



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 HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN
QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Autor: Emilio Andrés Benalcázar Aguas

Tutor: Ing. Mg, Fabián Rodrigo Morales Fiallos

AMBATO – ECUADOR

Junio – 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 HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. **Emilio Andrés Benalcázar Aguas**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804262465, 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, Junio 2022

Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Emilio Andrés Benalcázar Aguas**, con C.I. 1804262465, 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 HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Junio 2022



Emilio Andrés Benalcázar Aguas

C.I. 1804262465

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 de línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además la pruebo 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, Junio 2022



Emilio Andrés Benalcázar Aguas

C.I. 1804262465

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Emilio Andrés Benalcázar Aguas de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Junio 2022

Para constancia firman:

Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino

Miembro Calificador

Ing. Mg. Lenin Gabriel Silva Tipantasig

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, quienes han sido un apoyo incondicional a lo largo de mi vida y grandes ejemplos de vivir con valores morales, que gracias esto, su abundante ayuda y soporte he logrado alcanzar mis metas.

A mi hermano David, quien ha sido una fuente de inspiración.

A mis tías, quienes siempre se han preocupado por mi familia, y nunca me han dejado solo.

A mis abuelitos, que a pesar de que ya no se encuentran conmigo, fueron grandes pilares de apoyo para mí, en especial quiero agradecer a mi abuelito Carlos Gustavo, por ser un gran ejemplo de humildad, esfuerzo y perseverancia.

Emilio Andrés Benalcázar Aguas

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a Dios por permitirme gozar con la presencia de mis padres, hermano y familiares; y a que cada una de las enseñanzas que cada persona se ha tomado el tiempo necesario y la paciencia para que yo las aprenda, todo esto ha sido de gran ayuda para alcanzar mi crecimiento intelectual y moral.

Agradezco a mi madre, quien ha sido pilar fundamental para realizarme como persona y como profesional.

Agradezco a mi padre, por ser un amigo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis tías por preocuparse por mí en todo el camino de mi vida.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en especial a mi docente tutor el Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos, por acompañarme a lo largo de este proceso, extendiéndome apertura y su vasto conocimiento lo cual fue muy importante para alcanzar esta meta.

Al ingeniero Gabriel Velástegui, quien me ayudó no solo con sus conocimientos, sino que también con sus experiencias para permitirme crecer tanto académicamente como personal.

Agradezco a mi amiga Ariana Espín, quien ha sido una persona importante para mí, quien de forma infaltable me ha apoyado.

Emilio Andrés Benalcázar Aguas

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación	3
1.1.3. Fundamentación Teórica	4
1.1.3.1. Plantas de tratamientos de aguas residuales.....	4
1.1.3.2. Características de las aguas residuales	4
1.1.3.3. Tipos de aguas residuales	7
1.1.3.3.1. Aguas residuales domésticas o urbanas	7
1.1.3.3.2. Aguas residuales industriales.....	8
1.1.3.3.3. Aguas residuales ganaderas y agrícolas	8
1.1.3.4. Tratamiento de aguas residuales	9
1.1.3.5. Etapas del tratamiento de aguas residuales	9
1.1.3.6. Componentes para el tratamiento de aguas residuales	10
1.1.3.6.1. Cribado.....	10
1.1.3.6.2. Desarenador	10
1.1.3.6.3. Fosa o tanque séptico.....	11
1.1.3.6.4. Lecho de secado de lodos.....	11
1.1.3.6.5. Filtro biológico ascendente (FAFA).....	11
1.1.3.7. Parámetros de aguas residuales.....	11

1.1.3.7.1.	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	11
1.1.3.7.2.	Sólidos sedimentables	12
1.1.3.7.3.	Demanda Química de Oxígeno	12
1.1.3.7.4.	Demanda Bioquímica de Oxígeno	12
1.1.3.7.5.	Contenido de Nitrógeno (N) y Fósforo (P)	12
1.1.3.7.6.	Potencial de hidrógeno (pH)	12
1.1.3.8.	Aguas residuales tratadas	13
1.1.3.9.	Porcentaje de remoción teórica por procesos	15
1.1.4.	Hipótesis	16
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo General	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
CAPÍTULO II		17
2.	METODOLOGÍA	17
2.1.	Metodología	17
2.1.1.	Plan de recolección de datos.	18
2.1.1.1.	Fase I: Levantamiento y recolección de la información de la PTAR	18
2.1.1.2.	Fase II: Trabajo de campo	20
2.1.1.2.1.	Materiales y equipos.	20
2.1.1.2.2.	Caudales	21
2.1.1.3.	FASE III: Trabajo de laboratorio.	24
2.1.1.4.	FASE IV: Análisis y comprobación de funcionamiento de la PTAR.	27
2.1.1.4.1.	Tanque repartidor	28
2.1.1.4.2.	Tanque séptico	28
2.1.1.4.3.	Filtro biológico ascendente	30
2.1.1.4.4.	Lecho de secado de lodos	30
CAPÍTULO III		31
3.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	31
3.1	Análisis y discusión de los resultados obtenidos	31
3.1.1	Análisis de resultados de las muestras del agua residual	31
3.2	Evaluación de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis de Quero	34
3.2.1	Diagnostico Técnico	34
3.2.2	Procesos unitarios que conforman el sistema de tratamiento de la PTAR actualmente.	34

3.2.3	Dimensiones actuales de la planta de tratamiento de aguas residuales ...	35
3.2.3.1	Tanque repartidor de caudales.....	35
3.2.3.2	Tanque séptico	36
3.2.3.3	Filtro biológico ascendente (filtro anaerobio de flujo ascendente).....	37
3.2.3.4	Lecho de secado de lodos.....	38
3.2.4	Diagnóstico de la PTAR según su funcionamiento teórico actual.	40
3.2.4.1	Diagnóstico del tanque repartidor de caudales	40
3.2.4.2	Diagnóstico del Tanque séptico	40
3.2.4.3	Diagnóstico del lecho de secado de lodos.....	45
3.2.4.4	Diagnóstico del Filtro biológico ascendente	49
3.3	Verificación de la hipótesis.	54
3.4	Propuesta de mejora de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	55
3.4.1	Diseño de los nuevos procesos unitarios PTAR.	56
3.4.1.1	Diseño tratamiento preliminar	61
3.4.1.2	Diseño del cribado	61
3.4.1.2.1	Dimensionamiento de la rejilla tanque repartidor	61
3.4.1.3	Diseño del desarenador	61
3.4.1.3.1	Dimensionamiento del desarenador	65
3.4.1.4	Diseño del tanque de grasas	67
3.4.1.4.1	Dimensionamiento de la trampa de grasas	67
3.4.1.5	Diseño del tanque séptico	69
3.4.1.5.1	Dimensionamiento tanque séptico	69
3.4.1.6	Diseño del lecho de secado de lodos.....	73
3.4.1.7	Diseño del filtro anaerobio ascendente.....	75
3.4.2	Comparación del estado actual con la propuesta de diseño de la PTAR Hualcanga San Luis.	78
3.4.3	Plan de mantenimiento y operación de las estructuras hidráulicas de la PTAR de Hualcanga San Luis.....	79
3.4.3.1	Plan de manejo para la operación y mantenimiento:.....	79
3.4.3.1.1	Tanque repartidor de caudales y cribado.	79
3.4.3.1.2	Desarenador.	80
3.4.3.1.3	Tanque de grasas.	81
3.4.3.1.4	Tanque séptico.	81
3.4.3.1.5	Filtro anaerobio de flujo ascendente.	82
3.4.3.1.6	Lecho de secado de lodos.....	82
3.4.3.1.7	Mantenimiento del área exterior a las etapas de la PTAR.	83

CAPÍTULO IV	85
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
4.1. Conclusiones	85
4.2. Recomendaciones	86
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia	5
Tabla 2. (continuación) Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia	6
Tabla 3. Límites de descarga a cuerpos de agua dulce.	13
Tabla 4. (Continuación) Límites de descarga a cuerpos de agua dulce.	14
Tabla 5. Porcentajes de remoción teórica de contaminantes del agua residual por procesos unitarios.	15
Tabla 6. Materiales.....	20
Tabla 7. Equipos de seguridad.	21
Tabla 8. Caudales de Ingreso (lt/s) a la PTAR de Hualcanga San Luis.	21
Tabla 9. Caudales de Salida (lt/s) a la PTAR de Hualcanga San Luis.	22
Tabla 10. Resultados del análisis de laboratorio de las muestras de agua residual que ingresa a la PTAR. Muestra I.	26
Tabla 11. Resultados del análisis de laboratorio de las muestras de agua residual que salen de la PTAR. Muestra II.....	26
Tabla 12. Resultados del análisis comparativo de las muestras entrada y salida del agua residual de la PTAR con TULSMA 2015.	32
Tabla 13. Remoción real (%) de los contaminantes de la muestra de agua de ingreso y salida de la PTAR.....	32
Tabla 14. Remoción teórica (%) de los contaminantes de la muestra de agua de ingreso y salida de la PTAR.	33
Tabla 15. Medidas del tanque repartidor de la PTAR.	35
Tabla 16. Medidas del tanque séptico de la PTAR.....	36
Tabla 17. Medidas del Filtro Biológico Ascendente de la PTAR.	37
Tabla 18. Medidas del Lecho de secado de lodos de la PTAR	39
Tabla 19. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	41
Tabla 20. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	41
Tabla 21. Tiempo de retención de acuerdo a la contribución del agua residual TABLA E.7.2 RAS2000.....	43
Tabla 22. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos TABLA E.7.3 RAS2000.....	43
Tabla 23. Resumen de cálculos del Tanque Séptico.....	45
Tabla 24. Tiempo requerido para digestión de lodos manual OPS.	48

Tabla 25. Resumen de cálculos del Lecho de secado de lodos.	49
Tabla 26. Resumen de cálculos del Filtro anaerobio de flujo ascendente.	54
Tabla 27. Funcionamiento actual de todos los componentes de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	55
Tabla 28. Datos estadísticos de la población de Quero INEC.	57
Tabla 29. Tasa de crecimiento (r).....	57
Tabla 30. Tasas de crecimiento poblacional.	58
Tabla 31. Datos utilizados para el diseño del desarenador.	62
Tabla 32. Dimensiones propuestas desarenador.	66
Tabla 33. Dimensiones propuestas Tanque de grasas.....	69
Tabla 34. Tiempo de retención de acuerdo a la contribución del agua residual TABLA E.7.2 RAS2000.....	70
Tabla 35. Dimensiones propuestas del Tanque séptico.	72
Tabla 36. Dimensiones propuestas del lecho de secado de lodos.	73
Tabla 37. Dimensiones propuestas del lecho de secado de lodos.	75
Tabla 38. Dimensiones propuestas del Filtro anaerobio de flujo ascendente.....	78
Tabla 39. Comparación entre el estado actual y la propuesta de la PTAR de Hualcanga San Luis.	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aguas residuales pluviales.	7
Figura 2. Aguas residuales domésticas.....	8
Figura 3. Aguas residuales industriales.	8
Figura 4. Aguas residuales ganaderas y agrícolas.	8
Figura 5. Planta de tratamiento de aguas residuales.	9
Figura 6. Comunidad Hualcanga San Luis.	19
Figura 7. Ubicación de la comunidad Hualcanga San Luis.	19
Figura 8. PTAR comunidad Hualcanga San Luis.	20
Figura 9. Conducta de los caudales de ingreso PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	22
Figura 10. Conducta de los caudales de salida de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	23
Figura 11. Toma de caudal de ingreso a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	23
Figura 12. Toma de caudal de salida a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	24
Figura 13. Toma de la muestra del agua residual de entrada a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	25
Figura 14. Toma de la muestra del agua residual a la salida a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	25
Figura 15. Identificación y conservación de las muestras de las aguas residuales tomadas en la PTAR de Hualcanga San Luis.	25
Figura 16. Estado actual de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	27
Figura 17. Proceso de funcionamiento del tratamiento de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	27
Figura 18. Tanque repartidor de la PTAR.	28
Figura 19. Tanque séptico de la PTAR.....	28
Figura 20. Unión desde la llave de paso del tanque séptico roto.	29
Figura 21. Interior del tanque séptico de la PTAR.	29
Figura 22. Filtro biológico ascendente de la PTAR.....	30
Figura 23. Lecho de secado de lodos de la PTAR.	30
Figura 24. Remoción real (%) de los contaminantes de la muestra de agua de ingreso y salida de la PTAR.....	33
Figura 25. Remoción teórica (%) de los contaminantes de la muestra de agua de ingreso y salida de la PTAR.	33

Figura 26. Proceso de funcionamiento del tratamiento de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	34
Figura 27. Vista en planta del tanque repartidor de caudales de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	35
Figura 28. Vista corte lateral del tanque repartidor de caudales de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	36
Figura 29. Vista en planta de la fosa séptica (tanque séptico) de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	37
Figura 30. Vista corte lateral del tanque séptico de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	37
Figura 31. Vista en planta del Filtro Biológico ascendente de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	38
Figura 32. Vista corte lateral del Filtro Biológico ascendente de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	38
Figura 33. Vista en planta del Lecho de secado de lodos de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	39
Figura 34.. Vista corte lateral del Lecho de secado de lodos de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	40
Figura 35. Propuesta de mejora de procesos de tratamiento de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.	56
Figura 36. Curvas de comportamiento.	64

RESUMEN

El propósito del presente trabajo, fue evaluar el funcionamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, del cantón Quero, provincia de Tungurahua.

Para esto se hizo una inspección de las instalaciones, posteriormente se realizó la medición de caudales de entrada y salida utilizando el método volumétrico, durante siete días consecutivos. Esto permitió determinar los caudales máximos y mínimos con los cuales trabaja la PTAR. Una vez medidos estos caudales, se realizó la toma de muestras del agua residual. Estas muestras se enviaron al Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH; para el análisis de la carga contaminante. Los resultados demostraron que los procesos actuales: tanque repartidor, tanque séptico, lecho de secado de lodos y filtro biológico ascendente; no cumplen los parámetros de remoción máximos establecidos en la norma TULSMA 2015.

Una vez evaluado el funcionamiento actual de la PTAR, se realizó un rediseño de las etapas actuales y diseño de etapas nuevas que son: desarenador y una trampa de aceites y grasas. Estas mejoras en conjunto con las etapas rediseñadas permitirán que la planta funcione correctamente, respetando los valores permitidos por la normativa, porque en la actualidad la descarga de estas aguas constituye un foco de contaminación para el medio ambiente.

Por último, se propuso un plan de mantenimiento y operación para que la PTAR funcione óptimamente.

Palabras claves: Planta de tratamiento, Aguas residuales, Desarenador, Tanque séptico, Lecho de secado de lodos, Filtro biológico ascendente, Trampa de aceites y grasas.

ABSTRACT

The purpose of the present work was to evaluate the current operation of the wastewater treatment plant in the community of Hualcanga San Luis, Quero canton, Tungurahua's province.

For this purpose, an inspection of the facilities was made, and then the inlet and outlet flow rates were measured using the volumetric method for seven consecutive days. This made it possible to determine the maximum and minimum flows with which the WWTP works. Once these flows were measured, wastewater samples were taken. These samples were sent to the Environmental Services Laboratory of the UNACH's University for analysis of the pollutant load. The results showed that the current processes: distribution tank, septic tank, sludge drying bed and ascending biological filter do not meet the maximum removal parameters established in the TULSMA 2015 standard.

Once the current operation of the WWTP was evaluated, a redesign of the current stages and the design of new stages were carried out, which are: desander and an oil and grease trap. These improvements together with the redesigned stages will allow the plant to operate correctly, respecting the values allowed by the regulations, because at present the discharge of these waters is a source of pollution for the environment.

Finally, a maintenance and operation plan was proposed to ensure that the WWTP functions optimally.

Key words: Treatment Plant, wastewater, sand trap, septic tank, sludge drying bed, rising biological filter, oil and grease trap

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

En nuestro país Ecuador, los parámetros permisibles de descarga de aguas están regulados por la normativa vigente de TULSMA. Dentro de este texto se encuentran especificadas todas las concentraciones máximas permisibles de descarga al igual que los parámetros mínimos que son necesarios de ser medidos en todos los procesos, operaciones o técnicas de transformación física, química o biológica de las aguas residuales, para lo cual se debe aplicar muestreos y monitoreos a los planes de manejo ambiental en los cuales deben estar incluidos los mantenimientos de las PTAR. [1]

En el trabajo de investigación realizado por Fausto Geovanny Morales Solano en la comunidad Llimpe Grande del cantón Quero, se determinó mediante los muestreos de las aguas residuales, y el análisis de la planta de tratamiento que es necesario contar con manuales de mantenimiento y operación para poder controlar el funcionamiento de la PTAR de manera simple y eficiente de todos los componentes que conforman a la planta de tratamiento de aguas residuales, además que en dicha investigación se recomiendan mantenimientos preventivos periódicos. [2]

En el trabajo de investigación realizado por Christian Daniel Quinapanta Villacrés en la comunidad de Llimpe Chico del cantón Quero, se dio a conocer que mediante la evaluación de su planta de tratamiento en estudio, varios parámetros fundamentales en el proceso de tratamiento de aguas residuales, tales como: la DQO, DBO_5 , sólidos suspendidos y aceites y grasas incumplen los límites permisibles de la normativa TULSMA 2015, por lo que este mal funcionamiento de la PTAR desencadena que la remoción de sustancias contenidas en dichas aguas residuales no sea el óptimo, y para lograr subsanar esto hace falta añadir procesos en el tratamiento de las aguas permitiendo así asegurarse la protección del entorno fluvial de la comunidad. [3]

En el trabajo de investigación realizado por Joseline Valeria Zambonino Quisanga, se pudo identificar que mediante la evaluación de su PTAR, todas las estructuras hidráulicas que componen esta obra de saneamiento de aguas residuales deben contar con procesos de mantenimiento constantes, a más de que para que el proceso de tratamiento es necesario incluir un manual de operación para con esto tener un correcto control del funcionamiento a más de poder controlar tiempos entre mantenimientos para que no sean tardíos provocando el colapso en el funcionamiento y que también es recomendable revestir las tuberías de unión que están a intemperie previniendo que sufran daño con el paso del tiempo. [4]

En el trabajo de investigación realizado por Víctor Hugo Izurieta Pazmiño realizado en la parroquia Poátug del cantón Patate, se pudo identificar por la calidad de agua residual tratada que sale de esta planta de tratamiento no cumple con la normativa por lo que cuando una PTAR no cumple con los parámetros y recomendaciones establecidas en los manuales de diseño se necesita de intervenciones civiles en sus estructuras hidráulicas para lograr que funcione de forma eficiente. [5]

1.1.2. Justificación

La población a nivel mundial genera desperdicios al interior de sus hogares, dichos desperdicios son: líquidos, sólidos o una combinación de ambos, los cuales son producidos por los diversos usos que tiene el agua, siendo estos de índole doméstico, comercial o industrial, conocidos generalmente como aguas servidas o residuales, están compuestas en su mayoría por materia orgánica, microorganismos patógenos, químicos o tóxicos que ponen en riesgo la salud de todos los seres vivos que hagan uso de estas aguas contaminadas. [6]

Para solucionar estos problemas de saneamiento se utiliza una PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) que es una estación parte del sistema de agua potable y alcantarillado, que sirven para depurar las aguas residuales eliminando las sustancias contaminantes contenidas y que puedan ser reutilizadas. [7]

Estas PTAR deben funcionar siempre bien y se debe evitar su deterioro o por lo menos alargar su tiempo de vida.

Realizar un proceso de evaluación del funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales permite determinar mantenimientos preventivos, correctivos y de ser necesario cubrir necesidades de reparación para permitir que el funcionamiento de la PTAR sea el idóneo para el cual fue diseñado o de ser el caso permitir el mejoramiento de su desempeño. [8]

En la comunidad de Hualcanga San Luis, cantón Quero, provincia de Tungurahua, no se ha hecho ninguna evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales desde su implantación hace más de 15 años. Por dichas razones es pertinente realizar dicho trabajo evaluando el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de la zona y así concientizar a la población de la importancia de contar con un tratamiento del agua contaminada para preservar la salud de los habitantes del sector.

Los beneficios son múltiples, pero el primordial es la reutilización del agua tratada para fines agrícolas. Cultivos de ciclo corto tales como papa, arveja, habas, cebolla, ajo, ocas, melloco, característicos de esta región del cantón Quero.

Por esto es necesario realizar este proyecto ya que permitirá evaluar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento que procesa las aguas residuales provenientes a la parroquia Hualcanga San Luis del cantón Quero de la provincia de Tungurahua y a la vez lograr concientizar a las personas principalmente del sector, sobre los efectos negativos que son resultado del mal funcionamiento y manejo de la PTAR del lugar.

1.1.3. Fundamentación Teórica

Por aguas residuales se entiende la acción y efecto con el que el ser humano introduce materiales contaminantes, formas de energía o induce condiciones en el agua directa o indirectamente, esto implica que se generen alteraciones nocivas para su calidad en relación con usos posteriores o su función ecológica. Son aguas cuyo origen viene del sistema de abastecimiento de agua de una población, luego de haber sido modificadas por diversos usos que tienen a nivel general tanto como en actividades domésticas, industriales y comunitarias. Las aguas residuales están constituidas por diferentes componentes, pudiendo ser varios de estos: físicos, químicos y biológicos (son mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos que se encuentran suspendidos o disueltos). [9]

1.1.3.1. Plantas de tratamientos de aguas residuales

Planta de tratamiento de aguas residuales

Una PTAR debe cumplir el fin de eliminar o reducir en un porcentaje considerable la contaminación de las aguas, siendo estas de origen natural, residual urbana, domésticas o de procedencia industrial. Se denomina planta de tratamiento a la edificación que se dedica a controlar y tratar el agua que se encuentra contaminada para que no tenga riesgos para la salud o el medio ambiente al verterla en la naturaleza o reutilizarla en actividades que no sean el consumo directo humano. [10]

1.1.3.2. Características de las aguas residuales

Al momento en que el agua es usada en cualquier proceso es contaminada parcial o totalmente, por lo que se puede decir que adquiere nuevas características tanto físicas, químicas y/o biológicas, en los cuales cuya procedencia se muestra en la Tabla 1 y Tabla 2. Dichas aguas alteradas son constituidas por diferentes organismos

contaminantes los cuales constituyen un 99.9% del agua, en la cual su restante está constituido por materias sólidas de tipo mineral y orgánica. [11]

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

Características		Procedencia	
Propiedades físicas	Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.	
	Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.	
	Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.	
	Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.	
Propiedades químicas	Constituyentes químicos orgánicos	Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Grasas animales, aceites y grasa	
		Pesticidas	Residuos agrícolas.
		Fenoles	Vertidos industriales.
		Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Contaminantes prioritarios	
		Agentes tensoactivos	
		Compuestos orgánicos volátiles	
Otros	Degradación natural de materia orgánica.		

Fuente: METCALF & EDDY [11]

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

Características		Procedencia	
Propiedades químicas	Constituyentes químicos inorgánicos	Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
		Cloruros	
		Metales pesados	Vertidos industriales.
		Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
		pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
		Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Azufre	Aguas de suministro, aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Propiedades químicas	Constituyentes químicos gases	Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
		Metano	
		Oxígeno	Agua de suministros; infiltración de agua superficial.
Propiedades biológicas	Animales		Cursos de agua y plantas de tratamiento.
	Plantas		
	PROTISTAS	Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
		Arqueobacterias	
Virus		Aguas residuales domésticas.	

Fuente: METCALF & EDDY [11]

1.1.3.3. Tipos de aguas residuales

Tipos de aguas residuales.

Las aguas residuales son el resultado de la mezcla de residuos sólidos y líquidos de diversos orígenes, siendo éstos:

Aguas residuales pluviales

Correspondientes al agua de la escorrentía superficial, cuyo volumen varía según la duración de las lluvias. [12]

Denominación que se da a todo el caudal proveniente de precipitaciones naturales, que no se infiltran en la tierra, sino que fluyen a lo largo de la superficie mezclándose con micro o macro contaminantes y que posteriormente se incorporan al resto de aguas residuales totales. [13]



Figura 1. Aguas residuales pluviales.

Fuente: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/usos-y-beneficios-de-las-aguas-pluviales>

1.1.3.3.1. Aguas residuales domésticas o urbanas

Aguas residuales domésticas (ARD)

Originadas en las residencias, son las provenientes de uso higiénico de los habitantes, siendo resultado de los excusados, cocinas, lavanderías, etc. Su composición principal son materia orgánica y microorganismos. [12]

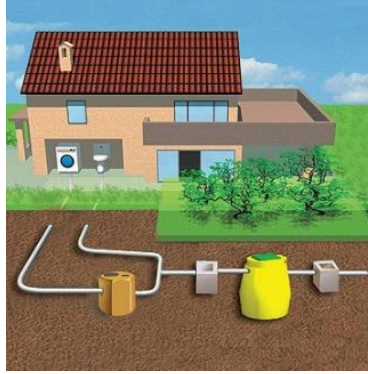


Figura 2. Aguas residuales domésticas.

Fuente: <https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>

1.1.3.3.2. Aguas residuales industriales

Originadas de procesos industriales y caracterizadas según el tipo de industria de las que provienen. [12]



Figura 3. Aguas residuales industriales.

Fuente: <https://www.nyfdecolombia.com/aguas-residuales/tratamiento-de-aguas-residuales-industriales>

1.1.3.3.3. Aguas residuales ganaderas y agrícolas

Origen comúnmente rural, en donde es mayor la presencia de la crianza de ganado y de cultivos. Ambas constituidas por materia rica en sustancias orgánicas, contaminantes pesticidas y fertilizantes para cultivos. [12]



Figura 4. Aguas residuales ganaderas y agrícolas.

Fuente: <https://www.comunicarseweb.com/noticia/los-contaminantes-agricolas-una-grave-amenaza-para-el-agua-del-planeta>

1.1.3.4.Tratamiento de aguas residuales

Durante los procesos necesarios que debe atravesar un conjunto de aguas residuales, se deben considerar una serie de aspectos los cuales son delimitados según el propósito de nivel de saneamiento de las AG (aguas residuales) y para que serán ocupadas dichas aguas luego de someterse a los distintos procesos que de igual forma cambian mediante las necesidades específicas de la localidad en la cual se implanta una planta de tratamiento de aguas residuales.

En dicho tratamiento de las AG, es necesario determinar que cada proceso tiene una funcionalidad y se debe tomar en cuenta que por más simple que cada proceso parezca al agrupar todas las etapas se podrá llegar a un nivel de saneamiento que tiene que tratar que sea el óptimo para el cual la PTAR fue diseñada y esto se consigue mediante un mantenimiento constante.

1.1.3.5.Etapas del tratamiento de aguas residuales

Etapas del tratamiento de aguas residuales

En una PTAR se puede derivar una serie de etapas y procesos, por los cuales es necesario que pasen las aguas residuales para ser descontaminadas, pudiendo ser de diferente grado de complejidad dependiendo del diseño de cada planta de tratamiento.



Figura 5. Planta de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>

Tratamiento preliminar

Tiene la finalidad de eliminar los sólidos de gran tamaño y arenas que están constituyendo las aguas del influente de la PTAR, de manera básica en este proceso se eliminan todos los residuos que son fáciles de separar, permitiendo que el agua fluya con facilidad por el resto de etapas de la planta de tratamiento. [14]

Tratamiento primario

Consiste en varios procesos ya sean físicos o físico químicos realizados para remover la materia sedimentable que está constituida en las aguas residuales, mediante procesos como decantación, floculación – coagulación y precipitación. [15]

Tratamiento secundario

Por medio de procesos biológicos se busca convertir la materia soluble en sólidos sedimentables, para posteriormente poder ser separados en tanques de sedimentación. De igual forma se puede optar por procesos aeróbicos tal como el de lodos activados, en el cual microorganismos al estar en contacto con el oxígeno metabolizan la materia orgánica presente. [15]

Tratamiento terciario

Basado en procesos físicos y químicos, se separan los contaminantes minerales, fósforo, nitrógeno, entre otras sustancias, de las aguas circulantes en tratamiento. [15]

1.1.3.6. Componentes para el tratamiento de aguas residuales

1.1.3.6.1. Cribado

Es una etapa fundamental dentro del proceso que forma parte de una planta de tratamiento de aguas residuales, ya que se debe tener una etapa en la que se separan los materiales gruesos y finos, esto puede ser mediante distintos mecanismos de clasificación, siendo los más comunes el uso de rejillas para los finos de 5mm o menos y para los materiales gruesos las separaciones de las rejillas deben tener entre 4 y 9 centímetros. Hay que considerar que se debe contar con procesos de protección como las rejillas (cribado) ya que se debe evitar que materiales sólidos de grandes dimensiones entren a la planta de tratamiento causando obstrucciones en alguna de sus etapas. [16]

1.1.3.6.2. Desarenador

Dentro de esta etapa del tratamiento de aguas residuales, se busca reducir la velocidad del agua que ingresa a nuestra planta de tratamiento. Al realizar este proceso se busca separar a los sólidos de menor diámetro mediante las lentas velocidades del flujo del

agua circulante, logrando como resultado de esta etapa el asentamiento de los sólidos. La finalidad de los desarenadores es que buscan garantizar la clarificación del agua a través de la retención y sedimentación de las partículas mayores (de diámetro medio igual o superior a 0,2 milímetros). [17]

1.1.3.6.3. Fosa o tanque séptico

Básicamente en esta etapa se encarga sanear las aguas con excrementos humanos (aguas grises), así como también aguas desechadas desde cocinas. El funcionamiento se da mediante la degradación por infiltración desde la materia orgánica hasta formas más simples. El tanque séptico necesita subprocesos tales como sedimentación y digestión de los sólidos, grasas y aceites, detergentes, entre otros compuestos químicos presentes. De ser necesario se utiliza un tanque repartidor cuando los flujos así lo requieren. [17]

1.1.3.6.4. Lecho de secado de lodos

Es uno de los componentes de la PTAR en donde los lodos resultantes de los procesos anteriores son separados para posteriormente ser deshidratados o tratados por métodos adecuados a cada caso. El agua se evapora o filtra. [18]

1.1.3.6.5. Filtro biológico ascendente (FAFA)

Se logra la depuración del agua mediante el uso de filtros constituidos generalmente por piedras porosas que retienen microorganismos anaeróbicos, que se asientan sobre estas y que retienen las impurezas y las transforman en organismos más simples. No requiere recirculación y es una alternativa con mayor rendimiento, al combinarse con los otros procesos. [19]

1.1.3.7. Parámetros de aguas residuales

1.1.3.7.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Parámetro de referencia importante para conocer la naturaleza del agua residual, determinando el detalle de las partículas que se encuentran suspendidas y disueltas, dichos sólidos se oxidan consumiendo el oxígeno disuelto en el agua, la concentración de los SST afecta a DBO y al DQO ya que los sólidos consumen el oxígeno existente. [16]

1.1.3.7.2. Sólidos sedimentables

Indicador de los sólidos que se encuentran suspendidos que se sedimentarán por efecto de la gravedad en condiciones controladas y lentas. [17]

1.1.3.7.3. Demanda Química de Oxígeno

Indicador del contenido de materia orgánica, utilizado para la medición del oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable mediante un agente químico oxidante. [18]

1.1.3.7.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Parámetro esencial dentro del estudio del tratamiento de aguas residuales, siendo uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en AR (aguas residuales), en la cual es imprescindible que exista una cantidad suficiente de oxígeno disponible para que se realice una descomposición de carácter biológica aerobia de los desechos orgánicos presentes. [19]

1.1.3.7.5. Contenido de Nitrógeno (N) y Fósforo (P)

El nitrógeno proviene de lavabos, duchas y productos empleados en el lavado de prendas de vestir. Tiene gran utilidad en el crecimiento de las plantas. Puede presentarse en forma de diferentes compuestos de acuerdo a los hábitos de cada comunidad. [2]

Por otro lado, el fósforo lo generan las escorrentías de las zonas de cultivo en donde se utilizan abonos fosforados y fertilizantes en base a fósforo. Este elemento es el responsable del crecimiento y multiplicación de las plantas y microorganismos que coadyuvan a las mismas. [24]

1.1.3.7.6. Potencial de hidrógeno (pH)

Es un indicador la concentración de hidrógeno, el cual es el elemento responsable de la capacidad de combinación del agua con otras sustancias. Tiene un valor de 0 a 14. Entre 0 y 7 se considera como ácida. El valor de 7 es neutro, mientras que de 7 a 14 el comportamiento es básico. [25]

1.1.3.8. Aguas residuales tratadas

Los límites de descarga establecidos por la norma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA 2015), son los parámetros que se utilizan como referencia para comparar los resultados del sistema de tratamiento de cada PTAR sin los cuales estas aguas residuales no pueden ser vertidas en el cuerpo receptor al que desembocan. A continuación, en la Tabla 2 se detallan los valores permisibles máximos para cuerpos de agua dulce.

Tabla 3. Límites de descarga a cuerpos de agua dulce.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sustancias. Solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico Total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro Total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5

Fuente: TULSMA 2015 [1]

Tabla 4. (Continuación) Límites de descarga a cuerpos de agua dulce.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Coliformes Fecales	N MP	N MP/100 ml	2000
Color Real ¹	Color Real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuesto Fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro Total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso Total	Mn	mg/l	2
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados Totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH		6-sep
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	1000
Sulfuros	S-2	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de Metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	mg/l	1

Fuente: TULSMA 2015 [1]

1.1.3.9. Porcentaje de remoción teórica por procesos

Para que los procesos que conforman el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales se encuentren en un rango válido de operación, es necesario comparar los porcentajes de remoción teóricos de contaminantes (Tabla 5) con respecto a los de salida de la PTAR.

Tabla 5. Porcentajes de remoción teórica de contaminantes del agua residual por procesos unitarios.

Unidades de Tratamiento	DBO	DQO	SS	Pb	N-Org c	NH3-N
Rejas de barras	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Desarenadores	0-5 d	0-5 d	0-10 d	nulo	nulo	nulo
Sedimentación Primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Fangos Activados						
(Proceso Convencional)	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Filtros Precolados						
Alta carga, Medio Pétreo	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Carga muy alta, Medio Sintético	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15
Biodiscos (rbc)	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Cloración	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

Fuente: Metcalf & Eddy. [11]

1.1.4. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, cantón Quero, provincia de Tungurahua, se encuentra operando incorrectamente en las condiciones actuales.

Hipótesis nula

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, cantón Quero, provincia de Tungurahua, se encuentra operando correctamente en las condiciones actuales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de la información de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Analizar las aguas influentes y efluentes de la planta de tratamiento, mediante las técnicas apropiadas.
- Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento según la normativa vigente del TULSMA 2015 asegurando la protección medioambiental del entorno.
- Proponer un rediseño para la optimización de la planta de tratamiento.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Metodología

En el presente trabajo experimental se llevará a cabo una evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales que funciona en la comunidad Hualcanga San Luis, cantón Quero, provincia de Tungurahua, la cual será evaluada de la siguiente manera:

FASE 1: Levantamiento y recolección de información.

En esta etapa se realiza una recopilación de información existente sobre la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, entre los datos recopilados son: dimensiones y características de la PTAR, año de construcción del proyecto y de igual forma la actividad socio económica de la parroquia.

FASE 2: Investigación en campo.

Se hace una medición de los caudales que ingresan y salen de la planta de tratamiento de aguas residuales, para de esta manera determinar la hora en las cuales existe el caudal máximo y mínimo de agua, estableciéndose estas como horas pico, para de esta forma poder realizar un muestreo a la entrada y salida de la PTAR en el horario establecido.

FASE 3: Trabajo de laboratorio.

Se realiza el análisis de la calidad del agua residual de las muestras tomadas en un laboratorio especializado, dichas muestras son tanto al ingreso como a la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la comunidad Hualcanga San Luis y estas muestras son de vital importancia para determinar: demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), fósforo total, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, potencial hidrógeno (pH), sólidos suspendidos, aceites y grasas. Todas estas características serán de vital importancia para poder evaluar la planta de tratamiento en mención.

FASE 4: Análisis y comprobación del funcionamiento.

En esta fase se va a realizar una comparación entre los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio realizados a lo largo de la fase 3, los cuales determinan los resultados de las descargas a un cuerpo de agua dulce en función de los parámetros límites y la normativa vigente TULSMA 2015. A la par se diagnostican las construcciones hidráulicas existentes de la PTAR de Hualcanga San Luis para conocer su estado actual.

2.1.1. Plan de recolección de datos.

2.1.1.1.Fase I: Levantamiento y recolección de la información de la PTAR

La comunidad Hualcanga San Luis se encuentra ubicada en el sector Sur Este de la provincia de Tungurahua a aproximadamente 24 kilómetros desde la ciudad de Ambato en el cantón Quero; sus coordenadas geográficas son: 9838838.00 latitud Sur y 767812.00 latitud Oeste. La comunidad se encuentra sobre la cota 3490 m.s.n.m. En la comunidad los pobladores tienen como actividad económica la agricultura y ganadería en pequeña escala; se siembra productos de ciclo corto, tales como la papa, cebolla blanca y paiteña, zanahoria, maíz y otros; que son comercializados principalmente en los días de feria en Quero, Cevallos, Ambato y Riobamba. La comunidad tiene una extensión aproximada de 10 hectáreas y su población se conforma de 250 familias. [26]

Existe alrededor de 40 socios que forman parte de la empresa “El Vaquero”, dedicada a la producción de quesos, tiene una producción de 120 quesos diarios y son comercializados principalmente en la ciudad de Quito.

Cuenta además con una asociación denominada “Reina de las Mercedes”, dedicada a la elaboración de papas fritas, produce 1 quintal por día y se comercializa principalmente en el cantón Quero. [26]



Figura 6. Comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

La PTAR se ubica aguas abajo de la comunidad, las coordenadas geográficas de la planta de tratamiento son: 983880.21 latitud Sur y 767795.70 longitud Este, la cual se encuentra actualmente en funcionamiento. La fecha de construcción data del año 2006 por el Gad Municipal Santiago de Quero. A pesar de que la planta de tratamiento se encuentra operando su funcionamiento no satisface las condiciones para las que fue diseñada.

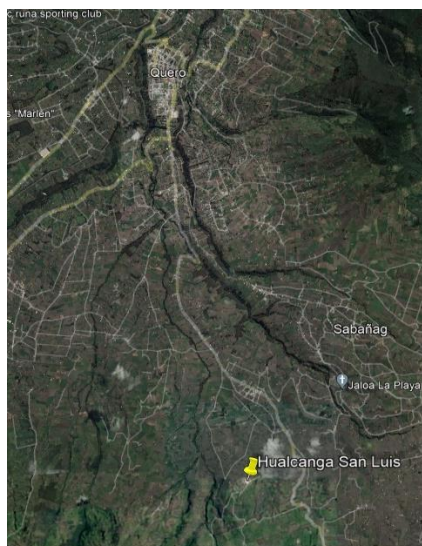


Figura 7. Ubicación de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Google Earth Pro.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis cuenta con varios procesos que conforman su funcionamiento para permitir la desinfección del agua residual, entre los cuales se encuentran: tanque repartidor, fosa séptica, lecho de secado de lodos y filtro biológico ascendente (FAFA); tal y como se puede observar en la figura 8. [26]



Figura 8. PTAR comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar (autor).

2.1.1.2. Fase II: Trabajo de campo

2.1.1.2.1. Materiales y equipos.

En la ejecución de la etapa que conlleva realizar trabajo de campo, es vital utilizar los materiales y equipos que se detallan en la tabla 6 y 7, los cuales fueron de gran utilidad e importancia para facilitar la recolección de toda la información que tiene la PTAR de Hualcanga San Luis, y para de esta forma facilitar la evaluación. Se cumplieron todas las normas sanitarias para evitar cualquier contaminación relativas a la pandemia.

Tabla 6. Materiales.

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Recipiente de 2 lt	2	unidad
Botella plástica	4	unidad
Embudo	2	unidad
Cooler para muestras	1	unidad
Cámara fotográfica	1	unidad
Hojas Papel Bond	8	unidad
Cuaderno	1	unidad
Flexómetro	1	unidad
Cronómetro	1	unidad
Computadora	1	unidad
Impresora	1	unidad

Fuente: Emilio Benalcázar.

Tabla 7. Equipos de seguridad.

EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD
Mandil	1	unidad
Mascarillas	16	unidad
Botas de caucho	1	par
Guantes de Látex	1	caja
Guantes de caucho	2	par

Fuente: Emilio Benalcázar.

2.1.1.2.2. Caudales

Para realizar la medición de los caudales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, se empleó el método de medición volumétrica, el mismo que consiste en utilizar un recipiente con medidas identificadas y un cronómetro; esta etapa de la medición de los caudales se realizó durante 7 días seguidos los cuales fueron en la semana del 17 al 23 de Enero del 2022, para esto se realizó la toma de muestras de los caudales de ingreso y de salida (como se ve en la figura 11 y figura 12) de la PTAR durante cada hora en un lapso determinado de 10 horas con intervalos de una hora entre cada toma.

Tabla 8. Caudales de Ingreso (lt/s) a la PTAR de Hualcanga San Luis.

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	PROMEDIO
7:00 a 8:00	0,202	0,156	0,061	0,196	0,091	0,140	0,140	0,141
8:00 a 9:00	0,352	0,098	0,276	0,233	0,146	0,054	0,054	0,173
9:00 a 10:00	0,133	0,154	0,227	0,280	0,069	0,385	0,071	0,189
10:00 a 11:00	0,145	0,343	0,157	0,301	0,196	0,223	0,075	0,206
11:00 a 12:00	0,225	0,501	0,268	0,085	0,291	0,207	0,494	0,296
12:00 a 13:00	0,313	0,379	0,532	0,222	0,219	0,267	0,625	0,365
13:00 a 14:00	0,089	0,629	0,103	0,182	0,296	0,253	0,278	0,262
14:00 a 15:00	0,164	0,129	0,285	0,323	0,236	0,293	0,212	0,234
15:00 a 16:00	0,151	0,219	0,200	0,134	0,213	0,125	0,185	0,175
16:00 a 17:00	0,219	0,579	0,040	0,400	0,298	0,103	0,029	0,238

Fuente: Emilio Benalcázar.

Se determinó que el mayor caudal de toda la semana corresponde a el día martes de 13:00 a 14:00 pm, como se puede observar en la figura 9. En ese horario los pobladores se encuentran en sus domicilios, ya que es la hora de almuerzo y de concentración en

los domicilios. En cambio, a primeras horas del día la mayoría de la gente sale a realizar trabajos agrícolas y pecuarios o se desplaza hacia otros lugares.

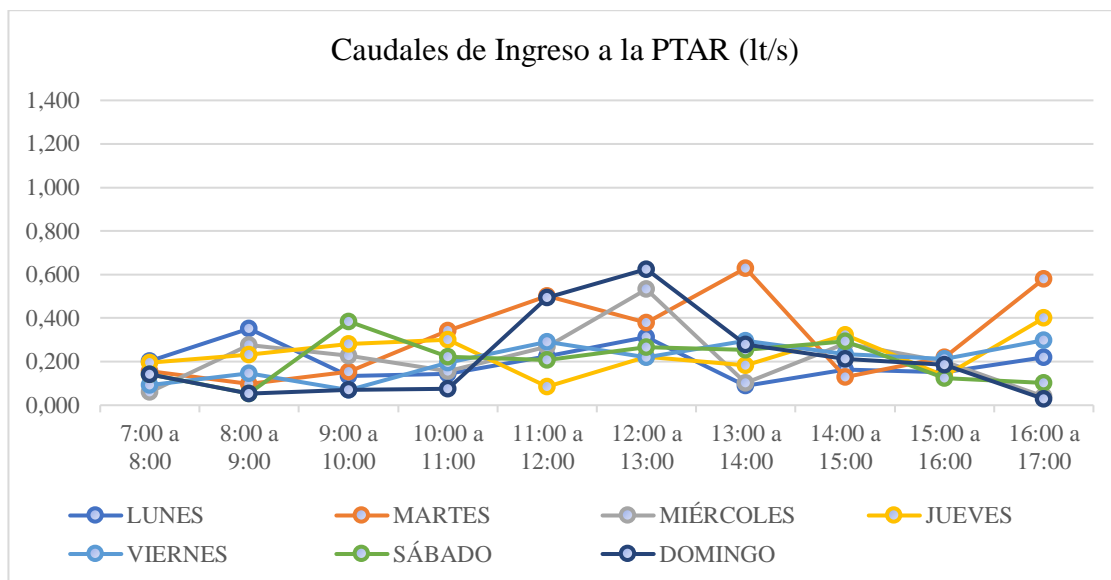


Figura 9. Conducta de los caudales de ingreso PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

Tabla 9. Caudales de Salida (lt/s) a la PTAR de Hualcanga San Luis.

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	PROMEDIO
7:00 a 8:00	0,201	0,168	0,086	0,189	0,081	0,084	0,084	0,128
8:00 a 9:00	0,294	0,080	0,248	0,105	0,116	0,059	0,059	0,137
9:00 a 10:00	0,125	0,187	0,189	0,218	0,097	0,282	0,070	0,167
10:00 a 11:00	0,145	0,268	0,180	0,192	0,169	0,380	0,199	0,219
11:00 a 12:00	0,132	0,427	0,303	0,118	0,317	0,263	0,539	0,300
12:00 a 13:00	0,277	0,455	0,262	0,128	0,259	0,139	0,643	0,309
13:00 a 14:00	0,120	0,636	0,086	0,203	0,322	0,171	0,334	0,267
14:00 a 15:00	0,161	0,149	0,167	0,142	0,210	0,223	0,243	0,185
15:00 a 16:00	0,112	0,312	0,091	0,172	0,144	0,055	0,195	0,154
16:00 a 17:00	0,253	0,536	0,053	0,405	0,251	0,091	0,034	0,232

Fuente: Emilio Benalcázar.

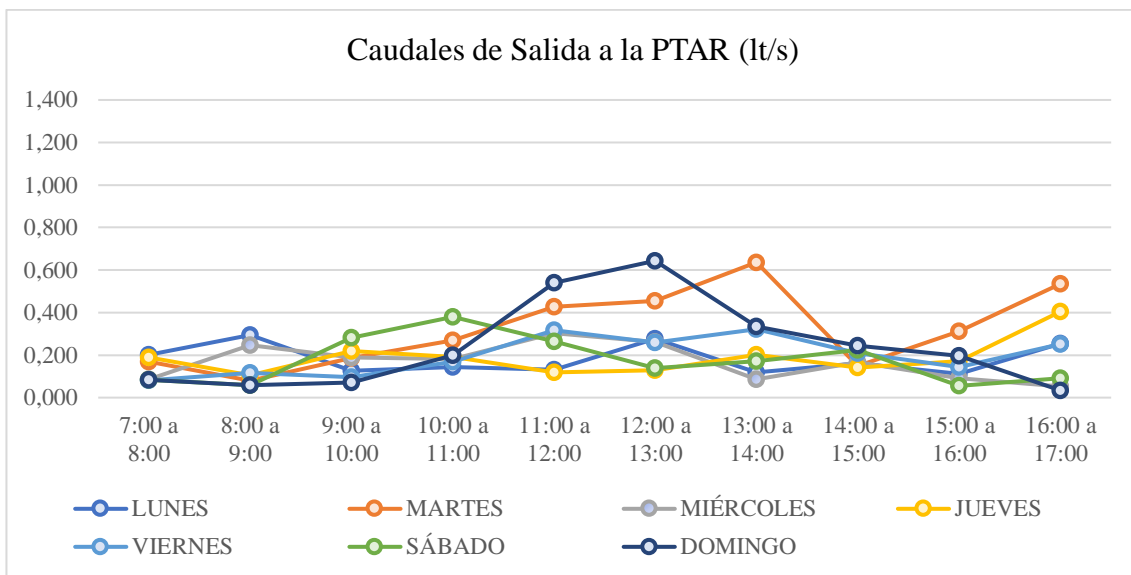


Figura 10. Conducta de los caudales de salida de la PTAR comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.



Figura 11. Toma de caudal de ingreso a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.



Figura 12. Toma de caudal de salida a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

2.1.1.3. FASE III: Trabajo de laboratorio.

La toma y conservación de las muestras de agua residual de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis, se realizó tal y como lo establece la norma NTE INEN 2 176:1998 (Agua. Calidad del agua, Muestreo y Técnicas de muestreo) Y NTE INEN 2 169:1998 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras), dicha toma de muestras se realizó el día Martes 8 de febrero de 2022, las muestras fueron dos primeras al ingreso y las otras dos a la salida de la PTAR, siendo cuatro muestras de agua residual, como se muestra en la figura 10, figura 11 y figura 12.



Figura 13. Toma de la muestra del agua residual de entrada a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.



Figura 14. Toma de la muestra del agua residual a la salida a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.



Figura 15. Identificación y conservación de las muestras de las aguas residuales tomadas en la PTAR de Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

Los resultados obtenidos de los ensayos de las muestras de las aguas residuales tanto de entrada como de salida de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis de Quero fueron realizados por el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), los cuales se encuentran detallados en la tabla 10 y tabla 11.

Tabla 10. Resultados del análisis de laboratorio de las muestras de agua residual que ingresa a la PTAR. Muestra I.

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	592,86	N/A	09- 02- 22
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	14	N/A	09- 02- 22
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1728	N/A	09- 02- 22
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	3498	N/A	09- 02- 22
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	95,2	N/A	09- 02- 22
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	69	N/A	09- 02- 22
pH	-	PE-LSA-01	7,03	+/- 0,08	09- 02- 22
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	1585	N/A	09- 02- 22

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH.

Tabla 11. Resultados del análisis de laboratorio de las muestras de agua residual que salen de la PTAR. Muestra II.

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	389,43	N/A	09- 02- 22
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	13	N/A	09- 02- 22
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1320	N/A	09- 02- 22
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	2460	N/A	09- 02- 22
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	81,2	N/A	09- 02- 22
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	56,5	N/A	09- 02- 22
pH	-	PE-LSA-01	5,55	+/- 0,08	09- 02- 22
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	935	N/A	09- 02- 22

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH.

2.1.1.4. FASE IV: Análisis y comprobación de funcionamiento de la PTAR.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, se encuentra actualmente muy descuidada, existe abundante presencia de vegetación y acumulación de residuos de limpiezas realizadas anteriormente a las etapas de la PTAR.



Figura 16. Estado actual de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con varios procesos que conforman su funcionamiento para permitir la desinfección del agua residual, entre los cuales se encuentran: tanque repartidor, tanque séptico, lecho de secado de lodos y filtro biológico ascendente (filtro anaerobio de flujo ascendente). El orden de funcionamiento de la PTAR se puede observar en la figura 17.

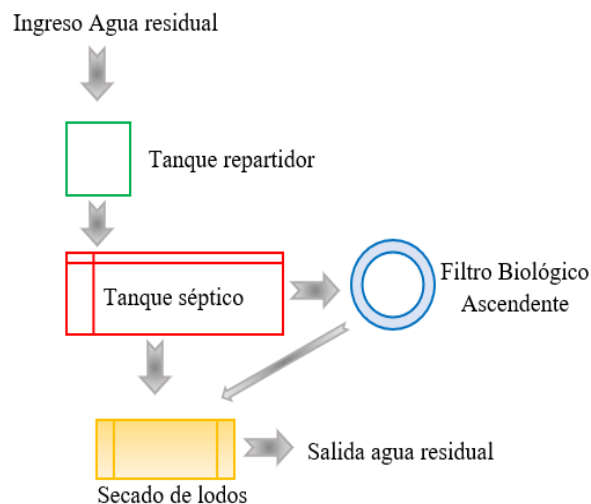


Figura 17. Proceso de funcionamiento del tratamiento de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

2.1.1.4.1. Tanque repartidor

El tanque repartidor se encuentra con una abundante presencia de sólidos como se ve en la figura 15, debido a la falta de mantenimiento se ralentiza el flujo del agua residual, provocando un incorrecto funcionamiento de esta obra hidráulica.



Figura 18. Tanque repartidor de la PTAR.

Fuente: Emilio Benalcázar.

2.1.1.4.2. Tanque séptico



Figura 19. Tanque séptico de la PTAR.

Fuente: Emilio Benalcázar.

El tanque séptico tiene una tapa de control en cada uno de sus dos compartimientos en serie, además esta etapa está constituida de tres ductos para ventilación y llaves de

paso comunicantes a las siguientes etapas; uno de los ductos comunicantes desde el tanque séptico hacia el lecho de secado de lodos se encuentra roto a altura de la llave de paso, como se muestra en la figura 20, este daño provoca que el agua interior del ducto se desborde.



Figura 20. Unión desde la llave de paso del tanque séptico roto.

Fuente: Emilio Benalcázar.

En la actualidad no se ha realizado un mantenimiento adecuado, en el que se retiren todos los sedimentos y sólidos que están presentes en el tanque, los cuales no fueron retenidos en el tanque repartidor.



Figura 21. Interior del tanque séptico de la PTAR.

Fuente: Emilio Benalcázar.

2.1.1.4.3. Filtro biológico ascendente

El filtro anaerobio de flujo ascendente debido a un descuido de los mantenimientos periódicos despide un olor desagradable.



Figura 22. Filtro biológico ascendente de la PTAR.

Fuente: Emilio Benalcázar.

2.1.1.4.4. Lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos se encuentra funcionando a pesar que en su contorno existe una alta presencia de vegetación que incluso ha reducido la sección de la tubería de salida de esta etapa.



Figura 23. Lecho de secado de lodos de la PTAR.

Fuente: Emilio Benalcázar.

CAPÍTULO III

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados obtenidos

3.1.1 Análisis de resultados de las muestras del agua residual.

El agua residual que ingresa a la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis es de origen del uso doméstico, por lo que es de importancia realizar el muestreo de las aguas, dicho muestreo fue realizado y transportado al laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), las muestras fueron preservadas siguiendo la normativa NTE INEN 2 176 (Técnicas de muestreo) y NTE INEN 2 169 (Manejo y conservación de muestras); el muestreo realizado fue de la siguiente manera:

- En la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis, se realizó la toma de muestra puntual del agua residual cruda (agua de ingreso de la planta de tratamiento), a las 13h00 el martes 8 de febrero del 2022, ya que en este horario existe un caudal de ingreso a la PTAR prominente.
- En la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis, se realizó la toma de muestra puntual del agua residual tratada (agua de salida de la planta de tratamiento), a las 13h00 el martes 8 de febrero del 2022, ya que en este horario existe un caudal de ingreso a la PTAR prominente.

3.1.2 Análisis comparativo de los resultados PTAR con el TULSMA 2015.

El agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, cuenta con varios procesos que conforman su funcionamiento para permitir la desinfección del agua residual, los cuales son: tanque repartidor, tanque séptico, lecho de secado de lodos y filtro biológico ascendente (filtro anaerobio de flujo ascendente).

Cada una de las etapas que forman parte de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis, serán analizadas en el presente trabajo para evaluar los porcentajes de remoción teórica de los contaminantes.

Tabla 12. Resultados del análisis comparativo de las muestras entrada y salida del agua residual de la PTAR con TULSMA 2015.

Parámetro	Unidad	Método	Ingreso PTAR	Salida PTAR	Límite Máximo TULSMA 2015	CUMPLE
Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	592,86	389,43	30,00	NO
Fósforo total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	14	13	10,00	NO
DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1728	1320	100,00	NO
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	3498	2460	200,00	NO
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	95,2	81,2	50,00	NO
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	69	56,5	30,00	NO
pH	-	PE-LSA-01	7,03	5,55	6-9	SI
Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	1585	935	130,00	NO

Fuente: Emilio Benalcázar.

Tabla 13. Remoción real (%) de los contaminantes de la muestra de agua de ingreso y salida de la PTAR.

Parámetro	U	Ingreso	Salida	Remoción Real (%)
DBO5	mg O2/l	1728,00	1320,00	23,61%
DQO	mg/l	3498,00	2460,00	29,67%
Sólidos Suspendidos	mg/l	1585,00	935,00	41,01%
Fósforo Total	mg/l	14,00	13,00	7,14%
Nitrógeno Total	mg/l	95,20	81,20	14,71%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	69,00	56,50	18,12%
Aceites y Grasas	mg/l	592,86	389,43	34,31%

Fuente: Emilio Benalcázar.

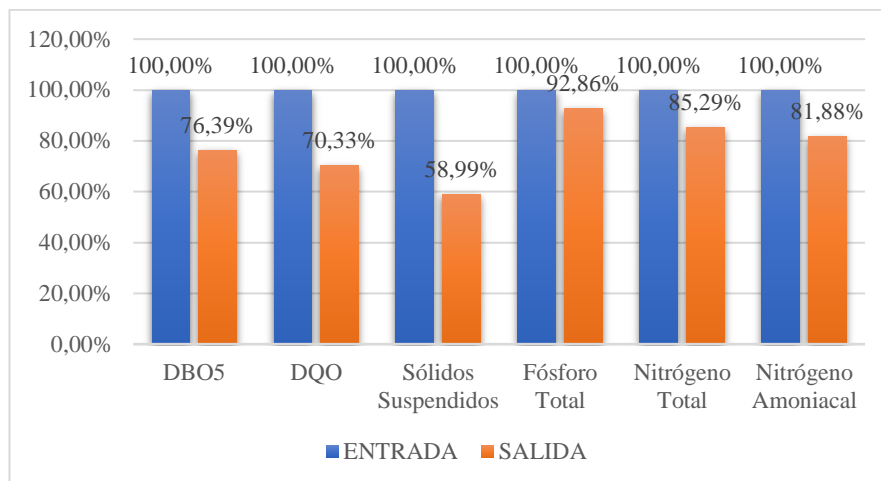


Figura 24. Remoción real (%) de los contaminantes de la muestra de agua de ingreso y salida de la PTAR.

Fuente: Emilio Benalcázar.

Tabla 14. Remoción teórica (%) de los contaminantes de la muestra de agua de ingreso y salida de la PTAR.

Parámetro	U	Ingreso	Salida	Remoción Teórica (%)
DBO5	mg O2/l	1728,00	16,416	99,05%
DQO	mg/l	3498,00	99,693	97,15%
Sólidos Suspendidos	mg/l	1585,00	21,398	98,65%
Fósforo Total	mg/l	14,00	9,240	34,00%
Nitrógeno Total	mg/l	95,20	23,800	75,00%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	69,00	49,853	27,75%

Fuente: Emilio Benalcázar.

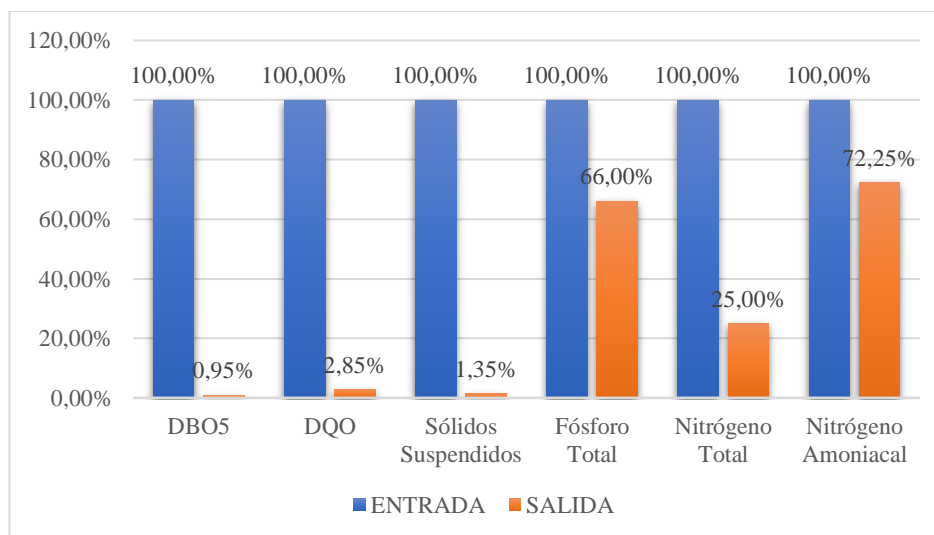


Figura 25. Remoción teórica (%) de los contaminantes de la muestra de agua de ingreso y salida de la PTAR.

Fuente: Emilio Benalcázar.

La PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis no está funcionando correctamente, en la tabla 12 se puede verificar que al comparar los resultados obtenidos por los análisis físico-químicos de las aguas residuales con los rangos permitidos por la normativa TULSMA 2015, se observa que los parámetros analizados sobrepasan los límites normados por lo que es de vital necesidad realizar la evacuación del funcionamiento de todas las obras hidráulicas que constituyen la PTAR.

3.2 Evaluación de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis de Quero.

3.2.1 Diagnostico Técnico

Una vez levantada la información de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, se logró determinar datos de: dimensiones, caracterización del agua residual que ingresa y sale de la PTAR, con esta información se puede identificar la situación en la cual actualmente se encuentra funcionando cada una de las obras hidráulicas que dan tratamiento del agua residual.

3.2.2 Procesos unitarios que conforman el sistema de tratamiento de la PTAR actualmente.

A continuación, se presenta en la Figura 26 un diagrama en el cual se puede observar las etapas que constituyen el proceso de funcionamiento del tratamiento de la PTAR.

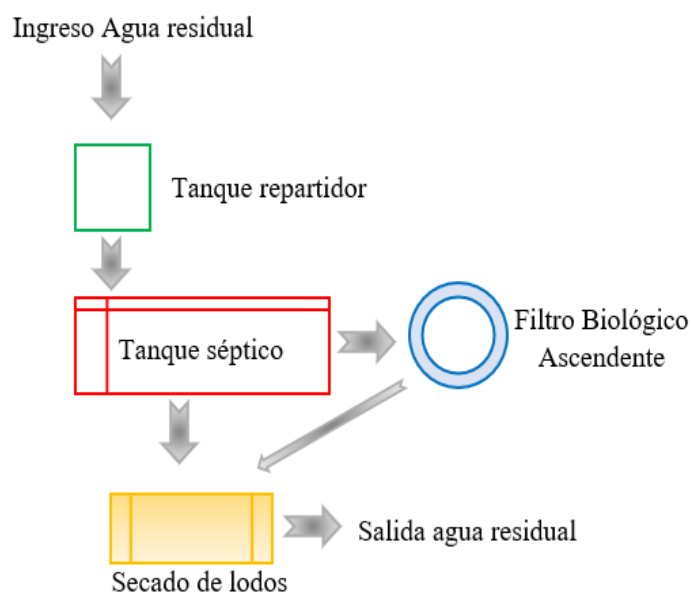


Figura 26. Proceso de funcionamiento del tratamiento de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.2.3 Dimensiones actuales de la planta de tratamiento de aguas residuales

3.2.3.1 Tanque repartidor de caudales

El tanque repartidor de caudales es la primera obra hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales, esta etapa es la encargada de recibir directamente las aguas residuales provenientes del ramal de alcantarillado de la comunidad de Hualcanga San Luis. El volumen de agua ingresa a través de una tubería de 200 milímetros de diámetro, la estructura del tanque repartidor es de hormigón armado, el tanque tiene 2 salidas a 90° como se lo puede observar en la Figura 27, la primera de 160 milímetros que se encuentra en la misma dirección de la tubería de entrada que mediante una válvula traslada el agua residual al tanque séptico y la segunda salida de 160 milímetros está ubicada perpendicularmente que mediante un Bypass en tubería de PVC conecta directamente el tanque repartidor con un desagüe al campo de infiltración.

Tabla 15. Medidas del tanque repartidor de la PTAR.

Tanque Repartidor		
Medida	Dimensión	Unidad
Largo del tanque	2,00	m
Ancho del tanque	1,20	m
Altura total del tanque	1,50	m
Altura de Grada	0,30	m
Espesor de paredes	0,15	m

Fuente: Emilio Benalcázar.

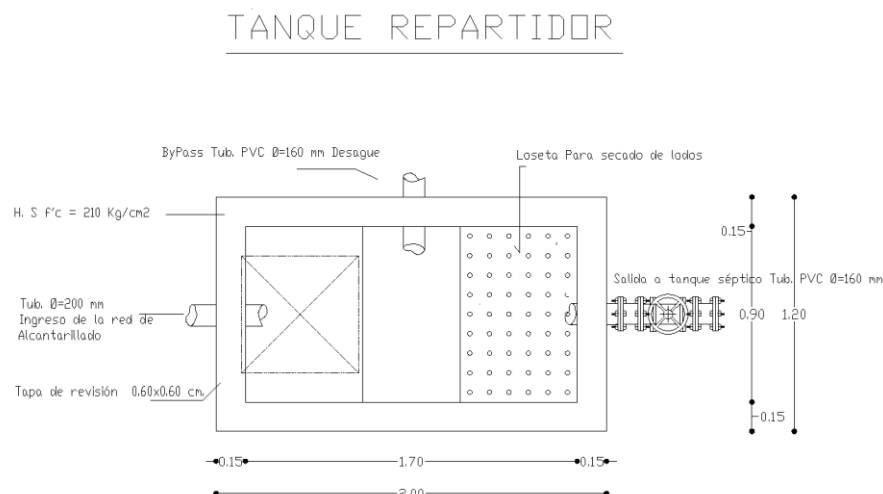


Figura 27. Vista en planta del tanque repartidor de caudales de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

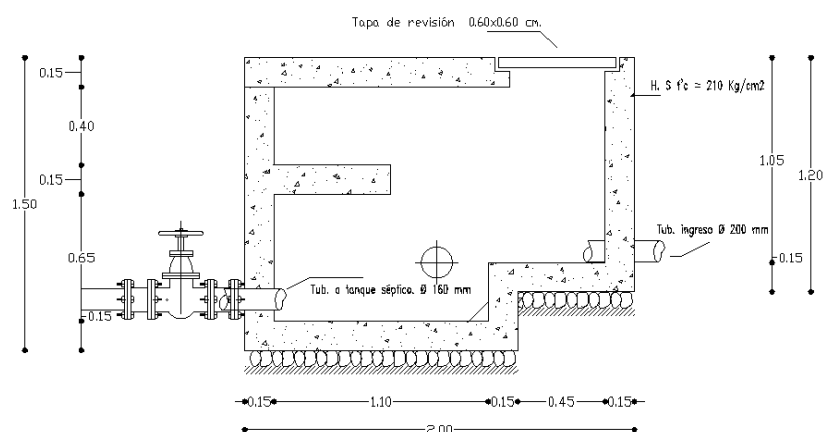


Figura 28. Vista corte lateral del tanque repartidor de caudales de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.2.3.2 Tanque séptico

El tanque séptico recibe directamente el caudal de agua residual proveniente del tanque repartidor, a través de una tubería de 160 milímetros de diámetro, dicha tubería por diseño y funcionamiento se encuentra ubicada en la parte superior de esta estructura hidráulica, la configuración estructural del tanque séptico es de hormigón armado, posee una división que separa el tanque en dos cámaras internas en serie, la primera cámara tiene una tubería de salida que conecta el tanque con el lecho de secado de lodos y la segunda cámara dispone de dos salidas, una que va hacia el lecho de secado de lodos y la segunda que da paso hacia el filtro biológico ascendente, esto se puede observar a detalle en la Figura 29 y figura 30.

Tabla 16. Medidas del tanque séptico de la PTAR.

Tanque Séptico		
Medida	Dimensión	Unidad
Largo del tanque	6,00	m
Ancho del tanque	2,50	m
Altura total del tanque	2,20	m
Espesor de paredes	0,20	m

Fuente: Emilio Benalcázar.

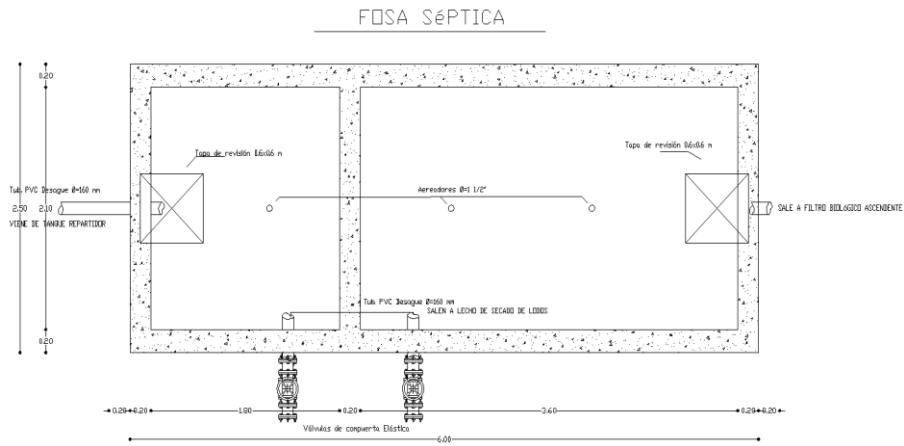


Figura 29. Vista en planta de la fosa séptica (tanque séptico) de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

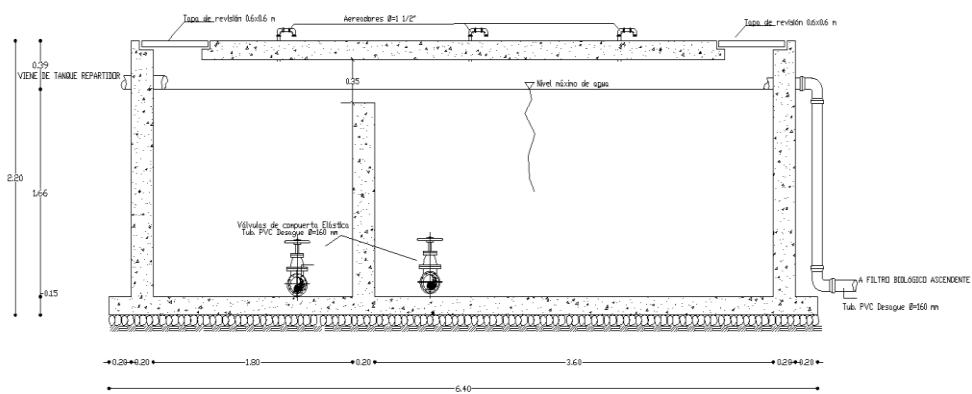


Figura 30. Vista corte lateral del tanque séptico de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.2.3.3 Filtro biológico ascendente (filtro anaerobio de flujo ascendente)

Esta etapa de la planta de tratamiento de las aguas residuales es de hormigón armado de forma cilíndrica y en su interior existe material pétreo (ripio) que cumple la función de medio filtrante. Esta estructura hidráulica no posee cubierta; tiene una capacidad de almacenamiento de 20 m^3 .

Tabla 17. Medidas del Filtro Biológico Ascendente de la PTAR.

Filtro biológico ascendente (filtro anaerobio de flujo ascendente)		
Medida	Dimensión	Unidad
Diámetro interno del tanque	3,20	m
Diámetro externo del tanque	3,34	m
Altura total del tanque	2,60	m
Espesor de paredes	0,07	m

Fuente: Emilio Benalcázar.

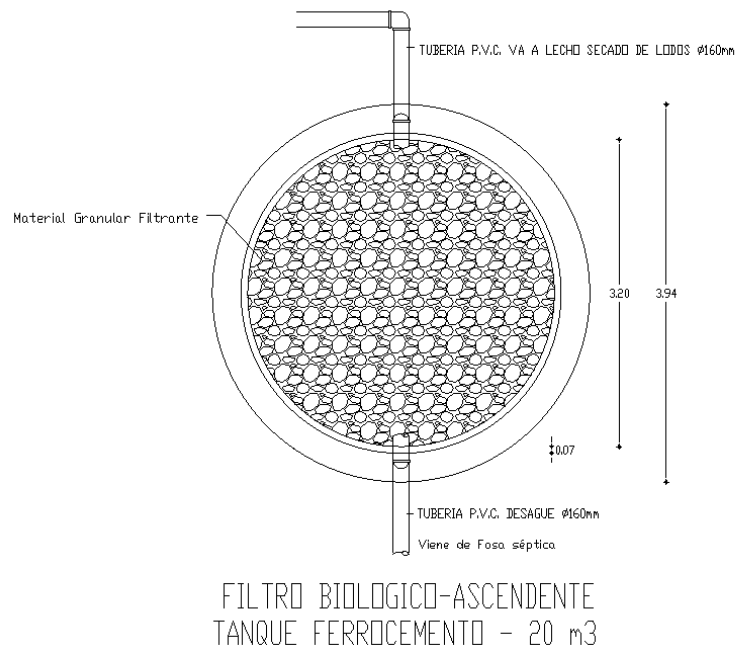


Figura 31. Vista en planta del Filtro Biológico ascendente de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

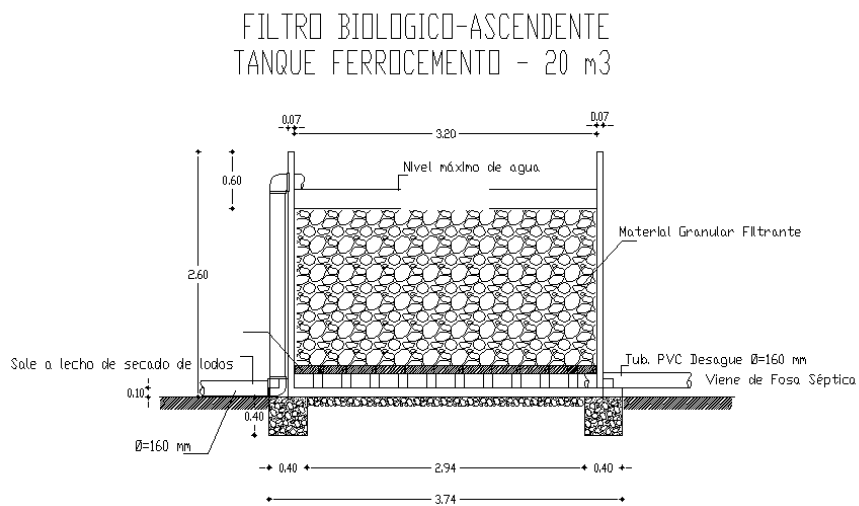


Figura 32. Vista corte lateral del Filtro Biológico ascendente de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.2.3.4 Lecho de secado de lodos

Esta estructura hidráulica forma rectangular es de hormigón armado, consta de 3 tuberías de ingreso de 160 milímetros de diámetro cada una; de las cuales dos vienen

desde el tanque séptico y la tercera viene desde el filtro anaerobio ascendente, y una tubería de salida de 160 milímetros de diámetro al terreno de infiltración. El lecho de secado de lodos tiene una pendiente del 5% en su piso, dicha pendiente se dirige hacia la tubería perforada de salida al terreno de infiltración.

Tabla 18. Medidas del Lecho de secado de lodos de la PTAR

Lecho de secado de lodos		
Medida	Dimensión	Unidad
Largo del tanque	3,50	m
Ancho del tanque	2,50	m
Altura total del tanque	2,00	m
Espesor de paredes	0,15	m
Pendiente	5%	
Altura grada	0,50	m

Fuente: Emilio Benalcázar.

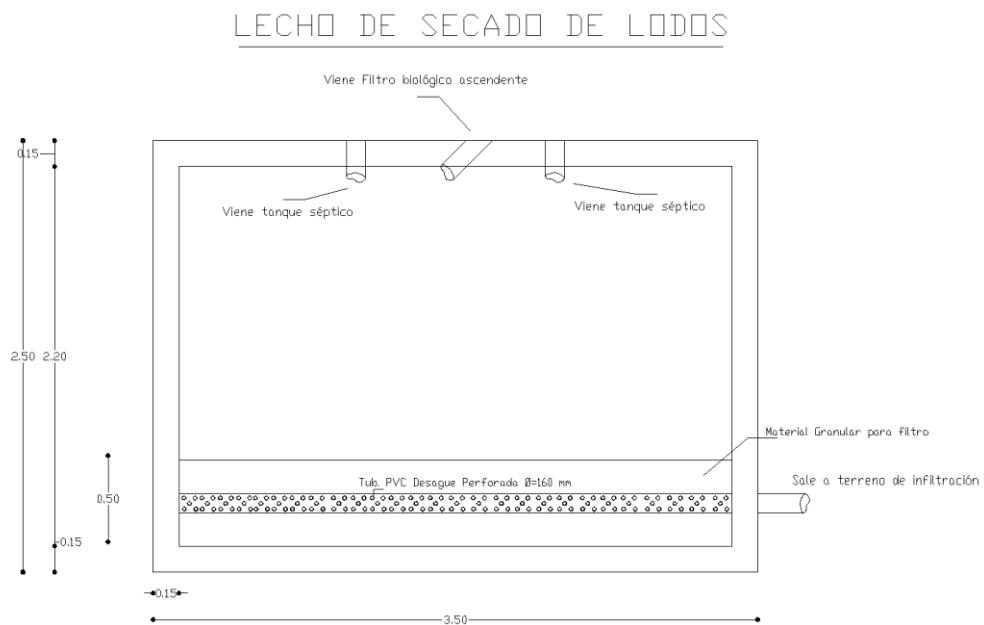


Figura 33. Vista en planta del Lecho de secado de lodos de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

LECHO DE SECADO DE LODOS

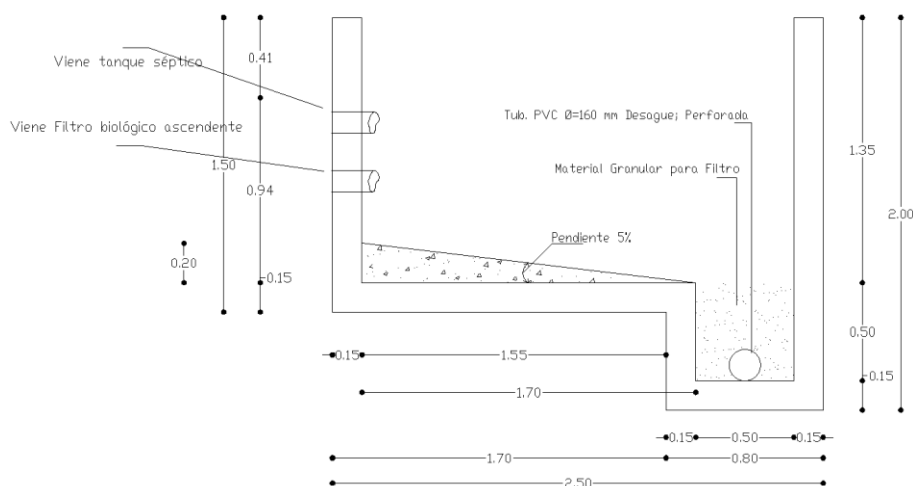


Figura 34.. Vista corte lateral del Lecho de secado de lodos de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.2.4 Diagnóstico de la PTAR según su funcionamiento teórico actual.

El caudal utilizado para la evaluación de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, es el caudal máximo horario crudo ($Q_{mh} = 0.629 \frac{lt}{s}$)

3.2.4.1 Diagnóstico del tanque repartidor de caudales

Actualmente esta estructura hidráulica no cumple con los parámetros de diseño para su propósito, y con esto no desempeña con ninguna función para el tratamiento del agua residual ya que no cuenta con ninguna rejilla para evitar el paso de los sólidos grandes, por lo que solo se lo considera como un pozo de entrada de las aguas residuales desde el ramal de alcantarillado hacia el tanque séptico. La inexistencia de la rejilla dentro de esta estructura provoca un efecto dominó por la deficiencia de retención de sólidos que son arrastrados a las siguientes etapas, incluso provoca taponamientos en el sistema de tuberías de la PTAR, ya que todos los sólidos (basuras de gran tamaño) ingresan directamente, esto se puede visualizar en la figura 18 y 21.

3.2.4.2 Diagnóstico del Tanque séptico

Para realizar el diagnóstico del funcionamiento del Tanque séptico (fosa séptica) se necesita seguir las consideraciones e indicaciones, estipuladas en la norma RAS 2000 título E. [27]

La comunidad Hualcanga San Luis, según el Gobierno Autónomo del cantón, se compone de 250 familias, se asume que cada familia tiene en promedio 4 miembros (habitantes), por lo que se tiene una población aproximada de 1000 habitantes. Además, cada habitante tiene una dotación de agua potable de $75 \frac{lt}{hab*día}$ este valor se obtuvo de la Tabla 20 de los cuales el 70% del mismo ingresa a la red de alcantarillado.

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

Nivel de Servicio	Sistema	Descripción
0	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
la	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
lb	AP AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas sin arrastre de agua
lla	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
llb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más un grifo por casa Sistema de alcantarillado
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente: TABLA 5.2 Norma CO 10.7 -602 Secretaría del Agua. [27]

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

Nivel de Servicio	Clima FRÍO	Clima CÁLIDO
	(lt/hab*día)	(lt/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

Fuente: TABLA 5.3 Norma CO 10.7 -602 Secretaría del Agua [27]

Funcionamiento actual del tanque séptico:

- a) Volumen actual de agua del tanque séptico (m^3).

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

Donde;

l = Largo actual del tanque séptico= 6 m

b = Ancho actual del tanque séptico= 2,5 m

h = Altura actual del tanque séptico = 2,2m

$$V_{ts} = 6m * 2,5m * 2,2m$$

$$V_{ts} = 33 m^3$$

Funcionamiento teórico del tanque séptico

- a) **Contribución de aguas residuales por contribuyente** $\left(\frac{lt}{hab*día}\right)$

El agua residual es el resultado de la utilización del agua potable en donde para calcular se toma que el 70% es vertido hacia la red de alcantarillado, el valor de la contribución de aguas residuales por contribuyente está ligado directamente a la dotación de agua que es suministrada a cada persona para su uso diario, se calcula de la siguiente forma:

$$q = C * D_a$$

Donde;

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

D_a = Dotación actual *Norma CO 10.7 -602 Tabla 18* = $75 \left(\frac{lt}{hab*día}\right)$

$$q = 0.7 * 75 \frac{lt}{hab * día}$$

$$q = 52,5 \frac{lt}{hab * día}$$

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

Para calcular el tiempo de retención según la norma RAS2000, es necesario relacionar la contribución diaria de las aguas residuales y los habitantes (L).

$$L = q * \#habitantes$$

$$L = 52,5 \frac{lt}{hab * día} * 1000 habitantes$$

$$L = 52500 \frac{lt}{día}$$

Tabla 21. Tiempo de retención de acuerdo a la contribución del agua residual TABLA E.7.2 RAS2000.

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1500	1	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
más de 9000	0,5	12

Fuente: Tabla E.7.2 RAS2000. [28]

Mediante la determinación del tiempo de retención de 52500 lt/día y compararlo en la Tabla 19, se puede observar corresponde al rango de más de 9000 y por lo tanto el valor del tiempo de retención (T) correspondiente es de 0.5 días o 12 horas.

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

El valor de la tasa de acumulación de lodos digeridos según la norma RAS2000, se asume de acuerdo al intervalo de limpieza y a la temperatura del ambiente. En el cantón Quero, la temperatura ambiental promedio es de 15°C y el periodo de limpieza mínimo de un tanque séptico es de un año, por lo que escogemos este intervalo para escoger el valor de la tasa de acumulación.

Tabla 22. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos TABLA E.7.3 RAS2000.

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

Fuente: Tabla E.7.3 RAS2000 [28]

Mediante la Tabla 22, al analizar los datos tenemos un valor de acumulación de lodos digeridos en el tanque séptico de $K = 65$

d) Cálculo del volumen útil del tanque séptico.

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

Donde;

V_u = Volumen útil del tanque séptico

N_h = Número de habitantes= 1000 habitantes

q =Contribucion de aguas residuales por contribuyente= $52,5 \frac{lt}{hab*día}$

T = Tiempo de retención = 0.5 días

K =Tasa de acumulación de lodos digeridos = 65

L_f =Lodo fresco que puede generar una persona por día (lt/día) según norma RAS2000 = 1 lt/hab. [28]

$$V_u = 1000 + 1000 \text{ hab} * \left[\left(52,5 \frac{lt}{hab * día} * 0.5 \text{ día} \right) + \left(65 * 1 \frac{lt}{hab} \right) \right]$$

$$V_u = 92250 \text{ lt}$$

$$V_u = 92.25 \text{ m}^3$$

e) Cálculo del volumen útil actual de la fosa séptica (m^3).

$$V_{\text{útil actual ts}} = l * b * h$$

Donde;

l = Largo interno actual del tanque séptico= 5,6 m

b = Ancho interno actual del tanque séptico= 2,1 m

h = Altura actual del tanque séptico = 1,85m

$$V_{\text{útil actual ts}} = 5,6m * 2,1m * 1,85m$$

$$V_{\text{útil actual ts}} = 21,76 \text{ m}^3$$

Como se puede observar mediante los datos calculados teóricos vs los datos calculados actuales de las dimensiones del tanque séptico no abastecen para la actual demanda, y por lo tanto no se encuentra cumpliendo con los parámetros necesarios para su correcto funcionamiento según lo establecido en la norma RAS2000, el tanque séptico no cumple con las dimensiones optimas necesarias para lograr dar abasto al volumen de ingreso de agua residual actual, por lo tanto se debe realizar un rediseño del mismo el cual sea de mayores dimensiones. En la tabla 23 se resumen los datos calculados correspondientes al tanque séptico.

Tabla 23. Resumen de cálculos del Tanque Séptico.

PTAR HUALCANGA SAN LUIS					
NORMA RAS2000					
DATOS TANQUE SÉPTICO					
		Unidad			Unidad
Largo total tanque séptico	6	m	Contribución de aguas residuales	52.5	(lt/hab*día)
Ancho total tanque séptico	2,5	m	Población actual	1000	hab
Altura total tanque séptico	2,2	m	Tiempo de retención	0,5	días
Coeficiente de retorno	70	%	Contribución de lodo fresco	1	(lt/hab*día)
Dotación actual	75	(lt/hab*día)	Acumulación de lodos digeridos	65	días
RESULTADOS					
Volumen actual total del tanque séptico	33	m	Volumen teórico del tanque séptico	92,25	m^3
volumen actual útil del tanque séptico	21,76	m^3			

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.2.4.3 Diagnóstico del lecho de secado de lodos

Para realizar el diagnóstico del funcionamiento del lecho de secado de lodos, se utiliza el Manual OPS 2005 denominado Guía para el diseño de tanques sépticos, tanque IMHOFF y lagunas de estabilización. En base a este manual analizaremos si las dimensiones implantadas del proyecto cumplen con las dimensiones requeridas actualmente. [29]

Funcionamiento actual del lecho de secado de lodos:

$$Q_{mh} = \text{Caudal máximo horario PTAR} = 0.629 \frac{lt}{s}$$

Datos;

Población: $N_h = 1000$ habitantes

SS= Sólidos suspendidos en el agua residual cruda (mg/l) =1585 mg/l

Densidad de lodos por norma OPS igual a: $p_{lodos} = 1,04 \text{ kg/l}$ [29]

% sólidos contenidos en el lodo varían entre 8 a 12%= 12% [29]

Profundidad de aplicación: por norma OPS va entre 0,20 a 0,40m; $H_a = 0,4$ [29]

Volumen total lecho de secado de lodos:

$$V_{lsl\ tot} = l * b * h$$

Donde;

l = Largo total del lecho del secado de lodos= 3,5 m

b = Ancho total del secado de lodos = 2,5 m

h = Altura total del secado de lodos = 2 m

$$V_{lsl\ tot} = 3,5m * 2,5m * 2m$$

$$V_{lsl\ tot} = 17,5 \text{ m}^3$$

Volumen útil lecho de secado de lodos:

$$V_{lsl\ útil} = l * b * h$$

Donde;

l = Largo útil del lecho del secado de lodos= 3,2 m

b = Ancho útil del secado de lodos = 2,2 m

h = Altura útil del secado de lodos = 1,85 m

$$V_{lsl\ útil} = 3,2m * 2,2m * 1,85m$$

$$V_{ts\ útil} = 13,02 \text{ m}^3$$

a) Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C en kg de SS/día)

$$C = Qd * SS * 0,0864 \text{ kg SS/día}$$

$$C = 0,629 \frac{lt}{s} * 1585 \frac{mg}{lt} * 0,0864 \frac{s * kg}{mg * día}$$

$$C = 86,14 \frac{kg}{días} \frac{SS}{días}$$

b) Masa de sólidos que forman parte de los lodos (M_{sd} , en $kg \frac{SS}{días}$)

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Donde;

C= carga de sólidos que ingresan al sedimentador = $86,14 \frac{kg}{días} \frac{SS}{días}$

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 86,14) + (0,5 * 0,3 * 86,14)$$

$$M_{sd} = 28 \frac{kg}{día} \frac{SS}{día}$$

c) Volumen diario de lodos digeridos (V_{ld} , en $lt/día$)

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{plodo * \left(\frac{\%desólidos}{100}\right)}$$

Donde;

M_{sd} = Masa de sólidos que forman parte de los lodos $M_{sd} = 28 \frac{kg}{día} \frac{SS}{día}$

$plodo$ = Densidad de lodos por norma OPS igual a: $p_{lodos} = 1,04 \frac{kg}{l}$ [29]

$$V_{ld} = \frac{28 \frac{kg}{día} \frac{SS}{día}}{1,04 \frac{kg}{lt} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$V_{ld} = 224,36 \frac{lt}{día}$$

d) Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3)

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

Donde;

V_{ld} = Volumen diario de lodos digeridos $V_{ld} = 224,36 \frac{lt}{día}$

T_d = Tiempo de digestión de los lodos digeridos por norma OPS según temperatura de 15°C en Quero = 55 días [29]

Tabla 24. Tiempo requerido para digestión de lodos manual OPS.

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

Fuente: Tabla 2 del Manual OPS 2005. [29]

$$V_{el} = \frac{224,36 \frac{lt}{día} * 55 días}{1000}$$

$$V_{el} = 12,34 m^3$$

e) Área teórica del lecho de secado de lodos (A_{ls} , en m^2)

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

Donde;

V_{el} = Volumen de lodos a extraerse del tanque = $V_{el} = 12,34 m^3$

H_a = Profundidad de aplicación: por norma OPS va entre 0,20 a 0,40m; $H_a = 0,4$ [29]

$$A_{ls} = \frac{12,34 m^3}{0,4 m}$$

$$A_{ls} = 30,85 m^2$$

f) Área actual del lecho de secado de lodos (m^2)

$$A_{lsl actual} = l * a$$

Donde;

l = Largo actual del lecho de secado de lodos = 3,5 m

a = Ancho actual del lecho de secado de lodos = 2,5 m

$$A_{lsl actual} = l * a$$

$$A_{lsl actual} = 8,75 m^2$$

El lecho de secado de lodos actualmente no cumple con los parámetros necesarios para su correcto funcionamiento según los cálculos realizados mediante el seguimiento del manual OPS 2005, ya que las dimensiones actuales del lecho de secado de lodos que se pueden observar en la figura 33 y figura 34, no proveen de las dimensiones necesarias para satisfacer las necesidades. Además, por los resultados obtenidos del laboratorio no cumplen con la norma TULSMA 2015, ya que se sobrepasan los límites máximos, por lo que la estructura hidráulica requiere una ampliación. En la tabla 25 se resumen los datos calculados correspondientes al lecho de secado de lodos.

Tabla 25. Resumen de cálculos del Lecho de secado de lodos.

PTAR HUALCANGA SAN LUIS					
MANUAL OPS 2005					
DATOS LECHO DE SECADO DE LODOS					
		Unidad			Unidad
Largo actual lecho de secado de lodos	3,5	m	Densidad de los lodos OPS	1,04	kg/lt
Ancho actual lecho secado de lodos	2,5	m	% de sólidos contenidos en el lodo	12	%
Altura actual lecho secado de lodos	2	m	Tiempo de digestión	55	días
Caudal de diseño	0,629	lt/s	Temperatura °C Quero	15	°C
Sólidos suspendidos en agua residual cruda	1585	(lt/hab*día)	Profundidad de aplicación del lecho de secado de lodos	0,4	m
RESULTADOS					
Carga de sólidos que ingresan al sedimentador	86,14	kg SS/día	Masa de sólidos que forman parte de los lodos	28	kg SS/día
Volumen diario de lodos digeridos	224,36	lt/día	Volumen de lodos a extraerse del tanque	12,34	m ³
Área actual del lecho de secado de lodos	8,75	m ²	Área teórica del lecho de secado de lodos	30,85	m ²

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.2.4.4 Diagnóstico del Filtro biológico ascendente

Para realizar el diagnóstico del filtro biológico ascendente (FAFA) utilizamos y seguimos los parámetros establecidos en la norma CONAGUA 2015 (Comisión Nacional del Agua), en el Manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento

correspondiente al diseño de PTAR municipales; filtros anaerobios de flujo ascendente. [30]

En el análisis de laboratorio de las aguas residuales crudas realizado en la UNACH, se obtuvo un valor de DBO₅ de 1728 mg O₂/lt, este dato es necesario para realizar el diagnóstico del FAFA.

Funcionamiento actual del filtro biológico ascendente.

$$Q_{mh} = \text{Caudal máximo horario PTAR} = 0.629 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 54.35 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$\begin{aligned} S_o &= \text{Concentración de DBO}_5 \text{ en el agua residual cruda} \\ &= 1.728 \text{ kg} * \text{DBO}_5 / \text{m}^3 \end{aligned}$$

Según el Manual CONAGUA 2015, el diseño del filtro que trabaja en el tratamiento de aguas residuales domésticas opera con un TRH (tiempo de retención hidráulica) de 4 a 10 horas. [30]

Datos;

H= altura útil del filtro (m)= 2,5 m

b= longitud del borde libre (m)= 0,6 m

d= Altura del bajo dren (m)= 0,24 m

Dt=diámetro total del filtro (m)= 3,34 m

Di=diámetro interno del filtro (m)= 3,20 m

a) Altura del material filtrante (h_{mf} en m)

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

$$h_{mf} = 2,5 - 0,6 - 0,24$$

$$h_{mf} = 1,66 \text{ m}$$

b) Área superficial del filtro biológico ascendente (A_f en m^2)

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

$$A_f = \frac{\pi * 3,2^2}{4}$$

$$A_f = 8,04 \text{ m}^2$$

c) **Volumen total actual del material filtrante (V_{mf} en m^3)**

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

$$V_{mf} = 1,66 \text{ m} * 8,04 \text{ m}^2$$

$$V_{mf} = 13,35 \text{ m}^3$$

d) **Volumen total útil actual del filtro biológico ascendente (V_{tot} en m^3)**

$$V_{tot} = H * A_f$$

$$V_{tot} = 2,5 \text{ m} * 8,04 \text{ m}^2$$

$$V_{tot} = 20.10 \text{ m}^3$$

e) **Carga orgánica volumétrica del medio filtrante**

(COV_{mf} en $\text{kg de } \frac{DBO}{\text{m}^3 * \text{día}}$)

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

$$COV_{mf} = \frac{54.35 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 1.728 \text{ kg} * DBO_5 / \text{m}^3}{13,35 \text{ m}^3}$$

$$COV_{mf} = 7,03 \text{ kg de } \frac{DBO}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

f) **Carga orgánica volumétrica del filtro biológico ascendente**

$$COV = \frac{Q_{mh} * S_o}{V_{tot}}$$

$$COV = \frac{54.35 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 1.728 \text{ kg} * DBO_5 / \text{m}^3}{20.10 \text{ m}^3}$$

$$COV = 4,67 \text{ kg de } \frac{DBO}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

g) **Tiempo de retención hidráulica real (horas)**

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

$$TRH = \frac{13,35 \text{ m}^3}{54.35 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$TRH = 0,25 \text{ días} = 5,90 \text{ horas}$$

El tiempo de retención hidráulica real del filtro anaerobio de flujo ascendente es de 5,90 horas por lo que, si se encuentra dentro del rango de 4 a 10 horas establecido por la norma de Conagua, por lo que dicha estructura está trabajando de forma eficiente.

h) Eficiencia de remoción esperada (E en %)

Donde;

0,87 es un coeficiente empírico del sistema [30]

0,5 es un coeficiente empírico del medio filtrante [30]

$$E = 100[1 - 0,87(TRH)^{-0,5}]$$

$$E = 100[1 - 0,87(5,90)^{-0,5}]$$

$$E = 64,18\%$$

Como se puede observar en el manual de CONAGUA 2015, y al comparar con la eficiencia de remoción actual del filtro anaerobio de flujo ascendente, se ve que está funcionando al 64,18% de su eficiencia.

i) Carga hidráulica superficial (CHS)

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

$$CHS = \frac{54.35 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{8,04 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 6,76 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

La carga hidráulica superficial en el manual de CONAGUA 2015 es el volumen del agua residual aplicada diariamente por unidad de superficie. El valor de la CHS

debe estar entre 6 y 15 m^3/m^2 día, por lo que en este caso la carga hidráulica superficial del filtro si se encuentra dentro del rango permitido.

Funcionamiento teórico del filtro biológico ascendente

$$Q_{mh} = \text{Caudal máximo horario crudo PTAR} = 0.629 \frac{lt}{s} = 54.35 \frac{m^3}{día}$$

$$S_o = \text{Concentración de } DBO_5 \text{ en el agua residual cruda} \\ = 1.728 \text{ kg} * DBO_5/m^3$$

a) Área superficial teórica del filtro biológico ascendente (A_{ft} en m^2)

$$A_{ft} = \frac{Q_{mh}}{CHS}$$

Donde;

CHS= carga hidráulica superficial CONAGUA 2015 entre 6 y 15 $\frac{m^3}{m^2*día}$ [30]

$$CHS = 10,5 \frac{m^3}{m^2*día}$$

$$A_{ft} = \frac{54.35 \frac{m^3}{día}}{10,5 \frac{m^3}{m^2 * día}}$$

$$A_{ft} = 5,18 m^2$$

b) Volumen teórico del material filtrante (V_{tmf} en m^3)

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

Donde;

TRH= tiempo de retención hidráulica CONAGUA 2015 (4 a 10 horas) = 7 horas=0,29 días [30]

$$V_{tmf} = 0,29 \text{ días} * 54.35 \frac{m^3}{día}$$

$$V_{tmf} = 15,76 m^3$$

c) Tiempo de retención hidráulica teórica

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

$$TRH = \frac{15,76 \text{ m}^3}{54.35 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$TRH = 0,29 \text{ días} = 6,96 \text{ horas}$$

En la tabla 26 se datos calculados correspondientes al Filtro anaerobio de flujo ascendente.

Tabla 26. Resumen de cálculos del Filtro anaerobio de flujo ascendente.

PTAR HUALCANGA SAN LUIS					
NORMA CONAGUA 2015					
DATOS FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE					
		Unidad			Unidad
Altura total filtro	2,6	m	Caudal máximo horario crudo	0,629	lt/s
Altura útil del filtro	2,5	m	Concentración de DBO5	1,728	kg * DBO ₅ /m ³
Altura del borde libre	0,6	m	Carga hidráulica superficial calculada	6,76	m/día
Altura del bajo tren	0,24	m	Carga orgánica en el material filtrante	7,03	kg *(DBO)/(m ³ *día)
Diámetro total del filtro	3,34	m	Diámetro útil del filtro	3,2	m
RESULTADOS					
Área superficial actual del filtro	8,04	m ²	Volumen total actual del material filtrante	13,35	m ³
Área superficial teórica del filtro biológico	5,18	m ²	Volumen teórico del material filtrante	15,76	m ³

Fuente: Emilio Benalcázar.

Se puede concluir que el filtro anaerobio de flujo ascendente no cumple con los parámetros del manual CONAGUA 2015 ya que los valores del área y volumen reales son menores a los calculados, de igual forma el tiempo de retención hidráulica actual es menor al teórico calculado por lo que el agua no es tratada lo suficiente. Por esto y por la falta de mantenimiento el Filtro anaerobio de flujo ascendente no cumple su función correctamente de desinfección del agua residual.

3.3 Verificación de la hipótesis.

La PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis actualmente se encuentra funcionando, sin embargo, no está cumpliendo con su propósito de reducir adecuadamente los contaminantes del agua residual que ingresa, esto se puede verificar con los datos expuestos en la tabla 12, en la cual se observa que los parámetros analizados no cumplen los límites permisibles establecidos por la norma TULSMA 2015 para descargas a cuerpos de agua dulce. Los porcentajes de remoción actuales del tratamiento del agua residual en la PTAR, son demasiado bajos como se lo observa en la tabla 27, de esta manera se verifica que la PTAR se encuentra funcionando inadecuadamente.

Una vez analizados los datos de la evaluación actual del funcionamiento de la PTAR se logró verificar la hipótesis de trabajo, en la cual se indica que la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis se encuentra operando incorrectamente en las condiciones actuales, tal y como se muestra en la tabla 24.

Tabla 27. Funcionamiento actual de todos los componentes de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

COMPONENTES PTAR	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	CUMPLE
Tanque repartidor de caudales	El tanque repartidor de la PTAR no cuenta con las rejillas que sirven para retener los residuos sólidos grandes, lo que provoca una mala circulación del agua residual	NO
Taque séptico	El tanque séptico actualmente no abastece con el volumen de ingreso a la PTAR. Debido a que sus dimensiones actuales no satisfacen el volumen necesario.	NO
Lecho de secado de lodos	El lecho de secado de lodos no trabaja efectivamente ya que presenta valores muy altos respecto a los límites máximos establecidos por TULSMA2015	NO
Filtro anaerobio de flujo ascendente	El filtro anaerobio ascendente no cumple con los parámetros normados para su funcionamiento adecuado, ya que sus dimensiones no abastecen el volumen de agua residual.	NO

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.4 Propuesta de mejora de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

En base a los resultados obtenidos con los análisis del agua residual, en tanto al parámetro de aceites y grasas que está fuera de los límites permitidos por TULSMA 2015 se va a implementar una trampa para grasas con el fin de regular este parámetro y retardar el flujo de las aguas residuales, de esta manera se reduce el DBO_5 , DQO,

Sólidos suspendidos y aceites y grasas. Además, que se va a implementar un cribado para retener las partículas grandes para evitar taponamientos gracias a estas partículas en el resto de etapas. De igual forma un desarenador para separar y detener la circulación de arenas, semillas u otros objetos de similar tamaño. También se van a rediseñar aquellos procesos unitarios que actualmente no están cumpliendo con las dimensiones normadas, de esta forma se podrá cumplir con los parámetros establecidos en la normativa vigente.

El proceso de tratamiento propuesto para optimizar y satisfacer las necesidades del tratamiento de las aguas residuales está constituido por: tanque repartidor, cribado, desarenador, tanque de trampa para grasas, tanque séptico, filtro biológico ascendente y lecho de secado de lodos, este nuevo proceso se puede observar en la figura 35.

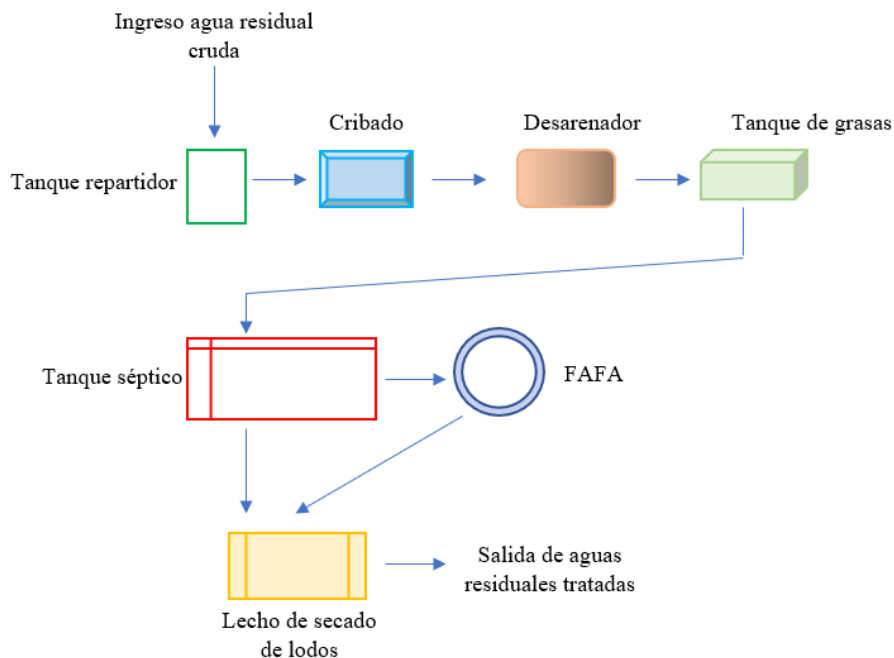


Figura 35. Propuesta de mejora de procesos de tratamiento de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis.

Fuente: Emilio Benalcázar.

3.4.1 Diseño de los nuevos procesos unitarios PTAR.

Para realizar el diseño de los procesos nuevos de la propuesta, se realiza el cálculo de un caudal de diseño basado en el cálculo de la población futura, de esta forma se asegura que los nuevos procesos tengan una larga vida útil.

En el caso de obras civiles la norma CO10.7 -602 establece que se deben diseñar para un período de 20 años. [28]

a) Población de diseño a futuro de la PTAR

La población futura del cantón Quero, se determinó de acuerdo a datos estadísticos generados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el período 1990 al 2010, dicha información se presenta en la tabla 28.

Tabla 28. Datos estadísticos de la población de Quero INEC.

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

Fuente: INEC. [31]

La norma para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (NORMA CO 10.7 – 602) recomienda para la determinación de la población de diseño que se utilice el método geométrico, y que de esta forma se calcule la población futura. [28]

b) Taza de crecimiento en años (r) método geométrico

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

Donde;

Pf= Población final

Pi=Población inicial

t= Intervalo de tiempo

Tabla 29. Tasa de crecimiento (r).

Año censal	Población (habitantes)	Intervalo de tiempo entre años	Tasa de crecimiento r (%)
1990	15997		
		11	1,17%
2001	18187		
		9	0,61%
2010	19205		

Fuente: Emilio Benalcázar

Promedio de tasa de crecimiento;

$$r = \frac{1,17\% + 0,61\%}{2} = 0,89\%$$

Tabla 30. Tasas de crecimiento poblacional.

Región geográfica	r(%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Fuente: Tabla 5.1 NORMA CO 10.7 – 602. [28]

Como se observa por el cálculo de la tasa de crecimiento es de 0,89%, esta no supera el 1%, por lo que según la norma CO 10.7 -602 y la tabla 30, la tasa de crecimiento según la norma no puede ser menor al 1%. [28]

En el punto 3.2.4.2, mediante la información proporcionada por el Ing. Gabriel Velástegui, quien es jefe de agua potable y alcantarillado del Gobierno provincial del cantón Quero, en la comunidad de Hualcanga San Luis habitan 250 familias y cada familia tiene en promedio 4 miembros (habitantes) por lo que se tiene una población actual aproximada de 1000 habitantes en el año 2021.

c) Cálculo de la población futura (método geométrico)

Datos;

Pa= población actual 2021 Hualcanga San Luis = 1000 habitantes

r= tasa de crecimiento poblacional= 1%

n= periodo de diseño = 20 años

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

$$Pf = 1000 * (1 + 1\%)^{20}$$

$$Pf = 1200 \text{ habitantes}$$

El aumento de la dotación de agua es proporcional al aumento de población, por lo que es necesario calcular la dotación futura dentro del periodo de diseño establecido $n=20$ años.

d) Dotación futura (lt/(hab*día))

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

$$D_a = \text{Dotación actual Norma CO 10.7 -602 Tabla 18} = 75 \left(\frac{lt}{hab*día} \right) [27]$$

$$Df = 75 \left(\frac{lt}{hab * día} \right) + 1 \frac{lt}{hab * día} * 20$$

$$Df = 95 \frac{lt}{hab * día}$$

e) Caudal medio diario (Qmd)

$$Qmd = \frac{Df * Pf}{86400 \frac{s}{día}}$$

$$Qmd = \frac{95 \frac{lt}{hab * día} * 1200 hab}{86400 \frac{s}{día}}$$

$$Qmd = 1,32 \frac{lt}{s}$$

g) Caudal medio diario sanitario futuro (lt/s)

El caudal medio diario sanitario depende de un coeficiente de retorno (C) que según la normativa RAS 2000 título D, varía entre 60 y 80 %. Para el cálculo utilizamos un valor promedio de 70%. [32]

$$Qmsf = C * Qmd$$

$$Qmsf = 0,7 * 1,32 \frac{lt}{s}$$

$$Qmsf = 0,92 \frac{lt}{s}$$

h) Caudal máximo horario sanitario futuro (QMH)

Se calcula multiplicando el caudal medio sanitario por un coeficiente de mayoración que varía entre 1,3 a 1,5. [32]

El coeficiente de mayoración utilizado es $F=1,4$ [32]

$$QMH = F * Qmsf$$

$$QMH = 1,4 * 0,92 \frac{lt}{s}$$

$$QMH = 1,29 \frac{lt}{s}$$

i) Caudal de conexiones erradas (Qce)

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

El coeficiente de seguridad va del 5% al 10%.

$$Qce = 0,10 * 1,29 \frac{lt}{s}$$

$$Qce = 0,13 \frac{lt}{s}$$

j) Caudal de infiltración (Qi)

$$Qinf = I * L$$

Donde;

I= coeficiente de infiltración (Hormigón simple) = 0,0005 lt/(s*m)

L= longitud de las tuberías sistema de alcantarillado de la comunidad= 2703 m [26]

$$Qinf = 0,0005 * 2703$$

$$Qinf = 1,35 \text{ lt/s}$$

k) Caudal de diseño (lt/s)

$$Qd = Qmsf + Qce + Qinf$$

$$Qd = 1,29 \frac{lt}{s} + 0,13 \frac{lt}{s} + 1,35 \frac{lt}{s}$$

$$Qd = 2,77 \frac{lt}{s}$$

3.4.1.1 Diseño tratamiento preliminar

3.4.1.2 Diseño del cribado

3.4.1.2.1 Dimensionamiento de la rejilla del tanque repartidor

Para realizar el dimensionamiento de la rejilla para el cribado de los materiales gruesos se utiliza la siguiente fórmula:

a) Número de varillas de la rejilla (N)

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

Donde;

b = Ancho de la rejilla = ancho interno del tanque repartidor = 0,9 m

$\emptyset \text{ varilla}$ = Diámetro de la varilla = 0,016 m

e = Espaciamiento entre varillas varía entre 25mm a 50mm = 0,025 m

$$N = \frac{0,9m + 0,016m}{0,025m + 0,016m}$$

$$N = 22,34 \text{ varillas} \approx 23 \text{ varillas}$$

b) Ancho libre entre varillas

$$e = \frac{b + \emptyset \text{ varilla}}{N} - \emptyset \text{ varilla}$$

$$e = \frac{0,9m + 0,016m}{23} - 0,016m$$

$$e = 0,025m \approx 25mm$$

3.4.1.3 Diseño del desarenador

Para realizar el diseño del desarenador, se utilizó el manual OPS 2005, titulado Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, en el cual nos proporciona detalle de fórmulas y valores de diseño expuestos en la tabla 31. [33]

Tabla 31. Datos utilizados para el diseño del desarenador.

DISEÑO DEL DESARENADOR			
MANUAL OPS 2005			
Datos	Nomenclatura	Valor	Unidades
Caudal de diseño	Qd	2,77	l/s
Aceleración de la gravedad	G	981	cm/s ²
Densidad de la arena	ps	2,65	
Temperatura del agua	T	15	°C
Viscosidad cinemática del agua	n	0,011457	cm ² /s
Diámetro de las partículas	d	0,02	cm

Fuente: Emilio Benalcázar

$$Qd = \text{Caudal de diseño PTAR} = 2,77 \frac{l}{s} = 2770 \frac{cm^3}{s}$$

a) **Velocidad de sedimentación (V_s en $\frac{cm}{s}$)**

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

$$V_s = \frac{1}{18} * 981 \frac{cm}{s^2} * \left(\frac{2,65 - 1}{0,011457 \frac{cm^2}{s}} \right) * (0,02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 3,14 \text{ cm/s}$$

b) **Verificación número de Reynolds**

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

Donde;

V_s = Velocidad de sedimentación = 3,14 cm/s

d = Diámetro de las partículas = 0,02 cm

n = viscosidad cinemática del agua = 0,011457 cm²/s

$$R_e = \frac{3,14 \frac{cm}{s} * 0,02 \text{ cm}}{0,011457 \frac{cm^2}{s}}$$

$$R_e = 5,48$$

Al analizar el valor calculado del número de Reynolds y ver que es mayor a 0,5 por lo tanto no cumple para la ley de Stokes ($Re < 0,5$) se necesita realizar un reajuste al valor de la velocidad de sedimentación. [33]

c) Reajuste en diámetro de las partículas

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

$$\left[\frac{981 \frac{cm}{s^2} * (2,65 - 1)}{\left(0,011457 \frac{cm^2}{s}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} * 0,02 cm = 4,62$$

d) Reajuste de la velocidad de sedimentación

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

$$V_s = 1 * \left[981 \frac{cm}{s^2} * (2,65 - 1) * 0,011457 \frac{cm^2}{s} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 2,65 \frac{cm}{s}$$

e) Verificación del número de Reynolds reajustado

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

V_s = Velocidad de sedimentación = 2,65 cm/s

d = Diámetro de las partículas = 0,02 cm

n = viscosidad cinemática del agua = 0,011457 cm^2/s

$$R_e = \frac{2,65 \frac{cm}{s} * 0,02}{0,011457 \frac{cm^2}{s}}$$

$$R_e = 4,63$$

Al calcular el número de Reynolds reajustado, vemos que se encuentra en la zona de transición (Ley de Allen) [33]

f) **Coefficiente de arrastre**

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$$

$$C_D = \frac{24}{4,63} + \frac{3}{\sqrt{4,63}} + 0,34$$

$$C_D = 6,92$$

g) **Reajuste velocidad de sedimentación con Reynolds reajustado.**

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

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981 \frac{cm}{s^2}}{6,92} (2,65 - 1) * 0,02}$$

$$V_s = 2,5 \frac{cm}{s} \approx 0,025 \frac{m}{s}$$

En este caso asumimos un 75% de eficiencia y el coeficiente de seguridad de acuerdo a la curva de comportamiento es de 1,75, esto se puede visualizar en la Figura 36. [33]

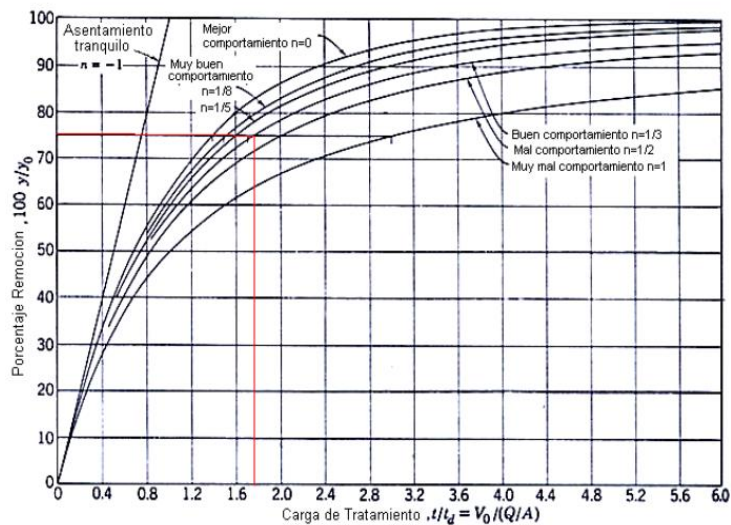


Figura 36. Curvas de comportamiento.

Fuente: Manual OPS2005, Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. [33]

3.4.1.3.1 Dimensionamiento del desarenador

a) Cálculo del área superficial (m^2)

$$A_s = \left(\frac{Q_d * coef \text{ seguridad}}{V_s} \right)$$

Donde;

$$Q_d = \text{caudal de diseño} = \text{Caudal de diseño PTAR} = 2,77 \frac{l}{s} = 2770 \frac{cm^3}{s}$$

$$V_s = \text{velocidad de sedimentación} = 2,5 \frac{cm}{s} \approx 0,025 \frac{m}{s}$$

$$A_s = \left(\frac{2770 \frac{cm^3}{s} * 1,75}{2,5 \frac{cm}{s}} \right)$$

$$A_s = 1939 \text{ cm}^2 \approx 0,1939 \text{ m}^2$$

Se establece las dimensiones para el largo, ancho y la profundidad del sedimentador siguiendo los criterios normados para el diseño.

b) Dimensiones sedimentador

La relación del largo/ ancho debe ser entre 10 y 20.

Largo= 4,5m

Ancho= 0,45 m

Profundidad= 0,40 m

Verificación de la relación largo/ancho

$$10 \leq \frac{4,5}{0,45} \leq 20 \quad \therefore \text{Si cumple}$$

Verificación de la relación altura/ancho

$$0,8 \leq \frac{0,40}{0,45} \leq 1 = 0,89 \quad \therefore \text{Si cumple}$$

c) Periodo de retención hidráulica

$$Pr = \frac{V}{Q_d}$$

$$\text{Volumen del tanque de sedimentación} = 1,8 \text{ m}^3$$

$$Qd = \text{Caudal de diseño PTAR} = 2,77 \frac{l}{s} = 2770 \frac{cm^3}{s}$$

$$Pr = \frac{0,81 m^3}{0,00277 \frac{m^3}{s}}$$

$$Pr = 292,42 \text{ segundos}$$

d) Longitud del tramo de transición (m)

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

θ = ángulo de divergencia en el tramo de transición debe ser suave, dicho ángulo no debe ser mayor de $12^\circ 30'$ según el manual OPS2005. [33]

$$L_t = \frac{0,45 - 0,4}{2 * \text{tangente} (12^\circ 30')}$$

$$L_t = 0,11 m \approx 0,15m$$

La longitud del tramo de transición debe cumplir la siguiente condición:

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

$$0,15 m < 1,5 \therefore \text{Si cumple}$$

Tabla 32. Dimensiones propuestas desarenador.

DISEÑO DEL DESARENADOR		
PTAR HUALCANGA SAN LUIS		
MANUAL OPS2005		
DIMENSIONES PROPUESTAS		
Datos	Dimensión	Unidad
Largo	4,5	m
Ancho	0,45	m
Profundidad	0,4	m
Ángulo de divergencia	$12^\circ 30'$	°
Longitud de transición	0,15	m
Espesor de paredes	0,15	m
Espesor piso	0,10	m

Fuente: Emilio Benalcázar

3.4.1.4 Diseño del tanque de grasas

Para realizar el diseño del tanque de grasas (trampa de grasas) se utilizó la norma RAS2000 sección II del título E correspondiente al Tratamiento de aguas residuales. [27]

Y también fue necesario utilizar el manual de “Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasas” de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en conjunto con el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS 2003), la información de estos documentos nos ayuda a dimensionar el tanque de grasas. [34]

3.4.1.4.1 Dimensionamiento de la trampa de grasas

$$Q_d = \text{caudal de diseño} = \text{Caudal de diseño PTAR} = 2,77 \frac{l}{s} = 2770 \frac{cm^3}{s}$$

a) Área de la trampa de grasas (A_g en m^2)

$$A_g = \frac{Q_d * a}{60 \frac{l}{min}}$$

Donde;

a= área por cada l/s (valor recomendado manual) = $0,25 m^2$

$$Q_d = \text{caudal de diseño} = 2,77 \frac{l}{s} \approx 166,2 \frac{l}{min}$$

$$A_g = \frac{166,2 \frac{l}{min} * 0,25 m^2}{60 \frac{l}{min}}$$

$$A_g = 0,69 m^2$$

b) Ancho propuesto para la trampa de grasas (b_g en m)

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

$$b_g = \sqrt{\frac{0,69 m^2}{4}}$$

$$b_g = 0,42 \text{ m} \approx 0,45 \text{ m}$$

c) **Largo propuesto para la trampa de grasas (L_g en m)**

$$L_g = b_g * 4$$

$$L_g = 0,45 \text{ m} * 4$$

$$L_g = 1,8 \text{ m}$$

d) **Cálculo del volumen útil de la trampa de grasas (V_{ug} en m^3)**

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

Donde;

TR_g = Tiempo de retención en la trampa de grasas va de (2,5 a 3 min) = 3min [28]

$$V_{ug} = 166,2 \frac{l}{min} * 3 \text{ min}$$

$$V_{ug} = 498,60 \text{ litros} \approx 0,4986 \text{ m}^3$$

e) **Profundidad útil de la trampa de grasas**

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

$$P_u = \frac{0,4986 \text{ m}^3}{0,69 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0,72 \text{ m}$$

f) **Profundidad propuesta para la trampa de grasas**

$$P_g = P_u + P_s$$

Donde;

P_s = profundidad de seguridad de la trampa de grasas=0,3m

$$P_g = 0,72 \text{ m} + 0,3 \text{ m}$$

$$P_g = 1,02 \text{ m} \approx 1,05 \text{ m}$$

Tabla 33. Dimensiones propuestas Tanque de grasas.

DISEÑO DEL TANQUE DE GRASAS		
PTAR HUALCANGA SAN LUIS		
MANUAL OPS-CEPIS2003 // RAS200		
DIMENSIONES PROPUESTAS		
Datos	Dimensión	Unidad
Largo	1,80	m
Ancho	0,45	m
Profundidad	1,05	m
Espesor paredes	0,15	m
Espesor piso	0,10	m

Fuente: Emilio Benalcázar

3.4.1.5 Diseño del tanque séptico

En lo referente al diseño del tanque séptico se utilizó la norma RAS2000 sección II del título E correspondiente al Tratamiento de aguas residuales. [27]

3.4.1.5.1 Dimensionamiento tanque séptico

a) **Contribución de aguas residuales futuras (q en $\frac{lt}{hab*día}$)**

Donde;

$$Población\ futura = Pf = 1200\ habitantes$$

En este caso se trabajó con la dotación establecida por la Norma CO 10.7 -602 siendo

este valor de $= 75 \left(\frac{lt}{hab*día} \right)$ [27]

$$C = coeficiente\ de\ retorno\ (70\ al\ 80)\% = 70\%$$

$$q = C * Df$$

$$q = 0,7 * 75 \frac{lt}{hab * día}$$

$$q = 52,50 \frac{lt}{hab * día}$$

b) **Volumen propuesto de agua residual en el tanque séptico (V_u en m^3)**

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

Donde;

V_u = Volumen útil del tanque séptico

N_h = Número de habitantes= 1200 hab

q =Contribucion de aguas residuales futura por contribuyente= $52,50 \frac{lt}{hab*día}$

T = Tiempo de retención = 0.5 días [27]

K =Tasa de acumulación de lodos digeridos = 65

L_f =Lodo fresco que puede generar una persona por día (lt/día) según norma RAS2000 = 1 lt/hab. [27]

$$V_u = 1000 + 1200 * [(52,50 * 0,5) + (65 * 1)]$$

$$V_u = 110500 \text{ lt} \approx 110,50 \text{ m}^3$$

c) Determinación del tiempo de retención del tanque séptico

$$L = q * \#habitantes$$

$$L = 52,50 \frac{lt}{hab * día} * 1200 \text{ habitantes}$$

$$L = 63000 \frac{lt}{día}$$

Tabla 34. Tiempo de retención de acuerdo a la contribución del agua residual TABLA E.7.2 RAS2000.

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1500	1	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
más de 9000	0,5	12

Fuente: Tabla E.7.2 RAS2000 [28]

Para determinar el tiempo de retención se compara la contribución diaria en la tabla 34, se tiene un tiempo de retención de 0,5 días o 12 horas.

d) Área propuesta del tanque séptico (A_{ts} en m^2)

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

Donde;

h_{ts} = altura asumida para el tanque séptico = 3 m

$$A_{ts} = \frac{110,50 m^3}{3 m}$$

$$A_{ts} = 36,83 m^2$$

e) Ancho propuesto para el tanque séptico (m)

Para calcular el ancho útil del tanque séptico se ocupa el siguiente parámetro:

$$2 < \frac{L}{b_{ts}} < 4$$

Se ocupa la relación $r = 3,5$

$$b_{ts} = \sqrt{\frac{A_{ts}}{3,5}}$$

$$b_{ts} = \sqrt{\frac{36,83 m^2}{3,5}}$$

$$b_{ts} = 3,24 m \approx 3,3 m$$

f) Largo propuesto del tanque séptico de dos compartimientos (m)

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

$$L_{ts} = 3 * 3,3 m$$

$$L_{ts} = 9,90 m$$

Con las medidas propuestas del largo y ancho del tanque séptico se verifica la relación del largo / ancho.

$$2 < \frac{L}{b_{ts}} < 4$$

$$2 < \frac{9,9}{3,3} < 4$$

$2 < 3 < 4 \therefore$ si cumple

g) Largo propuesto del primer compartimiento del tanque séptico.

$$L_{c1} = \frac{2}{3} * L_{ts}$$

$$L_{c1} = \frac{2}{3} * 9,90 \text{ m}$$

$$L_{c1} = 6,6 \text{ m}$$

h) Largo propuesto del segundo compartimiento del tanque séptico

$$L_{c2} = \frac{1}{3} * L_{ts}$$

$$L_{c2} = \frac{1}{3} * 9,90 \text{ m}$$

$$L_{c2} = 3,30 \text{ m}$$

i) Calculo de la altura total del tanque séptico.

$$H_{Tc} = h_{ts} + \text{borde libre}$$

Borde libre asumido de 0,30 m

$$H_{Tc} = 3 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$H_{Tc} = 3,30 \text{ m}$$

Tabla 35. Dimensiones propuestas del Tanque séptico.

DISEÑO DEL TANQUE SÉPTICO		
NORMA RAS2000		
DIMENSIONES PROPUESTAS		
Datos	Cantidad	Unidad
Largo	9,90	m
Ancho	3,30	m
Altura	3,30	m
Borde libre	0,35	m
Número de fosas	2	U
Largo 1er compartimiento	6,60	m
Largo 2do compartimiento	3,30	m
Espesor de paredes	0,20	m
Espesor de piso	0,15	m

Fuente: Emilio Benalcázar

3.4.1.6 Diseño del lecho de secado de lodos

Para realizar el diseño del lecho de secado de lodos, se utilizó los parámetros y criterios de diseño establecidos en el Manual OPS2005, relativo al diseño de tanques sépticos, Tanques Imhoff y lagunas de estabilización. [29]

A continuación, en la tabla 36 se detallan los datos necesarios para el diseño del lecho de secado de lodos de la PTAR. En este caso con el propósito de optimizar el funcionamiento del lecho de secado de lodos se utiliza la mitad del valor del caudal de diseño para de esta manera tener dimensiones más precisas en tanto al funcionamiento actual.

Tabla 36. Dimensiones propuestas del lecho de secado de lodos.

DISEÑO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS			
MANUAL OPS 2005			
Datos	Nomenclatura	Valor	Unidades
Caudal de diseño	Qd	1,39	l/s
Sólidos suspendidos en el agua residual cruda	SS	1585	mg/l
Densidad de lodos	plodo	1,04	kg/l
Porcentaje de sólidos varía de 8 al 12%	% sólidos	12	%
Tiempo de digestión Tabla 21	Td	55	días
Profundidad de aplicación de 0,2 a 0,4	Ha	0,40	m

Fuente: Emilio Benalcázar

a) Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C en $kg \frac{SS}{día}$)

$$C = Qd * SS * 0,0846$$

$$C = 1,39 \frac{l}{s} * 1585 \frac{mg}{l} * 0,0846 \frac{s * kg}{mg * días}$$

$$C = 186,39 \frac{Kg}{día}$$

b) Masa de sólidos que forman parte de los lodos (Msd en $kg \frac{SS}{día}$)

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

$$Msd = \left(0,5 * 0,7 * 0,5 * 186,39 \frac{Kg}{día} \right) + \left(0,5 * 0,3 * 186,39 \frac{Kg}{día} \right)$$

$$Msd = 60,58 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}}$$

c) **Volumen diario de lodos digeridos (Vld en $\frac{l}{\text{día}}$)**

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

$$Vld = \frac{60,89 \text{ kg} \frac{SS}{\text{día}}}{1,04 \frac{\text{kg}}{l} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$Vld = 487,90 \frac{l}{\text{día}}$$

d) **Volumen de lodos a retirarse del tanque (Vel en m^3)**

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

$$Vel = \frac{487,90 \frac{l}{\text{día}} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 26,83 \text{ m}^3$$

e) **Área del lecho de secado de lodos (Ats en m^2)**

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

$$Ats = \frac{26,83 \text{ m}^3}{0,40 \text{ m}}$$

$$Ats = 67,08 \text{ m}^2$$

f) **Dimensiones del lecho de secado de lodos**

$$Ats = 2B * B$$

B; ancho del lecho de secado de lodos

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

Donde;

h= altura asumida del tanque = 2 m

$$B = \sqrt{\frac{67,08 \text{ m}^2}{2 * 2\text{m}}}$$

$$B = 4,09 \text{ m} \approx 4,10 \text{ m}$$

L; largo del lecho de secado de lodos

$$L = 2 * B$$

$$L = 2 * 4,10 \text{ m}$$

$$L = 8,20 \text{ m}$$

Tabla 37. Dimensiones propuestas del lecho de secado de lodos.

DISEÑO DEL LECHO DEL SECADO DE LODOS		
NORMA OPS 2005		
DIMENSIONES PROPUESTAS		
Datos	Cantidad	Unidad
Largo	8,20	m
Ancho	4,10	m
Alto	2,00	m
Espesor de paredes	0,15	m
Espesor de piso	0,15	m

Fuente: Emilio Benalcázar

3.4.1.7 Diseño del filtro anaerobio ascendente

El diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente se realizó mediante el uso del Manual CONAGUA 2015, titulado Diseño de plantas de aguas residuales municipales: Filtros anaerobios de flujo ascendente. [30]

$$Q_d = \text{caudal de diseño } PTAR = 2,77 \frac{l}{s} = 239,33 \frac{m^3}{día} = 9,97 \frac{m^3}{hora}$$

$$S_o = \text{Concentración de } DBO_5 \text{ en el agua residual cruda} \\ = 1.728 \text{ kg} * DBO_5 / m^3$$

a) Volumen del filtro

$$V = Q_d * TRH$$

Donde;

TRH= tiempo de residencia hidráulica por norma va de 4 a 10 horas= TRH=6 horas

$$V = 9,97 \frac{m^3}{hora} * 6 horas$$

$$V = 59,82 m^3$$

b) Altura total del filtro (H)

$$H = h_1 + h_b + h_m$$

Donde;

h_1 = altura del borde libre= 0,50 m

h_b = Altura bajo el dren= 0,50 m

h_m = Altura del medio filtrante va de 0,8m a 3m; h_m = 2m

$$H = 0,50 m + 0,50 m + 2m$$

$$H = 3m$$

c) Área del FAFA

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

$$A = \frac{59,82 m^3}{3 m}$$

$$A = 19,94 m^2$$

d) Volumen del medio filtrante (Vmf)

$$Vmf = A * h_m$$

$$Vmf = 19,94 m^2 * 2 m$$

$$Vmf = 39,88 m^3$$

e) Carga orgánica volumétrica I (COV1)

$$COV_1 = \frac{Qmh * S_o}{Vmf}$$

$$COV_1 = \frac{239,28 \frac{m^3}{día} * 1.728 \text{ kg} * DBO_5/m^3}{39,88 m^3}$$

$$COV_1 = 10,37 \text{ kg} * \frac{DBO}{m^3 * días}$$

f) Carga orgánica volumétrica 2 (COV)

$$COV_2 = \frac{Qmh * S_o}{V}$$

$$COV_2 = \frac{239,28 \frac{m^3}{día} * 1.728 \text{ kg} * DBO_5/m^3}{59,82 m^3}$$

$$COV_2 = 6,91 \text{ kg} * \frac{DBO}{m^3 * días}$$

g) Diámetro del filtro

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 19,94 m^2}{\pi}}$$

$$D = 5,04 m \approx 5 m$$

h) Eficiencia del filtro anaerobio de flujo ascendente (E)

$$E = 100[1 - 0,87(TRH)^{-0,5}]$$

$$E = 100[1 - 0,87(6 \text{ horas})^{-0,5}]$$

$$E = 64,48\%$$

i) Volumen real del filtro anaerobio

$$V_{real} = A * H$$

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

$$V_{real} = \frac{\pi * (5 m)^2}{4} * 3m$$

$$V_{real} = 58,90 m^3$$

j) Verificación de la carga hidráulica superficial

$$CHS = \frac{Qd}{V}$$

$$CHS = \frac{239,33 \frac{m^3}{día}}{19,94 m^2}$$

$$CHS = 12 \frac{m^3}{m^2 * día}$$

$$10 < CHS < 15 [30]$$

$$6 < 12 < 15 \therefore OK$$

Tabla 38. Dimensiones propuestas del Filtro anaerobio de flujo ascendente.

DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE		
NORMA CONAGUA 2015		
DIMENSIONES PROPUESTAS		
Datos	Cantidad	Unidad
Diámetro	5	m
Altura	3	m
Altura del borde libre	0,5	m
Altura bajo el dren	0,5	m
Altura del material filtrante	2	m
Espesor de paredes	0,15	m
Espesor de piso	0,15	m

Fuente: Emilio Benalcázar

3.4.2 Comparación del estado actual con la propuesta de diseño de la PTAR Hualcanga San Luis.

En función de los resultados obtenidos durante los ensayos de laboratorio de las muestras de aguas residuales en los cuales se obtuvo la caracterización de dichas aguas de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis, se pudo verificar que actualmente presenta deficiencias en el tratamiento de las aguas residuales, ya sea por subdimensionamiento de las estructuras hidráulicas o por mantenimientos prácticamente inexistentes. Por esto las aguas residuales evacuadas sobrepasan los límites de descarga tal y como se puede observar en la Tabla 12. Por esta razón se propuso un diseño para el mejoramiento del tratamiento de las aguas residuales, en el cual se incorporan nuevos procesos tales como el cribado, trampa de grasas y desarenador; además un rediseño de los procesos actuales siguiendo las normas y manuales específicos para sus diseños.

El rediseño de la PTAR se consideró para un periodo de diseño de 20 años, este rediseño busca tener la eficiencia de remoción teórica admisibles expuestos en la tabla 5.

Tabla 39. Comparación entre el estado actual y la propuesta de la PTAR de Hualcanga San Luis.

COMPONENTES PTAR	FUNCIÓN	ESTADO ACTUAL	PROPUESTA
		DIMENSIONES	DIMENSIONES
TANQUE REPARTIDOR DE CAUDALES	Repartir el caudal de ingreso al resto de componentes del sistema.	Cumple con su función, sin embargo, requiere mantenimiento.	
CRIBADO	Retener los sólidos de gran tamaño para evitar taponamientos.	No existe	Cumple con el manual CONAGUA2015
TRAMPA DE GRASAS	Separar las grasas y aceites retenidas en el agua residual.	No existe	Cumple con la norma RAS2000 y manual OPS/CEPIS2003
DESARENADOR	Retención y sedimentación de las partículas pesadas.	No existe	Cumple con el manual OPS2005
TANQUE SÉPTICO	Sedimentar y digerir los sólidos suspendidos presentes en el agua residual.	No cumple con la norma RAS2000	Cumple con la norma RAS2000
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE	Retener las impurezas y transformación en organismos más simples.	No cumple con el manual CONAGUA 2015	Cumple con el manual CONAGUA 2015
LECHO DE SECADO DE LODOS	Separar los lodos formados en el tanque séptico.	No cumple con el manual OPS2005	Cumple con el manual OPS2005

Fuente: Emilio Benalcázar

3.4.3 Plan de mantenimiento y operación de las estructuras hidráulicas de la PTAR de Hualcanga San Luis.

Para que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad Hualcanga San Luis funcione adecuadamente es necesario contar con un mantenimiento periódico de sus etapas lo cual permitirá que la PTAR funcione óptimamente y se ampliará la vida útil para lo cual fue diseñada. Entre las actividades necesarias de control de toda la PTAR se encuentra la revisión de las válvulas (engrasado para correcto funcionamiento) y tuberías encargadas de dar paso a las aguas residuales.

3.4.3.1 Plan de manejo para la operación y mantenimiento:

3.4.3.1.1 Tanque repartidor de caudales y cribado.

Todos los desechos de gran tamaño arrastrados por el sistema de alcantarillado que ingresen a la PTAR por el tanque repartidor de caudales al cribado, deben ser retiradas

por un operador de tal forma que dichos sólidos no obstruyan la circulación del AG (agua residual).

3.4.3.1.1.1 Actividades

- Limpieza de las rejillas retirando los materiales que se encuentren obstruyendo el flujo de tanque repartidor de caudales.
- Inspección del funcionamiento del cribado.

3.4.3.1.1.2 Herramientas

- Barra
- Rastrillo
- Pala
- Equipos de protección personal (gafas protectoras, overol, guantes, mascarilla, botas y casco)
- Carretilla.

3.4.3.1.1.3 Frecuencia de control y mantenimiento

- 2 veces a la semana

3.4.3.1.1.4 Personal Necesario

- 1 operador

3.4.3.1.2 Desarenador.

Desechos de menor diámetro que logren pasar del tanque repartidor y del cribado son retenidos en esta etapa para evitar que obstruyan los procesos siguientes. Es necesario verificar periódicamente la cantidad de materiales acumulados en la etapa para realizar su remoción.

3.4.3.1.2.1 Actividades

- Inspección del funcionamiento del desarenador.
- Limpieza de los sedimentos (lodos) acumulados en la base y paredes laterales del canal del desarenador.
- Controlar que el volumen del agua que circule por el desarenador no sobrepase el nivel máximo.

3.4.3.1.2.2 Herramientas

- Equipos de protección personal (gafas protectoras, overol, guantes, mascarilla, botas y casco)
- Pala
- Carretilla

3.4.3.1.2.3 Frecuencia de control y mantenimiento

- 1 vez a la semana

3.4.3.1.2.4 Personal necesario

- 1 operador

3.4.3.1.3 Tanque de grasas.

Esta etapa retiene los aceites y grasas presentes en el agua residual. Su funcionamiento se evidencia con la formación de natas de grasas en su superficie, mientras que el resto de sólidos se depositan en el fondo, de esta forma se separa de estos contaminantes dejando pasar libremente el agua al resto de etapas del tratamiento.

3.4.3.1.3.1 Actividades

- Inspección del funcionamiento del tanque de grasas.
- Limpieza y remoción de las natas de grasas y aceites.
- Remoción de los sólidos depositados en el fondo.

3.4.3.1.3.2 Herramientas

- Pala
- Equipos de protección personal (gafas protectoras, overol, guantes, mascarilla, botas y casco)
- Carretilla

3.4.3.1.3.3 Frecuencia de control y mantenimiento

- 2 veces al mes se recomienda que sea 1 vez cada 15 días.

3.4.3.1.3.4 Personal necesario

- 1 operador

3.4.3.1.4 Tanque séptico.

Etapa en la cual por medio de la infiltración y sedimentación se produce la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales hasta formas más simples.

3.4.3.1.4.1 Actividades

- Inspección del funcionamiento del tanque séptico.
- Limpieza y remoción de lodos sedimentados

3.4.3.1.4.2 Herramientas

- Barra
- Pala
- Equipos de protección personal (gafas protectoras, overol, guantes, mascarilla, botas y casco)
- Carretilla

3.4.3.1.4.3 Frecuencia de control y mantenimiento.

- 1 vez cada 3 meses.

3.4.3.1.4.4 Personal necesario

- 1 operador y 1 ayudante.

3.4.3.1.5 Filtro anaerobio de flujo ascendente.

3.4.3.1.5.1 Actividades

- Inspección del funcionamiento del FAFA.
- Apertura de válvula de desagüe de lodos digeridos
- Limpieza de la estructura del filtro.

3.4.3.1.5.2 Herramientas

- Equipos de protección personal (gafas protectoras, overol, guantes, mascarilla, botas y casco)
- Herramienta menor

3.4.3.1.5.3 Frecuencia de control y mantenimiento

- 1 vez al año

3.4.3.1.5.4 Personal necesario

- 1 operador

3.4.3.1.6 Lecho de secado de lodos.

Etapa en donde se deshidratan los lodos provenientes de etapas anteriores y en el caso de que los lodos estén muy saturados de agua se filtre este líquido por medio del manto de grava hacia el drenaje de salida de la PTAR.

3.4.3.1.6.1 Actividades

- Inspección del funcionamiento del Lecho de secado de lodos
- Limpieza y remoción manual de los lodos.
- Limpieza de las paredes del tanque

3.4.3.1.6.2 Herramientas

- Equipos de protección personal (gafas protectoras, overol, guantes, mascarilla, botas y casco)
- Carretilla
- Pala

3.4.3.1.6.3 Frecuencia de control y mantenimiento

- 1 vez cada 3 meses.

3.4.3.1.6.4 Personal necesario

- 1 operador y 1 ayudante

3.4.3.1.7 Mantenimiento del área exterior a las etapas de la PTAR.

Es de gran importancia mantener controlada la vegetación y el volumen de contaminantes retirados de las etapas que componen el proceso de tratamiento de las aguas residuales.

Se debe verificar que el predio de la PTAR se encuentre cerrado sus ingresos para evitar que personas ingresen sin permiso al igual que animales para evitar contaminaciones adicionales.

3.4.3.1.7.1 Actividades

- Limpieza de la vía de acceso a la PTAR
- Corte de césped y mala hierba.
- Retiro de lodos y contaminantes producidos por procesos de limpieza de las etapas de la PTAR.

3.4.3.1.7.2 Herramientas

- Equipos de protección personal (gafas protectoras, overol, guantes, mascarilla, botas y casco)
- Rastrillo
- Guadaña
- Pala

3.4.3.1.7.3 Frecuencia de mantenimiento

- 1 vez cada 3 meses.

3.4.3.1.7.4 Personal necesario

- 1 operador y 1 ayudante.

Nota; el operador y el ayudante deberá siempre utilizar los equipos de protección personal y deberá lavar las herramientas utilizadas para el mantenimiento.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se evaluó el diseño actual con el que se encuentra trabajando la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis del cantón Quero, provincia de Tungurahua, y se determinó que sus etapas actuales (tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y lecho de secado de lodos) no están cumpliendo con su propósito de dar tratamiento eficaz del agua residual siendo plasmado en la tabla 12.
- Se realizó el levantamiento de la información necesitada para realizar la evaluación de la PTAR, siendo lo más relevante que su construcción fue en el 2006 y que la comunidad donde se encuentra implantada esta obra hidráulica tiene una población de 250 familias, el resto de información importante está detallada en el punto 2.1.1.1 del presente trabajo.
- Se determinó el caudal de aguas residuales que ingresan a la PTAR mediante el método volumétrico, siendo el caudal máximo al ingreso de 0,629 l/s y 0,636 l/s de salida; y para realizar la evaluación de la planta de tratamiento actual se utilizó el caudal de ingreso.
- Se analizó la caracterización de la calidad del agua residual del influente y efluente de la planta de tratamiento, los parámetros analizados incumplen los límites permisibles de la norma TULSMA 2015, provocado por el decadente funcionamiento de la PTAR, dichos resultados analizados se pueden observar en la tabla 12.
- Se evaluó el funcionamiento de la PTAR según la normativa vigente del TULSMA 2015, la cual nos permitió identificar que los parámetros de la demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), sólidos suspendidos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, fósforo total, aceites y grasas, sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos para descargas en cuerpos de agua dulce normados en TULSMA 2015 (tabla 12), por lo que se determinó que la PTAR de Hualcanga San Luis no está funcionando correctamente, siendo necesaria una intervención en las estructuras hidráulicas para que se garantice un correcto tratamiento de las aguas residuales.

- Se planteó un nuevo diseño que cumple con las normas y manuales establecidos para plantas de tratamiento de aguas residuales y con un caudal de diseño calculado de 2,77 l/s para un período de funcionamiento de 20 años para la comunidad, el nuevo proceso de tratamiento está compuesto por: cribado, desarenador, tanque para grasas, tanque séptico, filtro biológico ascendente y lecho de secado de lodos y puede verse en figura 35.
- Se elaboró un manual para realizar el mantenimiento y operación de la PTAR, el cual se encuentra en el apartado 3.4.3 y está enfocado en mantener en condiciones de funcionamiento óptimas para garantizar un correcto tratamiento de las aguas residuales.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar mantenimientos periódicos a las etapas de tratamiento y control de la vegetación existente en el predio en donde está ubicada.
- Se recomienda colocar una mejor puerta para evitar que personas no autorizadas y animales ingresen a las instalaciones de la PTAR.
- Se recomienda llevar una bitácora de todas las actividades y mantenimientos realizados en la PTAR, con el fin de tener un registro.
- Se recomienda capacitar al operador de la PTAR para que sepa realizar sus funciones para que la planta se mantenga operativa y que garantice el tratamiento eficaz de las aguas residuales.
- Se sugiere arreglar los tramos de tubería dañados que no permiten el flujo entre etapas (figura 20).
- Se recomienda realizar análisis periódicos de la caracterización de las aguas residuales con el fin de verificar que se cumpla con los límites permisibles para el tratamiento de aguas residuales establecidos en la norma TULSMA 2015.
- Se recomienda realizar un control a las queserías y camales localizados en la comunidad Hualcanga San Luis, para que no arrojen desperdicios altamente contaminantes (vísceras de animales y sueros) directamente a la red de alcantarillado.
- Se recomienda seguir el manual de mantenimiento y operación propuesto para cumplir con fechas de mantenimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio del Ambiente, «Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente,» 29 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>. [Último acceso: 20 Diciembre 2021].
- [2] M. S. F. Geovanny, «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad LLimpe Grande, cantón Quero, provincia de Tungurahua,» Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33584>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [3] Q. V. C. Daniel, «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Llimpe Chico, cantón Quero, provincia de Tungurahua,» Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33502>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [4] Z. Q. J. Valeria, «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Zona Libre, cantón Quero, provincia de Tungurahua,» Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33532>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [5] I. P. V. Hugo, «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Poatug, cantón Patate, provincia de Tungurahua,» 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30630>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [6] C. L. Pazmiño, «Análisis social para la evaluación y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la cabecera cantonal de Quero, provincia de Tungurahua,» Quero.
- [7] L. R. d. Jorge, «El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes,» 15 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [8] Corantioquia, «Manual de operación, mantenimiento y control de las plantas de tratamiento de aguas residuales,» [En línea]. Available: https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/SANEAMIENTO%20B%20C%81SICO/AIR_NR_CN_7266_2006_MANUAL_OPERACION_MANTENIMIENTO.pdf. [Último acceso: 13 Octubre 2021].
- [9] A. R. A. G. K. E. C. C. Elizabeth Díaz Cuenca, «El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].

- [10] T. P. R. R. Danny Javier Guevara Llerena, «Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Estatal Amazónica,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/381/T.AMB.B.UEA.3137?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [11] M. & Eddy, «Ingeniería de Aguas Residuales,» de *Tratamiento, vertido y reutilización*, España, McGraw Hill, 1995, pp. 53 - 55.
- [12] C. Pire, «Las aguas residuales: tipos y características,» 5 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://lacontaminacion.org/aguas-residuales/>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [13] I. Alberto Valdiviezo, «¿Qué son las aguas pluviales?,» [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-pluviales>. [Último acceso: 18 Noviembre 2021].
- [14] Daga, «Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: ¿Qué pasa en ellas?,» 31 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://dagaequipment.com/es/b/blog/p/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-que-pasa-en-ellas-7>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [15] I. P. B. Mecías, «Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las etapas Ribera y curtido para la Tenería San José,» 2012. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2025/1/96T00167.pdf>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [16] R. Ramalho, *Tratamiento de aguas residuales*, Quebec: Reverté, S.A., 2003.
- [17] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.,» 1992. [En línea]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf. [Último acceso: 20 Diciembre 2021].
- [18] C. Z. Arévalo, «Tratamiento de los lodos generados en la planta potabilizadora de Mahuarcay mediante el uso de un lecho de secado,» 2011. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2618/1/tm4484.pdf>. [Último acceso: 20 Diciembre 2021].
- [19] I. J. C. Sisalema, «Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales “Ubillus”, en la parroquia Pintag e implementación del sistema de gestión integrado,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9620>. [Último acceso: 26 Diciembre 2021].
- [20] D. G. S. Condolo, «Diseño e implementación de un tratamiento físico biológico demostrativo para la depuración de las aguas residuales provenientes de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el barrio Santa Bárbara, cantón Centinela del Cónдор,» 2016. [En línea]. Available: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17597/1/%e2%80%9cDISE%c3%91O%20E%20IMPLEMENTACI%c3%93N%20DE%20UN%20TRATAMIENTO>

- %20F%c3%8dSICO%20BIOL%c3%93GICO%20DEMOSTRATIVO....pdf. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [21] P. O. V. Pozo, «Innovación e implementación biológica en la planta de Puerto Arturo EMAPA-A para el tratamiento de aguas residuales Industriales y Aguas servidas domiciliarias,» 2014. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8451/1/BQ%2052.pdf>. [Último acceso: 13 Octubre 2021].
- [22] E. R. L. Eduardo Raffo Lecca, «Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno,» 3 Abril 2014. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>. [Último acceso: 15 Octubre 2021].
- [23] Y. R. Tierra, «Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Santa Fe de Galán del cantón Guano,» 2017. [En línea]. Available: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/8567/1/96T00420.pdf>. [Último acceso: 15 Octubre 2021].
- [24] Intagri, «Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura,» 9 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-eficiente-del-fosforo-en-la-agricultura>. [Último acceso: 27 Diciembre 2021].
- [25] Waterboards, «Folleto informativo pH,» [En línea]. Available: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf. [Último acceso: 27 Diciembre 2021].
- [26] I. M. A. Soto, «Estudio del Sistema y Tratamiento de Alcantarillado Sanitario para la comunidad de Hualcanga San Luis, del cantón Quero - Provincia de Tungurahua.,» Quero, 2006.
- [27] Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, «Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y saneamiento básico RAS-2000 Tratamiento de Aguas Residuales Sección II Título E,» Noviembre 2000. [En línea]. Available: https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf. [Último acceso: 14 Marzo 2022].
- [28] Secretaría del Agua, «Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. NORMA CO 10.7 - 602,» [En línea]. Available: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-area-rural.pdf>. [Último acceso: 14 Marzo 2022].
- [29] Organización Panamericana de la Salud (OPS), «Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización.,» Lima, 2005.
- [30] Comisión Nacional del Agua, «Manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento; Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales; filtros anaerobios de flujo ascendente,» México, 2015.

- [31] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), «Población y demografía,» [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>. [Último acceso: 15 Marzo 2022].
- [32] Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, «Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales RAS 2000 Sección II Título D,» Bogotá, 2000.
- [33] Organización Panamericana de la Salud, «Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores,» Lima, 2005.
- [34] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente y Organización Panamericana de la Salud, «Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa,» Lima, 2003.

ANEXOS

ANEXO A:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES

LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



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

Nº SE: 007-22

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Emilio Andrés Benalcázar Aguas

INFORME Nº 007- 22

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA

Nº SE: 007-22

DIRECCIÓN: Valencia 05 23 y Quisquis - Ambato

TELÉFONO: 032843339 - 0995079554

FECHA DE RECEPCIÓN: 08 - 02-22

FECHA DE INFORME: 14 - 02- 22

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual, PTAR Hualcanga San Luis Quero - Tungurahua **TIPO DE MUESTRA:**

IDENTIFICACIÓN: MA - 010-22 Entrada
MA - 011-22 Salida

Agua residual
Agua residual

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 010-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	592,86	N/A	09- 02- 22
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	14	N/A	09- 02- 22
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1728	N/A	09- 02- 22
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	3498	N/A	09- 02- 22
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N - B	95,2	N/A	09- 02- 22
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	69	N/A	09- 02- 22
pH	-	PE-LSA-01	7,03	+/- 0,08	09- 02- 22
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 D	1585	N/A	09- 02- 22

MA - 011-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	389,43	N/A	09- 02- 22
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 P - E	13	N/A	09- 02- 22
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1320	N/A	09- 02- 22
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	2460	N/A	09- 02- 22
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 N -	81,2	N/A	09- 02- 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.
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.
- LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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

Nº SE: 007-22

B					
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	56,5	N/A	09-02-22
pH	-	PE-LSA-01	5,55	+/- 0,08	09-02-22
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 D	935	N/A	09-02-22

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. José Latorre S.



Firmado electrónicamente por:

**JUAN CARLOS
LARA ROMERO**



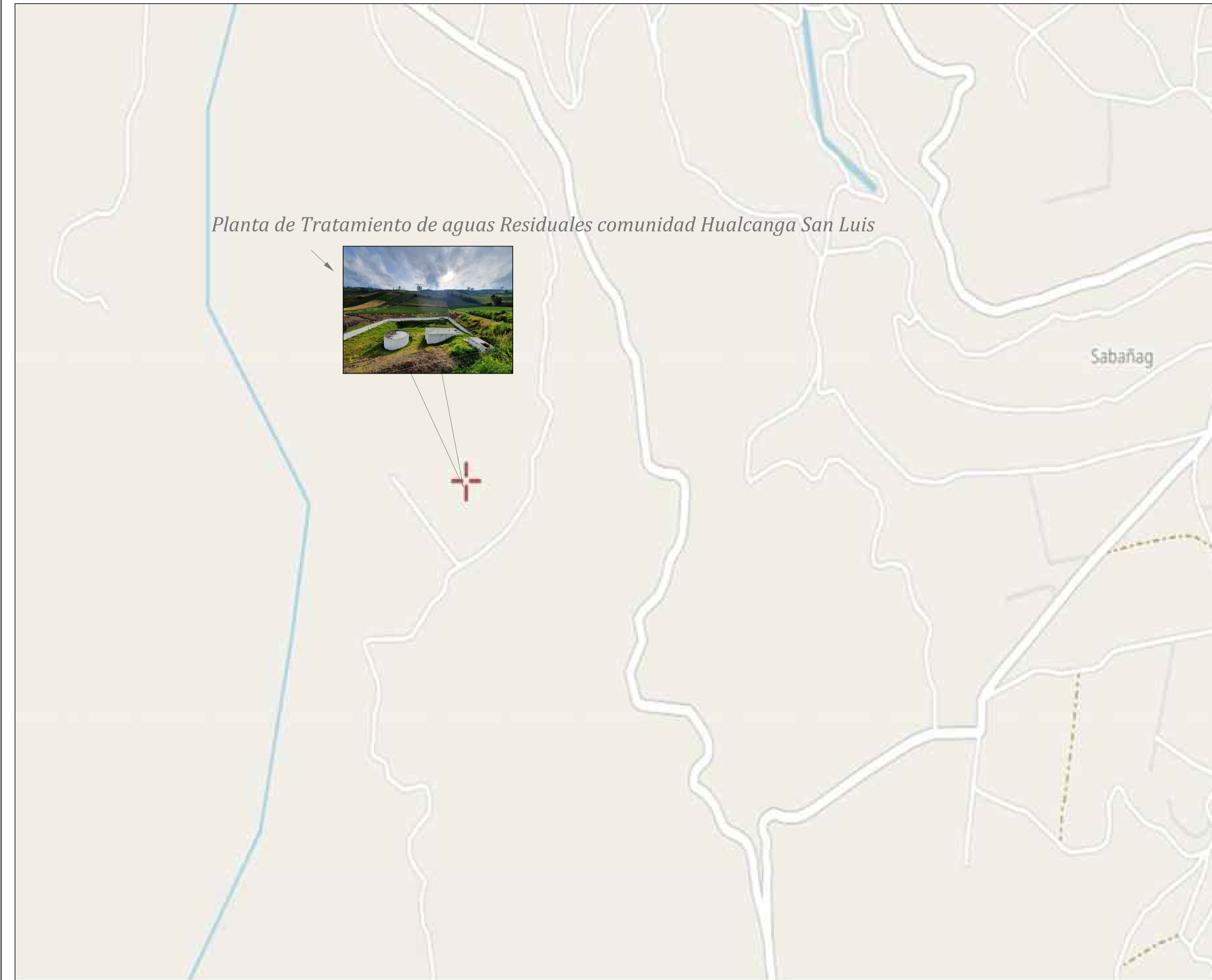
Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

- 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.
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.
- LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

ANEXO B:

PLANOS

COMUNIDAD HUALCANGA SAN LUIS

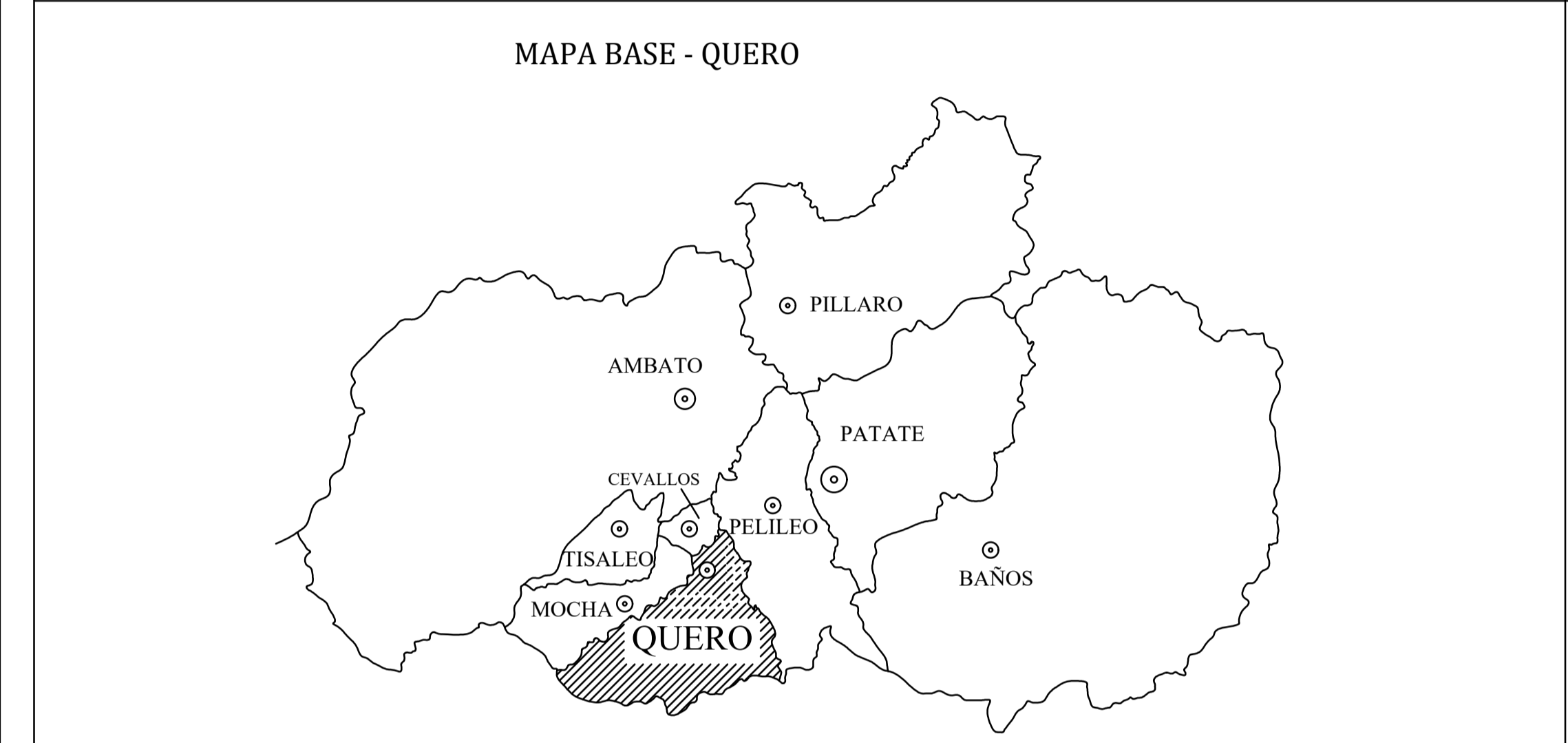


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



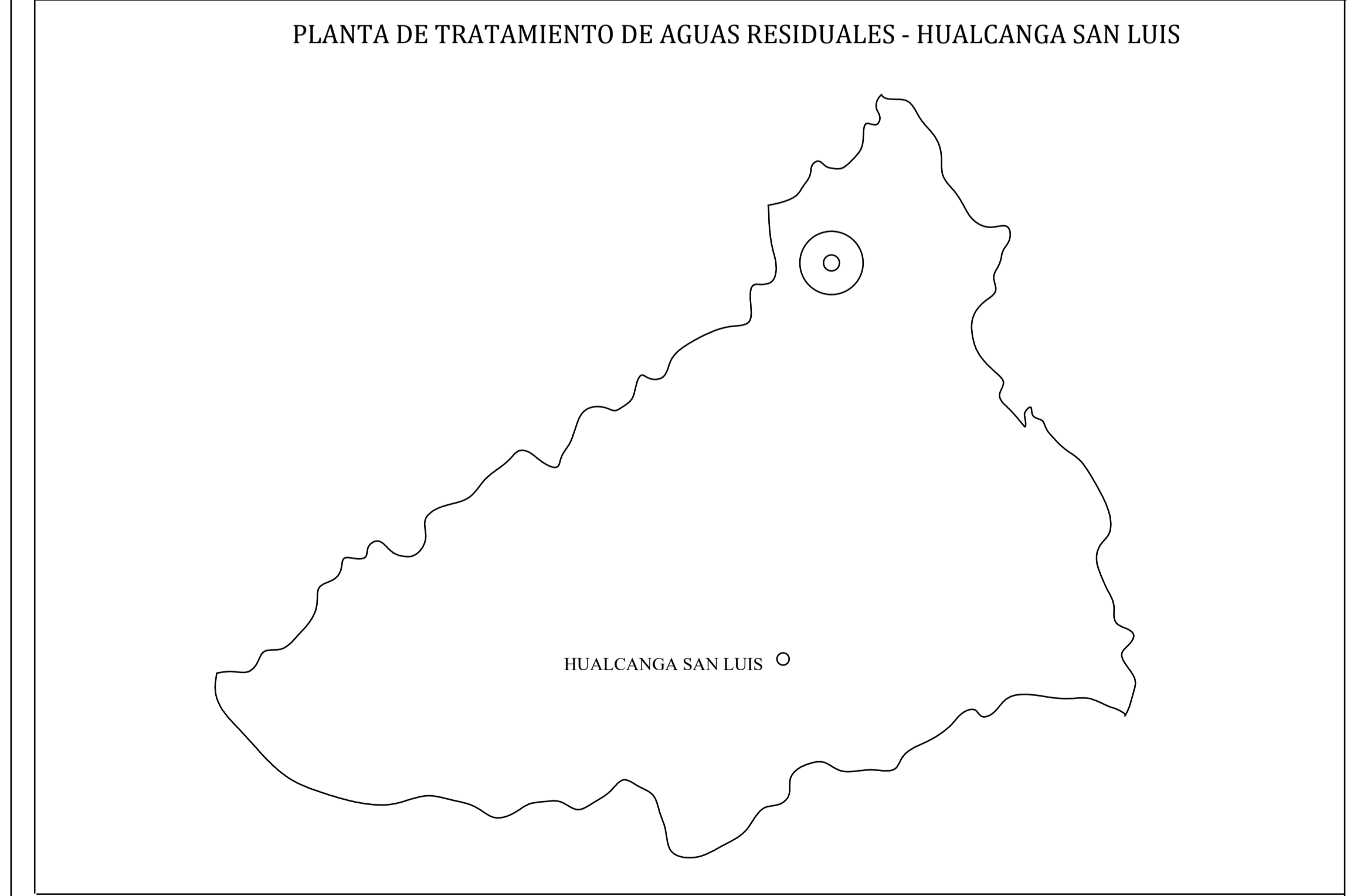
PROVINCIA :	CANTÓN:	COMUNIDAD:	PREDIO:
TUNGURAHUA	QUERO	HUALCANGA SAN LUIS	PTAR

REFERENCIA CARTOGRÁFICA DEL CANTÓN QUERO:



REFERENCIA CARTOGRÁFICA PARA LA UBICACIÓN

UBICACIÓN DEL PREDIO



"EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."

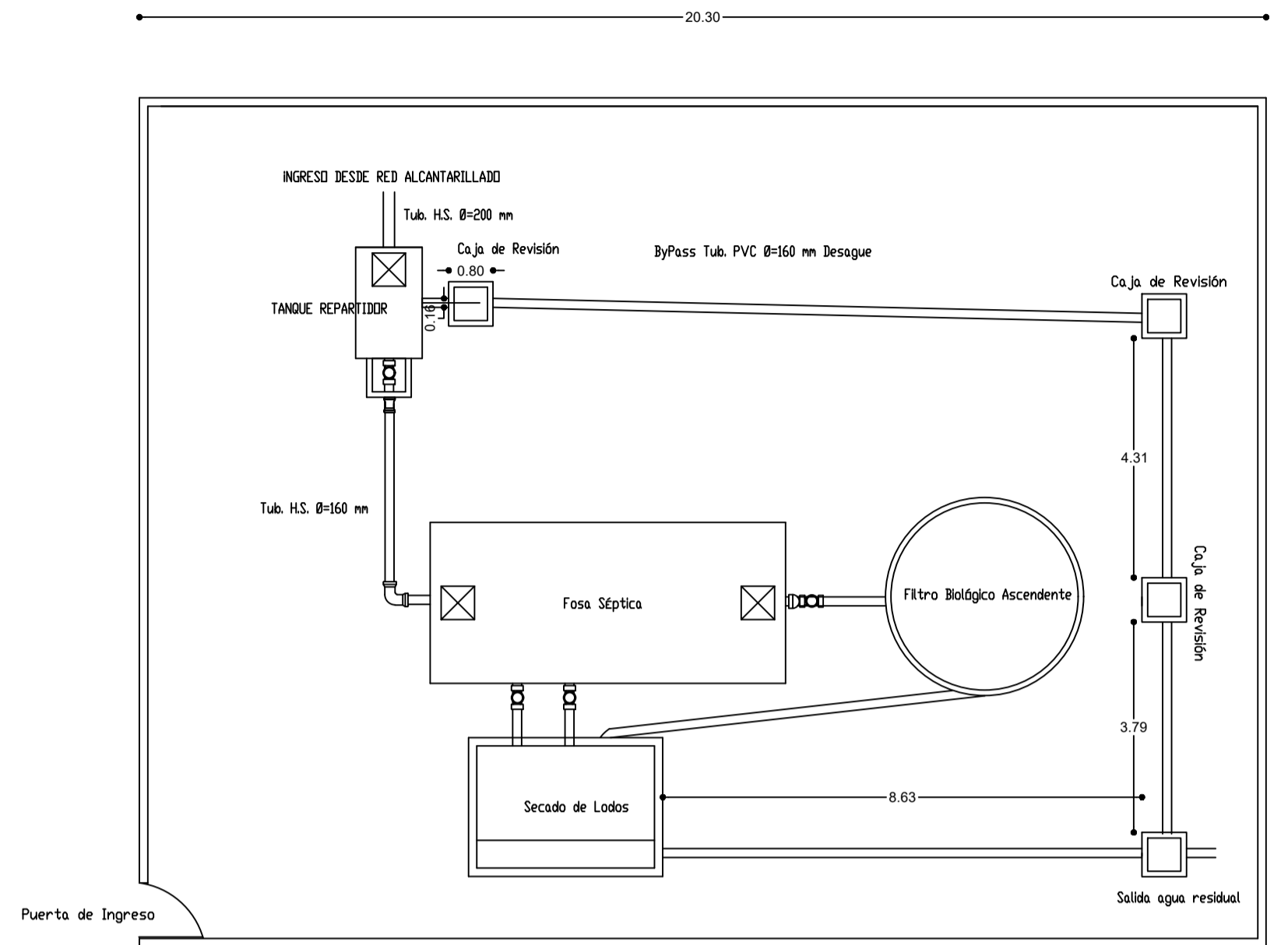
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA UTM	ESCALA:	S/E	PLANO:	1/4
DATUM WGS-84 ZONA 17 S	SUPERFICIE:	304.50 m ²	FECHA:	ABRIL - 2022

AUTOR:

EMILIO ANDRÉS BENALCÁZAR AGUAS

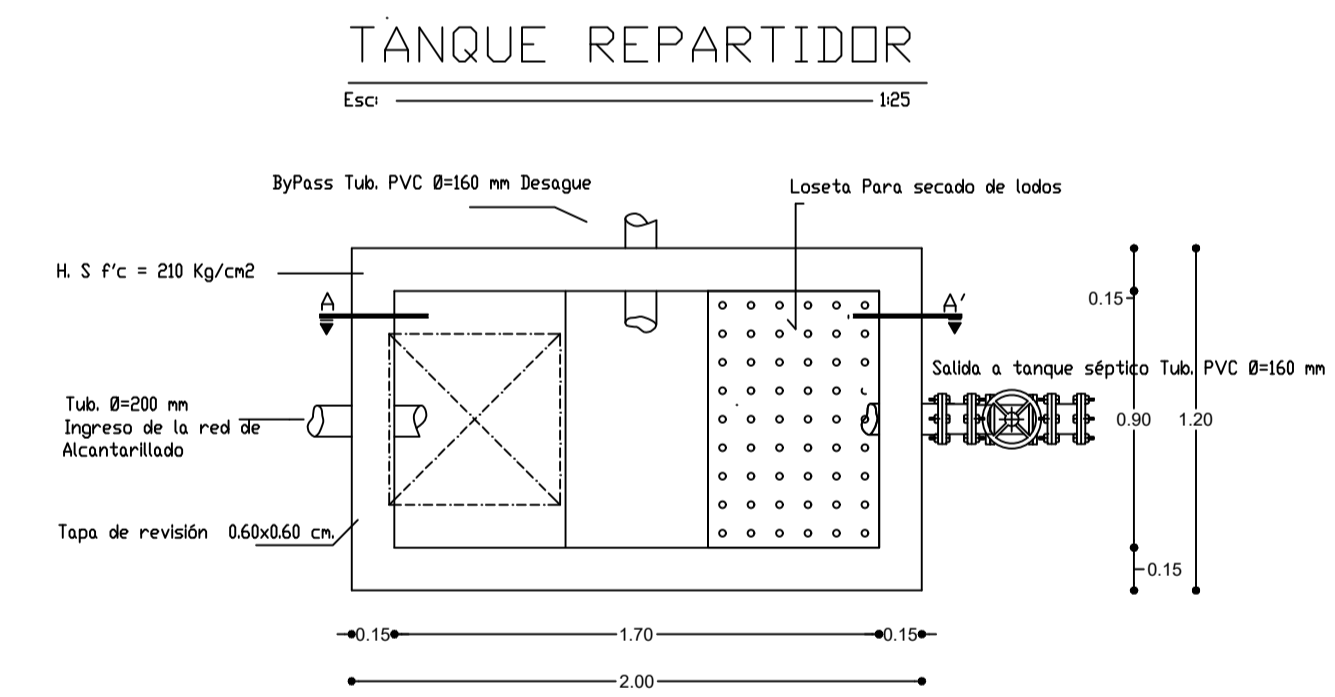
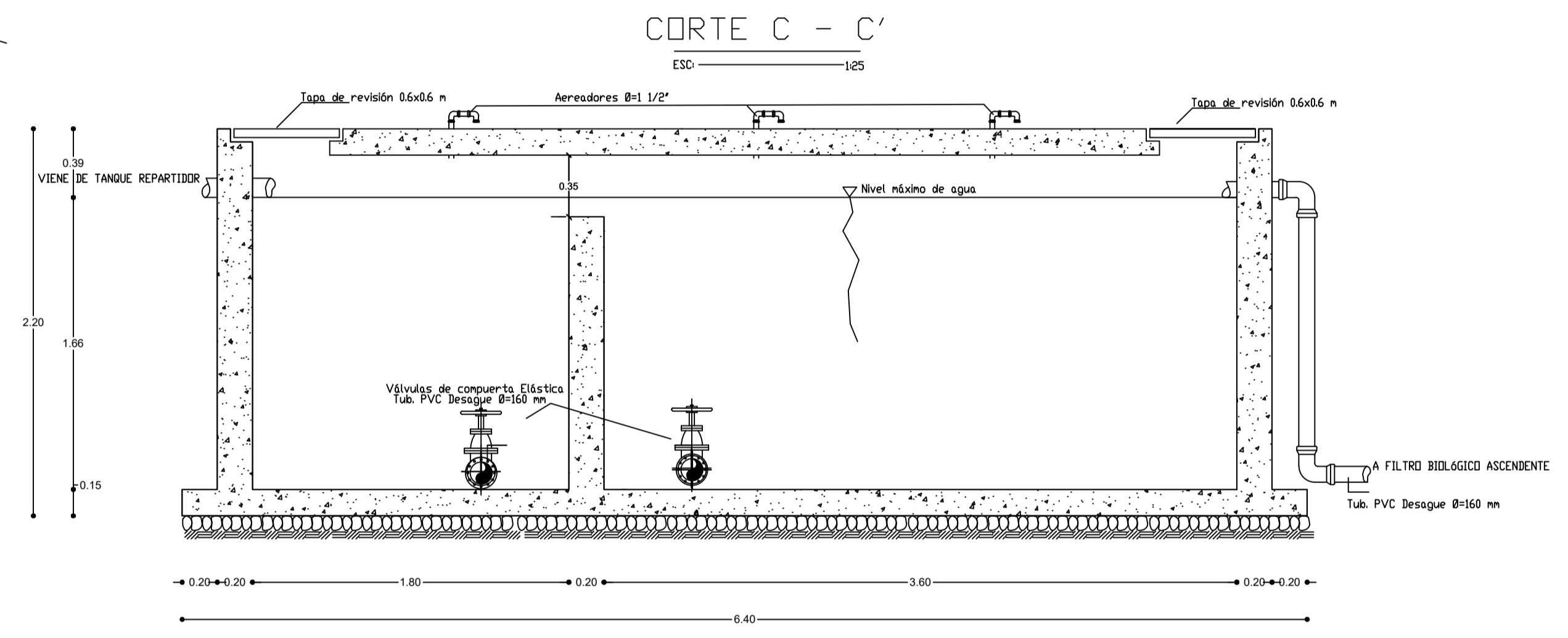
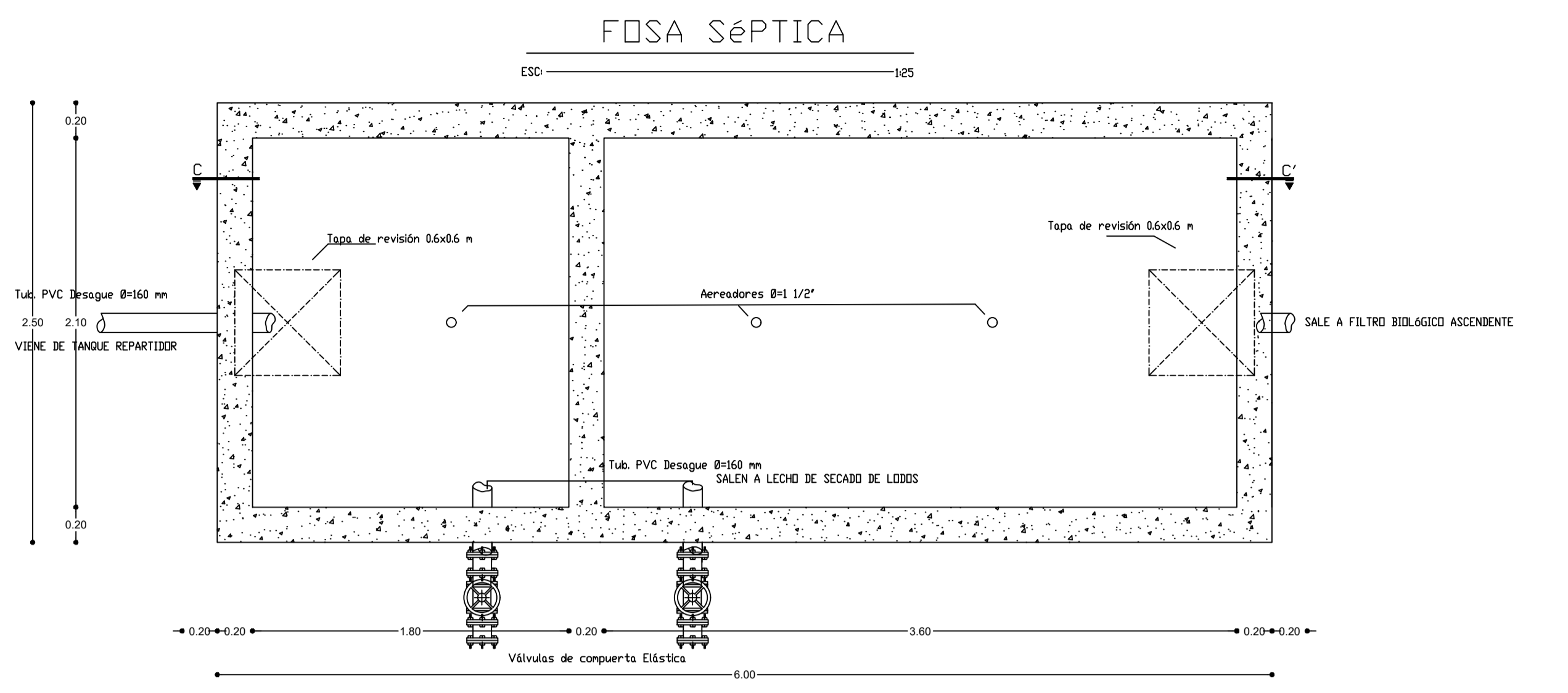
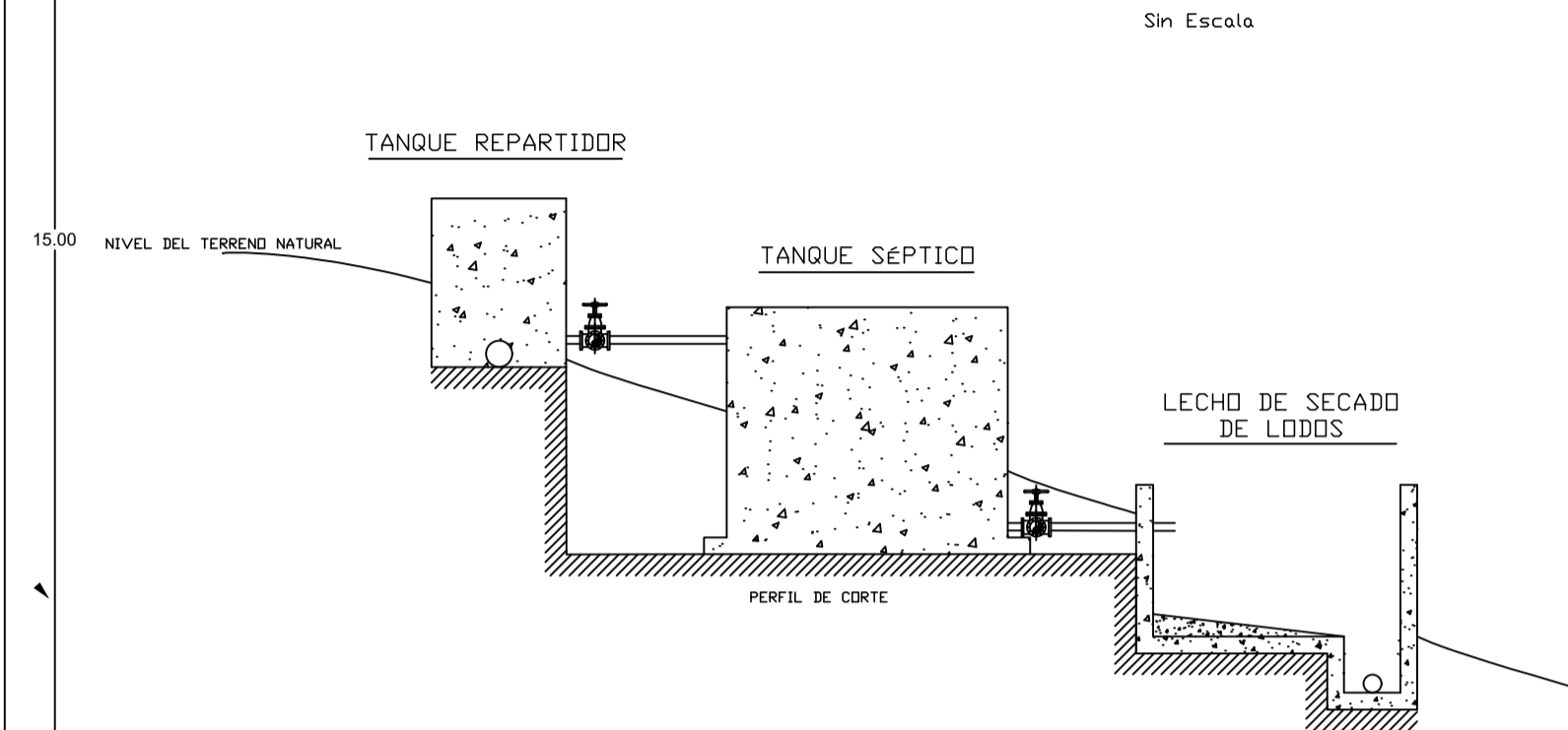
TUTOR:

ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS

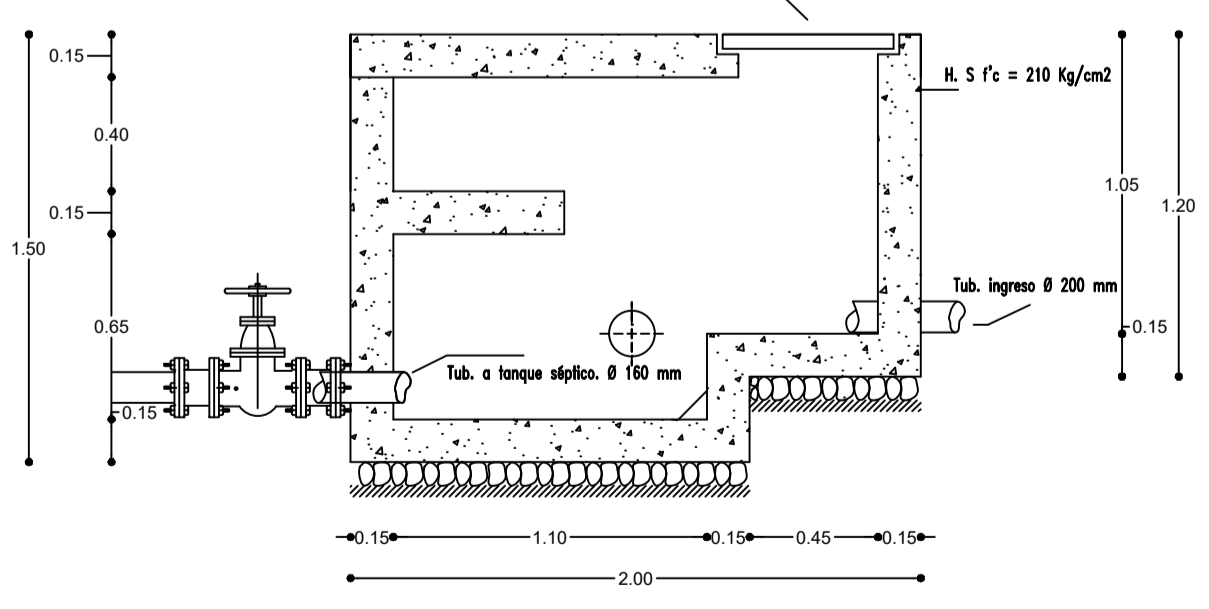


IMPLANTACIÓN PTAR
 Esc. 1:100

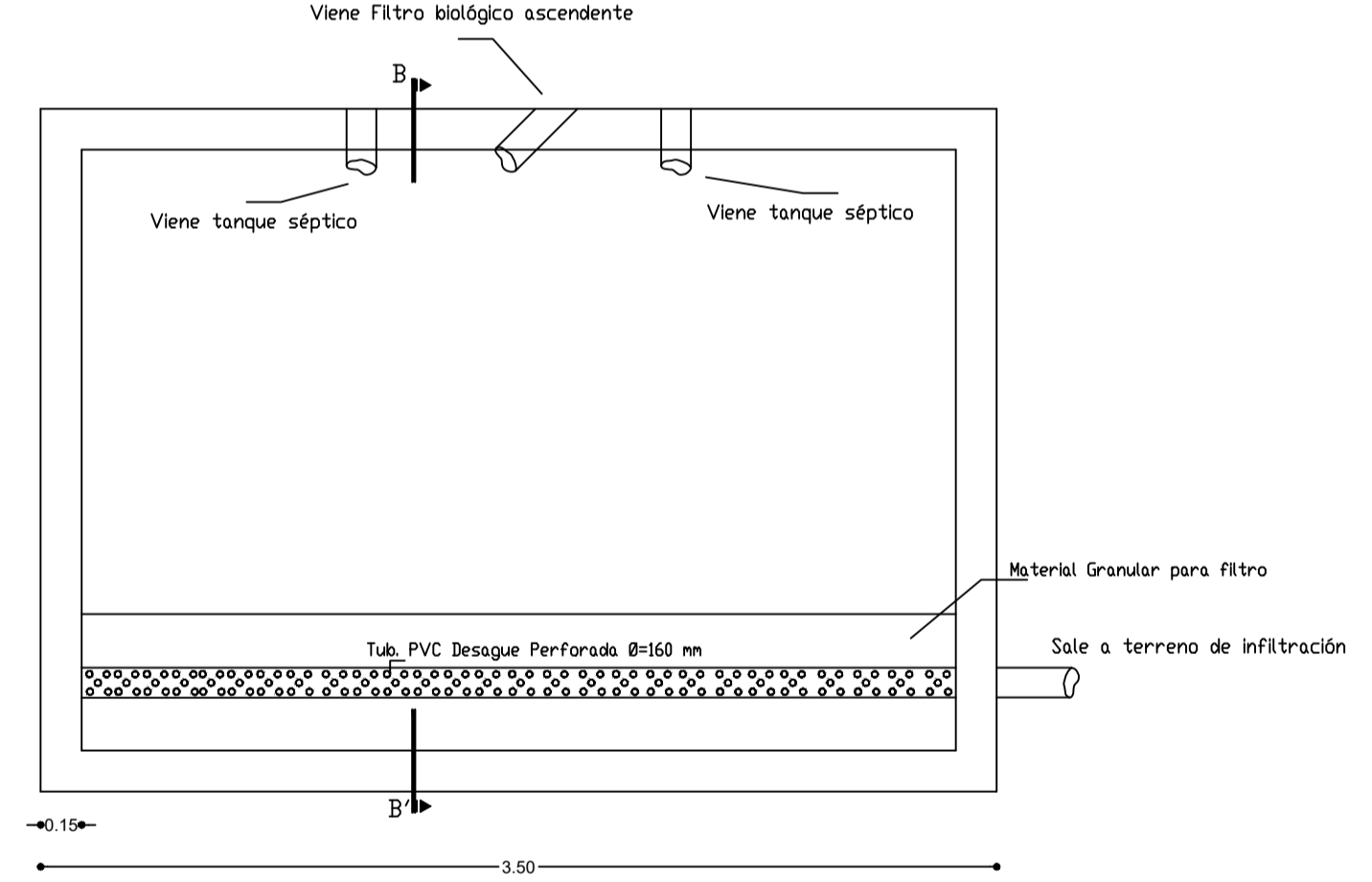
UBICACIÓN ETAPAS EN FUNCIÓN DE L RELIEVE TERRENO



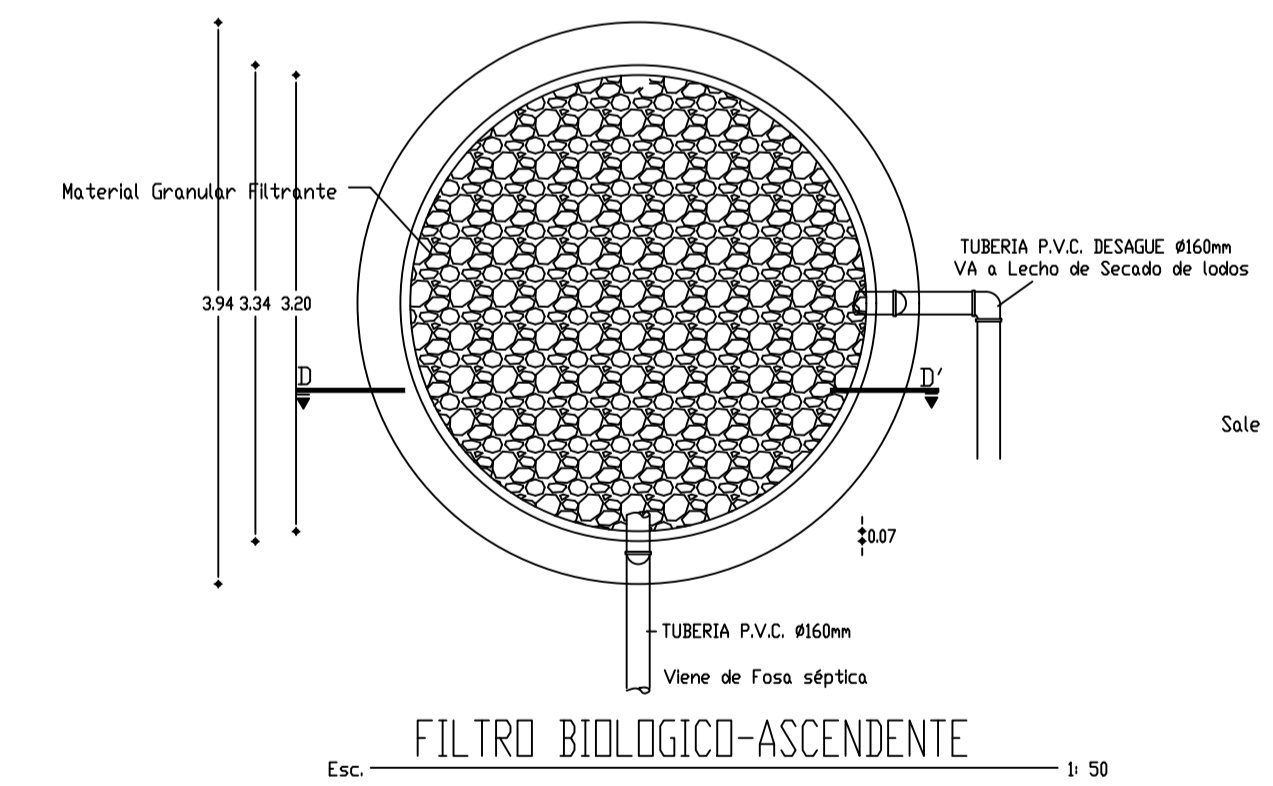
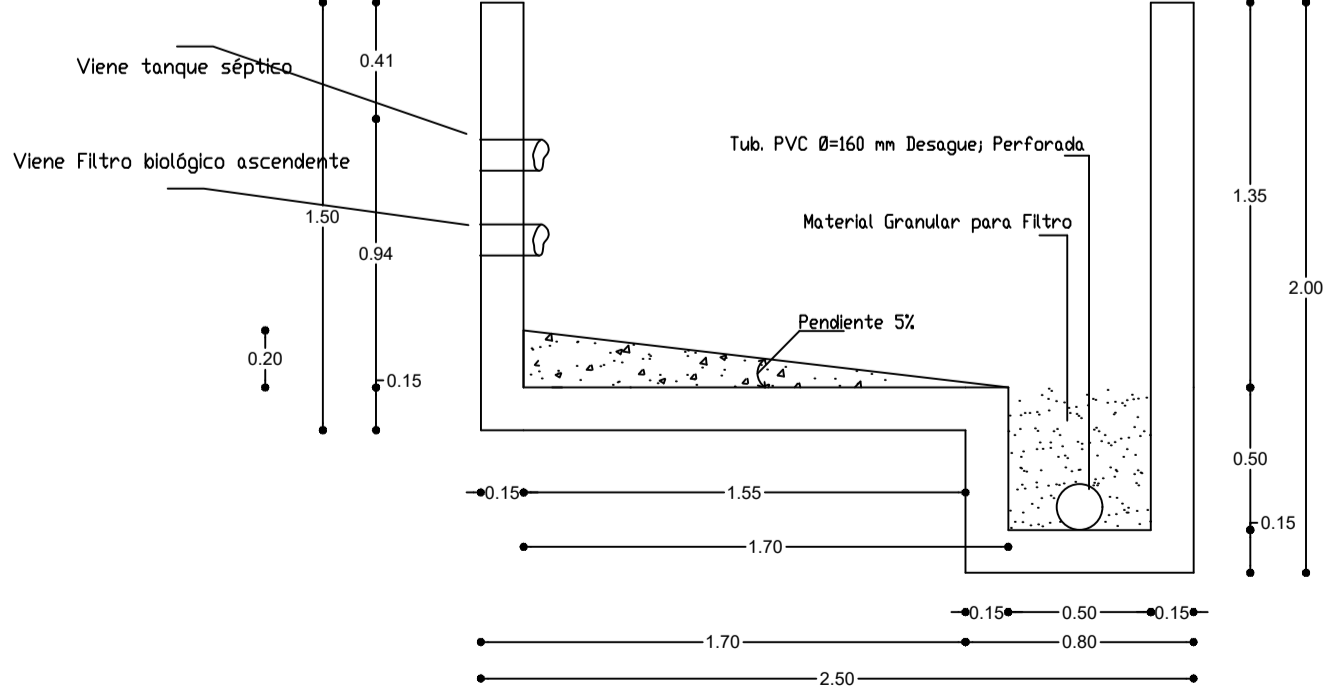
CORTE A-A'
 ESC. 1:25



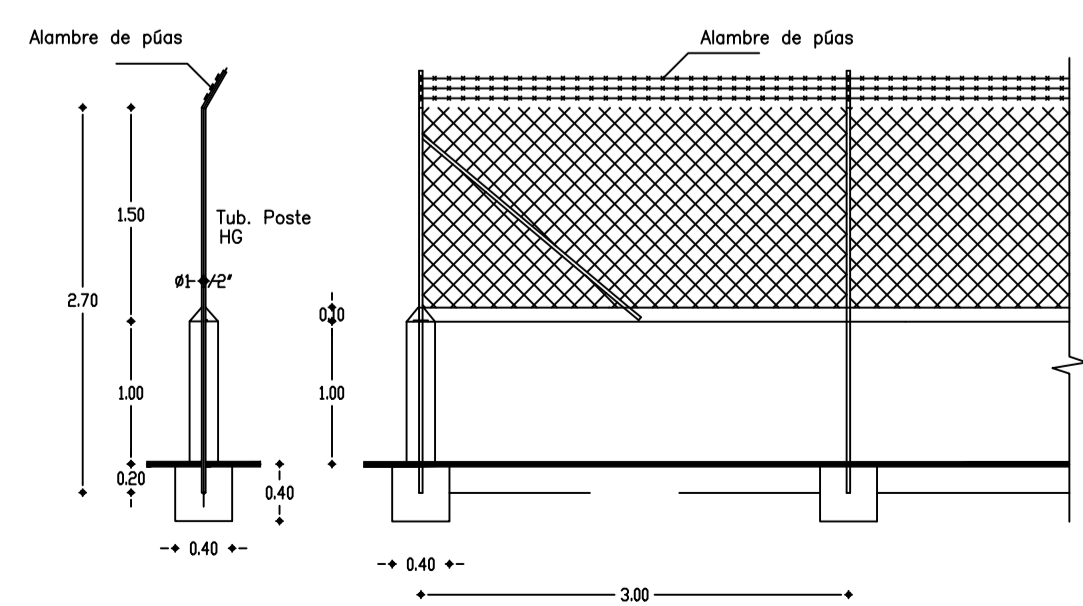
LECHO DE SECADO DE LODOS



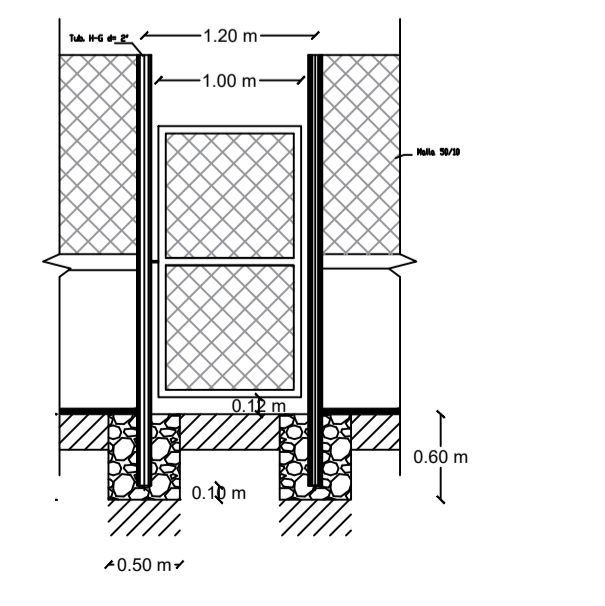
CORTE B-B'
 ESC. 1:25



DETALLE DEL CERRAMIENTO



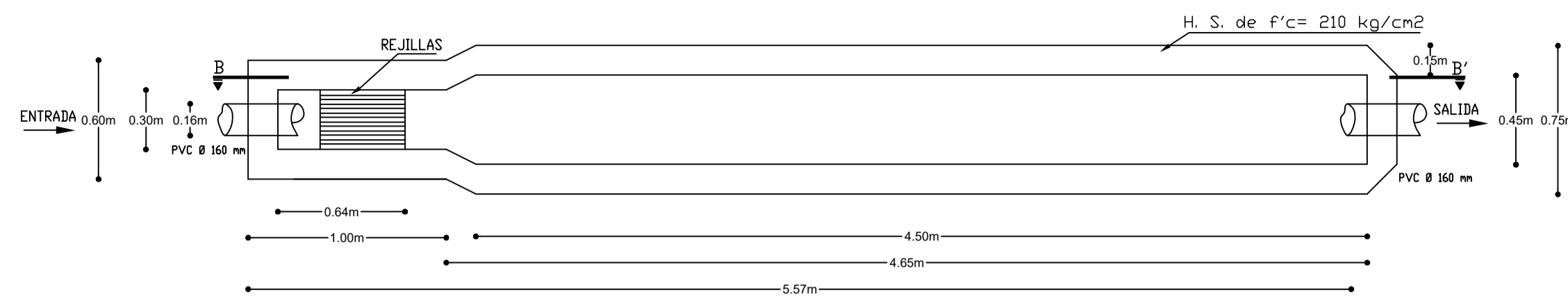
DETALLE DE LA PUERTA



PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
NOMBRE: EMILIO ANDRÉS BENALCAZAR AGUAS	
UBICACIÓN: COMUNIDAD HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
DOCENTE TUTOR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: INDICADAS
 	PLANO: 214
FECHA: ABRIL - 2022	

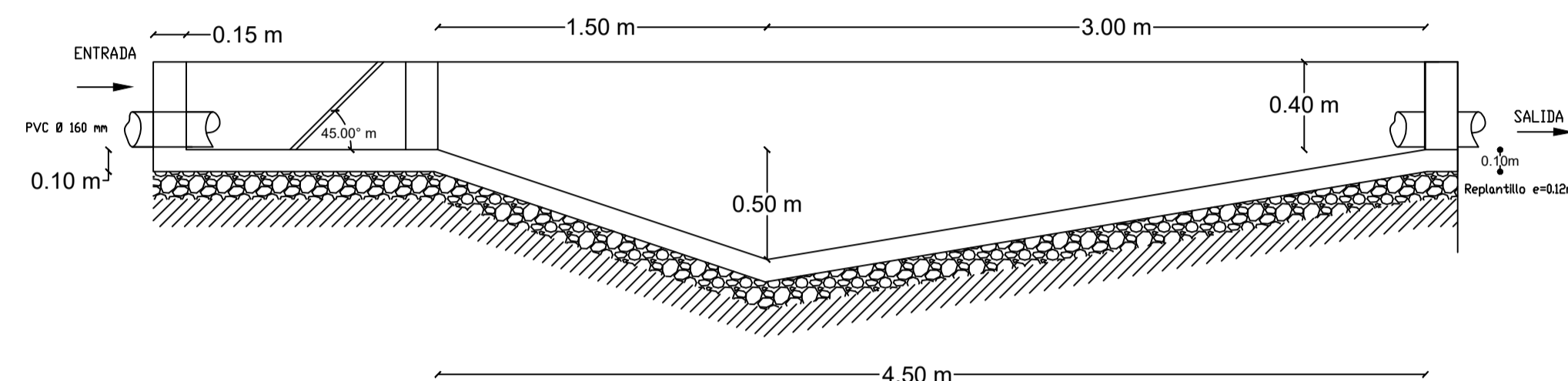
DESARENADOR

Esc. 1:25



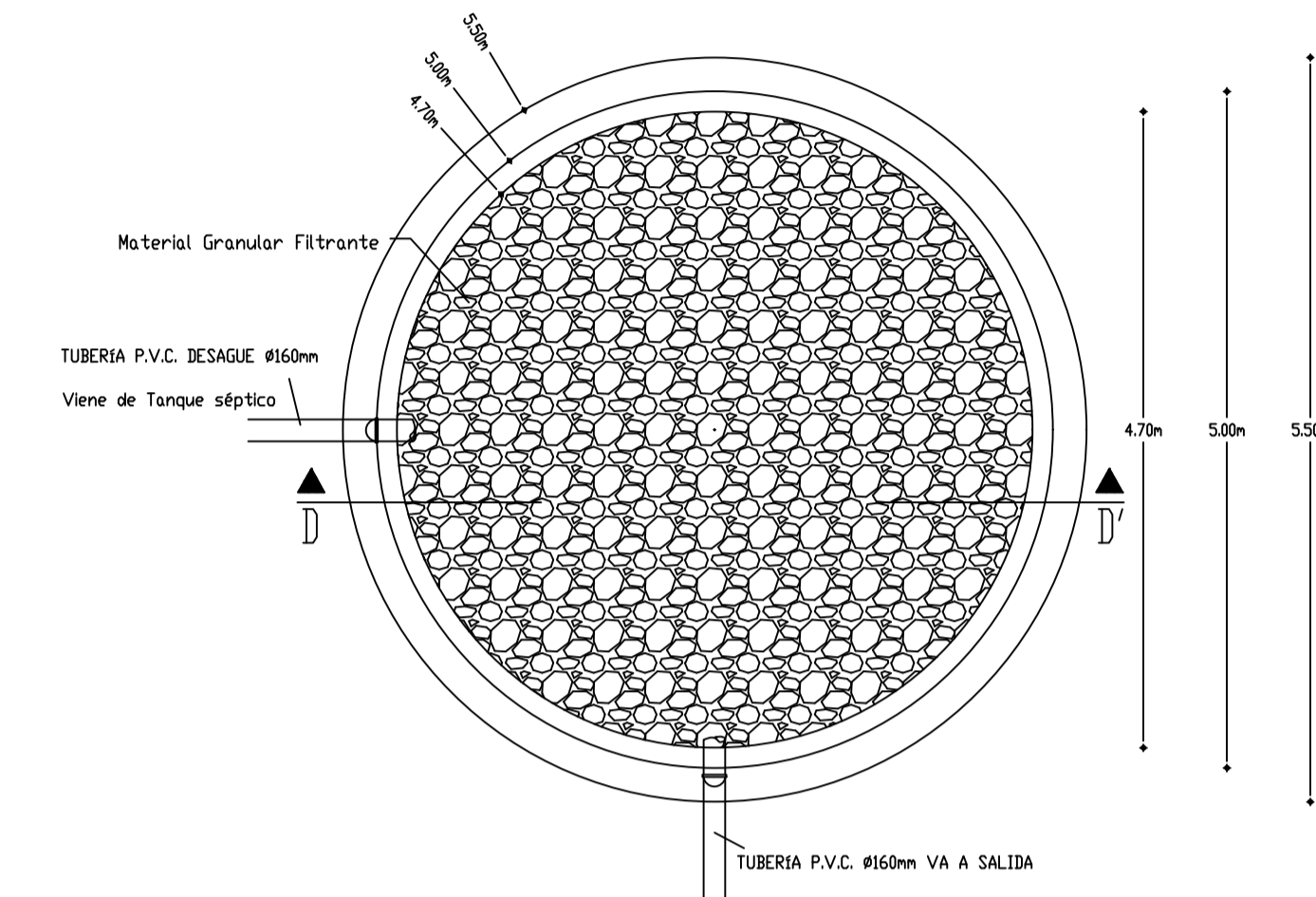
CORTE B-B'

Esc. 1:25



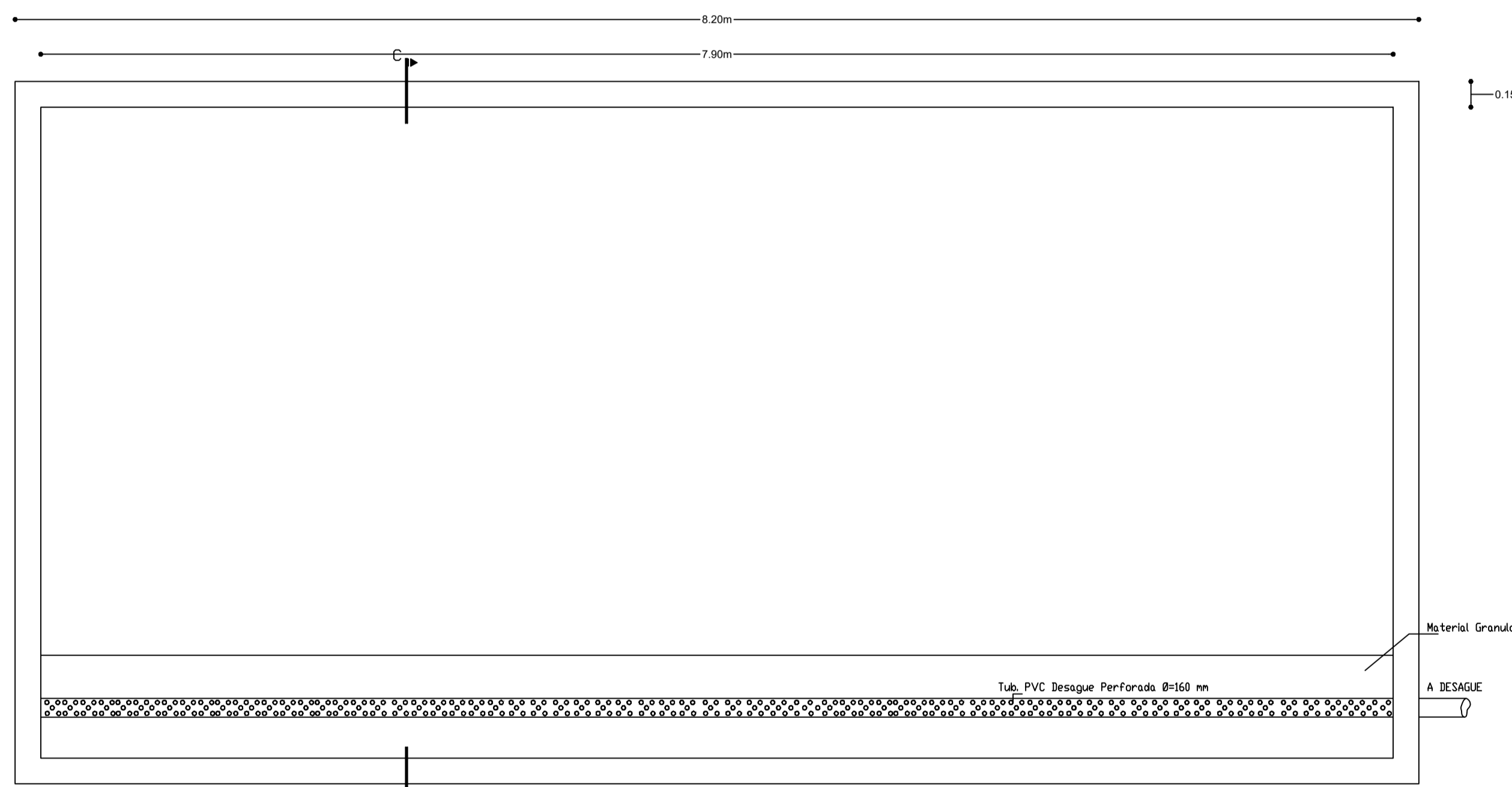
FILTRO BIOLÓGICO-ASCENDENTE

Esc. 1:50



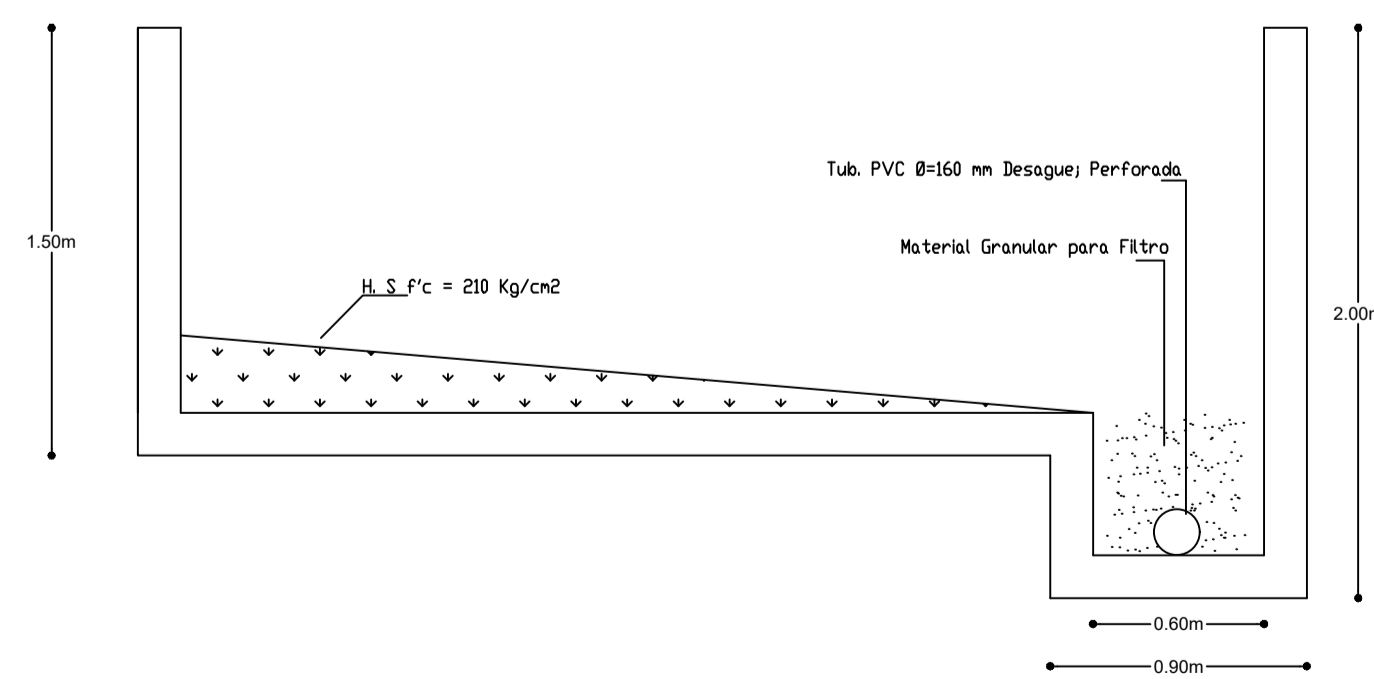
LECHO DE SECADO DE LODO

Esc. 1:25



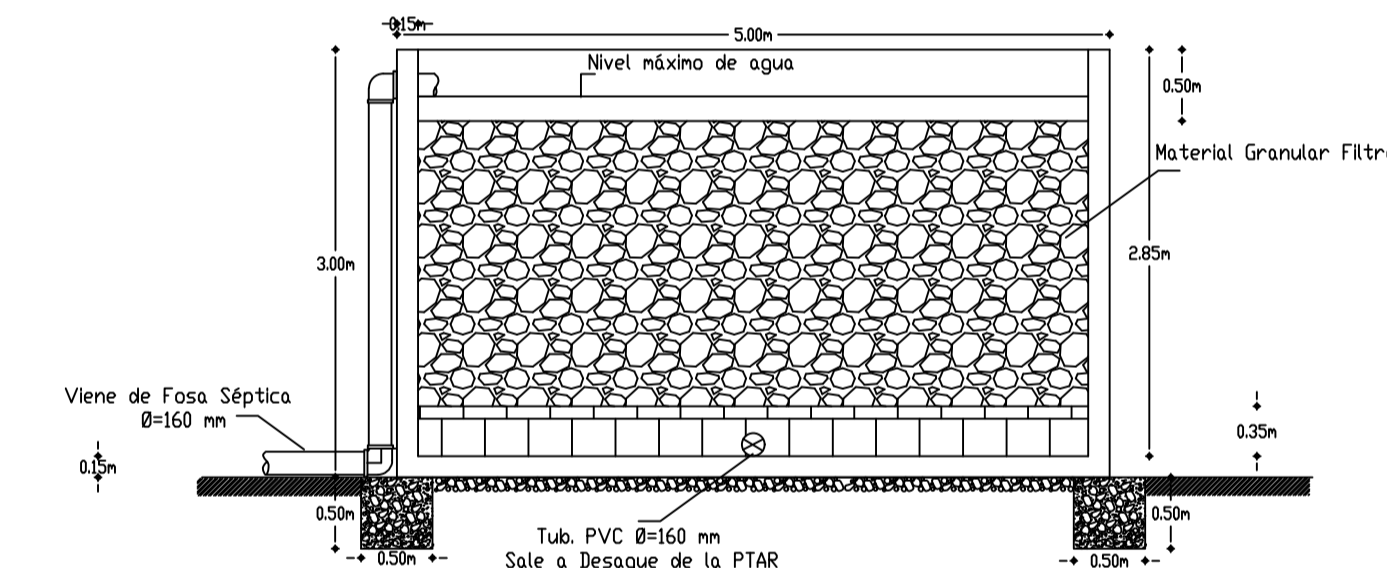
CORTE C-C'

Esc. 1:25



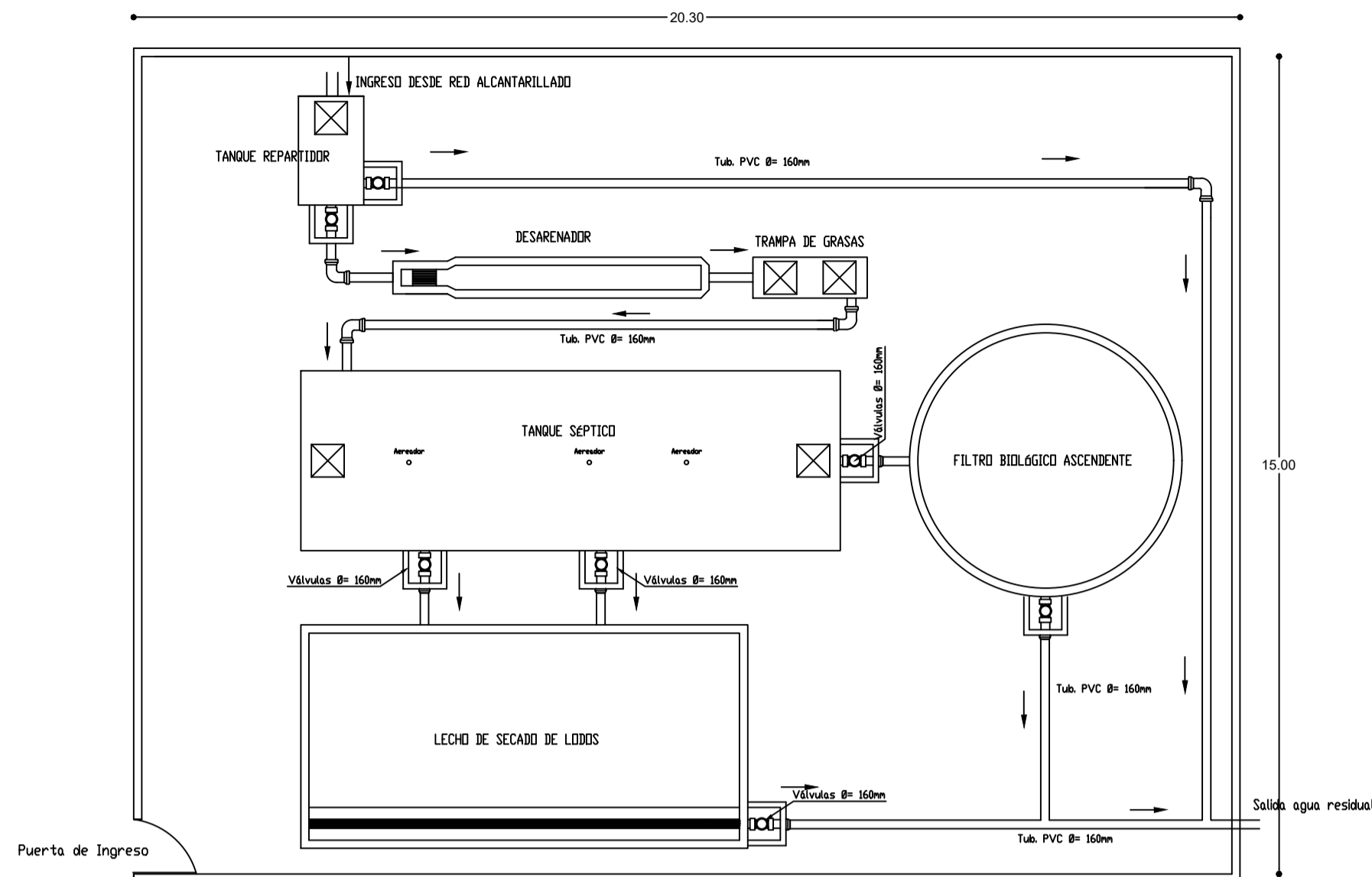
CORTE D-D'

Esc. 1:50



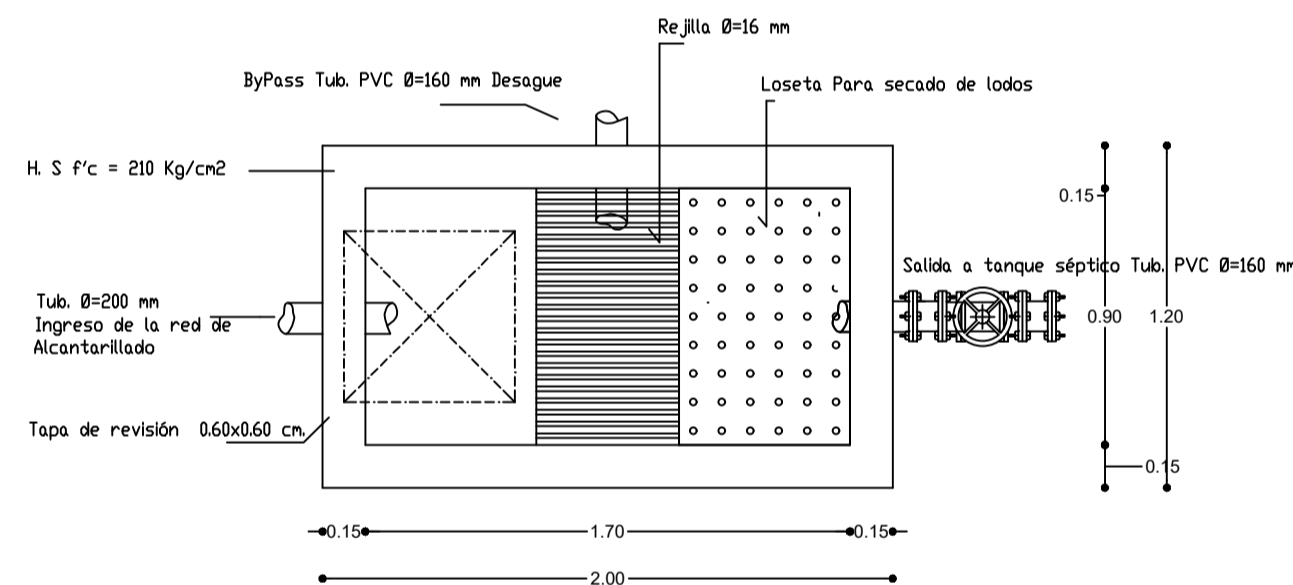
PROPUESTA PTAR

Esc. 1:100



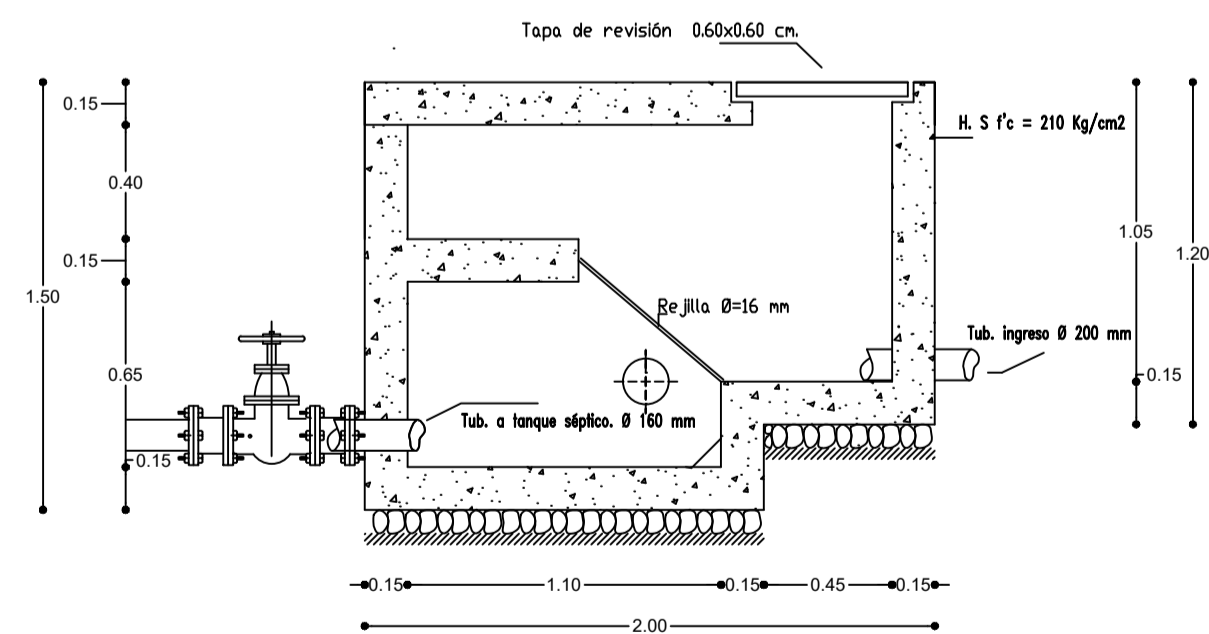
TANQUE REPARTIDOR


Esc. 1:25

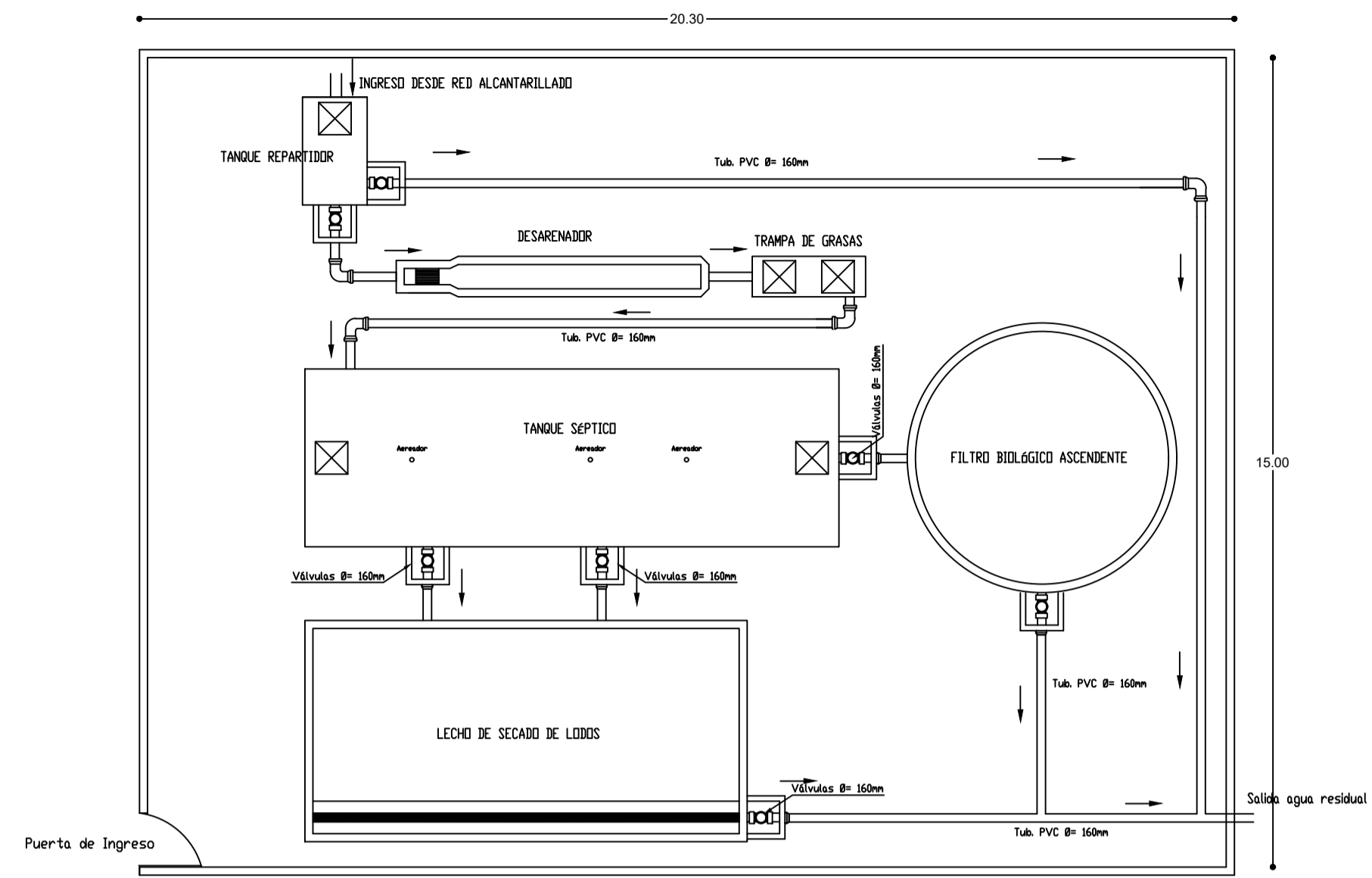


CORTE A-A'

Esc. 1:25



PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD HUACANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
NOMBRE:	EMILIO ANDRÉS BENALCAZAR AGUAS	
UBICACIÓN:	COMUNIDAD HUACANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	
DOCENTE TUTOR:	ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: INDICADA	PLANO: 3/4
 	FECHA: ABRIL - 2022	

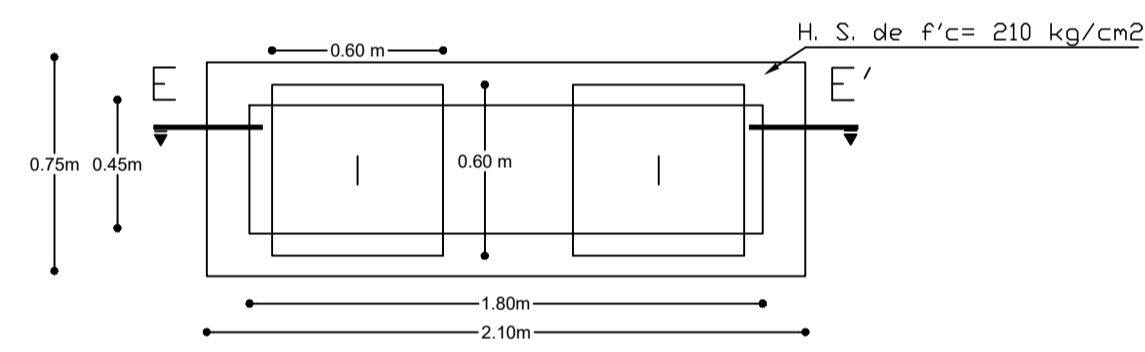


PROPUESTA PTAR

Esc: 1/100

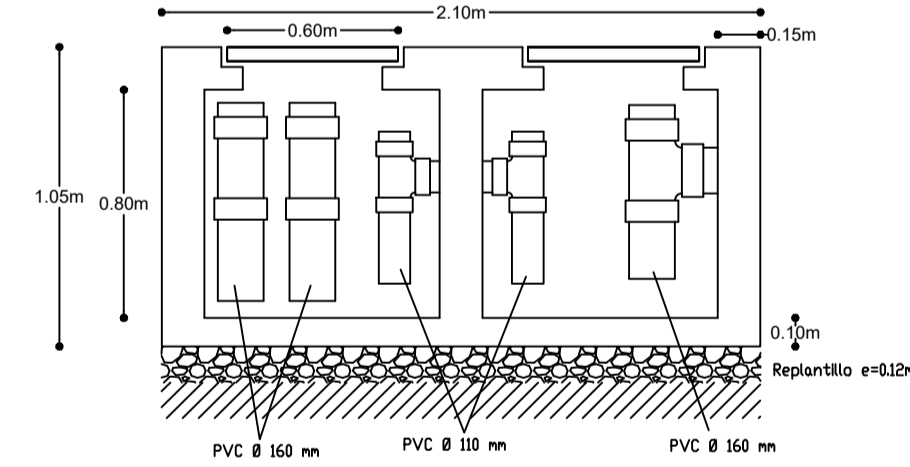
TRAMPA DE GRASAS

Esc: 1/25



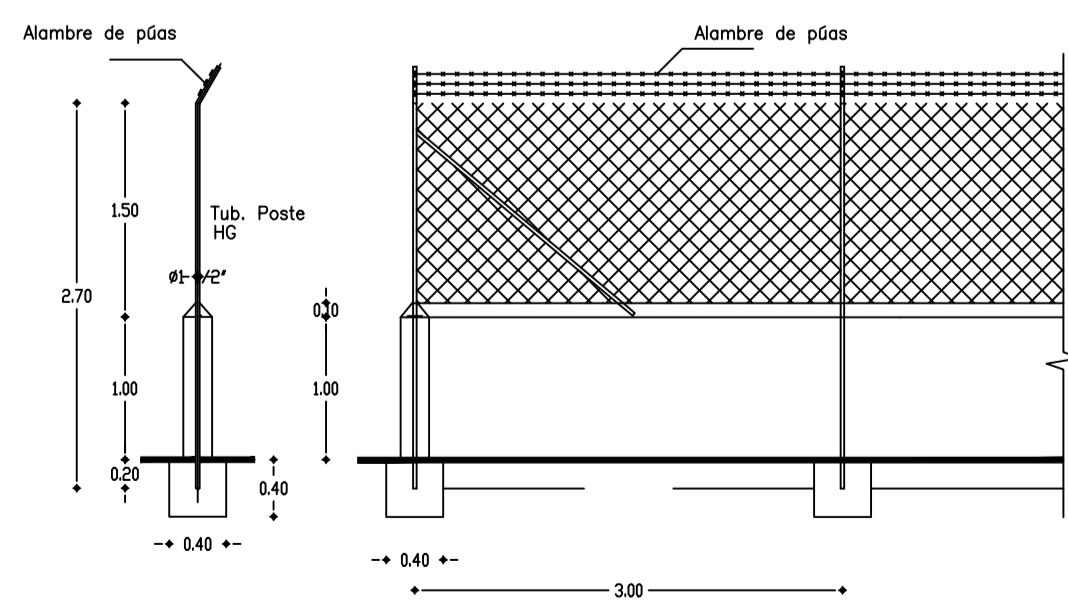
CORTE E - E'

Esc: 1/25



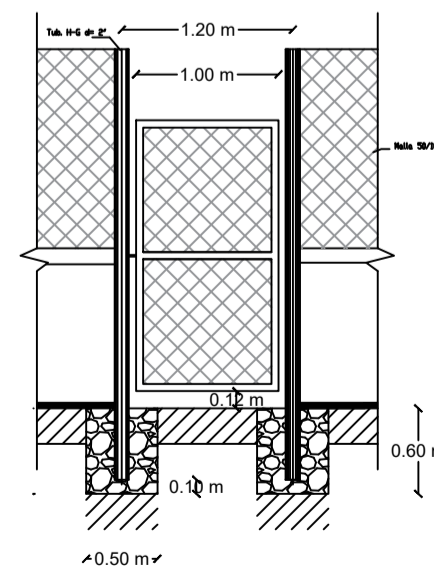
DETALLE DEL CERRAMIENTO

Esc: 1/50



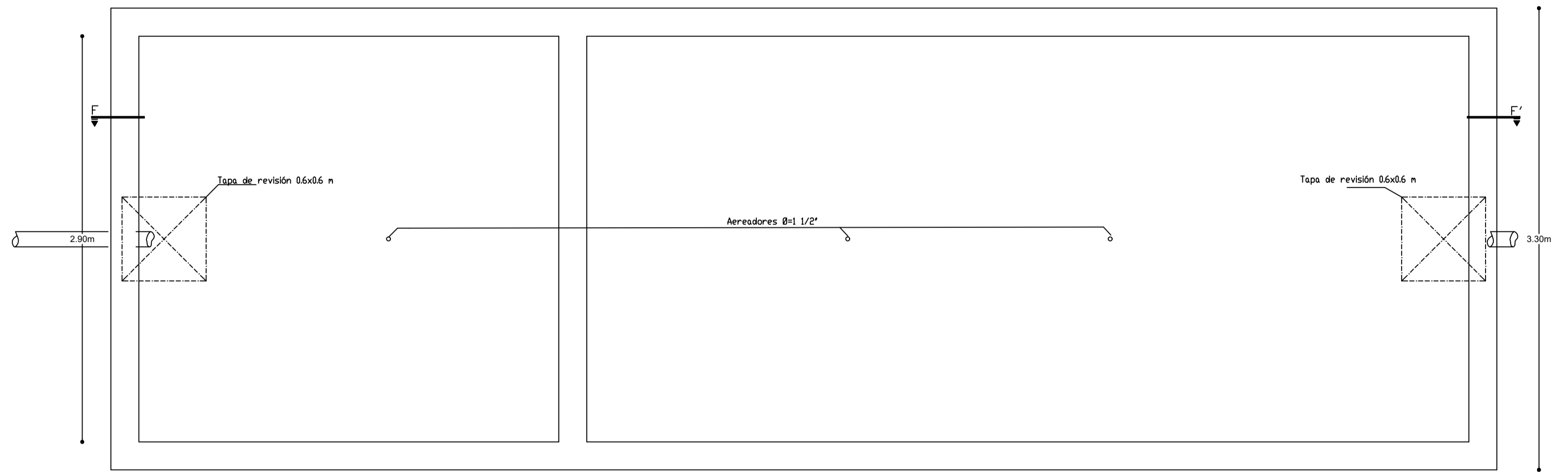
DETALLE DE LA PUERTA

Esc: 1/50



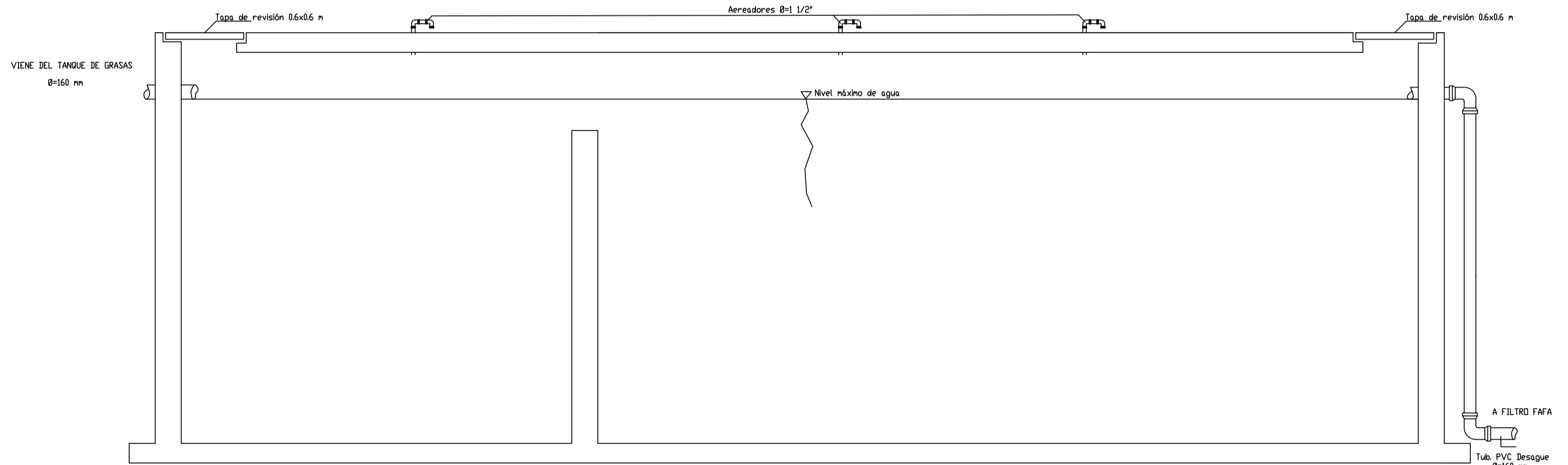
TANQUE SÉPTICO

Esc: 1/25



CORTE F - F'

Esc: 1/25



PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
NOMBRE: EMILIO ANDRÉS BENALCAZAR AGUAS		
UBICACIÓN: COMUNIDAD HUALCANGA SAN LUIS, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
DOCENTE TUTOR: ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: INDICADA	PLANO: 414
	FECHA: ABRIL - 2022	

