



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

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

Autor: Kleber Alfredo Arevalo Gavilanes

Tutor: Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

AMBATO – ECUADOR

Septiembre – 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **"EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LUIS LÓPEZ, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"**, elaborado por el Sr. **Kleber Alfredo Arevalo Gavilanes**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804754370, 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.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Kleber Alfredo Arevalo Gavilanes**, con C.I. 1804754370 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 LUIS LÓPEZ, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"**, así como también los análisis, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



Kleber Alfredo Arevalo Gavilanes

C.I. 1804754370

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, septiembre 2022



Kleber Alfredo Arevalo Gavilanes

C.I. 1804754370

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Kleber Alfredo Arevalo Gavilanes, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **"EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LUIS LÓPEZ, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"**.

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:



Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicado a mis padres Eladio y Delia, quienes han sido el pilar fundamental en mi preparación académica como en mi formación personal desde el día en que nací hasta ahora que he concluido mi carrera.

A mis abuelitas, Zoila y María, ya que cada una de ustedes me han brindado su amor, conocimiento y a la vez me han inspirado a salir adelante, a cumplir mis sueños y metas sin importan cuán difícil sea el camino de la vida.

A mi abuelito Alfredo, que por cosas de la vida no está a mi lado y con lo poquito que compartimos te convertirte en alguien especial en mi vida, siempre te recordare.

Kleber Alfredo Arevalo Gavilanes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgencita Santa Anita por brindarme tantas bendiciones, por cuidarme, guiarme, protegerme y darme fuerzas para afrontar día tras día los obstáculos que se presentan en la vida.

A mis padres por todo el apoyo incondicional que me han brindado, En especial a ti mamá por siempre estar a mi lado, apoyándome, imparténdome tus consejos para intentar formar en mí una persona de bien.

A mis tíos Danilo y Beatriz, mis segundos padres, que con sus palabras de aliento y consejos me ayudaron a seguir adelante y nunca rendirme.

A mis hermanos Welington y Wendy por formar parte de mi vida, por brindarme su amor y amistad en el transcurso de la vida.

A mis primos Xavier, Jimmy y Gisela, por el apoyo que me han brindado durante el transcurso de mi carrera universitaria.

A mis amigos por su amistad y apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria ya que ustedes hicieron que la Universidad sea más llevadera.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil quienes me brindaron sus conocimientos para mi formación académica, y de manera especial a mi tutor Ing. Fabián Morales por la paciencia y ayuda durante la ejecución de este proyecto.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron y me apoyaron para lograr esta meta, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación.....	7
1.1.3 Fundamentación Teórica	9
1.1.3.1 PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales).....	9
1.1.3.2 Aguas residuales.....	9
1.1.3.3 Métodos de tratamiento de aguas residuales	9
1.1.3.4 Características de las aguas residuales	10
1.1.3.5 Tipos de aguas residuales	11
1.1.3.5.1 Domésticas o urbanas	11
1.1.3.5.2 Aguas pecuarias.....	11
1.1.3.5.3 Aguas agrícolas	12
1.1.3.6 Tipos de tratamiento de aguas residuales	12
1.1.3.6.1 Tratamiento preliminar	12
1.1.3.6.2 Tratamiento primario.....	12
1.1.3.6.3 Tratamiento secundario	13
1.1.3.7 Agua residual tratada.....	13
1.1.3.8 Componentes para el tratamiento de aguas residuales.....	17
1.1.3.8.1 Cribado	17
1.1.3.8.2 Desarenador.....	17
1.1.3.8.3 Tanque séptico.....	18

1.1.3.8.4 FAFA	18
1.1.3.8.5 Lecho de secado de lodos	18
1.1.3.8.6 Desinfección	18
1.1.3.9 Parámetros para la evaluación de la calidad de aguas residuales.....	19
1.1.3.9.1 Sólidos Suspendidos Totales (SST)	19
1.1.3.9.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	19
1.1.3.9.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	19
1.1.3.9.4 Contenido de nutrientes (Nitrógeno N y Fósforo P)	20
1.1.3.9.5 Potencial Hidrógeno (PH)	20
1.1.3.10 Porcentaje de remoción teórica por procesos unitarios	20
1.1.4 Hipótesis	21
1.1.4.1 Hipótesis de trabajo	21
1.1.4.2 Hipótesis Nula	21
1.2 Objetivos	22
1.2.1 General	22
1.2.2 Específicos.....	22
CAPÍTULO II	23
2.1 Materiales y Equipos	23
2.2 Metodología.....	24
2.2.1 Niveles o tipos de investigación	25
2.2.2 Plan de recolección de información	26
2.2.3 FASE I: Levantamiento de información de la PTAR.....	28
2.2.3.1 Ubicación.....	28
2.2.3.2 Unidades que conforman el tratamiento.....	30
2.2.3.3 Diagrama de flujo de los procesos de tratamiento del agua residual	31
2.2.4 FASE II: Trabajo e investigación de campo.....	32
2.2.4.1 Medición de caudales	32
2.2.5 FASE III: Trabajo e investigación de laboratorio	37
2.2.5.1 Toma de muestras del afluente y efluente de la PTAR	37
2.2.6 FASE IV: Evaluación y diagnóstico del funcionamiento de la PTAR.....	39
2.6.1 Dimensiones actuales de la PTAR	43
2.6.1.1 Tanque repartidor	43
2.6.1.2 Tanque séptico.....	44
2.6.1.3 Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA).....	46

2.6.1.4	Filtro descendente.....	47
2.6.1.5	Lecho de secado de lodos	48
2.6.2	Diagnóstico actual del funcionamiento teórico de la PTAR	50
2.6.2.1	Diagnóstico del tanque repartidor de caudales	50
2.6.2.2	Diagnóstico del tanque séptico	51
2.6.2.3	Diagnóstico del lecho de secado de lodos	54
2.6.2.4	Diagnóstico del filtro anaeróbico de flujo ascendente	57
2.6.2.5	Diagnóstico del filtro descendente	60
CAPÍTULO III.....		62
3.1	Análisis y discusión de los resultados	62
3.1.1	Recolección de muestras	62
3.1.2	Análisis y comparación de resultados con el TULSMA 2015	63
3.2	Verificación de la hipótesis	66
3.3	Propuesta de mejora	68
3.3.1	Diseño de las nuevas unidades de tratamiento de la PTAR Luis López	68
3.3.1.1	Población futura o de diseño	69
3.3.1.2	Propuesta de diseño de las nuevas unidades de la PTAR.....	74
3.3.1.2.1	Propuesta de diseño del canal de entrada	74
3.3.1.2.2	Propuesta de diseño del desarenador	77
3.3.1.2.3	Propuesta de diseño del FAFA	83
3.3.2	Diagnóstico de las unidades de tratamiento para el nuevo periodo	86
3.3.2.1	Diagnóstico del tanque séptico con el nuevo periodo de diseño.....	86
3.3.2.2	Diagnóstico del lecho de secado de lodos con el nuevo periodo de diseño.	89
3.3.2.3	Diagnóstico del filtro descendente para el nuevo periodo de diseño	92
3.3.2.4	Presupuesto de obra de las nuevas unidades de tratamiento a construirse ..	94
3.4	Plan de mantenimiento y operación de la PTAR Luis López	95
3.4.1	Resumen de actividades.....	105
CAPÍTULO IV.....		107
4.1	Conclusiones	107
4.2	Recomendaciones	108
BIBLIOGRAFÍA		109
ANEXOS		113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas, químicas, biológicas del agua residual y su procedencia	10
Tabla 2.(continuación) Características físicas, químicas, biológicas del agua residual y su procedencia.....	11
Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	13
Tabla 4. (Continuación) Límites de descarga al sistema de alcantarillado público ...	14
Tabla 5.(Continuación) Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	15
Tabla 6. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	15
Tabla 7. (continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	16
Tabla 8. (continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	17
Tabla 9. Porcentaje de remoción teórica por procesos unitarios.....	21
Tabla 10. Materiales.....	23
Tabla 11. Equipos.....	23
Tabla 12.Resumen de caudales de ingreso a la PTAR (lt/s)	33
Tabla 13. Resumen de caudales de salida de la PTAR (lt/s).....	35
Tabla 14. Dimensiones del tanque repartidor	43
Tabla 15. Dimensiones del tanque séptico	44
Tabla 16. Dimensiones del filtro biológico.....	46
Tabla 17. Dimensiones del filtro descendente	47
Tabla 18. Dimensiones del lecho de secado de lodos	49
Tabla 19. Datos para el diagnóstico del tanque séptico.	51
Tabla 20. Tiempos de retención	52
Tabla 21. Tasa de acumulación de lodos según el intervalo de limpieza y la temperatura.....	53
Tabla 22. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos	54
Tabla 23. Tiempo requerido para la digestión de lodos	55
Tabla 24. Datos para el diagnóstico del FAFA	57
Tabla 25. Criterios de diseño para filtros anaeróbicos.....	59
Tabla 26. Datos para el diagnóstico del filtro descendente.....	61
Tabla 27. Resultados de los análisis del agua que ingresa a la PTAR (lt/s)	63
Tabla 28. Resultados de los análisis del agua de salida de la PTAR (lt/s).....	63
Tabla 29. Remoción teórica por procesos unitarios	64

Tabla 30. Comparación de los resultados con los valores máximos permisibles del TULSMA 2015	64
Tabla 31. Porcentaje de remoción real de contaminantes	65
Tabla 32. Porcentaje de remoción teórica de contaminantes	66
Tabla 33. Resumen de la evaluación de la PTAR Luis López.....	67
Tabla 34. Población censal del cantón Quero	69
Tabla 35. Población censal del cantón Quero	69
Tabla 36. Materiales y coeficientes de infiltración	73
Tabla 37. Datos para el cálculo del canal de entrada	75
Tabla 38. Propuesta de diseño del canal de entrada.....	76
Tabla 39. Datos para el cálculo del desarenador.....	77
Tabla 40. Propuesta de diseño del desarenador	83
Tabla 41. Datos para la propuesta de diseño del FAFA.....	83
Tabla 42. Propuesta de diseño del FAFA.....	86
Tabla 43. Datos para el diagnóstico del tanque séptico	87
Tabla 44. Tiempos de retención	88
Tabla 45. Tasa de acumulación de los lodos según el intervalo de limpieza y la temperatura.....	88
Tabla 46. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos	90
Tabla 47. Tiempo requerido para la digestión de lodos	90
Tabla 48. Datos para el diagnóstico del filtro descendente.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tratamiento de aguas residuales de la PTAR.....	12
Figura 2. Quero y su división política.....	28
Figura 3. Ubicación del proyecto.....	29
Figura 4. Climatología y ubicación del proyecto.....	29
Figura 5. Comunidad Luis López.....	30
Figura 6. Planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López....	31
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento del agua residual.....	31
Figura 8. Diagrama de caudales de ingreso a la PTAR.....	34
Figura 9. Diagrama de caudales de salida de la PTAR.....	35
Figura 10. Toma de caudales del afluente de la PTAR.....	36
Figura 11. Toma de caudales del efluente de la PTAR.....	36
Figura 12. Toma de muestras de agua al ingreso de la PTAR.....	37
Figura 13. Toma de muestras de agua a la salida de la PTAR.....	38
Figura 14. Identificación de las muestras tomadas.....	38
Figura 15. Estado de la PTAR de la comunidad Luis López.....	39
Figura 16. Estado de la PTAR de la comunidad Luis López.....	40
Figura 17. Estado del tanque repartidor.....	40
Figura 18. Estado del tanque séptico.....	41
Figura 19. Estado del medio filtrante y FAFA.....	42
Figura 20. Estado del medio filtrante y FAFA.....	42
Figura 21. Vista en planta del tanque repartidor.....	43
Figura 22. Vista de corte del tanque repartidor.....	44
Figura 23. Vista en planta del tanque séptico.....	45
Figura 24. Vista de corte del tanque séptico.....	45
Figura 25. Vista en planta del filtro biológico.....	46
Figura 26. Vista de corte del filtro biológico.....	47
Figura 27. Vista en planta del filtro descendente.....	47
Figura 28. Vista de corte del filtro descendente.....	48
Figura 29. Vista en planta del lecho de secado de lodos.....	49
Figura 30. Vista de corte del lecho de secado de lodos.....	50
Figura 31. Diagrama del porcentaje de remoción real de contaminantes.....	65
Figura 32. Propuesta del nuevo tren de tratamiento de aguas residuales.....	68

Figura 33. Curva de comportamiento..... 79

RESUMEN

El presente trabajo experimental tiene como finalidad evaluar la PTAR de la comunidad Luis López mediante un análisis de agua residual tomando en cuenta la Norma vigente TULSMA 2015, debido a la necesidad de determinar si su efluente cumple con los límites permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce.

Para la evaluación de la PTAR se inició con la recolección de información del estado actual de la misma, posteriormente se continuó con la toma de caudales de su afluente como de su efluente durante 7 días consecutivos para determinar el caudal máximo, con el cual se procedió a realizar un diagnóstico de sus unidades de tratamiento. Una vez obtenido el caudal máximo se tomó las muestras de agua de entrada y salida de la Planta para enviarlas a un laboratorio certificado a realizar su respectivo análisis físico químico.

En la evaluación de la Planta de Tratamiento se realizó el dimensionamiento de cada una de las unidades para compararlas con las dimensiones teóricas calculadas, en la cual se constató que el FAFA no cumple con el dimensionamiento según la norma, la evaluación también contempla una comparación de los resultados obtenidos en laboratorio con los límites máximos permisibles del TULSMA 2015. En la cual se observó que todos los parámetros cumplen.

Una vez procesada toda la información se propone implementar un desarenador y aumentar sección del FAFA, para complementar la propuesta de mejora se detalló un plan de operación y mantenimiento para el desempeño óptimo de las estructuras hidráulicas.

Palabras clave: PTAR, Agua residual, DBO, DQO, Sólidos suspendidos

ABSTRACT

The purpose of this experimental work is to evaluate the WWTP of the Luis López community through an analysis of wastewater based on the TULSMA 2015 Standard, due to the need to determine if its effluent complies with the discharge limits in fresh water bodies.

For the evaluation of the WWTP, it began with a survey of information on the current condition, later measurement of the influent and effluent flows was carried out for 7 days to determine the maximum flow. Also it proceeded a diagnosis of their treatment units. Once the maximum flow was obtained, the samples of water of the treatment plant were taken to send them to a certified laboratory to carry out their respective physical-chemical analysis.

In the evaluation of the Treatment Plant, the sizing of each of the units was carried out to compare them with the calculated dimensions, it was found that the Anaerobic Filter does not comply with the sizing according to the standard, the evaluation also contemplates a comparison of the results obtained in the laboratory with the maximum permissible limits of the TULSMA 2015 Standard. It was observed that all the parameters comply.

Once all the information has been processed, it is proposed to implement a sand trap and increase the Anaerobic Filter section. To complement the improvement proposal, an operation and maintenance plan was detailed for the optimal performance of the hydraulic structures.

Keywords: WWTP, Wastewater, BOD, COD, Suspended solid

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1 Antecedentes

Naciones Unidas plantea una serie de objetivos para fomentar el desarrollo sostenible y sustentable de cada uno de los países del mundo. El objetivo 6 menciona: “Agua limpia y saneamiento para todos”. Con el pasar de estos últimos años se ha observado un relativo avance de manera sustancial al momento de extender y aumentar servicios tales como agua potable y saneamiento, sin embargo, con todos y esos avances progresivos aún existen millones de personas que no disponen de estos servicios básicos para el desarrollo apropiado de la vida. Esto es preocupante ya que 673 millones de personas todavía defecan libremente, así como también es preocupante que a nivel mundial aproximadamente el 80% de las aguas residuales provenientes de actividades humanas se echan en ríos o mares sin tratamiento previo, lo cual conlleva a la contaminación del medio ambiente.[1]

El informe de América latina y el Caribe, menciona que los sectores con un mayor déficit de agua potable, saneamiento y manejo de aguas residuales se concentran en sectores pobres de las grandes urbes y en el sector rural, debido a todas estas situaciones podemos mencionar que los orígenes de contaminación que más afectan a las fuentes hídricas es la falta o nulidad de tratamiento de las aguas servidas domésticas. Se estima que tan solo un 25% a 30% de las aguas residuales del sector urbano es retornado a los cuerpos hídricos previo algún nivel de remoción de contaminantes. Por otro lado, las plantas de tratamiento existentes no están en buen estado debido a insuficiencia de recursos económicos.[2]

En Ecuador el problema de las aguas residuales es de suma importancia, pero se ha intervenido de manera ineficaz, esto debido a la falta de infraestructura física disponible para el tratado de las mismas. Se estima que el 90% de las aguas residuales del país se descargan directamente en las fuentes sin ningún tratamiento previo.[3]

La posibilidad de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales son varias, así de la misma forma son varias las posibilidades de evaluar los componentes o la planta en sí. Santiago Lema estudiante de la Universidad Católica del Ecuador de la carrera de Ingeniería Civil, en su investigación realizada a la planta de tratamiento de la parroquia San Pablo del Lago del cantón Otavalo, específicamente al sistema de tratamiento secundario, constituido de 54 estanques con Jacinto de agua, con el fin de determinar las cantidades removidas de DBO₅ y coliformes fecales. Nos indica que las cantidades bacteriológicas por coliformes fecales están fuera de los límites permisibles según el TULSMA 2015, para lo cual el autor recomienda implementar un tratamiento terciario para mejorar la calidad del agua de descarga.[4]

En el trabajo de investigación realizada a la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio Villaflora ciudad de Quito, Roció Vilaña Chungandro estudiante de la Escuela Politécnica del Ecuador de la carrera de Ingeniería Civil efectúa un análisis de aguas residuales en la cual se pudo evidenciar parámetros como: DQO, nitrógeno amoniacal y coliformes totales están fuera de los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce. Para cumplir con los parámetros y normas del capítulo 5 del TULSMA, la autora propone un nuevo diseño para la PTAR. (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), la cual consta de: Una rejilla, fosa séptica de doble cámara, filtro anaeróbico de flujo ascendente y un sistema de desinfección. De la misma forma una de las recomendaciones más relevantes que menciona es aplicar el “Manual de Operación y Mantenimiento” propuesto en su proyecto de investigación.[5]

El percibir malos olores en una planta de tratamiento de aguas residuales ya sea dentro o peor aún fuera de ella es signo de que no está funcionando de manera óptima, así lo reiteran Cesar García y Joaquín Fonseca estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José Caldas Bogotá-Colombia en su investigación realizada, en la cual mencionan que una vez realizada una visita técnica del lugar de estudio se identificó el deterioro de las obras hidráulicas que conforman la planta de tratamiento, a la vez que producen olores fuertes, posteriormente en la recolección de información se determinó que el último análisis de aguas se lo ha realizado hace 6 años atrás. Por todo

lo cual los autores proponen realizar la reconstrucción de obras dañadas, disponer de personal capacitado para el mantenimiento de la planta, así también recomiendan realizar un análisis periódico de las aguas residuales para constatar la remoción de contaminantes y evitar la contaminación de ríos en los cuales se desemboca el efluente.[6]

Según Mauricio Medina estudiante de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa de la carrera de Ingeniería Sanitaria, las obras realizadas para saneamiento de aguas residuales en poblaciones medianas y comunidades pequeñas por lo general no cumplen con los límites máximos permisibles de remoción de contaminantes según normativas vigentes peruanas. La PTAR “Rio Seco” ubicada en el distrito de la Joya no es la excepción, pues al realizar el análisis de su efluente se determinó que la DBO₅ contenida en el agua está fuera de los límites, para lo cual dicho efluente ya no podía ser utilizado como agua de riego como se la venía utilizando hace 35 años atrás, ya que dichos cultivos pueden afectar a la salud de sus consumidores. Para bajar la cantidad de DBO₅ el autor propone realizar un sistema de zanjas de oxidación pues es un sistema de tratamiento económico que cumple con el propósito requerido.[7]

En el trabajo de investigación efectuado en la ciudad de Francisco de Orellana (Coca), David Bunces Sunta estudiante de la Escuela Politécnica del Ecuador de la carrera de Ingeniería Ambiental, menciona que el funcionamiento óptimo de una planta de tratamiento que a su vez cumpla con los parámetros permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce depende de muchos factores previos a la construcción de la misma, tales como estudios de agua potable, calidad de agua, impacto ambiental, demografía, hidrología, topografía del sector, sin olvidar el planteamiento de la factibilidad económica. Todas estas actividades conllevan al excelente desempeño de una PTAR, que al final de todo contribuiría a la reducción de la contaminación hídrica y ambiental del sector.[8]

En la evaluación realizada a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo, María Portero y Víctor Amat, estudiantes de la Universidad Católica de

Santiago de Guayaquil de la carrera de Ingeniería Civil, recalcan que el funcionamiento óptimo de la PTAR no está sujeta únicamente a una evaluación de aguas del afluente y efluente de la misma, puesto que en dicha apreciación se encontraba por debajo de los límites permisibles lo cual está correctamente, sin embargo la planta no se encontraba funcionando en óptimas condiciones y esto debido a que la parte operativa de la planta no estaba realizando su trabajo adecuadamente. Los investigadores mencionan que el capacitar a los operarios de la planta es parte fundamental del óptimo desempeño de la PTAR.[9]

En la evaluación realizada a la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Zona Libre del cantón Quero, describe que la planta no está funcionando en óptimas condiciones ya que hay sustancias que se están removiendo en porcentajes extremadamente bajos e inclusive no hay remoción de los mismos, tales como: fósforos totales, aceites y grasas. Adicionalmente se constató mediante una evaluación en base a diferentes manuales de diseño que el filtro anaeróbico de flujo ascendente esta sub dimensionado con una diferencia en el volumen del 19%. En consecuencia el autor recomienda implementar un cribado y un desarenador para obtener la remoción adecuada de las sustancias antes mencionadas.[10]

En muchas ocasiones la causa del mal desempeño de una planta de tratamiento de aguas residuales no es únicamente el sub-dimensionamiento y la falta de operatividad, así lo explica Susana Jiménez estudiante del Instituto Tecnológico de Costa Rica de la carrera de Ingeniería Ambiental en su investigación. En la cual menciona que la laguna facultativa que actualmente está en funcionamiento en dicha PTAR es demasiado grande, tan solo es necesario 1/6 de área de la cual está conformada, razón por la cual se producen una sobrepoblación de algas y un efluente que no cumple con normas vigentes, para la cual propone la construcción de dos lagunas que estén acordes a la demanda requerida. Una facultativa y la otra de macrófitas.[11]

En la investigación realizada a la PTAR y red de alcantarillado de la urbanización Bohíos de Jatumpamba, cantón Rumiñahui, Johan Oscullo estudiante de la Escuela

Politécnica del Ecuador de la carrera de Ingeniería Civil menciona que la planta en estudio como la red de alcantarillado ya cumplió su vida útil de funcionamiento, por lo cual la remoción de contaminantes es casi nula. El autor propone un rediseño total de la red y la PTAR, contando con un sistema de pretratamiento que disponga de una rejilla y desarenador, un sistema de tratamiento primario con un tanque séptico y un tratamiento complementario mediante un filtro anaeróbico de flujo ascendente y un lecho de secado de lodos. Por último recomienda concientizar el uso del agua ya que la demanda de agua potable en la urbanización es muy alta con respecto a la recomendada por el Código Ecuatoriano de la Construcción y el municipio del cantón Rumiñahui.[12]

En la investigación realizada por Ricardo Urbina a la PTAR de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, menciona que a dicha planta no se ha realizado un estudio completo del efluente, remoción de contaminantes y tampoco se ha medido la capacidad del sistema, por lo cual se decide realizar un análisis físico químico de la planta de tratamiento, dando como resultado que todos los parámetros analizados cumplen con los límites permisibles de descarga a fuentes de agua dulce según la normativa a excepción de los coliformes fecales. Por lo cual el autor recomienda realizar una investigación detallada de dicho parámetro y determinar si es necesario la implementación de un tratamiento complementario.[13]

De la misma manera se evaluó otra planta de tratamiento en el cantón Quero, comunidad de Puñachizag, en la cual el autor menciona que el tanque séptico no cumple con los criterios y recomendaciones que establecen las normas o manuales correspondientes. En la cual propone un rediseño del mismo donde cumpla con los requerimientos de acuerdo a normas establecidas, de la misma manera recomienda realizar un control periódico del estado de la planta, pues un correcto desempeño de la misma ayuda a la conservación de las cuencas hidrográficas del país y la conservación del medio ambiente del sector.[14]

En la investigación realizada a la PTAR de la parroquia San Andrés del cantón Píllaro, Karina Tamay estudiante de la Universidad Técnica de Ambato de la carrera de Ingeniería Civil menciona que tanto la DBO₅ y la DQO no cumplen con los límites permisibles según el TULSMA 2015, para lo cual propone revisar el dimensionamiento de las unidades de tratamiento existentes y aplicar el “Plan de Operación y Mantenimiento” descrito en su investigación.[15]

El sector rural del cantón Quero junto con sus comunidades disponen de varias plantas de tratamiento, las mismas que no están funcionando de manera óptima, ya sea por un incorrecto dimensionamiento de sus unidades de tratamiento, falta de presupuesto para su mantenimiento, evaluación e inclusive falta de personal técnico capacitado y especializado para la operación y mantenimiento de las PTAR; debido a todo lo antes mencionado, estudiantes de la Universidad Técnica de Ambato con la apertura y colaboración del Gobierno Autónomo de la Municipalidad del cantón Quero han decidido realizar evaluaciones a cada una de las Plantas de tratamiento del cantón y determinar el estado de funcionalidad en que se encuentran actualmente éstas.

En este trabajo de investigación se tratará de la problemática existente en la “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua”.

1.1.2 Justificación

La calidad de vida y el desarrollo de los seres humanos va de la mano con la dotación de los servicios básicos. Para brindar una mejor vida a las personas es necesario dotar de servicios primordiales como; agua potable, alcantarillado sanitario, plantas de tratamiento de aguas residuales. De esta manera contribuirá positivamente a la salud y desarrollo de los habitantes del cantón, así como de la comunidad. Otro de los aportes será la conservación del medio ambiente, cuerpos hídricos y cuencas hidrográficas del País.[16]

El porcentaje de aguas servidas tratadas en América Latina es muy bajo con relación a la cantidad total de agua negras generadas, entonces es importante realizar un plan de tratamiento adecuado para dichas aguas residuales antes de ser depositadas en corrientes hidrográficas. De esa forma se evita la proliferación enfermedades en la población ya que se disminuirá considerablemente la cantidad de bacterias y protozoos de las aguas servidas.[17]

Países en vías de desarrollo como Ecuador tienen grandes problemáticas de saneamiento de aguas residuales y escasos recursos, estos recursos se ven reducidos aún más, cuando obras de este tipo no captan la atención de los votantes en épocas electorales. Esto claramente refleja el poco o nulo interés de la administración de los GAD's en el cuidado del medio ambiente. La manera de evitar todo lo antes mencionado será concientizando a las autoridades y habitantes que el cuidado de recursos naturales como el agua es primordial para el desarrollo de las generaciones venideras, tanto como lo es invertir en infraestructura para el saneamiento de aguas residuales ya que ayuda a la reducción de la contaminación del líquido vital, con la cual disminuirá significativamente el riesgo de sufrir enfermedades de los habitantes de la comunidad.[18]

En Ecuador del 100% de agua captada y enviada para consumo humano diario, aproximadamente el 70% de ésta es destinada para el consumo de la población, parte

del agua utilizada es evacuada por sistemas de alcantarillado, donde el 55.8% del agua de evacuación es tratada, por otra parte, el 44.2% del agua restante se evacua directamente sin tratarla en: pozos sépticos, canales o son vertidas directamente en afluentes del país. Estos datos evidencian que en Ecuador aún falta mucho por hacer en cuanto se refiere a saneamiento de aguas residuales.[19]

En el diario vivir de una población, el tratamiento de las aguas residuales es de suma importancia junto con el análisis y mantenimiento de la PTAR, pues al realizar el debido tratamiento de las aguas servidas se disminuirá considerablemente la cantidad de microorganismos perjudiciales y dañinos del agua. Al finalizar el proceso de tratamiento del agua serán desembocadas en quebradas o cauces naturales del sector. Todo lo antes mencionado incluyendo un apropiado y correcto análisis del funcionamiento de la PTAR conllevará a la conservación de la flora y fauna de la localidad y del cantón.[8]

La presente investigación aportará información relevante a los habitantes de la comunidad como al GAD municipal del cantón Quero, en la cual se presentará un informe del dimensionamiento de las unidades de tratamiento de la PTAR, mediciones de caudales de ingreso y salida, así como también un análisis del afluente y efluente. Propinando mejoras a la planta en estudio y generando un “Plan de Operación y Mantenimiento” para el desempeño óptimo de la misma.

1.1.3 Fundamentación Teórica

Una planta de tratamiento de aguas servidas contribuye con varios beneficios para la población y el medio ambiente siempre y cuando a esta se la acompañe de un debido mantenimiento caso contrario se volverá un problema para sus habitantes.

1.1.3.1 PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales)

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es el conjunto de estructuras y procesos unitarios, en la cual ingresan aguas residuales de origen natural, doméstica e industrial.[20] El propósito de una PTAR es de eliminar, separar o disminuir contaminantes existentes mediante procesos químicos, biológicos y físicos para posteriormente ser desembocadas en cauces de origen natural o reutilizadas en actividades como la agricultura y la industria, mas no para el consumo humano.[21]

1.1.3.2 Aguas residuales

Se denominan aguas residuales, aquellas aguas que han modificado sus características originales por actividades del hombre, llamadas también agua servidas, aguas fecales o aguas negras. Debido a sus altos contenidos de contaminantes, estas deben ser tratadas y posteriormente enviadas a los cauces naturales.[22]

1.1.3.3 Métodos de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales puede ser físico-químico o biológico, según los requerimientos de dichas aguas. El procedimiento físico-químico trata de cambiar la forma de las partículas mediante la utilización de productos de esta índole para conformar partículas de mayor densidad y posteriormente apartarlas mediante procesos físicos. En cambio, en los procedimientos biológicos actúan microorganismos presentes, digiriendo la materia orgánica y produciendo material celular o gas nuevo.[18]

1.1.3.4 Características de las aguas residuales

Las aguas residuales domesticas están constituidas por el 99.9% de agua, mientras que el 0.1% es de materia sólida, de este porcentaje el 70% es de materia orgánica y el 30% restante es materia inorgánica.[23]

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

Parámetro	Origen
Físicas	
Sólidos	Residuos Domésticos e industriales
Temperatura	Residuos Domésticos e industriales
Color	Residuos Domésticos e industriales
Olor	Aguas en descomposición, residuos industriales
Químicas	
Orgánico	
▪ Proteínas	Residuos comerciales y domésticos
▪ Carbohidratos	Residuos comerciales y domésticos
▪ Grasa animal, aceites, grasa mineral	Residuos industriales, comerciales y domésticos
▪ Agentes tenso activos	Residuos comerciales y domésticos
▪ Fenoles	Residuos comerciales y domésticos
▪ Pesticidas	Residuos industriales, comerciales y domésticos
Inorgánico	
▪ PH	Residuos comerciales y domésticos
▪ Cloruros	Residuos industriales
▪ Alcalinidad	Residuos agrícolas
▪ Nitrógeno	Residuos industriales
▪ Fosforo	Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas
▪ Azufre	Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas

Fuente: Ingeniería de aguas residuales, *Metcalf & Eddy*. [24]

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

Parámetro	Origen
Químicas	
Inorgánico	Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compuestos tóxicos 	
Gases	Agua de suministros, infiltración de agua superficial Descomposición de residuos domésticos Descomposición de residuos domésticos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oxígeno ▪ Sulfuro de hidrogeno ▪ Metano 	
Bacteriológicas	
Proteínas	Residuos domésticos, plantas de tratamiento
Virus	Residuos domésticos, plantas de tratamiento
Plantas	Corrientes de agua y plantas de tratamiento
Animales	Corrientes de agua y plantas de tratamiento

Fuente: Ingeniería de aguas residuales, *Metcalf & Eddy*, [24]

1.1.3.5 Tipos de aguas residuales

1.1.3.5.1 Domésticas o urbanas

Como su nombre mismo los describe, las aguas residuales domésticas son aguas provenientes de los hogares y locales comerciales tanto públicos como privados. Estas aguas son el resultado de actividades de limpieza, aseo, entre otras actividades de cada una de las personas, las mismas que por su naturaleza contienen patógenos, detergentes, sólidos entre otras sustancias en diferentes cantidades.[14]

1.1.3.5.2 Aguas pecuarias

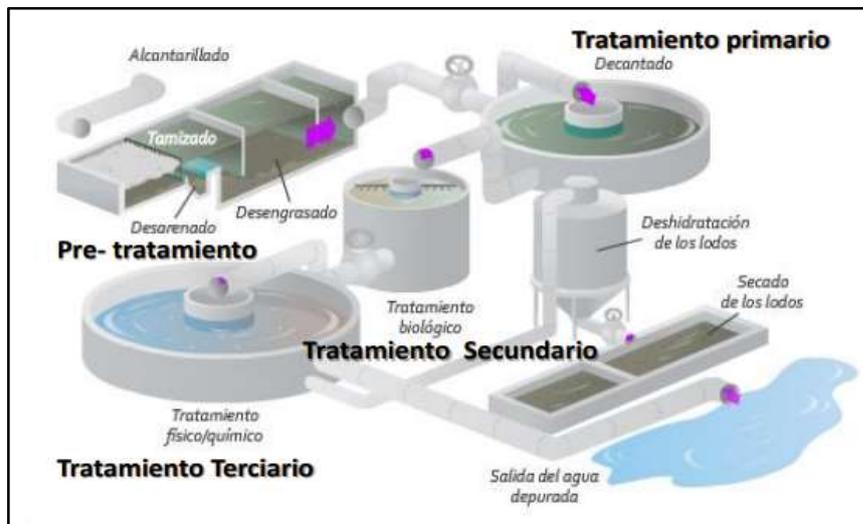
Las aguas residuales pecuarias son el resultados de los desechos producidos por la actividad ganadera, así como: el agua que se utiliza para la limpieza de establos, maquinaria y recipientes que se emplea en dicha actividad, desembocando directamente en los cauces de ríos sin previo tratamiento, afectando al medio ambiente.[20]

1.1.3.5.3 Aguas agrícolas

El agua residual de origen agrícola es proveniente de actividades del campo, dichas aguas son arrastradas por la lluvia y en ocasiones por el agua de riego que por lo general se las deposita en los cauces de ríos. Su alto grado de contaminación es debido a que posee productos químicos como: fungicidas, insecticidas y pesticidas.[14]

1.1.3.6 Tipos de tratamiento de aguas residuales

Figura 1. Tratamiento de aguas residuales de la PTAR



Fuente: María Reyes.[25]

1.1.3.6.1 Tratamiento preliminar

En esta fase se acondicionará el agua residual para facilitar procedimientos posteriores, mediante este proceso se preservará las estructuras y equipos como rejas, tamices, desarenadores, también se evitará taponamientos, brindando una apariencia estética.[21]

1.1.3.6.2 Tratamiento primario

Esta fase del tratamiento consiste en la eliminación de una gran cantidad de sólidos en suspensión o sedimentables, con el fin de disminuir la contaminación biodegradable, pues gran cantidad de material eliminado es de origen orgánico. La decantación y los tratamientos físicos-químicos son los que comúnmente se utilizan en este tratamiento.[26]

1.1.3.6.3 Tratamiento secundario

Se entiende por tratamiento secundario al proceso de eliminación de materia orgánica del agua residual mediante un tratamiento biológico con sedimentación secundaria. Este proceso es el encargado de eliminar la mayor parte de materia orgánica. En el tratamiento biológico están inmersos los microorganismos, especialmente bacterias.[26]

1.1.3.7 Agua residual tratada

Las aguas residuales tratadas, se las define como aquellas aguas que han pasado por todo un proceso de una planta de tratamiento, estos procesos pueden ser individuales o colectivos, con el fin de restaurarlas al ciclo hidrológico con mínimas o nulas cantidades de contaminantes.

En nuestro país disponemos de la normativa ecuatoriana TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) para el control de aguas residuales tratadas, en la cual nos indica las cantidades máximas permisibles de sustancias a ser depositadas en el sistema de alcantarillado, así como en cuerpos de agua dulce.

Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

<i>Parámetro</i>	<i>Expresión</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>
<i>Aceites y grasas</i>	<i>Sust. Solubles en hexano</i>	<i>mg/l</i>	<i>70.0</i>
<i>Explosivos o inflamables</i>	<i>Sustancias</i>	<i>mg/l</i>	<i>Cero</i>
<i>Alkil mercurio</i>		<i>mg/l</i>	<i>No detectable</i>
<i>Aluminio</i>	<i>Al</i>	<i>mg/l</i>	<i>5.0</i>
<i>Arsénico Total</i>	<i>As</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.1</i>
<i>Cadmio</i>	<i>Cd</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.02</i>

Fuente: TULSMA. [27]

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

Parámetro	Expresión	Unidad	Límite máximo permisible
<i>Cianuro Total</i>	<i>CN-</i>	<i>mg/l</i>	<i>1.0</i>
<i>Cinc</i>	<i>Zn</i>	<i>mg/l</i>	<i>10.0</i>
<i>Cloro Activo</i>	<i>Cl</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Cloroformo</i>	<i>Extracto carbón cloroformo ECC</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.1</i>
<i>Cobalto Total</i>	<i>Co</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Cobre</i>	<i>Cu</i>	<i>mg/l</i>	<i>1.0</i>
<i>Compuestos fenólicos</i>	<i>Fenol</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.2</i>
<i>Compuestos Organoclorados</i>	<i>Organoclorados Totales</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.05</i>
<i>Cromo Hexavalente</i>	<i>Cr⁺⁶</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Demanda bioquímica de Oxígeno(5 días)</i>	<i>DBO₅</i>	<i>mg/l</i>	<i>250.0</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	<i>DQO</i>	<i>mg/l</i>	<i>500.0</i>
<i>Dicloroetileno</i>	<i>Dicloroetileno</i>	<i>mg/l</i>	<i>1.0</i>
<i>Fósforo Total</i>	<i>P</i>	<i>mg/l</i>	<i>15.0</i>
<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo</i>	<i>TPH</i>	<i>mg/l</i>	<i>20.0</i>
<i>Hierro Total</i>	<i>Fe</i>	<i>mg/l</i>	<i>25.0</i>
<i>Manganeso Total</i>	<i>Mn</i>	<i>mg/l</i>	<i>10.0</i>
<i>Mercurio Total</i>	<i>Hg</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.01</i>
<i>Níquel</i>	<i>Ni</i>	<i>mg/l</i>	<i>2.0</i>
<i>Nitrógeno Total</i>	<i>N</i>	<i>mg/l</i>	<i>60.0</i>
<i>Organofosforados</i>	<i>Especies totales</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.1</i>
<i>Plata</i>	<i>Ag</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Plomo</i>	<i>Pb</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Potencial de Hidrógeno</i>	<i>PH</i>		<i>6-9</i>
<i>Selenio</i>	<i>Se</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Sólidos sedimentables</i>	<i>SD</i>	<i>mg/l</i>	<i>20.0</i>

Fuente: TULSMA. [27]

Tabla 5.(Continuación) Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetro	Expresión	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos Suspendidos Totales	<i>SST</i>	<i>mg/l</i>	220.0
Sólidos Totales	<i>ST</i>	<i>mg/l</i>	1600.0
Sulfatos	<i>SO⁻²</i>	<i>mg/l</i>	400.0
Sulfuros	<i>S⁻²</i>	<i>mg/l</i>	1.0
Temperatura	<i>°C</i>		<40.0
Tensoactivos	<i>Sustancias Activas al azul de Metileno</i>	<i>mg/l</i>	2.0
Tetracloruro de carbono	<i>Tetracloruro de Carbono</i>	<i>mg/l</i>	1.0
Tricloroetileno	<i>Tricloroetileno</i>	<i>mg/l</i>	1.0

Fuente: TULSMA. [27]

Tabla 6. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresión	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	<i>Sust. Solubles en hexano</i>	<i>mg/l</i>	30.0
Alkil mercurio		<i>mg/l</i>	<i>No detectable</i>
Aluminio	<i>Al</i>	<i>mg/l</i>	5.0
Arsénico Total	<i>As</i>	<i>mg/l</i>	0.1
Bario	<i>Ba</i>	<i>mg/l</i>	2.0
Cadmio	<i>Cd</i>	<i>mg/l</i>	2.0
Cianuro Total	<i>CN-</i>	<i>mg/l</i>	0.02
Cinc	<i>Zn</i>	<i>mg/l</i>	0.1
Cloro Activo	<i>Cl</i>	<i>mg/l</i>	5.0
Cloroformo	<i>Extracto carbón cloroformo ECC</i>	<i>mg/l</i>	0.1
Cloruros	<i>Cl-</i>	<i>mg/l</i>	1000.0

Fuente: TULSMA.[27]

Tabla 7. (continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresión	Unidad	Límite máximo permisible
Cobre	<i>Cu</i>	<i>mg/l</i>	1.0
Cobalto	<i>Co</i>	<i>mg/l</i>	0.5
Coliformes fecales	<i>N MP</i>	<i>mg/l</i>	2000.0
Color Real	<i>Cloro real</i>	<i>mg/l</i>	Imprescindible en solución 1/20
Compuestos fenólicos	<i>Fenol</i>	<i>mg/l</i>	0.2
Cromo Hexavalente	<i>Cr⁺⁶</i>	<i>mg/l</i>	0.5
Demanda bioquímica de Oxígeno(5 días)	<i>DBO₅</i>	<i>mg/l</i>	100.0
Demanda Química de Oxígeno	<i>DQO</i>	<i>mg/l</i>	200.0
Estaño	<i>Sn</i>	<i>mg/l</i>	5.0
Fluoruros	<i>F</i>	<i>mg/l</i>	5.0
Fósforo Total	<i>P</i>	<i>mg/l</i>	10.0
Hierro Total	<i>Fe</i>	<i>mg/l</i>	10.0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	<i>TPH</i>	<i>mg/l</i>	20.0
Manganeso Total	<i>Mn</i>	<i>mg/l</i>	2.0
Materia Flotante	<i>Visible</i>	<i>mg/l</i>	Ausencia
Mercurio Total	<i>Hg</i>	<i>mg/l</i>	0.005
Níquel	<i>Ni</i>	<i>mg/l</i>	2.0
Nitrógeno Amoniacal	<i>N</i>	<i>mg/l</i>	30.0
Nitrógeno Total	<i>N</i>	<i>mg/l</i>	50.0
Compuestos Organoclorados	<i>Organoclorados Totales</i>	<i>mg/l</i>	0.005
Compuestos Organofosforados	<i>Organofosforados Totales</i>	<i>mg/l</i>	0.1
Plata	<i>Ag</i>	<i>mg/l</i>	0.1
Plomo	<i>Pb</i>	<i>mg/l</i>	0.2
Potencial de Hidrógeno	<i>PH</i>		6-9

Fuente: TULSMA.[27]

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

<i>Parámetros</i>	<i>Expresión</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>
<i>Selenio</i>	<i>Se</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.1</i>
<i>Sólidos Suspendidos Totales</i>	<i>SST</i>	<i>mg/l</i>	<i>130.0</i>
<i>Sólidos Totales</i>	<i>ST</i>	<i>mg/l</i>	<i>1600.0</i>
<i>Sulfatos</i>	<i>SO⁻²</i>	<i>mg/l</i>	<i>1000.0</i>
<i>Sulfuros</i>	<i>S⁻²</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Temperatura</i>	<i>°C</i>	<i>mg/l</i>	<i>Condición natural ±3</i>
<i>Tensoactivos</i>	<i>Sustancias Activas al azul de Metileno</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Tetracloruro de carbono</i>	<i>Tetracloruro de Carbono</i>	<i>mg/l</i>	<i>1.0</i>
<i>La apreciación del color se estima</i>			

Fuente: TULSMA.[27]

1.1.3.8 Componentes para el tratamiento de aguas residuales.

1.1.3.8.1 Cribado

Mediante el cribado se procede a retener y eliminar sólidos de tamaños voluminosos contenidos en las aguas residuales mediante el uso de rejillas que generalmente son hechas de hierro con diámetros de 6 mm en adelante con un espaciamiento variable de 10 a 100 mm.[21]

1.1.3.8.2 Desarenador

La función del desarenador es disminuir la velocidad de las aguas, con el fin de remover grava, arena entre otros materiales sólidos mediante asentamiento por peso específico mayor que los sólidos orgánicos. Este procedimiento es de mucha ayuda para resguardar los aparatos mecánicos del desgaste anormal.[21]

1.1.3.8.3 Tanque séptico

En el tanque séptico se da un proceso combinado, ya que está incorporado con un tanque sedimentador con el fin de retener sólidos pesados y lodo en el fondo, dejando en la superficie partículas más livianas y grasas.[14] Por otro lado, el tanque séptico se encarga de la biodegradación de la materia orgánica existente en el agua residual.[21]

1.1.3.8.4 FAFA

Filtro anaeróbico de flujo ascendente, dicho proceso de filtración tiene la característica en la cual el agua residual ingresa por la parte de abajo del filtro y sale por la parte superior del mismo. Como material filtrante se puede utilizar grava, piedra bola, así como también rellenos sintéticos. El procedimiento conlleva a la degradación de los contaminantes biológicos debido a su material filtrante y a la acción de bacterias y organismos presentes.[20]

1.1.3.8.5 Lecho de secado de lodos

En este proceso se reciben los lodos provenientes del tanque séptico, del desarenador y del filtro anaeróbico de flujo ascendente, la función de este proceso es deshidratar a los lodos mediante evaporación o mediante un filtrante que está compuesto por grava y arena.[28]

1.1.3.8.6 Desinfección

La desinfección es el proceso final antes de que el agua sea desembocada en los cauces naturales. Con la ayuda de productos químicos se procede a eliminar bacterias y organismos existentes en las aguas residuales, uno de los productos más usados es el cloro. Esta fase es fundamental pues existe la posibilidad que bacterias y organismos hayan sobrevivido a los anteriores procesos.[14]

1.1.3.9 Parámetros para la evaluación de la calidad de aguas residuales.

Para la elaboración del diseño, manejo y evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales, se debe tener en cuenta parámetros a analizar para determinar la funcionabilidad de la planta. A continuación, se describen algunas de ellos considerando que se revisó los antecedentes de varias tesis, siendo estos los más utilizados para el análisis de una PTAR.

1.1.3.9.1 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

También conocidos como residuos no filtrables de una muestra de agua natural, residual industrial o doméstica, dichos sólidos están compuestos por partículas orgánicas e inorgánicas. Gracias a estos sólidos podemos determinar las cantidades de microorganismos contenidos en las aguas residuales.[14]

1.1.3.9.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se define como un parámetro de medida para determinar la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica de las aguas residuales. [23] La DQO permite determinar el contenido de materia orgánica en aguas residuales, así como evaluar procesos de depuración en una PTAR, proporcionando un análisis rápido y muy fiable.[29]

1.1.3.9.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Básicamente es la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica presente por acción bacteriológica mediante una población microbiana sea autóctona o inducida, en condiciones de tiempo y temperatura específica, generalmente es necesario un lapso de cinco días a una temperatura de 20°C.[29]

1.1.3.9.4 Contenido de nutrientes (Nitrógeno N y Fósforo P)

El contenido de nutrientes tales como N y P están asociados con la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en la cual se determina si existen los nutrientes suficientes para facilitar la degradación de la materia orgánica. El nitrógeno es proveniente de lavabos, duchas, y detergentes usados para el lavado de ropa, en cambio el fósforo es proveniente de la misma planta de tratamiento así como de escorrentías de zonas agrícolas donde se emplean fertilizantes para los cultivos.[23]

1.1.3.9.5 Potencial Hidrógeno (PH)

Es uno de los parámetros fundamentales para determinar la calidad y concentración de hidrógeno tanto en aguas naturales como residuales. Generalmente el pH de aguas superficiales está en un intervalo de 6 y 8.5, la misma que es idónea para procesos de tratamiento biológico.[23]

1.1.3.10 Porcentaje de remoción teórica por procesos unitarios

El éxito del diseño y funcionamiento de una planta de tratamiento es midiendo el rendimiento de la misma, para ello se analiza el agua residual que ingresa a la planta, comparándola con el agua que se obtiene una vez que ha pasado por cada uno de los procesos unitarios de remoción de contaminantes. Dicho rendimiento depende principalmente de la capacidad que tienen estos procesos unitarios para remover sustancias, estos procesos pueden ser: primarios, secundarios y también terciarios.[30]

En ocasiones es muy difícil conocer los acontecimientos para poner en marcha el estudio con dicho proceso en condiciones determinadas, entonces lo más factible es llevar un estudio de una PTAR cercana y que tengan casi las mismas características, con el fin de obtener un rendimiento aproximado para la obtención de datos con lo cual se podrá aplicar al proyecto a una escala más real.[30]

Tabla 9. Porcentaje de remoción teórica por procesos unitarios.

Unidades de tratamiento	Rendimiento de eliminación del constituyente, porcentaje					
	DBO	DQO	SS	Pb	N-Org c	NH3-N
Rejas de barras	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Desarenadores	0-5 d	0-5 d	0-10 d	Nulo	Nulo	Nulo
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Fangos activados						
Proceso convencional	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Filtros percoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80	60-80	60-80	8-12	15-50	8-15
Carga muy alta, medio sintético	65-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Biodiscos (RBCs)	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Cloración	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo

Fuente: Ingeniería de aguas residuales, *Metcalf & Eddy*. [24]

1.1.4 Hipótesis

1.1.4.1 Hipótesis de trabajo

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia del Tungurahua no se encuentra operando de manera óptima en condiciones actuales.

1.1.4.2 Hipótesis Nula

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia del Tungurahua se encuentra operando de manera óptima en condiciones actuales.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua

1.2.2 Específicos

- Realizar el levantamiento de información de la infraestructura en estudio.
- Realizar un análisis del afluente y efluente de la planta de tratamiento.
- Evaluar el funcionamiento de la PTAR, mediante la normativa vigente del TULSMA 2015.
- Establecer una propuesta de mejora de la PTAR en caso de ser necesario.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

Los materiales que se mencionan en la siguiente tabla son necesarios para la toma de muestras del agua residual, con los cuales posteriormente se realizará la recolección de datos para un análisis coherente y efectivo.

Tabla 10. Materiales

Material	Cantidad	Unidad
Balde 12 lt	1	u
Cronómetro	1	u
Cinta métrica	1	u
Cuaderno	1	u
Computadora	1	u
Cámara	1	u
Impresora	1	u
Hojas de papel bond	1	resma

Fuente: Autoría

Lo equipos que se describen en la tabla 11, son de suma importancia para el desarrollo del trabajo de investigación, siendo de ayuda para el investigador y colaboradores en la toma de muestras, evitando la proliferación de bacterias y enfermedades provenientes de la planta de tratamiento en estudio.

Tabla 11. Equipos

EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD
Mandil	1	u
Botas de caucho	1	par
Mascarilla	10	u
Guantes de látex	6	par
Guantes de caucho	2	par

Fuente: Autoría

2.2 Metodología

El presente trabajo de investigación experimental, tiene como fin realizar la evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, Provincia de Tungurahua, considerando las fases que se describe a continuación.

Objetivo específico 1

- Realizar el levantamiento de información de la infraestructura en estudio.

<i>Ítem</i>	<i>Actividad</i>	<i>Metodología</i>	<i>Resultado</i>
1	Visita in situ a la planta de tratamiento.	Se lleva a cabo una revisión de la planta de tratamiento y de sus unidades de tratamiento.	Planos con las unidades de tratamiento de la PTAR
2	Búsqueda de información primaria y secundaria de la PTAR en estudio.	Se procede a la búsqueda de información en bibliografía especializada del GAD parroquial de Yanayacu.	Datos relevantes de la PTAR como el año de construcción.

Objetivo específico 2

- Realizar un análisis del afluente y efluente de la planta de tratamiento

<i>Ítem</i>	<i>Actividad</i>	<i>Metodología</i>	<i>Resultado</i>
1	Toma de caudales del afluente y del efluente.	Se mide los caudales mediante el método volumétrico. El cual consiste en recolectar el agua en recipiente en un determinado tiempo.	Caudal máximo de entrada y salida con el cual trabaja la red de alcantarillado y la PTAR.
2	Análisis de las aguas residuales al ingreso y salida de la PTAR	Se procede con la toma de muestras del agua y luego se las envía a un laboratorio certificado que analicen los parámetros requeridos para la investigación.	Informe con los resultados de DQO, DBO ₅ , PH, sólidos suspendidos y sólidos totales.

Objetivo específico 3

- Evaluar el funcionamiento de la PTAR, mediante la normativa vigente del TULSMA 2015.

<i>Ítem</i>	<i>Actividad</i>	<i>Metodología</i>	<i>Resultado</i>
1	Comparar resultados obtenidos en el análisis de aguas vs límites máximos del TULSMA 2015.	Con los datos obtenidos del análisis de aguas se procede a verificar si cumplen con límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.	Tablas comparativas e informativas del funcionamiento de la PTAR.
2	Determinar la funcionabilidad de la PTAR.	Mediante las tablas de información obtenidas anteriormente se determina el grado de funcionabilidad de las unidades de tratamiento.	Informe detallado del estado en que se encuentra la PTAR.

Objetivo específico 4

- Establecer una propuesta de mejora de la PTAR en caso de ser necesario

<i>Ítem</i>	<i>Actividad</i>	<i>Metodología</i>	<i>Resultado</i>
1	Identificar los problemas presentados en la PTAR.	Con el compendio de toda la información obtenida se procede a buscar las deficiencias que puede presentar la PTAR para un óptimo funcionamiento.	Identificación de las unidades a las cuales se deben hacer un rediseño de ser el caso.
2	Aplicar un plan de “Mantenimiento y Operación” a la PTAR.	Se procederá a describir un plan de “Mantenimiento y Operación” para ayudar al óptimo desempeño de la PTAR.	Manual de Mantenimiento y Operación de la PTAR.

2.2.1 Niveles o tipos de investigación

Nivel exploratorio: Mediante este nivel de investigación se procede a buscar información de manera detallada de la planta y del sector en estudio, que permita identificar la problemática de fondo de la PTAR de la comunidad Luis López,

parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua y así obtener la información necesaria para su debida evaluación.

Nivel descriptivo: En este nivel se describirá de manera rápida y secuencial la metodología con la cual se realizará el análisis de la Planta, sin mencionar causas, efectos y tampoco dando juicios de valoración. también se describirá aspectos socioeconómicos, demográficos y otros aspectos significativos de la PTAR y del sector.

Nivel explicativo: Mediante este nivel de investigación se detallará los problemas existentes en la PTAR, posteriormente se realizará el análisis de funcionamiento y desempeño de la misma, el cual será de mucha utilidad para determinar la propuesta de mejoramiento de la planta y así rediseñar las unidades de tratamiento necesarias o toda la planta de tratamiento de ser necesario.

2.2.2 Plan de recolección de información

El presente trabajo experimental consiste en evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López de la parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua, con el objetivo de determinar su funcionamiento y proponer posibles mejoras en caso de que esta no funcione adecuadamente. Por tanto, es necesario llevar a cabo las siguientes fases:

FASE I: Levantamiento de información de la PTAR y del sector en estudio

En esta fase se revisa aspectos significativos y relevantes relacionados con la PTAR del cantón Quero y la comunidad Luis López, donde se detalla su ubicación geográfica, año de construcción, actividades económicas, sociales y una breve descripción de manera general del estado de la planta de tratamiento.

FASE II: Trabajo e investigación de campo

Para llevar a cabo esta fase se inicia con visitas técnicas de campo, verificando el estado en que se encuentran cada uno de los procesos unitarios de la planta de tratamiento, posteriormente se procede a la toma de caudales tanto de entrada como de salida, mismos que servirán para la obtención del caudal de diseño y las horas de mayor demanda con el cual determinaremos el funcionamiento de la PTAR.

FASE III: Trabajo e investigación de laboratorio

Las muestras tomadas tanto del afluente como del efluente en la fase II son enviadas a un laboratorio certificado, en el cual se realizará diferentes pruebas para determinar la calidad de las aguas residuales y así también establecer la cantidad de sustancias removidas en sus unidades de tratamiento. Los principales parámetros a comprobar serán: DQO, DBO₅, pH, sólidos suspendidos y sólidos totales.

FASE IV: Análisis y diagnóstico del funcionamiento de la PTAR

En esta etapa se realizará un diagnóstico detallado de cada uno de los procesos unitarios, comparando dimensiones existentes con las dimensiones que proponen las normas nacionales e internacionales, así como también se verifica si cumple con las recomendaciones de construcción determinadas en dichas normas. También se realizará una comparación con los resultados obtenidos del análisis de las aguas residuales y los límites máximos permisibles que nos indica el TULSMA 2015.

2.2.3 FASE I: Levantamiento de información de la PTAR

2.2.3.1 Ubicación

Quero se encuentra ubicado en el sur-oeste de la provincia de Tungurahua a una altura que va desde los 2800 a 4300 msnm. La distancia es de 16 Km aproximadamente desde la Universidad Técnica de Ambato (Campus Huachi), pasando por el terminal sur de Ambato, Montalvo, Cevallos y finalmente llegando al parque central de Quero. El cantón cuenta con un territorio de 179 Km² de los cuales 1.23 Km² pertenece a la zona urbana, 45 km² corresponden a la parroquia Yanayacu, 35 Km² corresponden a la parroquia Rumipamba y el territorio restante a las demás comunidades del cantón. Sus límites están constituidos de la siguiente manera: Al Norte y Oeste con el cantón Cevallos y Mocha, al Sur con la provincia de Chimborazo y al Este con el cantón Pelileo.[31]

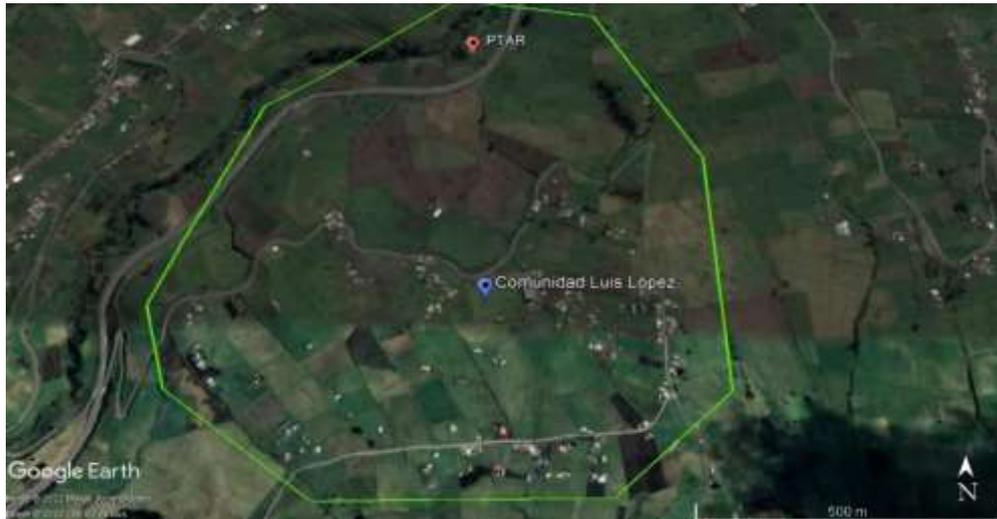
Figura 2. Quero y su división política



Fuente: GAD-Quero[31]

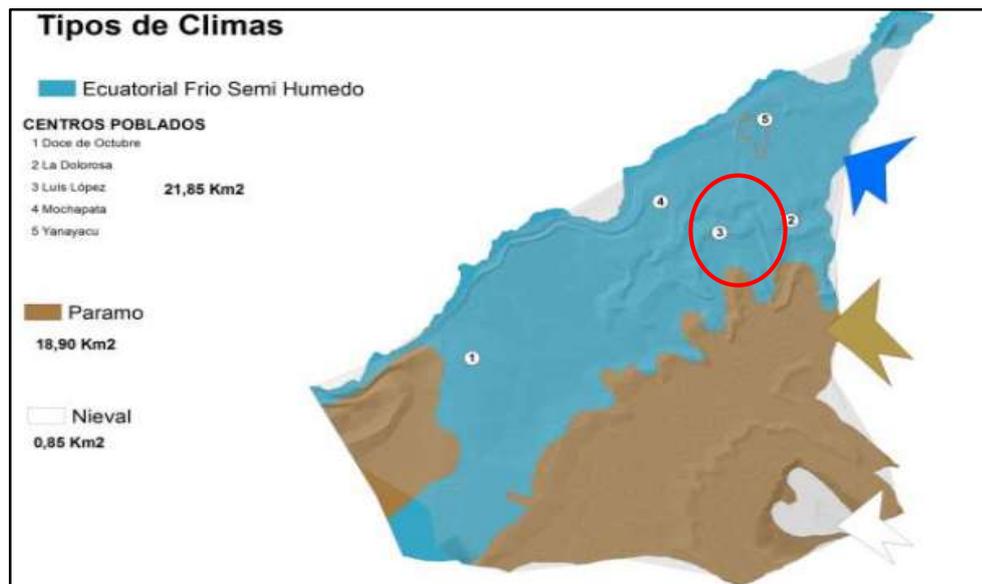
La comunidad Luis López perteneciente a la parroquia Yanayacu, se encuentra ubicada en la parte Sur-Oeste del cantón Quero, el tiempo estimado para llegar del centro del cantón Quero hacia la comunidad es de 20 minutos y si se considera la distancia desde el centro del cantón Mocha es de 7 minutos. Posee un clima frío de montaña que oscila de 8 a 15°C.[32]

Figura 3. Ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth Pro

Figura 4. Climatología y ubicación del proyecto



Fuente: Plan de ordenamiento territorial parroquia Yanayacu.[32]

La comunidad Luis López, al igual que el cantón Quero tiene como principales fuentes de ingresos en sus actividades agrícolas y ganaderas. Siendo la cebolla colorada y papas sus principales productos y en menor cantidad productos como habas, zanahoria amarilla, mellocos entre otros, mientras que una parte importante de la comunidad se dedican a la ganadería.

Figura 5. Comunidad Luis López



Fuente: Autoría

La comunidad Luis López cuentan con el servicio de agua entubada proveniente de las vertientes del cerro Igualata, disponen de un caudal de 3 lt/s con el costo es de 3 dólares por 10 m³. La comunidad cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que está en coordenadas UTM Este 759280.75 m y Norte: 9840563.99 m. Misma que fue construida en el año 2002 por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua .[32]

2.2.3.2 Unidades que conforman el tratamiento

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López posee un tren de procesos unitarios, el cual se describe a continuación: Tanque repartidor, tanque séptico, filtro anaeróbico de flujo ascendente, lecho de secado de lodos, filtro descendente y pozo de salida.

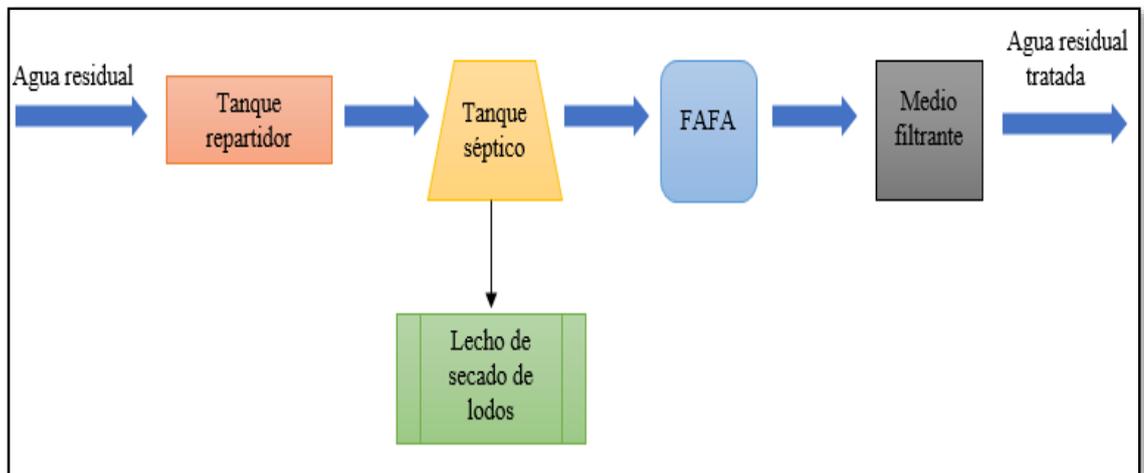
Figura 6. Planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López



Fuente: Autoría

2.2.3.3 Diagrama de flujo de los procesos de tratamiento del agua residual

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento del agua residual



Fuente: Autoría

2.2.4 FASE II: Trabajo e investigación de campo

2.2.4.1 Medición de caudales

En esta fase se inicia con visitas técnicas de la PTAR de la comunidad Luis López para observar el estado de las instalaciones, procesos unitarios y de la planta en sí, posteriormente se procederá a la toma de caudales mediante el método volumétrico, el cual consiste en tomar un caudal en un recipiente aforado (balde) en un determinado tiempo, controlado por un cronómetro. Basado en investigaciones anteriores se opta por esta metodología por la facilidad de aplicación ya que es un método práctico.

Según Metcalf & Eddy la toma de caudales se debe realizar las 24 horas, tomando muestras cada hora, durante 7 días consecutivos de la semana, todo esto para obtener un caudal máximo horario con el cual se procede a la evaluación de las unidades de tratamiento de la planta. Sin embargo, tomar caudales en la noche sería algo irrelevante ya que la población en la noche descansa y en esas horas no aportaran un caudal significativo para la obtención del caudal máximo.[24]

La toma de caudales se inicia a las 7 de la mañana hasta las 6 de la tarde que son las horas en que la población hacen sus labores diarias como: alimentarse, asearse, entre otras activadas relacionadas a las labores agrícolas y ganaderas. También es importante determinar los días en que se realizó la medición de caudales, los cuales son tomados desde el día jueves 9 de junio hasta el día miércoles 15 de junio del año 2022. A continuación, se puede observar las tablas y diagramas de los resultados obtenidos de la toma de caudales tanto de entrada como de salida de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 12. Resumen de caudales de ingreso a la PTAR (lt/s)

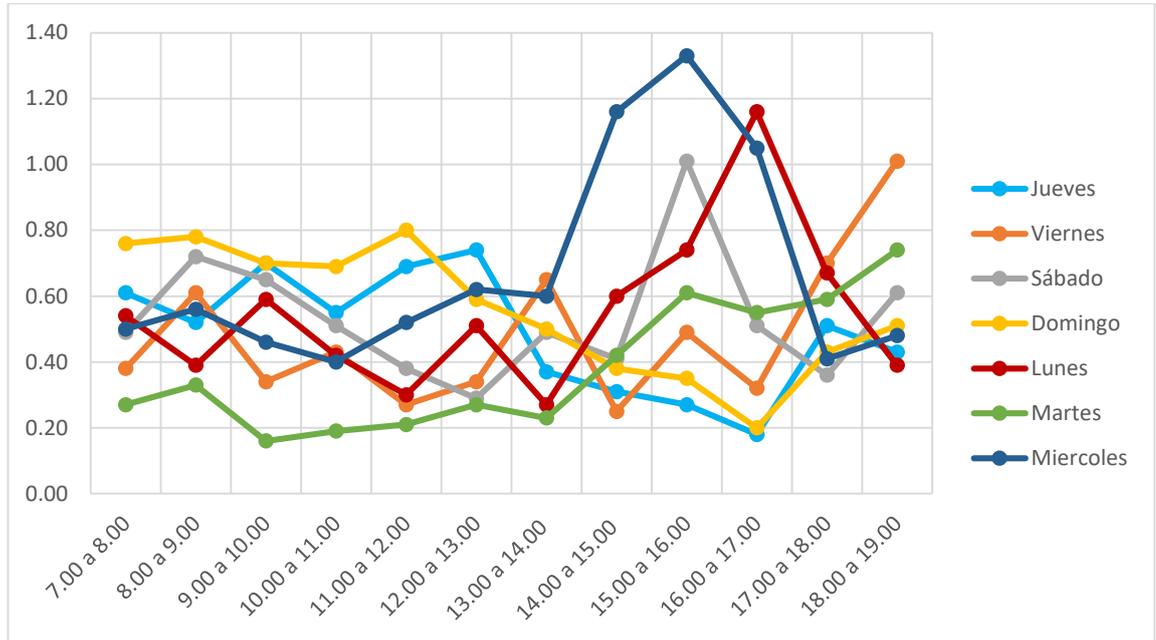
Hora	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Promedio
7.00 a 8.00	0.61	0.38	0.49	0.76	0.54	0.27	0.50	0.51
8.00 a 9.00	0.52	0.61	0.72	0.78	0.39	0.33	0.56	0.56
9.00 a 10.00	0.70	0.34	0.65	0.70	0.59	0.16	0.46	0.51
10.00 a 11.00	0.55	0.43	0.51	0.69	0.42	0.19	0.40	0.46
11.00 a 12.00	0.69	0.27	0.38	0.80	0.30	0.21	0.52	0.45
12.00 a 13.00	0.74	0.34	0.29	0.59	0.51	0.27	0.62	0.48
13.00 a 14.00	0.37	0.65	0.49	0.50	0.27	0.23	0.60	0.44
14.00 a 15.00	0.31	0.25	0.41	0.38	0.60	0.42	1.16	0.50
15.00 a 16.00	0.27	0.49	1.01	0.35	0.74	0.61	1.33	0.69
16.00 a 17.00	0.18	0.32	0.51	0.20	1.16	0.55	1.05	0.57
17.00 a 18.00	0.51	0.70	0.36	0.43	0.67	0.59	0.41	0.52
18.00 a 19.00	0.43	1.01	0.61	0.51	0.39	0.74	0.48	0.60

Fuente: Autoría

Como se puede evidenciar la tabla 12 es la representación de los caudales que ingresan a la PTAR durante los 7 días de la semana, mientras en la figura 8 se puede evidenciar el comportamiento de cada uno de los caudales en un diagrama.

Es importante determinar las horas de mayor caudal, así como las horas de menor caudal ya que están directamente relacionadas a las actividades diarias de sus habitantes, así pues, se evidencia que la hora con mayor caudal es de 3.00 pm a 4.00 pm del día miércoles, llegando a tener un caudal máximo de 1.33 lt/s y esto se debe a que los habitantes terminan sus labores agrícolas y proceden asearse así como también lavar recipientes para el ordeño, mientras las hora de menor caudal es de 9.00 am a 10.00 am del día martes, con un caudal de 0.16 lt/s pues los habitantes salen de sus hogares a realizar labores agrícolas y ganaderas y no hay mayor aporte de aguas residuales.

Figura 8. Diagrama de caudales de ingreso a la PTAR



Fuente: Autoría

De la misma forma se evidencia que la tabla 13 representa los caudales que salen de la PTAR durante los 7 días de la semana, mientras en la figura 9 se puede evidenciar el comportamiento de cada uno de los caudales en un diagrama.

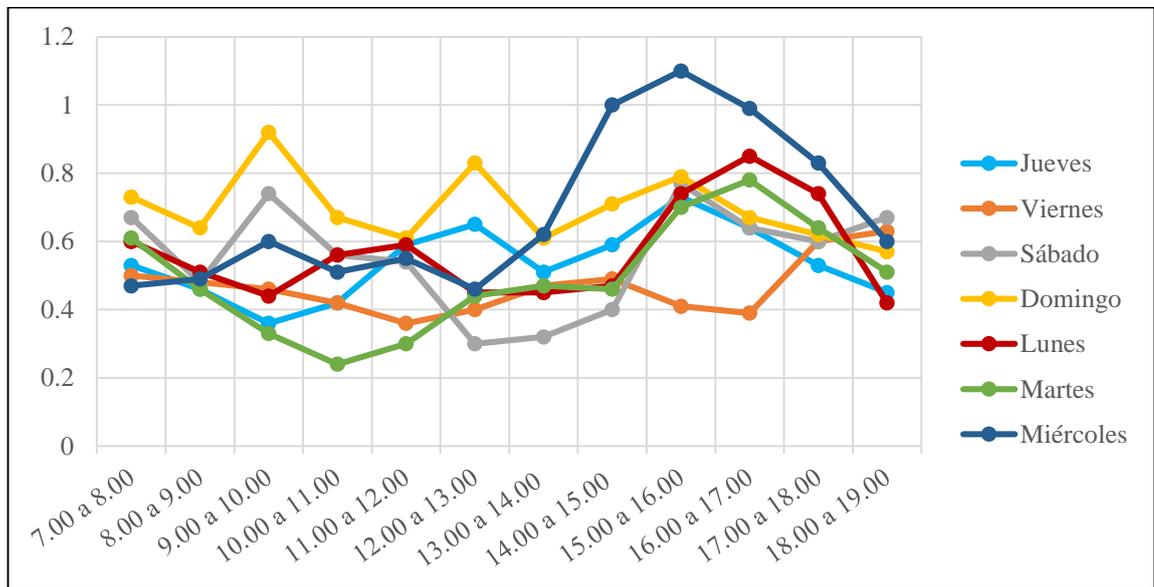
Como se observa en la tabla 13 y figura 9 la hora con mayor caudal, así como las horas de menor caudal de salida de la PTAR se relaciona con las actividades diarias de sus habitantes. Se observa que la hora con mayor caudal es de 3.00 pm a 4.00 pm del día miércoles con un caudal de 1.10 lt/s, pues los habitantes terminan sus labores agrícolas y proceden asearse, así como también a lavar recipientes para el ordeño, mientras la hora de menor caudal es de 10.00 am a 11.00 am del día martes con un caudal de 0.24 lt/s.

Tabla 13. Resumen de caudales de salida de la PTAR (lt/s)

Hora	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Promedio
7.00 a 8.00	0.53	0.50	0.67	0.73	0.60	0.61	0.47	0.59
8.00 a 9.00	0.46	0.48	0.48	0.64	0.51	0.46	0.49	0.50
9.00 a 10.00	0.36	0.46	0.74	0.92	0.44	0.33	0.60	0.55
10.00 a 11.00	0.42	0.42	0.56	0.67	0.56	0.24	0.51	0.48
11.00 a 12.00	0.59	0.36	0.54	0.61	0.59	0.30	0.55	0.51
12.00 a 13.00	0.65	0.40	0.30	0.83	0.45	0.44	0.46	0.50
13.00 a 14.00	0.51	0.47	0.32	0.61	0.45	0.47	0.62	0.49
14.00 a 15.00	0.59	0.49	0.40	0.71	0.47	0.46	1.00	0.59
15.00 a 16.00	0.73	0.41	0.77	0.79	0.74	0.70	1.10	0.75
16.00 a 17.00	0.64	0.39	0.64	0.67	0.85	0.78	0.99	0.71
17.00 a 18.00	0.53	0.60	0.60	0.62	0.74	0.64	0.83	0.65
18.00 a 19.00	0.45	0.63	0.67	0.57	0.42	0.51	0.60	0.55

Fuente: Autoría

Figura 9. Diagrama de caudales de salida de la PTAR



Fuente: Autoría

En las figuras 8 y 9 que se presentó anteriormente se evidencia los caudales máximos de planta de tratamiento de aguas residuales tanto de entrada como de salida.

Figura 10. Toma de caudales del afluente de la PTAR



Fuente: Autoría

Figura 11. Toma de caudales del efluente de la PTAR



Fuente: Autoría

2.2.5 FASE III: Trabajo e investigación de laboratorio

2.2.5.1 Toma de muestras del afluente y efluente de la PTAR

En esta fase se realiza la toma de muestras del caudal de ingreso como de salida de la PTAR en el día y hora donde se disponga del caudal máximo, este caudal es determinado según los resultados obtenidos del diagrama de toma de caudales (figura 8), El muestreo se lo realiza como indica la norma NTE INEN 2 176:1998 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo). estas muestras se tomaron en diferentes envases según los parámetros que se desea analizar.

Para el análisis de DQO, QBO₅, pH, sólidos suspendidos, sólidos totales se utilizó frascos de polietileno, con los cuales se procede a la toma muestras del caudal de entrada, así como del caudal de salida según las recomendaciones establecidas por el laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) y según lo dispuesto por la norma NTE INEN 2 169:1998 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras).

Figura 12. Toma de muestras de agua al ingreso de la PTAR



Fuente: Autoría

Figura 13. Toma de muestras de agua a la salida de la PTAR



Fuente: Autoría

Figura 14. Identificación de las muestras tomadas



Fuente: Autoría

Una vez obtenidas las muestras de agua residual son enviadas al laboratorio en el cual realizan el correspondiente análisis.

2.2.6 FASE IV: Evaluación y diagnóstico del funcionamiento de la PTAR

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López no se encuentra funcionando en óptimas condiciones porque se ha podido observar la presencia de escombros en las rejillas del tanque repartidor lo cual dificulta el paso del agua a las siguientes unidades de tratamiento, también se observa que esta planta consta con un lecho de secado de lodos pero esta unidad esta subutilizada, por otra parte se percibe malos olores que se desprende del filtro anaeróbico de flujo ascendente, y finalmente se observa pequeñas fisuras en la parte exterior de los procesos unitarios.

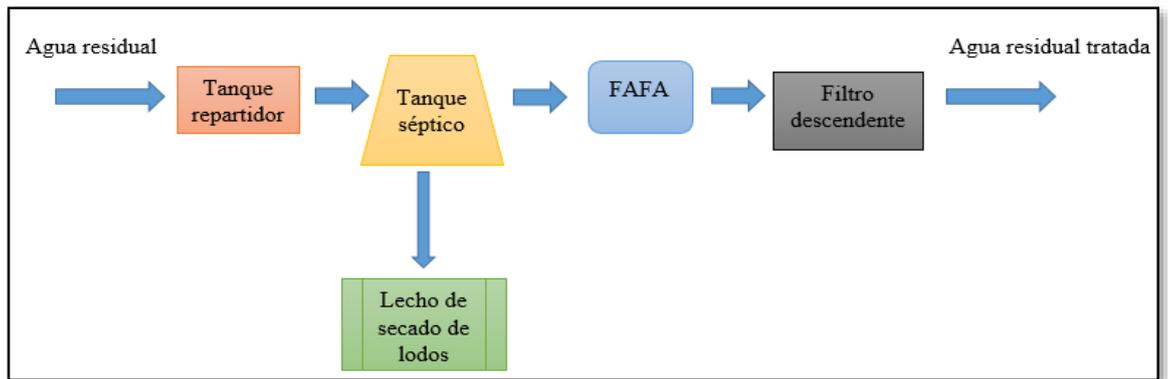
Figura 15. Estado de la PTAR de la comunidad Luis López



Fuente: Autoría

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López consta de un tren de procesos unitarios en la cual se describe a continuación: Tanque repartidor, fosa séptica, lecho de secado de lodos, filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA) y filtro descendente para finalmente desembocar en el pozo de salida y este a la vez en la quebrada, como se observa en la figura 16.

Figura 16. Estado de la PTAR de la comunidad Luis López



Fuente: Autoría

Tanque repartidor

Como se puede observar en la figura 17, el tanque repartidor está en funcionamiento, pero no está en óptimas condiciones y esto se debe a la presencia de sólidos sedimentados y escombros que no han sido removidos por los operadores, esto dificulta el paso del caudal a las siguientes unidades de tratamiento. También se observa una rejilla corroída por el paso de los años, de la misma forma se observa bordes de las tapas desgastadas.

Figura 17. Estado del tanque repartidor



Fuente: Autoría

Tanque séptico

Como se puede observar en la figura 18. El tanque séptico se encuentra en funcionamiento y está operando de manera correcta, pese a la presencia de gran cantidad de sólidos en suspensión pues estos dificultan el paso del caudal, también se observó gran cantidad de lodos no removidos que disminuyen la sección optima que debe tener el tanque para un desempeño adecuado, por último, se observa que sus fumarolas están corroídas además de desintegración y fisuras de las tapas.

Figura 18. Estado del tanque séptico



Fuente: Autoría

Filtro anaeróbico de flujo ascendente y filtro descendente

Observando la figura 19 se puede comprobar que el filtro anaeróbico de flujo ascendente se encuentra operando, pero emite cierto olor desagradable y esto se debe a la falta de mantenimiento. Esta unidad es a cielo abierto por la cual se debe realizar un manteamiento constante para evitar malos olores.

El filtro descendente no tiene mayores problemas, pero la tubería que esta sobre el ya no funciona según lo diseñado, debido a roturas, pues la distribución de caudal en el medio filtrante no es la adecuada porque solo se utiliza una parte del medio filtrante.

Figura 19. Estado del medio filtrante y FAFA



Fuente: Autoría

Lecho de secado de lodos

Esta estructura se encuentra funcional ya que el mantenimiento de esta unidad es relativamente fácil. Pero al momento se pudo constatar que la unidad esta subutilizada ya que no hacen uso de ella. Por otro lado, se observó que debido al paso de los años existe desintegración y fisuras en recubrimientos y esquinas

Figura 20. Estado del medio filtrante y FAFA



Fuente: Autoría

2.6.1 Dimensiones actuales de la PTAR

2.6.1.1 Tanque repartidor

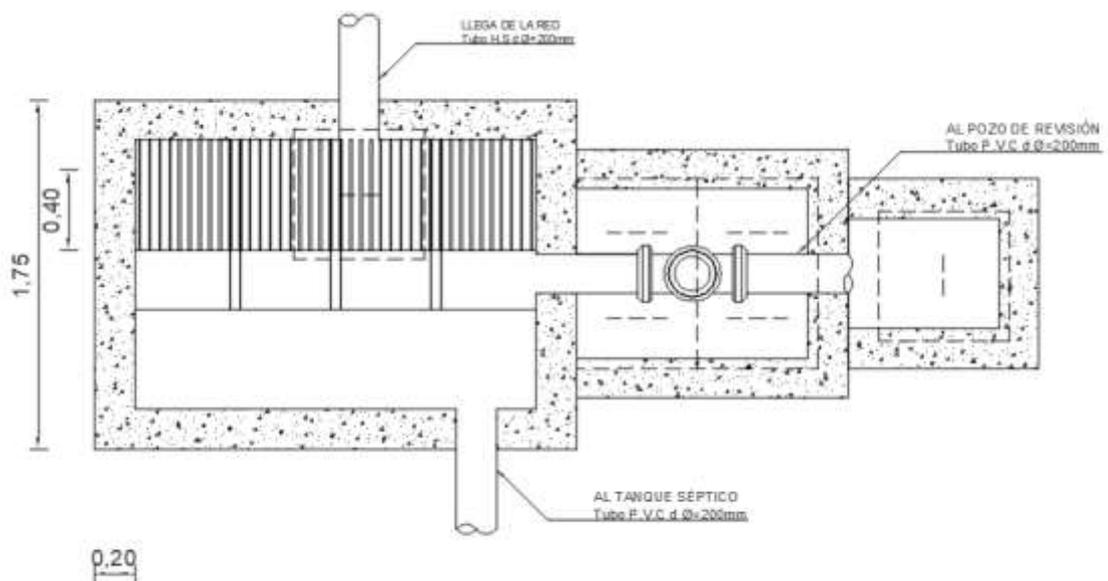
La primera obra hidráulica que se identifica al ingresar a la PTAR es el tanque repartidor, mismo que contiene una reja de acero en su interior. Este tanque recibe el caudal de toda la red de alcantarillado de la comunidad Luis López mediante una tubería de 200 mm de diámetro y de la misma forma posee dos tuberías de salida de 200 mm cada una, una de ellas conduce al siguiente proceso unitario de tratamiento y la otra directamente al pozo de salida con la inclusión de una válvula de control y pozo de revisión junto al tanque.

Tabla 14. Dimensiones del tanque repartidor

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	2.40	m
Ancho	1.75	m
Altura	1.60	m
Espesor de pared	0.20	m

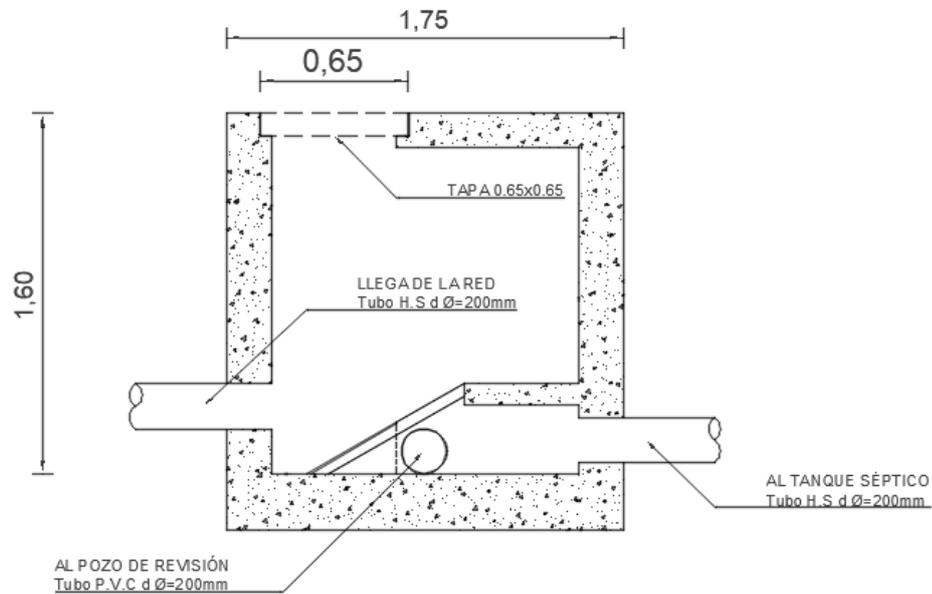
Fuente: Autoría

Figura 21. Vista en planta del tanque repartidor



Fuente: Autoría

Figura 22. Vista en corte del tanque repartidor



Fuente: Autoría

2.6.1.2 Tanque séptico

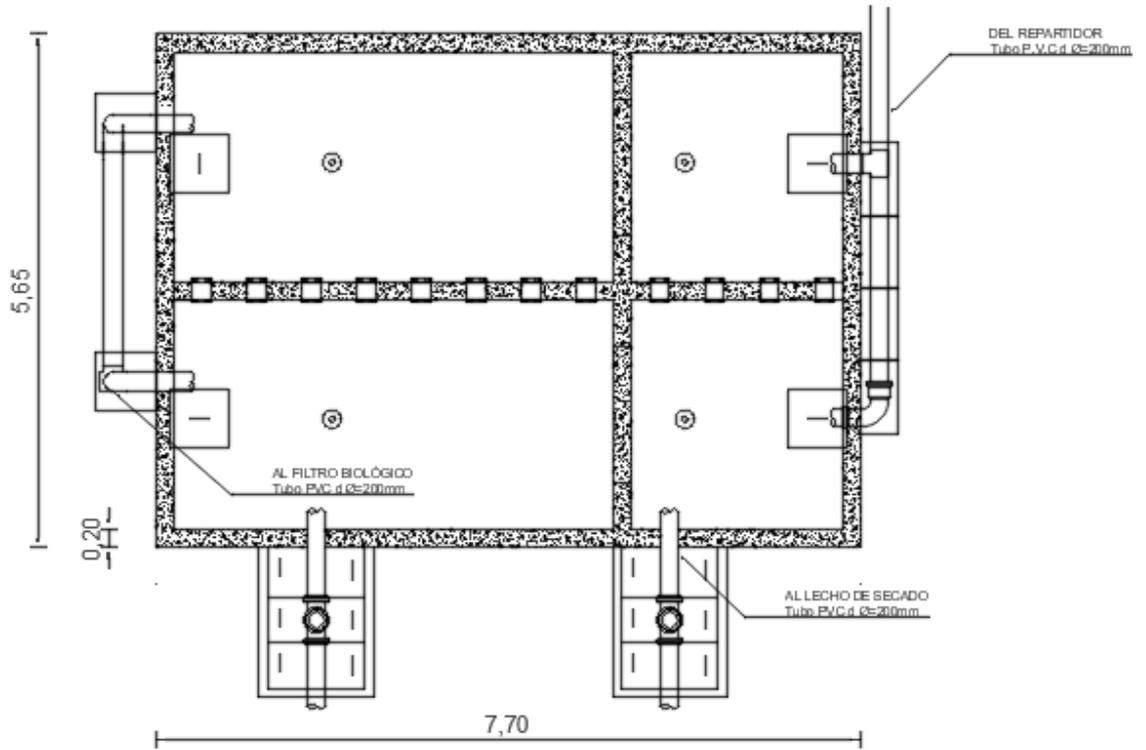
El tanque séptico recibe el agua proveniente del tanque repartidor mediante una tubería PVC de 200 mm la cual distribuye caudal a dos fosas y estas a sus respectivas cámaras mediante ventanas centrales de 1.50 m * 0.15 m aproximadamente. Para la evacuación de lodos posee dos tuberías de 200 mm de diámetro y para continuar con el proceso de remoción de contaminantes está conectado mediante una tubería de 200 mm de diámetro al filtro anaeróbico. Esta obra hidráulica es de forma rectangular y está constituida de hormigón armado.

Tabla 15. Dimensiones del tanque séptico

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	7.70	m
Ancho	5.65	m
Altura	2.70	m
Espesor de pared	0.20	m

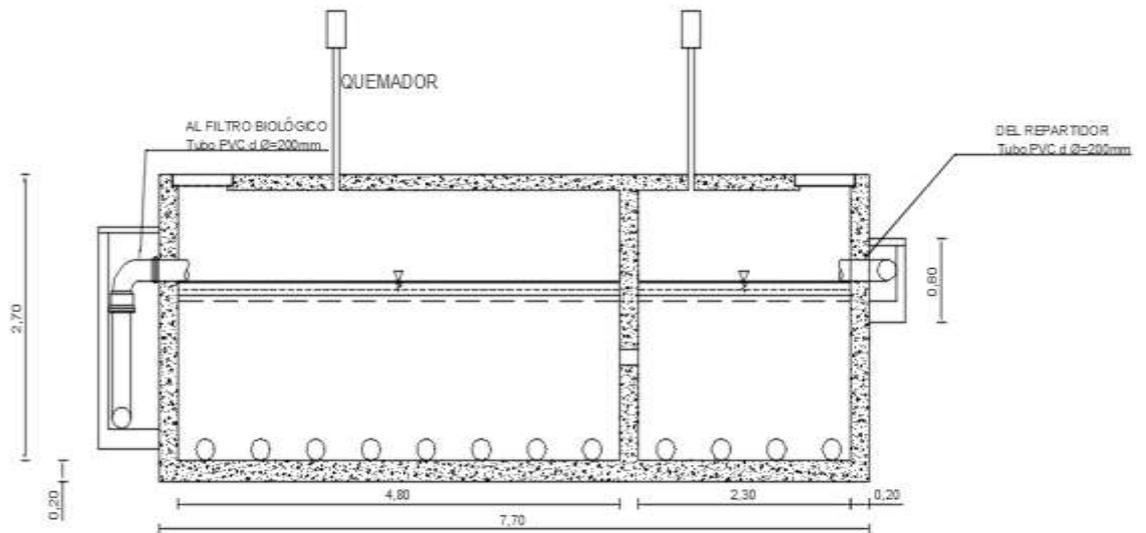
Fuente: Autoría

Figura 23. Vista en planta del tanque séptico



Fuente: Autoría

Figura 24. Vista de corte del tanque séptico



Fuente: Autoría

2.6.1.3 Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA)

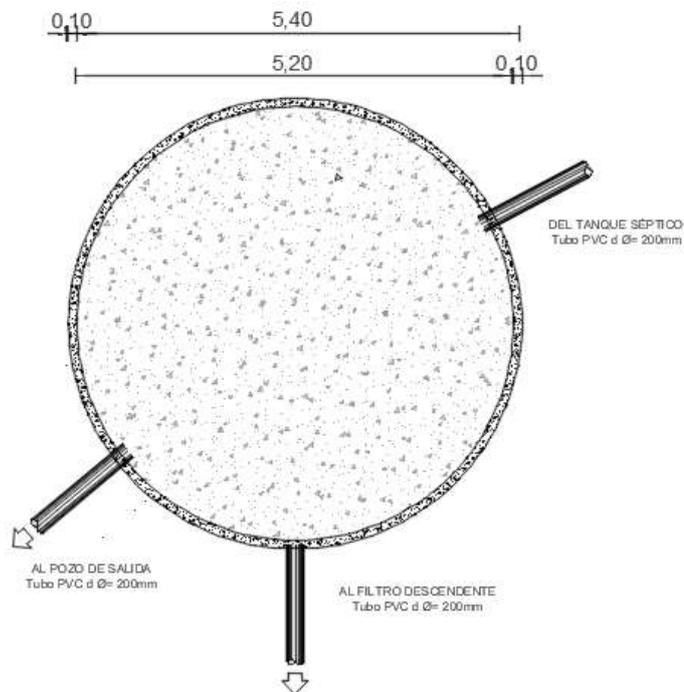
Esta estructura hidráulica es de forma cilíndrica y está constituida de hormigón armado, misma que recibe el agua proveniente del tanque séptico mediante dos tuberías de PVC de 200 mm de diámetro, su interior está cubierto de grava que funciona como medio filtrante, y como salida de las aguas de este proceso posee 2 tuberías, una que va hacia el filtro descendente y otra que conduce hacia una caja de revisión para finalmente ser ambos desembocada en el pozo de salida.

Tabla 16. Dimensiones del filtro biológico

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro	5.40	m
Altura	2.15	m
Borde libre	0.40	m
Espesor de pared	0.10	m

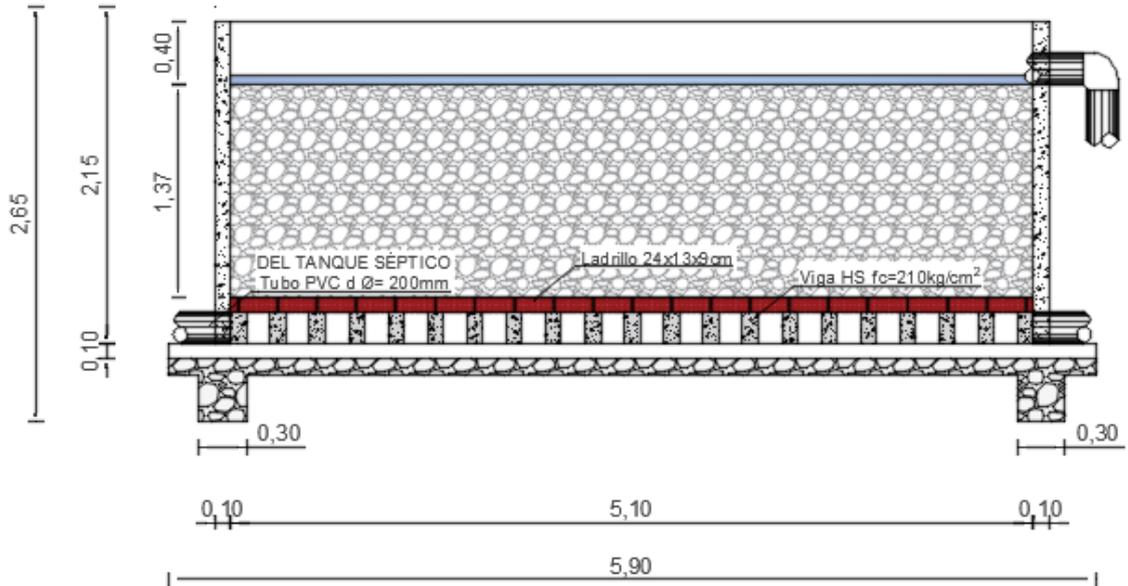
Fuente: Autoría

Figura 25. Vista en planta del filtro biológico



Fuente: Autoría

Figura 26. Vista de corte del filtro biológico



Fuente: Autoría

2.6.1.4 Filtro descendente

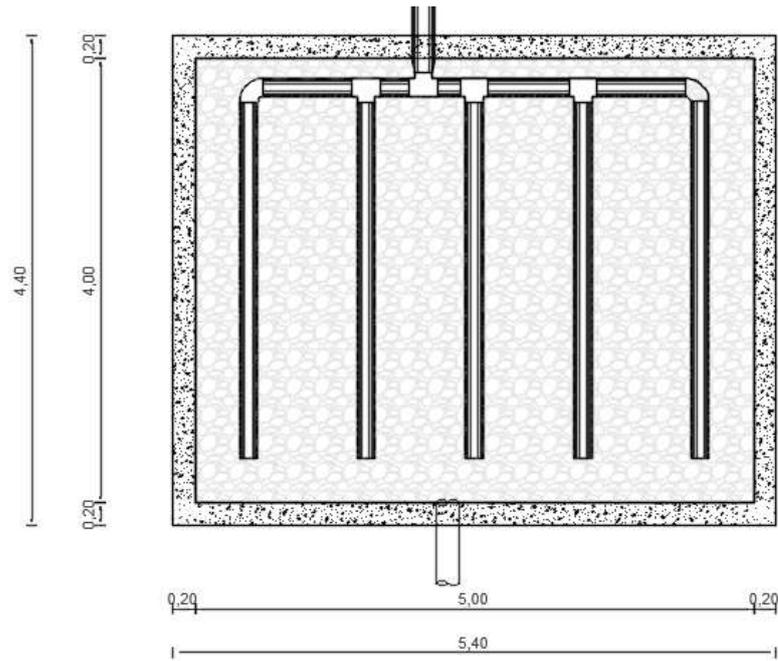
Estructura hidráulica rectangular conformada de hormigón armado, en este proceso al igual que en el anterior tiene como función filtrar el agua utilizando material granular específicamente grava y piedra, recibe agua del FAFa mediante una tubería de PVC de 200 mm de diámetro para finalmente ser enviada al pozo de salida y posteriormente al río Yanayacu.

Tabla 17. Dimensiones del filtro descendente

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	5.40	m
Ancho	4.40	m
Altura	1.10	m
Espesor de pared	0.20	m

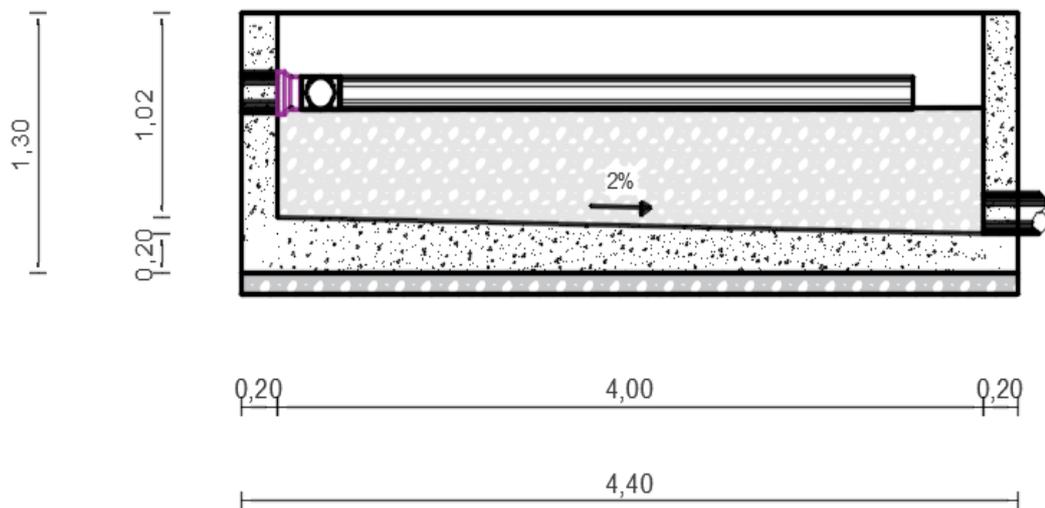
Fuente: Autoría

Figura 27. Vista en planta del filtro descendente



Fuente: Autoría

Figura 28. Vista en corte del filtro descendente



Fuente: Autoría

2.6.1.5 Lecho de secado de lodos

Estructura hidráulica constituida de hormigón armado de forma rectangular. Recibe los lodos provenientes del tanque séptico mediante dos tuberías de PVC de 200 mm de diámetro. Su piso tiene una pendiente aproximada del 2 %, esto ayuda a que los

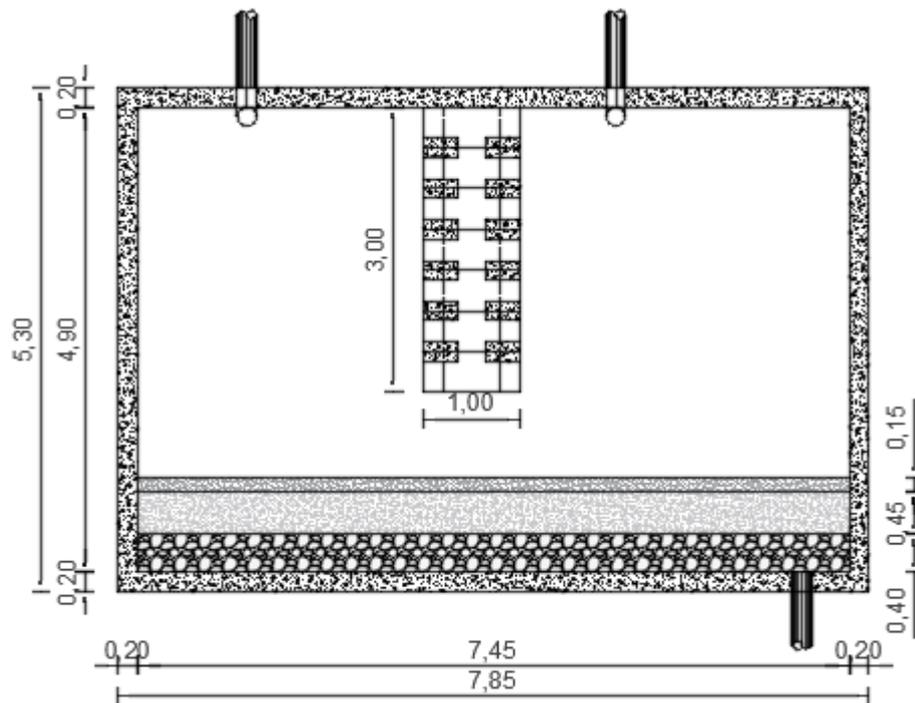
lodos se acomoden y puedan deshidratarse por acción de la luz solar, mientras el agua pasa por pequeñas tuberías de 50 mm de diámetro para ser depositada mediante tubería de 200 mm a una caja de revisión y posteriormente a un pozo de salida.

Tabla 18. Dimensiones del lecho de secado de lodos

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	7.85	m
Ancho	4.30	m
Altura	0.90	m
Espesor de pared	0.20	m

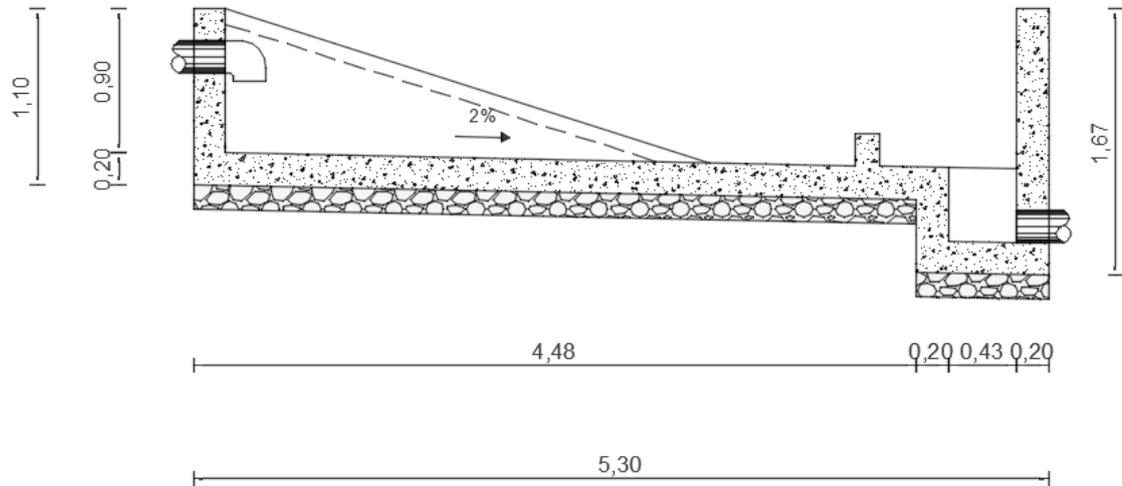
Fuente: Autoría

Figura 29. Vista en planta del lecho de secado de lodos



Fuente: Autoría

Figura 30. Vista de corte del lecho de secado de lodos



Fuente: Autoría

2.6.2 Diagnóstico actual del funcionamiento teórico de la PTAR

Para la evaluación teórica de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López de la parroquia Yanayacu, se toma en consideración el caudal máximo horario. Para nuestro proyecto tenemos un QMH = 1.33 lt/s que es tomado de la tabla 12 (resumen de caudales de ingreso a la PTAR) mismo que es considerado el caudal más crítico con el cual analizaremos cada componente de la planta.

2.6.2.1 Diagnóstico del tanque repartidor de caudales

En la actualidad el tanque repartidor de caudales no está funcionando en óptimas condiciones, esto se debe a la presencia de sólidos sedimentados y escombros que no han sido removidos por los operadores, esto dificulta el paso del caudal a las siguientes unidades de tratamiento. También se observa una rejilla con espaciamientos inadecuados para retener escombros debido a que la estructura de la rejilla se encuentra fracturada y desgastado por el paso de los años, de la misma forma se observa bordes de las tapas de esta unidad fisuradas.

2.6.2.2 Diagnóstico del tanque séptico

Tanque séptico. - Unidad de tratamiento que acoge aguas residuales de una o varias viviendas, su función principal es sedimentar y digerir sólidos, mismos que cuando se acumulen deben ser removidos constantemente y que generalmente son depositados en un lecho de secado de lodos.[33]

El diagnóstico y funcionamiento del tanque séptico se lo realiza en base a la norma colombiana RAS 2000 – capítulo E7, la cual indica la metodología de diseño del tanque, misma que es utilizada para comparar las dimensiones efectivas con las dimensiones que en la actualidad son necesarias. Este capítulo proporciona metodologías, fórmulas y parámetros de diseño para el dimensionamiento de dicha obra hidráulica.[33]

Tabla 19. Datos para el diagnóstico del tanque séptico.

Datos	Valor	Fuente
Población	595 (hab)	P. Ordenamiento territorial Yanayacu(2011-2031)
Dotación de agua potable	120(lt/hab*día)	CPE INEN 005 9-1[34]
Contribución de lodo Fresco lf	1 lt/hab*día	RAS 2000
Largo útil	7.30 m	
Ancho útil	5.25 m	
Altura útil	2.30 m	

Fuente: Autoría

Contribución de aguas residuales por contribuyente (q)

$$q = C * Da$$

Datos

Coefficiente de retorno (70 - 80) % = 70%

Dotación de agua potable = 120 lt/hab*día

$$q = 0.7 * 120 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día}$$

$$q = 84 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día}$$

Tiempo de retención del tanque séptico

La Norma RAS 2000 indica que el tiempo de retención se relaciona con la contribución de aguas residuales de todos los habitantes (L).

$$L = q * \# \text{ de habitantes}$$

$$L = 84 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día} * 595 \text{ hab}$$

$$L = 49980 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

Tabla 20. Tiempos de retención

Contribución diaria (L)	Tiempo de retencion (T)	
	Dias	Horas
Hasta 1500	1.00	24
De 1501 a 3000	0.92	22
De 3000 a 4500	0.83	20
4501 a 6000	0.75	18
6001 a 7500	0.67	16
7501 a 9000	0.58	14
Mas de 9000	0.50	12

Fuente: RAS 2000[33]

Una vez que obtenida la contribución de aguas residuales de todos los habitantes, se ingresa a la tabla 20 con el valor y se determina el tiempo de retención (T).

$$T = 0.50 \text{ dias } \text{ó} \text{ 12 horas}$$

Tasa de acumulación de lodos digeridos

Para determinar la tasa de acumulación de lodos se debe tener en cuenta la temperatura del sector en estudio, conjuntamente con el intervalo de limpieza, RAS 2000. En el cantón Quero la temperatura oscila entre 10 y 15 C° y se asume un año que es el intervalo mínimo de limpieza.

Tabla 21. Tasa de acumulación de lodos según el intervalo de limpieza y la temperatura

Intervalo de limpieza(años)	Valores de K por intervalo de temperatura ambiental (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: RAS 2000[33]

$$K = 65$$

Volumen útil teórico del tanque séptico

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

$$L_f = 1 \text{ lt/hab*día, RAS 2000}$$

$$V_u = 1000 + 595 \text{ hab} * \left(84 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día} * 0.50 \text{ día} + 65 * 1 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día} \right)$$

$$V_u = 64665 \text{ lt}$$

$$V_u = 64.67 \text{ m}^3$$

Volumen útil actual del tanque séptico

$$V = l * a * h$$

$$V = 7.30 \text{ m} * 5.25 \text{ m} * 2.30 \text{ m}$$

$$V = 88.15 \text{ m}^3$$

Comparación

Como se puede observar en los cálculos realizados, el volumen útil actual del tanque séptico es de **88.15 m³**, mientras que el volumen teórico del tanque que es de **64 m³** según nos indica la norma RAS 2000, con lo cual se determina que las dimensiones son las apropiadas para la remoción de contaminantes que a este proceso le corresponde.

2.6.2.3 Diagnóstico del lecho de secado de lodos

Lecho de secado de lodos. – Unidad donde se descarga lodos estabilizados (lodos digeridos) procedentes de un tanque Imhoff o de un tanque séptico para posteriormente ser deshidratados.[35]

Para el diagnóstico del lecho de secado de lodos se utiliza el manual de la OPS-2005 (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización). Con el cual se analiza las dimensiones actuales y las que teóricamente deberían ser la óptimas. También cabe recalcar la utilización de la densidad de los lodos de 1.04 kg/lit y el porcentaje de sólidos que se encuentran en los lodos que varía del (8 al 12 %) que para nuestro estudio se toma un porcentaje del 10%.[35]

Tabla 22. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos

Datos	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	1.33	lt/s
Sólidos en suspensión en el agua residual cruda	SS	283	mg/lt
Densidad de lodos	ρ_{lodo}	1.04	kg/lt
Porcentaje de sólidos		10	%
Largo útil	l	7.45	m
Ancho útil	a	4.90	m
Profundidad de aplicación	Ha	0.4	m

Fuente: Autoría

Tiempo de digestión en días

La OPS indica que para ingresar a la tabla de tiempos de digestión hay que determinar la temperatura del sector en estudio. La temperatura promedio de quero es 15 C°, pero la comunidad de Luis López hace un poco más de frío por lo que utilizaremos una temperatura de 10 C°.

Tabla 23. Tiempo requerido para la digestión de lodos

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

Fuente: OPS-2005

$$T_d = 76$$

Carga de sólidos que ingresan en el sedimentador (C, en kg de SS/día)

$$C = Q * SS * 0.0846$$

$$C = 1.33 \frac{lt}{s} * 283 \frac{mg}{lt} * 0.0846 \frac{s * kg}{mg * dia}$$

$$C = 31.84 \frac{kg}{dia} \frac{SS}{dia}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg de SS/día)

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

$$Msd = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 31.84 \frac{kg}{dia} \frac{SS}{dia} \right) + \left(0.5 * 0.3 * 31.84 \frac{kg}{dia} \frac{SS}{dia} \right)$$

$$Msd = 10.34 \frac{Kg}{dia} \frac{SS}{dia}$$

Volumen de lodos diarios digeridos (Vld, en lt/día)

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodos} * \left(\frac{\% \text{ lodos}}{100} \right)}$$

$$Vld = \frac{10.34 \frac{kg}{dia}}{1.04 \frac{kg}{lt} * \left(\frac{10}{100} \right)}$$

$$Vld = 99.5 \frac{lt}{dia}$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m³)

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

$$Vel = \frac{99.5 \frac{lt}{dia} * 76 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 7.56 m^3$$

Área teórica del lecho de secado de lodos (Als en m²)

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

$$Als = \frac{7.56 m^3}{0.4 m}$$

$$Als = 18.91 m^2$$

Área real del lecho de secado de lodos

$$A = l * a$$

$$A = (7.45 * 4.90)m^2$$

$$A = 36.51 m^2$$

Comparación

Como se puede apreciar el área actual del lecho de secado de lodos cuenta con **36.51** m² a diferencia del área teórica que según los cálculos realizados se necesitaría de **18.91** m². Entonces claramente se puede observar que las dimensiones actuales cumplen con las exigencias establecidas por la OPS.

2.6.2.4 Diagnóstico del filtro anaeróbico de flujo ascendente

Filtro anaeróbico de flujo ascendente. - Esta unidad de tratamiento ayuda a la remoción de materia orgánica en condiciones anaeróbicas con la presencia de un medio filtrante. Su característica es que el agua ingresa por la parte inferior de la unidad pasa por el medio filtrante y es descargada por la parte superior del mismo.[36]

Para realizar el diagnóstico del FAFA se utiliza el manual CONAGUA 2015 (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento). Específicamente se hace énfasis en los parámetros de diseño del manual de filtros anaeróbicos de flujo ascendente. Para realizar el diagnóstico de este proceso unitario es necesario conocer el DBO₅ del agua residual cruda que para nuestro caso tenemos un valor de 127 mg DBO/lit.[36]

Tabla 24. Datos para el diagnóstico del FAFA

Datos	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	1.33	lt/s
Altura total del filtro	H	2.15	m
Longitud de borde libre	b	0.40	m
Longitud bajo dren	d	0.28	m
Diámetro del filtro	D	5.40	m
Altura del medio filtrante	hm=H-b-d	1.37	m
DBO ₅ del agua cruda	So	0.127	Kg DBO/m ³

Fuente: Autoría

Volumen del medio filtrante actual (V_{mf})

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

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (5.40m)^2}{4}$$

$$A = 22.90 m^2$$

$$V_{mf} = 1.37 m * 27.33 m^2$$

$$V_{mf} = 31.37 m^3$$

Volumen total del filtro biológico actual

$$Vt = H * A$$

$$Vt = 2.15 \text{ m} * 22.90 \text{ m}^2$$

$$Vt = 49.24 \text{ m}^3$$

Carga orgánica volumétrica del medio filtrante actual (COVmf)

$$COVmf = \frac{Q * So}{Vm_f}$$

$$Q = \frac{1.33 \text{ lt}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}}$$

$$Q = 114.91 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$COVmf = \frac{114.91 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.127 \text{ kg} \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3}}{31.37 \text{ m}^3}$$

$$COVmf = 0.465 \text{ kg de} \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

Tiempo de estadía hidráulica actual (TRH)

La estadía o residencia hidráulica es el tiempo que el agua permanece en el filtro biológico para luego salir al siguiente proceso.

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

$$TRH = \frac{31.37 \text{ m}^3}{114.91 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$TRH = 0.273 \text{ día} * \frac{24 \text{ h}}{\text{día}}$$

$$TRH = 6.55 \text{ h}$$

El tiempo de estadía hidráulica es de 6.55 h dicho valor está dentro del rango de 4 a 10 horas, así lo indica el manual CONAGUA 2015.

Eficacia de remoción esperada en %

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

$$E = 100[1 - 0.87 * (6.55)^{-0.5}]$$

$$E = 66 \%$$

Funcionamiento teórico del filtro biológico de flujo ascendente

Área superficial teórica del filtro biológico

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

QMH = Caudal máximo horario de la PTAR 1.33 lt/s – 144.91 m³/día

CHS = Carga hidráulica superficial

Tabla 25. Criterios de diseño para filtros anaeróbicos

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

Fuente: CONAGUA[36]

$$Af = \frac{114.91 \frac{m^3}{día}}{12.5 \frac{m^3}{m^2} * día}$$

$$Af = 9.19 m^2$$

Volumen teórico del material filtrante

$$Vm_f = TRH * QMH$$

TRH = tiempo de retención hidráulica de 4 a 10 horas (7 h)

$$Vm_f = 0.29 día * 114.91 \frac{m^3}{día}$$

$$Vm_f = 33.32 m^3$$

Comparación

Realizando los cálculos respectivos se pudo determinar que el volumen de material filtrante actual es de **31.37 m³**. Lo cual indica que es menor al volumen de material filtrante teórico que de acuerdo al cálculo realizado debería tener **33.32 m³**. la diferencia es de 2 m³ aproximadamente, por lo cual se determina que no cumple con las exigencias del manual CONAGUA 2015 y se debe realizar una ampliación a las secciones.

2.6.2.5 Diagnóstico del filtro descendente

Filtro descendente. - Unidad de tratamiento que es utilizada para complementar la remoción de contaminantes, su funcionamiento es distribuir el agua mediante tuberías en la parte superior del medio filtrante y se la descarga por la parte inferior de la unidad.[35]

Para al diagnóstico del filtro descendente se utiliza las recomendaciones y criterios del manual de la OPS. Se hace énfasis en la velocidad de filtración, el cual menciona que a mayor contaminación menor velocidad así mismo recomienda que la velocidad debe estar dentro del rango de 0.1 a 0.2 m/h.

Tabla 26. Datos para el diagnóstico del filtro descendente

Datos	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	1.33	lt/s
Altura útil del filtro	H	1.10	m
Longitud útil del filtro	l	5.20	m
Ancho útil del filtro	a	4.20	m
Velocidad de filtración	vf	0.15	m/h
Número de unidades de filtros existentes	N	2	

Fuente: Autoría

Área teórica superficial del filtro descendente

$$Ast = \frac{Q}{N * vf}$$

$$Q = \frac{1.33 \text{ lt}}{s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$Q = 4.79 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Ast = \frac{4.79 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2 * 0.15 \frac{\text{m}}{\text{h}}}$$

$$Ast = 15.96 \text{ m}^2$$

Área real superficial del filtro descendente

$$As = l * a$$

$$As = 5.20 \text{ m} * 4.20 \text{ m}$$

$$As = 5.20 \text{ m} * 4.20 \text{ m}$$

$$As = 21.84 \text{ m}^2$$

Comparación

Como se puede apreciar en los resultados, el área teórica superficial es menor que el área real superficial, esto quiere decir que el filtro descendente actual cumple con la demanda según los criterios del manual OPS 2005.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Recolección de muestras

La comunidad Luis López al ser una comunidad agrícola-ganadera, genera aguas residuales domésticas, pecuarias y agrícolas, sin embargo, esta planta de tratamiento del sector recibe solamente aguas domésticas. Para realizar el respectivo análisis de aguas residuales se procedió a tomar muestras en dos puntos específicos.

- La primera muestra de agua se la obtiene al ingreso de la PTAR, específicamente del tanque repartidor. Esta muestra se la tomó el día miércoles en el horario de 3.00 a 4.00 de la tarde, siendo el día y hora que mayor caudal ingresa a la planta según la tabla 12 (resumen de caudales de ingreso a la PTAR).
- La segunda muestra de agua se la obtiene del pozo de salida de la PTAR, de la misma manera se la tomó en el horario de 3.00 a 4.00 de la tarde, siendo el día y hora que mayor caudal procesa y evacúa la planta según la tabla 13 (resumen de caudales de salida de la PTAR).

Para el envío de las muestras al laboratorio de servicios ambientales de la (UNACH), Estas muestras son envasadas y transportadas según la norma NTE INEN 2 176 y la norma NTE INEN 2 169.

El laboratorio realiza los respectivos análisis físicos químicos, utilizando métodos y procedimientos acordes a las necesidades de los requerimientos, una vez obtenido los datos se presenta las tablas 27 y 28 con los resultados de dichos análisis.

Tabla 27. Resultados de los análisis del agua que ingresa a la PTAR (lt/s)

Parámetros	Unidades	Método/Procedimiento	Resultados	U(K=2)	Fecha de análisis
PH	-	STANDARD METHODS 4500-HB	7.16	+/-0.08	06/07/2022
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D	284	N/A	06/07/2022
DBO₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210-B	127	N/A	06/07/2022
Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 D	283	N/A	06/07/2022
Sólidos totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 B	454	N/A	06/07/2022

Fuente: Laboratorio ambiental de la UNACH

Tabla 28. Resultados de los análisis del agua de salida de la PTAR (lt/s)

Parámetros	Unidades	Método/Procedimiento	Resultados	U(K=2)	Fecha de análisis
PH	-	STANDARD METHODS 4500-HB	7.12	+/-0.08	06/07/2022
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D	122	N/A	06/07/2022
DBO₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210-B	49	N/A	06/07/2022
Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 D	97	N/A	06/07/2022
Sólidos totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 B	292	N/A	06/07/2022

Fuente: Laboratorio ambiental de la UNACH

3.1.2 Análisis y comparación de resultados con el TULSMA 2015

La PTAR de la comunidad de Luis López posee una serie de procesos unitarios en la cual se describe a continuación:

- Tanque repartidor
- Tanque séptico
- Lecho de secado de lodos
- FAFA
- Filtro descendente

Cada uno de estos procesos aportan con la remoción de contaminantes existente en aguas servidas. Como se puede observar en la tabla 29, en la cual presenta valores porcentuales de remoción teórica según el libro Ingeniería de Aguas Residuales de: *Metcalf & Eddy*. [24], los cuales se utiliza para realizar el análisis correspondiente según los datos arrojados por el laboratorio.

Tabla 29. Remoción teórica por procesos unitarios

Unidades de tratamiento	Rendimiento de Eliminación del Constituyente, Porcentaje		
	DBO ₅	DQO	SS
Fangos Activados (proceso convencional)	95	85	90
Filtros Precolados Alta carga, medio pétreo	80	80	85
Remoción Total Teórica	99.00%	97.00%	98.50%

Fuente: *Metcalf & Eddy*[24]

Con los datos y resultados obtenidos por el laboratorio se procede a realizar una tabla comparativa, para ello se presenta las tablas 6,7 y 8 (Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce). Dichas consideraciones están plasmadas en el capítulo I de la presente investigación que fueron tomadas del TULSMA 2015.

Tabla 30. Comparación de los resultados con los valores máximos permisible del TULSMA 2015

Parámetro	Unidad	Método	Ingreso	Salida	Límite Máximo TULSMA 2015	Cumple
PH	-	STANDARD METHODS 4500-HB	7.16	7.12	6-9	SI
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D	284	122	200	SI
DBO₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210-B	127	49	100	SI
Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540-D	283	97	130	SI
Sólidos totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 B	454	292	1600	SI

Fuente: Autoría

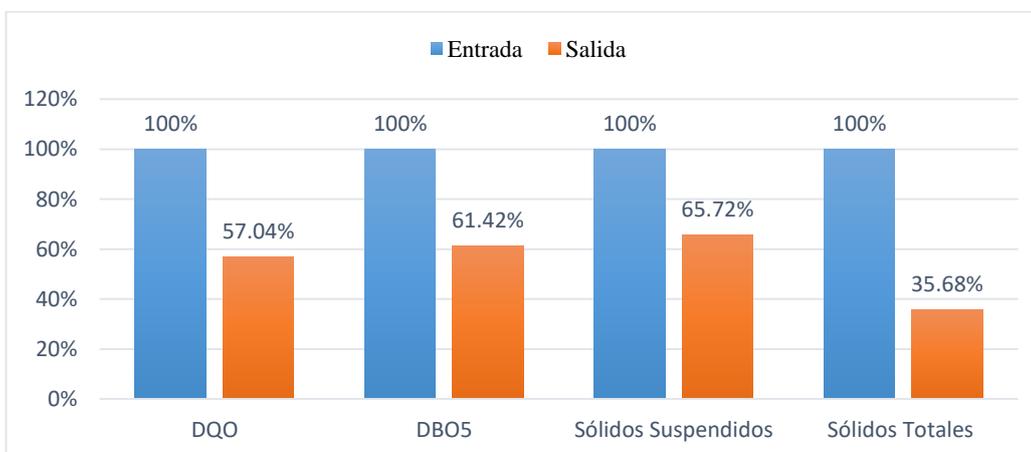
En la tabla 30 claramente se puede observar que todos los valores están cumpliendo con los parámetros establecidos según el TULSMA 2015. Para una mayor comprensión de dichos resultados se indica la tabla 31 y figura 31 en la cual se determina la remoción real de contaminantes.

Tabla 31. Porcentaje de remoción real de contaminantes

Parámetros	Unidades	Entrada	Salida	% de remoción real
DQO	mg/l	284	122	42.96 %
DBO₅	mg O ₂ /l	127	49	38.58 %
Sólidos Suspendedos	mg/l	283	97	34.28 %
Sólidos totales	mg/l	454	292	64.32 %
PH	-	7.16	7.12	-

Fuente: Autoría

Figura 31. Diagrama del porcentaje de remoción real de contaminantes



Fuente: Autoría

En la tabla 32 se observa los porcentajes de remoción real vs porcentajes de remoción teórica, en la cual se denota que los porcentajes de remoción real son algo bajos, sin embargo, al analizar con los límites máximos permisibles del TULSMA 2015, todos estos valores están cumpliendo con los límites del rango.

Tabla 32. Porcentaje de remoción teórica de contaminantes

Parámetros	% de remoción real	% de remoción teórica
DQO	42.96 %	97.00 %
DBO₅	38.58 %	99.05 %
Sólidos Suspendidos	34.28 %	98.50 %

Fuente: Autoría

Con la información obtenida se puede determinar que, si el caudal aumenta y no se ejecuta un adecuado plan de mantenimiento y operación de la PTAR, El porcentaje de eficiencia de remoción de contaminantes disminuirá.

3.2 Verificación de la hipótesis

Hipótesis de trabajo

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, Cantón Quero, provincia del Tungurahua no se encuentra operando de manera óptima en las condiciones actuales.

En la actualidad la PTAR de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua se encuentra operando y recibe únicamente aguas residuales domésticas. La planta de tratamiento es sujeta a un análisis de aguas de su afluente como de su efluente para comparar con los límites permisibles del TULSMA 2015 y se determina que todos los parámetros analizados están por debajo de los límites como se puede verificar en la tabla 30. Sin embargo, la planta no se encuentra funcionando de forma óptima ya que existe unidades de tratamiento subdimensionadas y otra sin uso, para corroborar esta información ver tabla 33.

Tabla 33. Resumen de la evaluación de la PTAR Luis López

Resumen de la evaluación de la PTAR Luis López			
Unidad de tratamiento	Estado Actual	Comprobación	Cumple
Tanque repartidor	<i>Esta unidad de tratamiento dispone de una rejilla que no cumple con el espaciamiento adecuado porque su estructura se encuentra fracturada y no desempeña su función.</i>	<i>No retiene sólidos grandes</i>	No
Tanque séptico	<i>Esta unidad de tratamiento en la actualidad cumple con el dimensionamiento ya que el volumen útil actual (Vua) es mayor al volumen útil teórico (Vut) según la Norma RAS 2000.</i>	$V_{ut} = 64 \text{ m}^3$ $V_{ua} = 88.15 \text{ m}^3$	Si
FAFA	<i>La presente unidad de tratamiento esta subdimensionada ya que las dimensiones actuales de volumen de material filtrante actual (Vmfa) no abastece al volumen teórico de material filtrante (Vmft) según lo indicado por el manual CONAGUA 2015.</i>	$V_{mft} = 33.32 \text{ m}^3$ $V_{mfa} = 31.37 \text{ m}^3$	No
Lecho de secado de lodos	<i>En cuanto se refiere al dimensionamiento esta unidad cumple, ya que el área teórica (At) es menor que el área real (Ar) según el manual de la OPS, pero la unidad no está cumpliendo su función para la cual fue construida y todo esto debido a la falta de operación y mantenimiento.</i>	$A_t = 18.91 \text{ m}^2$ $A_r = 36.51 \text{ m}^2$	No
Filtro descendente	<i>Esta unidad de tratamiento cumple con el dimensionamiento ya que su área superficial teórica (Ast) está por debajo del área superficial real (Asr) según el manual de la OPS</i>	$A_{st} = 15.96 \text{ m}^2$ $A_{sr} = 21.84 \text{ m}^2$	Si

Fuente: Autoría

Otra causal para el deficiente desempeño de la planta es el mantenimiento y operación que se efectúa actualmente a las unidades de tratamiento, El cual carece de una planificación adecuada para este tipo de obras civiles.

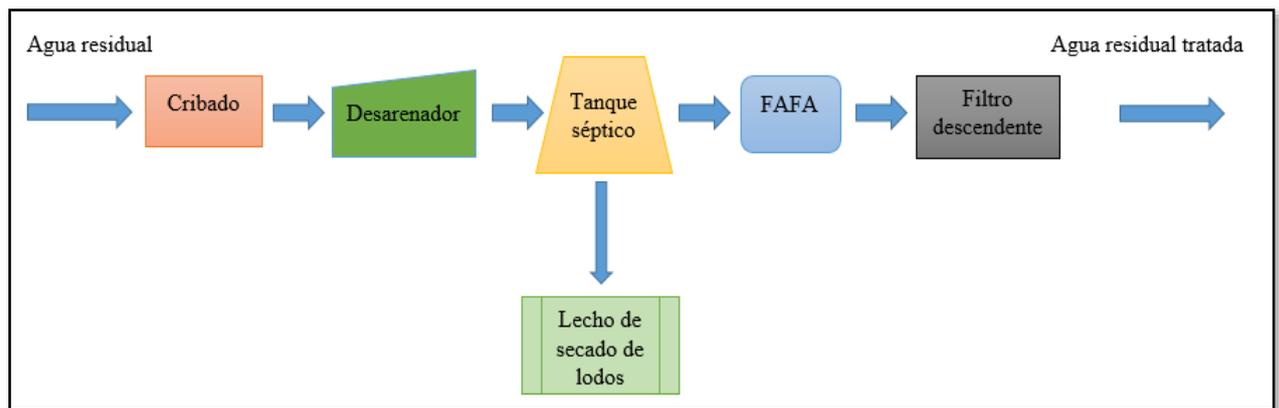
Por lo antes mencionado la PTAR no se encuentra operando en óptimas condiciones. Para lo cual se acepta la hipótesis de trabajo y se rechaza la hipótesis nula.

3.3 Propuesta de mejora

Una vez realizada la evaluación a cada una de las unidades de tratamiento de la PTAR de la comunidad Luis López y conjuntamente con los datos obtenidos por el laboratorio se procede a determinar la opción más viable para mejorar el tratamiento de las aguas residuales.

A continuación, se presenta un nuevo tren de tratamiento acorde a las necesidades actuales existentes, el cual consta de: un cribado, un desarenador, un tanque séptico, un filtro anaeróbico de flujo ascendente y un filtro descendente. Como se puede observar en la figura 32, se detalla el diagrama de los nuevos procesos de tratamiento.

Figura 32. Propuesta del nuevo tren de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Autoría

3.3.1 Diseño de las nuevas unidades de tratamiento de la PTAR Luis López

Para el diseño de las nuevas unidades de tratamiento de la PTAR de la comunidad Luis López se toma en cuenta parámetros iniciales como el caudal de diseño y la población futura, para la cual se aplica las recomendaciones y disposiciones específicas dispuestas por la Norma CO 10.7-602. Donde indica que para determinar la población futura se tomará un periodo de 20 años como mínimo.[37]

3.3.1.1 Población futura o de diseño

Para determinar la población de diseño de la comunidad Luis López es primordial realizar la proyección de los habitantes existentes en la actualidad, para ello se usa los datos censales del INEC del cantón Quero. Para determinar esta población se toma en cuenta las especificaciones de la Norma CO 10.7-602 donde menciona se debe utilizar el método geométrico. [37]

Tabla 34. Población censal del cantón Quero

Año	Población (Hab)		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	8011	7986	15997
2001	8993	9194	18187
2010	9489	9716	19205

Fuente: INEC.[38]

Tasa de crecimiento en años

$$r = \left(\frac{pf}{pi} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Donde:

pf = Población final

pi = Población inicial

t = Intervalo de tiempo

Tabla 35. Población censal del cantón Quero

Año censal	Población (hab)	Intervalo de tiempo en años (t)	Tasa de crecimiento r (%)
1990	15997	11	1.17
2001	18187	9	0.61
2010	19205	-	
Promedio			0.89

Fuente: Autoría

Siempre y cuando la tasa de crecimiento sea negativa o menor que uno se recomienda utilizar el valor que indica la norma CO 10.7-602. Para el caso en estudio se toma el valor de $r = 1\%$ recomendado para la región sierra. [37]

Población Actual

La población actual fue obtenida del Plan de Ordenamiento territorial Yanayacu (2011-2031) en la cual mediante proyecciones se determinó que en la actualidad existen 595 habitantes aproximadamente.

Población de diseño o población futura. (método geométrico)

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

Donde

Pa = Población actual = 595

r = Tasa de crecimiento de la población: = 1%

n = Periodo de diseño = 20 años

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

$$Pf = 595(1 + 0.01)^{20}$$

$$Pf = 726 \text{ hab}$$

Como se puede observar a lo largo de los años la población va creciendo, de la misma forma pasara con la dotación de agua potable por ende se debe calcular la dotación futura para los años que se proyecta la PTAR.

Dotación futura (lt/hab*día)

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

Donde

Da = Dotación actual (Norma INEN 005 9-1) = 120 lt/hab*día.[34]

n = Periodo de diseño = 20 años

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

$$Df = 120 + 1 \frac{lt}{hab * día} * 20$$

$$Df = 140 \frac{lt}{hab * día}$$

Caudal medio diario futuro (lt/s)

$$Q_{mdf} = \frac{Df * Pf}{86400 s}$$

Donde

Df = Dotación futura

Pf = Población futura

$$Q_{mdf} = \frac{140 \frac{lt}{hab * día} * 726 hab}{86400 s}$$

$$Q_{mdf} = 1.18 \frac{lt}{s}$$

Caudal medio diario sanitario futuro (lt/s)

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

Donde

Q_{mdf} = Caudal medio diario futuro =

C = Coeficiente de retorno según Norma RAS 2000 (60-80) % = 70%

$$Q_{msf} = 0.7 * 1.18 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{msf} = 0.83 \frac{lt}{s}$$

Caudal máximo horario sanitario futuro (QMH)

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

Donde

Q_{msf} = Caudal medio diario sanitario futuro

F = Factor de mayoración

Para obtener el caudal de mayoración se utiliza el método de Flores ya que indica que está en función del número de habitantes. Cabe recordar que la población se ingresara en miles.[33]

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

$$F = \frac{3.5}{0.726^{0.1}}$$

$$F = 3.61$$

Según la normativa el valor de F debe ser mayor o igual a 1.4 entonces se puede observar que el valor calculado es correcto.[33]

Caudal máximo horario sanitario futuro (QMH)

Donde

Q_{msf} = Caudal medio diario sanitario futuro

F = Factor de mayoración

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

$$Q_{MHF} = 0.83 \frac{lt}{s} * 3.61$$

$$Q_{MHF} = 2.99 \frac{lt}{s}$$

Como se puede observar en el caudal máximo horario futuro es de 2.99 lt/s, a diferencia del caudal máximo horario obtenido mediante la toma de caudales es de 1.33 lt/s, ver tabla 12.

Caudal de conexiones erradas (Qce)

Se toma en cuenta un caudal pluvial proveniente de conexiones defectuosas o como su nombre lo indica de una conexión errada.[33]

Donde

QMHF = Caudal máximo horario futuro

$$Q_{ce} = (5 - 10)\% * QMHF$$

$$Q_{ce} = 0.07 * 2.99 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{ce} = 0.21 \frac{lt}{s}$$

Caudal de infiltración (QI)

El caudal de infiltración viene dado por la longitud de la tubería y el coeficiente de infiltración y este a la vez depende del tipo de material.

$$QI = I * L$$

Donde

I = Coeficiente de infiltración

F = Longitud de la tubería

Tabla 36. Materiales y coeficientes de infiltración

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

Fuente: N. boliviana.[39]

Datos:

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

$$L = 1300 \text{ m}$$

$$Qi = I * L$$

Donde

I = Coeficiente de Infiltración (Hormigón Simple) = 0.0005 lt/(s*m)

L = Longitud de las tuberías

$$Qi = 0.0005 * 1300$$

$$Qi = 0.0005 \frac{lt}{s * m} * 1300m$$

$$Qi = 0.65 \frac{lt}{s}$$

Caudal de diseño (QD)

Donde

QMHF = Caudal máximo horario futuro

Qce = Caudal de conexiones erradas

QI = Caudal de infiltración

$$QD = QMH + Qce + QI$$

$$QD = 2.99 \frac{lt}{s} + 0.21 \frac{lt}{s} + 0.65 \frac{lt}{s}$$

$$QD = 3.85 \frac{lt}{s}$$

3.3.1.2 Propuesta de diseño de las nuevas unidades de la PTAR

3.3.1.2.1 Propuesta de diseño del canal de entrada

Para el diseño del canal de entrada se toma como fuente la investigación realizada por Valeria Zambonino en el cantón Quero.[10]

La sección del canal de entrada es rectangular de H° simple, a continuación, se detalla los datos en la tabla 37.

Para evitar la sedimentación de debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones: la base o ancho del canal debe ser > 0.4 m y < de 0.7 m, de la misma forma la pendiente será \geq a 0.5 %.

Tabla 37. Datos para el cálculo del canal de entrada

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q	0.00385	m ³ /s
Coefficiente de rugosidad	n	0.013	
Base	b	0.5	m
Pendiente	S	0.6	%

Fuente: Autoría

Tirante de agua

En el presente cálculo se utiliza la fórmula de Manning.

$$\frac{Q}{A} = \frac{Rh^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$\frac{Q * n}{S^{1/2}} = A * Rh^{2/3}$$

Área

$$A = b * y$$

Radio hidráulico

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

A continuación, se reemplaza el área y radio hidráulico en la fórmula de Manning.

$$\frac{Q * n}{S^{1/2}} = (b * y) * \left[\frac{b * y}{(b + 2y)} \right]^{2/3}$$

$$\frac{0.00385 \text{ m}^3/\text{s} * 0.0013}{0.006^{1/2}} = (0.5 \text{ m} * y) * \left[\frac{0.5 \text{ m} * y}{(0.5 \text{ m} + 2y)} \right]^{2/3}$$

$$y = 0.022 \text{ m}$$

La norma sugiere dejar un borde libre de seguridad ≥ 0.3 m.[34],por lo cual se toma una altura del canal de entrada **$h= 0.40$ m**

Diseño de la rejilla de entrada

En esta propuesta se utilizará barras de 14 mm con un espaciamiento de 20mm puesto que la limpieza será manual.[34]

Cálculo del número de barras

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

Donde

N = Número de barras

b = Ancho del canal de entrada

\varnothing = Diámetro de la barra

e = espaciamiento de las barras asumidas

$$N = \frac{500 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}{14 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}$$

$$N = 16 \text{ barras}$$

Tabla 38. Propuesta de diseño del canal de entrada

<i>Dimensiones propuestas</i>		
	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
<i>Largo</i>	1	m
<i>Ancho</i>	0.5	m
<i>Altura</i>	0.4	m
<i>Espesor de pared</i>	0.15	m
<i>Espesor de piso</i>	0.1	m
<i>Largo de rejilla</i>	0.50	m
<i>Número de barras</i>	16	
<i>Inclinación de la rejilla</i>	45	°

Fuente: Autoría

3.3.1.2.2 Propuesta de diseño del desarenador

Para el diseño de esta unidad de tratamiento se toma en cuenta consideraciones y recomendaciones del manual de la OPS.[35], también se tomará como referencia la investigación realizada por Valeria Zambonino en el cantón Quero.[10], a continuación se presenta la tabla 39 con los datos necesario para el cálculo del desarenador.

Tabla 39. Datos para el cálculo del desarenador

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de diseño	QD	3.85	lt/s
Gravedad	g	981	cm/s ²
Densidad de la arena	ρs	2.65	g/cm ³
Temperatura del agua	T	10	°C
Viscosidad cinemática del agua	η	0.01310	cm ² /s
Diámetro de la partícula	Ø	0.02	cm

Fuente: Autoría

Cálculo de la velocidad de sedimentación

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

$$V_s = \frac{1}{18} * 981 \frac{cm}{s^2} \left(\frac{2.65 - 1}{0.01310 \frac{cm^2}{s}} \right) * (0.02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 2.75 \text{ cm/s}$$

Verificación del número de Reynolds

$$R_e = \frac{V_s * \delta}{\eta}$$

$$R_e = \frac{2.75 \frac{mc}{s} * 0.02 \text{ cm}}{0.01310 \frac{cm^2}{s}}$$

$$R_e = 4.19$$

Como se observa el valor se encuentra en la zona de transición (Ley de Allen) por lo tanto se procede al realizar los siguientes cálculos.

Cálculo del coeficiente de arrastre

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

$$C_D = \frac{24}{4.19} + \frac{3}{\sqrt{4.19}} + 0.34$$

$$C_D = 7.53$$

Reajuste a la velocidad de sedimentación

Se realiza el reajuste de la velocidad de sedimentación ya que está dada en función del coeficiente de arrastre (m/s).

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

Donde

g = Gravedad

ρ_s = Densidad de la arena

\emptyset = diámetro de la partícula

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981 \frac{cm}{s^2}}{7.53} * (2.65 - 1) * 0.02 \text{ cm}}$$

$$V_s = 2.39 \frac{cm}{s}$$

$$V_s = 0.0239 \frac{m}{s}$$

Cálculo de la velocidad crítica de arrastre, el valor “a” depende del diámetro de la partícula.

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

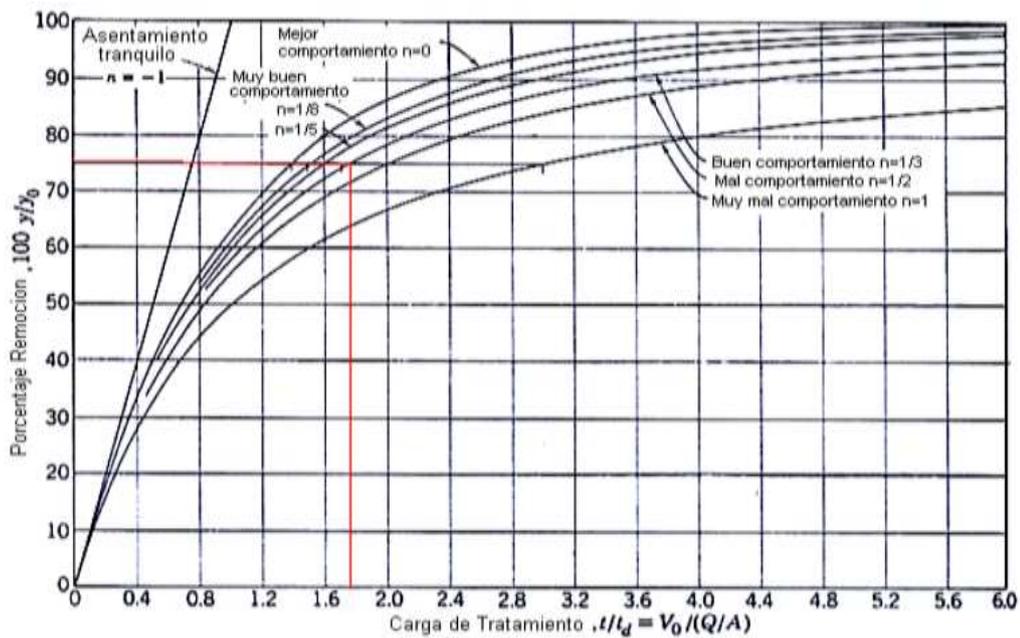
$$Vd = 44 * \sqrt{0.2}$$

$$Vd = 19.67 \frac{cm}{s}$$

$$Vd = 0.1967 \frac{m}{s}$$

Para continuar con los cálculos respectivos del desarenador se obtiene un coeficiente de seguridad, el cual se obtiene de las curvas de comportamiento del manual de la OPS 2005.[35]

Figura 33. Curva de comportamiento



Fuente: Autoría

Se toma el 75% del porcentaje de remoción para el caso en estudio

Cálculo del área superficial (m²)

$$As = \left(\frac{QD * Coef. segur}{Vs} \right)$$

$$As = \left(\frac{3850 \frac{cm^3}{s} * 1.75}{2.39 \text{ cm/s}} \right)$$

$$As = 2819.04 \text{ cm}^2$$

$$As = 0.28 \text{ m}^2$$

Medidas del desarenador

Para obtener las medidas del desarenador aplico los criterios del libro ingeniería de agua residuales de Metcalf & Eddy. Donde indica que la relación ancho-profundidad de 1.5 : 1.[24]

$$B = 1.5 * h$$

Profundidad de la cámara de sedimentación.

$$As = B * h$$

$$As = B * h * h$$

$$h = \sqrt{\frac{As}{1.5}}$$

$$h = \sqrt{\frac{0.28 \text{ m}^2}{1.5}}$$

$$h = 0.43 \text{ m}$$

Se toma h = 0.45 m, posteriormente se calcula la base

$$B = 1.5 * h$$

$$B = 1.5 * 0.45 \text{ m}$$

$$B = 0.68 \text{ m}$$

$$B = 0.70 \text{ m}$$

Cálculo de la Longitud del desarenador

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

Donde

Vd = Velocidad Crítica de arrastre

Vs = Velocidad de sedimentación

h = profundidad de la cámara de sedimentación

$$L = \frac{0.1967 \frac{m}{s} * 0.45 m}{0.024 \frac{m}{s} - 0.04 * 0.1967 \frac{m}{s}}$$

$$L = 5.48 m$$

$$L = 5.50 m$$

Longitud de transición

$$L_t = \frac{B - h}{2 * \text{tag}(\alpha)}$$

Donde

B = Base del desarenador

h = altura del desarenador

α = Angulo de transición sugerido 12.30°

$$L_t = \frac{0.70 m - 0.45 m}{2 * \text{tag}(12.30^\circ)}$$

$$L_t = 0.46 m$$

$$L_t = 0.50 m$$

Verificación de condicionamiento

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

$$L_t < \frac{5.50}{3}$$

$$L_t < 1.83 \text{ Cumple}$$

Cálculo del tiempo de retención hidráulica

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

Donde

V_s = Velocidad de sedimentación

h = altura del desarenador

$$T_s = \frac{0.45 \text{ m}}{0.0239 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$T_s = 19 \text{ s}$$

Tiempo de desplazamiento

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

Donde

V_d = Velocidad de sedimentación

L = Longitud del desarenador

$$T_d = \frac{5.50 \text{ m}}{0.01967 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$T_d = 28 \text{ s}$$

Verificación de condicionamiento

$$T_d > T_s$$

$$28 \text{ s} > 19 \text{ s Cumple}$$

Tabla 40. Propuesta de diseño del desarenador

<i>Dimensiones propuestas</i>		
	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
<i>Largo</i>	5.50	m
<i>Ancho</i>	0.7	m
<i>Altura</i>	0.45	m
<i>Angulo de divergencia</i>	12.30	°
<i>Longitud de transición</i>	0.50	m
<i>Espesor de pared</i>	0.15	m
<i>Espesor de piso</i>	0.1	m

Fuente: Autoría

3.3.1.2.3 Propuesta de diseño del FAFA

Para la propuesta de diseño del FAFA se toma en cuenta las consideraciones y recomendaciones del Manual 2015, obteniendo los parámetros y datos de dicho manual los cuales se observa en la tabla 41.[36]

Tabla 41. Datos para la propuesta de diseño del FAFA

Datos	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal máximo horario futuro	QMH	10.76	m ³ /h
Tiempo de residencia hidráulica	TRH	5.5	horas
Longitud de borde libre	b	0.50	m
Longitud bajo dren	d	0.28	m
Altura del medio filtrante	hm=H-b-d	1.40	m
DBO ₅ del agua cruda	So	127	Kg DBO/m ³

Fuente: Autoría

Volumen del filtro

$$V = QMH * TRH$$

$$V = 10.76 \frac{m^3}{h} * 5.5 h$$

$$V = 59.18 m^3$$

Altura del filtro

$$H = b + d + hm$$

$$H = 0.50 m + 0.50 m + 1.40 m$$

$$H = 2.40 m$$

Área del filtro

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

$$A = \frac{59.18 m^3}{2.40 m}$$

$$A = 24.65 m^2$$

Diámetro del filtro

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 24.65 m^2}{\pi}}$$

$$D = 5.60 m$$

Volumen del medio filtrante

$$Vmf = A * hm$$

$$Vmf = 26.90 m^2 * 1.40 m$$

$$Vmf = 34.51 m^3$$

Comprobación de la carga hidráulica superficial

Para este cálculo hay que transformar el caudal de diseño en m³/día y se obtiene 258.24.

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

$$CHS = \frac{258.24 \frac{m^3}{día}}{24.65 m^2}$$

$$CHS = 10.47$$

$$10 < CHS < 15$$

$$10 < 10.47 < 15 \text{ Cumple}$$

Comprobación de la carga orgánica volumétrica del volumen total

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

$$COV = \frac{258.24 \frac{m^3}{día} * 0.127 kg \frac{DBO}{m^3}}{59.18 m^3}$$

$$COV = 0.55 kg \text{ de } \frac{DBO}{m^3 * día}$$

Comprobación de la carga orgánica volumétrica del medio filtrante

$$COV = \frac{QM_H * S_o}{V_{mf}}$$

$$COV = \frac{258.24 \frac{m^3}{día} * 0.127 kg \frac{DBO}{m^3}}{34.51 m^3}$$

$$COV = 0.016 kg \text{ de } \frac{DBO}{m^3 * día}$$

Eficacia de remoción esperada en %

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

$$E = 100[1 - 0.87 * (5.5)^{-0.5}]$$

$$E = 62.90 \%$$

Cálculo del volumen real del filtro

$$Vr = A * H$$

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

$$Vr = \frac{\pi * 5.60^2}{4} * 2.40$$

$$Vr = 59.11 m^3$$

Tabla 42. Propuesta de diseño del FAFA

<i>Dimensiones propuestas</i>		
	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
<i>Diámetro</i>	5.60	m
<i>Altura</i>	2.18	m
<i>Altura del material filtrante</i>	1.40	m
<i>Espesor de pared</i>	0.10	m
<i>Espesor de piso</i>	0.10	m

Fuente: Autoría

3.3.2 Diagnóstico de las unidades de tratamiento para el nuevo periodo

Para realizar el diagnóstico de estas unidades de tratamiento se utiliza el período de diseño mencionado en la investigación, ello implica utilizar la población futura y el caudal de diseño calculado. El análisis de este cálculo es el mismo realizado en el ítem 2.6.2.

3.3.2.1 Diagnóstico del tanque séptico con el nuevo periodo de diseño

El diagnóstico y funcionamiento del tanque séptico se lo realiza en base a la norma colombiana RAS 2000 – capítulo E7 donde indica la metodología de diseño del tanque, misma que es utilizada para comparar las dimensiones efectivas con las dimensiones necesarias para el nuevo período de diseño. Este capítulo proporciona metodologías, fórmulas y parámetros de diseño para el dimensionamiento de dicha obra hidráulica.[33]

Tabla 43. Datos para el diagnóstico del tanque séptico

Datos	Valor	Unidad
Población	726	hab
Dotación de agua potable	140	lt/hab*día
Contribución de lodo Fresco lf	1	lt/hab*día
Largo útil	7.30	m
Ancho útil	5.25	m
Altura útil	2.30	m

Fuente: Autoría

Contribución de aguas residuales por contribuyente (q)

$$q = C * Da$$

Datos

Coefficiente de retorno (70 - 80) % = 70%

Dotación de agua potable = 140 lt/hab*día

$$q = 0.7 * 140 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día}$$

$$q = 98 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día}$$

Tiempo de retención del tanque séptico

La Norma RAS 2000 indica que el tiempo de retención se relaciona con la contribución de aguas residuales de todos los habitantes (L).

$$L = q * \# \text{ de habitantes}$$

$$L = 98 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día} * 726 \text{ hab}$$

$$L = 71148 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

Tabla 44. Tiempos de retención

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	Días	Horas
Hasta 1500	1.00	24
De 1501 a 3000	0.92	22
De 3000 a 4500	0.83	20
4501 a 6000	0.75	18
6001 a 7500	0.67	16
7501 a 9000	0.58	14
Mas de 9000	0.50	12

Fuente: RAS 2000[33]

Una vez que obtenido la contribución de aguas residuales de todos los habitantes, ingreso en la tabla 44 con el valor y determinamos el tiempo de retención (T).

$$T = 0.50 \text{ dias } \text{ ó } 12 \text{ horas}$$

Tasa de acumulación de lodos digeridos

Para determinar la tasa de acumulación de lodos se debe tener en cuenta la temperatura del sector en estudio, conjuntamente con el intervalo de limpieza, RAS 2000.[33] En el cantón Quero la temperatura oscila entre 10 y 15 C° y se asume un año que es el intervalo mínimo de limpieza.

Tabla 45. Tasa de acumulación de los lodos según el intervalo de limpieza y la temperatura

Intervalo de limpieza(años)	Valores de K por intervalo de temperatura ambiental (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: RAS 2000[33]

$$K = 65$$

Volumen útil teórico del tanque séptico

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

$$L_f = 1 \text{ lt/hab*día, RAS 2000}$$

$$V_u = 1000 + 726 \text{ hab} * \left(98 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día} * 0.50 \text{ día} + 65 * 1 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día}\right)$$

$$V_u = 83764 \text{ lt}$$

$$V_u = 83.76 \text{ m}^3$$

Volumen útil actual del tanque séptico

$$V = l * a * h$$

$$V = 7.30 \text{ m} * 5.25 \text{ m} * 2.30 \text{ m}$$

$$V = 88.15 \text{ m}^3$$

Comparación

Como se puede observar en los cálculos realizados, el volumen útil actual del tanque séptico es de **88.15 m³**, mientras que el volumen teórico del tanque que es de **83.76 m³**, esto indica que el tanque funcionará adecuadamente con el nuevo período de diseño propuesto de 20 años.

3.3.2.2 Diagnóstico del lecho de secado de lodos con el nuevo periodo de diseño.

Para el diagnóstico del lecho de secado de lodos se toma las del manual de la OPS-2005 (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización). Con el cual se analiza las dimensiones actuales y las que teóricamente deben ser las adecuadas para el nuevo período. También cabe recalcar que se utiliza la densidad de lodos de 1.04 kg/lt y el porcentaje de solidos que se encuentran en los lodos que varía del (8 al 12)% y para nuestro estudio se toma un porcentaje del 10%. [35]

Tabla 46. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos

Datos	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	2.99	lt/s
Sólidos en suspensión en el agua residual cruda	SS	283	mg/lt
Densidad de lodos	ρ_{lodo}	1.04	kg/lt
Porcentaje de sólidos		10	%
Largo útil	l	7.45	m
Ancho útil	a	4.90	m
Profundidad de aplicación	Ha	0.4	m

Fuente: Autoría

Tiempo de digestión en días

La OPS indica que para ingresar a la tabla de tiempos de digestión hay que conocer la temperatura del sector en estudio. La temperatura promedio de quero es 15 C°, pero la comunidad de Luis López hace un poco más frío por lo que se utiliza una temperatura de 10 C°.

Tabla 47. Tiempo requerido para la digestión de lodos

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

Fuente: OPS-2005

$$Td = 76$$

Carga de sólidos que ingresan en el sedimentador (C, en kg de SS/día)

$$C = Q * SS * 0.0846$$

$$C = 2.99 \frac{lt}{s} * 283 \frac{mg}{lt} * 0.0846 \frac{s * kg}{mg * dia}$$

$$C = 71.59 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg de SS/día)

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

$$Msd = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 71.59 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}} \right) + \left(0.5 * 0.3 * 71.59 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}} \right)$$

$$Msd = 23.27 \text{ Kg} \frac{SS}{\text{día}}$$

Volumen de lodos diarios digeridos (Vld, en lt/día)

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodos}} * \left(\frac{\% \text{ lodos}}{100} \right)}$$

$$Vld = \frac{23.27 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{1.04 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * \left(\frac{10}{100} \right)}$$

$$Vld = 223.75 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m³)

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

$$Vel = \frac{223.75 \frac{\text{lt}}{\text{día}} * 76 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 17.01 \text{ m}^3$$

Área teórica del lecho de secado de lodos (Als en m²)

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

$$Als = \frac{17.01 \text{ m}^3}{0.4 \text{ m}}$$

$$Als = 42.53 \text{ m}^2$$

Área real del lecho de secado de lodos

$$A = l * a$$

$$A = (7.45 * 4.90) \text{ m}^2$$

$$A = 36.51 \text{ m}^2$$

Comparación

Como se puede apreciar el área actual del lecho de secado de lodos cuenta con **36.51 m²** a diferencia del área teórica que necesitará de **42.53 m²** para el nuevo período de diseño, por ende, se propone aumentar las secciones realizando un nuevo diagnóstico detallado de esta unidad de tratamiento. De esta forma se logrará cumplir con las exigencias del manual de la OPS.

3.3.2.3 Diagnóstico del filtro descendente para el nuevo periodo de diseño

Para al diagnóstico del filtro descendente se utiliza las recomendaciones y criterios del manual de la OPS. Se hace énfasis en la velocidad de filtración, que menciona que a mayor contaminación menor velocidad así mismo nos recomienda que la velocidad debe estar dentro del rango de 0.1 a 0.2 m/h.[35]

Tabla 48. Datos para el diagnóstico del filtro descendente

Datos	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	2.99	lt/s
Altura útil del filtro	H	1.10	m
Longitud útil del filtro	l	5.20	m
Ancho útil del filtro	a	4.20	m
Velocidad de filtración	vf	0.15	m/h
Número de unidades de filtros existentes	N	2	

Fuente: Autoría

Área teórica superficial del filtro descendente

$$Ast = \frac{Q}{N * vf}$$

$$Q = \frac{2.99 \text{ lt}}{s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$Q = 10.76 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Ast = \frac{4.79 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2 * 0.15 \frac{\text{m}}{\text{h}}}$$

$$Ast = 35.86 \text{ m}^2$$

Área real superficial del filtro descendente

$$As = l * a$$

$$As = 5.20 \text{ m} * 4.20 \text{ m}$$

$$As = 5.20 \text{ m} * 4.20 \text{ m}$$

$$As = 21.84 \text{ m}^2$$

Comparación

Como se puede apreciar en los resultados, el área teórica superficial es mayor que el área real superficial, esto quiere decir que el filtro descendente actual será insuficiente para la demanda en un período de diseño de 20 años. Por lo tanto, se propone aumentar las secciones recalando que es obligatorio realizar un nuevo análisis dentro del periodo establecido en esta investigación, y así determinar si son necesarias las nuevas dimensiones.

3.3.2.4 Presupuesto de obra de las nuevas unidades de tratamiento a construirse



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

Ubicación: Parroquia Yanayacu

Elaborado: Kleber Arevalo

Cantón: Quero

Provincia: Tungurahua

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

N°	Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P.Total
Movimiento de Tierras					
1	Replanteo y nivelación	m ²	44.00	11.63	511.57
2	Excavación sin clasificar incluye desalojo	m ³	53.00	3.08	163.47
3	Relleno suelo natural compactado	m ³	5.00	4.89	24.43
4	Derrocamiento de elementos de hormigón, Inc. Desalojo	m ³	4.51	43.76	197.38
Instalación de tubería					
5	Excavación para estructuras menores	m ³	6.30	4.00	25.17
6	Suministro y colocación de tubería corrugada PVC dint=200mm incluye accesorios	m	28.95	41.23	1193.59
7	Replanteo f'c = 140kg/cm2	m ³	1.10	119.60	131.56
8	Relleno compactado con material propio	m ³	20.27	4.80	97.23
Estructura del desarenador y FAFA					
9	Hormigón ciclópeo 60% H.S f'c=180kg/cm2 + 40% piedra	m ³	19.70	105.05	2069.57
10	Hormigón simple f'c=240kg/cm2, inc. Encofrado y desencofrado (desarenador)	m ³	7.07	223.94	1583.25
11	Hormigón simple f'c=210kg/cm2 (pozos de revisión y vigas)	m ³	3.38	169.62	573.32
12	Hormigón simple f'c=240kg/cm2 (FAFA)	m ³	0.92	185.06	170.25
13	Encofrado especial pared circular	m ²	74.28	17.52	1301.32
14	Enlucido interior + impermeabilizante	m ²	57.50	11.55	664.09
15	Mampostería de ladrillo	m ²	22.90	13.77	315.28
16	Colocación de material granular	m ³	25.19	28.23	711.10
17	Suministro y colocación de bandeja de sólidos tool perforada	u	1.00	158.43	158.43
18	Suministro y colocación de compuerta de volante	u	2.00	929.31	1858.62
19	Suministro y colocación de rejilla de acero tipo sumidero	u	1.00	124.31	124.31
20	Suministro y colocación de válvula de compuerta HF D=160mm	u	1.00	350.56	350.56
21	Pintura de caucho Ext. 2 manos	m ²	80.17	3.93	314.94
Plan de mantenimiento y operación					
22	Socialización PTAR		1	260.00	260.00
23	Mantenimiento y operación del tanque repartidor	u	12	7.02	84.26
24	Mantenimiento y operación del canal de entrada y cribado	u	24	4.02	96.52
25	Mantenimiento y operación del desarenador	u	12	7.02	84.26
26	Mantenimiento y operación del tanque séptico	u	6	39.04	234.26
27	Mantenimiento y operación del FAFA	u	3	38.04	114.13
28	Mantenimiento y operación del lecho de secado de lodos	u	6	15.04	90.26
29	Mantenimiento y operación del filtro descendente	u	6	6.02	36.13
30	Limpieza complementaria de la PTAR	u	6	11.02	66.13
Prevención y mitigación de impactos ambientales					
31	Letrero de la obra	u	1.00	48.91	48.91
32	Limpieza general de la obra	m ²	68.63	1.00	68.74
Presupuesto Referencial					13723.05
12% IVA					1646.77
TOTAL					15369.81

SON:

Quince mil trescientos sesenta y nueve dólares, 81/100 centavos

Elaborado por:

Kleber Arevalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022

3.4 Plan de mantenimiento y operación de la PTAR Luis López

A continuación, se presentan actividades previas al mantenimiento y operación de la PTAR

Medida 1. Socialización PTAR

Actividad 1.1

- **Socialización con la comunidad**

Esta actividad se realizará mediante conferencias, charlas y talleres a los habitantes de la comunidad

- **Frecuencia**

1 vez por año

- **Encargado**

Técnico en gestión ambiental o afines

- **Responsable**

Junta Administradora de agua potable

- **Costo**

100 dólares

Actividad 1.2

- **Capacitación de los operadores**

La capacitación se lo realizará de manera teórica y práctica de temas como: limpieza de unidades de tratamiento, buenas prácticas ambientales, uso de equipo de seguridad.

- **Frecuencia**

2 veces por año

- **Encargado**

Técnico en gestión ambiental o afines

- **Responsable**

Junta Administradora de agua potable

- **Costo**

100 dólares

Actividad 1.3

- **Implementación de señalética**

Esta actividad comprenderá la colocación de señalética informativa en cada una de las unidades de tratamiento de la PTAR y en puntos específicos.

- **Frecuencia**

1 vez por año, cuando se deterioren o cuando se hayan sustraído.

- **Encargado**

Operador

- **Responsable**

Junta Administradora de agua potable

- **Costo**

60 dólares

A continuación, se presenta un manual de operación y mantenimiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad Luis López donde se describe las actividades a realizarse por el operador, de esta manera se garantiza el funcionamiento adecuado de las unidades de tratamiento, así como la vida útil de las mismas.

Tanque repartidor

Descripción

Esta unidad de tratamiento es la primera en recibir el caudal de la red de alcantarillado, construida de hormigón armado, costa de tuberías de ingreso, de salida a la siguiente unidad y otra a una caja de control.

Medida 2. Mantenimiento y operación del tanque repartidor

Actividad 2.1

- **Limpieza de la unidad**

Esta actividad comprende el retiro de escombros, retiro de sedimentos y lavado de sus paredes interiores.

- **Frecuencia**

1 vez por mes

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

60.26 dólares

Actividad 2.2

- **Mantenimiento de las válvulas de control**

Se procederá a engrasar las válvulas con una brocha

- **Frecuencia**

1 vez por mes

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

24 dólares

Canal de entrada y cribado

Descripción

Estas instalaciones reciben el caudal procedente del tanque repartidor y permiten el curso al desarenador sin la presencia de escombros o sólidos grandes ya se dispone de una rejilla la cual ayuda a conservar las unidades posteriores.

Medida 3. Mantenimiento y operación del canal de entrada y cribado

Actividad 3.1

- **Limpieza del cribado**

Esta actividad comprende el retiro de escombros, telas, malezas y sólidos de gran tamaño de las rejillas.

- **Frecuencia**

2 veces por mes

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

48.52 dólares

Actividad 3.2

- **Limpieza de la bandeja de sólidos**

Esta actividad contempla el retiro de sólidos de la bandeja de entrada, ya que los sólidos del canal de ingreso serán depositados en esta bandeja.

Frecuencia

2 veces por mes

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

48 dólares

Desarenador

Descripción

El desarenador cuenta con dos compuertas de ingreso. Su funcionamiento es rotativo, mientras uno de los ingresos se encuentra en funcionamiento al otro se lo puede dar mantenimiento.

Medida 4. Mantenimiento y operación del desarenador

Actividad 4.1

- **Limpieza de la unidad**

Esta actividad contempla el retiro de los sólidos sedimentados en el fondo, posteriormente se procederá a lavar las paredes de dicha unidad.

- **Frecuencia**

1 vez por mes

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

60.26 dólares

Actividad 4.2

- **Mantenimiento de compuertas y válvulas de control**

En esta actividad se procederá a engrasar o aceitar tanto las válvulas de control y las compuertas para evitar el desgaste por corrosión.

- **Frecuencia**

1 vez por mes

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

24 dólares

Tanque séptico

Descripción

El tanque séptico toma el caudal proveniente del desarenador para continuar con la respectiva remoción de contaminantes. Para el mantenimiento del tanque es necesario el uso de un tanquero que cuente con bomba de vacío con el cual se limpiará dicha unidad hasta observar que no exista gran presencia de lodos.

Medida 5. Mantenimiento y operación del tanque séptico

Actividad 5.1

- **Remoción de la arena al lecho de secado de lodos**

Esta actividad se inicia con la apertura de las válvulas de control del lecho de secado de lodos, permitiendo paso de lodos al lecho

- **Frecuencia**

1 vez cada 2 meses

- **Responsable**

Junta administradora y el Operador

- **Costo**

120.26 dólares

Actividad 5.2

- **Limpieza de la unidad**

Esta actividad comprende el lavado de sus paredes interiores mediante la utilización del tanquero y parte del piso.

- **Frecuencia**

1 vez cada 2 meses

- **Responsable**

Junta administradora y el Operador

- **Costo**

90 dólares

Actividad 5.3

- **Mantenimiento de las válvulas de control**

Se procederá a engrasar las válvulas con una brocha

- **Frecuencia**

1 vez cada dos meses

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

24 dólares

Nota. – no se debe extraer la totalidad de los lodos de la fosa séptica ya que es necesario que se mantenga una cantidad mínima para continuar con el proceso de digestión.

Filtro anaeróbico de flujo ascendente

Descripción

A esta unidad de tratamiento se incorpora una película de microorganismos anaerobios, la función de estos es transformar la materia en lodo.

Medida 6. Mantenimiento y operación del FAFA

Actividad 6.1

- **Limpieza de la unidad**

Para la limpieza de esta unidad se utilizará un tanquero, el cual descargará agua a presión para remover los sólidos presentes.

- **Frecuencia**

1 vez cada 4 meses

- **Responsable**

Junta administradora y el Operador

- **Costo**

90.13 dólares

Actividad 6.2

- **Mantenimiento de las válvulas de control**

Se procederá a engrasar la o las válvulas con una brocha

- **Frecuencia**

1 vez cada 4 meses

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

24 dólares

Lecho de secado de lodos

Descripción

Esta unidad es la encargada de la deshidratación de lodos para posteriormente ser removidos y retirados.

Medida 7. Mantenimiento y operación del lecho de secado de lodos

Actividad 7.1

- **Distribución de lodos en el lecho**

Esta actividad comprende mover los lodos y distribuirlos de manera uniforme en todo el lecho.

- **Frecuencia**

1 vez cada 2 meses

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

60.26 dólares

Actividad 7.2

- **Extracción de lodos**

Esta actividad contempla retirar el lodo una vez que el mismo se haya deshidratado por la acción solar.

- **Frecuencia**

1 vez cada 2 meses

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

30 dólares

Filtro descendente

Descripción

En esta unidad de tratamiento recibe el caudal del FAFa para darle un tratamiento adicional, el mantenimiento es superficial y se lo hará con mucho cuidado ya que se dispone de tuberías que se encuentran a la intemperie y su desgaste es mayor.

Medida 8. Mantenimiento y operación del filtro descendente

Actividad 8.1

- **Eliminación de la vegetación del medio filtrante**

Esta actividad contempla retirar las malezas que se presentan entre el medio filtrante

- **Frecuencia**

1 vez cada 2 meses

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

36.13 dólares

Limpieza general

Descripción

Para complementar el plan de operación y manteniendo se realizará una limpieza del área transitable a las unidades de tratamiento, así como también el área libre de construcción.

Medida 9. Limpieza complementaria de la PTAR

Actividad 9.1

- **Limpieza de la planta en general**

En esta actividad se debe empezar con la limpieza del camino de acceso a las unidades de tratamiento, luego se procederá a la limpieza del área sin construir y finalmente se realizará una limpieza alrededor del cerramiento.

- **Frecuencia**

1 vez cada 2 meses

- **Responsable**

Operador

- **Costo**

60.13 dólares

3.4.1 Resumen de actividades

Resumen de actividades del plan de mantenimiento y operación		
Medida 1. Socialización PTAR		Costo (dólares)
Actividad 1.1	Socialización con la comunidad	\$ 100.00
Actividad 1.2	Capacitación de los operadores	\$ 100.00
Actividad 1.3	Implementación de señalética	\$ 60.00
Subtotal		\$ 260.00
Medida 2. Mantenimiento y operación del tanque repartidor		
Actividad 2.1	Limpieza de la unidad	\$ 60.26
Actividad 2.2	Mantenimiento de válvulas	\$ 24.00
Subtotal		\$ 84.26
Medida 3. Mantenimiento y operación del canal de entrada y cribado		
Actividad 3.1	Limpieza de cribado	\$ 48.52
Actividad 3.2	Limpieza de bandeja de sólidos	\$ 48.00
Subtotal		\$ 96.52
Medida 4. Mantenimiento y operación del desarenador		
Actividad 4.1	Limpieza de la unidad	\$ 60.26
Actividad 4.2	Mantenimiento de compuertas y válvulas de control	\$ 24.00
Subtotal		\$ 84.26
Medida 5. Mantenimiento y operación del tanque séptico		
Actividad 5.1	Remoción de la arena al lecho de secado de lodos	\$ 120.26
Actividad 5.2	Limpieza de la unidad	\$ 90
Actividad 5.3	Mantenimiento de válvulas de control	\$ 24
Subtotal		\$ 234.26
Medida 6. Mantenimiento y operación del FAFA		
Actividad 6.1	Limpieza de la unidad	\$ 90.13
Actividad 6.2	Mantenimiento de válvulas de control	\$ 24
Subtotal		\$ 114.13
Medida 7. Mantenimiento y operación del lecho de secado de lodos		

Actividad 7.1	Distribución de lodos en el lecho	\$ 60.26
Actividad 7.2	Extracción de lodos	\$ 30.00
Subtotal		\$ 90.26
Medida 8. Mantenimiento y operación del filtro descendente		
Actividad 8.1	Eliminación de la vegetación del medio filtrante	\$ 36.13
Subtotal		\$ 36.13
Medida 9. Limpieza complementaria de la PTAR		
Actividad 9.1	Limpieza general de la planta	\$ 66.13
Subtotal		\$ 66.13
Presupuesto total anual		\$ 1065.95

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones

- La Planta de Tratamiento de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua, fue construida en el año 2002 por el Honorable Consejo Provincial de Tungurahua, misma que cuenta con un área de 531.96 m². En la cual se concluyó mediante el levantamiento de información y su respectivo diagnóstico según lo dispuesto por el manual CONAGUA 2015; que el FAFA no cumple con el dimensionamiento para el caudal existente actual.
- El análisis de la PTAR se realizó a través del aforamiento de caudales iniciado el día jueves 9 de junio hasta el día miércoles 15 de junio, mediante el método volumétrico, de esta manera se determinó los caudales máximos de ingreso y salida que son 1.33 lt/s y 1.10 lt/s respectivamente, para corroborar esta información (Ver tabla 12 y 13). Por otra parte, se evidenció que no existe una relación constante entre caudales. (Ver Fig. 8 y 9).
- Se evaluó el funcionamiento de la PTAR realizando un análisis físico químico del afluente como del efluente, mediante el cual se obtuvo valores de salida de DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos totales y pH que son (122 mg/lt, 49 mg O₂/ lt, 97 mg/lt, 292 mg/lt y 7.12) respectivamente. Mismos que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa TULSMA 2015. Concluyendo que el agua si cumple con las características para ser vertida en cuerpos de agua dulce.
- La propuesta de mejora para la PTAR Luis López comprende un rediseño del FAFA con un caudal futuro de 3.85 lt/s y un periodo de 20 años cumpliendo con las exigencias del manual CONAGUA 2015, a la vez se incluye un desarenador el cual se lo diseñó según especificaciones del manual de la OPS, aportando con la sedimentación de arenas, gravas, y otras partículas evitando el desgaste anormal de las unidades de tratamiento posteriores y el taponamiento de tuberías. Para complementar la propuesta se realizó un Plan

de mantenimiento y operación en el cual se detallan las actividades a efectuarse y así conservar la funcionalidad de la PTAR en los años venideros.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un chequeo constante de la red de alcantarillado, específicamente de sus pozos y tapas de revisión ya que, al estar ubicada en una zona agrícola, estas pueden ser afectadas por labores agrícolas manuales o con maquinaria, y de esa forma se filtraría agua lluvia lo cual producirá el aumento del caudal afectando el funcionamiento de la PTAR.
- Se sugiere llevar un control detallado de los inconvenientes que puede presentar la red de alcantarillado y la PTAR mediante la utilización de fichas de campo, con el fin de aplicar sus correctivos necesarios para su óptimo desempeño.
- Se recomienda realizar los análisis físicos químicos de su afluente y efluente cada 6 meses y de esa manera verificar que la remoción de contaminantes se la adecuada según la normativa TULSMA 2015 y así evitar la contaminación de las fuentes hídricas del sector.
- Se recomienda efectuar la toma de caudales del afluente y efluente cada año para verificar si el crecimiento del caudal es el adecuado de acuerdo al caudal futuro que se calculó para 2042.
- Se recomienda que la persona encargada de la operación y mantenimiento o aquellas personas que vayan a tomar muestras del agua ocupen los respectivos implementos de seguridad que se detallan en la tabla 11.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ONU, “Objetivos de Desarrollo Sostenible,” 2015. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.
- [2] CEPAL, “Proceso Regional de las Américas, Foro Mundial del Agua 2018,” 2018. [Online]. Available: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/informe_regional_america_latina_y_caribe.pdf.
- [3] K. Montero-Vega, F. S., Molina-Cedeño, C. S., Pillco-Herrera, B. M., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, “Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso Río Rindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador,” *Ciencia, Ambient. y Clima*, vol. 3, no. 1, pp. 23–29, 2020, doi: <https://doi.org/10.22206/cac.2020.v3i1.pp23-39>.
- [4] Lema Guachamin Santiago David, “Evaluación preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales no.14 de la parroquia San Pablo del Lago, cantón Otavalo, provincia de Imbabura,” Universidad Católica del Ecuador, 2018.
- [5] R. Vilaña Chungandro, “Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para los barrios Villaflores y el Rosario, parroquia Píntag, Cantón Quito, Provincia de Pichincha,” Escuela Politécnica Nacional, 2016.
- [6] C. I. G. Paniagua and J. A. F. Martínez, “Evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales ‘Quinta Brasilia’ ubicada en el municipio de Honda - Tolima,” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2015.
- [7] M. G. M. Manchego, “Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de estabilización del sector ‘Rio Seco’, distrito de la Joya, provincia de Arequipa,” Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, 2018.
- [8] D. Bunces Sunta, “Planteamiento de alternativas para la selección de plantas de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Francisco de Orellana (Coca),” Escuela Politécnica Nacional, 2014.
- [9] Portero Pesantes Maria. Amat Marchan Víctor, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo,” U. Católica Santiago de Guayaquil, 2017.

- [10] V. Zambonino Quisanga, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Zona Libre, cantón Quero, provincia de Tungurahua,” Técnica de Ambato, 2021.
- [11] Susana Jiménez González, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la urbanización las Lomas de Buenos Aires, Puntarenas,” Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2014.
- [12] Oscullo Olalla Joana, “Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de la Urb. Bohíos de Jatumpamba, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha,” Escuela Politécnica del Ecuador, 2016.
- [13] R. Urbina, “Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE,” Universidad de las Fuerzas Armadas, 2018.
- [14] R. Criollo Espin, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Puñachizag, cantón Quero, provincia de Tungurahua,” Técnica de Ambato, 2021.
- [15] K. B. T. Chiluiza, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés, cantón Píllaro, provincia Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [16] G. C. Guerra Herrera and S. I. Logroño Naranjo, “Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador,” *Cienc. Digit.*, vol. 3, no. 3.2.1, pp. 73–87, 2019, doi: 10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.783.
- [17] Luis Fernando Allen Forbes, “Aguas residuales y su impacto,” *La república.net*, 2008. <https://www.larepublica.net/noticia/aguas-residuales-y-su-impacto>.
- [18] P. Torres, “Perspectivas Del Tratamiento Anaerobio De Aguas Residuales Domésticas En Países En Desarrollo Perspectivas Do Tratamento Anaeróbio De Esgotos Domésticos Em Países Em Desenvolvimento Perspectives of Anaerobic Treatment of Domestic Wastewater in Developing,” *Rev. EIA*, vol. 9, no. 18, pp. 115–129, 2012, doi: 10.24050/reia.v9i18.264.
- [19] Chavezolutions, “Aguas servidas, un riesgo para los ríos del país,” *Latitudseo*, 2020. <https://chavezolutions.com/noticias-ambientales/aguas-servidas-un-riesgo-para-los-rios-del-pais/>.

- [20] F. Morales, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Llimpe Grande, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [21] D. J. Guevara Llerena and T. P. Ramos Ramos, “Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Univesidad Estatal Amzónica.,” 2018.
- [22] G. Hugo, “Fiscalizacion Ambiental en Aguas residuales,” Perú, 2014. [Online]. Available: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- [23] R. A. Apaza Mamani, “Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro,” Universidad Nacional del Altiplano, 2021.
- [24] Metcalf & Eddy, *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento y reutilización*. Madrid-España, 1996.
- [25] M. Reyes, “Uso del cloro en las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas: desinfección y formación de subproductos,” Instituto Polotécnico Nacional (México), 2016.
- [26] E. Jorge, “Manual de depuración de aguas residuales urbanas,” p. 265.
- [27] Ministerio de Ambiente del Ecuador, “Revisión y Actualización de la Norma de Calidad Ambiental y de Deacraga de Efluentes: Recurso Agua,” *Regist. Of. No. 387*, no. 97, pp. 1–40, 2015, [Online]. Available: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>.
- [28] K. Dominguez Morera, “Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del Aeropuerto Internacional Matecaña para conocer las características del agua que trata y dar soluciones a los problemas presentados.,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2009.
- [29] Cuesta Frank, “Evaluación de los niveles de remoción en demanda química y bioquímica de oxígeno, y sólidos suspendidos totales de efluentes industriales con bacterias productoras de polihidroxialcanoatos y exopolisacáridos a escala de laboratorio en empresas del sector,” Universidad de Manizales, 2014.
- [30] D. Pillapa, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia el Corazón, cantón Pangua, provincia del Cotopaxi.,” Técnica de Ambato, 2021.
- [31] G. A. D. de Quero, “División política del cantón Quero,” 2015.

<https://www.quero.gob.ec/index.php/municipalidades/actividadeconomica#:~:text=La%2520actividad%2520econ%25C3%25B3mica%2520del%2520Cant%25C3%25B3n,%252C%2520cebolla%2520blanca%252C%2520habas%252C%2520zanahoria.>

- [32] GAD. Yanayacu, “Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial de la parroquia Yanayacu 2011-2031,” 2018.
https://nanopdf.com/download/parroquia-yanayacu-sistema-nacional-de-informacion_pdf.
- [33] Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000*. Colombia, 2000, pp. 129–130.
- [34] INEN CPE INEN 005 9-1, *Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para población mayores a 1000 habitantes*. Ecuador, 1992.
- [35] OPS, *Guía para el diseño de tanque séptico, tanque imhoff y laguna de estabilización*. Lima, 2005.
- [36] CONAGUA, *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente*. México, 2015, pp. 19–29.
- [37] Secretaría del agua, *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Ecuador, 2013, p. 44.
- [38] Instituto Nacional de Estadística y Censos, “Resultados censos de población.” <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/> (accessed Jul. 14, 2022).
- [39] Ministerio del agua and Viseministerio de servicios básicos, *Reglamento técnico de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial*. 2007.

ANEXOS

ANEXO A

Análisis del

agua

residual



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



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

Nº SE: 036-22

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Kleber Alfredo Arévalo Gavilanes
EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA
DIRECCIÓN: Cantón Quero
TELÉFONO: 0989661594

INFORME Nº 036- 22
Nº SE: 036-22

FECHA DE RECEPCIÓN: 06 - 07-22

FECHA DE INFORME: 13 - 07- 22

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual, PTAR Luis López, Quero - Tungurahua

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 061-22 PTAR Luis López Ingreso
MA - 062-22 PTAR Luis López Salida

Agua residual
Agua residual

Condiciones Ambientales	T máx:	25 °C
	T mín:	10°C

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

RESULTADO DE ANALISIS

MA - 061-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U/(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	127	N/A	06- 07- 22
* DCO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	264	N/A	06- 07- 22
pH	-	PE-LSA-01	7.16	+/- 0,05	06- 07- 22
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B	454	N/A	06- 07- 22
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	263	N/A	06- 07- 22

MA - 062-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U/(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	49	N/A	06- 07- 22
* DCO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	122	N/A	06- 07- 22
pH	-	PE-LSA-01	7.12	+/- 0,05	06- 07- 22
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B	292	N/A	06- 07- 22
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	97	N/A	06- 07- 22

- 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.

- La 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.

Página 1 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Mañabí Edificio Biera Km 1 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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



Nº SE: 036-22

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
Ing. Benito Mendoza T., PhD.



Firma electrónica por:
**JUAN CARLOS
LARA ROMERO**



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

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
- La 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

Página 2 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Master Edison Rivera Km 1 1/2 vía a Cuernavaca Bloque Administrativo.

ANEXO B

Análisis de

precios

unitarios



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 1
Replanteo y nivelación

Hoja: 1 de 32
Unidad: m²

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.36
Equipo de Topografía	0.15	5.00	0.75	0.6000	0.45
SUBTOTAL M					0.81

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Cadenero (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	0.6000	2.33
Topógrafo (Est. Ocup C1)	1.00	4.29	4.29	0.6000	2.57
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.83	3.83	0.6000	2.30
SUBTOTAL N					7.20

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Estacas de mandera (varios)	global	1	0.30	0.30
Pintura esmalte varios colores	Gln	0.1	18.00	1.80
SUBTOTAL O				2.10

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	10.11
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	1.52
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	11.63
VALOR PROPUESTO	11.63

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 2
Excavación sin clasificar incluye desalojo

Hoja: 2 de 32
Unidad: m³

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.03
Retroexcavadora	1.00	25.00	25.00	0.080	2.00
SUBTOTAL M					2.03

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.83	3.83	0.080	0.31
Operador de excavadora (Est. Ocup C1)	1.00	4.29	4.29	0.080	0.34
SUBTOTAL N					0.65

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	2.68
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.40
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	3.08
VALOR PROPUESTO	3.08

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 3
Relleno suelo natural compactado

Hoja: 3 de 32
Unidad: m³

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.16
Compactador mecánico	1.00	2.09	2.09	0.381	0.80
SUBTOTAL M					0.96

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	2.00	3.83	7.66	0.381	2.92
Albañil (Est. Ocup D2)	0.25	3.88	0.97	0.381	0.37
SUBTOTAL N					3.29

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.25
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.64
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	4.89
VALOR PROPUESTO	4.89

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 4
Derrocamiento de elementos de hormigón, Inc. Desalojo

Hoja: 4 de 32
Unidad: m3

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					1.49
Volqueta 8m3	0.25	10.00	2.50	2.67	6.67
SUBTOTAL M					8.16

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	2.00	3.83	7.66	2.67	20.43
Albañil (Est. Ocup D2)	0.10	3.88	0.388	2.67	1.03
Chofer: Volqueta (Est. Ocup C1)	0.25	5.62	1.405	6.00	8.43
SUBTOTAL N					29.89

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	38.06
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	5.71
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	43.76
VALOR PROPUESTO	43.76

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 5
Excavación para estructuras menores

Hoja: 5 de 32
Unidad: m³

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.06
Retroexcavadora	1.00	25.00	25.00	0.09	2.25
SUBTOTAL M					2.31

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Ayudante de maquinaria (Est. Ocup C3)	1.00	3.93	3.93	0.09	0.35
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	0.09	0.35
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	0.20	4.29	0.86	0.09	0.08
Operador de excavadora (Est. Ocup C1)	1.00	4.29	4.29	0.09	0.39
SUBTOTAL N					1.17

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3.47
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.52
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	4.00
VALOR PROPUESTO	4.00

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 6

Hoja: 6 de 32

Suministro y colocación de tubería corrugada PVC dint=200mm incluye accesorios

Unidad: m

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.68
SUBTOTAL M					0.68

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	2.00	3.83	7.66	1.10	8.43
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	0.20	4.29	0.86	1.10	0.94
Plomero (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	1.10	4.27
SUBTOTAL N					13.64

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C =A*B
Tubería corrugada PVC dint=200mm	m	1.1	10	11.00
Accesorios PVC 200mm	u	1	6.8	6.80
Polipega	gln	0.1	37.32	3.73
SUBTOTAL O				21.53

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C =A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	35.85
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	5.38
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	41.23
VALOR PROPUESTO	41.23

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 7
Replanteo f'c = 140 kg/cm²

Hoja: 7 de 32
Unidad: m³

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					1.94
Concreteira	1.00	4.00	4.00	1.333	5.33
SUBTOTAL M					7.27

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil (Est. Ocup D2)	2.00	3.88	7.76	1.333	10.34
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	0.50	4.29	2.15	1.333	2.86
Peón (Est. Ocup E2)	5.00	3.83	19.15	1.333	25.53
SUBTOTAL N					38.73

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Cemento	saco	5.50	7.70	42.35
Arena	m ³	0.60	12.00	7.20
Ripio	m ³	0.70	12.00	8.40
Agua	m ³	0.18	0.30	0.05
SUBTOTAL O				58.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	104.00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	15.60
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	119.60
VALOR PROPUESTO	119.60

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 8

Hoja: 8 de 32

Relleno compactado con material propio

Unidad: m³

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.16
Compactador mecánico	1.00	2.09	2.09	0.381	0.80
SUBTOTAL M					0.96

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	2.00	3.83	7.66	0.381	2.92
Albañil (Est. Ocup D2)	0.20	3.88	0.78	0.381	0.30
SUBTOTAL N					3.21

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.17
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.63
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	4.80
VALOR PROPUESTO	4.80

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 9 **Hoja:** 9 de 32
Hormigón ciclópeo 60% H.S f'c=180kg/cm2 + 40% piedra (para muros cabezales). **Unidad:** m3

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					2.00
Concreteira	1.00	1.88	1.88	1.143	2.15
SUBTOTAL M					4.15

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	1.143	4.43
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	1.00	4.29	4.29	1.143	4.90
Peón (Est. Ocup E2)	6.00	3.83	22.98	1.143	26.27
Carpintero (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	1.143	4.43
SUBTOTAL N					40.04

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Cemento	saco	3.60	7.70	27.72
Arena	m ³	0.33	12.00	3.96
Ripio	m ³	0.41	12.00	4.92
Agua	m ³	0.22	0.30	0.07
Alambre de amarre	kg	0.49	2.94	1.44
Piedra medio cimiento	m ³	0.40	10.00	4.00
Clavos	kg	0.45	2.10	0.95
Encofrado	u	0.60	6.85	4.11
SUBTOTAL O				47.16

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	91.35
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	13.70
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	105.05
VALOR PROPUESTO	105.05

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 10 **Hoja:** 10 de 32
Hormigón simple f'c=240kg/cm2 inc. Encofrado y desencofrado (desarenador) **Unidad:** m3

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					4.16
Concretera	1.00	1.88	1.88	2.667	5.01
Vibrador	0.50	2.50	1.25	2.667	3.33
SUBTOTAL M					12.51

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	2.667	10.35
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	1.00	4.29	4.29	2.667	11.44
Peón (Est. Ocup E2)	5.00	3.83	19.15	2.667	51.07
Carpintero (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	2.667	10.35
SUBTOTAL N					83.21

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Cemento	saco	8.00	7.70	61.60
Arena	m ³	0.50	12.00	6.00
Ripio	m ³	0.70	12.00	8.40
Agua	m ³	0.22	0.30	0.07
Alambre de amarre	kg	0.25	2.94	0.74
Alfajías	u	2.00	2.00	4.00
Clavos	kg	0.15	2.00	0.30
Pingos	m	3.00	0.72	2.16
Tabla de encofrado	u	5.00	3.15	15.75
SUBTOTAL O				99.01

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	194.73
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	29.21
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	223.94
VALOR PROPUESTO	223.94

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 11
Hormigón simple f'c=210kg/cm2 (para pozos de revisión)

Hoja: 11 de 32
Unidad: m3

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					2.41
Concretera	1.00	1.88	1.88	1.778	3.34
Vibrador	0.50	2.50	1.25	1.778	2.22
SUBTOTAL M					7.98

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	1.778	6.90
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	0.50	4.29	2.15	1.778	3.81
Peón (Est. Ocup E2)	5.00	3.83	19.15	1.778	34.05
Carpintero (Est. Ocup D2)	0.50	3.88	1.94	1.778	3.45
SUBTOTAL N					48.21

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Cemento	saco	7.00	7.70	53.90
Arena	m ³	0.50	12.00	6.00
Ripio	m ³	0.70	12.00	8.40
Agua	m ³	0.22	0.30	0.07
Alambre de amarre	kg	0.25	2.94	0.74
Alfajías	u	2.00	2.00	4.00
Clavos	kg	0.15	2.00	0.30
Pingos	m	3.00	0.72	2.16
Tabla de encofrado	u	5.00	3.15	15.75
SUBTOTAL O				91.31

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	147.50
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	22.12
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	169.62
VALOR PROPUESTO	169.62

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 12
Hormigón simple f'c=240kg/cm2 (FAFA)

Hoja: 12 de 32
Unidad: m3

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					3.64
Concreteira	1.00	1.88	1.88	2.667	5.01
Vibrador	0.50	2.50	1.25	2.667	3.33
SUBTOTAL M					11.99

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	2.667	10.35
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	1.00	4.29	4.29	2.667	11.44
Peón (Est. Ocup E2)	5.00	3.83	19.15	2.667	51.07
SUBTOTAL N					72.86

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C =A*B
Cemento	saco	8.00	7.70	61.60
Arena	m ³	0.50	12.00	6.00
Ripio	m ³	0.70	12.00	8.40
Agua	m ³	0.22	0.30	0.07
SUBTOTAL O				76.07

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C =A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	160.92
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	24.14
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	185.06
VALOR PROPUESTO	185.06

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 13
Encofrado especial pared circular

Hoja: 13 de 32
Unidad: m²

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.48
SUBTOTAL M					0.48

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	2.00	3.83	7.66	0.800	6.13
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	0.800	3.10
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	0.10	4.29	0.43	0.800	0.34
SUBTOTAL N					9.58

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Alambre negro N°8	kg	0.25	5.33	1.33
Encofrado metálico circular	m ²	1.00	3.26	3.26
Desmoldante para encontrado	kg	0.26	2.26	0.59
SUBTOTAL O				5.18

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	15.23
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	2.29
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	17.52
VALOR PROPUESTO	17.52

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 14
Enlucid interior + impermeabilizante

Hoja: 14 de 32
Unidad: m²

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.26
Andamios	1.00	0.63	0.63	0.667	0.42
SUBTOTAL M					0.68

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.83	3.83	0.667	2.55
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	0.667	2.59
SUBTOTAL N					5.14

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Cemento	saco	0.20	7.70	1.54
Arena	m ³	0.04	12.00	0.48
Agua	m ³	0.01	0.30	0.00
Impermeabilizante	kg	1.00	2.2	2.20
SUBTOTAL O				4.22

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	10.04
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	1.51
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	11.55
VALOR PROPUESTO	11.55

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arevalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 15
Mampostería de ladrillo

Hoja: 15 de 32
Unidad: m²

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.23
Andamios	1.00	0.63	0.63	0.800	0.50
SUBTOTAL M					0.74

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	0.50	3.83	1.92	0.800	1.53
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	0.800	3.10
SUBTOTAL N					4.64

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Cemento	saco	0.185	7.70	1.42
Arena	m ³	0.03	12.00	0.36
Agua	m ³	0.02	0.30	0.01
Ladrillo mambrón	m ³	37.00	0.13	4.81
SUBTOTAL O				6.60

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	11.97
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	1.80
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	13.77
VALOR PROPUESTO	13.77

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 16

Hoja: 16 de 32

Colocacion de material granular

Unidad: m³

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.60
SUBTOTAL M					0.60

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	2.00	3.83	7.66	1.00	7.66
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	1.00	4.29	4.29	1.00	4.29
SUBTOTAL N					11.95

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Material filtrante	m ³	1.00	12.00	12.00
SUBTOTAL O				12.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	24.55
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	3.68
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	28.23
VALOR PROPUESTO	28.23

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 17

Hoja: 17 de 32

Suministro y colocación de bandeja de sólidos tool perforada

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.49
Soldadora	1.00	2.50	2.50	1.000	2.50
SUBTOTAL M					2.99

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.62	3.62	1.00	3.62
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	0.50	4.29	2.15	1.00	2.15
Soldador	1.00	4.01	4.01	1.00	4.01
SUBTOTAL N					9.78

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Bandeja tool perforada	u	1.00	127.00	125.00
SUBTOTAL O				125.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	137.76
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	20.66
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	158.43
VALOR PROPUESTO	158.43

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 18

Hoja: 18 de 32

Suministro y colocación de compuerta de volante

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.39
SUBTOTAL M					0.39

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	1.00	3.88
SUBTOTAL N					7.71

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Compuerta de volante	u	1.00	800.00	800.00
SUBTOTAL O				800.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	808.10
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	121.21
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	929.31
VALOR PROPUESTO	929.31

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 19

Hoja: 19 de 32

Suministro y colocación de rejilla de acero tipo sumidero

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.39
SUBTOTAL M					0.39

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	1.00	3.88
SUBTOTAL N					7.71

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Rejilla de acero	u	1.00	100.00	100.00
SUBTOTAL O				100.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	108.10
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	16.21
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	124.31
VALOR PROPUESTO	124.31

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 20

Hoja: 20 de 32

Suministro y colocación de válvula de compuerta HF D=160mm

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.23
SUBTOTAL M					0.23

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
Albañil (Est. Ocup D2)	0.20	3.88	0.78	1.00	0.78
SUBTOTAL N					4.61

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Válvula de compuerta d=160mm (6")	u	1.00	300.00	300.00
SUBTOTAL O				300.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	304.84
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	45.73
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	350.56
VALOR PROPUESTO	350.56

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 21
Pintura de caucho Ext. 2 manos

Hoja: 21 de 32
Unidad: m2

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.10
SUBTOTAL M					0.10

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Pintor de exteriores (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	0.27	1.04
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.83	3.83	0.27	1.02
SUBTOTAL N					2.06

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Pintura de caucho latex supremo	gln	0.06	16.00	0.96
Carbonato de Ca	kg	0.25	0.35	0.09
Resina	lt	0.04	3.00	0.12
Lija	u	0.04	0.45	0.02
Brocha	u	0.01	6.00	0.06
Agua	m3	0.03	0.30	0.01
SUBTOTAL O				1.25

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3.42
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.51
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	3.93
VALOR PROPUESTO	3.93

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 22
Socialización PTAR

Hoja: 22 de 32
Unidad:

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Computador	1.00	8	8.00	1	8.00
Proyector	1.00	4.00	4.00	1.00	4.00
Parlantes	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00
SUBTOTAL M					14.00

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Ingeniero Ambiental	1.00	50	50.00	1.00	50.00
Tecnico en mantenimiento y operación de PTAR	1.00	40	40.00	2.00	80.00
SUBTOTAL N					130.00

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Hojas papel bond A4	u	300.00	0.02	6.00
Esferos	u	200.00	0.25	50.00
Señalética vertical	u	20.00	3.00	60.00
SUBTOTAL O				116.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	260.00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 00.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	260.00
VALOR PROPUESTO	260.00

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 23

Hoja: 23 de 32

Mantenimiento y operación de tanque repartidor

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O				1	0.19
SUBTOTAL M					0.19

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador PTAR	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
SUBTOTAL N					3.83

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Aceite Quemado	gl	1.00	1.00	1.00
Brocha	u	2.00	1.00	2.00
SUBTOTAL O				3.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	7.0
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.0
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.0
COSTO TOTAL DEL RUBRO	7.0
VALOR PROPUESTO	7.0

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 24

Hoja: 24 de 32

Mantenimiento y operación del canal y cribado

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O				1	0.19
SUBTOTAL M					0.19

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador PTAR	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
SUBTOTAL N					3.83

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.0
INDIRECTOS Y UTILIDAD 00.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	4.0
VALOR PROPUESTO	4.0

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 25

Hoja: 25 de 32

Mantenimiento y operación del desarenador

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O				1	0.19
SUBTOTAL M					0.19

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador PTAR	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
SUBTOTAL N					3.83

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Aceite Quemado	gl	1.00	1.00	1.00
Brocha	u	2.00	1.00	2.00
SUBTOTAL O				3.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	7.02
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	7.02
VALOR PROPUESTO	7.02

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 26

Hoja: 26 de 32

Mantenimiento y operación del tanque séptico

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O				1	0.38
Tanquero	1.00	16.00	16.00	1.00	16.00
Bomba	1.00	12.00	12.00	1.00	12.00
SUBTOTAL M					28.38

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador PTAR	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
Peón	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
SUBTOTAL N					7.66

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Aceite Quemado	gl	1.00	1.00	1.00
Brocha	u	2.00	1.00	2.00
SUBTOTAL O				3.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	39.04
INDIRECTOS Y UTILIDAD 00.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	39.04
VALOR PROPUESTO	39.04

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 27

Hoja: 27 de 32

Mantenimiento y operación del FAFA

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O				1	0.38
Tanquero	1.00	16.00	16.00	1.00	16.00
Bomba	1.00	12.00	12.00	1.00	12.00
SUBTOTAL M					28.38

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador PTAR	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
Peón	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
SUBTOTAL N					7.66

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
Aceite Quemado	gl	1.00	1.00	1.00
Brocha	u	1.00	1.00	1.00
SUBTOTAL O				2.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	38.04
INDIRECTOS Y UTILIDAD 00.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	38.04
VALOR PROPUESTO	38.04

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 28

Hoja: 28 de 32

Mantenimiento y operación del lecho de secado de lodos

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.38
Bomba estacionaria	1.00	7.00	7.00	1.00	7.00
SUBTOTAL M					7.38

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador PTAR	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
Peón	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
SUBTOTAL N					7.66

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	15.04
INDIRECTOS Y UTILIDAD 00.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	15.04
VALOR PROPUESTO	15.04

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 29
Mantenimiento y operación del filtro descendente

Hoja: 29 de 32
Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.19
Bomba de fumigar a mochila	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00
SUBTOTAL M					2.19

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador PTAR	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
SUBTOTAL N					3.83

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	6.02
INDIRECTOS Y UTILIDAD 00.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	6.02
VALOR PROPUESTO	6.02

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 30

Hoja: 30 de 32

Limpieza complementaria de la PTAR

Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.19
Bomba de fumigar a mochila	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00
SUBTOTAL M					2.19

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador PTAR	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
SUBTOTAL N					3.83

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Herbicida	u	1.00	5.00	5.00
SUBTOTAL O				5.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	11.02
INDIRECTOS Y UTILIDAD 00.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	11.02
VALOR PROPUESTO	11.02

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

 Alfredo Arévalo
 FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
 Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 31
Letrero de la obra

Hoja: 31 de 32
Unidad: u

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.49
SUBTOTAL M					0.49

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
Albañil (Est. Ocup D2)	1.00	3.88	3.88	1.00	3.88
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	0.50	4.29	2.15	1.00	2.15
SUBTOTAL N					9.86

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
Tuercas y arandelas e=12mm	u	2.00	2.50	5.00
Cemento	saco	0.40	7.70	3.08
Arena	m ³	0.02	12.00	0.24
Ripio	m ³	0.03	12.00	0.36
Agua	m ³	0.01	0.30	0.00
Tol	m ²	1.00	7.50	7.50
Tubo cuadrado 2"1/2	u	1.00	16.00	16.00
SUBTOTAL O				32.18

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C = A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	42.53
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	6.38
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	48.91
VALOR PROPUESTO	48.91

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022



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



Proyecto: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Luis López, parroquia Yanayacu, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

RUBRO: 32

Hoja: 32 de 32

Limpieza general de la obra

Unidad: m²

EQUIPO Y MAQUINARIA

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor 5% de M.O					0.03
Volqueta 8m ³	0.125	20.00	2.50	0.080	0.20
Equipo de protección industrial	1.00	0.06	0.06	0.080	0.005
SUBTOTAL M					0.24

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad A	Jornal/Hr B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón (Est. Ocup E2)	2.00	3.83	7.66	0.08	0.61
Chofer: Volqueta (Est. Ocup C1)	0.01	5.62	0.06	0.08	0.00
Maestro mayor (Est. Ocup C1)	0.05	4.29	0.21	0.08	0.02
SUBTOTAL N					0.63

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C =A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio unit. B	Costo C =A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.87
INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.13
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.00
VALOR PROPUESTO	1.00

Estos precios no incluyen IVA.

Elaborado por:

Alfredo Arévalo
FIRMA RESPONSABLE

LUGAR, FECHA:
Ambato, Julio - 2022

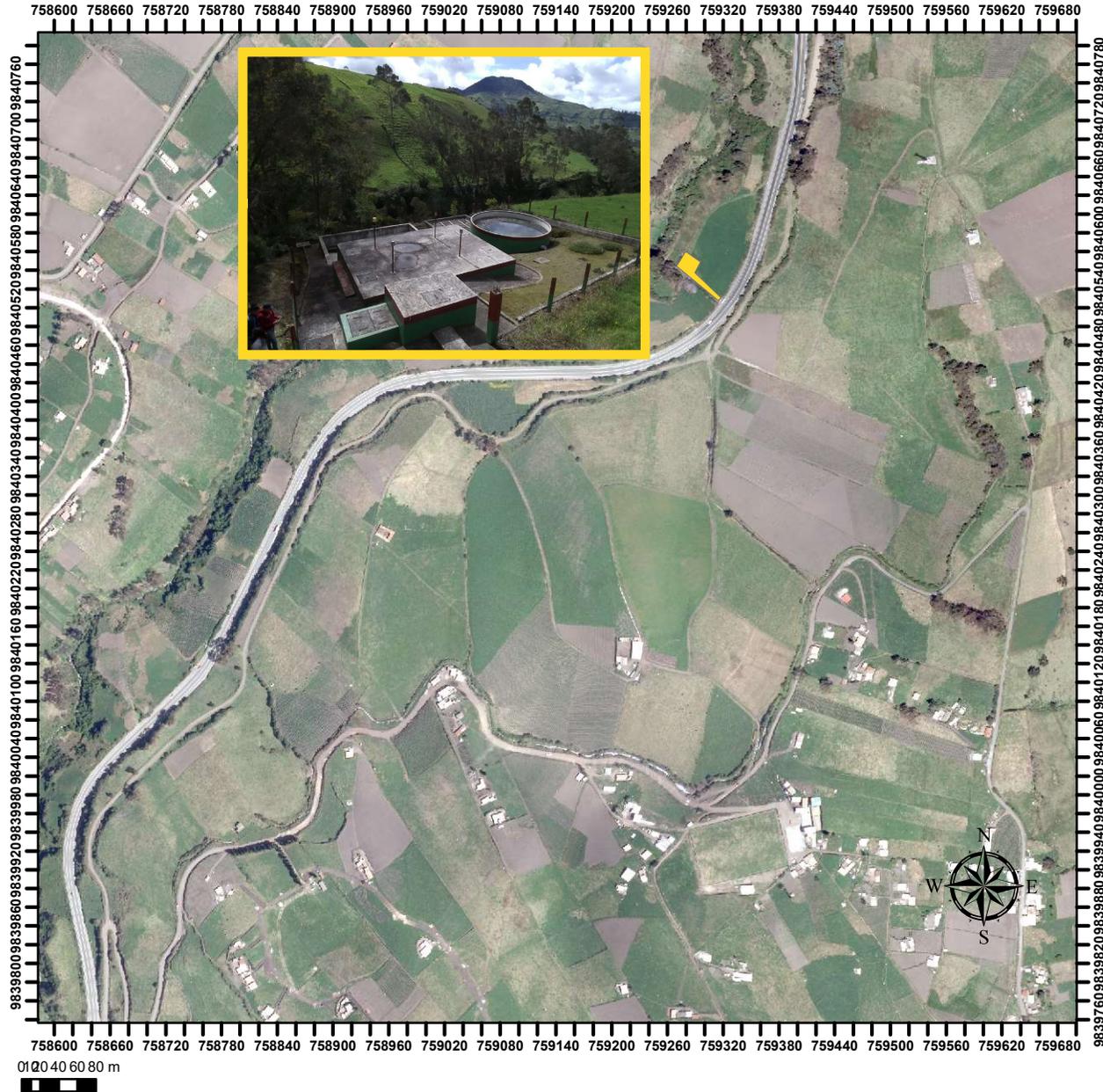
ANEXO C

Planos

UBICACIÓN DE LA PTAR LUIS LÓPEZ



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

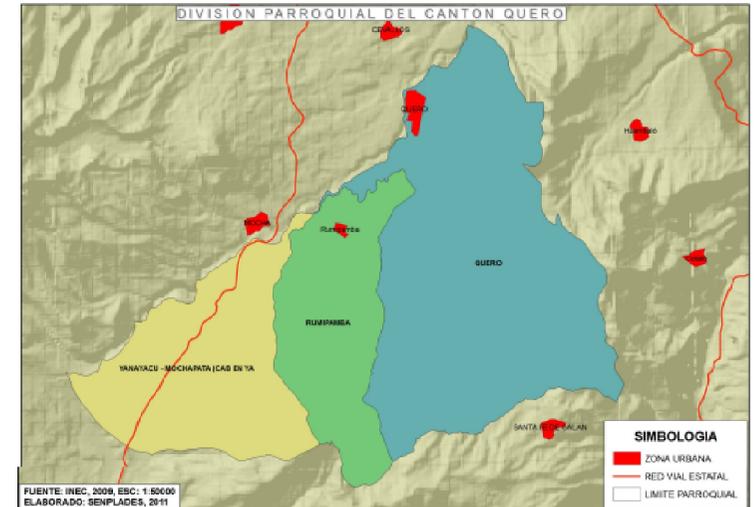


Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
TUNGURAHUA	QUERO	YANAYACU	LUIS LÓPEZ

PROYECTO DE TITULACIÓN
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LUIS LÓPEZ, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PLANO DE UBICACIÓN

PUNTO	ESTE	NORTE
1	759314.78	9840527.46
2	759317.50	9840530.97
3	759289.45	9840557.49
4	759295.67	9840568.87
5	759279.65	9840580.22
6	759269.81	9840564.42
7	759284.93	9840552.01



ELABORADO POR
Kleber Alfredo Arévalo Gavilanes

REVISADO Y APROBADO POR
Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

DATOS TOMADOS CON GPS		
Sistema WGS84	Zona	17S

Carta Topográfica:
Código: Ñ - IV - A4

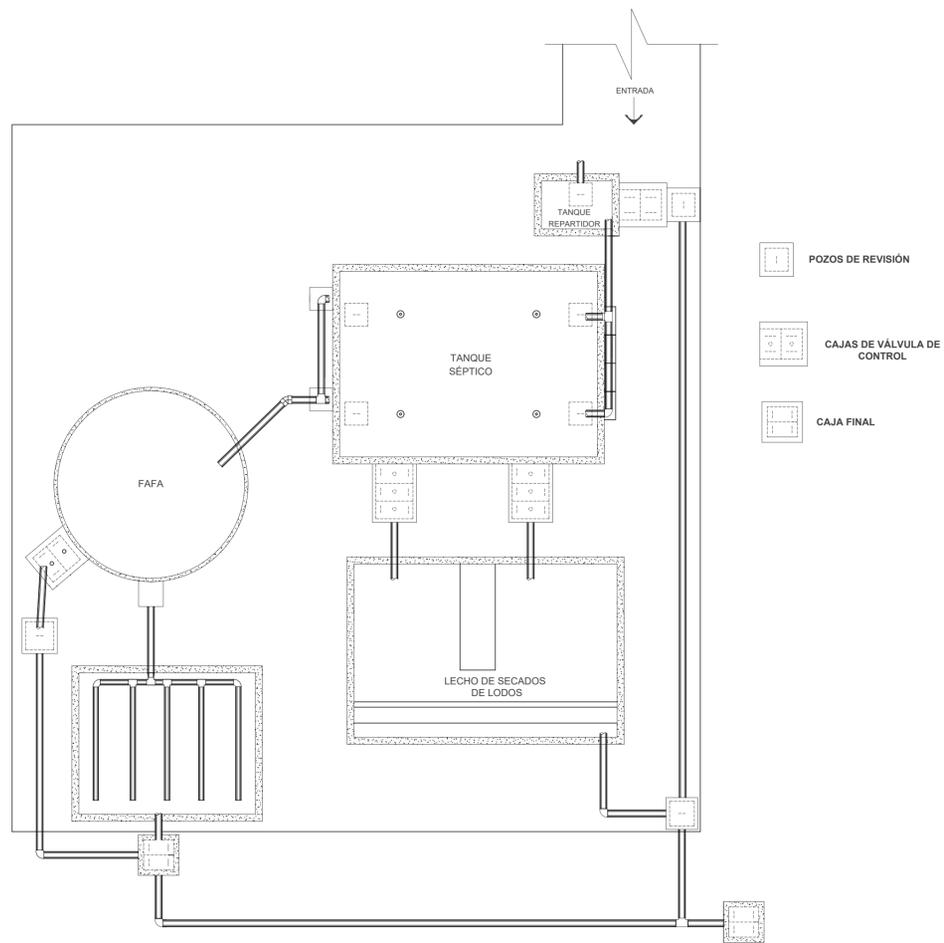
Altitud
3325 msnm

Escala	1:7,133
Area	0.0531 HAS

Fecha
JULIO 2022

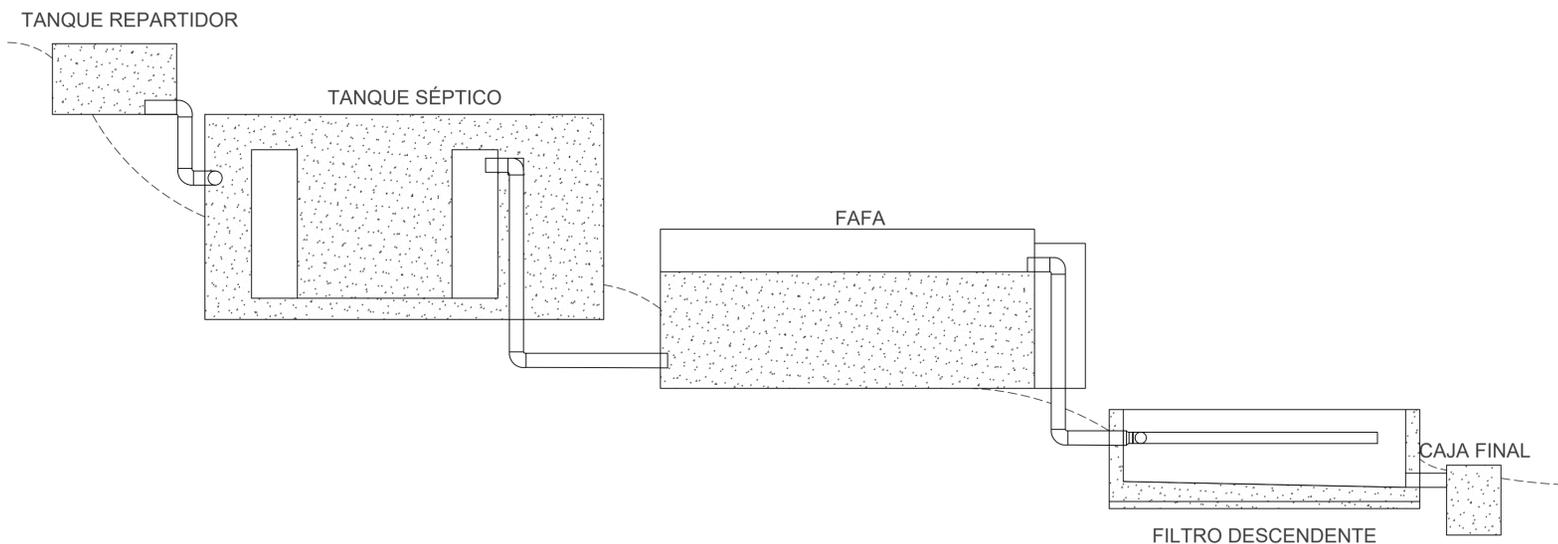
UBICACIÓN DE LAS UNIDADES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

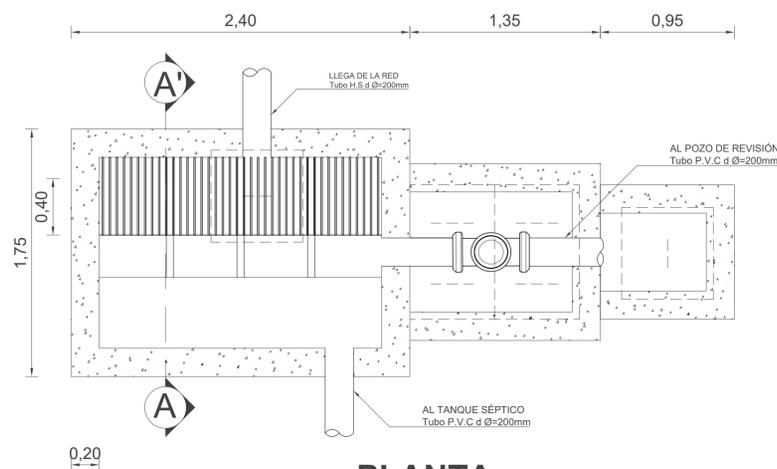


VISTA EN PLANTA

ESC: 1/100

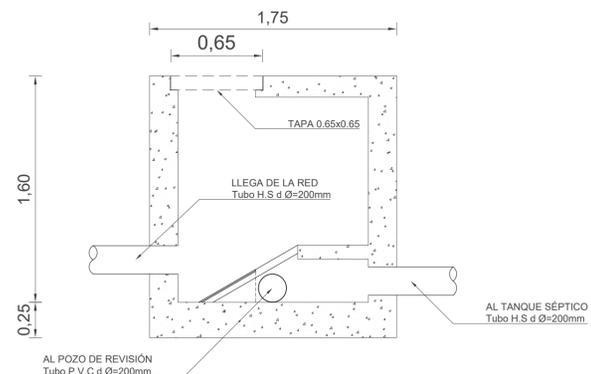


TANQUE REPARTIDOR



PLANTA

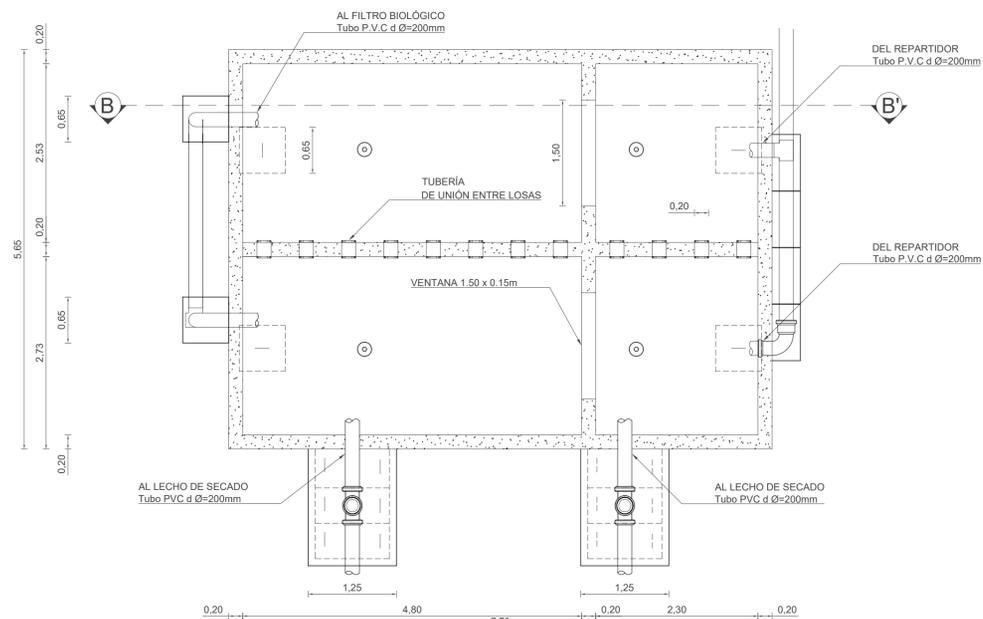
ESC:1/25



CORTE A-A'

ESC:1/25

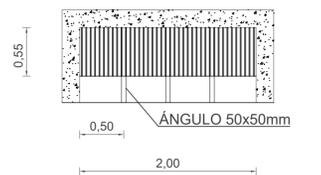
TANQUE SÉPTICO



PLANTA

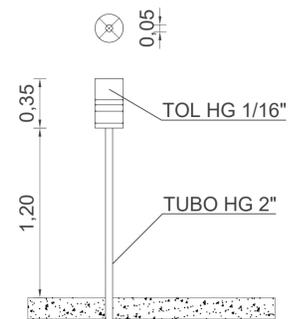
ESC: 1/50

40 BARROTES DE Ø=10mm @5cm



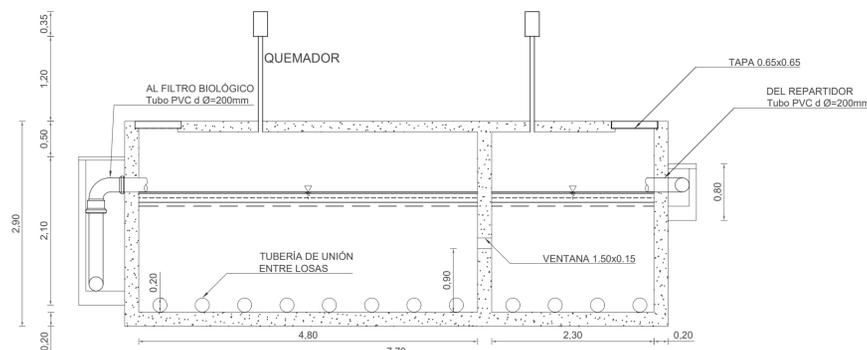
DETALLE DE LA REJILLA

ESC:1/40



DETALLE DE QUEMADORES

ESC:1/50

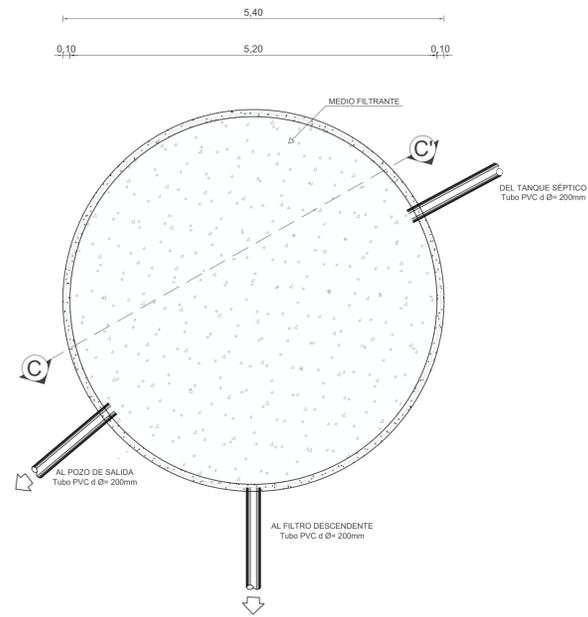


CORTE B-B'

ESC: 1/50

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LUIS LÓPEZ, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.
CONTIENE:	PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR ACTUAL	FECHA: JULIO / 2022
REVISÓ:	ELABORÓ:	ESCALA: INDICADAS
ING. MG. FABIÁN MORALES TUTOR DE TESIS	EGO. KLEBER ARÉVALO U.T.A. - F.T.C.M.	LÁMINA: 01

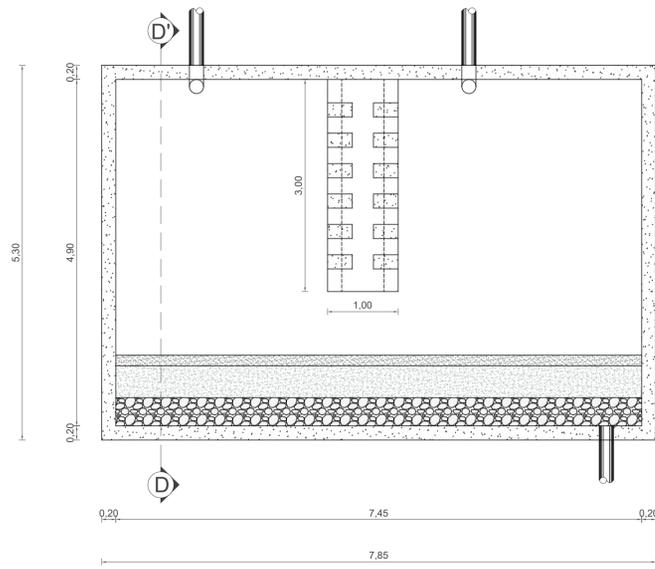
FAFA



VISTA EN PLANTA

ESC: 1/50

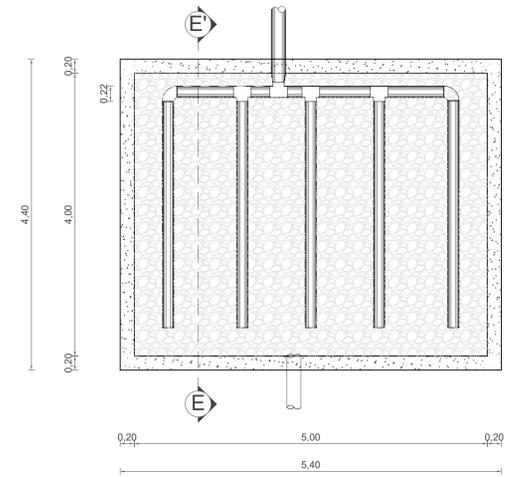
LECHO DE SECADO DE LODOS



VISTA EN PLANTA

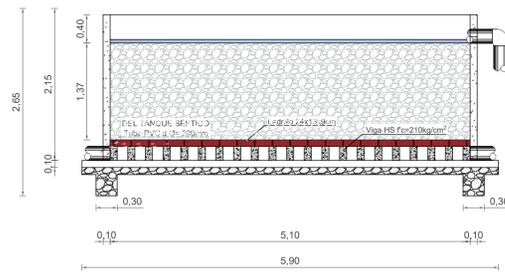
ESC: 1/50

FILTRO DESCENDENTE



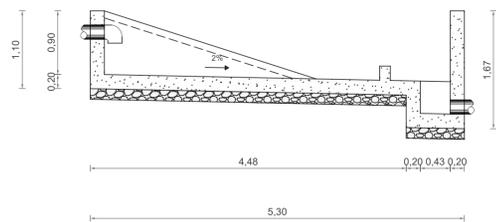
VISTA EN PLANTA

ESC: 1/50



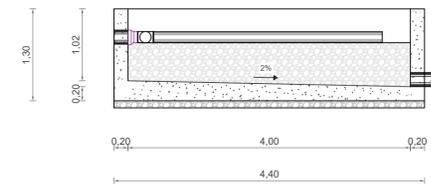
CORTE C-C'

ESC: 1/50



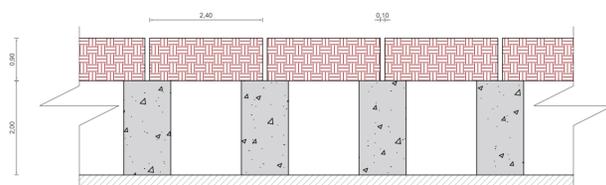
CORTE D-D'

ESC: 1/50



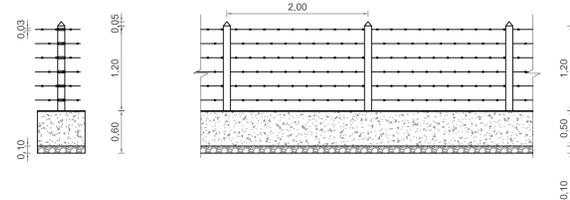
CORTE E-E'

ESC: 1/50



DETALLE DE SUELO FALSO

ESC: 1/75



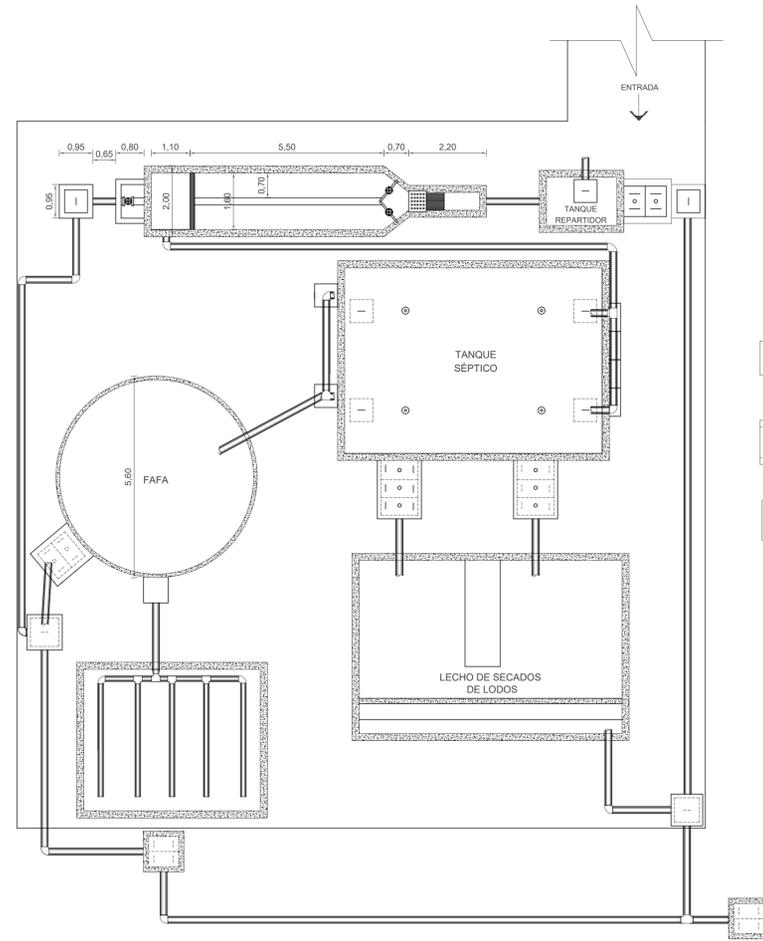
DETALLE DEL CERRAMIENTO

ESC: 1/50

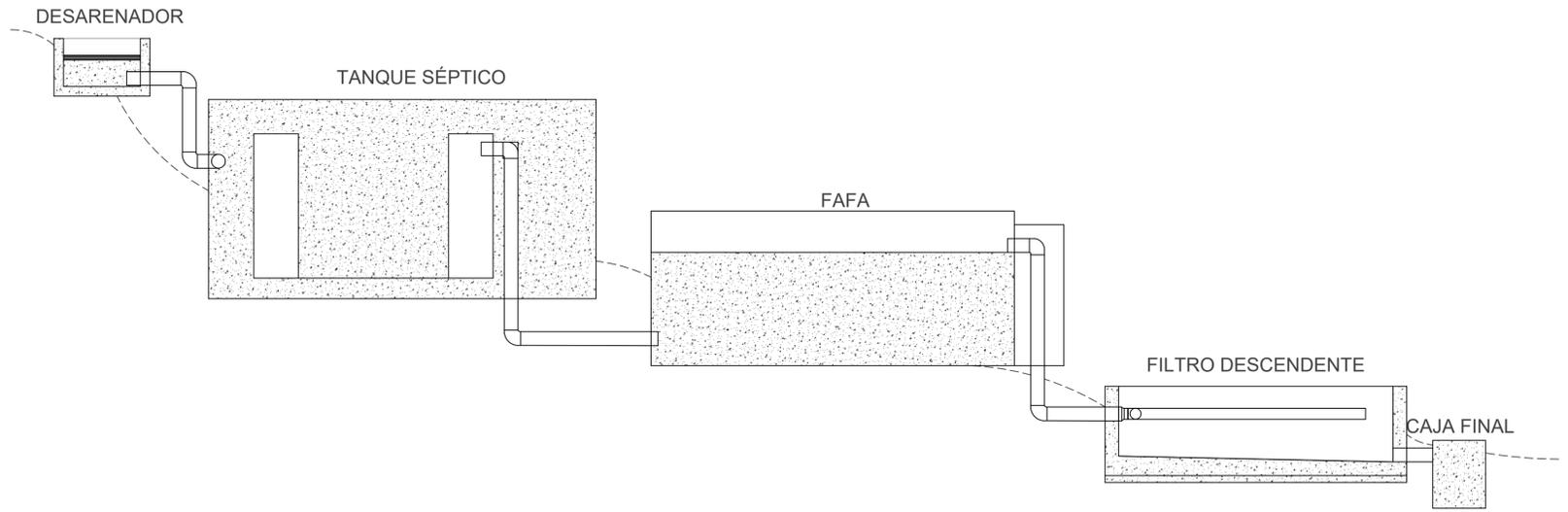
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LUIS LÓPEZ, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		FECHA: JULIO / 2022	
CONTIENE: PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR ACTUAL		ESCALA: INDICADAS	
REVISÓ: ING. MG. FABIÁN MORALES TUTOR DE TESIS	ELABORÓ: EGO. KLEBER ARÉVALO U.T.A. - F.T.C.M.	LÁMINA: 02	

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

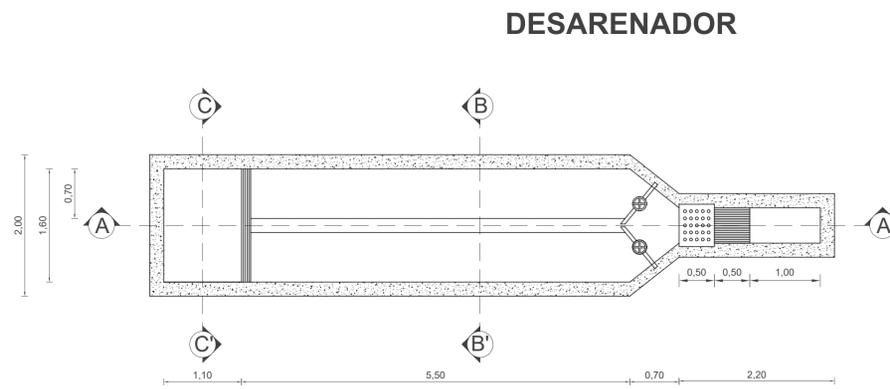
UBICACIÓN DE LAS UNIDADES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO



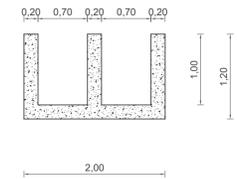
VISTA EN PLANTA
ESC: 1/100



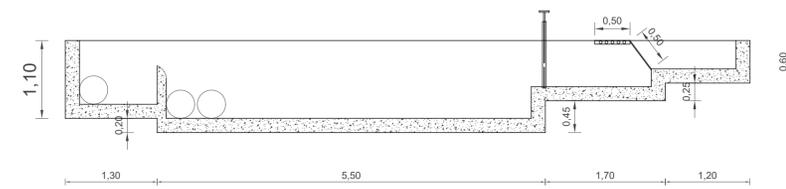
- POZOS DE REVISIÓN
- VÁLVULA DE CONTROL
- CAJA FINAL



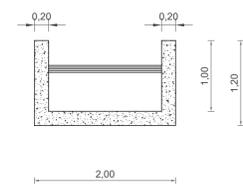
DESARENADOR PLANTA
ESC: 1/50



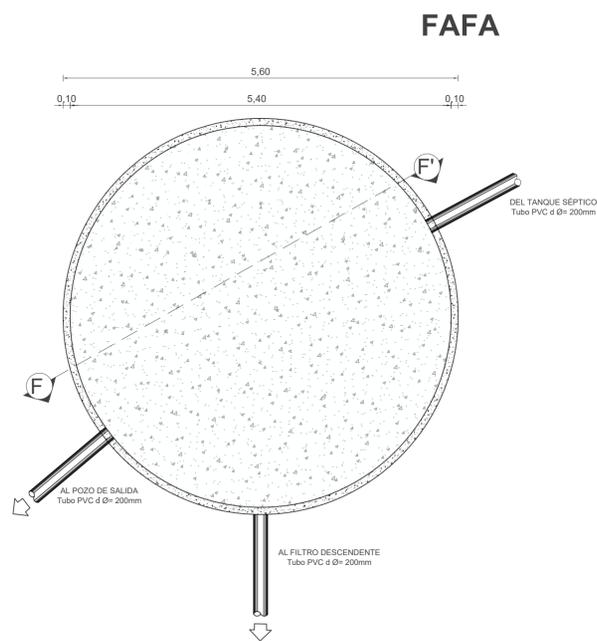
CORTE B-B'
ESC: 1/50



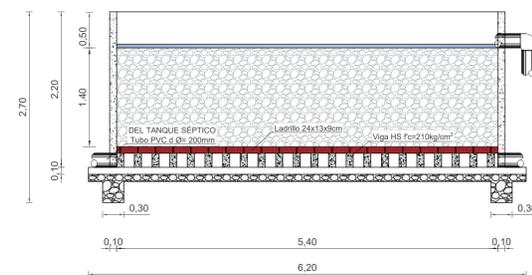
DESARENADOR CORTE A-A'
ESC: 1/50



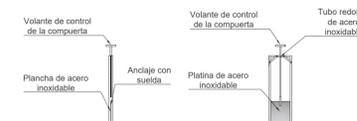
CORTE C-C'
ESC: 1/50



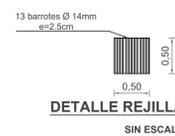
VISTA EN PLANTA
ESC: 1/50



CORTE F-F'
ESC: 1/50



DETALLE COMPUERTA
SIN ESCALA



DETALLE REJILLA
SIN ESCALA

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LUIS LÓPEZ, PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
CONTIENE: PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR PROPUESTA	FECHA: JULIO / 2022	
REVISÓ: ING. MG. FABIÁN MORALES TUTOR DE TESIS	ELABORÓ: EGO. KLEBER ARÉVALO U.T.A. - F.T.C.M.	ESCALA: INDICADAS
		03