



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO  
DE INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

---

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

---

**AUTORA:** Myriam Andrea Villacis Villacis

**TUTOR:** Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasig M.Sc

**AMBATO - ECUADOR**

**Septiembre - 2022**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD RUMIPAMBA, PARROQUIA RUMIPAMBA, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. Myriam Andrea Villacis Villacis portadora de la de cédula de ciudadanía: C.I. 1804396768, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, septiembre 2022



---

**Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasig M.Sc.**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Myriam Andrea Villacís Villacís** con C.I. **1804396768**, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD RUMIPAMBA, PARROQUIA RUMIPAMBA, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



**Myriam Andrea Villacis Villacis**

**C.I. 1804396768**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento 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 autora.

Ambato, septiembre 2022



**Myriam Andrea Villacis Villacis**

**C.I. 1804396768**

**AUTOR**

## **APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Myriam Andrea Villacis Villacis, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD RUMIPAMBA, PARROQUIA RUMIPAMBA, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:



---

**Ing. Mg. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**



---

**Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldas**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación es dedicado a mis padres Edwin y Myriam quienes me han apoyado en el transcurso de toda mi vida y especialmente en mi etapa Universitaria, por todo su apoyo, respaldo y enseñanzas constantes.

A mi hermano Edwin por ser un gran ejemplo a seguir de personal y profesional para mí y mi hermana Paola.

A todos mis primos, familia y amigos que han estado presentes en cada momento con palabras de apoyo y aliento.

Myriam Andrea Villacis Villacis

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa con su bendición, a mis padres Edwin Myriam por siempre estar pendientes de mí y confiar en mis capacidades. A mis hermanos Edwin y Paola por acompañarme estos años.

A mis familiares y buenos amigos que me dejó la Universidad, Alexander, Gabriel y Myrka quienes fueron una fuente de motivación en los momentos más difíciles.

A toda la comunidad Universitaria, a la Facultad de Ingeniería civil y Mecánica, y a todos mis profesores de la Carrera de Ingeniería Civil quienes me brindaron sus conocimientos para mi formación académica, y de manera especial al Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasig M.Sc. quien fue una guía y apoyo, compartiendo su experiencia y conocimientos para la culminación de mi trabajo de titulación.

Myriam Andrea Villacis Villacis

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PAGINAS PRELIMINARES

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

### B. CONTENIDOS

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes .....	1
1.1.2 Justificación.....	3
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	5
1.1.3.1 Tipos de aguas residuales.....	5
1.1.3.1.1 Agua residual .....	5
1.1.3.1.2 Agua residual industrial .....	5
1.1.3.1.3 Agua residual municipal .....	5
1.1.3.1.4 Agua residual domestica .....	6
1.1.3.1.5 Agua subterránea.....	6
1.1.3.1.6 Agua superficial .....	7



1.1.3.2	Cargas.....	7
1.1.3.2.1	Carga contaminante.....	7
1.1.3.2.2	Carga promedio.....	7
1.1.3.2.3	Carga máxima permisible.....	7
1.1.3.3	Caracterización del agua residuales.....	7
1.1.3.3.1	Caracterización del desechos domésticos o industriales.....	8
1.1.3.4	Contaminación del agua.....	8
1.1.3.5	Planta de tratamiento de aguas residuales.....	9
1.1.3.5.1	Tratamiento Primario.....	9
1.1.3.5.2	Tipo de Tratamientos primarios.....	9
1.1.3.5.2.1	Decantación primaria.....	9
1.1.3.5.2.2	Filtración.....	9
1.1.3.5.2.3	Flotación.....	9
1.1.3.5.3	Tratamientos fisicoquímicos o Coagulación - Floculación.....	10
1.1.3.5.4	Tratamiento secundario.....	10
1.1.3.5.5	Procesos Biológicos.....	10
1.1.3.5.5.1	Procesos Aerobios.....	10
1.1.3.5.5.2	Procesos Anaeróbicos.....	10
1.1.3.5.6	Tratamiento Terciario.....	10
1.1.3.5.7	Desinfección.....	11
1.1.3.5.8	Tratamiento de Lodos.....	11
1.1.3.6	Parámetros de Caracterización.....	12
1.1.3.6.1	Parámetros Físico.....	12
1.1.3.6.1.1	Oxígeno disuelto.....	12
1.1.3.6.1.2	Potencial de hidrogeno (pH).....	13
1.1.3.6.1.3	Temperatura.....	13
1.1.3.6.1.4	Turbidez.....	13
1.1.3.6.1.5	Solidos en el agua residual.....	13
1.1.3.6.1.6	Solidos totales.....	13
1.1.3.6.1.7	Solidos Sedimentables.....	13
1.1.3.6.1.8	Solidos Suspendidos.....	14
1.1.3.6.1.9	Solidos Volátiles y no Volátiles.....	14
1.1.3.6.2	Parámetros Físico-químicos.....	14

1.1.3.6.2.1	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	14
1.1.3.6.2.2	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	14
1.1.3.6.2.3	Nitrógeno total	14
1.1.3.6.2.4	Coliformes	15
1.1.3.6.2.4.1	Coliformes Totales	15
1.1.3.6.2.4.2	Coliformes Fecales	15
1.1.3.7	Calidad del agua	15
1.1.3.8	Porcentajes de remoción teórica por procesos	16
1.1.3.9	Selección del sistema de tratamiento de aguas residuales	17
1.1.4	Hipótesis	18
1.1.4.1	Hipótesis de Trabajo	18
1.1.4.2	Hipótesis nula	19
1.2	Objetivos	19
1.2.1	Objetivo General	19
1.2.2	Objetivos Específicos	19
CAPITULO II.- METODOLOGÍA		20
1.3	Materiales y Equipos	20
1.4	Metodología	20
1.4.1	Plan de recolección de datos	21
1.4.1.1	FASE 1: Revisión bibliográfica	21
1.4.1.2	FASE 2: Levantamiento de campo	24
1.4.1.2.1	Medición de caudales	24
1.4.1.3	FASE 3: Investigación de laboratorio	26
1.4.1.4	FASE IV: Análisis y comprobación del funcionamiento de la PTAR29	
1.4.1.4.1	Tanque repartidor	30
1.4.1.4.2	Tanque/fosa séptica	31
1.4.1.4.3	Filtro biológico ascendente y descendente	32
1.4.1.4.4	Lecho de secado de lodos	32
CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		34

1.5	Análisis y discusión de los resultados obtenidos .....	34
1.5.1	Análisis de resultados de las muestras del agua residual .....	34
1.5.2	Análisis comparativo de los resultados de la PTAR de Rumipamba con el TULSMA 2015 .....	38
1.6	Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Comunidad de Rumipamba.....	41
1.6.1	Diagnostico técnico .....	41
1.6.2	Procesos unitarios del sistema de tratamiento de la planta actual.....	41
1.6.3	Dimensiones actuales de la planta de tratamiento de aguas residuales..	41
1.6.3.1	Tanque repartidor de caudales .....	41
1.6.3.2	Tanque séptico .....	43
1.6.3.3	Filtro biológico ascendente o filtro anaerobio de flujo ascendente....	45
1.6.3.4	Filtro descendente .....	46
1.6.3.5	Lecho de secado de lodos.....	47
1.6.4	Diagnóstico de funcionamiento teórico actual de la PTAR .....	49
1.6.4.1	Diagnóstico del tanque repartidor de caudales.....	50
1.6.4.2	Diagnóstico del Tanque séptico .....	50
1.6.4.3	Diagnóstico de funcionamiento del filtro anaerobio ascendente .....	53
1.6.4.4	Diagnóstico de funcionamiento del filtro descendente .....	55
1.6.4.5	Diagnóstico de funcionamiento del lecho de secado de lodos.....	56
1.7	Verificación de hipótesis.....	59
1.8	Propuesta de mejora .....	59
1.8.1	Diseño de los nuevos procesos de tratamiento para la PTAR.....	60
1.8.1.1	Determinación de la población futura .....	60
1.8.1.2	Determinación del caudal de diseño sanitario.....	64
1.8.1.3	Diseño de la trampa de grasas propuesta .....	65
1.8.1.3.1	Dimensiones finales para la trampa de grasas propuesta.....	67
1.8.1.4	Rediseño de los procesos unitarios de la planta tratamiento.....	67
1.8.1.4.1	Dimensiones del tanque séptico propuesto .....	72
1.8.2	Diagnóstico de los procesos del tratamiento óptimos de acuerdo al periodo de diseño futuro.....	72

1.8.2.1	Diagnóstico de funcionamiento del filtro anaerobio ascendente en base al periodo de diseño .....	72
1.8.2.2	Diagnóstico de funcionamiento del lecho de secado de lodos.....	75
1.8.3	Comparación del estado actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comunidad de Rumipamba.....	77
1.9	Plan de operación y mantenimiento .....	78
1.9.1	Plan de operación y mantenimiento para la trampa de grasas .....	78
1.9.2	Plan de operación y mantenimiento para el tanque séptico .....	79
1.9.3	Plan de operación y mantenimiento para el lecho de secado de lodos... ..	80
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		82
1.10	Conclusiones .....	82
1.11	Recomendaciones.....	82
C. MATERIALES DE REFERENCIA		
ANEXOS .....		88
ANEXOS A: .....		88
ANEXOS B:.....		91

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura.1. Aguas residuales industriales.....	5
Figura.2. Aguas residuales municipales.....	5
Figura.3. Aguas residuales domesticas .....	6
Figura.4. Aguas subterranas .....	6
Figura.5. Aguas subterranas .....	7
Figura.6. Contaminacion del agua .....	8
Figura.7. Tecnologías empleadas en Tratamiento de Aguas Residuales .....	18
Figura 8.. División política Cantón Quero .....	22
Figura 9.. escudo parroquial de Rumipamba .....	22
Figura 10.. PTAR Comunidad Rumipamba-vista aérea.....	23
Figura 11.. PTAR Comunidad Rumipamba.....	24
Figura 12.. Cierre de baypass para toma de caudales de entrada.....	25
Figura 13. Toma de caudales de salida de la PTAR .....	25
Figura 14. Toma de muestra del caudal de entrada de la PTAR Rumipamba .....	26
Figura 15. Toma de muestra del caudal de salida de la PTAR Rumipamba.....	27
Figura 16. Estado actual de la PTAR Rumipamba y su funcionamiento.....	30
Figura 17. Tanque repartidor PTAR Rumipamba.....	31
Figura 18. Fosa séptica PTAR Rumipamba.....	31
Figura 19. Filtro biologico ascendente/descendente PTAR Rumipamba .....	32
Figura 20. Lecho de secado de lodos PTAR Rumipamba .....	33
Figura 21.. Comportamiento de los caudales de entrada PTAR Rumipamba.....	35
Figura 22.. Comportamiento de los caudales de entrada PTAR Rumipamba.....	36
Figura 23.. Comportamiento de los caudales de entrada PTAR Rumipamba.....	37
Figura 24. Esquema de remocion real de los contaminantes de la muestra de la PTAR Rumipamba .....	40

Figura 25. Tren de tratamientode la PTAR Rumipamba .....	41
Figura 26. Vista en plabta del tanque repartidor de la PTAR Rumipamba .....	42
Figura 27. Vista en cortedel tanque repartidor de la PTAR Rumipamba .....	43
Figura 28. Vista en planta -Tanque septico de la PTAR Rumipamba .....	44
Figura 29. Vista en corte -Tanque septico de la PTAR Rumipamba.....	44
Figura 30. Vista en planta del filtro biologivo ascendente de la PTAR Rumipamba	45
Figura 31. Vista en corte del filtro biologivo ascendente de la PTAR Rumipamba..	46
Figura 32. Vista en planta del filtro descendente de la PTAR Rumipamba .....	47
Figura 33. Vista en planta del lecho de secado de lodos de la PTAR Rumipamba ...	48
Figura 33. Rediseño del tren propuesto para la PTAR Rumipamba .....	59
Figura 34. Linea de tendencia por el metodo geometrico .....	61
Figura 35. Linea de tendencia por el metodo aritmetico.....	62
Figura 36. Linea de tendencia por el metodo exponencial.....	63
Figura 37. Limpieza tanque septico .....	80
Figura 38. Limpieza lecho de lodos .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.. Pasos/proceso de tratamiento de aguas residuales .....	12
Tabla 2. Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	15
Tabla 3. Remocion de contaminantes del agua residual tratada por procesos unitraios 17	
Tabla 4. Materiales.....	20
Tabla 5. Equipos.....	20
25	
Tabla 6. Resultados del analisis de laboratorio de la muestra de agua que ingresa a la PTAR Rumipamba.....	28
Tabla 10. Resultados del analisis de laboratorio de la muestra de agua que sale de la PTAR Rumipamba.....	28
Tabla 7. Caudales de entrada PTAR Rumipamba.....	35
Tabla 8. Caudales de entrada PTAR Rumipamba.....	36
Tabla 9. Caudales de entrada PTAR Rumipamba.....	37
Tabla 10. Resultados del analisis de laboratorio de la muestra de agua que entra a la PTAR Rumipamba.....	38
Tabla 11. Resultados del analisis de laboratorio de la muestra de agua que sale de la PTAR Rumipamba.....	39
Tabla 12. Remocion real de agente contaminantes en la muestra de la PTAR Rumipamba.....	40
Tabla 13. Dimensiones tanque repartidor de la PTAR Rumipamba.....	42
Tabla 14. Dimensiones tanque septico de la PTAR Rumipamba.....	43
Tabla 15. Dimensiones filtro biologico ascendente de la PTAR Rumipamba.....	45
Tabla 16. Dimensiones filtro descendente de la PTAR Rumipamba.....	46
Tabla 17. Dimensiones del lecho de secado de lodos de la PTAR Rumipamba.....	47

Tabla 19. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposicion de excretas y residuos liquidos.....	50
Tabla 20. Dotaciones de agua para los difrentes niveles de servicio. ....	51
Tabla 21. Tiempo de retencion de acuerdo a la contribucion de agua residual .....	52
Tabla 22. Tasa de acumulacion de acuerdo al intervalo de limpieza.....	52
Tabla 23. Tiempo de digestion de los lodos.....	57
Tabla 24. Datos estadisticos-poblacion Quero.....	60
Tabla 25. Tasa de crecimeinto-M. geometrico poblacion Quero.....	61
Tabla 26. Tasa de crecimeinto-M. aritmeticoico poblacion Quero.....	61
Tabla 27. Tasa de crecimeinto-M. exponencial poblacion Quero .....	62
Tabla 28. Tasa de crecimeinto Poblscional.....	63
Tabla 29. Tasa de crecimeinto Poblscional.....	65
Tabla 30. Dimensiones propuestas para la trampa de grasas .....	67
Tabla 31. Tiempo de retencion de acuerdo a la contribucion de agua residual .....	68
Tabla 32. Tasa de acumulacion de lodos de acuerdo el intervalo de limpieza. ....	69
Tabla 33. Valores de profundidad útil.....	70
Tabla 34. Dimensiones propuestas para el tanque séptico.....	72
Tabla 34. Comparativa estado actual de la PTAR de Rumipamba con la propuesto.	77



## RESUMEN

En el presente trabajo experimental se realizó una Evaluación de la PTAR con el objeto de verificar si cumple con los estándares de funcionabilidad y eficiencia en sus procesos. Los trabajos iniciales realizados en la planta de tratamiento de la Comunidad comenzaron con un recorrido del sitio donde se conoció y se inspeccionaron las instalaciones actuales, luego se comenzó con un levantamiento topográfico que dio a conocer el estado actual de la planta de tratamiento, para este proceso se utilizó un dron para la respectiva foto aérea y una estación total para levantar la información del sistema. Una vez que se terminó con el trabajo de campo se realizó la medición de caudales tanto de entrada como salida utilizando el método volumétrico, durante los 7 días por dos semanas, con el objeto de determinar el día con mayor afluencia y conocer los caudales máximos y mínimos con los que trabaja la PTAR. finalizadas las tomas de medición de los efluentes, se realizó el muestreo de los caudales de entrada y salida, las mismas que se enviaron a ser analizadas en los laboratorios de la UNACH, conocido el resultado de los parámetros de análisis, se procedió a comparar las cargas contaminantes que se tratan en la planta con los parámetros de descarga permitidos de aguas residuales en cuerpos de agua dulce.

**Palabras claves:** Planta de tratamiento, Agua residual, Tanque séptico, Secado de lodos, Filtro biológico

## ABSTRACT

In the present experimental work, an Evaluation of the PTAR was carried out in order to verify if it complies with the standards of functionality and efficiency in its processes. The initial works carried out in the treatment plant of the Community began with a tour of the site where the current facilities were known and inspected, then began with a topographic survey that revealed the current state of the treatment plant, for this process a drone was used for the respective aerial photo and a total station to raise the information of the system. Once the field work was finished, the measurement of both inlet and outlet flows was carried out using the volumetric method, during the 7 days for two weeks, in order to determine the day with the highest influx and to know the maximum and minimum flows with which the WWTP works. Once the effluent measurement intakes were completed, the sampling of the inlet and outlet flows was carried out, which were sent to be analyzed in the laboratories of the UNACH, knowing the result of the analysis parameters, we proceeded to compare the polluting loads that are treated in the plant with the parameters of permitted discharge of wastewater in freshwater bodies.

**Keywords:** Treatment plant, Wastewater, Septic tank, Sludge drying, Biological filter

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Antecedentes Investigativos**

#### **1.1.1 Antecedentes**

Con el transcurso de los años y el constante crecimiento poblacional, el requerimiento de contar con los servicios básicos se ha vuelto indispensable, y más que una necesidad un derecho. Sin embargo, existe una serie de aspectos importantes que no se ha valorado aun y en un futuro cambiara radicalmente la disponibilidad de la demanda del agua.

Uno de los mayores detonantes de la contaminación hídrica lo constituyen las viviendas que se encuentran en zonas urbanas, así como las rurales que no disponen de un sistema de alcantarillado o plantas de tratamiento, consecuencia de esto los desechos/descargas de aguas residuales se las realiza directo a los ríos, lagos y mares. Con los años ha sido un problema que no se ha podido solucionar en su totalidad. Es por ello que organizaciones como el Ministerio del Ambiente, MAE, busca incrementar los operativos de control, con el fin de verificar que, en proyectos y obras se cumpla con los permisos ambientales correspondientes, garantizando la presentación de planes que ayuden a remediar las afectaciones, rigiéndose a límites y normativas para una correcta descarga de las aguas residuales. [1]

El acceso al agua y a un saneamiento según la Organización Mundial de la Salud (OMS) es fundamental para un desarrollo sostenible de las sociedades; a nivel mundial aun existente millones de personas que viven sin tener acceso a los servicios básicos de saneamiento, y producto de esto, están expuestos a patógenos dañinos, a una mala calidad del agua, que expone a la producción agrícola y ganadera que alimenta a todos. El problema sigue creciendo con la urbanización, los cambios climáticos, las desigualdades y conflictos. [2]

En el Ecuador en base a datos del INEC, muestra que existe una alta cobertura de los servicios básicos, pero no suficiente información sobre la calidad y condiciones en que se encuentran los mismo. Por ellos desde el año 2016 han levantado y validado esa información para un futuro rediseño, planificación y procesamiento de estrategias. Se conoce que a nivel nacional un 85.9% de las personas disponen de un saneamiento

básico (alcantarillado, excusado pozo séptico/pozo ciego, letrina con losa) en un análisis más profundo se ve que el manejo de las aguas servidas tiene efectos negativos en la salud, en zonas urbanas la mayor contaminación se da en afluentes de agua, que son los sitios en donde existe desfogue de aguas servidas sin algún control antes, los impactos de estas descargas no se dan mayormente en la ciudad sino en las comunidades aledañas. [3]

El control de las descargas de los residuos líquidos en zonas rurales, cantones, sectores pequeños aledaños a las grandes ciudades son los que suelen tener un menor control en cuanto a las descargas de aguas, muchas veces no solo por la falta de los servicios, sino por la falta de instrucción de funcionamiento de las estructuras ya existentes. En el Cantón Quero se conoce que existen varias plantas de tratamiento para las distintas parroquias, muchas de ellas ya llegando a cumplir con su vida útil y otras sin trabajar por falta de conocimientos. Es por ello que consta en su ordenanza, se ha redactado un acuerdo para un trabajo conjunto, tomando los valores de descarga del TULSMA, y que mediante la Dirección de Desarrollo Social y la Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado se encargan de extender o no la autorización del vertido de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado o a los cuerpos receptores de agua dulce. Con esta primicia se ve la factibilidad de una evaluación de las PTAR del cantón para su aprovechamiento. [4]

El agua dulce entonces viene a formar un elemento indispensable que se debe preservar y cuidar, ya que de ella depende la supervivencia humana y el desarrollo de una vida digna, por ello es importante que exista un plan para poder tener un control y evaluación de las plantas de tratamiento que garanticen un funcionamiento óptimo.

### **1.1.2 Justificación**

El agua como líquido vital para la vida de las especies, a lo largo de la historia ha tenido usos desmesurados que ha traído problemáticas sociales, pobreza y desigualdad en cuanto a derechos humanos.

La parroquia Rumipamba corresponde a la cabecera parroquial del Cantón Quero, con una población actual de 2.973 habitantes, que representa al 15,5% del total de habitantes del cantón Quero; esta parroquia se encuentra relativamente sobre poblada, duplicando los habitantes de su vecina Yanayacu. Este excesivo crecimiento poblacional puede generar conflictos sobre el suelo a largo plazo, problemas ecológicos y así también económicas y sociales. [5]

Si hablando de un sistema de cobertura de agua potable y saneamiento en términos generales; en Ecuador aumentó considerablemente tras los últimos años, sin embargo, si nos enfocamos en la parroquia de Rumipamba; el sector se caracteriza por tener bajos niveles de cobertura. El sistema de distribución de agua para consumo humano es administrado por la Junta Administradora, y mediante la red pública, pero la mayor parte de viviendas poseen el agua directo del río, las vertientes o acequias.

El alcantarillado de la parroquia Rumipamba solamente atiende a una pequeña parte de la población (8.02% vivienda) mientras que el resto de la comunidad dispone únicamente de pozos sépticos, que se conectan directamente a un pozo ciego, por descarga directa al río, letrinas o simplemente no disponen de nada. Siendo este el problema más importante que tiene la parroquia. [6]

Las aguas residuales y su tratamiento son un tema de gran importancia, ya que el agua no es abundante en todas las partes del planeta y hoy en día debido al cambio desmedido de la temperatura ha provocado sequías y racionamiento de agua que han afectado a toda población en los últimos años. Por eso se requiere cuidar el agua e insistir en aplicar un correcto tratamiento de aguas para así contribuir con el cuidado de la misma. Al implementar este tratamiento, se obtendrá reducción del nivel de contaminación del cuerpo receptor, aumento de los niveles de oxígeno disuelto, de flora y fauna característica, disminución al municipio o municipios vecinos de los recursos invertidos para potabilización del agua de poblaciones ubicadas aguas abajo de los sitios de vertimiento, reducirá la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas,

mejorara la calidad de vida de los habitantes al igual que la imagen urbana y esto ayudara al desarrollo integral de la ciudad. Por ende, se decide a realizar una propuesta de diseño hidráulico de tratamiento de las aguas residuales en esta zona que beneficiara a futuras generaciones [7]

### **1.1.3 Fundamentación Teórica**

#### **1.1.3.1 Tipos de aguas residuales**

##### **1.1.3.1.1 Agua residual**

Este tipo de agua suele tener una composición variada, puede ser de procedencia doméstica, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, pudiendo ser pública o privada y por los mismos motivos haya sufrido de un desgaste en su calidad.

##### **1.1.3.1.2 Agua residual industrial**

Es aquella que resulta de del desecho de las operaciones o procesos químicos.



*Figura.1. Aguas residuales industriales*

*Fuente: <https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/>*

##### **1.1.3.1.3 Agua residual municipal**

Es una combinación de los desechos líquidos evacuados de residencias, locales públicos, educacionales y comerciales; los desechos líquidos de locales industriales y agua freática, superficial y de lluvia que entra al alcantarillado.

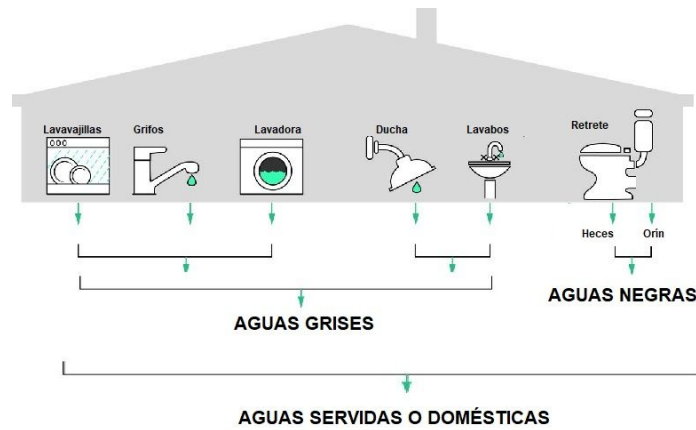


*Figura.2. Aguas residuales municipales*

*Fuente: [https://cidta.usal.es/cursos/calidad/modulos/curso/uni\\_07/u7c1s1.htm](https://cidta.usal.es/cursos/calidad/modulos/curso/uni_07/u7c1s1.htm)*

#### 1.1.3.1.4 Agua residual domestica

Este tipo de agua contienen la mezcla de los desechos líquidos de uso doméstico evacuados de las residencias, locales públicos, educacionales, comerciales e industriales.



*Figura.3. Aguas residuales domesticas*

*Fuente: <https://www.areaciencias.com/ecologia/aguas-residuales-servidas-grises/>*

#### 1.1.3.1.5 Agua subterránea

Es toda la cantidad de agua que se encuentra en el subsuelo, especialmente la que se encuentra en la zona de saturación.



*Figura.4. Aguas subterranas*

*Fuente: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380726\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380726_spa)*



### **1.1.3.1.6 Agua superficial**

Es la masa o cuerpo de agua que se encuentra sobre la superficie terrestre.



*Figura.5. Aguas subterráneas*

*Fuente: <https://mariacvg.wordpress.com/2011/03/17/aguas-superficiales/>*

### **1.1.3.2 Cargas**

#### **1.1.3.2.1 Carga contaminante**

Cantidad de contaminantes que están agregados a la descarga de agua residuales, o presentes en un cuerpo receptor expresada en unidades de masa de tiempo.

#### **1.1.3.2.2 Carga promedio**

Es el producto de la concentración de un parámetro (en kg/m<sup>3</sup>) de una muestra, por el volumen descargado (en m<sup>3</sup>). Para descargas continuas las muestras compuestas son formadas durante un día y para descargas discontinuas durante el periodo de descarga en un día.

#### **1.1.3.2.3 Carga máxima permisible**

Es el límite de carga de un parámetro que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado. [8]

### **1.1.3.3 Caracterización del agua residuales**

Es un proceso que se destina a conocer integral y estadísticamente las características de las aguas residuales ya sean domesticas e industriales, está integrado por la toma de muestras, la medición de caudales y la identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos. Los suministros de agua se clasifican en tres categorías: aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas meteorológicas

### 1.1.3.3.1 Caracterización del desechos domésticos o industriales

Proceso que se caracteriza por la toma de muestras, mediciones de caudales y la identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos. Los datos de caracterización por lo general corresponden a las mediciones de campo y determinaciones de laboratorio que resultan en concentraciones de contaminantes, masas por unidad de tiempo y masas por unidad de producto.

### 1.1.3.4 Contaminación del agua



*Figura.6. Contaminacion del agua*

*Fuente: <https://alejandria.academy/cursos-de-ciencias/educacion-ambiental/contaminacion-del-agua/>*

Se considera contaminación del agua a cualquier alteración de las características físicas, químicas o biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado o que causen algún efecto adverso al ecosistema acuático, seres humanos o al ambiente en general.

Un plan maestro de control de la contaminación de cuerpos de agua está comprendido por todas las acciones: campañas de monitoreo de cuerpos en el agua, inventarios y caracterización de las descargas domésticas e industriales, diagnósticos, modelaciones de la calidad, estudios de las alternativas de intercepción y tratamiento de las aguas residuales, análisis técnicos y económicos de las alternativas, selección de alternativas más beneficiosa, estudios de tratabilidad, diseño preliminares, estudio del impacto ambiental, diseños definitivos, implementación de obras de control y acciones de monitoreo y vigilancia. [9]

### **1.1.3.5 Planta de tratamiento de aguas residuales**

El funcionamiento de esta en su forma más simple, consiste en evacuar sólidos, reduciendo la materia orgánica y los contaminantes, permitiendo restaurar la presencia de oxígeno. Los sólidos pueden ser desde trapos, maderas, arenas hasta partículas pequeñas que se encuentran en las aguas residuales. La reducción de la materia orgánica y de los contaminantes es llevada a cabo usando bacterias útiles y otros microorganismos que se usan para consumir la materia orgánica en el agua residual. Las bacterias y los microorganismos son luego separados del agua, la restauración del oxígeno es muy importante ya que el agua debe tener la cantidad suficiente de oxígeno para sostener vida.

#### **1.1.3.5.1 Tratamiento Primario**

Formado por los llamados desagües sanitarios o separados que llevan las aguas residuales desde los domicilios a la planta de tratamiento: otros drenajes combinados llevan el agua lluvia de los drenajes pluviales. Su principal objetivo es eliminar los sólidos en suspensión o sedimentables.

#### **1.1.3.5.2 Tipo de Tratamientos primarios**

##### **1.1.3.5.2.1 Decantación primaria**

Eliminación de mayor parte de sólidos sedimentables, con acción de la gravedad. La extracción de estos sólidos es importante, caso contrario se produce una alta demanda de oxígeno en las otras etapas del tratamiento.

##### **1.1.3.5.2.2 Filtración**

Proceso mediante el cual el agua pasa a través de un filtro o medio filtrante, con el objeto de retener la mayor cantidad de material en suspensión, como medio poroso lo más usado son los lechos de arena, de altura variable, colocados en distintas capas de diferentes tamaños de partícula, el superior es el más pequeño (0.15-0.3 mm).

##### **1.1.3.5.2.3 Flotación**

Proceso físico en el cual se genera pequeñas burbujas de gas (aire), que al unirse con las partículas presentes en el agua se elevan a la superficie, donde serán arrastradas y sacadas del sistema, es útil con densidades inferiores o muy cercanas a la del agua.

#### **1.1.3.5.3 Tratamientos fisicoquímicos o Coagulación - Flocculación**

Tratamientos realizados con la adición de reactivos químicos, donde se busca reducir los sólidos en suspensión. Tratamiento usado cuando existe vertidos industriales.

#### **1.1.3.5.4 Tratamiento secundario**

Su finalidad es eliminar las partículas coloidales del agua residual con procesos biológicos e incluso químicos; el proceso inicia con la entrada de del agua residual al filtro biológico, donde están los lodos activados con una alta carga microbiana, lo que degrada la materia orgánica de forma aerobia y anaerobia, en este punto la materia orgánica se transforma en sólidos suspendidos, el agua continuara a un decantador o sedimentador donde la materia orgánica degrada y estabilizada caerá por acción de la gravedad lo que clarificara el agua para su posterior desinfección o descarga.

#### **1.1.3.5.5 Procesos Biológicos**

##### **1.1.3.5.5.1 Procesos Aerobios**

En este proceso el oxígeno libre es el único aceptor final de electrones, el oxígeno se reduce y el carbono se oxida, igual que la materia orgánica o inorgánica. En este tratamiento las bacterias son muy importantes al ser excelentes oxidantes de materia orgánica, crecen en gran cantidad en las aguas residuales y forman una capa flocculante gelatinosa.

##### **1.1.3.5.5.2 Procesos Anaeróbicos**

También conocido como fermentación según Pasteur como la vida sin aire. Es la descomposición y oxidación de los compuestos orgánicos en ausencia de oxígeno; es un proceso menos eficiente que el aerobio en cuanto a la producción de energía.

#### **1.1.3.5.6 Tratamiento Terciario**

En esta etapa se realizan los procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos (fosforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc.), es un tipo de tratamiento mucho más costoso que los anteriores y es usado en casos más especiales como para la purificación de desechos de industrias.

Como otra alternativa para el tratamiento terciario se agrega uno o más tanques en serie a una planta de tratamiento convencional, ya que al agregar estos tanques de

‘‘depuración’’ es una manera apropiada de mejorar una planta establecida de tratamiento de aguas residuales, de tal manera que se pueda emplear los efluentes para el riego de cultivos o zonas verdes y en la acuicultura.

#### **1.1.3.5.7 Desinfección**

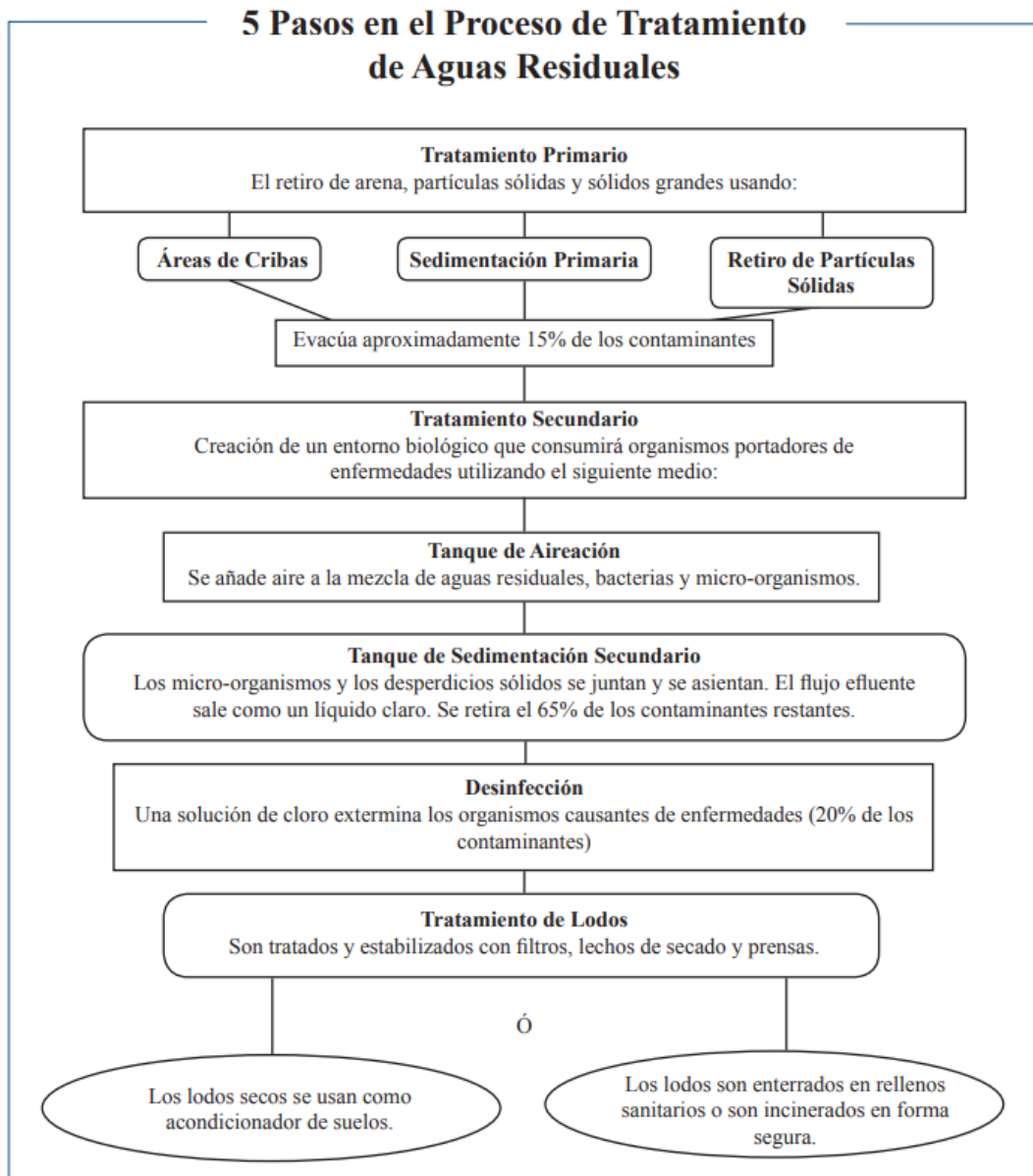
La última parte del proceso es la adición de un desinfectante como el cloro. Este se agrega usualmente al agua residual antes de que salga de la planta de tratamiento. El desinfectante mata los organismos causantes de enfermedades en el agua.

#### **1.1.3.5.8 Tratamiento de Lodos**

Los lodos pueden ser tratados o separados para quitarles el agua y luego seguir siendo procesados por estabilización. En este proceso, se permite que el lodo crudo se descomponga en los tanques de asimilación. Se usan unos químicos especiales para la estabilización. El lodo estabilizado no tiene olor y está libre de organismos causantes de enfermedades.

En el proceso de desaguar el lodo se evacua la mayoría del agua de la mezcla de lodos. Se usan filtros, lechos de secado y varios tipos de prensa; para que finalmente el lodo seco (PASTEL/CAKE) esté listo para ser usado, ya sea como acondicionador de suelos, producción de gas metano, y en caso no ser usado con seguridad puede ser quemado en los rellenos sanitarios aprobados o que tengan la tecnología necesaria para prevenir la contaminación ambiental. [10]

Tabla 1.. Pasos/proceso de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Tratamiento de aguas residuales [10]

### 1.1.3.6 Parámetros de Caracterización

#### 1.1.3.6.1 Parámetros Físico

##### 1.1.3.6.1.1 Oxígeno disuelto

El oxígeno es muy importante en las reacciones de oxidación y reducción, así como en la actividad macro y microbiológica, este parámetro indica la capacidad que tiene un cuerpo para mantener la vida acuática. Es un factor que va a determinar las reacciones aerobias o anaerobias en un medio particular, cuantifica la DBO y las tasas

de aireación en el tratamiento de aguas residuales. El indicador que mide la contaminación por desechos o residuos orgánicos es la cantidad de oxígeno disuelto o DBO5. [11]

#### **1.1.3.6.1.2 Potencial de hidrogeno (pH)**

El valor del potencial de hidrogeno dependerá de la actividad del ion hidrogeno a cierta temperatura; por lo general el agua con valores inferiores a 7 son alcalinos e inferiores son acidas. El pH ayuda a determinar la especiación química y solubilidad de las sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua. [12]

#### **1.1.3.6.1.3 Temperatura**

Es una medida de calor (°C) la medición se la realiza con termómetro de mercurio o digital, este parámetro permite la interpretación del oxígeno disuelto presente, la actividad biológica y la saturación de carbono.

#### **1.1.3.6.1.4 Turbidez**

Es una propiedad óptica que tiene el agua y guarda una relación directa con el material que este en suspensión (desde coloidales hasta partículas gruesas). Con este parámetro se mide la cantidad de luz absorbida o dispersada por la materia suspendida (sedimentar o coloidal), se da en el agua como resultado del uso de detergentes, jabones o emulsificadores, así como de las arcillas o materia orgánica.

La turbidez del agua se utiliza para determinar el grado de tratamiento requerido, la capacidad de filtración. [13]

#### **1.1.3.6.1.5 Solidos en el agua residual**

Son todos los residuos que quedan después de haber expuesto al agua residual que a ciertas temperaturas se evapora.

#### **1.1.3.6.1.6 Solidos totales**

Representa la cantidad de material (masa) disuelto y no disuelto en el agua, se lo realiza en una capsula por diferencia de peso y evaporaciones a temperaturas de 103-105 °C.

#### **1.1.3.6.1.7 Solidos Sedimentables**

Son aquellos que tienen la capacidad de sedimentarse en el transcurso de una hora, expresados en ml/L, estos solidos permiten conocer una estimación de los fangos que se obtendrá con el tratamiento primario de las aguas residuales.

#### **1.1.3.6.1.8 Sólidos Suspendidos**

Son todos los residuos no filtrables o el material que no se ha podido disolver, son de naturaleza orgánica como los desechos humanos, sobras de alimentos, papeles y células biológicas que en conjunto forman una masa que no puede precipitarse o filtrar por simple gravedad.

#### **1.1.3.6.1.9 Sólidos Volátiles y no Volátiles**

Estos representan la materia orgánica e inorgánica, la materia orgánica sometida a 550 °C forman los compuestos orgánicos volátiles (COV's), para su cuantificación se realiza una diferencia de peso con respecto al material inorgánico que se mantuvo sin volatilizar. [14]

#### **1.1.3.6.2 Parámetros Físico-químicos**

##### **1.1.3.6.2.1 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)**

Es la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para degradar la materia orgánica susceptible de descomposición de una muestra líquida en condiciones aerobias (presencia de oxígeno). Para determinar este parámetro se utiliza el DBO5 que tiene periodos de incubación de 5 días, proceso que se lleva a cabo en la oscuridad para evitar la acción de los productores primarios, ya que en presencia de la fotosíntesis se generaría oxígeno que alteraría los resultados. [15]

##### **1.1.3.6.2.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante la oxidación química, la determinación del DQO es una medida orgánica presente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (dicromato de solución ácida) este ensayo de BQO es mucho más rápido que el de DBO. [16]

##### **1.1.3.6.2.3 Nitrógeno total**

La eliminación de los nitrógenos se pueda dar por métodos físico químicos y biológicos, donde el costo del método biológico es mucho menos que el otro; y elimina los compuestos nitrogenados del agua por medio de la conversión a nitrógeno gaseoso inofensivo.



#### 1.1.3.6.2.4 Coliformes

Para propósito de análisis existen los coliformes fecales y coliformes totales, siempre que exista la presencia de estos es un indicador de que el agua está contaminada con aguas negras u otro tipo de desecho en descomposición.

##### 1.1.3.6.2.4.1 Coliformes Totales

Son bacterias en forma de bacilos, cuando se realiza cultivos mediante la técnica de filtración por membrana, las colonias que se desarrollan son rosadas rojas con brillo verde metálico en 24h de incubación.

##### 1.1.3.6.2.4.2 Coliformes Fecales

Son microorganismos que se encuentran principalmente en el agua residual de origen humano, y su presencia indica contaminación fecal que llega a afectar la salud ya que es capaz de entrar en plantas y permanecer viables, en la realización del cultivo por el método de la membrana las colonias dan una coloración azul y violeta [17]

#### 1.1.3.7 Calidad del agua

Este parámetro es determinado dependiendo del uso que se le dará, de tal manera que cuando se cumple con todos los criterios físicos-químicos y biológicos se va a considerar apta; su definición es relativa.

Los límites permisibles para descargas de aguas residuales en el Ecuador se describen en el TULSMA, dentro del acuerdo ministerial 097-A, donde se encuentran varias directrices que se debe cumplir previo a las descargas en los efluentes tanto para las descargas en sistemas de alcantarillado, como para la descarga en cuerpos de agua dulce y salada. Se ve la necesidad de evaluar todos y cada uno de los atributos ya mencionados, así como las condiciones en las que se encuentran las aguas residuales para realizar el diseño y dimensionamiento de la PTAR.

*Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce*

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MAX. PERMISIBLE
ACEITES Y GRASAS	Sust. solubles en hexano	mg/l	30
ALKIL MERCURIO		mg/l	no detectable
ALUMINIO	Al	mg/l	5
ARSENICO TOTAL	As	mg/l	0.1

<b>BARIO</b>	Ba	mg/l	2
<b>BORO TOTAL</b>	B	mg/l	2
<b>CADMIO</b>	Cd	mg/l	0.02
<b>CIANURO TOTAL</b>	CN <sup>-</sup>	mg/l	0.1
<b>CINC</b>	Zn	mg/l	5
<b>COLORO ACTIVO</b>	Cl	mg/l	0.5
<b>CLOROFORMO</b>	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
<b>CLORUROS</b>	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1000
<b>COBRE</b>	Cu	mg/l	1
<b>COBALTO</b>	Co	mg/l	0.5
<b>COLIFORMES FECALES</b>	NMP	NMP/100 ml	2000
<b>COLOR REAL</b>	Color real	unidades de color	inapreciable en dilución: 1/20
<b>COMPUESTOS FENOLICOS</b>	Fenol	mg/l	0.2
<b>CROMO HEXAVALENTE</b>	Cr+6	mg/l	0.5
<b>DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENI (DBO5)</b>	DBO5	mg/l	100
<b>DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO</b>	DQO	mg/l	200
<b>ESTAÑO</b>	Sn	mg/l	5
<b>FLUORUROS</b>	F	mg/l	5
<b>FOSFORO TOTAL</b>	P	mg/l	10
<b>HIERRO TOTAL</b>	Fe	mg/l	10
<b>HIDROCARBUROS TOTALES DE PETROLEO</b>	TPH	mg/l	20
<b>MANGANESO TOTAL</b>	Mn	mg/l	2
<b>MATERIA FLOTANTE</b>	Visibles	mg/l	Ausencia
<b>MERCURIO (TOTAL)</b>	Hg	mg/l	0.005
<b>NIQUEL</b>	Ni	mg/l	2
<b>NITROGENO AMONIACAL</b>	N	mg/l	30
<b>NITROGENO TOTAL</b>	N	mg/l	50
<b>COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS</b>	Organoclorados totales	mg/l	0.05
<b>COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS</b>	Organofosforados totales	µg/l	0.1
<b>PLATA</b>	Ag	mg/l	0.1
<b>PLOMO</b>	Pb	mg/l	0.2
<b>POTENCIAL HIDROGENO</b>	pH		6 - 9
<b>SELENIO</b>	Se	mg/l	0.1
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>	SST	mg/l	130
<b>SOLIDOS TOTALES</b>	ST	mg/l	1600
<b>SULFATOS</b>	SO <sub>4</sub> -2	mg/l	1000
<b>SULFUROS</b>	S	mg/l	0.5
<b>TEMPERATURA</b>	°C		condición neutral ± 3
<b>TENSOACTIVOS</b>	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
<b>TETRACLORURO DE CARBONO</b>	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente:TULSMA 215 [18]

### 1.1.3.8 Porcentajes de remoción teórica por procesos

La eficiencia con la que está funcionando la planta de tratamiento de agua residual se mide en base a todos los parámetros que se obtiene del agua residual de ingreso, a los porcentajes de remoción y a los distintos procesos que estén involucrados en la PTAR.

*Tabla 3. Remoción de contaminantes del agua residual tratada por procesos unitarios*

Unidades de tratamiento	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	BDO	DQO	SS	p <sup>b</sup>	N – Org <sup>c</sup>	NH <sub>3</sub> -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
<b>Fangos activados</b>						
<b>(Proceso convencional)</b>	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
<b>Filtros precoladores</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 (RBCs)</b>	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
<b>Cloración</b>	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

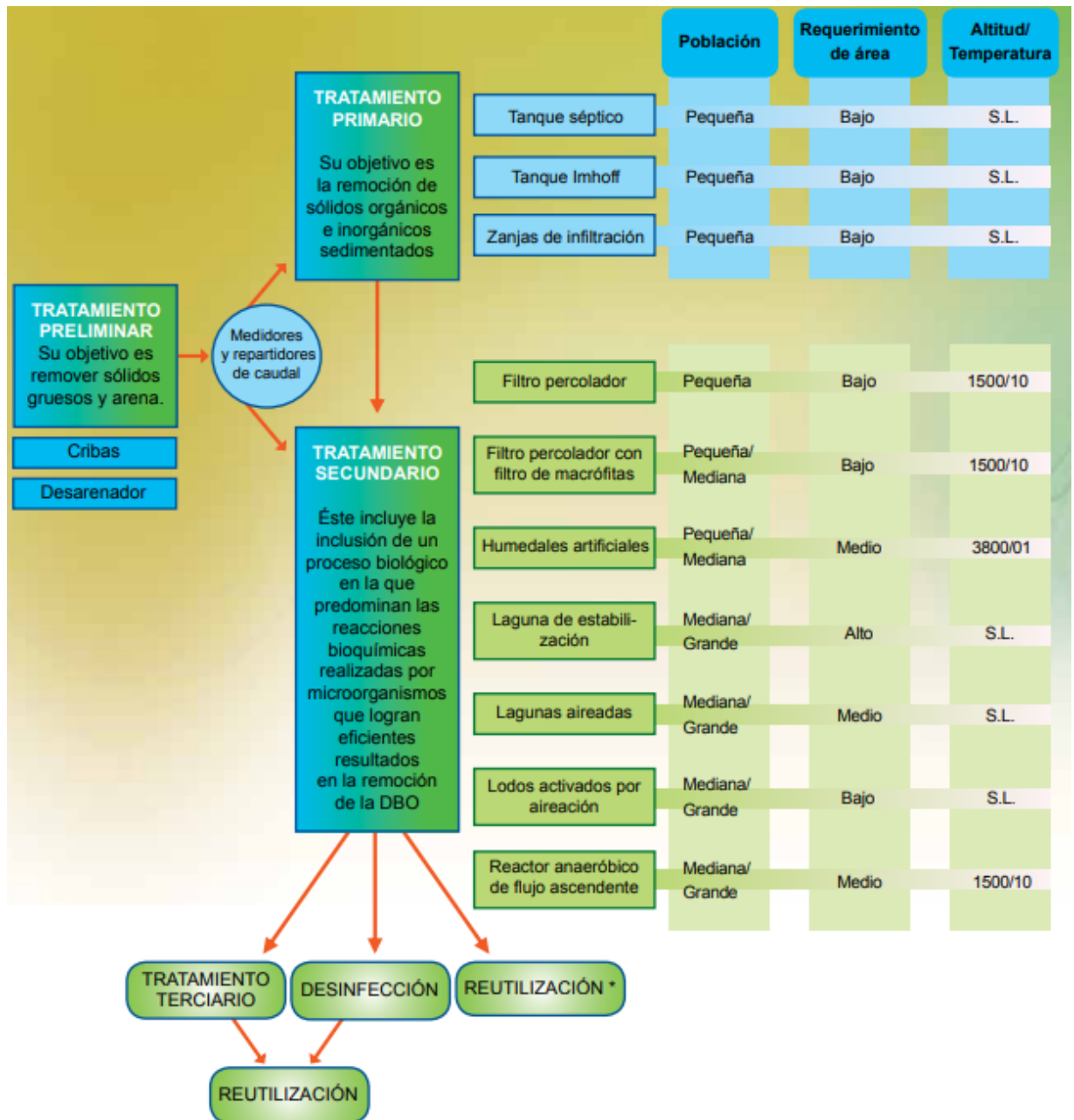
*Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales [19]*

### 1.1.3.9 Selección del sistema de tratamiento de aguas residuales

Antes de implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales es importante identificar:

- La calidad del agua, para disponerla en un cuerpo receptor o con fines de reusarla.
- Reutilizar las aguas tratadas, para obtener mayores beneficios sociales (salud pública), ambientales y económicos.
- Tener en cuenta la necesidad de operación y mantenimiento que se requiere para la evaluación y monitoreo del sistema en los costos de inversión iniciales.
- Recopilación de información básica necesaria para elaborar el estudio.
- Socializar y planificar el proyecto con la población, logrando compromisos de la organización con la sociedad.
- Conocer la normativa legal y técnica sobre las PTAR.
- Capacitar personal para un correcto mantenimiento y operación de la planta.

[20]



*Figura.7. Tecnologías empleadas en Tratamiento de Aguas Residuales*  
Fuente: <file:///C:/Users/VILLACIS%20INGENIER%C3%8DA/Downloads/153.pdf> [20]

## 1.1.4 Hipótesis

### 1.1.4.1 Hipótesis de Trabajo

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales perteneciente a la Comunidad de Rumipamba, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua no está trabajando de manera óptima en su estado actual.

#### **1.1.4.2 Hipótesis nula**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales perteneciente a la Comunidad de Rumipamba, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua está trabajando de manera óptima en su estado actual.

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Rumipamba, parroquia Rumipamba, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento de información demográfica del sector y de los parámetros técnicos de la planta de tratamiento.
- Analizar la calidad de las agua influente y efluente de la planta de tratamiento.
- Evaluar el proceso de depuración de la planta con base en la normativa vigente TULSMA 2015.
- Proponer un rediseño para el mejoramiento de la obra civil en estudio

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### 1.3 Materiales y Equipos

*Tabla 4. Materiales*

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Botellas de vidrio ámbar	2	u
Cooler	1	u
Normativas (TULSMA), libros	1	u
Material de oficina (papel, lápices, esferos, calculadora, cuaderno)	1 c/u	u
Guantes	1	par

*Fuente: El autor Andrea Villacís*

*Tabla 5. Equipos*

EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD
Estación total	1	u
dron	1	u
GPS	1	u
Flexómetro	1	u
equipos de oficina (computadora, software, impresora, scanner)	1 c/u	u
Celular, cámara	1	u
carro	1	u

*Fuente: El autor Andrea Villacís*

#### 1.4 Metodología

En el presente trabajo experimental se ha realiza una evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Rumipamba perteneciente al Cantón Quero de la provincia de Tungurahua, mediante de las siguientes fases:

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

En esta primera fase se realiza una recopilación de información sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad de Rumipamba, datos

constructivos, dimensiones de la PTAR, reconocimiento del sitio (ubicación) y con ello la actividad socio económica del sector.

## **Fase 2: Investigación de campo**

En esta fase se realiza la medición de los caudales tanto de ingreso como de salida de la PTAR, durante los 7 días de la semana desde las 6:00 hasta las 18:00 para con ello determinar las horas pico donde exista la mayor y menor cantidad de agua, además de conocer el dato de caudal máximo necesario para comprobar el funcionamiento de la planta.

## **Fase 3: Investigación de laboratorio**

En esta fase se procede a la toma de muestras de agua residual tanto de ingreso como de salida de la PTAR, la posteriormente hacer un análisis de calidad de agua en un laboratorio especializado, conociendo así parámetros como: aceites y grasas, fósforo total, DBO5, DQO, nitrógeno total, pH, sólidos suspendidos, detergentes, sólidos totales, coliformes fecales, oxígeno disuelto, níquel, arsénico.

## **Fase 4: Análisis y verificación del funcionamiento**

Con los datos e información obtenida se realiza una comparación con la normativa vigente actualmente para descargas a un cuerpo de agua dulce (TULSMA), donde también se realiza un diagnóstico de las construcciones hidráulicas que son parte de la PTAR de la comunidad de Rumipamba.

### **1.4.1 Plan de recolección de datos**

#### **1.4.1.1 FASE 1: Revisión bibliográfica**

El cantón Quero, ubicado al Sur Oeste de la Provincia de Tungurahua, colindando con los cantones de Cevallos al norte, Mocha al oeste, Pelileo al este y a las Provincia de Chimborazo por el sur. Y se encuentra a unos 20 km de la ciudad de Ambato.

El cantón cuenta con una extensión territorial de 179 km<sup>2</sup>, de los cuales 123 hectáreas son zonas urbanas y los 45 km<sup>2</sup> son de la parroquia Yanayacu y 35 km<sup>2</sup> de la Parroquia Rumipamba. [21]



**Figura 8..** División política Cantón Quero  
**Fuente:** <https://quero.gob.ec/index.php/municipalidades/division-politica> [21]

La Parroquia Rumipamba perteneciente al cantón Quero, limita al norte con la quebrada Pilco y río Mocha, al este con la acequia Mocha-Quero-Pelileo y al sur y oeste con la quebrada de Sabañag. Con una extensión de 35.18 km<sup>2</sup> donde alberga a una población de 2973 habitantes según el censo de población y vivienda del 2010 (INEC), representando entonces a un 15.5% de la población del Cantón Quero.

La principal fuente de economía de la comunidad está en la agricultura, pues poseen un buen suelo que permite la producción principalmente de papas y cebollas. Y la ganadería que aporta una economía sustentable a las familias.



**Figura 9..** escudo parroquial de Rumipamba  
**Fuente:** <https://quero.gob.ec/index.php/municipalidades/division-politica>



En cuanto a servicios básicos, según la junta de agua potable de Quero, la población de Rumipamba está dotada del servicio de agua potable en su totalidad, gracias a las vertientes cercanas que garantizan el abasto, sin embargo, esta no tiene ningún tipo de tratamiento lo que pone en riesgo la salud.

El alcantarillado se la comunidad es pobre, alcanza una cobertura de 8.02% total, el 24.65% con pozos sépticos, el 55.47% a pozos ciegos, el 0.12% tienen descarga directa al río, un 1.74% tiene letrinas y un 10% no dispone de ninguna alternativa. [22]

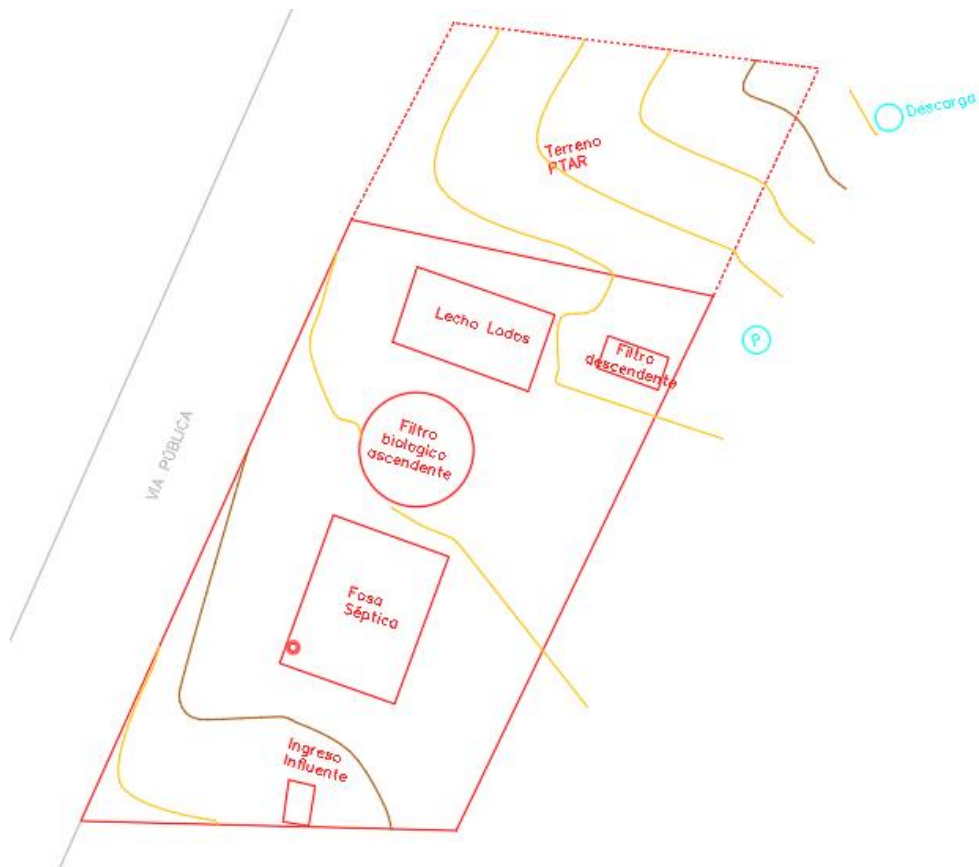
La PTAR de la comunidad de Rumipamba se encuentra ubicada cerca del UPC, y se encuentra actualmente en funcionamiento, la construcción de esta estuvo a cargo de Consejo Provincial de Tungurahua bajo un convenio entre el GAD Municipalidad de Santiago de Quero con la ESPE.

La PTAR de la Comunidad de Rumipamba cuenta con los siguientes procesos para el tratamiento de sus aguas:

Un repartidor o tanque repartidor, tanque séptico, un filtro biológico ascendente, lecho de secado de lodos y un filtro descendente.



*Figura 10.. PTAR Comunidad Rumipamba-vista aérea  
Fuente: Andrea Villacis – Ing. Lenin Silva*



*Figura 11.. PTAR Comunidad Rumipamba  
Fuente: Andrea Villacis – Ing. Lenin Silva*

## **1.4.1.2 FASE 2: Levantamiento de campo**

### **1.4.1.2.1 Medición de caudales**

Para la medición de caudales de agua residual de ingreso como de salida de la Planta de Tratamiento de la Comunidad de Rumipamba se empleó el método volumétrico, el cual consiste en llenar un recipiente graduado de agua y cronometrar el tiempo que se demora en llenar, este procedimiento se llevó a cabo de tres semanas (por motivos de feriado y verificación) de lunes a domingo, en rangos de una hora, de 6:00 a 18:00.



**Figura 12.. Cierre de baypass para toma de caudales de entrada**  
**Fuente: El autor Andrea Villacis**



**Figura 13. Toma de caudales de salida de la PTAR**  
**Fuente: El autor Andrea Villacis**

### 1.4.1.3 FASE 3: Investigación de laboratorio

El muestreo de las aguas residuales de la PTAR de Rumipamba se realizó el día 20 de abril del 2022 en base a la Normativa del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

- NTE INEN 2 176:98 Agua, calidad, muestreo, técnicas de muestreo. En donde se presenta las técnicas correo para realiza el muestreo y todos los materiales a usar.
- NTE INEN 2 169:98 Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras. Guía que presenta los cuidados al momento de la conservación y transporte de las muestras de agua.

Para el presente trabajo se tomaron dos muestras en botellas de ámbar, previamente etiquetas tanto para el caudal de entrada como para el de salida como se muestra en la Figura 17 y Figura 18.



*Figura 14. Toma de muestra del caudal de entrada de la PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*



*Figura 15. Toma de muestra del caudal de salida de la PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*

Conociendo todos los parámetros a ser analizados y sugeridos por el tutor, las muestras son llevadas a los predios de la UNACH, a los laboratorios de servicios ambientales acreditados (No. SAE LEN 17-012) a realizar todos estos ensayos físicos químicos necesarios, USANDO MÉTODOS Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23° EDICIÓN Y métodos adaptados del ESTÁNDAR METHODS 23° EDICIÓN. Los resultados obtenidos del estudio se muestran en la Tabla 9. y Tabla 10.

**Tabla 6.** Resultados del analisis de laboratorio de la muestra de agua que ingresa a la PTAR Rumipamba.

PARÁMETRO S	UNIDADE S	MÉTODO/PROCEDIMIEN TO	RESULTAD O	U(K=2 )	FECHA DE ANÁLISI S
Aceites y grasas	mg/L	EPA 418,1	110.86	N/A	20/04/2022
* Fósforo Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	10.5	N/A	20/04/2022
* DBO5	Mg O2/L	STANDARD METHODS 5210 - B	106	N/A	20/04/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	221	N/A	20/04/2022
* Nitrógeno Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	74.8	N/A	20/04/2022
pH	-	PE-LSA-01	8.17	+/- 0.08	20/04/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	151	N/A	20/04/2022
* Detergentes	mg/L	STANDARD METHODS 5540 - C	2.52	N/A	20/04/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B	630	N/A	20/04/2022

Fuente: UNACH Laboratorio de Servicios Ambientales

**Tabla 10.** Resultados del analisis de laboratorio de la muestra de agua que sale de la PTAR Rumipamba.

PARÁMETRO S	UNIDADE S	MÉTODO/PROCEDIMIEN TO	RESULTAD O	U(K=2 )	FECHA DE ANÁLISI S
Aceites y grasas	mg/L	EPA 418,1	46.86	N/A	20/04/2022
* Fósforo Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	6.5	N/A	20/04/2022
* DBO5	Mg O2/L	STANDARD METHODS 5210 - B	21	N/A	20/04/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	44	N/A	20/04/2022
* Nitrógeno Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	25.3	N/A	20/04/2022
pH	-	PE-LSA-01	7.8	+/- 0.08	20/04/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	70	N/A	20/04/2022
* Detergentes	mg/L	STANDARD METHODS 5540 - C	1.12	N/A	20/04/2022
* Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221- B	< 0,1	N/A	20/04/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B	368	N/A	20/04/2022
* Oxígeno Disuelto	mg/L	STANDARD METHODS 4500- O-G MOD	5.68	N/A	20/04/2022
* Sólidos Sedimentables	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - F	< 0,1	N/A	20/04/2022
* Níquel	mg/L	STANDARD METHODS 3500 Ni - 3111B	0.09	N/A	20/04/2022
* Arsénico	mg/L		< 0,1	N/A	20/04/2022

*Fuente: UNACH Laboratorio de Servicios Ambientales*

#### **1.4.1.4 FASE IV: Análisis y comprobación del funcionamiento de la PTAR**

La PTAR de la Comunidad de Rumipamba actualmente se encuentra algo deteriorada, debido al tiempo de construcción y uso. El inadecuado mantenimiento de algunos procesos como es el caso del filtro biológico ascendente y descendente se ve un poco de vegetación.

Esta planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con algunos procesos para su funcionamiento, entre los cuales como observamos en la Figura 19 son: tanque repartidor, una fosa a tanque séptico, filtro biológico ascendente, lechos de secado de lodos y un pequeño filtro descendente



*Figura 16. Estado actual de la PTAR Rumipamba y su funcionamiento*  
*Fuente: El autor Andrea Villacis – Ing. Lenin Silva*

#### 1.4.1.4.1 Tanque repartidor

Dentro del tanque repartidor se observó presencia de material sedimentable y la presencia de sacos con tierra para tapar el bypass existente al lado derecho del tanque repartidor. Se puede ver que parte del mal funcionamiento de la PTAR se da en el ingreso, ya que el BYPASS (Figura 20) debería ser utilizado únicamente cuando se vaya a realizar un mantenimiento de la misma, caso contrario las aguas servidas se descargarían directamente al pozo.





*Figura 17. Tanque repartidor PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*

#### **1.4.1.4.2 Tanque/fosa séptica**

El tanque séptico de la PTAR Rumipamba se encuentra actualmente en funcionamiento, con un deterioro en su estructura leve, mismo que está construido con dos fosas sépticas y cada una de ellas dividida en dos cámaras. Su estado se puede observar en la Figura 21.



*Figura 18. Fosa séptica PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*

#### 1.4.1.4.3 Filtro biológico ascendente y descendente

El filtro biológico ascendente como descendente se encuentran en funcionamiento, con un leve deterioro por el uso, en la superficie se nota la presencia de vegetación y sedimentos que en el interior y a futuro obstaculiza el recorrido normal de las aguas residuales.



*Figura 19. Filtro biológico ascendente/descendente PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*

#### 1.4.1.4.4 Lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos no está en funcionamiento permanente, como se ve en la Figura 23 hay un desgaste en paredes, pequeñas cantidades de vegetación consecuencia de la falta de mantenimiento.



*Figura 20. Lecho de secado de lodos PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*

## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **1.5 Análisis y discusión de los resultados obtenidos**

##### **1.5.1 Análisis de resultados de las muestras del agua residual**

El agua residual a tratar en la planta de tratamiento de la Comunidad de Rumipamba es de uso y origen doméstico. Es por esta razón que se realizó en muestreo en la planta de tratamiento de la siguiente forma:

- Se tomó una muestra puntual de agua residual al ingreso de la planta de tratamiento a las 13:00 h (mediana) del día 20 de abril del 2022, ya que en este horario existe un ingreso elevado de agua a la PTAR.
- Se tomó una muestra puntual de agua residual a la salida de la planta de tratamiento a las 13:00 h (mediana) del día 20 de abril del 2022, ya que en este horario existe un ingreso elevado de agua a la PTAR.

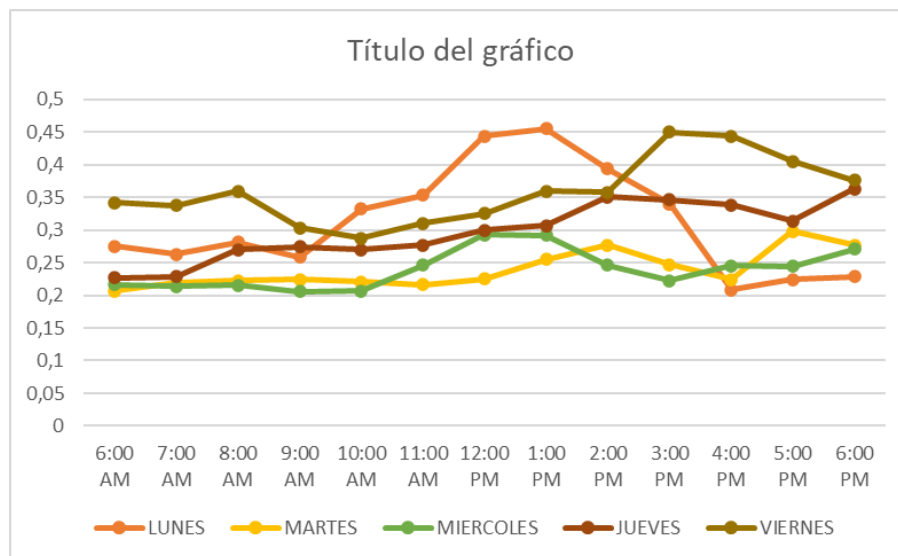
Todas y cada una de las muestras puntuales tomadas se las realizaron en base a la norma NTE INEN 2 176 (Técnicas de muestreo) y NTE INEN 2 169 (Manejo y conservación de muestras), para luego ser llevadas a los Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) y realizar los análisis físico químicos del agua residual cruda y tratada.

**Tabla 7. Caudales de entrada PTAR Rumipamba**

SEMANA DEL 21 AL 27 DE FEBRERO							
MEDIDA	Lt						
DIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)
6:00 AM	0,275	0,207	0,216	0,227	0,342		
7:00 AM	0,263	0,219	0,214	0,229	0,337	FERIADO	
8:00 AM	0,281	0,222	0,215	0,27	0,359	CARNAVAL	
9:00 AM	0,258	0,224	0,206	0,274	0,303		
10:00 AM	0,332	0,221	0,207	0,27	0,287		
11:00 AM	0,353	0,216	0,246	0,277	0,31		
12:00 PM	0,444	0,225	0,293	0,3	0,325		
1:00 PM	0,455	0,255	0,292	0,307	0,359		
2:00 PM	0,394	0,277	0,246	0,351	0,358		
3:00 PM	0,34	0,247	0,222	0,346	0,45		
4:00 PM	0,208	0,224	0,245	0,338	0,444		
5:00 PM	0,224	0,298	0,244	0,314	0,405		
6:00 PM	0,229	0,277	0,271	0,363	0,376		
MEDIA	0,312	0,23938	0,23976923	0,29738	0,3580769	0	0
MEDIANA	0,281	0,224	0,244	0,3	0,358	0	0

*Fuente: El autor Andrea Villacis*

Se puede observar que los caudales en el transcurso de los días relativamente se mantienen a excepción de los días jueves y viernes, donde hay un incremento de caudal en el horario 14:00 – 15:00, esto debido a que son horas donde los pobladores retornan a sus viviendas al almuerzo. Y el caudal más alto es del día viernes con un valor de 0.45 lt/s.



**Figura 21.. Comportamiento de los caudales de entrada PTAR Rumipamba**

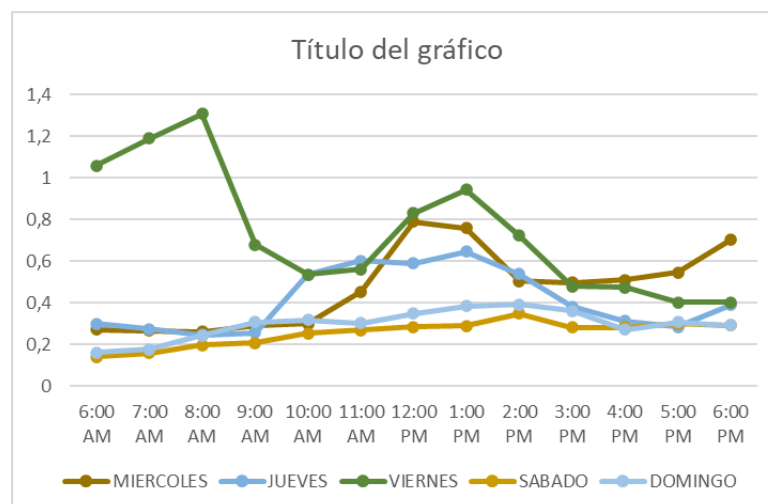
*Fuente: El autor Andrea Villacis*

**Tabla 8.** Caudales de entrada PTAR Rumipamba

SEMANA DEL 28 DE FEBRERO AL 06 DE MARZO							
MEDIDA	Lt						
DIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)
6:00 AM			0,273	0,3	1,059	0,142	0,163
7:00 AM	FERIADO		0,268	0,274	1,19	0,16	0,177
8:00 AM	CARNAVAL		0,263	0,247	1,309	0,197	0,244
9:00 AM			0,291	0,257	0,681	0,209	0,307
10:00 AM			0,3	0,536	0,536	0,254	0,318
11:00 AM			0,454	0,604	0,563	0,269	0,303
12:00 PM			0,791	0,59	0,831	0,284	0,349
1:00 PM			0,76	0,646	0,943	0,289	0,384
2:00 PM			0,506	0,54	0,723	0,349	0,392
3:00 PM			0,498	0,383	0,479	0,283	0,361
4:00 PM			0,511	0,314	0,475	0,282	0,271
5:00 PM			0,547	0,285	0,404	0,301	0,307
6:00 PM			0,704	0,389	0,403	0,293	0,293
MEDIA	0	0	0,47430769	0,41269	0,7381538	0,254769	0,2976154
MEDIANA	0	0	0,498	0,383	0,681	0,282	0,307

*Fuente:* El autor Andrea Villacis

Se puede observar que los caudales en el transcurso de los días relativamente se siguen manteniendo a excepción de los días jueves y viernes, donde hay un incremento de caudal en el horario de 7:00 – 8:00 y de 12:00 – 13:00, esto debido a que son horas donde los pobladores retornan a sus viviendas a comer. Y el caudal más alto es del día viernes con un valor de 1.309 lt/s.



**Figura 22..** Comportamiento de los caudales de entrada PTAR Rumipamba

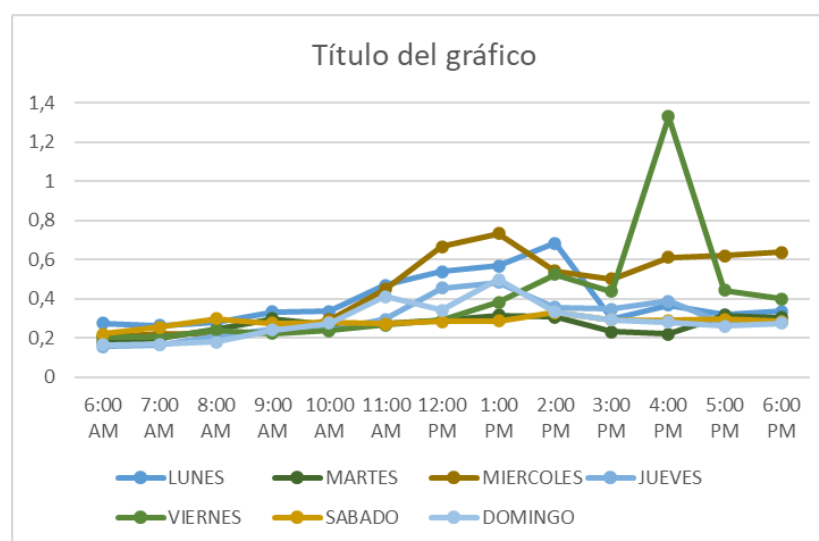
*Fuente:* El autor Andrea Villacis

**Tabla 9.** Caudales de entrada PTAR Rumipamba

SEMANA DEL 07 AL 13 DE MARZO							
MEDIDA	Lt						
DIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)	Q (Lt/s)
6:00 AM	0,275	0,177	0,207	0,158	0,203	0,221	0,165
7:00 AM	0,263	0,197	0,224	0,166	0,207	0,255	0,169
8:00 AM	0,281	0,245	0,221	0,211	0,242	0,298	0,18
9:00 AM	0,334	0,298	0,236	0,245	0,224	0,277	0,241
10:00 AM	0,337	0,268	0,292	0,24	0,239	0,281	0,277
11:00 AM	0,47	0,273	0,45	0,296	0,267	0,273	0,411
12:00 PM	0,54	0,289	0,668	0,455	0,291	0,285	0,344
1:00 PM	0,568	0,316	0,735	0,484	0,382	0,287	0,498
2:00 PM	0,685	0,308	0,542	0,358	0,524	0,331	0,334
3:00 PM	0,3	0,232	0,501	0,348	0,437	0,293	0,293
4:00 PM	0,37	0,222	0,611	0,388	1,33	0,29	0,282
5:00 PM	0,319	0,316	0,622	0,274	0,445	0,296	0,262
6:00 PM	0,338	0,306	0,638	0,286	0,4	0,284	0,275
MEDIA	0,3908	0,26515	0,45746154	0,30069	0,3993077	0,282385	0,287
MEDIANA	0,337	0,273	0,501	0,286	0,291	0,285	0,277

*Fuente: El autor Andrea Villacis*

Se puede observar que los caudales en el transcurso de los días relativamente se siguen manteniendo a excepción de los días miércoles y jueves, donde hay un incremento de caudal en el horario de 16:00 – 17:00, esto debido a que son horas donde los pobladores retornan a sus viviendas a comer. Y el caudal más alto es del día Viernes con un valor de 1.33 lt/s como se ve en el gráfico.



**Figura 23..** Comportamiento de los caudales de entrada PTAR Rumipamba

*Fuente: El autor Andrea Villacis*

### 1.5.2 Análisis comparativo de los resultados de la PTAR de Rumipamba con el TULSMA 2015

Una vez conocidos los resultados dados por el Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH, que hacen referencia a todos los análisis físico químicos del agua residual de ingreso y salida de la PTAR, se realiza una comparación con los límites permitidos para las descargas de agua residual en cuerpos de agua dulce del TULSMA 2015, como se puede observar en la Tabla 11.

*Tabla 10. Resultados del analisis de laboratorio de la muestra de agua que entra a la PTAR Rumipamba.*

PARAMETROS	UNIDAD	METODO/PROCEDIMIENTO	Q ENTRADA	LIMITES MAX-TULSMA	CUMPLE
<b>Fecha del analisis: 20/04/2022</b>					
Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	110,86	30	NO
Fosforo total	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 4500 P-E	10,5	10	NO
DBO5	mg O2/l	ESTÁNDAR METHODS 5210-B	106	100	NO
DQO	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 5220 - D	221	200	NO
Nitrogeno total	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 4500 N - B	74,8	50	NO
pH	-	PE - LSA - 01	8,17	6-9	SI
Solidos Suspendidos	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 2540 - D	151	130	NO
Detergentes	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 5540 - B	2,52	0,5	NO
Solidos Totales	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 2540 - B	630	1600	SI

*Fuente: El autor Andrea Villacis*



*Tabla 11. Resultados del analisis de laboratorio de la muestra de agua que sale de la PTAR Rumipamba.*

PARAMETROS	UNIDAD	METODO/PROCEDIMIENTO	Q SALIDA	LIMITES MAX-TULSMA	CUMPLE
<b>Fecha del analisis: 20/04/2022</b>					
Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	46,86	30	NO
Fosforo total	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 4500 P-E	6,5	10	SI
DBO5	mg O2/l	ESTÁNDAR METHODS 5210-B	21	100	SI
DQO	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 5220 - D	44	200	SI
Nitrogeno total	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 4500 N - B	25,3	50	SI
pH	-	PE - LSA - 01	7,8	6-9	SI
Solidos Suspendidos	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 2540 - D	70	130	SI
Detergentes	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 5540 - B	1,12	0,5	NO
Solidos Totales	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 2540 - B	368	1600	SI
Coliformes fecales	NMP/100ml	ESTÁNDAR METHODS 9221 - b	<1	2000	SI
Oxigeno disuelto	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 4500 - O - G MOD	5,68	>80	SI
Solidos sedimentables	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 2540 - F	<0,1	20	SI
Niquel	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 3500 Ni - 3111b	0,09	2	SI
Arsenico	mg/l	ESTÁNDAR METHODS 3500 As - 3111b	<0,03	0,1	SI

*Fuente: El autor Andrea Villacis*

La eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales se determina mediante una estimación teórica de remoción de contaminantes, donde el porcentaje de remoción de los parámetros físico químicos que se han analizado en el laboratorio.

Tabla 12. Remocion real de agente contaminantes en la muestra de la PTAR Rumipamba.

PARAMETROS	UNIDAD	Q ENTRADA	Q SALIDA	LIMITES MAX-TULSMA	% EFICIENCIA DE REMOCION
Aceites y grasas	mg/l	110,86	46,86	30	58%
Fosforo total	mg/l	10,5	6,5	10	38%
DBO5	mg O2/l	106	21	100	80%
DQO	mg/l	221	44	200	80%
Nitrogeno total	mg/l	74,8	25,3	50	66%
pH	-	8,17	7,8	6-9	5%
Solidos Suspendidos	mg/l	151	70	130	54%
Tensoactivos	mg/l	2,52	1,12	0,5	56%
Solidos Totales	mg/l	630	368	1600	42%

Fuente: El autor Andrea Villacis

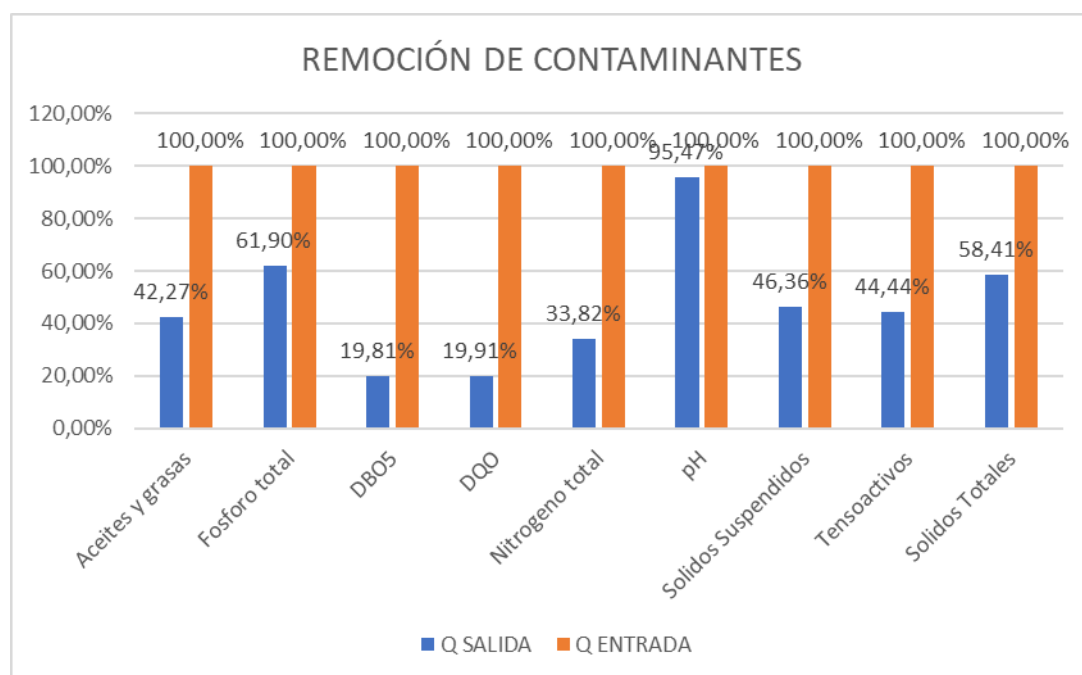


Figura 24. Esquema de remocion real de los contaminantes de la muestra de la PTAR Rumipamba

Fuente: El autor Andrea Villacis

Con la comparativa realizada entre la análisis que se obtuvo de laboratorio con los límites propuestos por el TULSMA, se pudo determinar que le agua tratada cumple con la mayoría de los límites máximos permitidos a excepción de “aceites y grasas” y “Tensoactivos (detergentes)” que arrojo un valor un poco mayor al de descarga permitida, es por esto que para conocer con mayor detalle el funcionamiento de la

PTAR de la Comunidad de Rumipamba se evaluar cada una de las obras hidráulicas con referencia a las normativas y criterios de diseño.

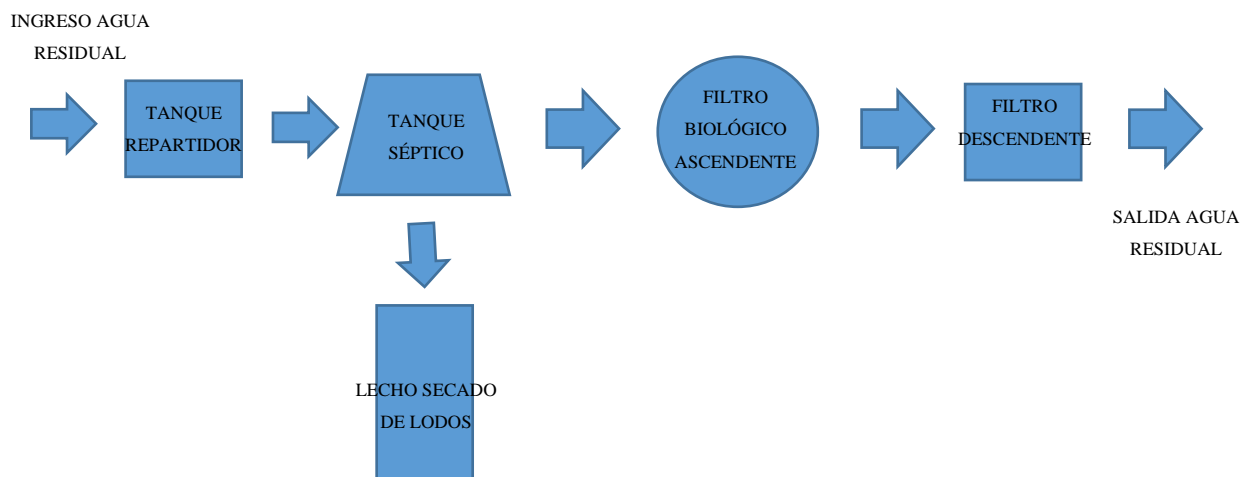
## 1.6 Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Comunidad de Rumipamba

### 1.6.1 Diagnostico técnico

Con la información obtenida de la Planta de Tratamiento de la Comunidad de Rumipamba, como la caracterización de las aguas residuales que ingresan a la PTAR y las dimensiones de cada proceso, se puede verificar el funcionamiento de cada uno.

### 1.6.2 Procesos unitarios del sistema de tratamiento de la planta actual

La diagramación de los procesos de la PTAR de Rumipamba actual, como se muestra en la Figura 25.



*Figura 25. Tren de tratamiento de la PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacís*

### 1.6.3 Dimensiones actuales de la planta de tratamiento de aguas residuales

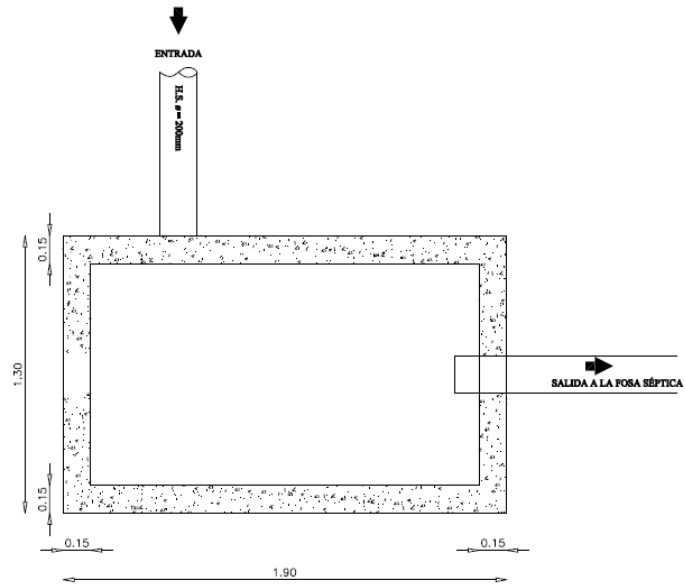
#### 1.6.3.1 Tanque repartidor de caudales

En esta primera etapa del sistema se recibe al caudal de aguas residuales directo de sistema de alcantarillado, mediante una tubería de 200 mm, la estructura de este tanque es hormigón armado y tiene una salida con tubería de 200 mm que conecta con el tanque séptico y una segunda salida que sirva de bypass de 200 mm que tiene conexión directa al pozo de la salida.

**Tabla 13.** Dimensiones tanque repartidor de la PTAR Rumipamba.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	1.9	m
Ancho	1.3	m
Altura	1.5	m
Espesor pared	0.15	m

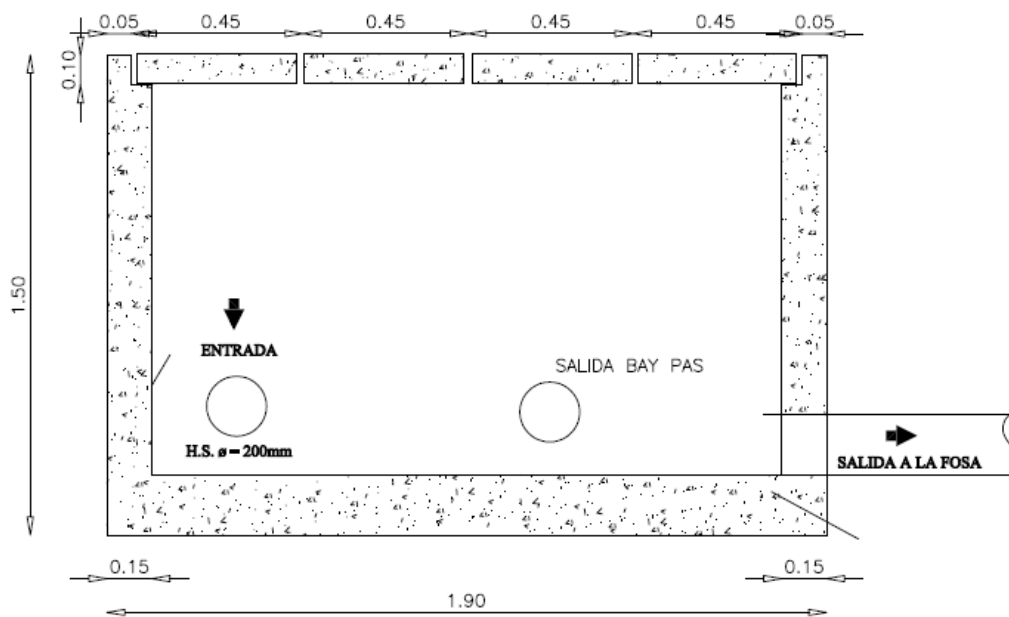
*Fuente: El autor Andrea Villacis*



**VISTA EN PLANTA**

**Figura 26.** Vista en planta del tanque repartidor de la PTAR Rumipamba

*Fuente: El autor Andrea Villacis*



## CORTE

*Figura 27. Vista en corte del tanque repartidor de la PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*

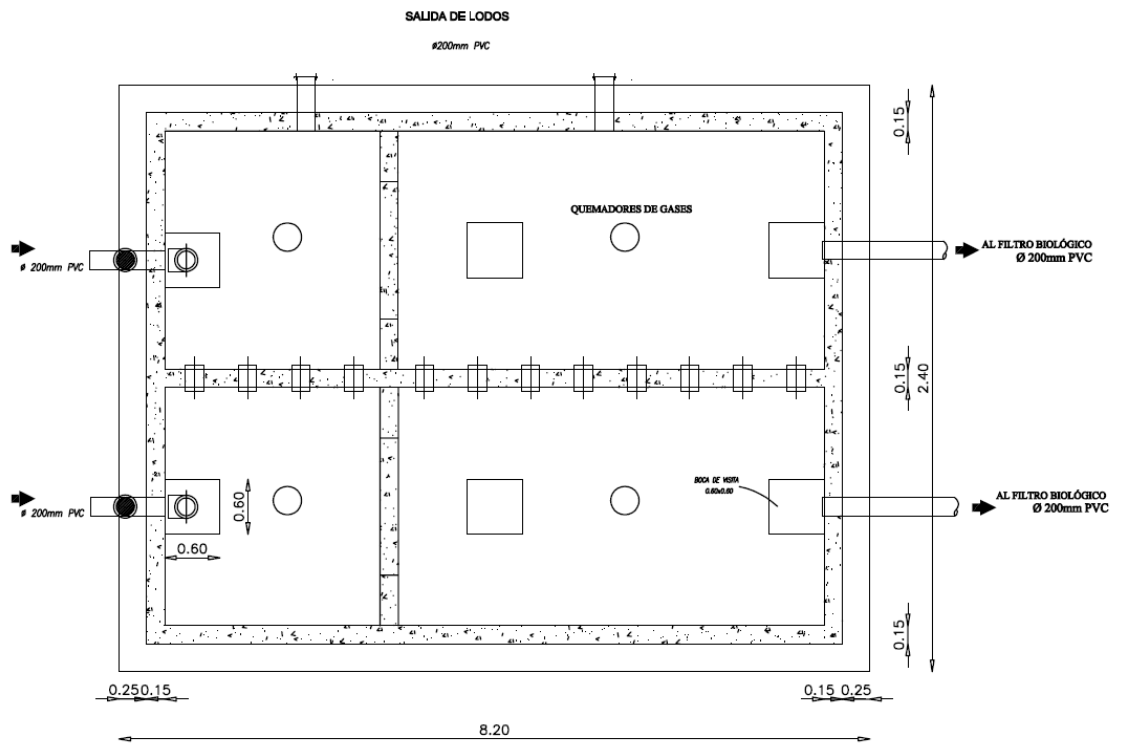
### 1.6.3.2 Tanque séptico

El tanque séptico del sistema tiene una forma rectangular y sus dimensiones se detallan en la Tabla 14, su estructura es de hormigón armado y en su interior está dividido en dos cámaras, las fosas están conectadas con doce tuberías de 200mm en la parte baja como se muestra en la Figura 26. En esta ingresa el agua que paso por el repartidor de caudales mediante dos tuberías de 200 mm, así mismo existen dos tuberías del mismo diámetro que conectan con el filtro anaerobio de flujo ascendente y por último dos tuberías más de 200 mm que tienen salida directa al lecho de secado de lodos, que sirven y ayudan en el mantenimiento y limpieza de la estructura.

*Tabla 14. Dimensiones tanque septico de la PTAR Rumipamba.*

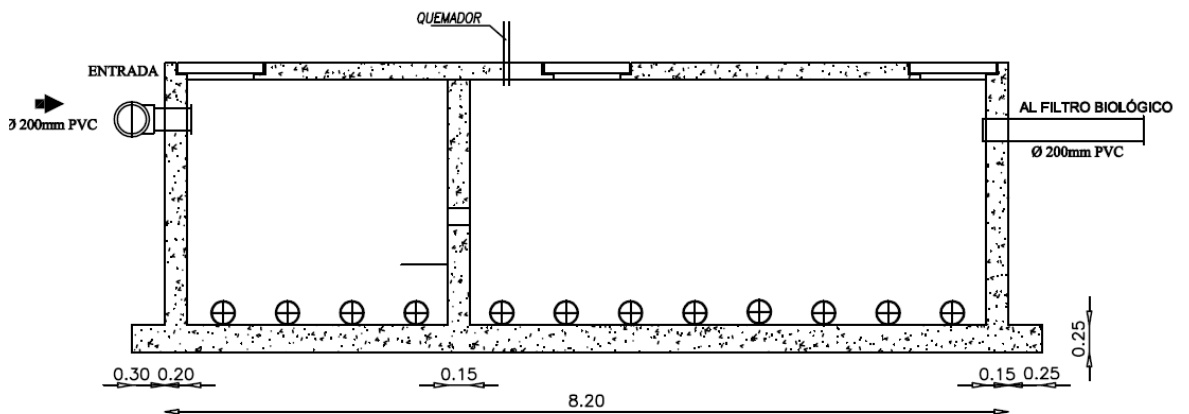
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	8.20	m
Ancho	2.40	m
Altura	2.20	m
Espesor pared externa	0.25	m
Espesor pared interna	0.15	m

*Fuente: El autor Andrea Villacis*



**TANQUE SÉPTICO - PLANTA**

*Figura 28. Vista en planta -Tanque septico de la PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*



*Figura 29. Vista en corte -Tanque septico de la PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*

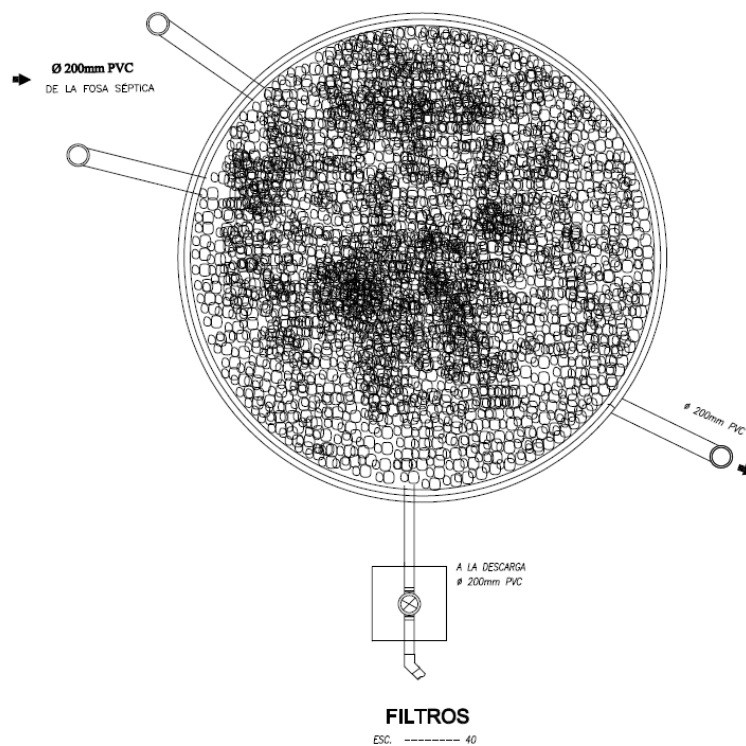
### 1.6.3.3 Filtro biológico ascendente o filtro anaerobio de flujo ascendente

La estructura del filtro biológico también es de hormigón armado y tiene una forma cilíndrica, como ya se menciona tiene una salida del tanque séptico mediante una tubería de 200 mm, en su interior posee material filtrante, en este caso la grava. Las tuberías de salida son dos, una de ellas conecta directamente al pozo de salida y la segunda al filtro descendente.

**Tabla 15.** Dimensiones filtro biologico ascendente de la PTAR Rumipamba.

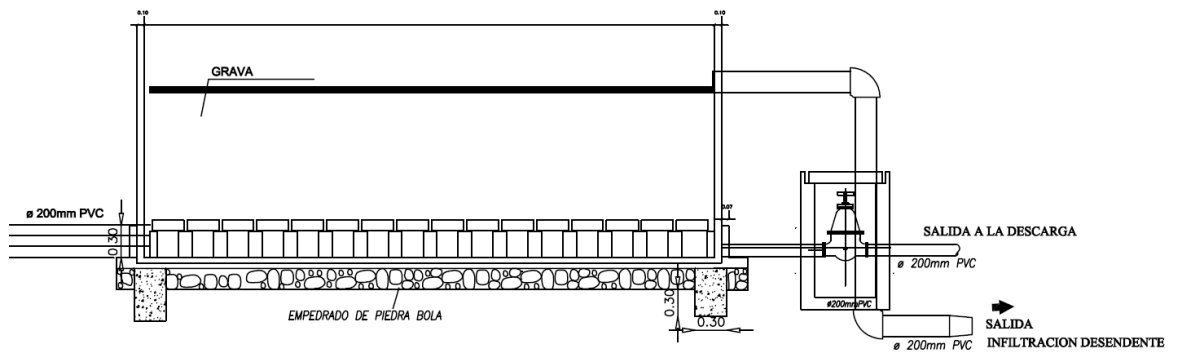
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Diámetro	5.52	m
Altura	2.20	m
Espesor pared	0.10	m

*Fuente: El autor Andrea Villacis*



**Figura 30.** Vista en planta del filtro biologivo ascendente de la PTAR Rumipamba

*Fuente: El autor Andrea Villacis*



**Figura 31.** Vista en corte del filtro biológico ascendente de la PTAR Rumipamba  
*Fuente: El autor Andrea Villacis*

### 1.6.3.4 Filtro descendente

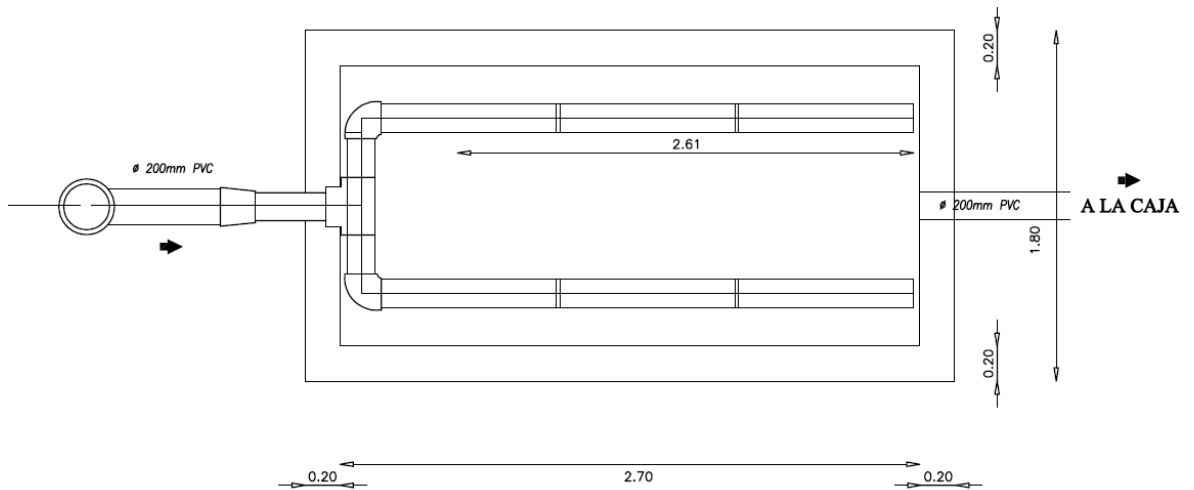
Esta estructura es de hormigón armado y cumple una función parecida al del filtro biológico ascendente, la entrada y salida del agua en este filtro se sigue manteniendo la tubería de 200 mm. La salida del agua residual será depositada al pozo de salida y posteriormente es liberada en el predio vecino.

**Tabla 16.** Dimensiones filtro descendente de la PTAR Rumipamba.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	3.10	m
Ancho	1.80	m
Altura	1.50	m
Espesor pared externa	0.20	m

*Fuente: El autor Andrea Villacis*





### INFILTRACIÓN DESCENDENTE

**Figura 32.** Vista en planta del filtro descendente de la PTAR Rumipamba  
*Fuente: El autor Andrea Villacis*

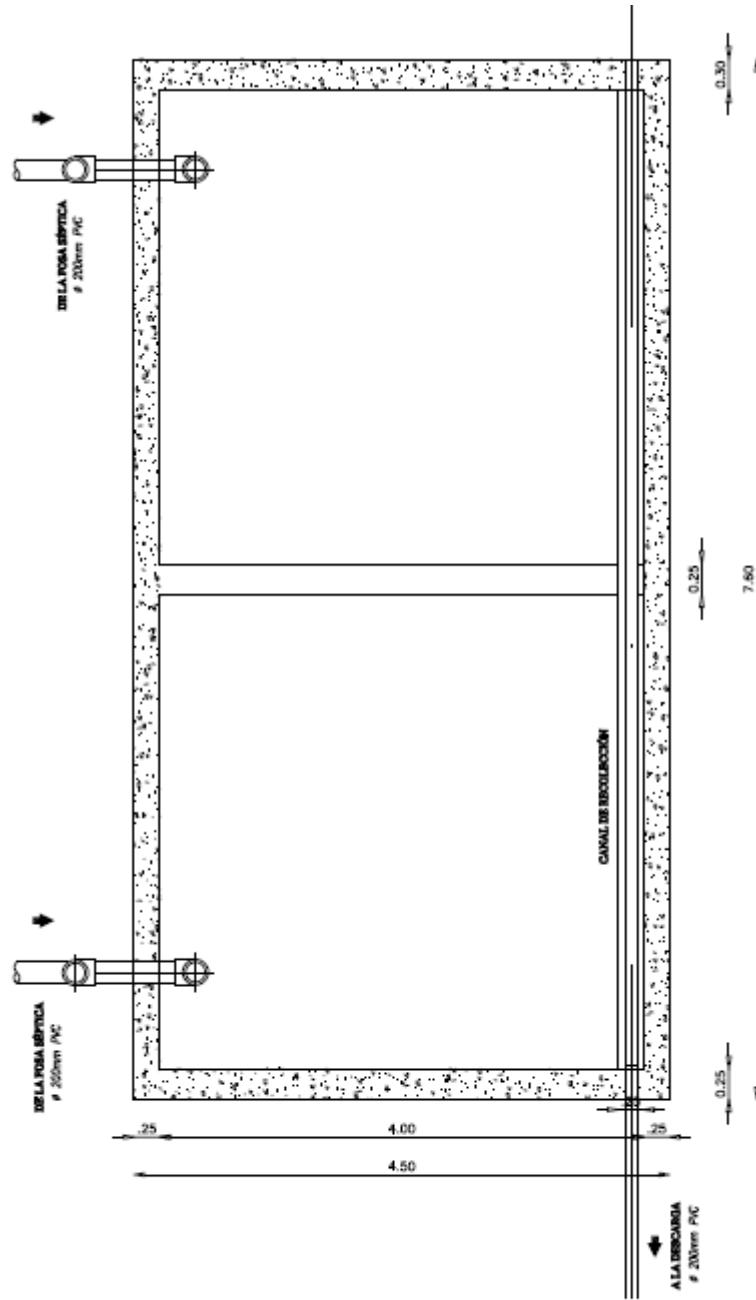
#### 1.6.3.5 Lecho de secado de lodos

Esta estructura es en hormigo armado y consta de una rampa para limpieza, y es en esta etapa del sistema donde el lecho de lodos recibe los lodos del tanque séptico por medio de dos tuberías de 200 mm, una rampa con una inclinación del 2% que permiten el acomodo de del lodo, además en el lado superior dispone de una tubería perforada 200 mm y un canal de recolección que sirven para la descarga.

**Tabla 17.** Dimensiones del lecho de secado de lodos de la PTAR Rumipamba.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	7.60	m
Ancho	4.50	m
Altura	2.00	m
Espesor pared	0.25	m

*Fuente: El autor Andrea Villacis*



**LECHO DE SECADO DE LODOS - PLANTA**

*Figura 33. Vista en planta del lecho de secado de lodos de la PTAR Rumipamba  
Fuente: El autor Andrea Villacis*

#### 1.6.4 Diagnóstico de funcionamiento teórico actual de la PTAR.

Una vez realizado un análisis y diagnóstico de cada proceso del sistema de una PTAR, se toma los criterios de diseño que nos presentan otros países, debido a que en el Ecuador no existe un manual o una guía para el diseño.

- NORMA CONAGUA (México): Es la institución/organismo público encargado del correcto manejo y uso de los recursos hídricos del país. Mediante programas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (PROAGUA) y Tratamiento de Aguas Residuales (PROSAN). [23]
- NORMA RASS (COLOMBIA): Es el ministerio encargado del Agua y Saneamiento Básico, promoviendo un desarrollo sostenible a través de la adopción de políticas, programas, proyectos y regulación que permitan que la población acceda al agua potable y saneamiento básico. [24]
- MANUAL OPS: Son el centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Comparten y promueven el uso del manual de operación y mantenimiento de Plantas de tratamiento de agua. [25]

El caudal a ser usado para la evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comunidad de Rumipamba, es el caudal máximo horario crudo que se obtuvo de las mediciones ( $Q_{mh} = 1.33 \text{ Lt/s}$ )

#### Determinación del caudal de diseño

##### DATOS

$$Q_{mh} = 1.33 \text{ Lt/s}$$

$$f_s = \text{factor de seguridad (\%)} = 10\%$$

$$Q_d = Q_{mh} * f_s$$

$$Q_d = 1.33 \text{ Lt/s} * 10\%$$

$$Q_d = 1.463 \text{ Lt/s}$$

#### 1.6.4.1 Diagnóstico del tanque repartidor de caudales

Como se puede observar en el Figura 20. esta estructura no está cumpliendo con los parámetros de diseño, ya que consta de ninguna rejilla que sirva de protección y retención de los sólidos más grandes, únicamente está permitiendo la entrada del agua ya sea al tanque séptico o directamente al bypass. por lo que se le considera únicamente una de entrada de agua.

#### 1.6.4.2 Diagnóstico del Tanque séptico

Para el cálculo del Tanque séptico se toma en cuenta las consideraciones dada por la RASS200 Metodologías de diseño E.7.2.1 tanque séptico. [24]

La comunidad de Rumipamba según el censo realizado por el INEN tiene una población de 2973 habitantes, los mismo que disponen de un nivel de servicio con conexiones domiciliarias y sistema de alcantarillado, así que cada habitante tiene una dotación promedio de  $75 \text{ Lt}/\text{hab} * \text{dia}$  como se ve en las Tablas 19 y Tabla 20 y en donde el 70% del mismo regresara al sistema de alcantarillado.

**Tabla 19.** Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposicion de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario.
	DE	
Ia	AP	Grifos públicos.
	DE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.
	DRL	Sistema al alcantarillo sanitario.
Simbología utilizada:		
AP: agua potable		
DE: disposiciones de excretas		
DRL: disposición de residuos líquidos.		

Fuente: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5-parte9.2-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9.2-1.pdf) [26]

*Tabla 20. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.*

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (L/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

*Fuente:* [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5-parte9.2-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9.2-1.pdf) [26]

DATOS:

$$\text{Caudal de diseño} = Q_d = 1.463 \text{ Lt/s}$$

$$\text{Poblacion} = N_c = 75 \text{ Lt/hab * dia}$$

$$\text{Largo} = l \text{ (m)} = 8.20$$

$$\text{Ancho} = a \text{ (m)} = 2.40$$

$$\text{Altura} = h \text{ (m)} = 2.20$$

**a) Volumen actual de agua del tanque séptico**

$$V = l * a * h$$

$$V = 8.20 * 2.40 * 2.20$$

$$V = 43.30 \text{ m}^3$$

**b) Determinación de la contribución de agua residual por contribuyente (C)**

$$C = N_c * 70\%$$

$$C = 75 \text{ Lt/hab * dia} * 70\%$$

$$C = 52.5 \text{ Lt/hab * dia}$$

**c) Determinación del tiempo de retención el tanque séptico**

Según la RASS200, la contribución diaria de agua residual de los habitantes (L) se relaciona al tiempo de retención. [24]

$$L = C * N\# \text{ habitantes}$$

$$L = 52.5 \text{ Lt/hab} * \text{dia} * 2973 \text{ hab}$$

$$L = 156082.50$$

**Tabla 21.** Tiempo de retencion de acuerdo a la contribucion de agua residual

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	Días	Horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
Más de 9,000	0.50	12

Fuente: [https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710\\_ras\\_titulo\\_e\\_.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf) [24]

**d) Determinación de la tasa de acumulación de los lodos digeridos (K)**

En base a la RASS200 este parámetro se en c oscila los 15°C y el intervalo de limpieza de un tanque séptico es de una por año.

**Tabla 22.** Tasa de acumulacion de acuerdo al intervalo de limpieza

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

Fuente: [https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710\\_ras\\_titulo\\_e\\_.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf) [24]

**e) Cálculo del volumen útil del tanque séptico**

$$V_u = 1000 + N_c * (C * T + K * L_f)$$

**Donde:**

$L_f$  = el lodo fresco que puede generar una persona por días  $\left(\frac{LT}{días}\right)$ , según la RASS200 es 1Lt/hab

$$V_u = 1000 + 2973hab * (52.5 \frac{Lt}{hab * dia} * 0.50 + 65 * 1 Lt/hab)$$

$$V_u = 272286.25 \text{ lt}$$

$$V_u = 272.29 \text{ m}^3$$

Si se compara el volumen útil  $V_u = 272.29 \text{ m}^3$  con el volumen actual  $V = 43.30 \text{ m}^3$  la fosa séptica de la PTAR no abastece la demanda actual. Por lo tanto, se debe plantear un rediseño con las nuevas dimensiones.

#### 1.6.4.3 Diagnóstico de funcionamiento del filtro anaerobio ascendente

Para el diagnóstico del filtro se tomó los parámetros dados por la COAGUA 2015 de su manual de filtros anaerobios de flujo ascendente, y los valores obtenidos en los análisis de agua de DBO5 (106 mg O2/L) y DQO (221 mg/L)

Según el manual del CONAGUA el diseño del filtro que trabaja con aguas residuales domésticas es regido por el tiempo de residencia hidráulica (TRH) y su rango oscila entre 3-10 horas. [23]

DATOS:

$$\text{Caudal de diseño} = Q_d = 1.463 \text{ Lt/s}$$

$$\text{Altura del filtro} = h = 2.20$$

$$\text{longitud borde libre} = b(m) = 0.30$$

$$\text{longitud de bajo el dren} = d (m) = 0.30$$

$$\text{Diametro del filtro} = D(m) = 5.52$$

$$\text{Altura del medio filtrante} = hm(m) = 1.47$$

$$\text{DBO del afluyente} = S_o \left( kg \frac{DBO}{m^3} \right) = 0.448$$

##### a) Cálculo del volumen del medio filtrante $V_{mf}$

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

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (5.52)^2}{4} = 23.93 \text{ m}^2$$

$$V_{mf} = 1.47\text{m} * 23.93\text{m}^2$$

$$V_{mf} = 35.17 \text{ m}^3$$

**b) Cálculo del volumen total (Vt)**

$$Vt = h * A$$

$$Vt = 2.20\text{m} * 23.93 \text{ m}^2$$

$$Vt = 52.65 \text{ m}^3$$

**c) Cálculo de la carga orgánica volumétrica del medio filtrante  $COV_{mf}$**

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

$$Q_d = \frac{1.463\text{lt}}{\text{s}} * \frac{3600\text{s}}{1\text{hora}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{lt}} = 126.40\text{m}^3/\text{dia}$$

$$COV_{mf} = \frac{\frac{126.40\text{m}^3}{\text{dia}} * 0.448\text{kg} \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3}}{35.17 \text{ m}^3}$$

$$COV_{mf} = 1.61 \text{ kg DBO m}^3/\text{dia}$$

**d) Cálculo de la carga orgánica volumétrica  $COV$**

$$COV = \frac{Q_d * S_o}{V_t}$$

$$COV = \frac{126.40\text{m}^3/\text{dia} * 0.448\text{kg} \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3}}{52.65 \text{ m}^3}$$

$$COV = 1.07 \text{ kg DBO m}^3/\text{dia}$$

**e) Cálculo del tiempo real de residencia hidráulica (TRH)**

$$TRH = \frac{V_{mf}}{Q_d}$$

$$TRH = \frac{35.17 \text{ m}^3}{126.40\text{m}^3/\text{dia}}$$

$$TRH = 0.28 \text{ dias} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}}$$



$$TRH = 6.68 h$$

**f) Cálculo de la eficiencia esperada (E)**

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

$$E = 100[1 - 0.87(6.68h)^{-0.5}]$$

$$E = 66.34\%$$

**g) Cálculo de la carga hidráulica superficial (CHS)**

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

$$CHS = \frac{126.40m^3/dia}{23.93 m^2}$$

$$CHS = 5.28 m^2$$

Según la CONAGUA el volumen del agua que se aplica por unidad de superficie del medio filtrante; el valor oscila entre 6-15, sin embargo, la carga hidráulica superficial calculada aun no llega al caudal con el que fue diseñado en un principio.

Por otro lado, el tiempo real de residencia hidráulica cumple con los rangos del CONAGUA, vistos los resultados obtenidos, el filtro anaerobio ascendente está funcionando correctamente, con una eficiencia del 66.34%, comprobado con los análisis de laboratorio que reflejaban una disminución de contaminantes.

**1.6.4.4 Diagnóstico de funcionamiento del filtro descendente**

Para el diagnóstico del funcionamiento del filtro descendente, se emplearon los criterios de diseño del MANUAL OPS, tomando en cuenta algunas recomendaciones como:

- La velocidad de filtración debe estar en un rango de 0.1-0.2 m/h (depende de la contaminación del agua, a mayor contaminación menor velocidad)
- Y que la altura de agua sobre drenante sea de 1 a 1.5m con un borde libre que puede estar entre 0.2 o 0.3 m. [25]

**DATOS:**

$$\text{Caudal de diseño} = Q_d = 1.463 \text{ Lt/s}$$

$$\text{Altura util del filtro} = h \text{ (m)} = 1.50$$

$$\text{Ancho util del filtro} = a \text{ (m)} = 1.80$$

$$\text{longitud util del filtro} = l \text{ (m)} = 3.10$$

$$\text{Velocidad de filtracion} = v_f \text{ (m/h)} = 0.1$$

$$\text{Numero de unidades de filtro existentes} = N = 2$$

**a) Cálculo del área teórica superficial del filtro descendente (Ast)**

$$A_{st} = \frac{Q_d}{N * V_f}$$

$$Q_d = 1.463 \text{ Lt/s} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{lt}} * \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} = 5.27\text{m}^3/\text{h}$$

$$A_{st} = \frac{5.27\text{m}^3/\text{h}}{2 * 0.1}$$

$$A_{st} = 26.35 \text{ m}^2$$

**b) Cálculo del área real superficial del filtro descendente (As)**

$$A_s = a * l$$

$$A_s = 1.80\text{m} * 3.10\text{m}$$

$$A_s = 5.58 \text{ m}^2$$

**c) Cálculo de la velocidad de filtración real del filtro descendente (VR)**

$$VR = \frac{Q_d}{2 * l * a}$$

$$VR = \frac{5.27\text{m}^3/\text{h}}{2 * 3.10\text{m} * 1.80\text{m}}$$

$$VR = 0.47 \text{ m/h}$$

**1.6.4.5 Diagnóstico de funcionamiento del lecho de secado de lodos**

Numero de contribuyentes =  $N_c = 2973 \text{ Lt/s}$  Para el diagnóstico del funcionamiento del lecho de secado de lodos, se emplearon los criterios de diseño del MANUAL OPS, tomando en cuenta algunas recomendaciones como:

- Asumir la densidad de los lodos con 1.04 kg/l
- Los porcentajes de solidos contenidos en el lodo varían de 8 a 12%. [25]

**DATOS:**

$$\text{Solidos en suspension en el agua residual} = SS \left( \frac{mg}{lt} \right) = 151$$

$$\text{Porcentaje de solidos} = 8 - 12\% = 12$$

$$\text{Caudal de diseño} = Q_d = 1.463 \text{ Lt/s}$$

$$\text{Densidad de los lodos} = p_{\text{lodos}} \left( \frac{kg}{lt} \right) = 1.04$$

$$\text{Ancho util del lecho de secado de lodos} = a \text{ (m)} = 4.50$$

$$\text{longitud util del lecho de secado de lodos} = l \text{ (m)} = 7.60$$

$$\text{Profundidad de aplicacion} = H = 0.45$$

**a) Determinación del tiempo de digestión (días)**

*Tabla 23. Tiempo de digestion de los lodos*

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

Fuente: [https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710\\_ras\\_titulo\\_e\\_.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf) [25]

**b) Cálculo de la carga de solidos que ingresan al sedimentador (C)**

$$C = Q_d * SS * 0.0864 \frac{kg}{SS} / dia$$

$$C = 1.463 \text{ Lt/s} * 151 * 0.0864 \frac{kg}{SS} / dia$$

$$C = 19.09 \text{ SS/dia}$$

**c) Cálculo de la masa de solidos que conforman los lodos ( $M_{cd}$ )**

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

$$M_{cd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 19.09) + (0.5 * 0.3 * 19.09)$$

$$M_{cd} = 6.20 \text{ kg SS/dia}$$

**d) Cálculo del volumen de lodos digeridos ( $V_{sd}$ )**

$$V_{sd} = \frac{M_{cd}}{p_{lodos} * \frac{\% \text{ solidos}}{1000}}$$

$$V_{sd} = \frac{6.20 \text{ kg SS/dia}}{1.04 \text{ kg/lt} * \frac{12}{1000}}$$

$$V_{sd} = 49.68 \text{ lt/dia}$$

**e) Cálculo de volumen de lodos a extraerse del tanque ( $V_{el}$ )**

$$V_{el} = \frac{V_{sd} * Td}{1000}$$

$$V_{el} = \frac{49.68 \frac{\text{lt}}{\text{dia}} * 55 \text{ dias}}{1000}$$

$$V_{el} = 2.73 \text{ m}^3$$

**f) Cálculo del área teórica del lecho de secado de lodos (AT)**

$$At = \frac{V_{el}}{H}$$

$$At = \frac{2.73 \text{ m}^3}{0.45 \text{ m}}$$

$$At = 6.067 \text{ m}^2$$

**g) Cálculo del área real del lecho de secado de lodos (A)**

$$A = a * l$$

$$A = 4.50 \text{ m} * 7.60 \text{ m}$$

$$A = 34.2 \text{ m}^2$$

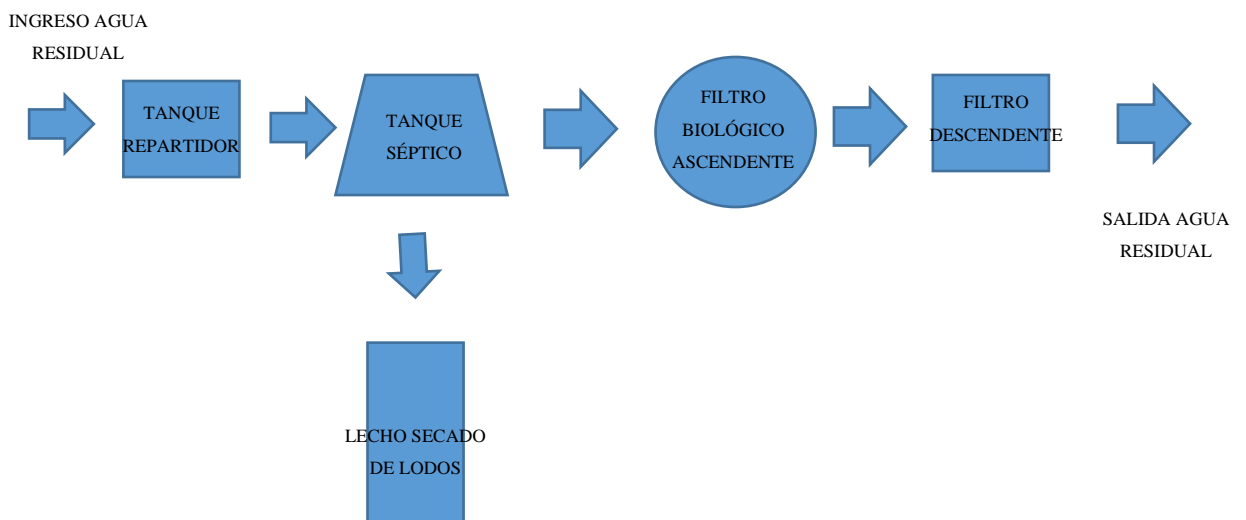
Como podemos ver el área real del lecho de secado de lodos es mayor a el área teórica, lo que indica que está funcionando de forma óptima.

### 1.7 Verificación de hipótesis

La Planta de Tratamiento de aguas Residuales de la Comunidad Rumipamba después de haber pasado por estudios teórico – prácticos, se ha comprobado que, en el sistema actual, algunos componentes unitarios no están funcionando óptimamente, como es el caso de la fosa séptica y del filtro descendente; lo mismo que se pudo notar mediante los análisis de caracterización, donde el parámetro de “aceites y grasas no cumplió con los parámetros establecidos para las descargas a cuerpos de agua dulce del TULSMA. Por lo antes indicado, se podría concluir que la PTAR no se encuentra funcionando óptimamente al 100%.

### 1.8 Propuesta de mejora

Una vez obtenido y estudiado los resultados con la caracterización del agua residual y ver que el parámetro de “aceites y grasas” no cumple con los límites de descarga permisibles del TULSMA 2015, razón por la cual se va a implementar el tratamiento de “trampa de grasas”, y en el caso de la fosa séptica y filtro descendente se plantea un rediseño tomando en consideración una población futura, garantizando una mejora en el nuevo tren de tratamiento como se ve en la Figura 34.



**Figura 33.** Rediseño del tren propuesto para la PTAR Rumipamba  
*Fuente:* El autor Andrea Villacis

### 1.8.1 Diseño de los nuevos procesos de tratamiento para la PTAR

Para asegurar la funcionalidad y vida útil de la planta de tratamiento se inicia el rediseño con el cálculo del caudal de diseño en base a una población futura. Donde el periodo de diseño garantice la factibilidad de ampliaciones en periodo de diseño cortos, para el caso de estudio se tomó un tiempo de 20 años.

#### 1.8.1.1 Determinación de la población futura

Para el cálculo de una población futura según lo establecido en el Código Ecuatoriano de Obras Sanitarias (NORMA CO 1.7 - 602), cuando la población es mayor a los 1000 habitantes se debe utilizar mínimo tres de los métodos conocidos para el cálculo (aritmético, geométrico y exponencial) y con ellos realizar una comparación y seleccionar el método más conveniente. [27]

Conocida la población de Rumipamba mediante el censo de Población y Vivienda

consensado por el INEC, es de 2973 habitantes, pero se desconoce la población censal de años inferiores para una comparación, por tal motivo se trabajó con la población del Cantón Quero.

*Tabla 24. Datos estadísticos-población Quero*

AÑO CENSAL	MUJERES	HOMBRE	POBLACIÓN
1990	7986	8011	15997
2001	9194	8993	18187
2010	9716	9489	19205

*Fuente: INEC [3]*

#### a) Taza de crecimiento en años (r) método geométrico

$$r = \left( \frac{P_f}{P_i} \right)^{1/t} - 1$$

DONDE:

$P_f$  = Población final

$P_i$  = Población inicial

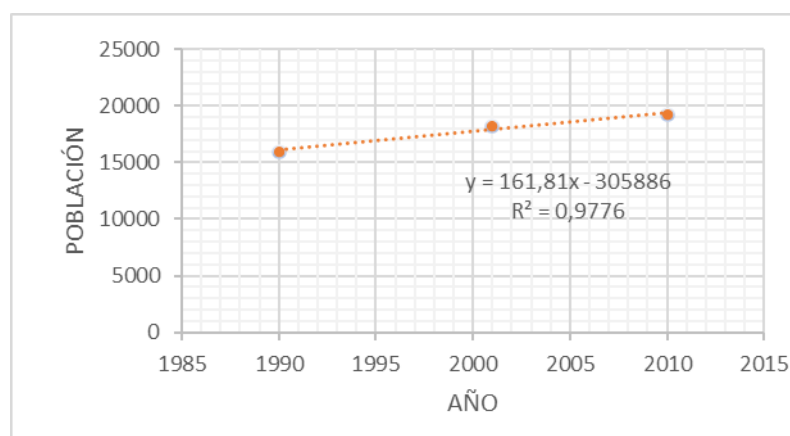
$t$  = Intevalo de tiempo

**Tabla 25.** Tasa de crecimiento-M. geometrico poblacion Quero

AÑO CENSAL	POBLACION (hab)	INTERVALO DE TIEMPO ENTRE AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO r
1990	15997		
		11	1,17%
2001	18187		
		9	0,61%
2010	19205		

PROMEDIO 0,89%

Fuente: El autor Andrea Villacis



**Figura 34.** Linea de tendencia por el metodo geometrico

Fuente: El autor Andrea Villacis

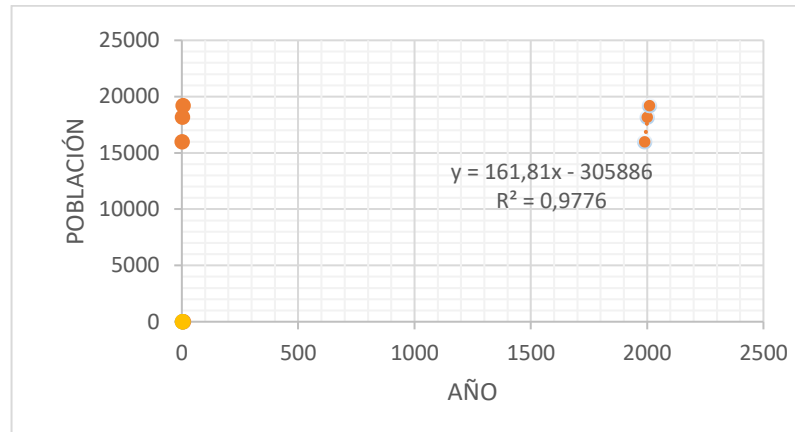
**b) Taza de crecimiento en años (r) método aritmético**

**Tabla 26.** Tasa de crecimiento-M. aritmeticoico poblacion Quero

AÑO CENSAL	POBLACION (hab)	INTERVALO DE TIEMPO ENTRE AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO r
1990	15997		
		11	1,17%
2001	18187		
		9	0,61%
2010	19205		

PROMEDIO 0,89%

Fuente: El autor Andrea Villacis



**Figura 35.** Línea de tendencia por el método aritmético  
Fuente: El autor Andrea Villacis

**c) Taza de crecimiento en años (r) método exponencial**

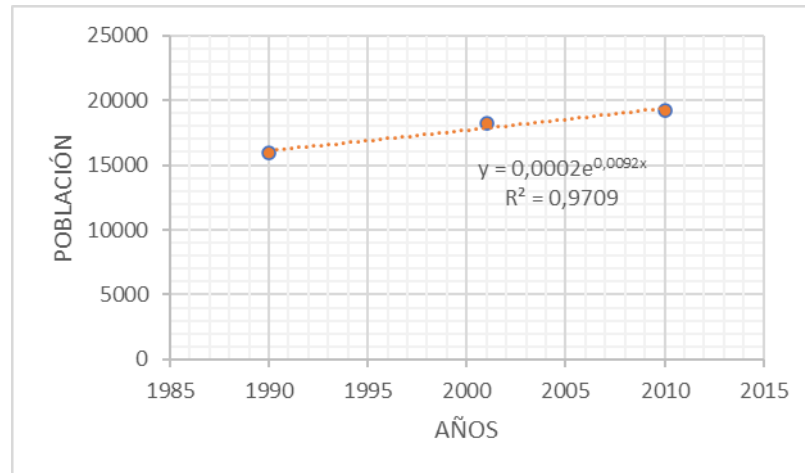
**Tabla 27.** Tasa de crecimiento-M. exponencial población Quero

AÑO CENSAL	POBLACION (hab)	INTERVALO DE TIEMPO ENTRE AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO r
1990	15997		
		11	1,16%
2001	18187		
		9	0,61%
2010	19205		

PROMEDIO 0,89%

Fuente: El autor Andrea Villacis





**Figura 36.** Línea de tendencia por el método exponencial  
**Fuente:** El autor Andrea Villacis

Como se aprecia en la Figura 34. Figura 35. Figura 36. la población tiene un crecimiento lineal. Y teniendo como referencia la tasa de crecimiento del método aritmético  $r=0.98$  en referencia a la tasa de crecimiento dada por el INEC, no supera al 1%, por tales motivos se toma en cuenta lo que en la norma CPE INEN 5:

**Tabla 28.** Tasa de crecimiento Poblacional

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

**Fuente:** Norma CPE INEN 5

DATOS INICIALES:

$$Pa = \text{poblacion actual (hab)} = 1973$$

$$r = \text{tasa de crecimiento poblacional (\%)} = 1$$

$$n = \text{periodo de diseño (años)} = 20$$

**Cálculo de la población futura (Pf)**

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

$$Pf = 2973 \text{ hab} * (1 + 1\% * (20))$$

$$Pf = 3567.60 \text{ hab} \simeq 3568 \text{ hb}$$

### 1.8.1.2 Determinación del caudal de diseño sanitario

Como podemos observar en la Tabla 20. De acuerdo a los niveles de servicio que existe en la comunidad e Rumipamba, la dotación de agua es de 75 lt/hab\*día.

$$Qmd = \frac{\text{dotacion} * Pb}{86400 \text{ s}}$$

$$Qmd = \frac{75 \text{ lt/hab} * \text{día} * 3568 \text{ hb}}{86400 \text{ s}}$$

$$Qmd = 3.097 \text{ lt/seg}$$

El agua potable es utilizada en toda actividad cotidiana diaria ya sean domésticas, comerciales o institucionales y en todos estos procesos existen perdidas que se las conoce como el Caudal medio diario (Qmds) que depende de un coeficiente C que varía en rangos de 60-80%, en este caso se toma un promedio del 70%. [24]

$$Qmds = C * Qmd$$

$$Qmds = 70\% * 3.097 \text{ lt/seg}$$

$$Qmds = 2.17 \text{ lt/s}$$

### Cálculo del caudal máximo diario (QMD)

En el cálculo del caudal máximo diario se multiplica la caudal medio sanitario por un coeficiente de mayoración de 1.3-1.5, y de la misma manera se adopta un valor promedio de 1.4.

$$QMD = F * Qmds$$

$$QMD = 1.4 * 2.17 \text{ lt/s}$$

$$QMD = 3.038 \text{ lt/s}$$

Según el Código Ecuatoriano de la Construcción de Obras Sanitarias, nos dice que para el caudal de diseño de una PTA el caudal máximo diario más un 10% del mismo;

valor que engloba los caudales de infiltración que se pueden dar en las tuberías y el caudal de conexiones erradas. [27]

$$Qd = Fs * QMD$$

$$Qd = 1.10 * 3.038 \text{ lt/s}$$

$$Qd = 3.34 \text{ lt/s}$$

### 1.8.1.3 Diseño de la trampa de grasas propuesta

#### Criterios de diseño

Basándonos en la NORMA RASS 200 sobre tratamiento de aguas residuales, se encuentran estos criterios: [24]

*Tabla 29. Tasa de crecimiento Poblacional*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor recomendado	Valor asumido
Area por cada litro por segundo	a	m <sup>2</sup>	0.25	0.25
Relación ancho: largo	-	-	1:4 – 1:18	-
Velocidad ascendente mínima	Va	m/s	0.004	0.004
Tiempo de retención	Tr	min	2.5 - 3	3
Profundidad mínima del tanque	P	m	> 0.80	0.8
Borde libre	Bl	m	> 0.20	0.30

*Fuente: RASS 200*

#### a) Cálculo del volumen de la trampa de grasas (V)

$$V = Qd * TRH$$

$$Qd = 3.34 \frac{\text{lt}}{\text{s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 200.40 \text{ lt/min}$$

$$V = \frac{200.40 \text{ lt}}{\text{min}} * 3 \text{ min}$$

$$V = 601.20 \text{ lt}$$

$$V = 0.6012 \text{ m}^3$$

**b) Cálculo del área de la trampa de grasas (A)**

$$A = \frac{Qd}{Va}$$

$$Qd = 3.34 \frac{lt}{s} * \frac{1m3}{1000lt} = 0.00334 m3/s$$

$$A = \frac{0.00334 m3/s}{0.004 m/s}$$

$$A = 0.835 m2$$

**c) Cálculo del largo de la trampa de grasas (L)**

Asumiendo una relacion ancho: largo de 1:4

$$A = L * B$$

$$\rightarrow B = \frac{L}{4}$$

$$A = L * \frac{L}{4}$$

$$L = \sqrt{4 * A}$$

$$L = \sqrt{4 * 0.835m2}$$

$$L = 1.83 m \approx 1.85m$$

**d) Cálculo del ancho de la trampa de grasas (B)**

$$B = \frac{L}{4}$$

$$B = \frac{1.85m}{4}$$

$$B = 0.46 m \approx 0.45m$$

**e) Cálculo de la altura de la trampa de grasas (H)**

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

$$H = \frac{0.6012 \text{ m}^3}{0.835 \text{ m}^2}$$

$$H = 0.72 \text{ m}$$

Como la altura calculada es menor a la mínima, se asuma un H=0.80m

**f) Cálculo de la altura total de la trampa de grasas (H<sub>t</sub>)**

$$H_t = H + Bl$$

$$H_t = 0.72 \text{ m} + 0.30\text{m}$$

$$H_t = 1.20 \text{ m}$$

**1.8.1.3.1 Dimensiones finales para la trampa de grasas propuesta**

*Tabla 30. Dimensiones propuestas para la trampa de grasas*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	1.85	m
Ancho	0.45	m
Altura	1.20	m
Borde libre	0.30	m

*Fuente: El autor Andrea Villacis*

Una vez terminados los cálculos para la implementación de la trampa de grasas, también se añadió un sobreaño de 0.90 para que el operador tenga una mejor movilidad, como se ve el en ANEXO 3. PLANOS

**1.8.1.4 Rediseño de los procesos unitarios de la planta tratamiento**

Diseño del tanque séptico propuesto

Para el correcto dimensionamiento de esta unidad el sistema se optó por la normativa de las RASS 200 (SECCIÓN 3.2.4.3). [24]

DATOS INICIALES

$N_c = \text{numero d habitantes (hab)} = 2973$

$D = \text{dotacion de agua potable} \left( \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia} \right) = 75$

**a) Determinación de la contribución de aguas residuales por contribuyente (C)**

$$C = D * 70\%$$

$$C = 75 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia} * 70\%$$

$$C = 52.50 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia}$$

**b) Determinación del tiempo de retención del tanque séptico**

el tiempo de retención tiene relacion directa con la contribución diaria de las aguas residuales de los habitantes (L).

$$L = C * N_c$$

$$L = 52.50 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia} * 2973 \text{ hab}$$

$$L = 156082.50 \text{ lt/dia}$$

Como se observa en la Tabla 31. Al tener una contribución de 156082.50 lt/dia está en un rango mayor a 9000 teniendo un tiempo de retención en días de 0.50 y de 12 horas.

*Tabla 31. Tiempo de retencion de acuerdo a la contribucion de agua residual*

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	Días	Horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
Más de 9,000	0.50	12

Fuente: Tabla E.7.2 E R A S 200 [24]

### c) Determinación de la tasa de acumulación de lodos digeridos (K)

Según la normativa de la RAS 2000 se asume un valor de K en base a la temperatura del ambiente del Cantón en estudio, en este caso en Quero hay una temperatura promedio de 15 °C y se conoce que la limpieza del sistema, en este caso del tanque séptico se da una vez al año.

Tabla 32. Tasa de acumulación de lodos de acuerdo el intervalo de limpieza.

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

Fuente: Tabla E.7.3 E R A S 200 [24]

### d) Cálculo del volumen útil del tanque séptico

DONDE:

$$L_f = \text{Lodo fresco que genera un persona por dia} \left( \frac{lt}{dia} \right) = 1$$

$$V_u = 1000 + N_c * (C * T + K * L_f)$$

$$V_u = 1000 + 2973 \text{ hab} * (52.50 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia} * 0.50 \text{días} + 65 * 1 \text{lt}/\text{dia})$$

$$V_u = 272286.25 \text{ lt}$$

$$V_u = 272.29 \text{ m}^3$$

### e) Cálculo de la profundidad útil del tanque séptico

Para asumir el valor inicial no vamos a la Tabla 33. que nos da la RAS 2000:

Donde podemos observar que nuestro volumen útil calculado es mayor a los 10m<sup>3</sup> por lo tanto la profundidad útil máxima es de 2.8m

*Tabla 33. Valores de profundidad útil*

Volumen útil (m <sup>3</sup> )	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

*Fuente: Tabla E.3.3 Titul .E R A S 200 [24]*

### f) Cálculo del área superficial del tanque séptico (A)

$$A = \frac{V}{\text{profundidad útil}}$$

$$A = \frac{272.29 \text{ m}^3}{2.80 \text{ m}}$$

$$A = 97.25 \text{ m}^2$$

El diseño el tanque séptico se diseña con fosas, cada una a su vez separadas por medio de dos cámaras, por ello el área se divide la fosa.

$$A_f = \frac{A}{2}$$

$$A_f = \frac{97.25 \text{ m}^2}{2}$$



$$A_f = 48.62 \text{ m}$$

**g) Cálculo del ancho útil de cada fosa del tanque séptico (b)**

Donde  $2 < \frac{L}{b} < 4$  ; se trabaja con un valor de 2.5

$$\rightarrow L = 2.5 * b$$

$$\rightarrow A_f = L * b$$

$$A_f = 2.5 * b * b$$

$$b = \sqrt{\frac{A_f}{2.5}}$$

$$b = \sqrt{\frac{48.62 \text{ m}}{2.5}}$$

$$b = 4.40 \text{ m}$$

**h) Cálculo largo del tanque séptico (L)**

$$L = 2.5 * b$$

$$L = 2.5 * 4.40 \text{ m}$$

$$L = 11 \text{ m}$$

**i) Cálculo del primer compartimiento del tanque séptico ( $L_1$ )**

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

$$L_1 = \frac{2}{3} * 11 \text{ m}$$

$$L_1 = 7.33 \text{ m} \approx 7.35 \text{ m}$$

**j) Cálculo del segundo compartimiento del tanque séptico ( $L_2$ )**

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

$$L_2 = \frac{1}{3} * 11 \text{ m}$$

$$L_2 = 3.67 \text{ m} \approx 3.70 \text{ m}$$

**k) Cálculo de la altura total del tanque séptico ( $H_T$ )**

→ *borde libre asumido* = 0.30 m

$$H_T = h + \text{borde libre}$$

$$H_T = 3.70 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

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

**1.8.1.4.1 Dimensiones del tanque séptico propuesto**

*Tabla 34. Dimensiones propuestas para el tanque séptico*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	11	m
Ancho de cada fosa	4.40	m
Altura	4.00	m
Borde libre	0.30	m
# de fosas	2	m
Largo compartimento 1	7.35	m
Largo compartimento 2	3.70	m

*Fuente: El autor Andrea Villacis*

**1.8.2 Diagnóstico de los procesos del tratamiento óptimos de acuerdo al periodo de diseño futuro.**

A manera de comprobación y comportamiento futuro del sistema, se analizó brevemente todos los elementos de la PTAR en base a un periodo, población y caudal de diseño.

**1.8.2.1 Diagnóstico de funcionamiento del filtro anaerobio ascendente en base al periodo de diseño**

**DATOS:**

DATOS:

$$\text{Caudal de diseño} = Q_d = 3.34 \text{ Lt/s}$$

$$\text{Altura del filtro} = h = 2.20$$

$$\text{longitud borde libre} = b(m) = 0.30$$

$$\text{longitud de bajo el dren} = d (m) = 0.30$$

$$\text{Diametro del filtro} = D(m) = 5.52$$

$$\text{Altura del medio filtrante} = hm(m) = 1.47$$

$$\text{DBO del afluente} = S_o \left( \text{kg} \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3} \right) = 0.448$$

**a) Cálculo del volumen del medio filtrante  $V_{mf}$**

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

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (5.52)^2}{4} = 23.93 \text{ m}^2$$

$$V_{mf} = 1.47\text{m} * 23.93\text{m}^2$$

$$V_{mf} = 35.17 \text{ m}^3$$

**b) Cálculo del volumen total (Vt)**

$$Vt = h * A$$

$$Vt = 2.20\text{m} * 23.93 \text{ m}^2$$

$$Vt = 52.65 \text{ m}^3$$

**c) Cálculo de la carga orgánica volumétrica del medio filtrante  $COV_{mf}$**

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

$$Q_d = \frac{3.34\text{lt}}{\text{s}} * \frac{3600\text{s}}{1\text{hora}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{lt}} = 288.57 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$COV_{mf} = \frac{\frac{288.57\text{m}^3}{\text{dia}} * 0.448\text{kg} \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3}}{35.17 \text{ m}^3}$$

$$COV_{mf} = 3.67 \text{ kg DBO m}^3/\text{dia}$$

**d) Cálculo de la carga orgánica volumétrica  $COV$**

$$COV = \frac{Q_d * S_o}{V_t}$$

$$COV = \frac{288.57 \text{ m}^3/\text{dia} * 0.448 \text{ kg} \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3}}{52.65 \text{ m}^3}$$

$$COV = 2.46 \text{ kg DBO m}^3/\text{dia}$$

**e) Cálculo del tiempo real de residencia hidráulica (TRH)**

$$TRH = \frac{V_{mf}}{Q_d}$$

$$TRH = \frac{35.17 \text{ m}^3}{288.57 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

$$TRH = 0.12 \text{ dias} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}}$$

$$TRH = 2.93 \text{ h}$$

**f) Cálculo de la eficiencia esperada (E)**

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

$$E = 100[1 - 0.87(2.93\text{h})^{-0.5}]$$

$$E = 49.17\%$$

**g) Cálculo de la carga hidráulica superficial (CHS)**

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

$$CHS = \frac{288.57 \text{ m}^3/\text{dia}}{23.93 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 12.06 \text{ m}^2$$

Como se puede observar dentro de 20 años el filtro no va a cumplir con el TRH ya que tiene un valor de 2.93 horas que se sale del rango de 3 a 10 horas. En cuanto a su carga hidráulica superficial se encuentra dentro de rango permitido (6 a 15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día) con un valor de 12.06 m<sup>2</sup>. el filtro anaerobio ascendente dentro de 20

años estará funcionando, pero ya no en las condiciones más óptimas, ya que su eficiencia será menor a un 50%.

### 1.8.2.2 Diagnóstico de funcionamiento del lecho de secado de lodos

Para este diagnóstico se diga trabajando con el Manual OPS 205, en conjunto se usa los datos de caudal y población futura.

DATOS

$$\text{Solidos en suspension en el agua residual} = SS \left( \frac{mg}{lt} \right) = 151$$

$$\text{Porcentaje de solidos} = 8 - 12\% = 12$$

$$\text{Caudal de diseño} = Q_d = 3.34 \text{ Lt/s}$$

$$\text{Densidad de los lodos} = p_{\text{lodos}} \left( \frac{kg}{lt} \right) = 1.04$$

$$\text{Ancho util del lecho de secado de lodos} = a \text{ (m)} = 4.50$$

$$\text{longitud util del lecho de secado de lodos} = l \text{ (m)} = 7.60$$

$$\text{Profundidad de aplicacion} = H = 0.45$$

#### a) Cálculo de la carga de solidos que ingresan al sedimentador (C)

$$C = Q_d * SS * 0.0864 \frac{kg}{SS} / dia$$

$$C = 3.34 \text{ Lt/s} * 151 * 0.0864 \frac{kg}{SS} / dia$$

$$C = 43.57 \text{ SS/dia}$$

#### b) Cálculo de la masa de solidos que conforman los lodos ( $M_{cd}$ )

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

$$M_{cd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 43.57 \text{ SS/dia}) + (0.5 * 0.3 * 43.57 \text{ SS/dia})$$

$$M_{cd} = 14.16 \text{ kg SS/dia}$$

**c) Cálculo del volumen de lodos digeridos ( $V_{sd}$ )**

$$V_{sd} = \frac{M_{cd}}{p_{lodos} * \frac{\% \text{ solidos}}{1000}}$$

$$V_{sd} = \frac{14.16 \text{ kg SS/dia}}{1.04 \text{ kg/lit} * \frac{12}{1000}}$$

$$V_{sd} = 113.46 \text{ lt/dia}$$

**d) Cálculo de volumen de lodos a extraerse del tanque ( $V_{el}$ )**

$$V_{el} = \frac{V_{sd} * Td}{1000}$$

$$V_{el} = \frac{113.46 \frac{\text{lt}}{\text{dia}} * 55 \text{ dias}}{1000}$$

$$V_{el} = 6.24 \text{ m}^3$$

**e) Cálculo del área teórica del lecho de secado de lodos (AT)**

$$At = \frac{V_{el}}{H}$$

$$At = \frac{6.24 \text{ m}^3}{0.45 \text{ m}}$$

$$At = 13.87 \text{ m}^2$$

**f) Cálculo del área real del lecho de secado de lodos (A)**

$$A = a * l$$

$$A = 4.50 \text{ m} * 7.60 \text{ m}$$

$$A = 34.2 \text{ m}^2$$

Como podemos ver el área real del lecho de secado de lodos es mayor a el área teórica, verificado esto se dice que en 20 años el lecho de secados de lodos aun tendrá un trabajo optimo dentro del sistema.

### 1.8.3 Comparación del estado actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comunidad de Rumipamba

En base a los resultados obtenidos de la caracterización de las aguas residuales de la PTAR de la Comunidad de Rumipamba, se pudo observar y analizar que hay unidades del sistema que no cumplen a cabalidad con las normas o manuales utilizados; como es el tanque o fosa séptica, el filtro ascendente y se vio la necesidad de incorporar una trampa de grasas.

A continuación, se muestra la Tabla 35. Una comparación de estado actual de la planta de tratamiento en relación a la propuesta.

*Tabla 34. Comparativa estado actual de la PTAR de Rumipamba con la propuesta*

PROCESOS UNITARIOS	FUNCIÓN	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO
		DIMENSIONES	DIMENSIONES
TANQUE REPARTIDOR DE CAUDALES	Sirve de caja de llegada para caudal.	Se encuentra deteriorado por el uso, cumple con su función.	
TRAMPA DE GRASAS	Separa las grasas y aceites contenidas en el agua residual.	No existe	Incorporar la unidad bajo los criterios de la norma colombiana RAS200
TANQUE SÉPTICO	Sedimenta y dirige a los sólidos suspendidos.	Parte del sistema, está deteriorado y no cumple con la normativa.	Rediseño de la unidad cumpliendo con la RAS200

FILTRO BIOLÓGICO ASCENDENTE	Separa la materia orgánica bajo condiciones anaerobias.	Deteriorado por el uso, cumple con su función y diseño dado por la CONAGUA 20155.	No necesita de una mejora actual.
FILTRO DESCENDENTE	Remover compuestos contaminantes.	Deteriorado por el uso, por sus dimensiones no cumple con las normativas aplicadas	Necesita una mejora en cuanto a dimensiones,
LECHO DE SECADO DE LODOS	Secado de lodos que provienen del tanque séptico.	Cumple con los criterios de diseño de la OPS, funciona óptimamente.	No requerido actualmente.

*Fuente: El autor Andrea Villacis*

### **1.9 Plan de operación y mantenimiento**

Como toda estructura en uso, para que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comunidad de Rumipamba se encuentre funcionando a toda su capacidad, es necesario tener un mantenimiento constante de cada unidad y su entorno ya que al estar a la intemperie también se produce un descarte que puede ser controlado. Así también si se capacita a un encargado para control (cajas, válvulas, tuberías, tapas) se está asegurando el periodo de vida para el cual fue destina la planta. Un buen mantenimiento incluye a todas las actividades y estrategias que se destinen a prevenir daños

#### **1.9.1 Plan de operación y mantenimiento para la trampa de grasas**

Para aumentar la eficiencia de esta unidad es necesario ejecutar algunas de estas observaciones:

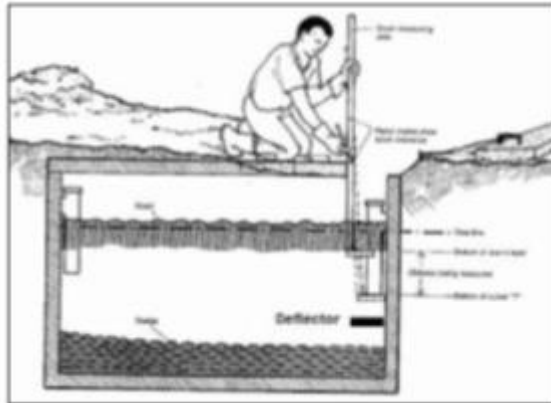


- Barrido constante de la superficie, mediante el uso de un rastrillo o espátulas que permita retirar las grasas y materiales flotantes.
- Retirar las grasas flotantes para evitar su acumulación, puede ayudar a elevar el porcentaje de agua junto con la grasa al tener una excesiva extracción, y si es insuficiente con el tiempo causa taponamientos en tuberías.
- Debería tener una ventilación mínima de una vez por semana, min de 5 minutos, retirando la tapa y vaciando la unidad sin remover los sólidos. Esta se lo puede realizar con un recipiente para luego colocarlos en bolsas plásticas y entregar las mismas al encargado de desechos sólidos.
- El tanque y todo el sistema debe ser inspeccionado semanalmente para verificar su correcto funcionamiento.

### **1.9.2 Plan de operación y mantenimiento para el tanque séptico**

Los tanques sépticos deben ser inspeccionados cada año si se trata de instalaciones domésticas, cuando se realice la inspección o mantenimiento es importante tomar en cuenta:

- Antes de realizar la inspección o mantenimiento es importante dejar un tiempo de ventilación para que el tanque expulse los gases que pueden ocasionar asfixia o causar explosiones.
- Deben ser limpiados antes de que existe excesiva cantidad de lodos y natas. La turbiedad en un indicador de que los lodos han sobrepasado los límites permisibles y están afectando al sistema
- El equipo más usado para la remoción de lodo es el carro cisterna y se realiza el retiro hasta ver que el lodo se ve diluido. Y en pequeñas instalaciones se realiza con recipientes o bombas manuales.
- Los lodos deben ser dispuestos en la planta de tratamiento para su acondicionamiento final o enterrados convenientemente en zanjas de 60cm de profundidad.

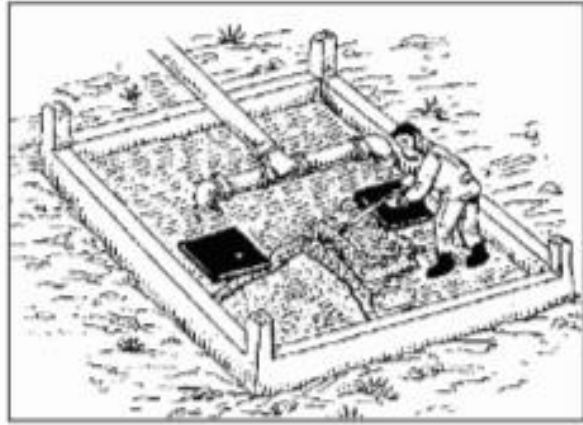


*Figura 37. Limpieza tanque séptico*  
*Fuente: El autor Andrea Villacis*

### 1.9.3 Plan de operación y mantenimiento para el lecho de secado de lodos

Los lechos de secado deben ser adecuadamente acondicionados cada vez que vayan a ser descargados:

- Remover el lodo antiguo tan pronto como haya alcanzado su nivel de deshidratación que permita su manejo.
- No se debe añadir lodo a un lecho que ya contenga lodo.
- Remover las malas hierbas y vegetales.
- Escarificar las malas hierbas con rastrillos antes de la adición de los lodos.
- El mejor momento para retirar los lodos va a depender de la adecuada resquebrajadura del lodo, la necesidad de drenar un nuevo lote.
- Las palas planas y el tridente son herramientas efectivas para la remoción.
- Los lodos pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios o almacenados hasta obtener una mayor deshidratación y moverlos a su disposición final.



*Figura 38. Limpieza lecho de lodos  
uente: El autor Andrea Villacis*

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 1.10 Conclusiones

- ✓ Mediante la información obtenida en campo (dimensiones, topografía, localización), documentos en línea e información proporcionada por el GAD Parroquial Rural de Rumipamba (historia, estadísticas, se pudo evidenciar que no se dispone de una memoria técnica con la información a cabalidad del PTAR.
- ✓ Se analizo el caudal entrante a la PTAR, que por medio de la aplicación del método volumétrico que nos dio a conocer que el caudal máximo es de  $Q_{mh} = 1.33 \text{ Lt/s}$  y para estudios teórico se utilizó un caudal máximo diario de  $Q_{MD} = 3.038 \text{ Lt/s}$  en el cual ya se esta considerando al factor de mayoración y coeficiente de seguridad.
- ✓ Se evaluaron las muestras y los análisis obtenidos de la misma para verificar que hay parámetros que no se están cumpliendo con todo el proceso del tratamiento de aguas, como fue el caso de los aceites y grasas que superaban los límites permisibles dados por el TULSMA, como se muestra en la Tabla 11.
- ✓ Corroborando que el sistema no trabaja a todo su potencial, fueron los datos que se obtuvieron de verificar las otras unidades del sistema y ver que el tanque séptico no cumple con normas y manuales respectivos; mediante los resultados obtenidos se ve que no abastece la demanda actual, teniendo un volumen útil de 272.29 m<sup>3</sup> y un volumen actual e 43.30 m<sup>3</sup>.
- ✓ Como solución a la problemática encontrada con el parámetro de aceites y grasas, se planteó incorporar una nueva unidad conocida como trampa de grasas; para solucionar la demanda que tiene el tanque séptico se realizó un rediseño y análisis con un caudal a futuro; así garantizar la funcionabilidad del sistema por unos años más.

#### 1.11 Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar una inspección y reconocimiento de las aguas a ser tratadas, para en un futuro antes de realizar la obra física, se conozca de mejor

manera cuales son las unidades y dimensiones que el sistema necesita para entender esos caudales.

- ✓ Controlar cada unidad del sistema periódicamente, o como el proceso lo requiera, para evitar daños y garantizar la vida útil con la que fue implementado el sistema.
- ✓ Capacitar al personal que va a estar a cargo de cuidado y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, de tal manera que sea el, el que tenga la guía de los cambios que han ido dándose con el pasar de los años en el sistema y en caso de incidentes poder dar soluciones oportunas.



## **B. MATERIALES DE REFERENCIA**

### **BIBLIOGRAFÍA**

- [ 1] D. d. C. m. d. Ambiente, «Gobierno del Encuentro,» 07 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/las-descargas-de-aguas-residuales-son-controladas-por-el-ministerio-del-ambiente/>.
- [2] O. M. d. l. Salud, «Guías para el saneamiento y la salud [,» 1211 Ginebra 27 Suiza, 2019.
- [3] I. N. d. E. y. C. INEC, «Medicion de los indicadores ODS de Agua, Saneamiento eHigiene en el Ecuador».
- [4] G. M. d. S. d. Quero, 09 Marzo 2015. [En línea]. Available: [https://www.google.com/search?q=tratamiento+de+aguas+residuales+en+quero+&client=firefox-b-d&ei=TXtYomCY2zkvQPvoWRiAk&ved=0ahUKEwjPgPm01pf5AhWNmYQIHb5CBJEQ4dUDCA0&uact=5&oq=tratamiento+de+aguas+residuales+en+quero+&gs\\_lcp=Cgnd3Mtd2l6EAMyBQghEKABMgUIIRC](https://www.google.com/search?q=tratamiento+de+aguas+residuales+en+quero+&client=firefox-b-d&ei=TXtYomCY2zkvQPvoWRiAk&ved=0ahUKEwjPgPm01pf5AhWNmYQIHb5CBJEQ4dUDCA0&uact=5&oq=tratamiento+de+aguas+residuales+en+quero+&gs_lcp=Cgnd3Mtd2l6EAMyBQghEKABMgUIIRC).
- [5] P. Rumipamba, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Quero, 2019-2023.
- [6] E. c. GAV, «Municipalidad de Quero,» [En línea]. Available: <https://www.gadrumipambaquero.gob.ec/attachments/article/118/PDOT-RUMIPAMBA%202019-2023.pdf>.
- [7] L. Galeano, «Repositorio Universidad Catolica de Colombia,» [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISE%20C3%91O%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>.
- [8] M. d. Ambiente, «Texto unificado de Legistalcion Secundaria de Medio Ambiente,» 29 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>.

- [9] T. U. d. Legislacion, «Revision y Actualizacion de la norma de CALidad Ambiental y de Descarga de Efluentes,» [En línea].
- [10] B. Inc., «Tratamiento de Aguas Residuales,» Puyo, 2010.
- [11] C. & R. Espinoza, Parametros de caracterizacion del agua, 2014.
- [12] L. R. Robayo Martinez, Caracterizacion de las aguas residuales, 2015.
- [13] M. Cruz, Turbidez del agua, 2008.
- [14] T. P. R. Ramos, «Repositorio Universidad Estatal Amazonica,» 2018. [En línea].
- [15] J. rodo, «Aguas urbanas,» 15 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/15/monitoreo-de-variables-fisico-quimicas-de-agua/>.
- [16] A. M. Cruz, «Caracterizacion y tratamiento de aguas residuales,» [En línea]. Available: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/Caracterizacion%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf;jsessionid=196199C8130DFFE2FB89345184773FC4?sequence=1>.
- [17] UICN, 2005, p. 30.
- [18] TULSMA, *Norms de Calidad ambiental y Descarga de efluentes: RECURSO AGUA*, Quito: Ley de Gestion Ambiental, 2015.
- [19] E. Mercalf, Tratamiento, vertido y reutilizacion, España, 1995.
- [20] *Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales, parte 2*.
- [21] G. M. d. S. d. Quero, «GAD Municipal de Quero,» 15 Diciembre 2010. [En línea]. Available: <https://quero.gob.ec/index.php/municipalidades/division-politica>.
- [22] G. P. R. d. Rumipamba, «DIAGNOSTICO GAD PARROQUIA RURAL DE RUMIPAMBA,» 14 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://app.sni.gob.ec/sni->



link/sni/PORTAL\_SNI/data\_sigad\_plus/sigadplusdiagnostico/1865014030001\_DIA  
GNOSTICO%20Rumipamba%202015\_14-05-2015\_14-44-06.pdf.

- [23] C. N. d. Agua, «CONAGUA,» 2021. [En línea]. Available:  
<https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-2-21-a.pdf>.
- [24] A. P. Leon, «Ministerio de Vivienda, Cuidad y Territotio,» [En línea]. Available:  
<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>.
- [25] O. P. d. I. Salud, 2002 Lima. [En línea]. Available:  
[http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion%20y%20mantenimiento%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20agua%20\(cepis\)\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion%20y%20mantenimiento%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20agua%20(cepis)(2).pdf).
- [26] I. d. Normalizacion, «Codigo de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposicion de excretas y residuos liquidos,» [En línea]. Available: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5-parte9.2-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9.2-1.pdf).
- [27] S. d. agua. [En línea]. Available:  
<https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-area-rural.pdf>.
- [28] E. c. GAV, «Municipalidad de Quero,» [En línea]. Available:  
<https://www.gadrumipambaquero.gob.ec/attachments/article/118/PDOT-RUMIPAMBA%202019-2023.pdf>.

## **ANEXOS**

### **ANEXOS A:**

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE  
LAS MUESTRAS DE AGUA  
RESIDUAL**

**LABORATORIO DE SERVICIOS  
AMBIENTALES**



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



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

Nº SE: 026-22

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Myriam Andrea Villacis Villacis<sup>1</sup>

**INFORME Nº** 026 - 22

**EMPRESA:** Proyecto de Tesis UTA<sup>1</sup>

**Nº SE:** 026 - 22

**DIRECCIÓN:** Illinois y Montana S/N - Ambato<sup>1</sup>

**TELÉFONO:** 0939539794<sup>1</sup>

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 20/04/2022

**FECHA DE INFORME:** 27/04/2022

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua residual, PTAR Rumipamba - Quero – Tungurahua<sup>1</sup>

**TIPO DE MUESTRA:**

**IDENTIFICACIÓN:** MA - 0037-22 PTAR Entrada<sup>1</sup>  
MA - 0038-22 PTAR Salida<sup>1</sup>

Agua residual  
Agua residual

<b>Condiciones Ambientales</b>	<b>T máx:</b>	25 °C
	<b>T mín:</b>	10°C

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

## RESULTADO DE ANÁLISIS

**MA – 037-22**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/L	EPA 418,1	110,86	N/A	20/04/2022
* Fósforo Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	10,5	N/A	20/04/2022
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	106	N/A	20/04/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	221	N/A	20/04/2022
* Nitrógeno Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	74,8	N/A	20/04/2022
pH	-	PE-LSA-01	8,17	+/- 0,08	20/04/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	151	N/A	20/04/2022
* Detergentes	mg/L	STANDARD METHODS 5540 - C	2,52	N/A	20/04/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B	630	N/A	20/04/2022

**MA – 038-22**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/L	EPA 418,1	46,86	N/A	20/04/2022
* Fósforo Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	6,5	N/A	20/04/2022

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).

- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información

-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

-LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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

Nº SE: 026-22

* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	21	N/A	20/04/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	44	N/A	20/04/2022
* Nitrógeno Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	25,3	N/A	20/04/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	70	N/A	20/04/2022
* Detergentes	mg/L	STANDARD METHODS 5540 - C	1,12	N/A	20/04/2022
* Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - B	< 1	N/A	20/04/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B	368	N/A	20/04/2022
* Oxígeno Disuelto	mg/L	STANDARD METHODS 4500-O-G MOD	5,68	N/A	20/04/2022
* Sólidos Sedimentables	mL/L	STANDARD METHODS 2540 - F	< 0,1	N/A	20/04/2022
* Níquel	mg/L	STANDARD METHODS 3500 Ni - 3111B	0,09	N/A	20/04/2022
* Arsénico	mg/L	STANDARD METHODS 3500 As - 3111B	< 0,03	N/A	20/04/2022

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

**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

## RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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

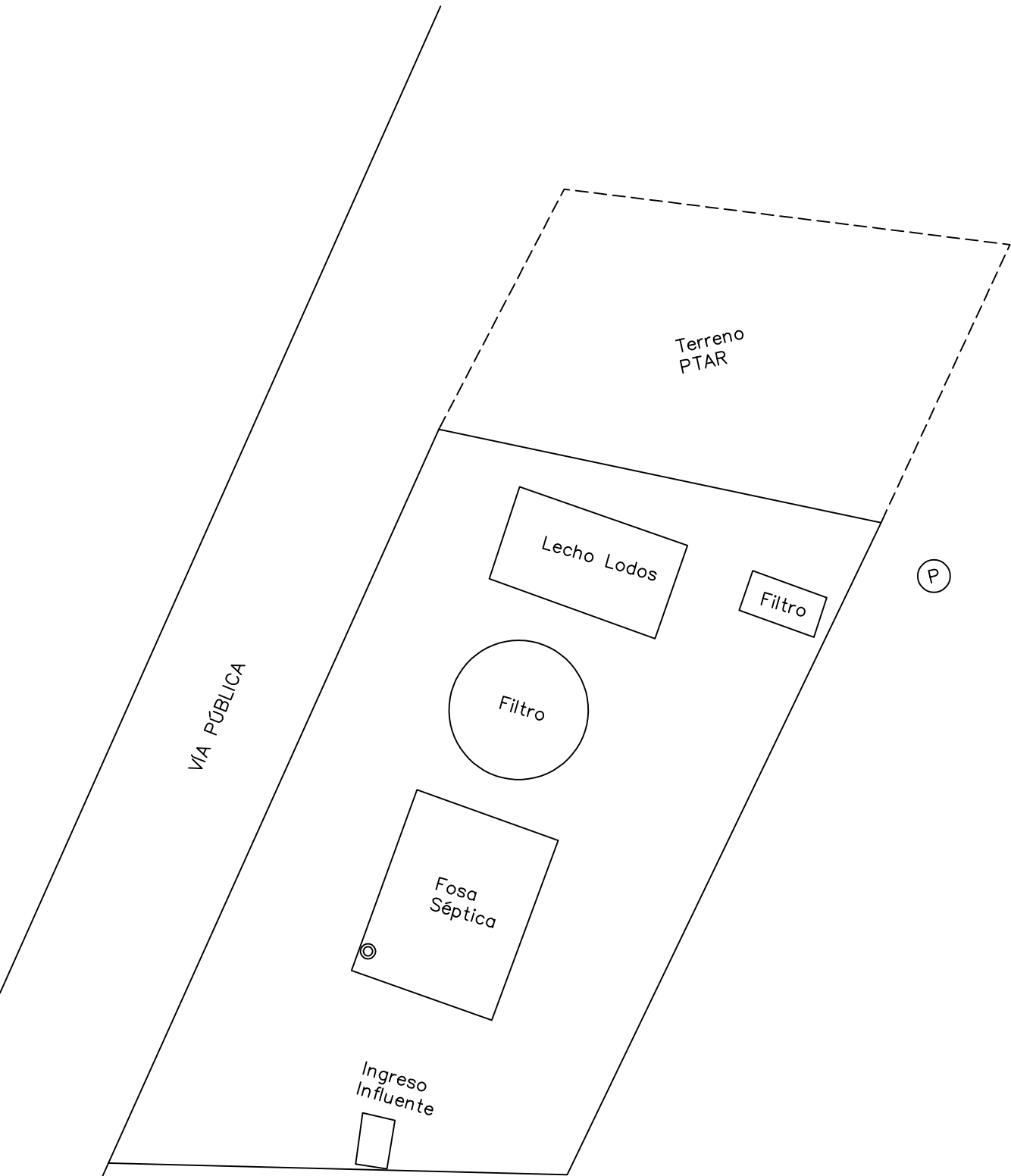


Dr. Juan Carlos Lara R.  
**TECNICO L.S.A.**

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

**ANEXOS B:**

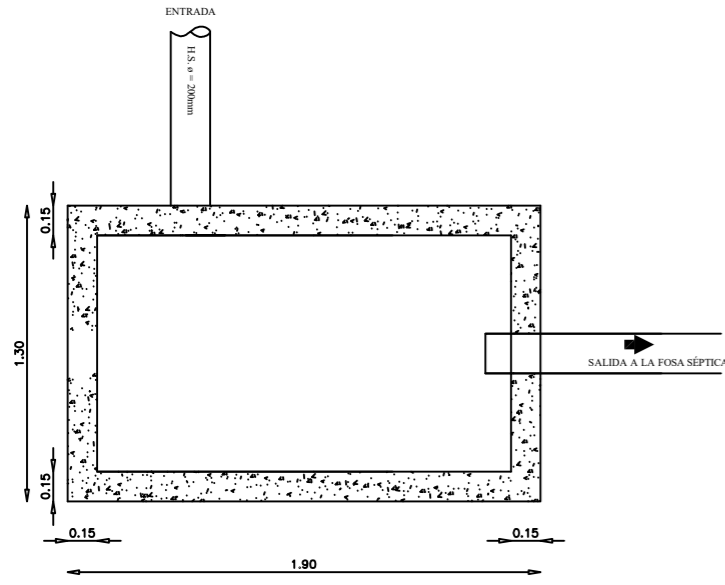
# PLANOS



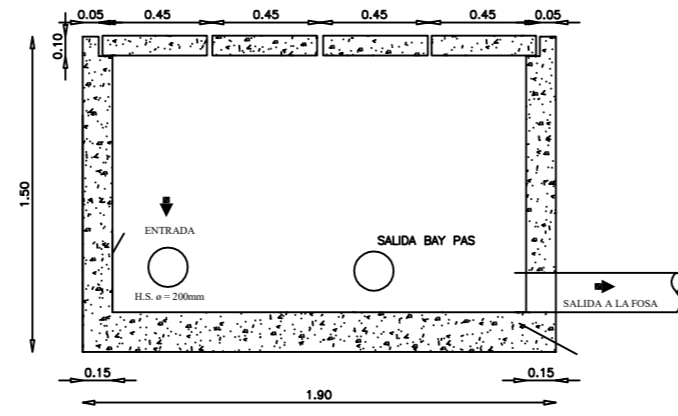
○ Descarga



## DESARENADOR

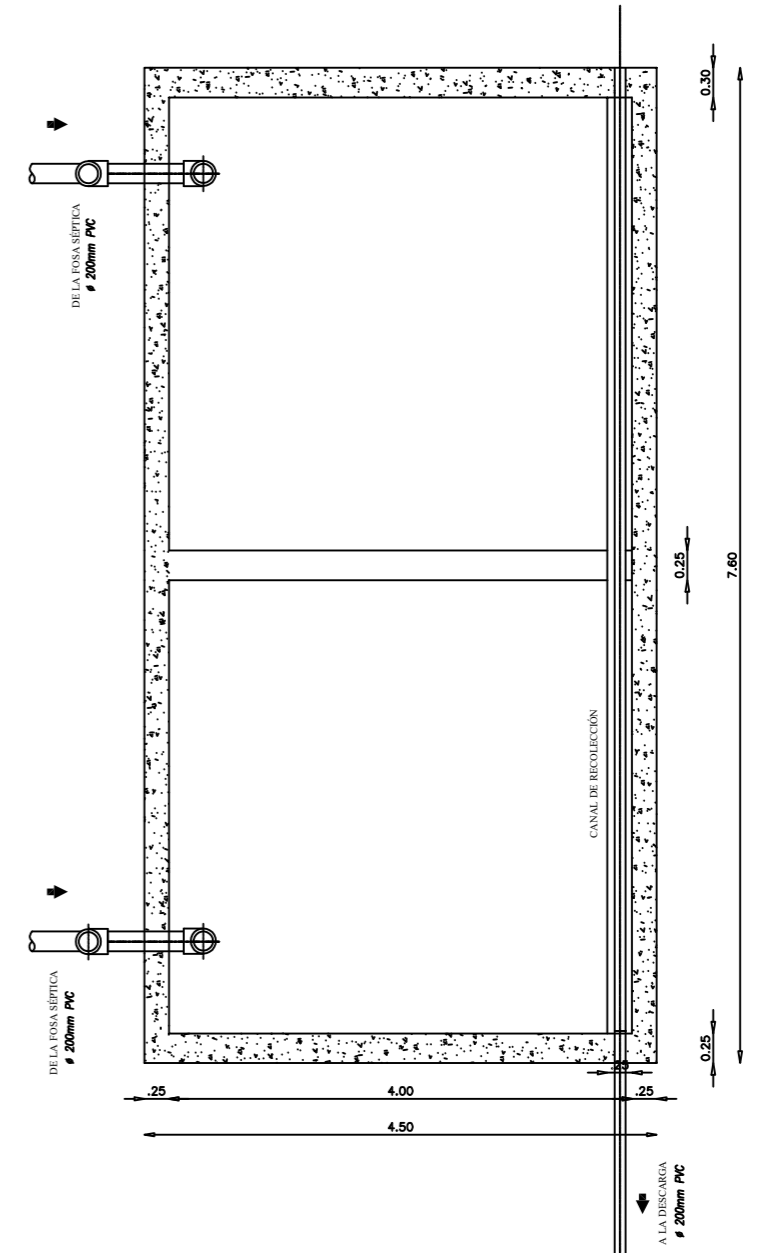


VISTA EN PLANTA



CORTE

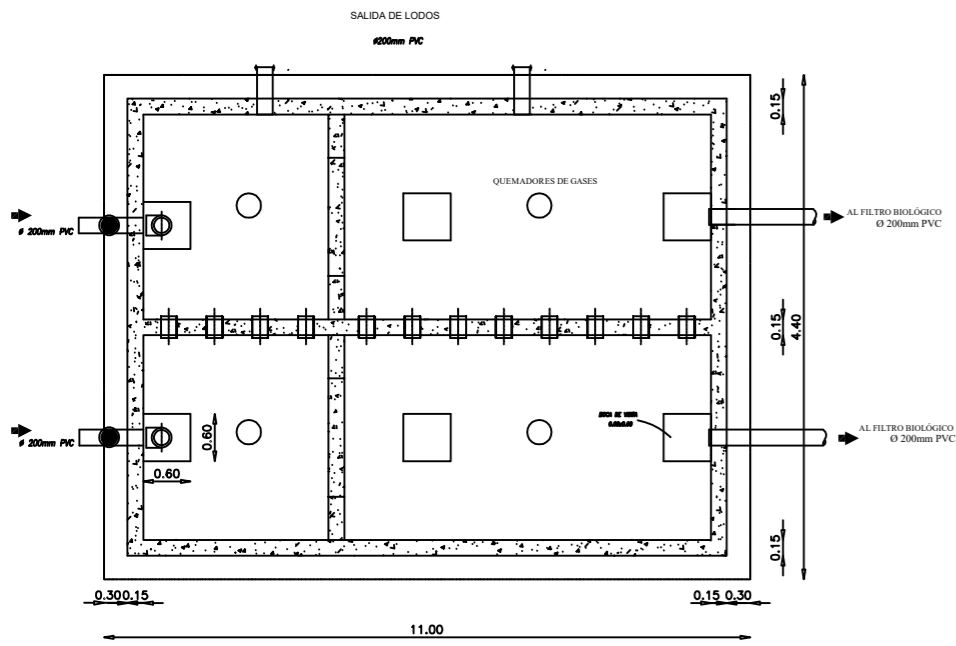
## LECHO DE SECADO DE LODOS



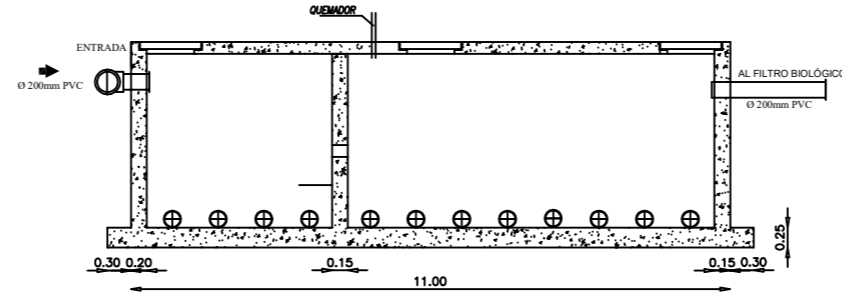
LECHO DE SECADO DE LODOS - PLANTA

ESC. ----- 1:40

## TANQUE SÉPTICA



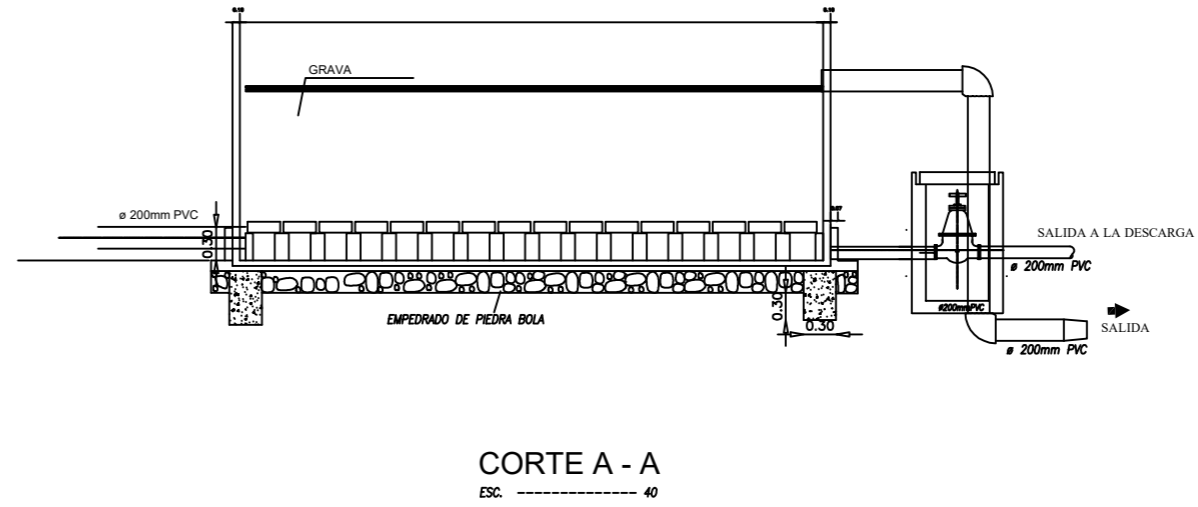
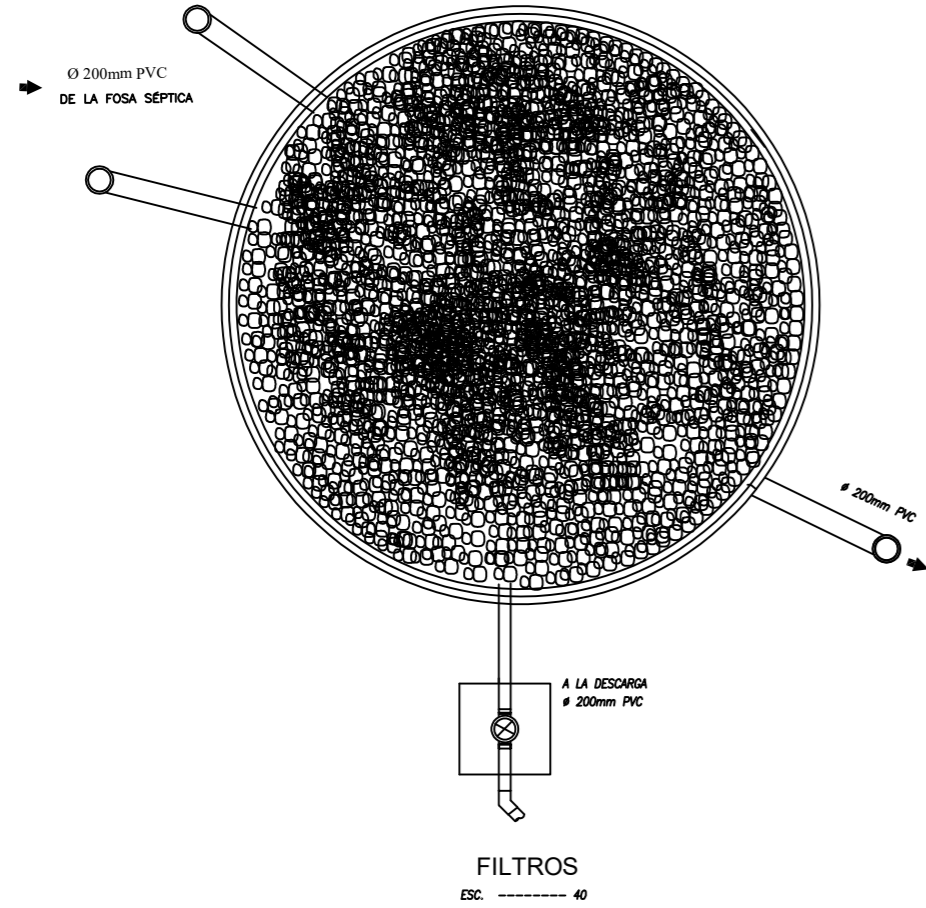
TANQUE SÉPTICO - PLANTA



CORTE A - A

ESC. ----- 1:50

# FILTRO BIOLÓGICO



# FILTRO DESCENDENTE

