cm}/\text{seg}} \right) / 10000$$

$$A = 0.30 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la Velocidad Horizontal ( $V_h$ )

Se redimensiona para que cumpla la Condición de largo/ancho=3-6, para lo cual en la Tabla 13 se muestran los nuevos valores.

*Tabla 13 Redimensionamiento del desarenador*

<b>MAGNITUD</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Largo	2,40	m
Ancho	0,80	m
Altura	1,50	m
Espesor de paredes y contrapiso	0,20	m

*Fuente: Autoría propia*

$$A_t = b * H$$

$$A_t = 0.8 \text{ m} * 1.50 \text{ m}$$

$$A_t = 1.20 \text{ m}^2$$

$$V_h = \frac{Q}{A_t}$$

$$V_h = \frac{0.01 \text{ m}^3/\text{seg}}{1.20 \text{ m}^2} * 100$$

$$V_h = 0.83 \text{ cm}/\text{seg}$$

## - Tanque séptico

Esta es una estructura construida de hormigón armado de un área total de 142,12 m<sup>2</sup>, constituida por dos cámaras separadas por una pared de 2,25 metros de altura por 6,30 metros de largo y 0,15 metros de espesor, de cada cámara salen dos tuberías controladas por válvulas de diámetro  $\varnothing=200\text{mm}$  para verter los desperdicios que se acumulan hacia el lecho de secado de lodos; de la segunda cámara de 4,15 por 6,30 metros sale una tubería de diámetro  $\varnothing=200\text{mm}$  de PVC corrugado hacia el filtro biológico de flujo ascendente.

En las *Figuras 27 y 28* se ilustra esta unidad en planta y en elevación:

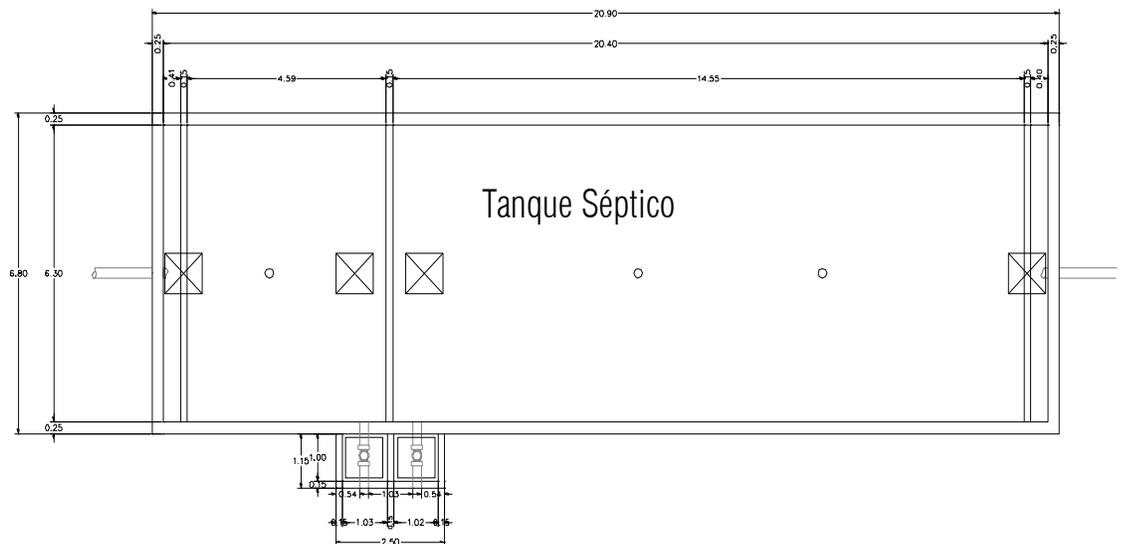


Figura 27 Vista en planta del tanque séptico

Fuente: Autoría propia

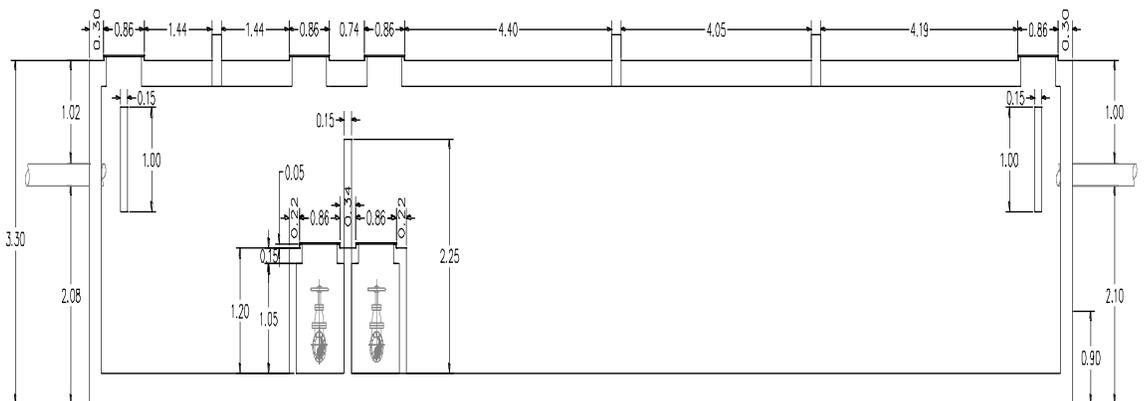


Figura 28 Vista en elevación del tanque séptico

Fuente: Autoría propia

En la *Tabla 14* se detallan las medidas principales de tanque séptico:

Tabla 14 Dimensiones del tanque séptico

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Largo	20,90	m
Ancho	6,30	m
Altura	3,30	m
Espesor de paredes y contrapiso	0,25	m

Fuente: Autoría propia

Los datos para la valoración teórica del Tanque Séptico se presentan en la *Tabla 15*:

Tabla 15 Datos para el dimensionamiento del tanque séptico

Parámetro	Valor	Unidad	Nomenclatura
<b>Población</b>	169	hab	P
<b>Tiempo de Retención</b>	1	d	t
<b>Tiempo de Vida Útil</b>	2	años	t <sub>vu</sub>
<b>Clima</b>	Cálido húmedo	-	-
<b>Relación Largo: Ancho</b>	3	:1	b/a

Fuente: Autoría propia

## VOLUMEN TANQUE

- Cálculo de Aportación de Aguas Negras ( $A_p$ )

Se calcula a partir de la variación del clima y consumo de agua potable indicado en la *Tabla 16*:

Tabla 16 Promedio del consumo estimado de agua potable por clima

Clima	Consumo L/ (hab d)			Subtotal por clima
	Bajo	Medio	Alto	
<b>Cálido húmedo</b>	198	206	243	201
<b>Cálido subhúmedo</b>	175	203	217	191
<b>Seco o muy seco</b>	184	171	202	190
<b>Templado o frío</b>	140	142	145	142

Fuente: Autoría propia

$$A_p = 201 \text{ l/hab. d} * 0.75$$

$$A_p = 150.75201 \text{ l/hab. d}$$

- Cálculo del Volumen del tanque séptico ( $V_t$ )

$$V_t = A_p * P * t$$

$$V_t = 150.75201 \text{ l/hab. d} * 169 \text{ hab} * 1 \text{ d}$$

$$V_t = 25476.75 \text{ l} \approx 25.48 \text{ m}^3$$

- Cálculo del Volumen de Lodos ( $V_L$ )

$$V_L = P * t_{vu} * (70 \text{ l/hab. año})$$

$$V_L = 169 \text{ hab} * 2 \text{ años} * (70 \text{ l/hab. año})$$

$$V_L = 23660 \text{ l} \approx 23.66 \text{ m}^3$$

- Cálculo del Volumen Total ( $V_T$ )

$$V_T = V_t + V_L$$

$$V_T = 25476.75 \text{ l} + 23660 \text{ l}$$

$$V_T = 49136.75 \text{ l} \approx 49.14 \text{ m}^3$$

## GEOMETRÍA

- Cálculo de Profundidad-V. Total ( $P_{VT}$ )

$$P_{VT} = -0.0002 * P^2 + 0.0326 * P + 1.1664$$

$$P_{VT} = -0.0002 * 169^2 + 0.0326 * 169 + 1.1664$$

$$P_{VT} = 0.96$$

- Cálculo del Ancho del Tanque calc. (a)

$$a = \frac{V_T}{\sqrt{\frac{b}{a} * P_{VT}}}$$

$$a = \frac{49.14m^3}{\sqrt{3 * 0.96}}$$

$$a = 4.20 m$$

- Cálculo del Largo del Tanque calc.

$$l = a * \frac{b}{a}$$

$$l = 4.20m * 3$$

$$l = 12.60m$$

- Cálculo de la Altura Total del Tanque (H<sub>T</sub>)

$$H_T = P_{VT} * \frac{1}{0.8}$$

$$H_T = 0.96 * \frac{1}{0.8}$$

$$H_T = 1.20m$$

- Número de cámaras: 1 cámara

- Cálculo de la Tasa de Acumulación de Lodos (l<sub>a</sub>)

$$l_a = 0.35 * 1000 * P$$

$$l_a = 0.35 * 1000 * 169$$

$$l_a = 59150 l/año$$

- Cálculo del Intervalo entre Limpieza ( $I_{lim}$ )

$$I_{lim} = \frac{\frac{1}{3} * V_T}{l_a}$$

$$I_{lim} = \frac{\frac{1}{3} * 49136.75 \text{ l}}{59150 \text{ l/año}}$$

$$I_{lim} = 0.28 \text{ años} \approx 3.32 \text{ meses}$$

### - Filtro Biológico de Flujo Ascendente

Esta estructura de forma circular tiene un área de 81.71 m<sup>2</sup>, construida al igual que las otras estructuras de hormigón armado, consta de una dren de 9,70 metros de largo y de diámetro Ø=200mm de PVC de la cual se ramifica en 10 tuberías en forma de espina de pez de igual diámetro y material, estas tuberías tienen en todo su largo unas perforaciones de 1 pulgada, para que pueda ascender el agua por el lecho de piedras debidamente graduadas, este lecho tiene un espesor aproximado de 1,15 m, la tubería está separada del lecho de piedras por unas vigas de hormigón armado y bloques perforados de hormigón simple, para que las piedras no aplasten a la tubería y puedan generar algún tipo de daño o taponamiento de las perforaciones. En las *Figuras 29 y 30* se puede apreciar la distribución que tiene esta unidad.

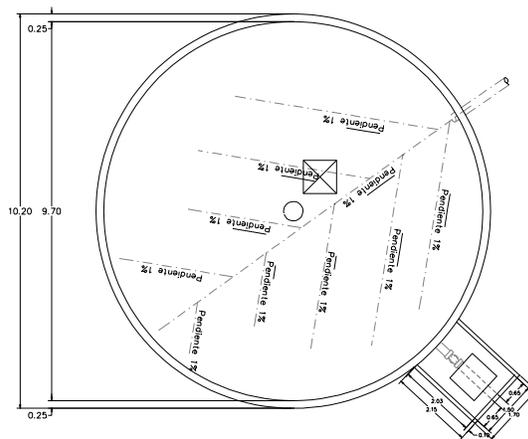


Figura 29 Vista en planta del FAFA

Fuente: Autoría propia

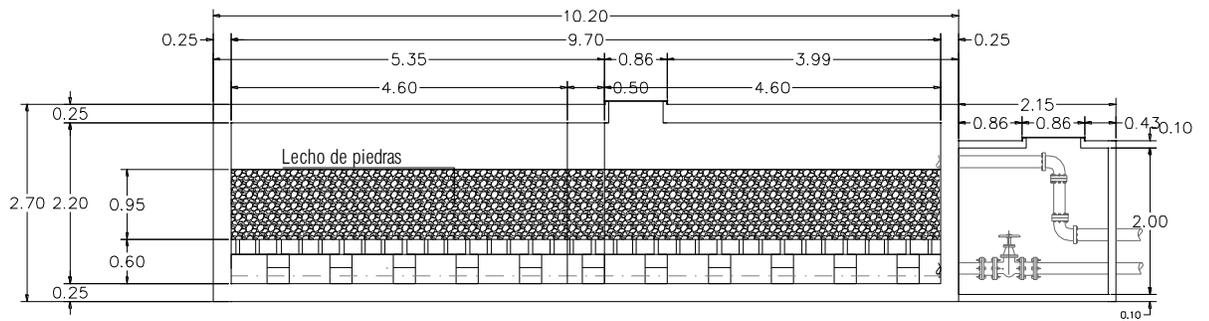


Figura 30 Vista en elevación del FFAFA

Fuente: Autoría propia

A continuación, en la *Tabla 17* se observa las dimensiones principales del filtro biológico de flujo ascendente.

Tabla 17 Dimensiones del FFAFA

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Diámetro	10,20	m
Altura	2,70	m
Espesor de paredes y contrapiso	0,25	m

Fuente: Autoría propia

Los datos para la valoración teórica del FFAFA se presentan en la *Tabla 18*:

Tabla 18 Datos para el dimensionamiento del FFAFA

Parámetro	Valor	Unidad	Nomenclatura
<b>Población</b>	169	Hab	P
<b>Dotación A.P.</b>	25	lt/hab.día	Dot
<b>Coefficiente de Retorno</b>	80	%	CR
<b>Profundidad Útil FFAFA</b>	1.80	m	Hu

<b>Porosidad Material Empaque</b>	0.45	-	-
<b>Tiempo de Retención Hidráulica por falta de flujo</b>	0.83	-	TRH <sub>SF</sub>
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	282	mg/lt	DQO
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	117	mg/lt	DBO <sub>5</sub>
<b>Temperatura Ambiental</b>	15	°C	T
<b>Tiempo de Retención Hidráulica Empaque</b>	5.25	-	TRH <sub>EMPAQUE</sub>

Fuente: Autoría propia

En la *Tabla 19* se presenta el factor para TRH<sub>SF</sub> en función del caudal y la temperatura del mes más frío del año.

*Tabla 19 Tiempo de Retención Hidráulica de Aguas Residuales por falta de flujo*

Caudal (l/día)	Temperatura Media del Mes más Frío		
	<15°C	15°C<T<25°C	>25°C
<1500	1.17	1	0.92
1501-3000	1.08	0.92	0.83
3001-4500	1	0.83	0.75
4501-6000	0.92	0.75	0.67
6001-7500	0.83	0.67	0.58
7501-900	0.75	0.58	0.5
>9000	0.75	0.5	0.5

Fuente: Autoría propia

En la *Tabla 20* se indica el rango de tiempo de retención para TRH<sub>EMPAQUE</sub>, en función del DBO<sub>5</sub>.

Tabla 20 Tiempo de Retención Hidráulica del Empaque

Concentración Materia Orgánica Afluente (DBO5 Total, mg/l)	Rango de Tiempo de Retención Hidráulico (h)	Tiempo Recomendado para el Diseño (h)
50-80	3-12	5.25
80-300	2.5-12	5.25
300-1000	2.5-12	5.25
1000-5000	3-12	7

Fuente: Autoría propia

## GEOMETRÍA

- Cálculo del Caudal Medio Diario Sanitario (Qmd)

$$Qmd = P * CR * Dot$$

$$Qmd = 169hab * 80\% * 25 \text{ lt/hab.día}$$

$$Qmd = 0.039 \text{ lt/seg}$$

En m<sup>3</sup>/día

$$0.039 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} * \frac{60\text{min}}{1\text{hora}} * \frac{24\text{horas}}{1\text{día}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ lts}} = 3.40\text{m}^3/\text{día}$$

En m<sup>3</sup>/hora

$$3.40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1\text{día}}{24 \text{ horas}} = 0.14\text{m}^3/\text{hora}$$

En lt/día

$$3.40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ lts}}{1\text{m}^3} = 3398.93 \text{ lt/día}$$

- Cálculo del Volumen Total del Filtro (V<sub>t</sub>)

$$V_t = P * Dot * CR * TRH_{SF} * \frac{1.6}{1000}$$

$$V_t = 169 \text{ hab} * 25 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} \cdot \text{día} * 80\% * 0.83 * \frac{1.6}{1000}$$

$$V_t = 4.51\text{m}^3$$

- Cálculo del Área Horizontal Total ( $A_{ht}$ )

$$A_{ht} = \frac{V_t}{H_u}$$

$$A_{ht} = \frac{4.51m^3}{1.80m}$$

$$A_{ht} = 2.51m^2$$

- Cálculo del Diámetro del Filtro Circular (D)

$$D = \sqrt{4 * \frac{A_{ht}}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{4 * \frac{2.51m^2}{\pi}}$$

$$D = 1.79m$$

## EMPAQUE

- Cálculo del Volumen de Vacíos ( $V_V$ )

$$V_V = Qmd \left( \frac{m^3}{hora} \right) * TRH_{EMPAQUE}$$

$$V_V = 0.14m^3/hora * 5.25$$

$$V_V = 0.74m^3$$

- Cálculo del Volumen de Empaque ( $V_E$ )

$$V_E = V_V / Porosidad$$

$$V_E = \frac{0.74m^3}{0.45}$$

$$V_E = 1.65m^3$$

- Cálculo del Área Horizontal Total ( $A_{hE}$ )

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

$$A_{hE} = \pi * \frac{(1.79m)^2}{4}$$

$$A_{hE} = 2.51m^2$$

- Altura del Empaque Calculado ( $H_{EC}$ )

$$H_{EC} = \frac{V_E}{A_{hE}}$$

$$H_{EC} = \frac{1.65m^3}{2.51m^2}$$

$$H_{EC} = 0.66m$$

- Altura del Empaque Diseño ( $H_{ED}$ )

$$H_{ED} = 1.20m$$

## COMPROBACIÓN

- Diámetro del Filtro Circular calculado ( $D_{cal}$ )

$$D_{cal} = D$$

$$D_{cal} = 1.79m$$

- Diámetro del Filtro Circular diseño ( $D_{dis}$ )

$$D_{dis} = 1.80m$$

- Área Horizontal Real ( $A_{HR}$ )

$$A_{HR} = \pi * \frac{(D_{dis})^2}{4}$$

$$A_{HR} = \pi * \frac{(1.80m)^2}{4}$$

$$A_{HR} = 2.54m^2$$

- Tiempo de retención hidráulico FAFA calculado ( $TRH_{cal}$ )

$$TRH_{cal} = \frac{V_t}{Qmd \left( \frac{m^3}{día} \right)}$$

$$TRH_{cal} = \frac{4.51m^3}{3.40m^3/día}$$

$$TRH_{cal} = 1.33 \text{ días}$$

- Tiempo de retención hidráulico FAFA asumido ( $TRH_{as}$ )

$$TRH_{cal} = 0.75 \text{ días}$$

Nota: Se mantiene el TRH mínimo=0.75 para reducir el Volumen Útil

- Profundidad Útil Real ( $H_{UR}$ )

$$H_{UR} = H_{ED} + 0.3 + 0.3$$

$$H_{UR} = 1.20m + 0.3 + 0.3$$

$$H_{UR} = 1.80m$$

- Volumen Útil Real del Filtro ( $V_{UR}$ )

$$V_{UR} = H_{UR} * A_{HR}$$

$$V_{UR} = 1.80m * 2.54m^2$$

$$V_{UR} = 4.58m^3$$

- Velocidad Superficial ( $V_s$ )

$$V_s = V_s = \frac{A_{HR}}{Qmd \left( \frac{m^3}{hora} \right)}$$



Figura 32 Vista en elevación del lecho de secado de lodos

Fuente: Autoría propia

En la *Tabla 21* se indican las medidas principales de esta unidad.

Tabla 21 Dimensiones del lecho de secado de lodos

<b>MAGNITUD</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Largo	20,90	m
Ancho	4,95	m
Altura	0,60	m
Espesor de paredes y contrapiso	0,20	m

Fuente: Autoría propia

Los datos para la valoración teórica del Lecho de Secado de Lodos se presentan en la *Tabla 22*:

Tabla 22 Datos para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nomenclatura</b>
<b>Caudal</b>	6.29	lt/seg	Q <sub>max</sub>
<b>Población</b>	169	hab	P
<b>Contribución per cápita</b>	90	gr.SS/hab.día	CP
<b>Porcentaje de sólidos contenido en lodo</b>	10	%	S
<b>Temperatura</b>	15	°C	T
<b>Profundidad de aplicación</b>	0.30	m	H <sub>a</sub>
<b>Densidad de lodos</b>	1.04	kg/lt	g <sub>lodo</sub>
<b>Ancho del lecho de secado</b>	4	m	b

Fuente: Autoría propia

## DIMENSIONAMIENTO

- Cálculo de la Carga de Sólidos (C)

$$C = \frac{P * CP}{1000}$$

$$C = \frac{169 * 90 \text{ gr. SS/hab. día}}{1000}$$

$$C = 15.21 \text{ kg SS/día}$$

- Cálculo de la masa de sólidos en lodos (Msd)

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

$$Msd = [(0.5 * 0.7 * 0.5) + (0.5 * 0.3)] * 15.21 \text{ kg SS/día}$$

$$Msd = 4.94 \text{ kg SS/día}$$

- Cálculo del Volumen diario de lodos digeridos (V<sub>ld</sub>)

$$V_{ld} = \frac{Msd}{g_{lodo} * S}$$

$$V_{ld} = \frac{4.94 \text{ kg SS/día}}{1.04 \text{ kg/lit} * 10\%}$$

$$V_{ld} = 47.53 \text{ m}^3$$

- Cálculo de Volumen de lodos a extraerse (V<sub>le</sub>)

A partir de la *Tabla 23*, se determina el factor de capacidad relativa en función de la temperatura.

*Tabla 23 Factor de Capacidad Relativa (fcr)*

Temperatura	Digest. lodo[días]
5	110.00
10	76.00

<b>15</b>	55.00
<b>20</b>	40.00
<b>&gt;25</b>	30.00

*Fuente: Autoría propia*

Se utilizará un  $fcr=55$

$$V_{le} = \frac{V_{ld} * fcr}{1000}$$

$$V_{le} = \frac{47.53 \text{ m}^3 * 55}{1000}$$

$$V_{le} = 2.61 \text{ m}^3$$

- Cálculo de Área del lecho de secado (A)

$$A = \frac{V_{le}}{H_a}$$

$$A = \frac{2.61 \text{ m}^3}{0.30\text{m}}$$

$$A = 8.71 \text{ m}^2$$

- Cálculo de Longitud del lecho de secado (l)

$$l = \frac{A}{b}$$

$$l = \frac{8.71 \text{ m}^2}{4\text{m}}$$

$$l = 2.20\text{m}$$

A pesar de que teóricamente las unidades están bien dimensionadas y deberían tener la capacidad de remover los contaminantes con la estructura propuesta no se cumple al cien por ciento, debido a que no existe un proceso de operación y mantenimiento adecuado.

#### **3.4.4 Recomendaciones para el buen funcionamiento de la PTAR.**

Para que el sistema funcione de mejor manera se deberá tomar las siguientes medidas propuestas:

- Implementar un sistema de cribado antes de que ingresen las aguas residuales a las demás unidades de la PTAR.
- Impermeabilizar exteriormente las estructuras actuales, en especial el Tanque Séptico ya que es la estructura que más fisuras visibles e inclusive grietas tiene.
- Establecer un adecuado mantenimiento periódico de la planta máximo cada tres meses, para que no exista posibles daños en las estructuras que afecten al tratamiento y vertido del agua.
- Hacer una limpieza total del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente, y reemplazar el lecho de piedras con agregado bien graduado, desde el más grueso abajo hasta el fino arriba, para que no exista taponamiento en la tubería perforada.
- Implementar semillas de moringa oleífera en el tanque séptico ya que actúa como floculante natural para la remoción de varios contaminantes como: turbiedad, tensoactivos, DQO, entre otros; según estudios previos señalan que hay una efectividad de hasta en el 98%.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### 4.1.1 Conclusiones

- La planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Moraspungo se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 697857 Este y 9870036 Norte, en las orillas del río Piñanato, al cual descarga el agua después de ser tratada (Ver 3.1.1), no se tiene un dato exacto del año que entró en funcionamiento debido a que el GAD Provincial de Cotopaxi cual fue la institución que administró la construcción, no ha entregado documentación al GAD Municipal de Pangua.
- Debido al lugar en donde está construido la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Moraspungo, es de difícil acceso, por lo que su mantenimiento no se lo ha realizado periódicamente y la estructura que en peor estado se encuentra es la del tanque séptico, (Ver 3.1.3).
- Se determinó que el día y el horario crítico, es el sábado de 11:00 am a 12:00pm, en la cual se tomó las muestras para el respectivo análisis en laboratorio, lo cual evidenció los resultados de los parámetros físico químicos que no cumplen con la norma TULSMA para el vertido de agua a un cuerpo de agua dulce, dichos parámetros que no cumplen son Tensoactivos: 4.59 mg/l y Color Real:10.78 unidades de color, lo cual supera a los límites máximos permisibles de 0.5 mg/l e inapreciable en disolución: 1/20 unidades de color, respectivamente.
- Se propone la reparación estructural completa de la PTAR, especialmente en la impermeabilización del tanqué séptico, también la remoción del lecho de piedras del FAFA debido a que podría estar obstruyendo la tubería y reemplazar por un nuevo agregado bien graduado, además de un plan de mantenimiento periódico para el buen funcionamiento de las unidades de la PTAR.

#### **4.1.2 Recomendaciones**

- Se debe tener una base de datos por parte del GAD Municipal de Pangua de los usuarios aportantes de aguas residuales a la PTAR
- Construir una vía de acceso para el ingreso a la PTAR de materiales para las reparaciones, y posterior mantenimiento.
- Para reducir tensoactivos y color real se propone la implementación de semillas de moringa oleífera en la unidad del tanque séptico.
- Se recomienda instruir a los operarios con capacitaciones y equiparles con los EPP's necesarios para que realicen sus trabajos.
- Se recomienda realizar los análisis de agua en un laboratorio calificado, mínimo una vez al año para observar los resultados y determinar si los parámetros físico químicos cumple con los límites para el vertido en el río Piñanato.

## Bibliografía

- [1 P. Martínez, «Algunos aspectos de alcantarillado y drenaje en México,» *Boletín*  
] *Of. Sanit. Panam.*, vol. 1, p. 336, 1967.
- [2 D. Palladares y L. Guaicha, «Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo  
] Ambiental: Alcantarillado Colector Samanga y tratamiento San Fco. Culapachán,»  
Ambato, 2014.
- [3 OPS, «Agua y Saneamiento,» OPS, Washington DC, 2011.  
]
- [4 INEC, «VII Censo de Población y VI de Vivienda,» 2010.  
]
- [5 G. P. Moraspungo, «GAD Parroquial Moraspungo,» 2019. [En línea]. Available:  
] <https://moraspungo.gob.ec/cotopaxi/historia/?fbclid=IwAR3RVYaa09QCFW6Ii0WdF6IZurCWwJCbkaB-2nu9J96U5FQdYTy260LhUqs>. [Último acceso: 2021].
- [6 M. De la Peña, J. Ducci y V. Zamora, «Tratamiento de aguas residuales en  
] México,» *Banco Interamericano de Desarrollo Sector Infraestructura y Medio*  
*Ambiente*, pp. 11-39, mayo 2013.
- [7 B. Garay y M. Mirella, «Tratamiento de aguas residuales,» 2016. [En línea].  
] Available: <https://docplayer.es/10934400-Tratamiento-de-aguas-residuales-capitulo-iv.html>.
- [8 OMS, «Planificación de la seguridad del saneamiento, Manual para el uso y la  
] disposición seguros de aguas residuales, aguas grises y excretasas,» 2016. [En  
línea]. Available:  
<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250331/9789243549248-spa.pdf;jsessionid=03873C6AABE8529964CD8CF589A08661?sequence=1%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250331/1/9789243549248-spa.pdf?ua=1&ua=1..>
- [9 OMS, «Saneamiento,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation#..>
- [1 INEC, «Estadística de información ambiental económica en Gobiernos  
0] Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua y Alcantarillado),» 2016.  
[En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Encuestas\_Ambientales/Municipios\_2015/Documento\_Tecnico-Gestion\_de\_Agua\_y\_Alcantarillado\_2015.pdf..

- [1 1] G. M. d. Pangua, «Plan Estratégico Institucional del GAD para Ejecución del Presupuesto Institucional,» 2019. [En línea]. Available: <https://pangua.gob.ec/wp-content/uploads/2020/04/Plan-Estrat%C3%A9gico-GADMUPAN-2019-PRORROGADO.pdf>.
- [1 2] B. Farias, «IAGUA,» 12 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>. [Último acceso: 2021].
- [1 3] M. & Eddy, Tratamiento, vertido y reutilización, de Ingeniería de aguas residuales, España, 1995, pp. 53-55.
- [1 4] J. Romero, Teoría y principios de diseño, Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000, pp. 27-66.
- [1 5] R. López, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995, p. 265.
- [1 6] E. Justo y D. Sasari, *Estudio de impacto ambiental planta de tratamiento de aguas residuales en Juliaca*, Puno, 2018, p. 2.
- [1 7] W. Lozano, Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Bogotá, 2012, pp. 46-132.
- [1 8] B. Inc, «Tratamiento de Aguas Residuales,» *BELZONA*, pp. 4-11, 2010.
- [1 9] A. Losada y S. Rivera, Evaluación del manejo y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Tocancipá, Bogotá, 2016, p. 45.
- [2 0] E. Vargas, *Evaluación Técnica de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), de la Inspección de Pueblo Nuevo del Municipio de Nilo Cundinamarca*, Bogotá, 2016, p. 45.
- [2 1] Código Ecuatoriano de la Construcción, *Sistemas de tratamiento de aguas residuales, de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*, Quito, 1992, p. 258.
- [2 2] G. M. d. Pangua, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial,» Pangua, 2020.

[2 J. Campaña, «Memoria Técnica del Plan de Mejoras,» Pangua, 2021.  
3]

**ANEXO A.**

**RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO**



<b>PROTOCOLO: 706980/2019-1.0</b>	RU-49
	Revisión: 12
<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	81235-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE <sup>(1)</sup>	CRITERIO DE RESULTADOS <sup>(2)</sup>
				A2			
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	PA - 43.00	mg/l	<20,0	± 4,4 mg/l	30,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	9200,0	± 2,1 NMP/100ml	2000	NO CUMPLE
COLOR REAL DILUCIÓN 1/20	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2120 C	PA - 75.00	Pt-Co	19,87	± 1,56 Pt-Co	<sup>(3)</sup> Inapreciable en dilución: 1/20	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	116,66	± 16,34 mg/l	100	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	281,6	± 42,7 mg/l	200	NO CUMPLE
FÓSFORO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	1,55	± 0,17 mg/l	10,0	CUMPLE
NITRÓGENO AMONICAL	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-N <sub>3</sub> F	PA - 30.00	mg/l	8,95	± 0,03 mg/l	30,0	CUMPLE
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-N <sub>org</sub> C	PA - 72.00	mg/l	24,00	± 0,45 mg/l	50,0	CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	7,91	± 0,08 U pH	6 - 9	CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 D	PA - 16.00	mg/l	274,0	± 3,9 mg/l	130	NO CUMPLE
TENSOACTIVOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5540 A y 5540 C	PA - 12.00	mg/l	8,51 <sup>(4)</sup>	± 0,04 mg/l	0,5	NO CUMPLE
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 B	PA - 14.00	mg/l	388,0	± 3,2 mg/l	1600	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	24,0	± 1,0 °C	Condición natural ± 3	CUMPLE
CAUDAL(*)	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS - 28.00	vs	NO APLICA	-	NO APLICA	NO APLICA

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2), (3), (4) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

<sup>(1)</sup> Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

<sup>(2)</sup> Criterio de resultados.

<sup>(4)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Tensoactivos de 0,1 a 1,0 mg/l.



PROTOCOLO: 706977/2019-1.0	RU-49
	Revisión: 12
	Página 2 de 3
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	81235-1	INCERTIDUMBRE (K=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE <sup>(1)</sup>	CRITERIO DE RESULTADOS <sup>(4)</sup>
				A1			
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	PA - 43.00	mg/l	<20,0	± 4,4 mg/l	30,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	1600,0	± 2,1 NMP/100ml	2000	CUMPLE
COLOR REAL DILUCIÓN 1/20	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2120 C	PA - 75.00	Pt-Co	10,78	± 1,56 Pt-Co	<sup>(2)</sup> Inapreciable en dilución: 1/20	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	73,01	± 2,53 mg/l	100	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	167,6	± 42,7 mg/l	200	CUMPLE
FÓSFORO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	1,55	± 0,17 mg/l	10,0	CUMPLE
NITRÓGENO AMONICAL	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NH <sub>3</sub> F	PA - 30.00	mg/l	18,40	± 0,03 mg/l	30,0	CUMPLE
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-N <sub>org</sub> C	PA - 72.00	mg/l	23,25	± 0,45 mg/l	50,0	CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	7,92	± 0,08 U pH	6 - 9	CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 D	PA - 16.00	mg/l	98,0	± 1,7 mg/l	130	CUMPLE
TENSOACTIVOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5540 A y 5540 C	PA - 12.00	mg/l	4,59 <sup>(8)</sup>	± 0,04 mg/l	0,5	NO CUMPLE
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 B	PA - 14.00	mg/l	338,0	± 3,2 mg/l	1600	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	24,5	± 1,0 °C	Condición natural ± 3	CUMPLE
CAUDAL(*)	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS - 28.00	l/s	2,66	± 0,01 l/s	NO APLICA	NO APLICA

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2), (3), (4) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

<sup>(1)</sup> Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

<sup>(2)</sup> Criterio de resultados.

<sup>(8)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Tensoactivos de 0,1 a 1,0 mg/l.

**ANEXO B.**

**PLANOS**

N.- 9870200

N.- 9869800

N.- 9870000

E.- 697400

E.- 697600

E.- 697800

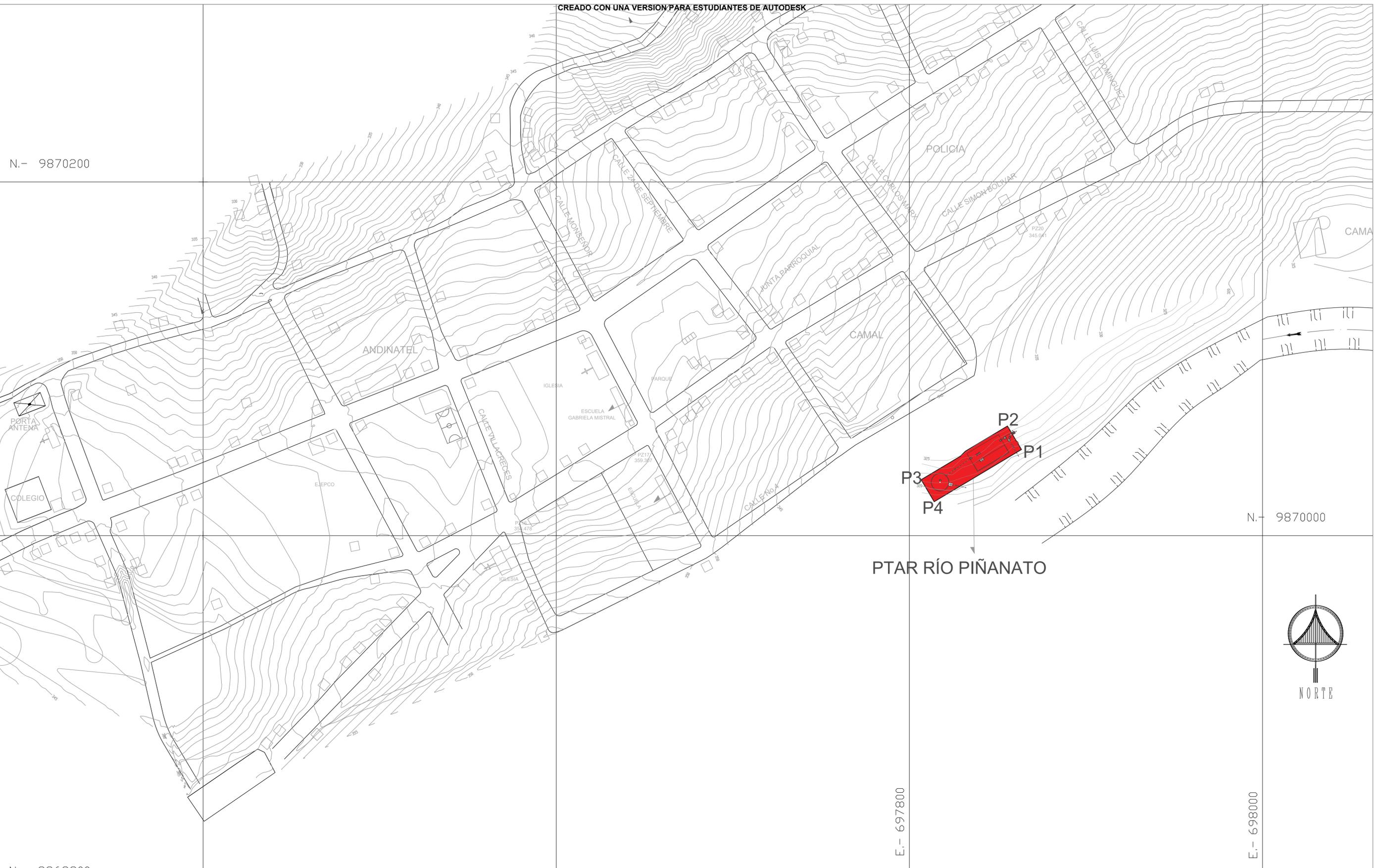
E.- 698000

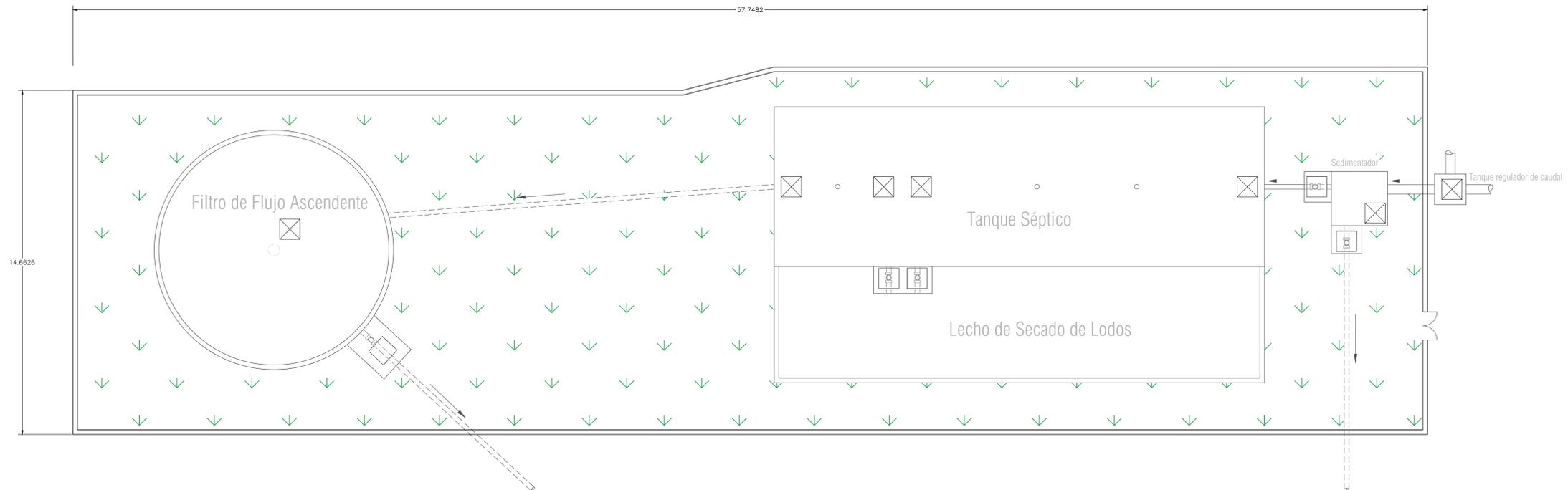
N.- 9869800



### EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA MORASPUNGO, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

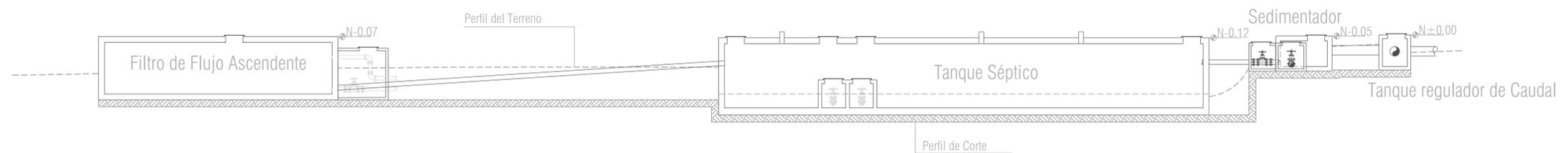
CONTIENE: - PLANIMETRÍA DEL CASCO URBANO DE LA PARROQUIA MORASPUNGO - UBICACIÓN PTAR RÍO PIÑANATO	ESCALAS: 1:2000	LÁMINA: 1/1	PROVINCIA: COTOPAXI	CANTÓN: PANGUA	PARROQUIA: MORASPUNGO	REVISÓ: Ing. Lenin Maldonado	DIBUJO: Egdo. David Carrasco
---	--------------------	----------------	------------------------	-------------------	--------------------------	---------------------------------	---------------------------------





## IMPLANTACION

Esc: 1:100



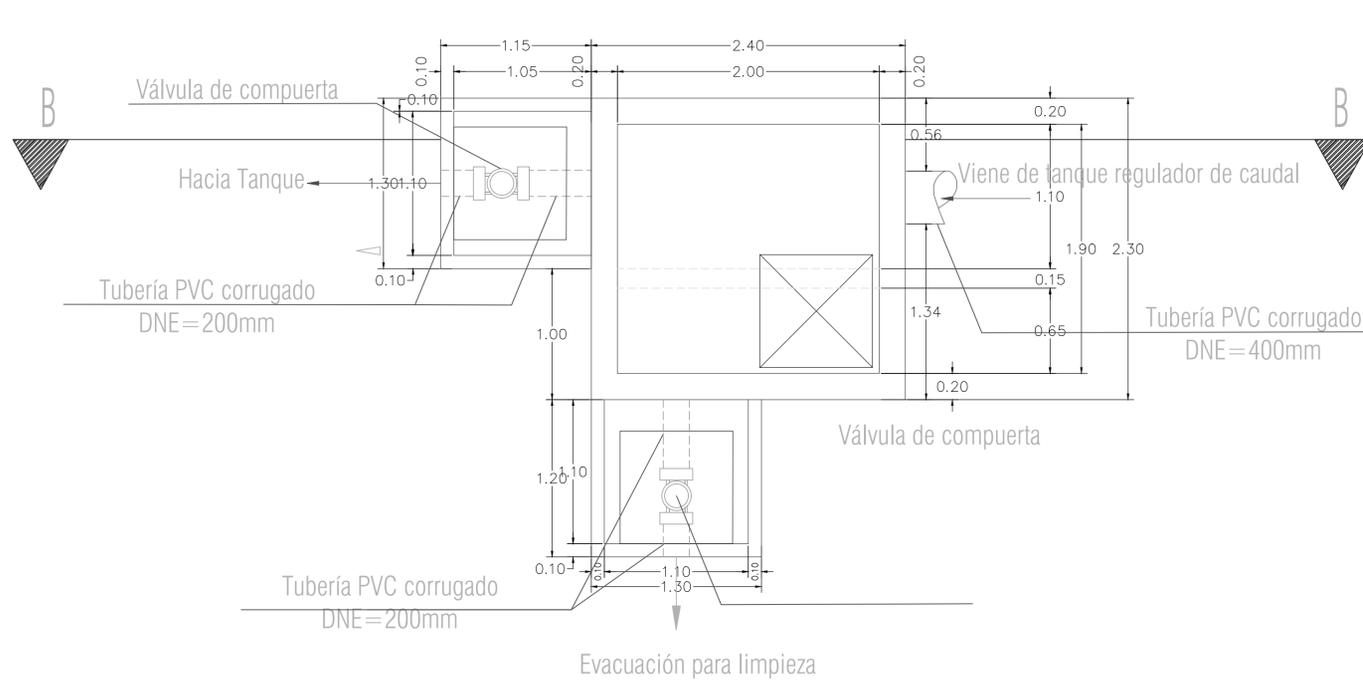
## UBICACION DE LAS UNIDADES DE LA PTAR EN EL TERRENO

SIN:

ESCALA

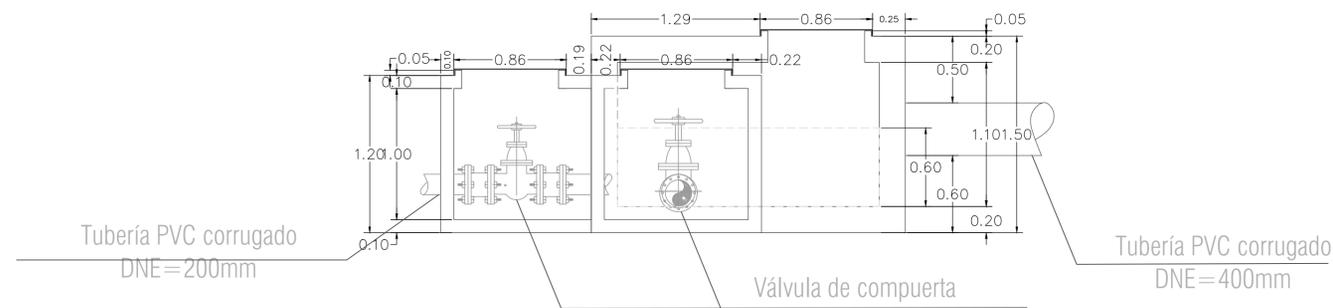
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MORASPUNGO, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI			
CONTIENE: - IMPLANTACIÓN - UBICACIÓN			
REVISÓ	APROBÓ	DIBUJÓ	FECHA: Diciembre 2021
Ing. Lenín Maldonado	Ing. Lenín Maldonado	Egdo. David Carrasco	UBICACIÓN Sector río Pílanato
			ESCALA INDICADAS
			LAMINA 1 de 4

### Sedimentador



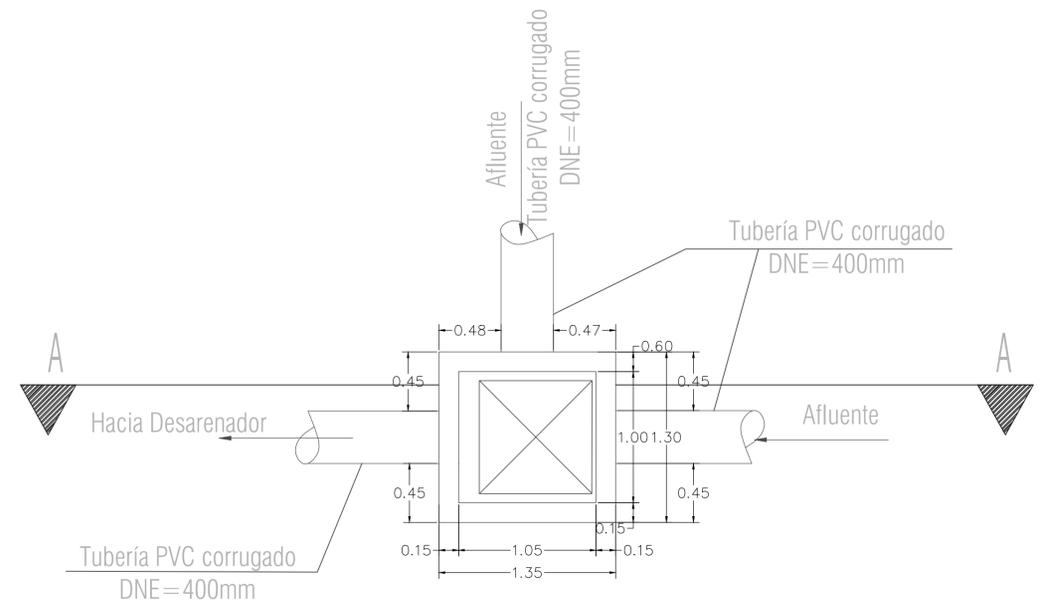
### PLANTA 2: Sedimentador

ESC: 1:25



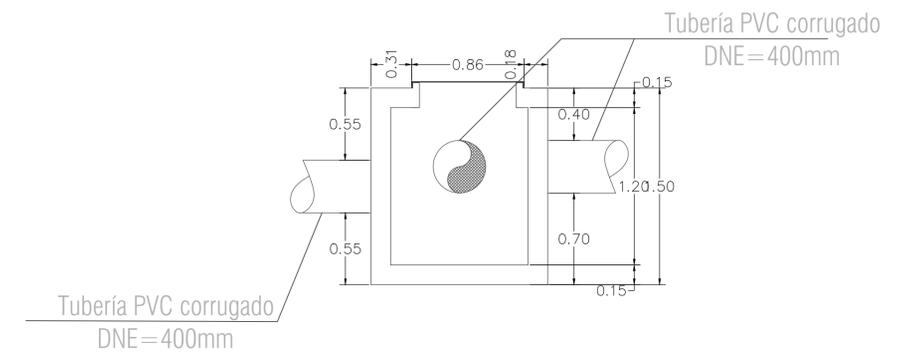
### Corte B: Sedimentador

ESC: 1:25



### PLANTA 1: Tanque regulador de caudal

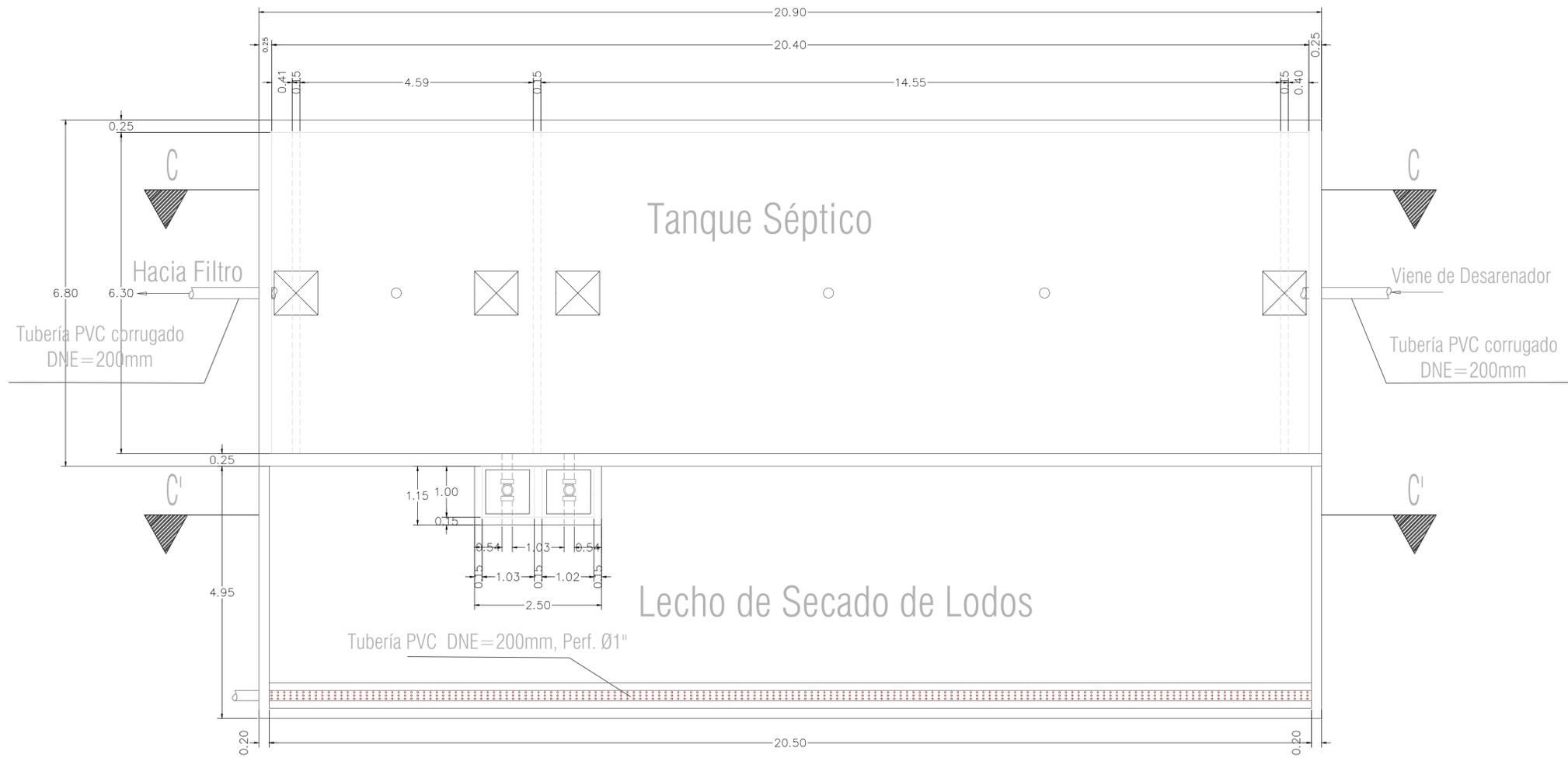
ESC: 1:25



### Corte A: Tanque regulador de caudal

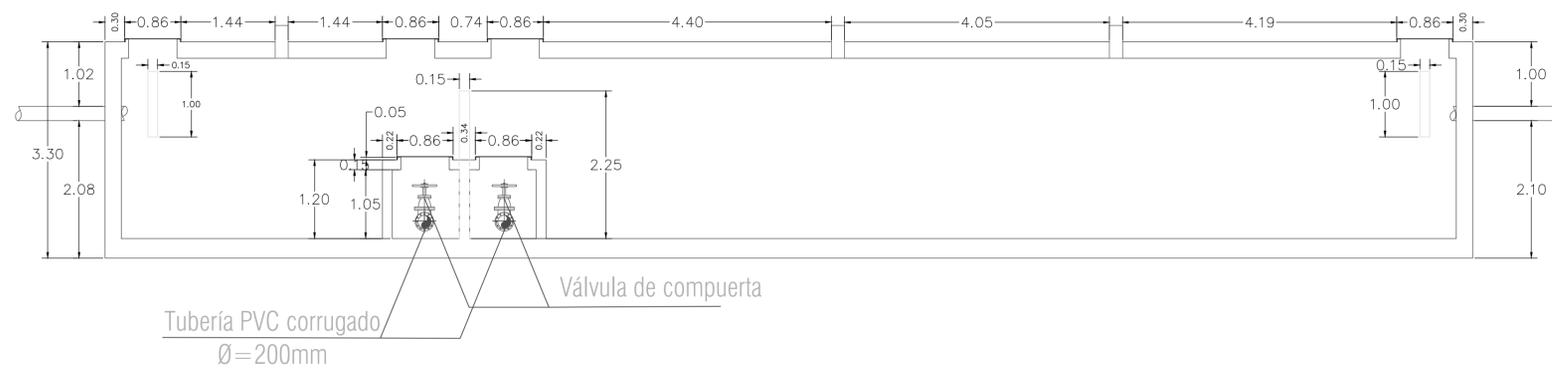
ESC: 1:25

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MORASPUNGO, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI			
CONTIENE: - TANQUE REGULADOR DE CAUDAL - SEDIMENTADOR			FECHA: Diciembre 2021
REVISÓ Ing. Lenin Maldonado	APROBÓ Ing. Lenin Maldonado	DIBUJÓ Egdo. David Carrasco	UBICACIÓN Sector rfo Pílanato
			ESCALA INDICADAS
			LAMINA 2 de 4



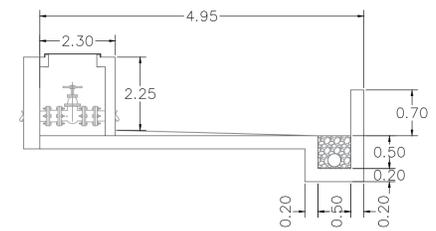
### PLANTA 3: Tanque Séptico y Lecho de Secado de Lodos

ESC: 1:50



### CORTE C: Tanque Séptico

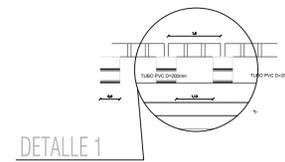
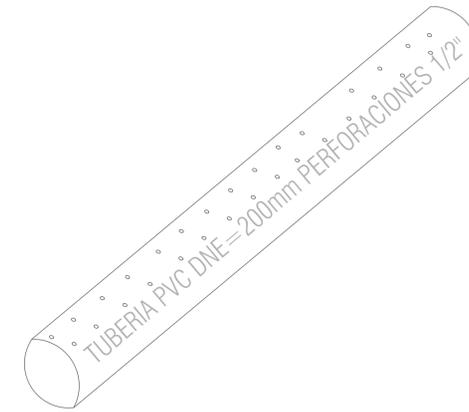
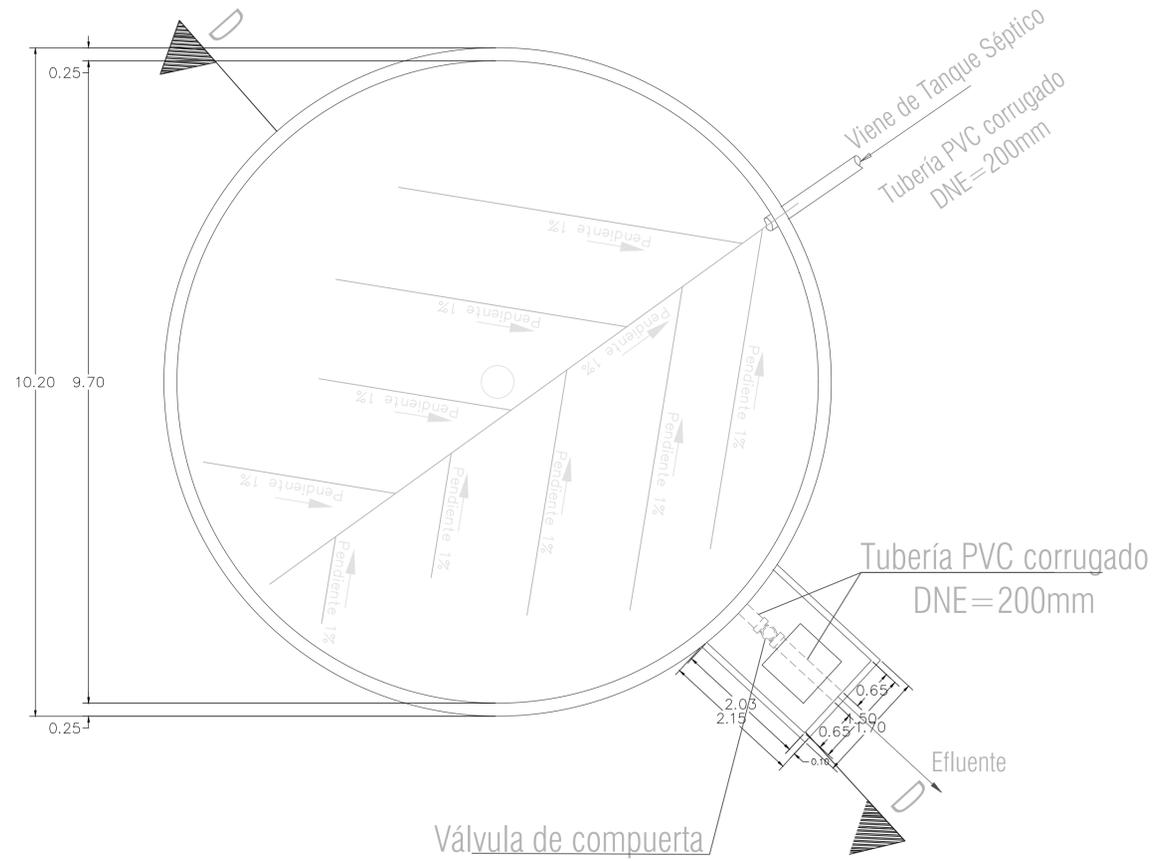
ESC: 1:50



### CORTE C': Lecho de secado de lodos

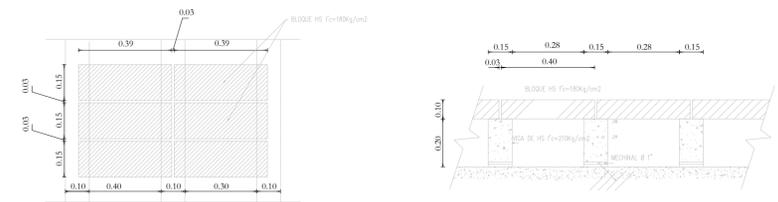
ESC: 1:50

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica				
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MORASPUNGO, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI				
CONTIENE: - TANQUE SÉPTICO - LECHO DE SECADO DE LODOS				FECHA: Diciembre 2021
REVISÓ	APROBÓ	DIBUJÓ	UBICACIÓN Sector río Pílanato	
Ing. Lenin Maldonado	Ing. Lenin Maldonado	Egdo. David Carrasco	ESCALA INDICADAS	
			LAMINA 3 de 4	

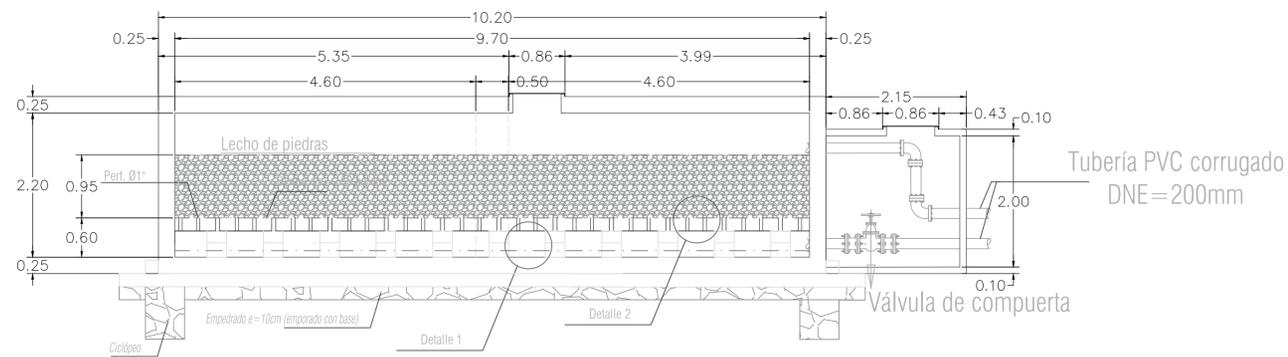


### PLANTA 4: Filtro de Flujo Ascendente

ESC: 1:50



DETALLE 2: SUELO FALSO SIN ESCALA



### Corte D: Flitro de Flujo Ascendente

ESC: 1:50

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MORASPUNGO, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI			
CONTIENE: - FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE			
REVISÓ  Ing. Lenin Maldonado	APROBÓ  Ing. Lenin Maldonado	DIBUJÓ  Ego. David Carrasco	FECHA: Diciembre 2021  UBICACIÓN Sector rfo Pílanato  ESCALA INDICADAS  LAMINA 4 de 4