



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 DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR VALLE
MULINLIVÍ DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, PERTENECIENTE AL
CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Autor: Marcos Adán Veintimilla Herrera.

Tutor: Ing. Byron Genaro Cañizares Proaño, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Febrero – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: “**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR VALLE MULINLIVÍ DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI**”, elaborado por el Sr. Marcos Adán Veintimilla Herrera, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0503504771, 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, febrero 2024



.....
Ing. Byron Genaro Cañizares Proaño, Mg.
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Marcos Adán Veintimilla Herrera**, con C.I. 0503504771 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Trabajo Experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR VALLE MULINLIVÍ DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del Trabajo Experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



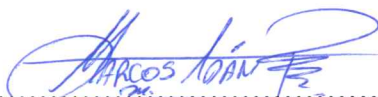
.....
Marcos Adán Veintimilla Herrera
C.I. 0503504771
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, febrero 2024



.....
Marcos Adán Veintimilla Herrera
C.I. 0503504771
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Marcos Adán Veintimilla Herrera, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: “**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR VALLE MULINLIVÍ DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI**”.

Ambato, febrero 2024

Para constancia firman:



.....
Ing. Fabián Morales Fiallos, Mg
MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Jorge Javier Guevara Robalino, Mg
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a las personas que han servido de ejemplo y motivación para iniciar y culminar esta etapa tan importante en mi vida:

Mi hermana Helen que ha sido el ejemplo más grande de superación profesional en mi núcleo familiar.

Mi hermana Nayely que ha sido inspiración y apoyo para seguir adelante cada día.

Mis padres por el apoyo y la paciencia en el transcurso de mi vida estudiantil.

A mi esfuerzo y constancia que día a día fui obteniendo en base al trabajo realizado.

Marcos Adán Veintimilla Herrera

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a toda mi familia, por el apoyo, la paciencia y la confianza que pusieron en mí desde el primer día de mi vida, por estar conmigo en cada paso que doy, por apoyarme incondicionalmente en cualquier situación, por su amor y por haber hecho de mí una mejor persona.

Al Ingeniero Byron Cañizares, por su apoyo y confianza durante este proceso de titulación.

A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por permitirme culminar mis estudios y formarme como profesional.

Marcos Adán Veintimilla Herrera

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	4
1.1.3 Fundamentación teórica	7
1.1.3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales	7
1.1.3.2 Aguas residuales	7
1.1.3.3 Características de las aguas residuales	7
1.1.3.4 Tipos de aguas residuales	9
1.1.3.4.1 Agua residual doméstica	9
1.1.3.4.2 Agua residual urbana	9
1.1.3.4.3 Agua residual municipal	9
1.1.3.4.4 Agua residual industrial	9
1.1.3.5 Calidad del agua	9
1.1.3.6 Tratamiento de aguas residuales	10
1.1.3.7 Métodos de tratamiento de aguas residuales	10
1.1.3.8 Tipos de tratamientos de aguas residuales	11
1.1.3.8.1 Tratamiento preliminar	11
1.1.3.8.2 Tratamiento primario	11
1.1.3.8.3 Tratamiento secundario	11
1.1.3.9 Descarga de aguas residuales tratadas	12
1.1.3.10 Componentes para el tratamiento de aguas residuales	17

1.1.3.10.1 Cribado.....	18
1.1.3.10.2 Desarenador.....	18
1.1.3.10.3 Tanque Séptico	19
1.1.3.10.4 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).....	20
1.1.3.10.5 Lecho de secado de lodos	20
1.1.3.10.6 Desinfección.....	21
1.1.3.11 Parámetros de las aguas residuales.....	22
1.1.3.11.1 Contenido de sólidos	22
1.1.3.11.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	22
1.1.3.11.3 Demanda química de oxígeno (DQO)	22
1.1.3.11.4 Potencial hidrógeno (PH).....	22
1.1.3.11.5 Nitrógeno (N)	23
1.1.3.11.6 Fósforo (P).....	23
1.1.4 Hipótesis.....	23
1.2 Objetivos	24
1.2.1 Objetivo General	24
1.2.2 Objetivos Específicos.....	24
CAPÍTULO II	25
METODOLOGÍA	25
2.1 Materiales y Equipos.....	25
2.2 Metodología.....	25
2.2.1 Nivel o Tipo de Investigación	28
2.2.2 Población y Muestra	28
2.2.3 Plan de recolección de Información.....	28
2.2.4 Levantamiento de información de la PTAR.....	29
2.2.4.1 Ubicación	29
2.2.4.2 Unidades que conforman el tratamiento.	30
2.2.4.3 Diagrama de flujo del proceso de tratamiento del agua residual	31
2.2.4.4 Observaciones in situ en la PTAR.....	33
2.2.5 Investigación de campo	34
2.2.5.1 Medición de caudales	36
2.2.6 Investigación de Laboratorio	42
2.2.6.1 Toma de muestras del afluente y efluente de la PTAR.....	42
CAPÍTULO III	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45

3.1 Análisis y discusión de los resultados	45
3.1.1 Evaluación de los resultados del análisis de laboratorio	45
3.1.2 Dimensionamiento y diagnóstico del funcionamiento teórico actual de la PTAR....	48
3.1.2.1 Caudal de Diseño.	49
3.1.2.2 Tanque de distribución, repartidor de caudales.....	52
3.1.2.3 Tanque desarenador y de cribado	54
3.1.2.4 Tanque Sedimentador.....	62
3.1.2.5 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).....	65
3.1.2.6 Lecho de Secado de Lodos	65
3.2 Verificación de Hipótesis.....	66
3.3 Rediseño de las unidades que muestran déficit de funcionamiento	68
3.3.1 Tanques de distribución.....	68
3.3.2 Cribado.....	69
3.3.3 Desarenador.....	70
3.3.4 Tanque Sedimentador.....	70
3.3.5 FAFA (Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente).....	70
3.3.6 Lecho de secado de lodos	78
3.4 Propuesta de repotenciación y mantenimiento de la PTAR	83
3.4.1 Medida 1: Ampliación del predio, para incorporar las unidades complementarias del tratamiento.....	83
3.4.2 Medida 2: Derrocamiento de la pared ubicada al este del predio, para ampliación y construcción de las nuevas unidades de tratamiento.	84
3.4.3 Medida 3: Limpieza y desbroce manual de la vegetación.	84
3.4.4 Medida 4: Implementación de tapas metálicas en las unidades de tratamiento existentes, que en su mayoría tienen tapas de hormigón.....	85
3.4.5 Medida 5: Construcción de un nuevo tanque repartidor de caudales	85
3.4.6 Medida 6: Construcción de un FAFA.....	85
3.4.7 Medida 7: Construcción de un lecho de secado de lodos	86
3.4.8 Medida 8: Construcción de una cubierta para el lecho de secado de lodos	86
3.4.9 Medida 9: Construcción de un cerramiento para el nuevo predio.....	86
CAPÍTULO VI.....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
4.1 Conclusiones	87
4.2 Recomendaciones.....	87
Bibliografía	88
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de las aguas residuales (AR) y su origen o procedencia.	8
Tabla 2. Clasificación de los métodos de tratamiento de las aguas residuales.	10
Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.	14
Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.	15
Tabla 4. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	16
Tabla 4. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	17
Tabla 5. Materiales.....	25
Tabla 6. Equipos.	25
Tabla 7. Metodología objetivo específico 1.	26
Tabla 8. Metodología objetivo específico 2.	26
Tabla 9. Metodología objetivo específico 3.	27
Tabla 10. Metodología objetivo específico 4.	27
Tabla 11. Resumen, medición de los caudales en entrada.....	39
Tabla 12. Cuadro estadístico de los caudales en entrada.....	39
Tabla 13. Cuadro resumen de las medias de los caudales en entrada.	39
Tabla 14. Cuadro estadístico de las medias de los caudales en entrada.....	40
Tabla 15. Resumen, medición de los caudales en salida.	40
Tabla 16. Cuadro estadístico de los caudales en salida.	41
Tabla 17. Cuadro resumen de las medias de los caudales en salida.	41
Tabla 18. Cuadro estadístico de las medias de los caudales en salida.	42
Tabla 19. Volúmenes proporcionales en función del caudal promedio diario, caudal de entrada (viernes).....	43
Tabla 20. Volúmenes proporcionales en función del caudal promedio diario, caudal de salida (viernes).....	43
Tabla 21. Tabla comparativa de los resultados de laboratorio, y los límites de descarga del efluente (TULSMA).....	46
Tabla 12. Cuadro estadístico de los caudales en entrada.....	51
Tabla 22. Tamaños de aperturas para rejas y rejillas según la CONAGUA.	58
Tabla 23. Criterios de diseño para un desarenador horizontal, según la CONAGUA.	61
Tabla 24. Criterios de diseño para sedimentadores primarios, según la CONAGUA.....	63
Tabla 25. Tabla comparativa, entre los criterios de diseño CONAGUA y valores reales.	66
Tabla 26. Tabla del tiempo de digestión referente a la temperatura ambiente.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema básico de Cribado o desbaste.....	18
Figura 2. Esquema básico de Desarenador	19
Figura 3. Esquema básico de Tanque Séptico.....	19
Figura 4. Esquema básico de Tanque Séptico.....	20
Figura 5. Esquema básico de Tanque Séptico.....	21
Figura 6. Croquis de la ubicación de la PTAR	30
Figura 7. Unidades que conforman el tratamiento actual.....	31
Figura 8. Diagrama de flujo del funcionamiento actual de la PTAR.....	31
Figura 9. Vista en planta del corte para el detalle del perfil del terreno.....	32
Figura 10. Detalle del perfil del terreno (Distancias y elevaciones).....	32
Figura 11. PTAR inundada en temporadas lluviosas.....	34
Figura 12. Visita técnica a la PTAR.	34
Figura 13. Entrevista al presidente y operador de la JAAPS La Victoria.	35
Figura 14. Medición de las unidades que conforman la PTAR.....	35
Figura 15. Toma aérea del predio de la PTAR - levantamiento topográfico.....	36
Figura 16. Medición de caudales afluente.....	36
Figura 17. Medición de caudales afluente.....	37
Figura 18. Toma de muestras compuestas PTAR.....	44
Figura 19. Muestras etiquetadas en el cooler con hielo para su transportación.	44
Gráfico 1. Eficiencia en remoción de contaminantes (Parámetros generales).	47
Gráfico 2. Eficiencia en remoción de contaminantes (Metales Pesados).....	48
Figura 20. Vida útil para componentes hidráulicos.	50
Figura 21. Ubicación de los tanques de distribución en cada uno de los sistemas.	53
Figura 22. Izquierda: tanque de distribución. Derecha: tanque de distribución 2.	53
Figura 23. Detalle de las dimensiones y accesorios del pozo de distribución 1.	54
Figura 24. Detalle de las dimensiones y accesorios del pozo de distribución 2.	54
Figura 25. Ubicación de los tanques desarenadores 1 y 2 en sus respectivos sistemas.	55
Figura 26. Tanque desarenador, foto real, vista gráfica en planta.....	56
Figura 27. Tanque desarenador, vista en planta con medidas internas.....	57
Figura 28. Tanque desarenador, vista en corte A-A de la Figura 27.....	57
Figura 29. Detalle de la rejilla de cribado.	57
Figura 30. Detalle de las medidas del tanque desarenador y canaleta Parshall.	59
Figura 31. Tanque desarenador, vista en corte A-A de la Figura 27.....	61

Figura 32. Ubicación de los tanques sedimentadores en cada sistema.	62
Figura 33. Tanque sedimentador, foto real.	62
Figura 34. Tanque sedimentador, detalle de medidas internas.	63
Figura 35. Ubicación del tanque de distribución propuesto con bypass.	68
Figura 36. Detalle de las dimensiones y accesorios del pozo de distribución - PROPUESTA.	69
Figura 37. Dimensiones del FAFA con las medidas teóricas arrojadas en los cálculos.	73
Figura 38. Dimensiones del FAFA propuesto vista en planta.	77
Figura 39. Dimensiones del FAFA propuesto vista en elevación.	78
Figura 40. Dimensiones del Lecho de secado de Lodos propuesto, vista en planta.	82
Figura 41. Dimensiones del Lecho de secado de Lodos propuesto, vista en elevación.	82
Figura 42. Medidas actuales del predio con las unidades existentes de la PTAR.	83
Figura 43. Medidas del predio propuestas, con las unidades para repotenciar la PTAR.	84
Figura 44. Tapas metálicas deterioradas, y tapas de hormigón (pesadas).	85

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental, está enfocado en la evaluación del correcto funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), ubicada en la parroquia La Victoria; para lo cual se utilizaron las normativas vigentes nacionales e internacionales; ya que el agua tratada desemboca en una quebrada seca ubicada en una zona que se encuentra en crecimiento poblacional y comercial.

Primero se realizó un levantamiento de información general: ubicación, visitas in situ, etc. Adicional a lo mencionado se llevó a cabo la medición de caudales en el afluente y efluente durante 30 días consecutivos, utilizando los conceptos y técnicas recomendadas por Metcalf & Eddy. Así también fue necesario una recolección de muestras compuestas, en el caudal de entrada y salida empleando las normas y técnicas establecidas en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (SMWW); para transportar las muestras a un laboratorio utilizando la normativa NTE INEN 2 169:1998.

Con los resultados obtenidos en laboratorio, que nos da a conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua en estudio; se procedió a comparar con los límites permitidos por el TULSMA para desembocar aguas tratadas a un cuerpo de agua dulce; complementado con un análisis técnico de las dimensiones de las unidades de tratamiento existentes, con los parámetros mínimos de diseño que recomiendan la CONAGUA y la OPS, se plantean alternativas viables, que generen una solución al sistema de tratamiento, como lo es implementar: un tanque repartido con bypass, un FAFA y un lecho de secado de lodos.

Palabras clave: PTAR, TULSMA, FAFA, lecho de secado, CONAGUA, OPS, aguas residuales, bypass, sedimentador, desarenador.

ABSTRACT

The present experimental work is focused on the evaluation of the correct operation of the Wastewater Treatment Plant (WWTP), located in the parish of La Victoria; for which the national and international regulations in force were used, since the treated water flows into a dry creek located in an area that is undergoing population and commercial growth.

First, a general information survey was carried out: location, on-site visits, etc. In addition to the aforementioned, flow measurements were taken in the influent and effluent for 30 consecutive days, using the concepts and techniques recommended by Metcalf & Eddy. It was also necessary to collect composite samples in the inflow and outflow using the standards and techniques established in the Standard Methods for the Analysis of Drinking and Waste Water (SMWW); to transport the samples to a laboratory using the NTE INEN 2 169:1998 standard.

With the results obtained in the laboratory, which gives us to know the physical, chemical and biological properties of the water under study, we proceeded to compare with the limits allowed by the TULSMA to discharge treated water into a body of fresh water, complemented with a technical analysis of the dimensions of the existing treatment units, with the minimum design parameters recommended by CONAGUA and PAHO, viable alternatives are proposed, which generate a solution to the treatment system, such as implementing: A split tank with bypass, a FAFA and a sludge drying bed.

Keywords: WWTP, TULSMA, FAFA, drying bed, CONAGUA, OPS, wastewater, bypass, settler, desander.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

El agua es considerada un elemento indispensable en el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Por tal razón, es esencial en la vida cotidiana de las personas, sobre todo en el uso doméstico; higiene y alimentación. Además, que a nivel industrial es aprovechada en la agricultura, producción de energía eléctrica, etc. [1]

Se considera agua apta para el consumo humano, siempre que, esta se encuentre libre de cualquier tipo de impurezas, como son la orina o heces de animales o personas, o desechos depositados por cualquier industria.

A nivel mundial la OMS/UNICEF registran que un 18% de la población carece de agua apta para el consumo humano, y el 42% no disponen de acceso a servicios básicos de saneamiento. Mientras que, en nuestro país, se registra un acceso al agua de consumo en el sector urbano del 82% y en el sector rural del 49%.

La National Academy of Sciences (Academia Nacional de Ciencias) menciona que el agua contaminada puede ser mortal, y se registra a 1,8 millones de personas fallecidas anualmente por enfermedades como el cólera; una enfermedad diarreica provocada por ingerir agua en condiciones desapropiadas. [2]

El agua residual, se forma después del proceso que sufre al ser consumida o utilizada en el área doméstica, municipal e industrial. [3] Alrededor del planeta, para el medio ambiente, las aguas residuales que se originan en actividades antropogénicas, [4] se han convertido en un serio problema, [5] deteriorando los entornos alrededor de donde se producen las descargas. [6]

En consecuencia, al desarrollo industrial, crecimiento poblacional, acompañado de un uso indiscriminado de agua, la demanda de esta aumenta, [7] provocando que se obtenga una liberación continua de grandes volúmenes de aguas residuales, que son vertidas al medioambiente o fuentes de agua naturales, sin ningún tratamiento previo, [5] creando

problemas de contaminación ambiental y afecciones a la salud de las personas, [8] que voluntaria o accidentalmente consumen el agua contaminada o son expuestas a ella. [7]

Datos de la ONU afirman que alrededor del 20% de las enfermedades que aquejan a las personas, son producidas por la mala calidad del agua, en especial en los menores. [9] Los niños son los principales afectados con problemas de desnutrición, enfermedades gastrointestinales; “Un 70% de las enfermedades diarreicas son producidas por el consumo de agua o alimentos contaminados [10]”, enfermedades dérmicas, y en el peor de los casos infecciosas. En ocasiones la mortalidad de los infantes por el consumo de agua en mala calidad, puede alcanzar un porcentaje del 10 % del total de las enfermedades en un país. [7]

Uno de los peores contaminantes para las aguas marinas, es sin duda el nitrógeno, y se detectó que este es agregado en una cantidad cercana a 6,2 millones de toneladas cada año, por las aguas residuales en los océanos. A nivel global, del 100% de la contaminación generada por nitrógeno emergente de las aguas residuales, el 63% es proveniente de las redes de alcantarillado, el 32% de la salida directa a los cuerpos receptores y el 5% de los sistemas de pozos sépticos. [11]

Alrededor del 80% de las aguas residuales en el mundo son vertidas a los cuerpos receptores, sin ser tratadas, según datos de las Naciones Unidas. [12] Los países desarrollados, es decir, los que tienen mayor accesibilidad económica tienen mayor porcentaje de aguas residuales tratadas; con un 70%. Por otro lado, los países con ingresos económicos medios-altos; tratan un 38% de aguas residuales, los países con un ingreso medio-bajo; un 28%, y finalmente, los países que presentan bajos ingresos económicos, se limitan a tratar un 8% del total de aguas residuales que producen. [13]

El Banco Internacional de Desarrollo (BID) señala que, del total de agua dulce existente en el planeta, el 33% de esta se encuentra en América Latina, lo que nos da un aproximado de 22 000 m³ de agua para cada individuo en un año. [8] Teniendo en cuenta que cerca del 50% de la población latina tiene acceso al servicio de alcantarillado, se calcula que 40 millones de m³ de agua residual son recolectadas diariamente; mismas que terminan en ríos, lagos y mares. [11]

En nuestra región (América Latina), se estima que solo el 30% de aguas residuales son tratadas antes de ser devueltas a seguir su ciclo natural, mientras que en Ecuador se considera que alrededor del 90% de aguas residuales, son devueltas a fuentes de agua dulce, sin recibir ningún tratamiento previo. En el campo industrial, más del 80% de aguas residuales producidas por empresas de todo tipo, son consideradas tóxicas con una alta carga orgánica y descargadas directamente a cuerpos receptores. [12]

En la división regional de Ecuador el 50% de las plantas de tratamiento del país se encuentran en la sierra; el 31% en la costa, el 18,5% en la región amazónica, y tan solo el 0,5% en la región insular. [8]

En el último censo publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), se registra que en Cotopaxi 36.529 personas tienen acceso a una red pública de alcantarillado, [14] mientras que en la parroquia La Victoria se tiene un estimado de 350 usuarios (acometidas) de alcantarillado, según la versión del Sr. Segundo Espinosa, presidente de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Victoria. [15]

1.1.2 Justificación

En un informe del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial publicado por el GAD Parroquia Rural de La Victoria en la administración 2014-2019, especifica que la Parroquia tiene una población de 3.016 personas y una extensión de 19,21 km². Los usuarios totales que tienen acceso a una red de agua potable, administrada por alguna junta administradora de agua es de 977 (acometidas).

Con lo referente a salud y saneamiento. El 15% de las viviendas no cuentan con unidades básicas sanitarias (UBS), el 16% cuentan con UBS fuera de la vivienda, y el 69% cuentan con UBS dentro de la vivienda, de estas viviendas el 53% tienen acceso a la red de alcantarillado que posteriormente desemboca en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que va a ser estudiada en este trabajo.

Las principales actividades económicas de la parroquia se centran básicamente en las artesanías de barro, la agricultura, y turismo en épocas festivas; por lo cual no se considera como aguas residuales industriales o tóxicas, a las aguas residuales generadas por la red de alcantarillado. [16]

En una entrevista con el operador de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Victoria (JAAPS) el Sr. Rodrigo Suntasig, supo informarnos que la planta fue construida en el año 2.000, han pasado 23 años desde su construcción y aparentemente ya ha cumplido su vida útil. [17]

Las Naciones Unidas, afirman que el saneamiento no es solo un problema de salud pública, ya que mejora significativamente la vida de las personas en el ámbito económico y social. Un saneamiento, eficiente ayuda a gestionar los recursos hídricos, mejora la nutrición de las personas, incentivando la asistencia a las escuelas en los menores, y oportunidades de trabajo en las personas adultas, especialmente en mujeres y niñas.

Se calcula que cada dólar que se invierte en saneamiento se lo recupera multiplicado por cinco, esto debido a la disminución en costos de salud, y el aporte positivo que se refleja en la productividad de todas las actividades diarias de la población, que va desde la educación hasta la productividad laboral.

Alrededor de 700 niños mueren día a día por complicaciones en la salud, consecuentes de un saneamiento ineficiente, agua no apta para el consumo humano o una mala higiene. Generalmente este tipo de afecciones se localizan en las comunidades más pobres. Sin embargo, el derecho básico humano, al agua y un saneamiento eficiente debe ser para todos, en todas partes. [18]

Alrededor del mundo se estima que cada año, aproximadamente 842.000 vidas se pueden salvar, con agua potable de calidad junto a un saneamiento apropiado, datos arrojados por de la Organización Mundial de la Salud y el Fondo Mundial para la Infancia (UNICEF).

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6 tiene como finalidad, disponibilidad y sostenibilidad de agua, además de un acceso global al saneamiento. Por lo tanto, la ONU fomenta procesar las aguas residuales en plantas de tratamiento, y devolverlas al medio ambiente en forma segura, y en lo posible usar este proceso para generar energía y fertilizantes. [19]

La Organización Panamericana de la Salud, enfatiza en la problemática que puede causar una disposición inadecuada de las aguas residuales, ya que además de ser perjudicial para la calidad de vida de la persona, afectan a la integridad de las cuencas hidrográficas y fuentes de agua en particular. Consecuentemente a lo mencionado y unido a una carencia de agua potable, se crean ambientes insalubres que propician enfermedades y baja productividad en la población. [20]

La Constitución de la República del Ecuador en el (TÍTULO II – DERECHOS, Sección segunda – Ambiente sano), menciona; Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir (Artículo 14). [21]

La función principal de la PTAR de la parroquia La Victoria es disminuir el impacto ambiental que generan las aguas residuales, recolectadas en la red de alcantarillado, por esta razón; si el sistema trabaja de manera ineficiente a la solicitud de caudales que expulsa la red, ocasionará conflictos que pueden contaminar el medio ambiente, y consecuentemente, provocar afecciones a la salud de los pobladores en zonas aledañas a

la descarga del agua contaminada. Por esta razón, y debido a que la planta ya ha cumplido muchos años de vida útil desde su construcción, es necesario realizar una correcta evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de precisar la eficacia del funcionamiento de dicha planta y anticipar futuros problemas que se puedan presentar.

Con lo antes mencionado, este proyecto pretende desarrollar una evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector Valle Mulinliví de la parroquia La Victoria, perteneciente al cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, con la finalidad de determinar la condición actual del sistema de tratamiento, y finalmente proponer posibles soluciones de ser necesarias para que la planta tenga un funcionamiento adecuado, cumpliendo con los parámetros de calidad de vertidos conforme al Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).

1.1.3 Fundamentación teórica

1.1.3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), tiene como objetivo eliminar las impurezas de las aguas residuales, [8] mediante procesos físicos, químicos y bioquímicos; [10] y así, producir efluentes que al descargar a los cuerpos receptores, sean más amigables con el medio ambiente, cumpliendo con los estándares establecidos a nivel nacional o local. [8] Las características de diseño de las PTAR, variarán dependiendo las características de las aguas residuales, y el nivel de descontaminación deseado. [10]

1.1.3.2 Aguas residuales

Se le denomina agua residual a la cual después de haber sido utilizada o consumida por el ser humano ha quedado contaminada, [11] dentro de su caudal arrastra sólidos acuáticos y fluidos derivados de diferentes usos: caseros, mecánicos o empresariales. [12] En estos procesos la calidad del agua se ve deteriorada, sin embargo, las aguas residuales básicamente están compuestas de 99% agua, y tan solo 1% sólidos disueltos, suspendidos o coloidales. [11]

1.1.3.3 Características de las aguas residuales

Las características más importantes de las aguas residuales (AR), son las características:

- Físicas
- Químicas
- Biológicas

Que a continuación en la Tabla 1 se las detalla y subdivide especificando su origen o procedencia.

Tabla 1. Caracterización de las aguas residuales (AR) y su origen o procedencia.

CARACTERÍSTICAS		ORIGEN O PROCEDENCIA
CARACTERIZACIÓN FÍSICA		
	Color	AR domésticas e industriales
	Olor	AR en descomposición, residuos industriales
	Sólidos	Malas conexiones, suelo erosionado, agua de suministro y AR industriales y domésticas
	Temperatura	AR industriales y domésticas
CONSTITUYENTES QUÍMICOS		
ORGÁNICOS		
	Carbohidratos	AR comerciales, domésticas e industriales
	Grasas animales, aceites y grasa	
	Pesticidas	Desechos o residuos agrícolas
	Fenoles	Vertederos de AR industriales
	Proteínas	AR comerciales, domésticas e industriales
	Contaminantes prioritarios	
	Agentes tensocativos	
	Compuestos orgánicos volátiles	
	Otros	Descomposición natural de la materia orgánica
INORGÁNICOS		
	Alcalinidad	AR domésticas, agua subterránea y de suministro
	Cloruros	
	Metales Pesados	Vertederos de AR industriales
	Nitrógeno	Desechos o residuos agrícolas y AR domésticas
	pH	AR comerciales, domésticas e industriales
	Fósforo	AR comerciales, domésticas e industriales, agua lluvia
	Contaminantes prioritarios	AR comerciales, domésticas e industriales
	Azufre	
GASES		
	Sulfuro de hidrógeno	Degradación de residuos domésticos
	Metano	
	Oxígeno	Infiltración de agua superficial de suministro
CONSTITUYENTES BIOLÓGICOS		
	Animales	PTAR y cursor de agua
	Plantas	
	Protistas:	PTAR, AR doméstica e infiltración de agua superficial
	Eubacterias	
	Arqueobacterias	
	Virus	AR domésticas

Fuente: METCALF & EDDY [22]

1.1.3.4 Tipos de aguas residuales

1.1.3.4.1 Agua residual doméstica

Son las aguas producidas en actividades antropogénicas comunes de las personas en el día a día, como son el lavado del cuerpo con detergentes, lavado de vestimenta y limpieza de desperdicios de cocina, entre otros. Característicamente estas llevan en suspensión orina y heces fecales, detergentes disueltos, grasas y aceites. [11]

1.1.3.4.2 Agua residual urbana

Los componentes de este tipo de agua residual son básicamente los mismo que se encuentran en la doméstica, con la peculiaridad que se le suman los caudales generados por instituciones, locales comerciales y otras actividades afines. En resumen, las aguas residuales urbanas es la recolección de aguas generadas en un área determinada. [7]

1.1.3.4.3 Agua residual municipal

A las aguas generadas en los camales, se las considera con esta denominación, no debe ser vertida en el sistema de alcantarillado, y se solicita una PTAR trate directamente este tipo de agua, en el sitio donde es generada. [12]

1.1.3.4.4 Agua residual industrial

Como su descripción lo menciona, es toda agua generada por industrias, como son mecánica, hospitales, industria agrícola, etc. Por su alta carga de contaminación y en ocasiones contener desechos tóxicos y nocivos para la salud, no se permite transportarla en la red de alcantarillado público, al igual que las aguas residuales municipales, deben ser tratadas de manera particular. [12]

1.1.3.5 Calidad del agua

La calidad del agua depende para el fin que se le va a dar; si un agua es idónea para la vida acuática (peces), no necesariamente debe ser adecuada para la natación; o si un agua es apta para el consumo humano, no necesariamente es adecuada para la industria. Sin

embargo, la calidad del agua residual que es vertida en cualquier cuerpo receptor, necesariamente no debe representar ningún peligro importante, para la salud humana o el medio ambiente. [12]

1.1.3.6 Tratamiento de aguas residuales

El principal objetivo del tratamiento de aguas residuales es que; mediante un proceso de reducción, degradación o separación de cualquier agente contaminante, [7] se obtenga efluentes más limpios a los caudales de entrada, mismos que puedan descargarse al medio ambiente, sin producir algún efecto dañino, cumpliendo con los estándares de descarga, nacionales o locales. [8]

1.1.3.7 Métodos de tratamiento de aguas residuales

Los agentes contaminantes de las aguas residuales, pueden eliminarse mediante procesos(métodos) físicos, químicos y/o biológicos, a pesar de que, para el funcionamiento de una PTAR, estos métodos trabajen en conjunto, es importante detallar las características de cada uno. [23]

Tabla 2. Clasificación de los métodos de tratamiento de las aguas residuales.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
OPERACIONES FÍSICAS	En este proceso, predomina la acción de fuerzas físicas como son:
	Sedimentación filtración flotación Transferencia de gases Desbaste Mezclado Floculación
PROCESOS QUÍMICOS	Este proceso conlleva productos químicos y desarrolla reacciones químicas, los más comunes son:
	Fenómeno de Precipitación Adsorción Desinfección
PROCESOS BIOLÓGICOS	Este se usa para la eliminación de sustancias orgánicas biodegradables, en sus formas:
	Coloidal Disolución

Fuente: METCALF & EDDY [23]

1.1.3.8 Tipos de tratamientos de aguas residuales

Las etapas o tipos de tratamientos de aguas residuales, se combinan para dar lugar a distintos niveles de tratamiento, dependiendo el agua a tratarse y los contaminantes que la componen. [23]

1.1.3.8.1 Tratamiento preliminar

Se define como tratamiento preliminar, a preparar el afluente de las aguas residuales, eliminando o reduciendo los sólidos grandes (trapos, grasas, etc.) de la misma, ya que la presencia de estos en las etapas posteriores, puede producir complicaciones en el funcionamiento y mantenimiento de los procesos subsecuentes al tratamiento de aguas residuales.

- Rejillas
- Trampa de grasas
- Desarenador [23]

1.1.3.8.2 Tratamiento primario

Después de la eliminación de los sólidos grandes, continuamos con la eliminación de materia orgánica del agua residual y los sólidos en suspensión, a esta se la conoce como tratamiento primario, que se la realiza básicamente con operaciones físicas como son:

- El tamizado
- La sedimentación

La descarga de este tratamiento, normalmente contiene una alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), y cuantiosa cantidad de materia orgánica. [23]

1.1.3.8.3 Tratamiento secundario

Además de la eliminación de los sólidos en suspensión, en esta etapa también se pretende eliminar compuestos orgánicos biodegradables, adicional a esto, en el tratamiento secundario frecuentemente se opta por la desinfección. Es así como podemos especificar

al tratamiento secundario como una combinación de diferentes procesos, para obtener una eliminación más eficiente de los contaminantes de las aguas residuales, usando inclusive un tratamiento biológico como puede ser:

- Sistemas de lagunaje
- Reactores de lecho fino
- Fangos activados
- Sedimentación [23]

1.1.3.9 Descarga de aguas residuales tratadas

Se considera descargas aguas residuales a los efluentes contaminados con la actividad humana, en este caso se señalarán dos casos y sus normas generales para poder descargar; en sistemas de alcantarillado, y en cuerpos receptores de agua dulce.

Descargas al sistema de alcantarillado

Está estrictamente prohibido descargar a un sistema de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, de manera directa, aguas residuales provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos, sean estos aéreos o terrestres, así también se precautela el correcto funcionamiento de los accesorios que componen un sistema de alcantarillado, porque los siguientes materiales y sustancias no deben ser vertidas a la alcantarilla:

- Fragmentos de piedra
- Ceniza
- Vidrios
- Arena
- Basura común
- Fragmentos de tela
- Fragmentos textiles, etc. [24]

Cualquier sólido está estrictamente prohibido, aún si estos son triturados:

- Plásticos

- Cemento
- Hidróxido de calcio
- Resinas sintéticas

Cualquier fluido que tienden a endurecerse también serán excluidos de los sistemas de alcantarillado:

- Levadura
- Residuos de malta
- Látex
- Bitumen
- Aceites vegetales y animales
- Gasolina
- Petróleo, etc. [24]

Descargas a cuerpos receptores de agua dulce

Al igual que en los sistemas de alcantarillado se prohíbe la descarga directa o sin tratamiento previo de las aguas residuales hacia los canales de: riego, de conducción de agua a un embalse, de drenaje pluvial o a cualquier cuerpo receptor. Producidas en el lavado o mantenimiento de cualquier tipo de vehículos, aguas residuales que contengan sustancias químicas, tóxicas o con algún contenido agroquímico.

Las aguas residuales de cualquier origen: privado o público, que no cumplan con los parámetros de la Tabla 3; deberán ser tratadas adecuadamente antes de su descarga al medio ambiente. Además, todo sistema de tratamiento debe tener un plan de contingencia para enfrentar cualquier eventualidad que pueda afectar la eficiencia del mismo. [24]

A continuación, se detalla los parámetros permitidos en aguas residuales para ser descargadas en cuerpos receptores de agua dulce. Exponiendo las unidades correspondientes de cada parámetro y el límite máximo permisible en cada uno.

Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetros	Nomenclatura	Unidad	Límite máximo permisible
Grasas y Aceites	Sus. Soluble en hexano	mg/lit	30,00
Explosivas inflamables	Sustancias	mg/lit	Cero
Alkil mercurio	...	mg/lit	No se puede detectar
Aluminio	Al	mg/lit	5,00
Arsénico total	As	mg/lit	0,10
Cadmio	Cd	mg/lit	0,02
Cianuro total	CN	mg/lit	1,00
Cinc	Zn	mg/lit	10,00
Cloro Activado	Cl	mg/lit	0,50
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/lit	0,10
Cobalto total	Co	mg/lit	0,50
Cobre	Cu	mg/lit	1,00
Compuestos fenólicos	Expr como fenol	mg/lit	0,20
Compuestos organocloratos	Organocloratos totales	mg/lit	0,05
Cromo hexavalente	(Co) ⁽⁶⁾	mg/lit	0,50
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/lit	250,00
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/lit	500,00
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/lit	1,00
Fósforo Total	P	mg/lit	15,00
Hierro total	Fe	mg/lit	25,00
Hidrocarburos Totales de petróleo	TPH	mg/lit	20,00
Manganeso Total	Mn	mg/lit	10,00
Materia Flotante	Visibles	mg/lit	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/lit	0,010
Níquel	Ni	mg/lit	2,00
Nitrógeno amoniacal	N	mg/lit	60,00
Nitrógeno Total Kjedahí	N	mg/lit	50,00

Fuente: MINISTERIO DEL AMBIENTE [25]

Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetros	Nomenclatura	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados y Carbamatos	Especies totales	mg/lit	0,10
Plata	Ag	mg/lit	0,50
Plomo	Pb	mg/lit	0,50
Potencial de Hidrógeno	pH	mg/lit	6-9
Selenio	Se	mg/lit	0,50
Sólidos Sedimentables		ml/lit	20,00
Sólidos Suspendidos Totales	SSt	mg/lit	220,00
Sólidos Totales	ST	mg/lit	1600,00
Sulfatos	(SO ₄) ⁻²	mg/lit	400,00
Sulfuros	S ⁻²	mg/lit	1,00
Temperatura	°C	mg/lit	<45,00
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/lit	2,00
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/lit	1,00
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/lit	1,00

Fuente: MINISTERIO DEL AMBIENTE [25]

Tabla 4. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Nomenclatura	Unidad	Límite máximo permisible
Grasas y Aceites	Sus. Soluble en hexano	mg/lt	30,00
Alkil mercurio	mg/lt	No se puede detectar
Aluminio	Al	mg/lt	5,00
Arsénico total	As	mg/lt	0,10
Bario	Ba	mg/lt	2,00
Boro total	B	mg/lt	2,00
Cadmio	Cd	mg/lt	0,02
Cianuro Activo	CN	mg/lt	0,10
Cinc	Zn	mg/lt	5,00
Cloro Activado	Cl	mg/lt	0,50
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/lt	0,10
Cloruros	Cl	mg/lt	1000,00
Cobre	Cu	mg/lt	1,00
Cobalto	Co	mg/lt	0,50
Coliflores Fecales	NMP	NMP/100ml	200,00
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/lt	0,20
Cromo hexavalente	(Co)^ (6)	mg/lt	0,50
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBQ5	mg/lt	100,00
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/lt	200,00
Estaño	Sn	mg/lt	5,00
Fluoruros	F	mg/lt	5,00
Fósforo Total	P	mg/lt	10,00
Hierro total	Fe	mg/lt	10,00
Hidrocarburos Totales de petróleo	TPH	mg/lt	20,00
Manganeso Total	Mn	mg/lt	2,00
Materia Flotante	Visibles	mg/lt	Ausencia

Fuente: MINISTERIO DEL AMBIENTE [25]

Tabla 4. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Nomenclatura	Unidad	Límite máximo permisible
Mercurio total	Hg	mg/lit	0,005
Níquel	Ni	mg/lit	2,00
Nitrógeno amoniacal	N	mg/lit	30,00
Nitrógeno Total Kjedahí	N	mg/lit	50,00
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/lit	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/lit	0,10
Plata	Ag	mg/lit	0,10
Plomo	Pb	mg/lit	0,20
Potencial de Hidrógeno	pH	mg/lit	6-9
Selenio	Se	mg/lit	0,10
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/lit	130,00
Sólidos Totales	ST	mg/lit	1600,00
Sulfatos	(SO ₄) ²⁻	mg/lit	1000,00
Sulfuros	S ²⁻	mg/lit	0,50
Temperatura	°C	mg/lit	condición natural +- 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/lit	0,50
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/lit	1,00
La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida			

Fuente: MINISTERIO DEL AMBIENTE [25]

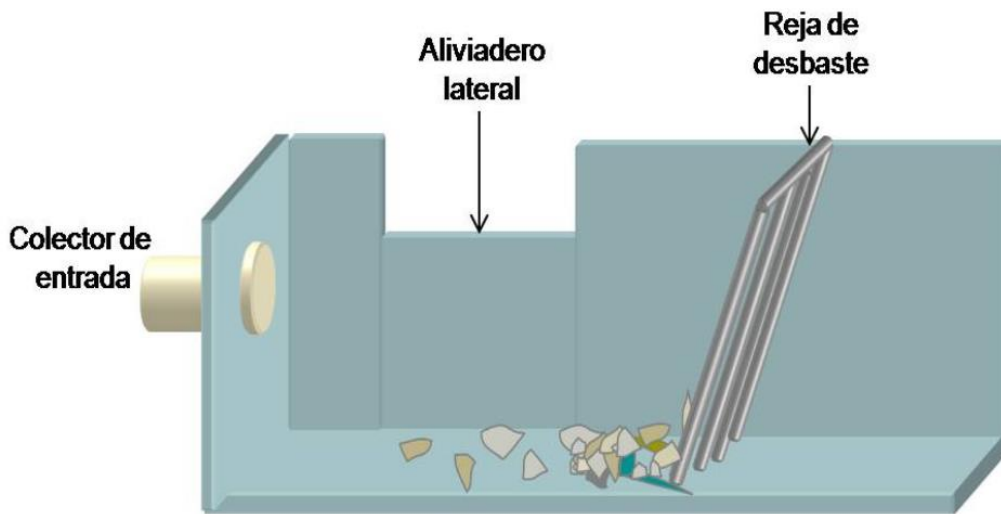
1.1.3.10 Componentes para el tratamiento de aguas residuales

En una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), están presentes varias etapas o fases que va recorriendo el agua residual, hasta llegar a ser lo suficientemente descontaminada para ser vertida al medio ambiente.

1.1.3.10.1 Cribado

Dentro del diagrama de flujo que corresponde a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), la primera operación a realizarse es el cribado o desbaste, que básicamente se describe como la separación de los sólidos gruesos existentes, mediante una malla o rejillas, generalmente con un tamaño de apertura uniforme. [26]

Figura 1. Esquema básico de Cribado o desbaste



Fuente: J. GARCÍA & A. COROZO [27]

1.1.3.10.2 Desarenador

La función principal de un desarenador es precisamente la eliminación o separación del agua residual a las arenas, gravas, ceniza, o cualquier otro sólido que tenga una velocidad de sedimentación alta, generalmente se ubica dentro de la PTAR, después del proceso de desbaste o cribado y antes de los tanques sépticos o tanques de sedimentación.

Esto se lo hace para prevenir:

- Daños a los elementos mecánicos y el desgaste excesivo
- Reducir depósitos muy pesados en el interior de canales, tuberías y conducciones
- Reducir la frecuencia de limpieza y mantenimiento a la PTAR

Los desarenadores también se clasifican de la siguiente manera:

- De flujo horizontal

- De diseño rectangular o cuadrado:
 - Aireados
 - De vórtice [28]

Figura 2. Esquema básico de Desarenador

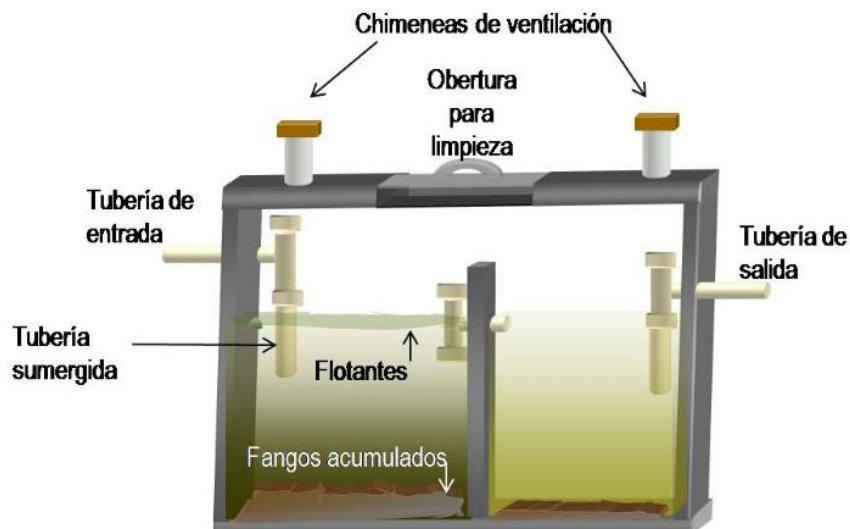


Fuente: J. GARCÍA & A. COROZO [27]

1.1.3.10.3 Tanque Séptico

Los Tanques o Fosas Sépticas, son parte del tratamiento primario de las PTAR, Es estos tanques se produce una separación de los sólidos del agua, por la diferencia de densidades y gravedad entre los sólidos y el agua. los sólidos más pesados naturalmente se depositan en el fondo del tanque, mientras que los de menor densidad, emergen a la superficie, formando una costra flotante en la superficie del agua. Lo más típico es construir dos cámaras en este tipo de tanques, ya que los sólidos que puedan escaparse de la primera cámara, en la segunda cumplirán el mismo proceso, reposando en la superficie o en el fondo dependiendo su densidad. [27]

Figura 3. Esquema básico de Tanque Séptico

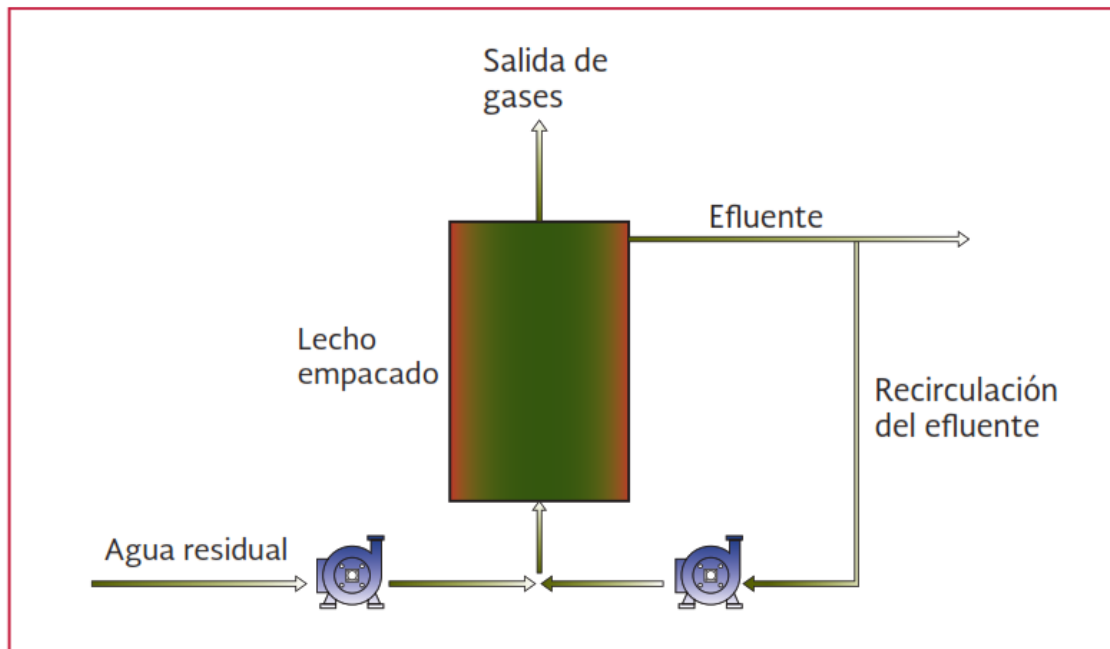


Fuente: J. GARCÍA & A. COROZO [27]

1.1.3.10.4 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Se describe como FAFA a un sistema de tratamiento que es usado posterior al tanque séptico, ya que en este proceso se busca la refinación del agua residual, eliminando la materia orgánica. Para este proceso es necesario algún material filtrante que puede variar dependiendo el lugar de instauración de la PTAR y los materiales que sean más exequibles: puede ser grava, ripio, arena limpia, anillos de bambú, además de materiales sintéticos como son; plásticos corrugados, módulos tubulares, anillos plásticos etc. Una de las principales ventajas de este proceso es genera bio gas y se lo puede usar como combustible, o medio energético. [29]

Figura 4. Esquema básico de Tanque Séptico



Fuente: CONAGUA [29]

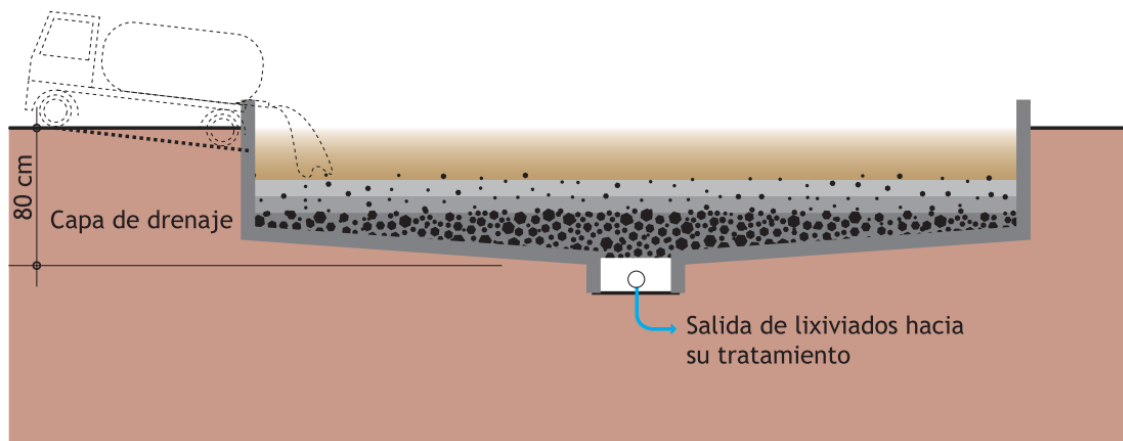
1.1.3.10.5 Lecho de secado de lodos

Los lechos de secado de lodos, se los describe como grandes fosas que tienen en el fondo camas de arena o ripio, que funcionan como filtro para separar los sólidos de los lixiviados, adicional a esto el agua también se elimina por evaporación gracias a la temperatura ambiental. Los lixiviados y la evaporación pueden reducir desde un 50% hasta un 80% del volumen inicial de lodos antes del secado final.

Se denomina como lixiviado a los líquidos emergentes de los lodos, estos son altamente contaminados y deben ingresar nuevamente a la PTAR antes de ser devueltos al medio ambiente.

El fácil uso de este proceso, y su costo económico son dos grandes ventajas de usar lecho de secado de lodos, sin embargo, es pertinente tener presente que se necesita grandes extensiones de terreno, y la emisión de malos olores en el proceso. [30]

Figura 5. Esquema básico de Tanque Séptico



Fuente: BASSAN MAGALIE et al. [30]

1.1.3.10.6 Desinfección

La eliminación de microorganismos patógenos que causan afecciones a la salud, es el principal objetivo de la desinfección del agua, pueden ser:

- Hongos
- Bacteria
- Virus
- Protozoos

En el caso puntual del agua residual se busca no eliminar solo microorganismos patógenos, sino cualquier otro organismo vivo, si las pretensiones van más allá de una descarga a un cuerpo receptor y se le quiere dar algún uso específico.

Los principales procesos que se usan para este tratamiento son la cloración y ozonización. [31]

1.1.3.11 Parámetros de las aguas residuales

Existen varios parámetros que el TULSMA exige antes de que las aguas sean vertidas a un cuerpo receptor, aquí detallamos los más importantes.

1.1.3.11.1 Contenido de sólidos

Los contenidos sólidos de mayor tamaño son retenidos en los primeros componentes de la PTAR, por las rejillas del proceso de cribado y también por el desarenador, a lo largo del proceso de tratamiento, es la función base de la PTAR, separar los sólidos orgánicos o inorgánicos del agua, para avanzar en su purificación. En la Tabla 3 se detalla los límites permisibles para los sólidos en mg/lit. Siempre que los sistemas preliminares y primarios, funciones de manera adecuada, la eliminación de sólido es muy elevada, hasta un 90%, produciendo efluentes con concentraciones menores a 20 mg/lit. [27]

1.1.3.11.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

A este parámetro se lo define como la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos puedan degradar la materia orgánica presente en un cuerpo de agua. regularmente esta prueba se la realiza en un espacio de 3 o 5 días a 20 °C, y se lo expresa como DBO o DBO5 respectivamente. [12]

1.1.3.11.3 Demanda química de oxígeno (DQO)

Por medio del dicromato de potasio o el permanganato de potasio, mide la relación entre la materia orgánica del agua y el oxígeno necesario para poder oxidarla. [12]

1.1.3.11.4 Potencial hidrógeno (PH)

El Potencial Hidrógeno (pH), mide el nivel de acidez o alcalinidad del agua. En cualquiera de los casos, si el agua tiende a ser muy ácida o tiene características elevadas de alcalinidad o basicidad, puede causar efectos dañinos alrededor del lugar donde es vertido. [12]

1.1.3.11.5 Nitrógeno (N)

En las aguas residuales, se lo encuentra regularmente en forma de amonio o también como nitrógeno orgánico. [27] Como ya se había mencionado uno de los peores contaminantes para las aguas marinas, es sin duda el nitrógeno, y se detectó que este es agregado en una cantidad cercana a 6,2 millones de toneladas cada año, por las aguas residuales en los océanos. A nivel global, del 100% de la contaminación generada por nitrógeno emergente de las aguas residuales, el 63% es proveniente de las redes de alcantarillado, el 32% de la salida directa a los cuerpos receptores y el 5% de los sistemas de pozos sépticos. [11]

1.1.3.11.6 Fósforo (P)

La eliminación del Fósforo (P) tiende a complicarse. En las PTAR, se alcanza a eliminar alrededor del 10% al 20% del total contenido en el agua residual. para este proceso se usan mecanismos bióticos y abióticos. Los bióticos incluyen plantas y microorganismos que ayudan a la eliminación, mientras que los abióticos trabajan por la adsorción por medios granulares, estos últimos son los más eficaces, sin embargo, el tiempo de vida útil es limitado, los granulares tienen gran absorción del fósforo, pero su desgaste es rápido y requieren de cambios frecuentes. [27]

1.1.4 Hipótesis

Hipótesis de trabajo

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Valle Mulinlivi de la Parroquia la Victoria, perteneciente al cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, no se encuentra funcionando correctamente en el estado actual.

Hipótesis nula

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Valle Mulinlivi de la Parroquia la Victoria, perteneciente al cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, se encuentra funcionando correctamente en el estado actual.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Valle Mulinlivi de la parroquia La Victoria, perteneciente al cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Valle Mulinlivi de la parroquia La Victoria, perteneciente al cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, para el dimensionamiento de las unidades existentes.
- Analizar el influente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.
- Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.
- Proponer un rediseño para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

En este capítulo se especificará la metodología empleada para la elaboración del presente trabajo experimental; se detalla los materiales y equipos que se utilizaron, la población de muestra, el plan de recolección de información, investigación de campo y laboratorio, además de todas las fases necesarias que se deben ejecutar para cumplir con los objetivos propuestos.

2.1 Materiales y Equipos

Los Materiales y Equipo necesarios para efectuar el presente trabajo son los siguientes:

Tabla 5. Materiales.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Mascarillas	CAJA	1
Guantes de caucho	PAR	5
Guantes látex	CAJA	1
Botella de vidrio ámbar de 1 lt	U	2
Botella de vidrio ámbar de 0,5 lt	U	2
Hielera cooler	U	1
Hielo	BOLSAS	1
Jarra de 3,8 lt	U	1
vertedero de madera	U	1

Fuente: AUTOR

Tabla 6. Equipos.

EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD
Computador	U	1
Impresora	U	1
GPS	U	1
Dron	U	1
Cinta métrica	U	1
Flexómetro	U	1
Mandil	U	1
Celular	U	1
Cronómetro	U	1
Botas de trabajo	PAR	1

Fuente: AUTOR

2.2 Metodología

Con el fin generalizado de evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Valle Mulinlivi de la parroquia La Victoria, perteneciente al cantón

Pujilí, provincia de Cotopaxi; para cada objetivo específico se señalará las actividades, metodologías que se ejecuten y resultados obtenidos de cada uno.

Objetivo específico 1

- Realizar el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Valle Mulinlivi de la parroquia La Victoria, perteneciente al cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, para el dimensionamiento de las unidades existentes.

Tabla 7. Metodología objetivo específico 1.

Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Levantamiento topográfico del predio.	Toma aérea de ortofotos con ayuda un dron.	Planimetría del predio.
2	Levantamiento de las medidas correspondientes a los componentes existentes de la PTAR.	Medición de los componentes que conforman la PTAR, con el uso de cinta métrica y flexómetro.	Planos de la vista en planta con las unidades y ubicación de los componentes existentes en la PTAR.
3	Determinar la reseña histórica y funcionabilidad de la PTAR.	Entrevista con el presidente y operador de La Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Victoria.	Información referente a los años de funcionamiento de la PTAR. Acometidas del alcantarillado que descarga en la planta. Funcionamiento interno de la PTAR.

Fuente: AUTOR

Objetivo específico 2

- Analizar el influente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.

Tabla 8. Metodología objetivo específico 2.

Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Determinar el caudal de entrada y salida correspondientes a la PTAR	Mediante un método volumétrico se mide los caudales de entrada y salida con intervalos de una hora, por un periodo de 30 días consecutivos	valor numérico del caudal máximo diario y horario de entrada y salida
2	Analizar el grado de contaminación al gua tanto en el afluente como en el efluente.	Se realiza una toma de muestra compuesta en los puntos donde se hizo la medición de caudales, para posteriormente mediante un proceso de conservación en frío sean llevada a un laboratorio adecuado para su análisis respectivo.	Informe de laboratorio con los siguientes parámetros a ser analizados: pH, conductividad, TDS, DQO, ST, SST, amonio, nitrato, fosfato, cloruros, sulfatos, metales pesados, entre otros.

Fuente: AUTOR

Objetivo específico 3

- Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.

Tabla 9. Metodología objetivo específico 3.

Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Evaluación de los parámetros examinados en el informe del análisis de agua residual de la PTAR	Comparar los resultados arrojados en el informe de laboratorio, con los límites máximos permisibles expuestos por el TULSMA 2015 en la tabla 9. límites de descarga a un cuerpo de agua	Tablas comparativas entre los resultados del estudio de laboratorio del agua evaluada y el TULSMA 2015.
2	Evaluar la funcionalidad de la PTAR	Con los resultados y tablas comparativas antes realizadas, elaborar conclusiones del estado vigente de la PTAR.	Informe detallado de la funcionalidad de la PTAR, de acuerdo al estado actual de contaminación en el afluente y efluente.

Fuente: AUTOR

Objetivo específico 4

- Proponer un rediseño para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto.

Tabla 10. Metodología objetivo específico 4.

Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Identificar las unidades que requieran repotenciación o presenten problemas en la operatividad de la PTAR.	Con un dimensionamiento previo referente a los resultados de laboratorios, se evaluará cada una de las unidades que componen la PTAR.	Plantear soluciones para la repotenciación de las unidades que presentan problemas y componen la PTAR.
2	Elaborar un rediseño de la PTAR, considerando los cambios planteados en el punto anterior.	Con el nuevo dimensionamiento, tomando en cuenta el caudal actual y de diseño que se calculará, se realizará un nuevo diseño con su respectiva representación gráfica.	Planos del nuevo diseño de la PTAR.
3	Calcular el costo que tendrá la aplicación de la repotenciación de la PTAR.	Realizar un análisis de precios unitarios para los rubros que sean necesarios en la repotenciación de la PTAR en estudio.	Presupuesto de la aplicación material de este proyecto.

Fuente: AUTOR

2.2.1 Nivel o Tipo de Investigación

En el presente trabajo de titulación se emplearán 3 tipo de investigación:

- Exploratorio
- Descriptivo
- Explicativo

2.2.2 Población y Muestra

En este apartado se considerará como población de muestra a los datos que se obtienen; tanto de la medición de caudales, como de los estudios de laboratorio que serán evaluados en las muestras tomadas del afluente y efluente.

2.2.3 Plan de recolección de Información

Para la correcta ejecución del presente trabajo experimental, que se basa en evaluar la PTAR del sector Valle Mulinliví de la parroquia La Victoria, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, con la intención de diagnosticar su funcionamiento y plantear posibles mejoras en caso de que la PTAR lo requiera. Es indispensable desempeñar las siguientes fases de ejecución:

FASE I: revisión bibliográfica.

En esta fase, teniendo en base el marco teórico se llevará a cabo una revisión del origen de su contenido, teniendo en cuenta la bibliografía que sirvió de referencia para dichos conceptos.

FASE II: levantamiento de información de la PTAR.

A continuación, en la fase dos, se recopilará información de la PTAR relacionado a: levantamiento topográfico del predio, medición de los componentes o unidades que conforman la PTAR, determinar la reseña histórica y funcionalidad de la PTAR, etc.

FASE III: investigación de campo.

En la fase tres requerimos determinar el caudal de entrada y salida correspondientes a la PTAR, ejecutando el método volumétrico para la medición de caudales. Además se realizará una toma de muestras compuestas en los puntos donde se hizo la medición de caudales.

FASE IV: investigación de laboratorio.

Con las muestras tomadas en el ítem anterior, en la fase cuatro; las muestras serán analizadas mediante ensayos de laboratorio para comparar los resultados arrojados en el informe de laboratorio, con los límites permisibles expuestos por el TULSMA 2015. y así determinar el grado de contaminación tanto en el afluente con en el efluente.

FASE V: evaluación del estado y funcionamiento de la PTAR.

Como última fase se requiere identificar las unidades que requieran repotenciación o presenten problemas de operatividad dentro de la PTAR, de ser el caso; se realizará un rediseño de la planta, considerando las observaciones que se obtenga de cada unidad, e incrementar más unidades si así se lo requiere.

2.2.4 Levantamiento de información de la PTAR

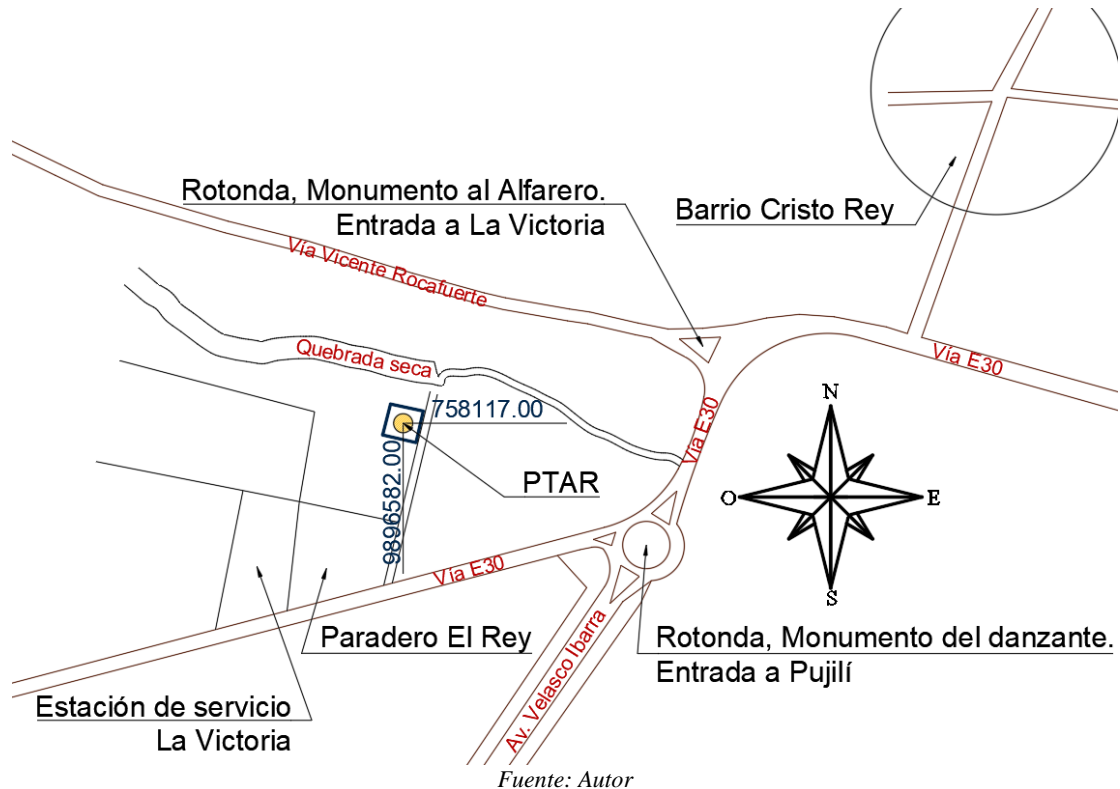
2.2.4.1 Ubicación

Fundada un 10 de junio del año 1935, la parroquia La Victoria, perteneciente al cantón Pujilí provincia de Cotopaxi, Se ubica a 10 kilómetros de la cabecera provincial Latacunga y a 6 Km de la cabecera cantonal Pujilí con un área total de 1921.53 ha o 19.21km². [16]

La PTAR encargada del tratamiento de las aguas servidas de esta parroquia se encuentra en la entrada a la misma, cerca de una quebrada seca donde se desemboca el agua tratada. A este sector se lo conoce como Valle Mulinliví, y está colindando con la cabecera cantonal Pujilí y con la cabecera provincial Latacunga. Mayor detalle de la ubicación,

linderos colindantes, área, etc. Se encuentra en ANEXOS-PLANOS-LEVNTAMIENTO PLANIMÉTRICO PTAR.

Figura 6. Croquis de la ubicación de la PTAR



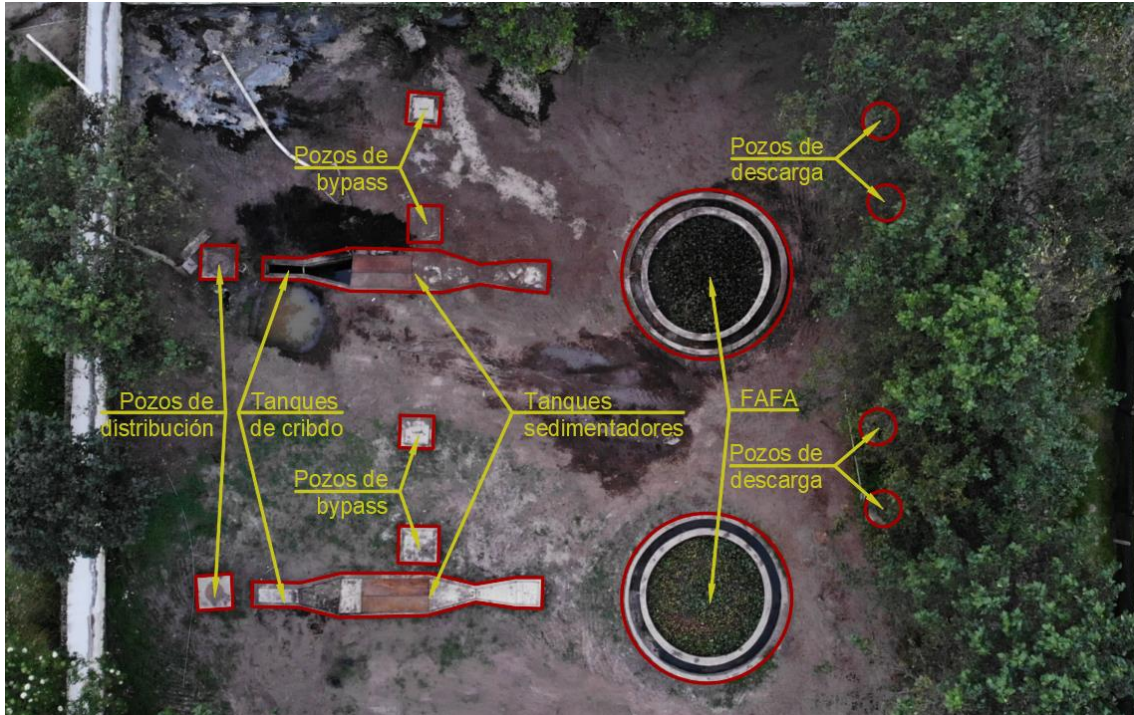
2.2.4.2 Unidades que conforman el tratamiento.

Diseñada con un pretratamiento y tratamiento primario; la PTAR está conformada por dos sistemas que trabajan de manera individual, lo mismo que permite limpiar un sistema cuando este lo requiera, o se encuentre lleno, mientras trabaja el sistema paralelo de manera regular.

Cada uno de los sistemas constan de:

- Un pozo encargado de distribuir las aguas residuales
- Dos pozos que funcionan como bypass en cada sistema
- Un tanque de cribado
- Un tanque desarenador
- Un tanque circular de sedimentación primaria
- Dos pozos de descarga que tienen conexión también a los pozos de bypass

Figura 7. Unidades que conforman el tratamiento actual

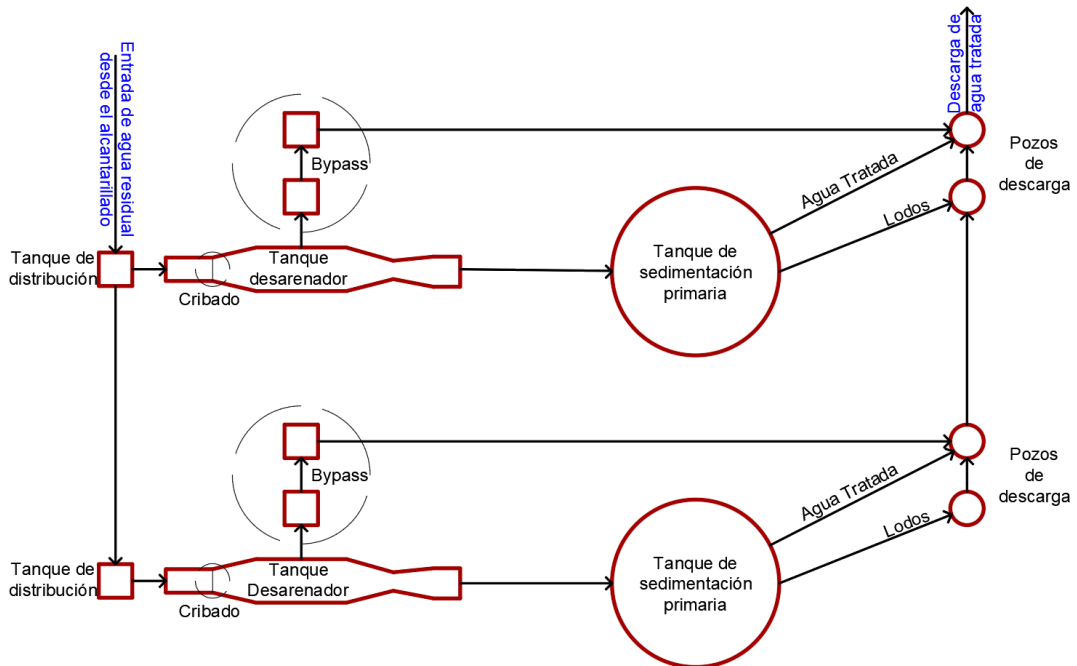


Fuente: Autor

2.2.4.3 Diagrama de flujo del proceso de tratamiento del agua residual

A continuación, se detalla el funcionamiento de la PTAR en una imagen explicativa del proceso que actualmente cumplen las aguas residuales.

Figura 8. Diagrama de flujo del funcionamiento actual de la PTAR.



Fuente: Autor

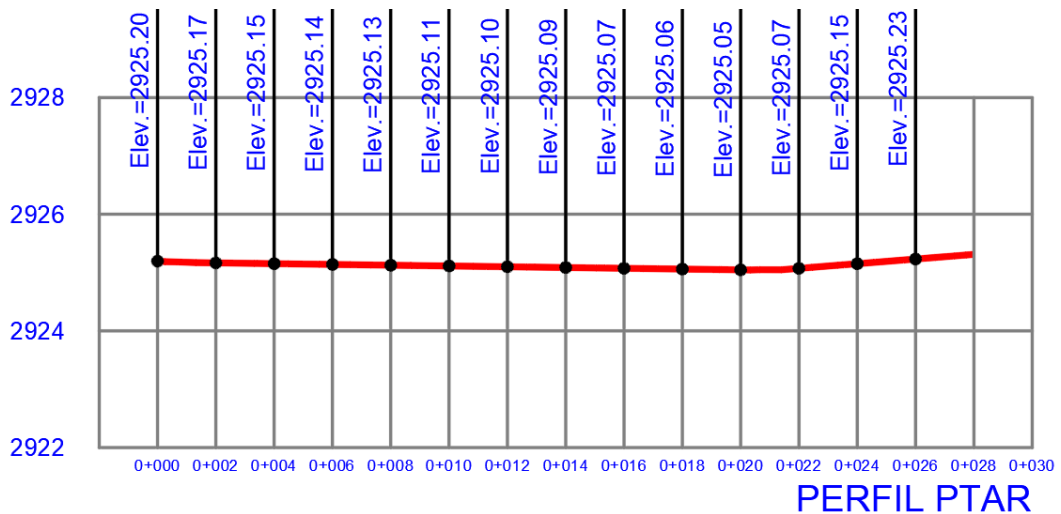
En la Figura 9 y 10. Se percibe que el terreno en el cual está implantada la PTAR es prácticamente plano, por lo que las pendientes se las ha elaborado profundizando las excavaciones, conforme el proceso de tratamiento avanza.

Figura 9. Vista en planta del corte para el detalle del perfil del terreno.



Fuente: Autor

Figura 10. Detalle del perfil del terreno (Distancias y elevaciones).



Fuente: Autor

2.2.4.4 Observaciones in situ en la PTAR

Los componentes de hormigón a pesar del tiempo, se encuentran en buen estado, sin embargo, la capacidad de los componentes con respecto al volumen de agua que necesita ser tratada llega a tener déficit, ya que en días lluviosos la PTAR colapsa y se inunda.

Adicional a lo ya mencionado cuenta solo un pretratamiento y tratamiento primario para tratar el agua residual, como son el tanque de cribado, tanque desarenador y el tanque de sedimentación primaria. no cuenta con un FAFAS ni un lecho para secado de lodos, este último se lo realiza de manera improvisada, cavando agujeros junto al tanque de sedimentación primaria, para allí colocar los lodos, y puedan secarse con la temperatura ambiental.

Existe una válvula de lodos en cada una de los tanques sedimentadores, y evacua directamente a los pozos de descarga como se muestra en el diagrama de flujo (Figura 8), por lo que el cuerpo receptor está expuesto de manera directa a los contaminantes que producen estos lodos.

Con respecto a los bypass, se observó que no son funcionales; cuando existe exceso de agua provocado por las precipitaciones, ya que funcionan con una válvula que debe ser accionada de manera manual, para que el agua pueda circular, además que el bypass se encuentra conectado en la parte inferior del tanque desarenador, y de esta manera al ser accionada la válvula de paso, no solo evacúa el exceso de aguas lluvia, evacuaría las arenas sedimentadas por encontrarse en el fondo del mismo. Y más bien funcionan como válvulas para descargar la arena de los tanques desarenadores, de la igual manera directo a los pozos de descarga y posterior al cuerpo receptor

Figura 11. PTAR inundada en temporadas lluviosas.



Fuente: Autor

2.2.5 Investigación de campo

En este apartado del presente trabajo experimental, se realizará una visita técnica al lugar exacto donde se encuentra la PTAR, para realizar mediciones de las unidades que conforman el tratamiento actual y la medición de los caudales entrantes y salientes, así también un levantamiento topográfico con la ayuda de un dron, GPS y cinta. Esto nos será útil principalmente para conocer los volúmenes actuales de los componentes que ayudan a tratar las aguas residuales, y así, evaluar si el tratamiento es adecuado o requiere un mejoramiento en la infraestructura.

Figura 12. Visita técnica a la PTAR.



Fuente: Autor

Figura 13. Entrevista al presidente y operador de la JAAPS La Victoria.



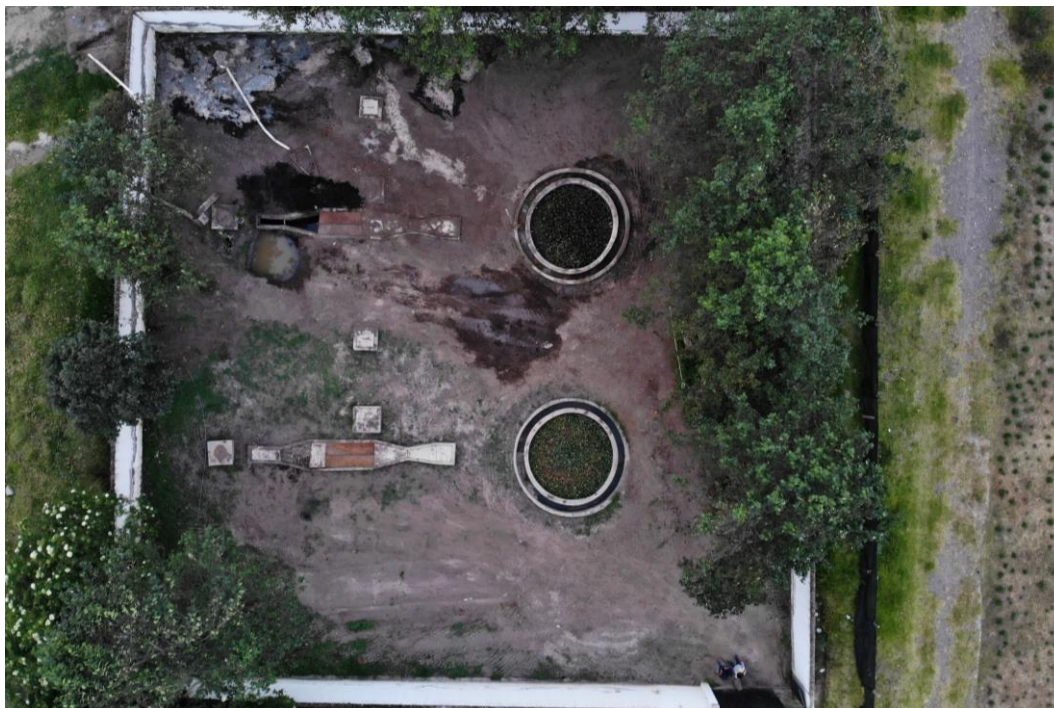
Fuente: Autor

Figura 14. Medición de las unidades que conforman la PTAR.



Fuente: Autor

Figura 15. Toma aérea del predio de la PTAR - levantamiento topográfico.



Fuente: Autor

2.2.5.1 Medición de caudales

Para la medición de caudales, se utilizó el método volumétrico; en el caudal de entrada al sistema de tratamiento al igual que en caudal de salida, con un recipiente de 3,8 litros de capacidad.

En el afluente fue necesario instalar un vertedero, para facilitar la medición de caudales por este método.

Figura 16. Medición de caudales afluente.



Fuente: Autor

Para la medición en el efluente se lo hizo directamente en el pozo de descarga, usando el mismo método y el mismo recipiente.

Figura 17. Medición de caudales afluente.



Fuente: Autor

Para determinar el caudal que es necesario ser tratado, es esencial obtener el valor máximo de caudal registrado en una hora por año, conocido como caudal máximo horario. Por lo tanto, la medición de caudales que ya fue descrita en el punto anterior se lo debería llevar en el lapso de 365 días para consumir un año calendario. Sin embargo, en el presente proyecto se empleará un análisis estadístico mediante el muestreo probabilístico, es decir, una selección aleatoria por su alta representatividad de la muestra y aplicación sencilla.

El proceso mencionado se lo aplica a poblaciones pequeñas, igual o menores a mil, dado que la población en este caso de 365, por referirse al año calendario, cumple con este requisito para su aplicabilidad. Y se determina un 17,5% de error en la generalización de los resultados. Dado que las actividades de la población no se registra la industria u otras actividades que se consideren críticas en la descarga de aguas servidas, se consideró al sistema de alcantarillado como un sistema doméstico o residencial.

La ecuación 1 determina el tamaño de muestra necesaria, para obtener un caudal aproximado a la realidad del caudal máximo horario.

$$n = \frac{N}{1 + N * E^2} \quad Ec. 1$$

Donde:

$N = \text{población} = 365 \text{ días}$

$n = \text{Tamaño de la muestra}$

$E = \text{índice de error que generalice resultados} = 0.175\% (0.175)$

$$n = \frac{365}{1 + 365 * 0.175^2}$$

$$n = 29.97$$

$$\mathbf{n = 30 \text{ días}}$$

Metcalf & Eddy indican que en la gran mayoría de casos prácticos se determinan datos obtenidos en los caudales en un periodo de 30 días con el fin de obtener resultados aproximados a la realidad, corroborando los cálculos obtenidos con la ecuación 1. Además, se debe considerar variables como el clima, vegetación y actividades antrópicas. [23]

Teniendo en cuenta que la parroquia en la cual se recolecta las aguas residuales, sus descargas son netamente domésticas. Se consideró un horario en el cual se nos de apertura a la planta por parte de las autoridades y, además, se encuentre en el rango horario donde las personas hacen uso del agua para que siga su ciclo hasta el alcantarillado y finalice en la planta de tratamiento. Por todo esto, el horario para la medición es de 8h00 a 16h00 teniendo un total de 8 mediciones diarias, en un periodo de 30 días consecutivos, desde el 31 de mayo del 2023 al 29 de junio del 2023.

TABLAS DE LOS CAUDALES DE ENTRADA

Tabla 11. Resumen, medición de los caudales en entrada.

RESUMEN MEDICIÓN DE CAUDALES DE ENTRADA DEL 31 DE MAYO AL 29 DE JUNIO DEL 2023								
MEDICIÓN EN lt/s								
HORA	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	POMEDIO
8h00 a 9h00	1,09	1,17	1,09	1,07	1,05	0,88	0,82	1,024
9h00 a 10h00	1,11	1,15	1,45	1,34	1,29	1,17	0,92	1,204
10h00 a 11h00	1,09	1,19	1,33	1,22	1,21	1,07	0,92	1,147
11h00 a 12h00	1,26	1,36	2,04	2	1,89	1,21	1,1	1,551
12h00 a 13h00	1,55	1,81	1,81	1,33	1,35	1,01	0,99	1,407
13h00 a 14h00	1,31	1,17	1,58	1,01	0,95	0,91	0,91	1,120
14h00 a 15h00	1,44	1,18	1,55	1,23	1,1	0,89	0,91	1,186
15h00 a 16h00	1,21	1,46	1,21	1,19	1,18	0,87	1,07	1,170

Fuente: AUTOR

En la Tabla 11. Se evidencia que el día viernes entre las 11h00 y 12h00, se registra el caudal máximo en el afluente con 2,04 lt/s, esto debido a que en ese horario los residentes preparan sus alimentos. Siendo un sector residencial, es normal ese horario para mayor demanda de caudal.

Tabla 12. Cuadro estadístico de los caudales en entrada.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS CAUDALES DE ENTRADA							
DESCRIPCIÓN	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
Promedio/Media	1,258	1,311	1,508	1,299	1,253	1,001	0,955
Mediana	1,235	1,185	1,500	1,225	1,195	0,960	0,920
Máximo	1,550	1,810	2,040	2,000	1,890	1,210	1,100
Mínimo	1,090	1,150	1,090	1,010	0,950	0,870	0,820
Rango	0,460	0,660	0,950	0,990	0,940	0,340	0,280
Suma	10,060	10,490	12,060	10,390	10,020	8,010	7,640
Varianza	0,029	0,053	0,097	0,093	0,083	0,018	0,009
Desviación Estándar	0,170	0,230	0,312	0,305	0,288	0,136	0,093
Cuenta	8	8	8	8	8	8	8
Error Típico	0,0600	0,0814	0,1102	0,1080	0,1018	0,0481	0,0328
Curtosis	-0,5705	2,9516	-0,2450	5,0206	3,8793	-1,4256	-0,4414
Coefficiente de Simetría	0,7215	1,7728	0,4673	2,0515	1,7569	0,6093	0,4500

Fuente: AUTOR

Tabla 13. Cuadro resumen de las medias de los caudales en entrada.

RESUMEN DE MEDIAS POR DÍA (lt/s)	
MIÉRCOLES	1,258
JUEVES	1,311
VIERNES	1,508
SÁBADO	1,299
DOMINGO	1,253
LUNES	1,001
MARTES	0,955

Fuente: AUTOR

En las Tablas 12 y 13. También tenemos como caudal máximo al expuesto por el cálculo de las medias en los días viernes con un valor de 1,50 lt/s.

Tabla 14. Cuadro estadístico de las medias de los caudales en entrada.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE MEDIAS DEL CAUDAL DE ENTRADA	
DESCRIPCIÓN	MEDIA lt/s
Promedio/Media	1,226
Mediana	1,258
Máximo	1,508
Mínimo	0,955
Rango	0,553
Suma	8,584
Varianza	0,036
Desviación Estándar	0,190
Cuenta	7
Error Típico	0,0720
Curtosis	-0,3140
Coefficiente de Simetría	-0,2725

Fuente: AUTOR

TABLAS DE LOS CAUDALES DE SALIDA

Tabla 15. Resumen, medición de los caudales en salida.

RESUMEN MEDICIÓN DE CAUDALES DE SALIDA DEL 31 DE MAYO AL 29 DE JUNIO DEL 2023								
MEDICIÓN EN lt/s								
HORA	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	POMEDIO
8h00 a 9h00	1,4	1,52	1,1	1,37	1,35	1,21	1,24	1,313
9h00 a 10h00	0,78	0,93	1,29	1,07	1,07	1	1,28	1,060
10h00 a 11h00	1,31	1,06	1,34	1,22	1,2	0,98	1,33	1,206
11h00 a 12h00	1,49	1,44	1,81	1,36	1,37	1,21	1,24	1,417
12h00 a 13h00	1,49	1,58	1,61	1,77	1,74	1,02	1,28	1,499
13h00 a 14h00	1,5	1,41	1,64	1,52	1,54	1,2	1,28	1,441
14h00 a 15h00	1,4	1,46	1,6	1,54	1,65	1,03	1,29	1,424
15h00 a 16h00	1,65	1,48	1,35	1,55	1,61	0,97	1,21	1,403

Fuente: AUTOR

En la Tabla15. Se evidencia que el día viernes entre las 11h00 y 12h00, se registra el caudal máximo en el efluente con 1,81 lt/s, esto debido a que en ese horario los residentes preparan sus alimentos. Siendo un sector residencial, es normal ese horario para mayor demanda de caudal, además de que coincide con el horario de máximo caudal en el caudal de entrada.

Tabla 16. Cuadro estadístico de los caudales en salida.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS CAUDALES DE SALIDA (lt/s)							
DESCRIPCIÓN	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
Promedio/Media	1,378	1,360	1,468	1,425	1,441	1,078	1,269
Mediana	1,445	1,450	1,475	1,445	1,455	1,025	1,280
Máximo	1,650	1,580	1,810	1,770	1,740	1,210	1,330
Mínimo	0,780	0,930	1,100	1,070	1,070	0,970	1,210
Rango	0,870	0,650	0,710	0,700	0,670	0,240	0,120
Suma	11,020	10,880	11,740	11,400	11,530	8,620	10,150
Varianza	0,068	0,055	0,055	0,047	0,054	0,012	0,001
Desviación Estándar	0,261	0,234	0,233	0,218	0,233	0,109	0,037
Cuenta	8	8	8	8	8	8	8
Error Típico	0,0923	0,0826	0,0825	0,0770	0,0824	0,0384	0,0132
Curtosis	4,9535	0,3490	-0,8547	0,0237	-1,0415	-2,1579	0,0418
Coefficiente de Simetría	-2,0194	-1,3198	-0,1256	-0,1548	-0,3728	0,5274	-0,0246

Fuente: AUTOR

Tabla 17. Cuadro resumen de las medias de los caudales en salida.

RESUMEN DE MEDIAS POR DÍA (lt/s)	
MIÉRCOLES	1,378
JUEVES	1,360
VIERNES	1,468
SÁBADO	1,425
DOMINGO	1,441
LUNES	1,078
MARTES	1,269

Fuente: AUTOR

En las Tablas 16 y 17. También tenemos como caudal máximo al expuesto por el cálculo de las medias en los días viernes con un valor de 1,468 lt/s. Considerando así de esta manera que el caudal máximo y uno de los puntos de partida para nuestro análisis del funcionamiento de la PTAR. Se lo considerará el día viernes en el horario de 11h00 a 12h00. Así también para la toma de muestra necesarias solicitadas por el laboratorio para su análisis respectivo, es necesario realizarlo el día viernes.

Tabla 18. Cuadro estadístico de las medias de los caudales en salida.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE MEDIAS DEL CAUDAL DE SALIDA	
DESCRIPCIÓN	MEDIA lt/s
Promedio/Media	1,345
Mediana	1,378
Máximo	1,468
Mínimo	1,078
Rango	0,390
Suma	9,418
Varianza	0,018
Desviación Estándar	0,135
Cuenta	7
Error Típico	0,0510
Curtosis	2,3746
Coficiente de Simetría	-1,5580

Fuente: AUTOR

Las Tablas 14 y 18. Describen las estadísticas obtenidas, en el caudal de entrada y salida respectivamente, de los resultados de las medias ya calculadas en el resumen de medias por día.

2.2.6 Investigación de Laboratorio

2.2.6.1 Toma de muestras del afluente y efluente de la PTAR

Para el muestreo de las aguas residuales tanto en entrada como salida se usarán; una botella ámbar de 1 lt para muestras de parámetro generales y una botella ámbar de 500 ml para determinar metales pesados.

El muestreo se realizará considerando las normas y técnicas establecidas en los métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potables y Residuales (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, SMWW). El muestreo tiene como finalidad, recolectar una porción pequeña del agua para ser examinada, sin embargo, la misma debe ser representativa en términos de la analítica. [32]

Para ellos se tomará un porcentaje en cada hora del día en que se registró mayor cantidad de volumen de agua (viernes), esto quiere decir que se calculará un porcentaje del caudal horario, respecto a la sumatoria del caudal total medido en el día en cuestión, y este

porcentaje se lo proyectará al volumen total de la capacidad de cada botella para el muestreo. [32] Más detalles en las Tablas 19 y 20.

Tabla 19. Volúmenes proporcionales en función del caudal promedio diario, caudal de entrada (viernes).

VOLÚMENES PROPORCIONALES EN FUNCIÓN DEL CAUDAL PROMEDIO DIARIO, CAUDAL DE ENTRADA (VIERNES)				
HORA	Caudal promedio horario lt/s	%Proporción	Volumen parcial para muestra de 1 lt (ml)	Volumen parcial para muestra de 1/2 lt (ml)
8h00 a 9h00	1,09	9,04	90,38	45,19
9h00 a 10h00	1,45	12,02	120,23	60,12
10h00 a 11h00	1,33	11,03	110,28	55,14
11h00 a 12h00	2,04	16,92	169,15	84,58
12h00 a 13h00	1,81	15,01	150,08	75,04
13h00 a 14h00	1,58	13,10	131,01	65,51
14h00 a 15h00	1,55	12,85	128,52	64,26
15h00 a 16h00	1,21	10,03	100,33	50,17
VOLUMEN T	12,06	100,00	1000,00	500,00

Fuente: AUTOR

Tabla 20. Volúmenes proporcionales en función del caudal promedio diario, caudal de salida (viernes).

VOLÚMENES PROPORCIONALES EN FUNCIÓN DEL CAUDAL PROMEDIO DIARIO, CAUDAL DE SALIDA (VIERNES)				
HORA	Caudal promedio horario lt/s	%Proporción	Volumen parcial para muestra de 1 lt (ml)	Volumen parcial para muestra de 1/2 lt (ml)
8h00 a 9h00	1,1	9,04	90,38	45,19
9h00 a 10h00	1,29	12,02	120,23	60,12
10h00 a 11h00	1,34	11,03	110,28	55,14
11h00 a 12h00	1,81	16,92	169,15	84,58
12h00 a 13h00	1,61	15,01	150,08	75,04
13h00 a 14h00	1,64	13,10	131,01	65,51
14h00 a 15h00	1,6	12,85	128,52	64,26
15h00 a 16h00	1,35	10,03	100,33	50,17
VOLUMEN T	11,74	100,00	1000,00	500,00

Fuente: AUTOR

La toma de muestras compuestas se lo llevó a cabo en los mismos lugares donde se realizó la medición de caudales, de entrada y de salida, después las botellas fueron etiquetadas y colocadas en un cooler con hielo para mantener las muestras frías y puedan llegar al laboratorio sin sufrir cambios significativos que puedan afectar los estudios de laboratorio y sus resultados reales. Este proceso se lo realizó el 06 de julio del año 2023 en una jornada desde las 8h00 hasta las 16h00. Cumpliendo así con los requerimientos establecidos por el laboratorio encargado en examinar el agua residual de la PTAR.

Figura 18. Toma de muestras compuestas PTAR.



Fuente: AUTOR

Figura 19. Muestras etiquetadas en el cooler con hielo para su transportación.



Fuente: AUTOR

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Evaluación de los resultados del análisis de laboratorio

A continuación, se evaluará los resultados expulsados en los análisis de laboratorio, en los parámetros generales más importantes tenemos:

- Sólidos Totales, ST
- Sólidos Suspendidos Totales, SST
- Sólidos Disueltos Totales, SDT
- Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO
- Demanda Química de Oxígeno, DQO
- Potencial Hidrógeno, PH
- Nitrógeno amoniacal, N-NH₃
- Fosfato, P-PO₃
- Sulfatos, SO₄

Paralelamente en metales pesados contamos con:

- Cadmio, Cd
- Níquel, Ni
- Cromo Total, Cr
- Plomo, Pb
- Arsenio, As

Los resultados numéricos y las observaciones con respecto a los límites mostrados en el (TULSMA – Tabla 9); que describe los límites máximos para descargas en cuerpos de agua dulce. Se muestran en la Tabla 21, donde se puntualiza los parámetros que cumplen y los que son deficientes. Además de comparar los resultados del afluente y efluente entre sí, para la posterior ejecución de un cuadro porcentual de las proporciones de remoción y

eficiencia que tiene la PTAR con respecto a las variables más importantes de contaminación de aguas residuales y metales pesados.

Tabla 21. Tabla comparativa de los resultados de laboratorio, y los límites de descarga del efluente (TULSMA).

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO Y LÍMITES TULSMA					
PARÁMETROS GENERALES					
PARÁMETROS	UNIDADES	ENTRADA (afluente)	SALIDA (efluente)	TULSMA – Tabla 9. Descarga a un cuerpo de agua dulce.	CUMPLE
Sólidos Totales, ST	mg/l	309,30	248,00	1600	SI
Sólidos Suspendidos Totales, SST	mg/l	185,30	118,70	130	SI
Sólidos Disueltos Totales, SDT	mg/l	124,00	129,30	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO	mg/l	420,00	370,40	100	NO
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/l	1100,00	970,00	200	NO
Potencial Hidrógeno, PH	mg/l	7,10	6,50	6 a 9	SI
Nitrógeno amoniacal, N-NH3	mg/l	42,60	46,00	30	NO
Fosfato, P-PO3	mg/l	7,00	5,20	10	SI
Sulfatos, SO4	mg/l	50,70	86,00	1000	SI
METALES PESADOS					
METALES	UNIDADES	ENTRADA (afluente)	SALIDA (efluente)	TULSMA – Tabla 9. Descarga a un cuerpo de agua dulce.	CUMPLE
Cadmio, Cd	mg/l	0,0009	0,0011	0,0200	SI
Níquel, Ni	mg/l	0,0021	0,0113	2,0000	SI
Cromo Total, Cr	mg/l	0,0031	0,0021	-	-
Plomo, Pb	mg/l	0,0184	0,0188	0,2000	SI
Arsenio, As	mg/l	n/d	n/d	0,1000	SI

Fuente: AUTOR

En la Tabla 21. Se evidencia que gran parte de los parámetros generales cumplen con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce expuestos por la norma TULSMA, así como lo referente a metales pesados. Sin embargo, dentro de los parámetros generales más importantes como son el DBO, DQO, y Nitrógeno Amoniacal, existe una notable sobrecarga en el efluente, relacionado con los límites de descarga, no obstante, también se puede notar que en el DBO y DQO; disminuyen las concentraciones en los datos del afluente respecto al efluente. Por otro lado, en el SDT en el Nitrógeno Amoniacal, en los Sulfatos, y los metales pesados; existe un crecimiento en sus concentraciones en el efluente. Todo esto indica que la PTAR, funciona para ciertos parámetros y para otros no, indicando que es necesario una correcta evaluación y repotenciación de la misma.

A continuación, se exhiben dos gráficas correspondientes a la eficiencia en remoción de los contaminantes de los parámetros generales más importantes y metales pesados, correspondientes a los análisis de aguas residuales del afluente y efluente.

Para el cálculo de la eficiencia se usará la siguiente ecuación:

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

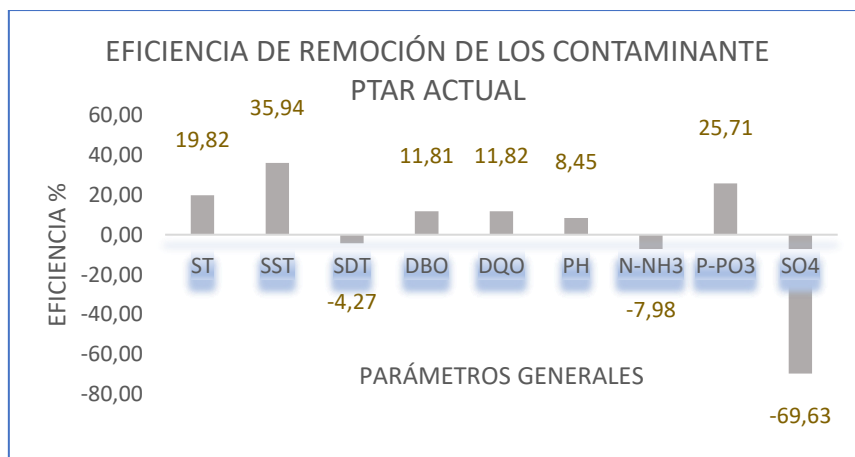
Donde:

E = eficiencia (%)

V_o = Valor inicial del parámetro, Afluente

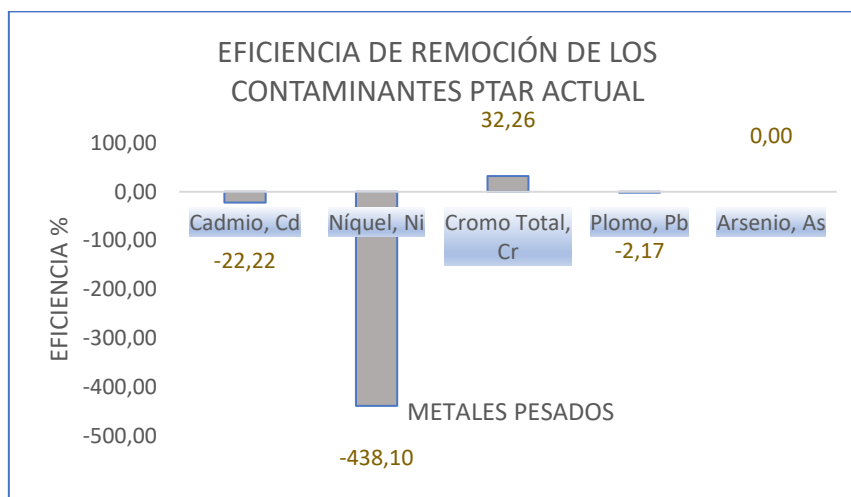
V_F = Valor final del parámetro, Efluente

Gráfico 1. Eficiencia en remoción de contaminantes (Parámetros generales).



Fuente: AUTOR

Gráfico 2. Eficiencia en remoción de contaminantes (Metales Pesados).



Fuente: AUTOR

La eficiencia de remoción en los parámetros generales es evidentemente baja en la mayoría de los mismos, mientras que en otros el valor es negativo, al igual que en los metales pesados. Esto nos demuestra la ineficiencia de la PTAR en su trabajo de mejorar las condiciones del agua residual para ser evacuada en un cuerpo de agua dulce. Los valores negativos en la eficiencia se deben a la temporada de lluvia, misma que inunda las tuberías del alcantarillado y lava este afluente al ingresar a la PTAR, y al cruzar todas las unidades de tratamiento, remueve los depósitos de los contaminantes en cada proceso y nos da como resultado lo mostrado en los gráficos.

Es por todas estas aclaraciones y certidumbres, basadas en los análisis de laboratorio, que será necesario potencializar las instalaciones de la PTAR, y la infraestructura de las unidades de tratamiento, además que la planta cuenta únicamente con un pretratamiento y tratamiento primario, es necesario mejorar a un tratamiento más avanzado.

3.1.2 Dimensionamiento y diagnóstico del funcionamiento teórico actual de la PTAR

En la actualidad la PTAR consta de un sistema de pretratamiento; compuesto por un tanque de cribado, directamente conectado a un desarenador horizontal rectangular, que su caudal es regulado por una Canaleta Parshall. Esto se complementa con un sedimentador circular como tratamiento primario. Posterior a este proceso el agua es desembocada en una quebrada seca cercana a la planta en estudio.

El funcionamiento de la PTAR es ineficiente en la actualidad por las siguientes razones:

- Los bypass ubicados en los tanques desarenadores, se encuentran en la parte baja del tanque, y además son controlados por una válvula de funcionamiento manual, lo cual no permite eliminar eficientemente el exceso de agua en épocas lluviosas, y la planta simplemente colapsa e inunda todas las instalaciones de la misma.
- El FAFA, es pequeño para la demanda de caudal habitual que ingresa a la planta. Los moradores mencionan que los olores emitidos por la planta y el caudal de descarga son fuertes, esto quiere decir que el proceso de descontaminación del agua no es adecuado.
- La PTAR ya cumplió más de 20 años, y debido a esto su capacidad ha sido superada por la demanda de usuarios del alcantarillado sanitario, y se debe repotenciar la misma.

El sistema de tratamiento de la PTAR está conformado por un tanque desarenador que en su entrada se añade una rejilla que funcionan como tanque de cribado. Y más adelante se encuentra el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA), que finalmente desemboca a una quebrada seca el agua tratada.

3.1.2.1 Caudal de Diseño.

En consideración a los resultados evaluados previamente a este apartado, teniendo en cuenta que la PTAR necesita ser repotenciada, se calculará un nuevo caudal de diseño tomando en cuenta que las intervenciones que se realicen a la PTAR, no sean útiles únicamente para el caudal extraído de las mediciones in situ, sino para un caudal futuro proyectado a 30 años; considerando el tiempo que se dilatará en las gestiones pertinentes a las autoridades encargadas de esta competencia, la ejecución de la obra y la vida útil de la misma.

Además, que esto es lo recomendado por el Código de Prácticas Ecuatoriano para plantas de tratamiento (CPE INEN) [33]

Figura 20. Vida útil para componentes hidráulicos.

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	
De asbesto cemento o PVC	40 a 50 20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Fuente: CPE INEN. [33]

Para la tasa y tendencia de crecimiento poblacional se tomarán valores de los censos elaborados por el INEC, en lo años 1990, 2001, y 2010. Teniendo los siguientes valores:

- Año 1990: 2698 habitantes
- Año 2001: 2806 habitantes
- Año 2010: 3016 habitantes [33]

En el trabajo de titulación para la carrera de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, elaborado por la ingeniera Jessica Mena con el título: “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ”. Se realizó un análisis para la dotación futura de agua potable. Siendo que el crecimiento poblacional está directamente ligado a la demanda de agua potable y tomando en cuenta que la misma es la que después de ser consumida por la población se convierte en agua residual, y siguiendo un sistema de alcantarillado llega a la PTAR, se usará la misma proyección para el cálculo de un caudal futuro, con la diferencia que la muestra en este caso no serán los habitantes sino los caudales medidos. [33]

La tendencia que fue elegida en el trabajo antes mencionado es la geométrica, misma que será usada en el trabajo presente.

La ecuación es la siguiente:

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

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Taza de crecimiento Geométrico (%)

n = vida útil del componente hidráulico (años) [33]

Sabiendo que la muestra en estudio es los caudales medidos, la ecuación se reformula de la siguiente manera:

$$Qf = Qa (1 + r)^n$$

Donde:

Qf = Caudal futuro

Qa = Caudal actual

r = Taza de crecimiento Geométrico (%)

n = Vida útil del componente hidráulico (años)

Tabla 12. Cuadro estadístico de los caudales en entrada.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS CAUDALES DE ENTRADA							
DESCRIPCIÓN	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
Promedio/Media	1,258	1,311	1,508	1,299	1,253	1,001	0,955
Mediana	1,235	1,185	1,500	1,225	1,195	0,960	0,920
Máximo	1,550	1,810	2,040	2,000	1,890	1,210	1,100
Mínimo	1,090	1,150	1,090	1,010	0,950	0,870	0,820
Rango	0,460	0,660	0,950	0,990	0,940	0,340	0,280
Suma	10,060	10,490	12,060	10,390	10,020	8,010	7,640
Varianza	0,029	0,053	0,097	0,093	0,083	0,018	0,009
Desviación Estándar	0,170	0,230	0,312	0,305	0,288	0,136	0,093
Cuenta	8	8	8	8	8	8	8
Error Típico	0,0600	0,0814	0,1102	0,1080	0,1018	0,0481	0,0328
Curtosis	-0,5705	2,9516	-0,2450	5,0206	3,8793	-1,4256	-0,4414
Coefficiente de Simetría	0,7215	1,7728	0,4673	2,0515	1,7569	0,6093	0,4500

Fuente: AUTOR

Para el cálculo del caudal de diseño se tomará en cuenta el caudal máximo de entrada registrado como caudal actual, que según nuestra tabla resumen de las estadísticas de los caudales de entrada se encuentra el día viernes con un valor de 2,04 lt/s.

En el análisis del trabajo de titulación “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA LA VICTORIA,

CANTÓN PUJILÍ”, se menciona que la tasa de crecimiento geométrico es del 1%. Y la vida útil se ha considerado como 30 años. [33]

$$Qf = Qa (1 + r)^n$$

Donde:

Qf = Caudal futuro

Qa = 2,04 lt/s

r = 1%

n = 30 años

$$Qf = 2,04 (1 + 0,01)^{30}$$

$$Qf = 2,04 (1 + 0,01)^{30}$$

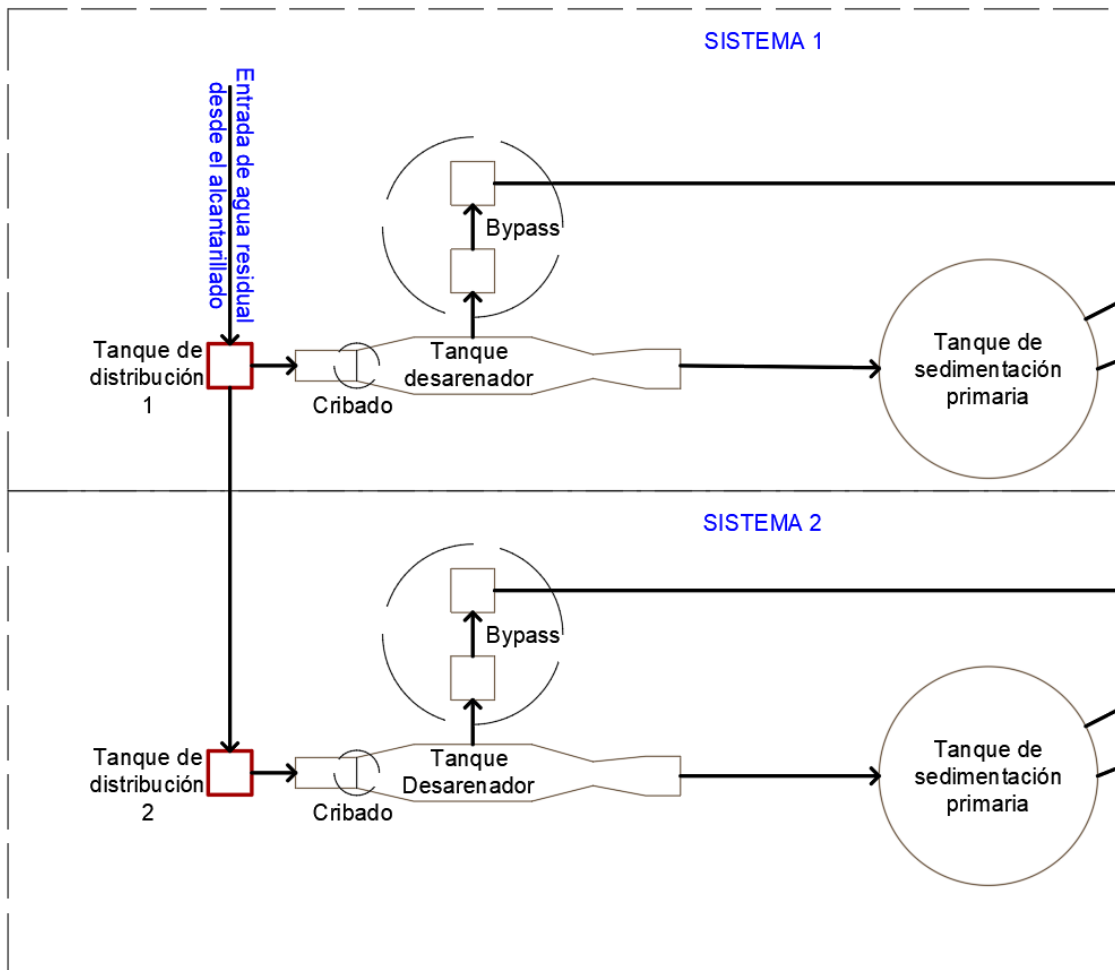
$$Qf = 2,74 \text{ lt/s}$$

3.1.2.2 Tanque de distribución, repartidor de caudales

Cada sistema cuenta con un tanque de distribución, con medidas similares. Sus medidas internas son; 0.70m de largo x 0.70m de ancho x 0.70m de fondo, con un espesor de 0.20m en las paredes. Teniendo así un área en planta de 0.49 metros cuadrados y un volumen de 0.343 metros cúbicos.

En el primer tanque también cuenta con dos compuertas metálicas, que tienen dimensiones de 0.30m x 0.40m y 5cm de espesor; que sirve para controlar el paso de caudales a un sistema, mientras el otro no trabaja, para ejecutar las actividades requeridas de limpieza y mantenimiento. En las siguientes imágenes se detalla lo antes mencionado.

Figura 21. Ubicación de los tanques de distribución en cada uno de los sistemas.



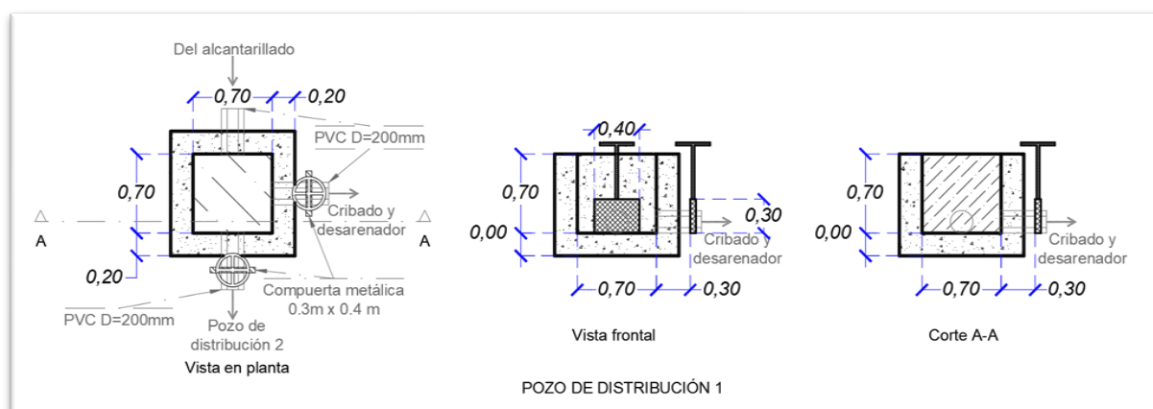
Fuente: AUTOR

Figura 22. Izquierda: tanque de distribución. Derecha: tanque de distribución 2.



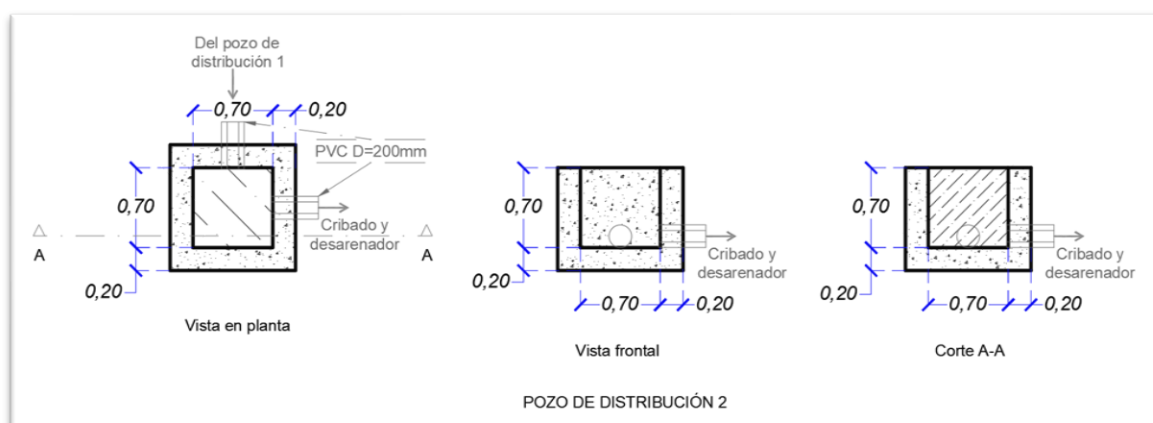
Fuente: AUTOR

Figura 23. Detalle de las dimensiones y accesorios del pozo de distribución 1.



Fuente: AUTOR

Figura 24. Detalle de las dimensiones y accesorios del pozo de distribución 2.



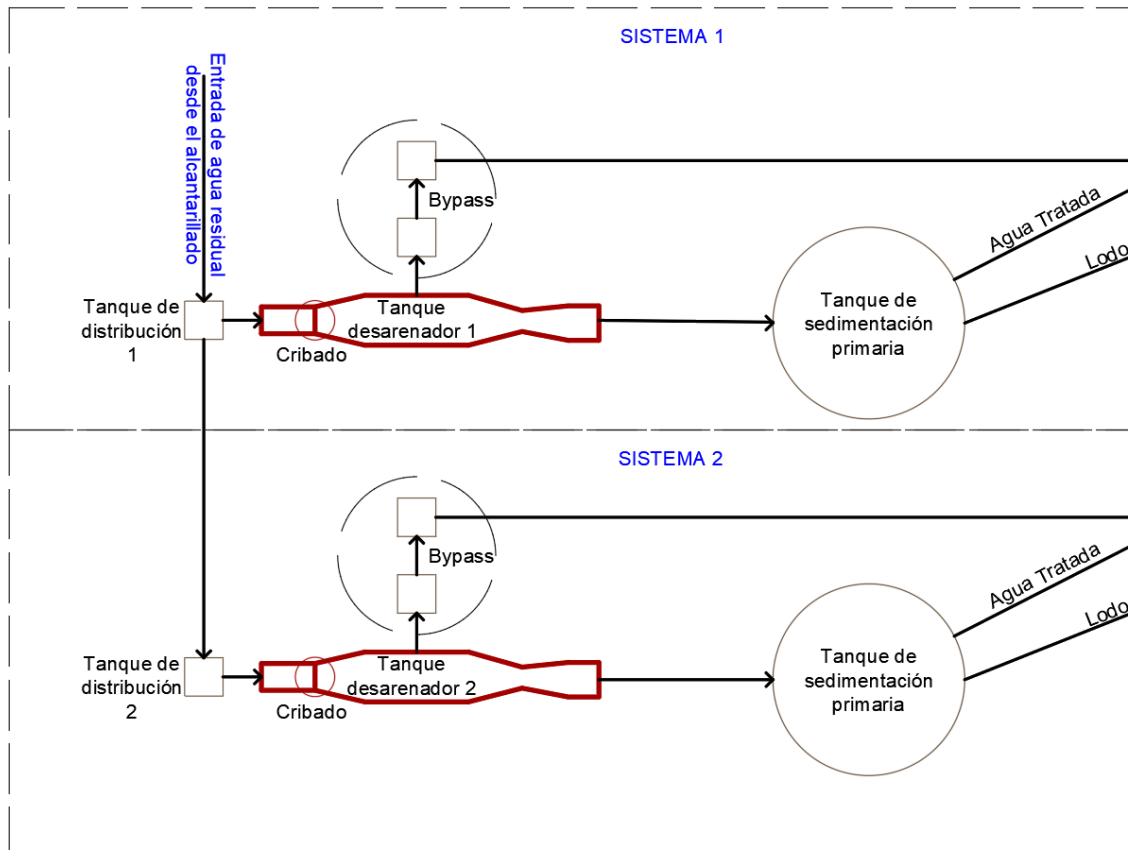
Fuente: AUTOR

Los volúmenes de los pozos de distribución no abastecen a los caudales cuando existen precipitaciones, ya que existen desbordes de los caudales entrantes en temporada de lluvia, como se muestra en la Figura 19. Por lo tanto, es necesario implementar un tanque más grande que además cuente con un bypass para evacuar el exceso de aguas lluvias, y así no colapsen los tanques individuales de cada sistema.

3.1.2.3 Tanque desarenador y de cribado

Como primera unidad de tratamiento, la planta cuenta con el proceso de cribado, que se encuentra instalado directamente en el tanque desarenador, en el cual desemboca el agua cribada por medio de un canal, el mismo que contiene las rejillas, estas funcionan como separador de sólidos grandes, y dejan pasar partículas pequeñas (arenas) y el agua residual.

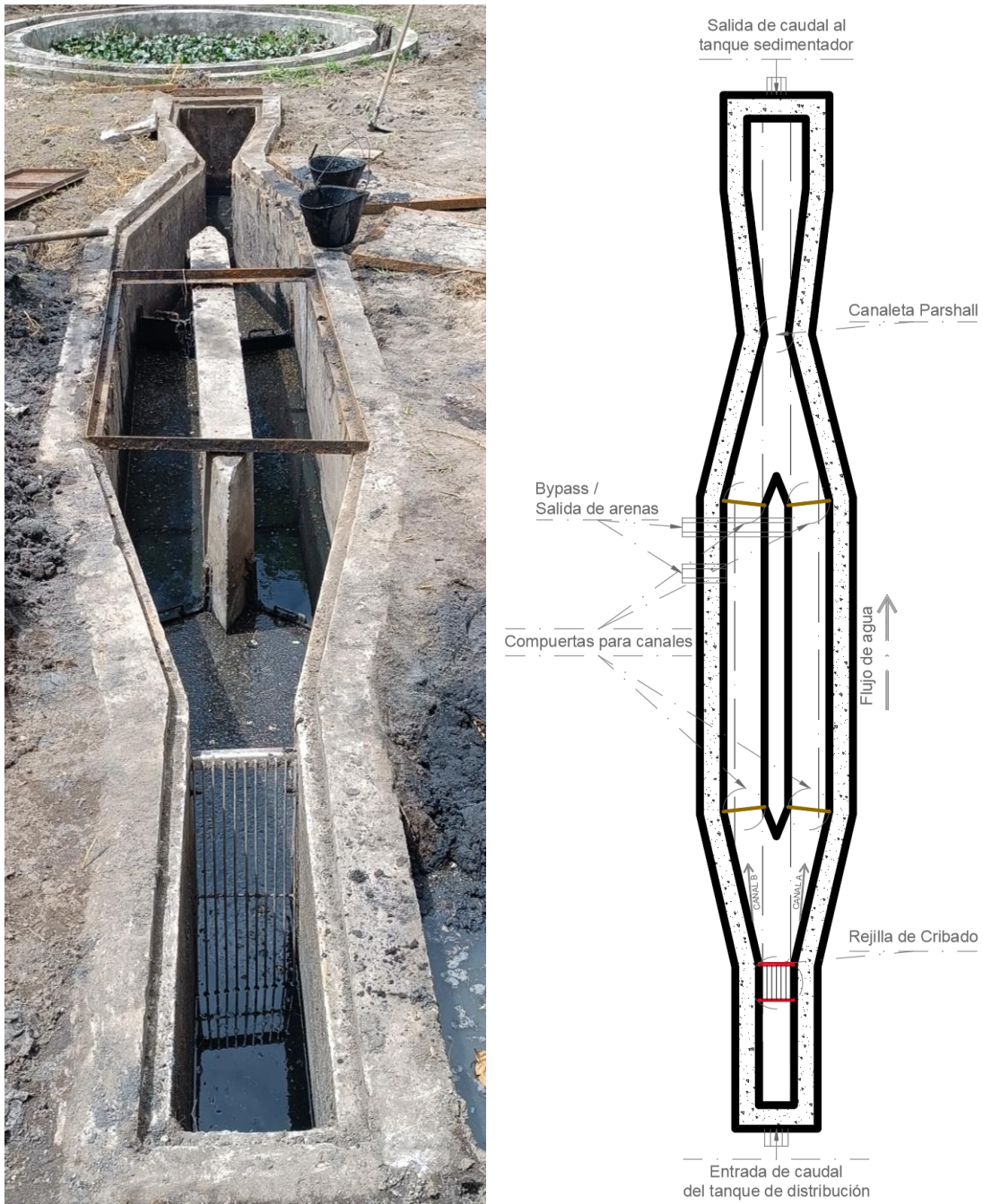
Figura 25. Ubicación de los tanques desarenadores 1 y 2 en sus respectivos sistemas.



Fuente: AUTOR

Es importante mencionar que los tanques del sistema 1 y 2 son idénticos, por lo cual se evaluará el funcionamiento e ilustrará a los dos con un solo gráfico, tomando en cuenta el hecho de que son gemelos.

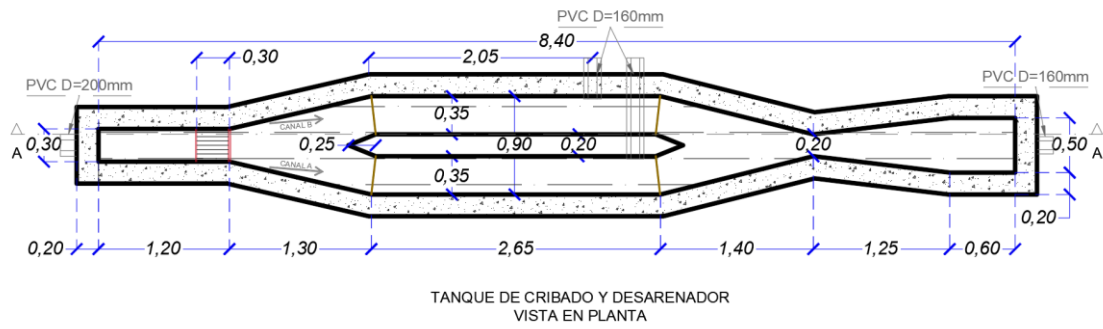
Figura 26. Tanque desarenador, foto real, vista gráfica en planta.



Fuente: AUTOR

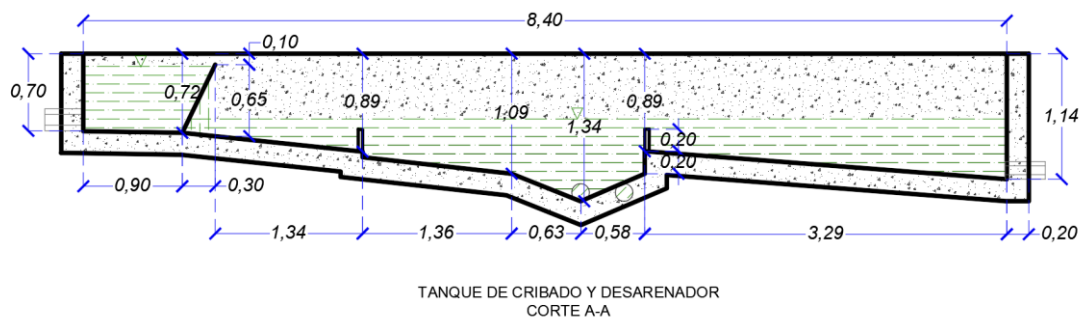
En la Figura 25, se puede observar a detalle el proceso de cribado y la desembocadura directa al tanque sedimentador que al final es controlado la velocidad del caudal con una canaleta Parshall. Para finalmente llegar al tanque sedimentador.

Figura 27. Tanque desarenador, vista en planta con medidas internas.



Fuente: AUTOR

Figura 28. Tanque desarenador, vista en corte A-A de la Figura 27.

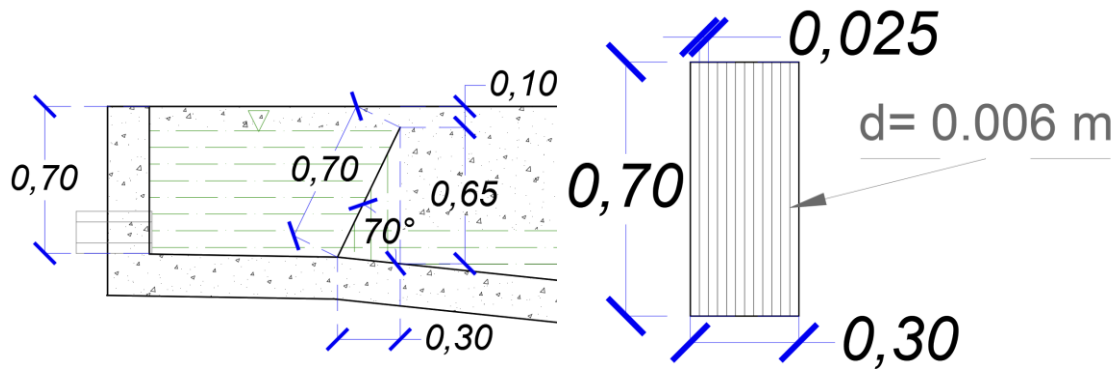


Fuente: AUTOR

CRIBADO

Para la evaluación de este proceso de pretratamiento de aguas residuales nos basaremos en la tabla 11 expuesta en el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento libro 26 de la CONAGUA. [34]

Figura 29. Detalle de la rejilla de cribado.



Fuente: AUTOR

Tabla 22. Tamaños de aperturas para rejas y rejillas según la CONAGUA.

CONCEPTO	RANGO	COMENTARIOS
Aperturas de rejas retenedoras de basura	38 - 150 mm	Se usan frecuentemente en combinación con otros sistemas, el tamaño de las aperturas depende del equipo
Apertura de rejillas manuales	25 - 50 mm	Se usan en plantas pequeñas o en canales bypass
Velocidad de aproximación	0.30 – 0.60 m/s	
Rejillas de limpieza mecánica	6 - 38 mm	La apertura de 18 mm se considera satisfactoria para la protección de los equipos de los procesos siguientes
Velocidad de aproximación máxima	0.60 – 1.2 m/s	
Velocidad de aproximación mínima	0.30 – 0.60 m/s	Velocidad necesaria para evitar acumulación de arenas
Rejillas continuas	6 - 38 mm	Este tipo de rejilla es conveniente con aperturas de 6 a 18 mm
Velocidad de aproximación máxima	0.30 – 1.20 m/s	
Velocidad de aproximación mínima	0,30 - 0,60 m/s	
Pérdida de carga admisible	0.15 – 0.60 m	
Triturador (reducción de tamaño solamente)	6 - 13 mm	Apertura de una función de la capacidad hidráulica de la unidad
Molino (reducción de tamaño solamente)	6 - 13 mm	En canal abierto
Pérdidas típicas	300 - 450 mm	
Tamiz fijo estático (rejilla fina)	2.3 a 6.4 mm	Aperturas menores a 2,3 mm son usadas en pre tratamiento o tratamiento primario
Tamiz ajustable	0.02 a 0.3 mm	Poco utilizado en plantas municipales, solo en el efluente secundario

Fuente: CONAGUA [34]

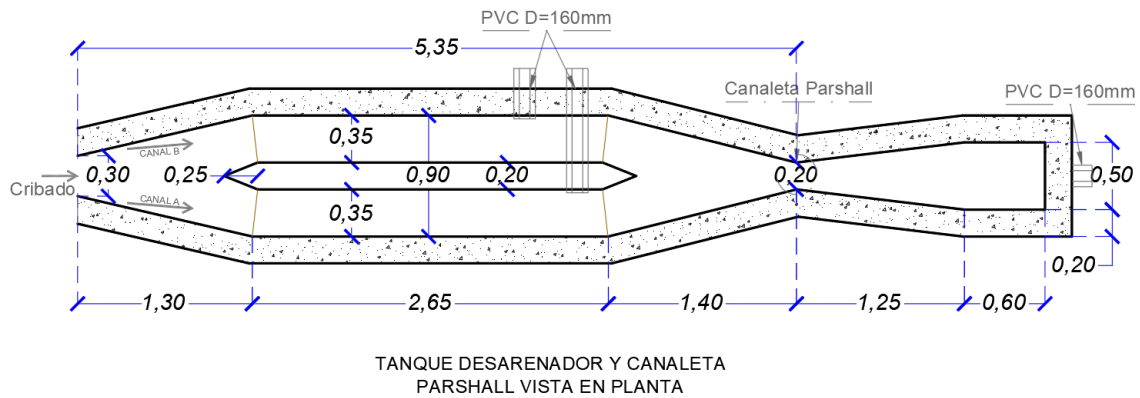
En La tabla 22, se detalla las paerturas permitidas para las diferentes descripciones de las características que puede tener una planta, siendo que la PTAR en estudio al albergar únicamente a una parroquia pequeña, y además tener el conocimiento previo de que no todos sus habitantes tienen acceso a la red de alcantarillado, la demanda de la planta es pequeña y se la considera de la misma manera. Pr lo tanto; la rejilla de cribado cumple con el espaciamiento solicitado para plantas pequeñas que es de 25 – 50 mm, teniendo una apertura de 25 mm en la actualidad, una en cada sistema. [34]

Es importante recalcar que la rejilla es de limpieza manual, ya que el ángulo con respecto a la horizontal es menor a 75° que es el mínimo para considerar a una rejilla de limpieza automática, en consecuencia se requiere mantenimiento periódico para su correcto funcionamiento. [34]

Teniendo en cuenta que se conectan directamente el sistema de cribado con el desarenador, la evaluación continúa con esa unidad de tratamiento.

DESARENADOR Y CANALETA PARSHALL

Figura 30. Detalle de las medidas del tanque desarenador y canaleta Parshall.



Fuente: AUTOR

Para el cálculo de la velocidad que circula por el tanque desarenador con la ayuda de la canaleta Parshall. Es necesario calcular el tirante hidráulico en el canal parshall, para lo cual se usará la fórmula correspondiente a un ancho de garganta de de 22.9 cm que es la medida más aproximada a la existente en la PTAR (20 cm). En la Tabla 1.10 Fórmulas para canales Parshall del libro de la CONAGUA 26 expone que la fórmula es la siguiente: [34]

$$Q = 0.535 H_a^{1.53}$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

Ha = Tirante hidráulico en el canal Parshall (m)

Entonces:

$$H_a = \left(\frac{Q}{0.535} \right)^{\frac{1}{1.53}}$$

$$H_a = \left(\frac{0.00274 \text{ m}^3/\text{s}}{0.535} \right)^{\frac{1}{1.53}}$$

$$H_a = 0.032 \text{ m} = 3.2 \text{ cm}$$

En el mismo libro nos da como fórmula para el cálculo de la velocidad que circula el agua en el desarenador, la siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{W_a * H_a}$$

Donde:

V= Velocidad de circulación (m/s)

Q= Caudal (m³/s)

A= Área del desarenador (m²)

W_a= Ancho del canal del desarenador (m)

H_a= Tirante calculado en la canaleta parshall (m)

$$V = \frac{0.00274 \text{ m}^3/\text{s}}{0.30 \text{ m} * 0.032 \text{ m}}$$

$$V = 0.285 \text{ m/s}$$

Para el tiempo de recorrido o retención solamente es necesario aplicar una fórmula básica de velocidad, con respecto a la distancia y tiempo:

$$V = \frac{d}{t}$$

Entonces:

$$t = \frac{d}{V}$$

Donde:

V= velocidad de circulación (m/s)

d= distancia del recorrido, desarenador (m)

t= tiempo del recorrido (s)

$$t = \frac{5.35 \text{ m}}{0.285 \text{ m/s}}$$

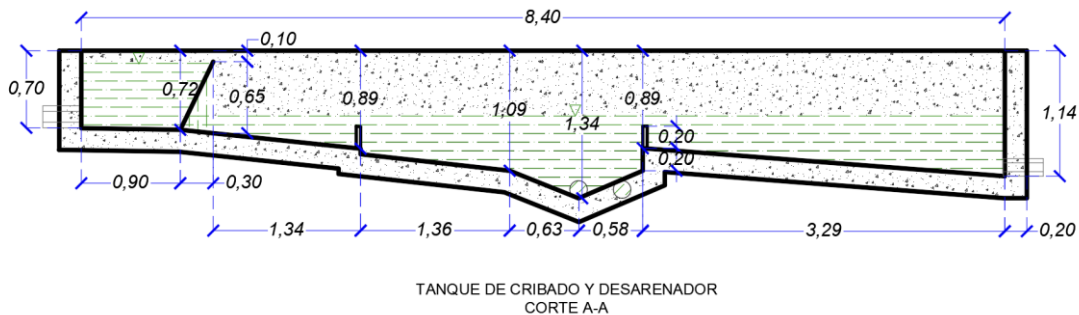
$$t = 18.74 \text{ s}$$

Tabla 23. Criterios de diseño para un desarenador horizontal, según la CONAGUA.

COMPONENTE	RANGO
Dimensiones	
Profundidad del agua (m)	0.6 – 1.5
Longitud(m)	3 - 25
Tiempo de retención (s)	15 - 90
Velocidad horizontal (m/s)	0.15 – 0.4

Fuente: CONAGUA [34]

Figura 31. Tanque desarenador, vista en corte A-A de la Figura 27.



Fuente: AUTOR

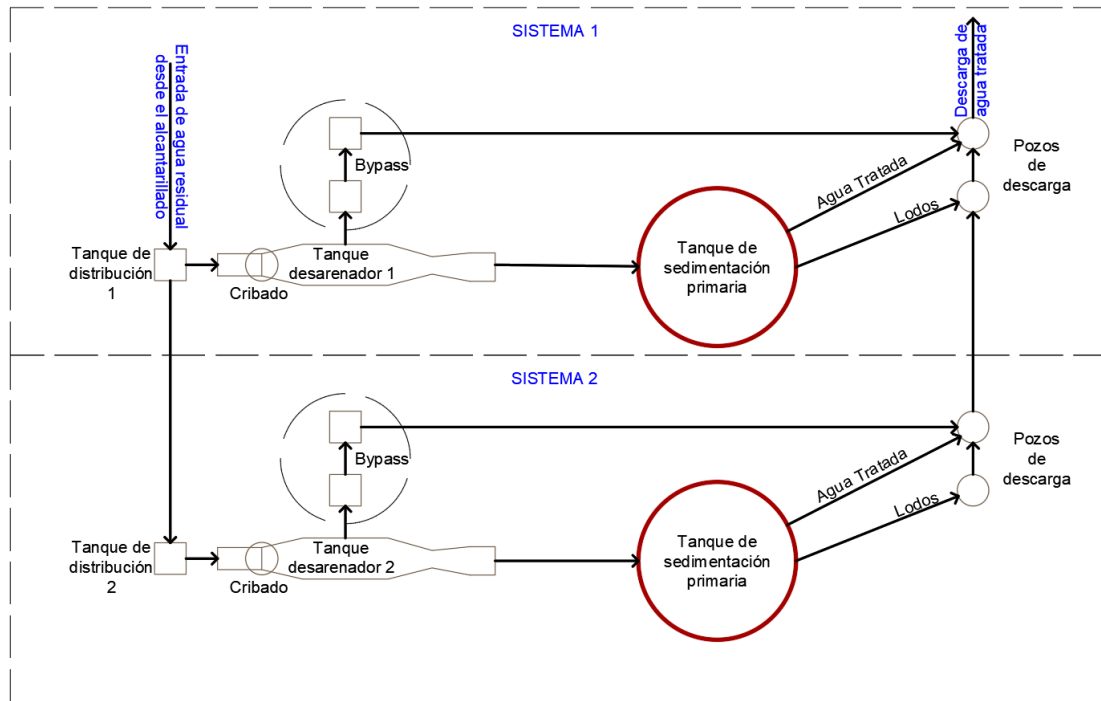
En la Tabla 23 se puede observar los diferentes criterios que deben tomarse en cuenta para el diseño de un desarenador horizontal, que es el más adecuado para plantas pequeñas de mantenimiento manual. [34]

- Respecto al primer ítem tenemos que la profundidad mínima es de 0.7m y la máxima es de 1.34, encontrándose dentro del rango recomendado (0.6 – 1.5 m). [34]
- Dentro de la longitud también cumple, teniendo una longitud total de 5.35 m solo en el desarenador, se encuentra dentro del rango recomendado (3 – 5 m). [34]
- El tiempo de retención calculado es de 18.74 s, siendo un dato importante comprobando el correcto funcionamiento del desarenador y el canal parshall, ya que el rango es de (15 – 90 s). [34]
- Y finalmente la velocidad horizontal o de recorrido, dentro del cálculo es de 0.285 m/s, teniendo en cuenta que la velocidad óptima de sedimentación es de 0.3 m/s. El tanque desarenador funciona de manera eficiente en ambos sistemas. [34]

3.1.2.4 Tanque Sedimentador

Al igual que el tanque desarenador, el tanque sedimentador, se evaluará a la par en ambos sistemas, ya que estos tienen las mismas dimensiones y la misma función.

Figura 32. Ubicación de los tanques sedimentadores en cada sistema.



Fuente: AUTOR

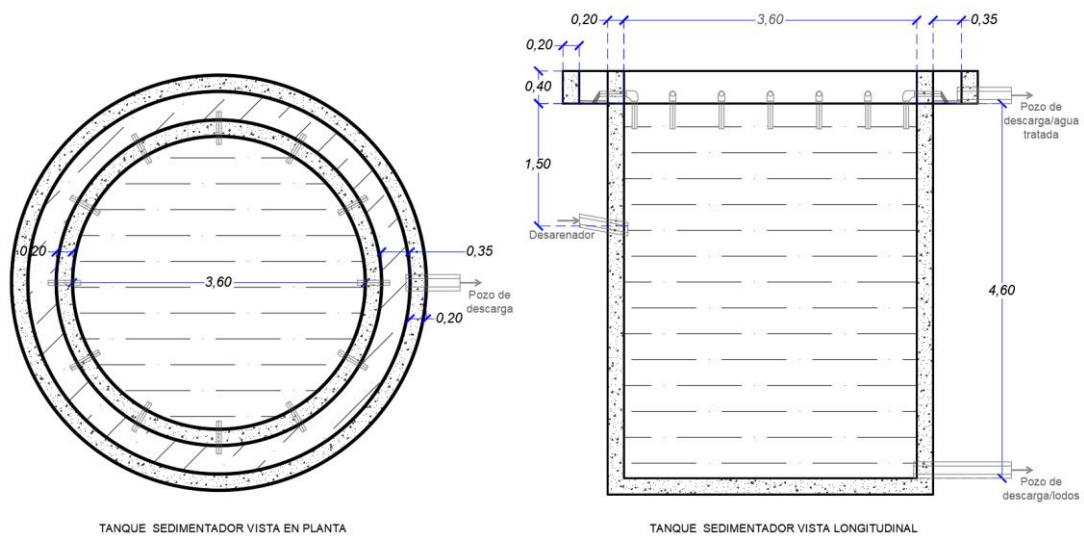
Los tanques sedimentadores en esta PTAR, se encuentran en la fase final del tratamiento, ubicados después del proceso de desarenado, para finalmente desembocar el agua tratada en un cuerpo de agua dulce. Siendo estos la última unidad de tratamiento, es evidente que la PTAR se encuentra incompleta, ya que no posee un FAFa, ni un Lecho de Secado de Lodos.

Figura 33. Tanque sedimentador, foto real.



Fuente: AUTOR

Figura 34. Tanque sedimentador, detalle de medidas internas.



Fuente: AUTOR

En la Figura 31. Se puede observar las medidas que constituyen los tanques sedimentadores y su funcionamiento.

- El radio es de 3.60 m.
- La profundidad es de 4.60 m.
- El área superficial es de 10.18 m²
- Y un volumen de 46.83 m³

Para la evaluación de esta unidad de tratamiento, también nos basaremos en el libro 26 de la CONAGUA, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. [34]

Tabla 24. Criterios de diseño para sedimentadores primarios, según la CONAGUA.

Tipo de Tratamiento	Carga superficial m/d		Profundidad m	Tiempo de retención h
	Caudal Promedio	Caudal Pico		
Primario, seguido de tratamiento secundario	32 - 49	80 - 122	3 - 5	1.5 - 2.5
	33 - 49	81 - 122		
	32 - 49	81 - 122	3 - 3.7	1.5 - 2.5
	24 - 33	48 - 70	3 - 5	1.5 - 2.5
	24 - 33	49 - 69		
	24 - 32	49 - 61	3.7 - 4.6	1.5 - 2.5
Primario	30	45	>1.5	2
	24 - 33		2.1 - 3.6	1 - 2

Fuente: CONAGUA [34]

Para el cálculo de la carga superficial se usará la siguiente fórmula:

$$CHS = \frac{Q}{At}$$

Donde:

CHS= Carga Superficial (m/d)

Q= Caudal de diseño (m³/d)

At= Área del tanque (m²)

Entonces:

$$Q = 2.74 \frac{l}{s} = 236.736 \frac{m^3}{d}$$

$$CHS = \frac{236.736 \frac{m^3}{d}}{10.18 \frac{m^2}{d}}$$

$$CHS = 23.255 \frac{m}{d}$$

El primer criterio cumple, ya que se encuentra muy cerca del parámetro mínimo en el caudal promedio de la carga superficial.

$$CHS = 23.255 \frac{m}{d} \cong 24 \frac{m}{d}$$

Para el segundo criterio tenemos que la profundidad del tanque es de **4.6 m**, por lo tanto, se encuentra dentro de los parámetros de diseño expuestos por la CONAGUA. Considerando el valor de la carga superficial. En la Tabla 23, se subrayan los valores de:

- **3 – 5 m**
- **3.7 – 4.6 m** [34]

Y para el último criterio que es el tiempo de retención, se usará la siguiente ecuación expuesta por la CONAGUA. [34]

$$Tr(h) = \frac{Vc * 24 \frac{h}{d}}{Q}$$

Donde:

Tr(h)= Tiempo de retención (h)

Vd= Volumen, tomando en cuenta la altura desde la desembocadura de agua (m³)

Q= Caudal de diseño (m³/d)

Entonces:

$$Vc = At * \text{Altura de desembocadura}$$

$$Vc = 10.18 \text{ m}^2 * 1.50 \text{ m}$$

$$Vc = 15.27 \text{ m}^3$$

$$Tr(h) = \frac{15.27 \text{ m}^3 * 24 \frac{h}{d}}{236.736 \frac{\text{m}^3}{d}}$$

$$Tr(h) = \frac{15.27 \text{ m}^3 * 24 \frac{h}{d}}{236.736 \frac{\text{m}^3}{d}}$$

$$Tr(h) = 1.55 \text{ h}$$

Como criterio final de diseño, El tiempo de retención, también cumple con los parámetros expuestos por la tabla antes mencionada.

- **Tiempo de retención tabla: 1.5 – 2.5 h**
- **Tiempo de retención calculado: 1.55 h**

3.1.2.5 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

NO EXISTE

3.1.2.6 Lecho de Secado de Lodos

NO EXISTE

3.2 Verificación de Hipótesis

En la evaluación de la PTAR que trata las aguas residuales de la parroquia La Victoria, se pudo observar varias falencias en el proceso de purificación del agua; desde los tanques de distribución de caudales, que no cuentan con un bypass para evacuar el agua excesiva que se hace presente en épocas lluviosas, hasta la inexistencia de unidades de tratamiento secundario como son el FAFA y el lecho de secado de lodos. Sin embargo, las unidades de cribado, desarenador y tanque sedimentador, funcionan bien para el caudal de diseño calculado.

Para evaluar, las unidades de tratamiento, existentes en la PTAR, nos guiamos en los criterios de diseño propuestos por la CONAGUA, en su libro 26; Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento – Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario.

Tabla 25. Tabla comparativa, entre los criterios de diseño CONAGUA y valores reales.

Unidad de tratamiento	Valores reales (Cálculo con medidas reales)	Criterios de diseño	Normativa Empleada	Observaciones
CRIBADO	Separación de rejillas (mm)		CONAGUA LIBRO 26	
	25	25 - 50		CUMPLE
	Profundidad del agua (m)			
DESARENADOR	0.7 – 1.34	0.6 – 1.5		CUMPLE
	Longitud (m)			
	5.35	3 - 25		CUMPLE
	Tiempo de retención (s)			
	18.74	15 - 90		CUMPLE
	Velocidad horizontal (m/s)			
	0.285	0.15 – 0.4		CUMPLE
SEDIMENTADOR	Carga superficial (m/d)			
	Caudal promedio			
	23.255 \cong 24	24 - 33		CUMPLE
		24 - 32		CUMPLE
	Profundidad (m)			
	4.6	3 - 5	CUMPLE	
		3.7 – 4.6	CUMPLE	
	Tiempo de retención (h)			
1.55	1.5 – 2.5	CUMPLE		

Fuente: AUTOR

En la Tabla 25. Se puede evidenciar que las tres unidades de tratamiento que conforman la PTAR en estudio, sus dimensiones aún son aptas para desempeñar la función para la que fueron diseñadas, sin embargo el tratamiento en conjunto es ineficiente, ya que las unidades mencionadas, se restringen a un pre tratamiento y tratamiento primario, es por esta razón que en los análisis de laboratorio nos arrojan resultados negativos con respecto a los límites que deben cumplirse para que un caudal de agua pueda desembocar en un cuerpo de agua dulce, o en este caso en una quebrada, así se detalla en la Tabla 21, y en los Gráficos 1 y 2.

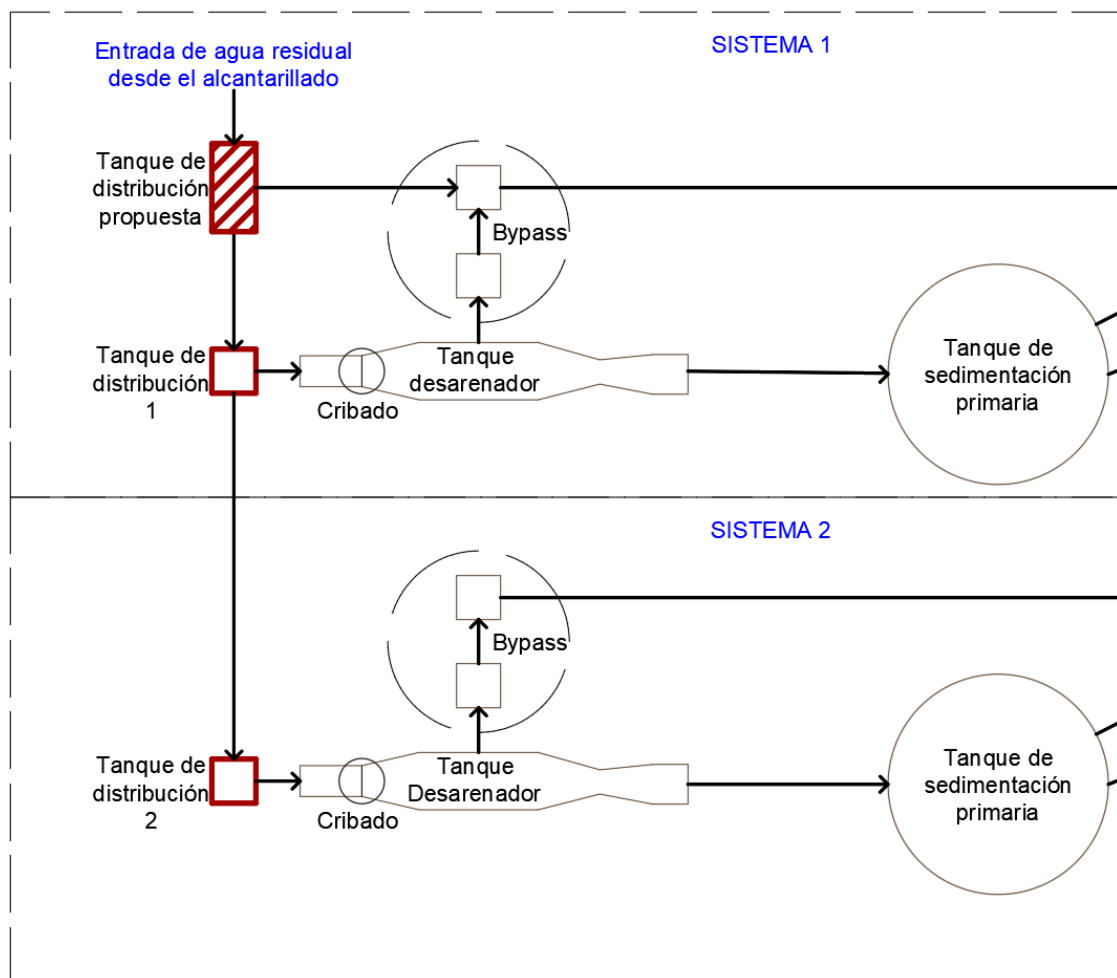
Por esta razón, es necesario implementar dos unidades más en el sistema de tratamiento; la unidad del FAFA, y la Unidad del Lecho de Secados de Lodos. Adicionalmente, es importante mencionar que estructura de las unidades de tratamiento se encuentran deterioradas y se debe realizar mantenimiento, en cada una de ellas.

3.3 Rediseño de las unidades que muestran déficit de funcionamiento

3.3.1 Tanques de distribución

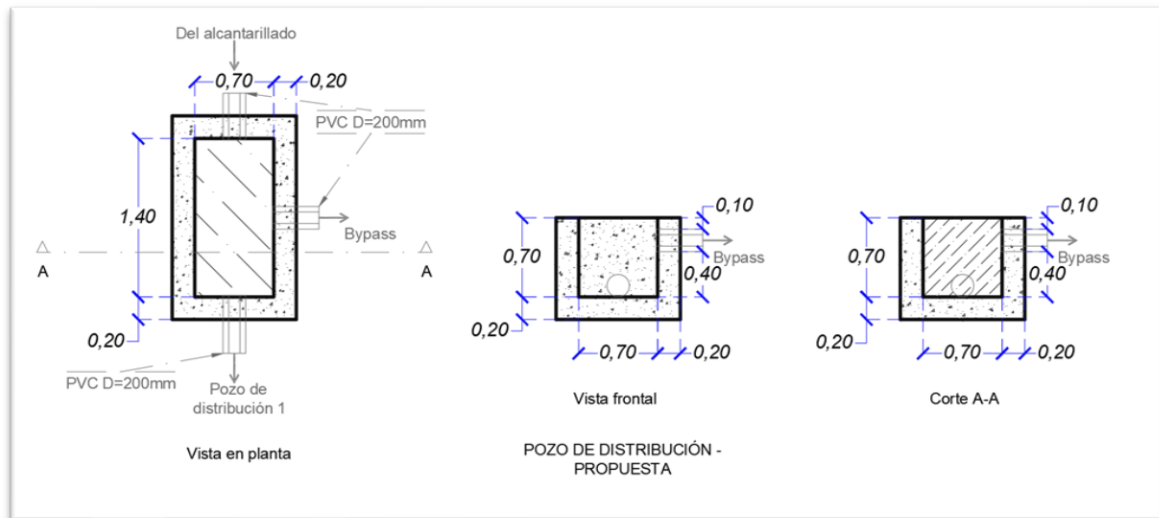
Los volúmenes de los pozos de distribución no abastecen a los caudales cuando existen precipitaciones, ya que se presentan desbordes de los caudales entrantes en temporada de lluvia, como se muestra en la Figura 19. Por lo tanto, es necesario implementar un tanque más grande que además cuente con un bypass para evacuar el exceso de aguas lluvias, y así no colapsen los tanques individuales de cada sistema.

Figura 35. Ubicación del tanque de distribución propuesto con bypass.



Fuente: AUTOR

Figura 36. Detalle de las dimensiones y accesorios del pozo de distribución - PROPUESTA.



Fuente: AUTOR

En la Figura 34, se detalla las dimensiones que tendría el pozo principal de distribución con un bypass abierto a 40 cm de altura desde la base interna del mismo, donde se desbordará el agua cuando existan precipitaciones grandes, con el fin de evitar el derrame de agua dentro de la planta e inundar sus instalaciones.

El área interna total en planta de este tanque es de 0.98 metros cuadrados y el volumen máximo antes de llegar al bypass es de 0.392 metros cúbicos; siendo mayor al volumen calculado de los tanques de distribución actuales que es de 0.343 metros cúbicos.

3.3.2 Cribado

La unidad de cribado funciona correctamente para el tipo de PTAR en estudio, como se puede observar en el apartado 3.1.2.3 Tanque desarenado y de cribado. Sin embargo, es necesario dar un mantenimiento de rutina a las instalaciones que conforman el mismo, ya que el paso de los años ha deteriorado la estructura de hormigón, y sobre todo las tapas que son hechas del mismo material, por lo que se propone reemplazarlas por tapas metálicas, ya que estas son más fáciles de maniobrar y facilitarían los trabajos de limpieza para los operadores.

3.3.3 Desarenador

Al igual que en el punto anterior, en el apartado 3.1.2.3 Tanque desarenado y de cribado, se menciona que esta unidad de pre tratamiento funciona correctamente, con referencia al caudal de diseño, por lo tanto, no es necesario repotenciarlo. Sin embargo, si es indispensable un mantenimiento adecuado, y de igual manera, reemplazar las tapas de hormigón, por unas metálicas, para facilitar los trabajos de limpieza.

3.3.4 Tanque Sedimentador

En el apartado 3.1.2.4 se evidencia que esta unidad, también cumple con los requisitos mínimos de diseño expuestos por la Conagua, por lo tanto, es necesario darle mantenimiento de rutina y conservar las instalaciones actuales.

3.3.5 FAFA (Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente)

En las instalaciones actuales de la PTAR en estudio, no se encuentra esta unidad de tratamiento, por lo tanto, es indispensable un diseño nuevo de esta unidad para completar el pretratamiento y tratamiento primario existentes.

De acuerdo a la Conagua en su libro 29, del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento – Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendentes. Se consideran los siguientes pasos en el diseño del FAFA para la PTAR en cuestión, todas las consideraciones serán tomadas de dicho manual. [29]

Cálculo teórico:

Área superficial ($A \rightarrow m^2$) [29]

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

Dónde:

A= Área superficial (m²)

Q= Caudal de diseño (m³/d)

CHS= Carga Hidráulica Superficial ($m^3/m^3 d$)

$$Q = 2.74 \frac{l}{s} = 236.736 \frac{m^3}{d}$$

Nota: Según el manual de diseño de la CONAGUA, la CHS para un caudal máximo horario que es el caudal contemplado para el cálculo del caudal de diseño, tenemos un rango de 10 a 15 ($m^3/m^2 d$). Contemplando que tenemos una planta pequeña en estudio, tomaremos el valor menos del rango referido; CHS= 10 ($m^3/m^2 d$).

Entonces:

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

$$A = \frac{236.736 \frac{m^3}{día}}{10 \frac{m^3}{m^2 d}}$$

$$A = 23.6736 m^2$$

Dimensiones en planta del filtro [29]

$$L = \sqrt{A}$$

Dónde:

L= Lado del filtro (m)

A= Área del filtro (m^2)

Entonces:

$$L = \sqrt{23.6736 m^2}$$

$$L = 4.87 m \cong 5.00 m$$

Volumen del lecho filtrante ($V_{lf} \rightarrow m^3$) [29]

$$V_{lf} = \frac{Q * S_o}{COV}$$

Dónde:

V_{lf} = Volumen del lecho filtrante (m^3)

Q= Caudal de diseño (m^3/d)

S_o = DBO en el afluente, en kg de DBO/m³

COV= Carga orgánica volumétrica en el lecho filtrante, en kg de DBO m³/d

$$S_o = DBO = 420 \text{ mg/lt} = 0.42 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Tabla 21.}$$

Nota: La CONAGUA, recomienda trabajar con cargas orgánicas volumétricas entre 0.25 – 0.75 kg de SBQ m³/día, al tener una planta pequeña se considera un valor promedio del rango recomendado; COV = 0.50 de DBQ m³/día

$$V_{lf} = \frac{236.736 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.42 \frac{\text{kg}}{\text{lt}}}{0.50 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}}$$

$$V_{lf} = 198.86 \text{ m}^3$$

Altura del lecho filtrante ($h_{lf} \rightarrow m$) [29]

$$h_{lf} = \frac{V_{lf}}{A}$$

Dónde:

h_{lf} = Altura del lecho filtrante (m)

V_{lf} = Volumen del lecho filtrante (m³)

A= Área del filtro (m²)

Entonces:

$$h_{lf} = \frac{198.86 \text{ m}^3}{(5 * 5) \text{ m}^2}$$

$$h_{lf} = 7.95 \text{ m} \cong 8.00 \text{ m}$$

Altura final del filtro ($h_f \rightarrow m$) [29]

$$h_t = h_{lf} + b + d$$

Dónde:

hf= Altura final del filtro

hlf= Altura del lecho filtrante

b= borde libre

d= fondo falso

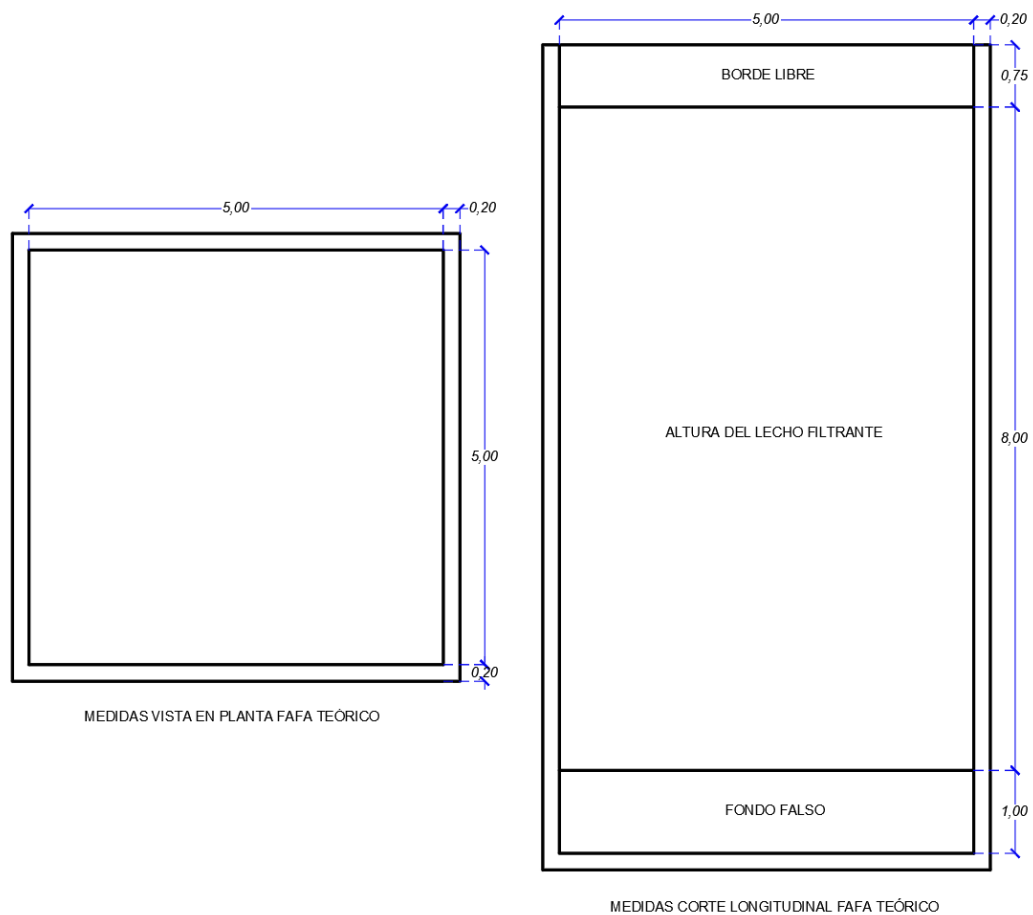
Nota: Para los valores de b y d, se considerarán los recomendados por la CONAGUA; siendo de 0.75 m para b y de 1.00 m para d.

Entonces:

$$hf = 8.00 \text{ m} + 0.75 \text{ m} + 1.00 \text{ m}$$

$$hf = 9.75 \text{ m}$$

Figura 37. Dimensiones del FAFA con las medidas teóricas arrojadas en los cálculos.



Fuente: AUTOR

Como se observa en la figura 35, las dimensiones en altura son muy grandes en comparación a las medidas en planta, por lo cual es necesario elaborar un reajuste de las medidas para obtener un diseño más amigable al momento de la construcción pero que sostenga el mismo volumen y funcionalidad.

Volumen total del filtro ($V_t \rightarrow m^3$) [29]

$$V_t = A * h_t$$

Dónde:

V_t = Volumen total del filtro (m³)

A = Área total del filtro (m²)

h_t = Altura total del filtro (m)

$$V_t = (5 * 5) m^2 * 9.75 m$$

$$V_t = 243.75 m^3$$

Con un volumen total mínimo de 243.75 m³ \cong 244 m³ y un volumen del lecho filtrante igual a 198.86 m³ \cong 200m³; considerando una altura del lecho filtrante igual a 2.00 m, procedemos al diseño final del FAFA. Los 2.00 m se los asume tomando en cuenta facilidad en la construcción del FAFA.

Cálculo del Área total real ($A_{tr} \rightarrow m^2$).

$$A_{tr} = \frac{\text{Volumen del lecho filtrante (m}^3\text{)}}{\text{altura del lecho filtrante (m)}}$$

$$A_{tr} = \frac{200 (m^3)}{2.00 (m)}$$

$$A_{tr} = 100 (m^2)$$

Cálculo de las dimensiones en planta reales ($L_r \rightarrow m$).

$$L_r = \sqrt{A_{tr} (m^2)}$$

$$Lr = \sqrt{100 (m^2)}$$

$$Lr = 10 (m)$$

Cálculo de la altura total real (*htr* → m).

$$htr = \text{Altura del lecho filtrante (m)} + \text{borde libre (m)} + \text{fondo falso (m)}$$

$$htr = \text{Altura del lecho filtrante (m)} + \text{borde libre (m)} + \text{fondo falso (m)}$$

$$htr = 2.00 (m) + 0.75 (m) + 1.00 (m)$$

$$htr = 3.75 (m)$$

Cálculo del volumen total real del FAFA (*Vtr* → m³).

$$Vtr = Atr (m^2) * htr (m)$$

$$Vtr = 100 (m^2) * 3.75 (m)$$

$$Vtr = 375 (m^3)$$

Revisión de la Carga Orgánica Volumétrica (*COV* → kg DBQ/m³día)

$$COV = \frac{Q * So}{Vtr}$$

Dónde:

COVt= Carga orgánica volumétrica total en el lecho filtrante, en kg de DBO m3/d

Vtr= Volumen total real del tanque (m3)

Q= Caudal de diseño (m3/d)

So= DBO en el afluente, en kg de DBO/m3

Entonces:

$$COVt = \frac{236.736 \frac{m^3}{día} * 0.42 \frac{kg}{lt}}{375 m^3}$$

$$COVt = 0.265 DBQ /m^3 día$$

Nota: En el libro de la CONAGUA, el criterio de CVOt, debe estar comprendido entre 0.15 y 0.50 kg de DBO m3/d. Con un valor calculado de 0.265 kg de DBO m3/d, si cumple este criterio el diseño nuevo del FAFA.

Tiempo de retención hidráulica (TRH → días) [29]

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

Dónde:

TRH= Tiempo de retención hidráulica (días)(horas)

Vlf= Volumen del lecho filtrante (m3)

Q= Caudal de diseño (m3/d)

$$TRH = \frac{(200)m^3}{236.736 m^3/día}$$

$$TRH = 0.845 días \rightarrow 20.28 horas$$

Eficiencia esperada (E → %) [29]

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

Dónde:

E= Eficiencia esperada (%)

TRH= Tiempo de retención hidráulica (horas)

$$E = 100[1 - 0.87(20.28 horas)^{-0.5}]$$

$$E = 80.68\%$$

Concentración de DBO esperada en el efluente ($DBO_{ef} \rightarrow mg/l$) [29]

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E * S_o}{100}$$

Dónde:

DBO_{ef} = Concentración de DBO esperada en el efluente ($DBO_{ef} \rightarrow mg/l$)

S_o = DBO en el afluente, en kg de DBO/m³

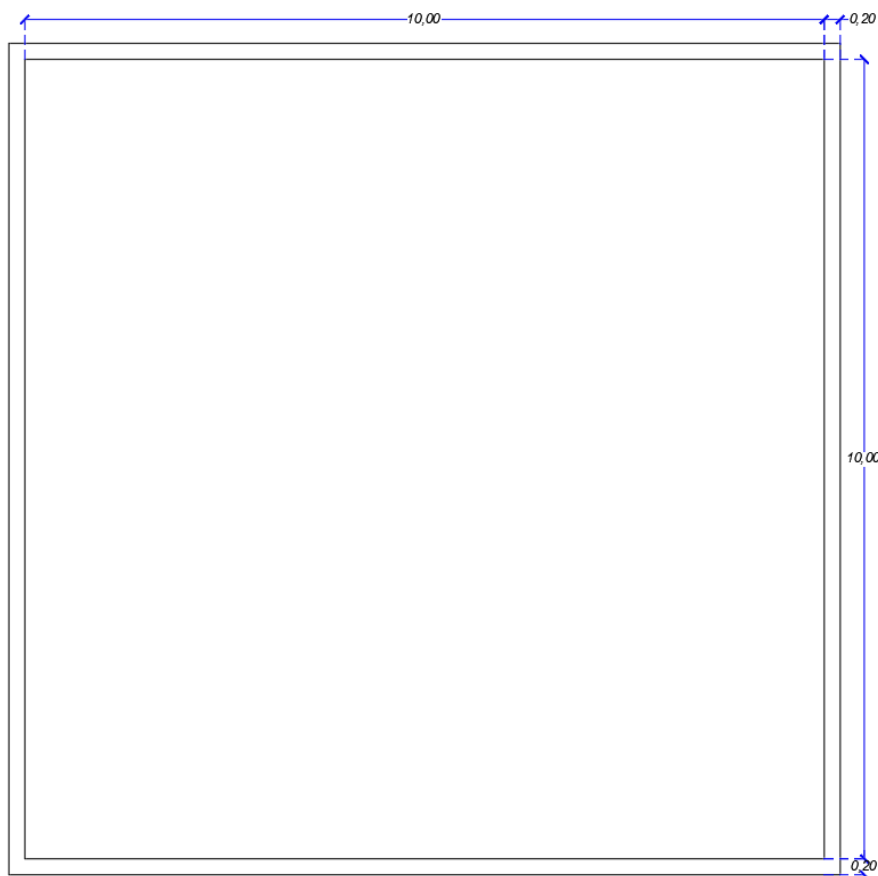
E= Eficiencia esperada (%)

$$DBO_{ef} = 420 \text{ mg/l} - \frac{80.68\% * 420 \text{ mg/l}}{100}$$

$$DBO_{ef} = 81.144 \text{ mg/l}$$

Teniendo en cuenta que el $DBO_{ef} = 81.144 \text{ mg/l}$ es menor al límite máximo permitido por el TULSMA para descargas en cuerpos de agua dulce $DBO = 100 \text{ mg/l}$. Se razona que el diseño del FAFA es el adecuado para la planta en estudio.

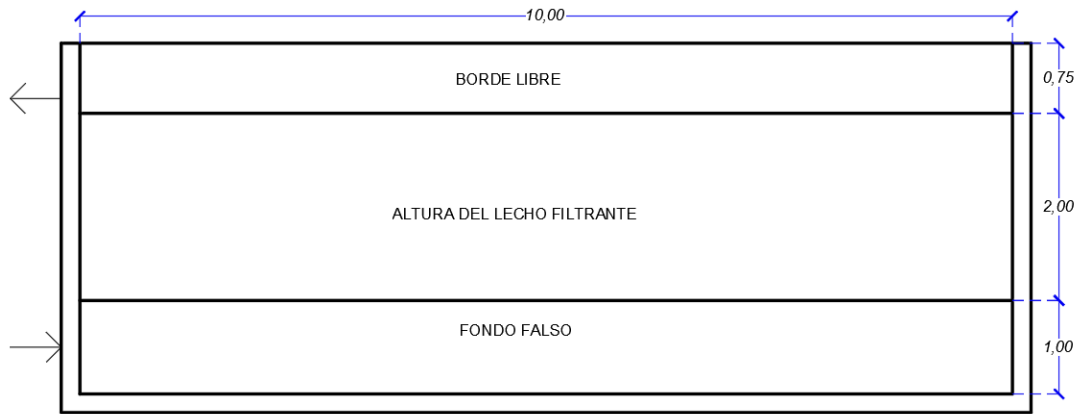
Figura 38. Dimensiones del FAFA propuesto vista en planta.



MEDIDAS VISTA EN PLANTA FAFA TEÓRICO

Fuente: AUTOR

Figura 39. Dimensiones del FAFa propuesto vista en elevación.



MEDIDAS CORTE LONGITUDINAL FAFa TEÓRICO

Fuente: AUTOR

Para mayores detalles de las dimensiones, cortes y funcionalidad del FAFa dirigirse al apartado de ANEXOS – PLANOS.

3.3.6 Lecho de secado de lodos

Al igual que el FAFa, el lecho de secado de lodos no existe en las instalaciones actuales de la PTAR, por lo mismo, se realizará un diseño adecuado basándonos en el manual de la Organización Panamericana de la Salud (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización). [35]

Cálculo teórico:

Carga de sólidos que ingresan ($C \rightarrow \text{kg de SS/día}$) [35]

$$C = Q * SS * 0.0864$$

Dónde:

C= Carga de sólidos que ingresan (kg de SS/día)

Q= Caudal de diseño (lt/s)

SS= Sólidos suspendidos totales (mg/lt) Tabla 21.

$$C = 2.74 \frac{\text{lt}}{\text{s}} * 309.30 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} * 0.0864$$

$$C = 73.22 \text{ kg SS/día}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos ($Msd \rightarrow kg\ SS/día$) [35]

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

Dónde:

Msd= Masa de sólidos que conforman los lodos (kg SS/día)

C= Carga de sólidos que ingresan (kg de SS/día)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 73.22 + 0.5 * 0.3 * 73.22)kg\ SS/día$$

$$Msd = 23.80\ kg\ SS/día$$

Volumen diario de lodos digeridos ($Vld \rightarrow lt/día$) [35]

$$Vld = \frac{Msd}{plodo * (\%de\ sólidos/100)}$$

Dónde:

Vld= Volumen diario de lodos digeridos (lt/día)

Msd= Masa de sólidos que conforman los lodos (kg SS/día)

plodo= Densidad de los lodos = 1.04 kg/lt según la OPS [35]

%de sólidos/100= Porcentaje de los sólidos contenidos en los lodos, entre 8 al 12 %, para este caso se selecciona el 12 con el criterio de porcentaje máximo. OPS. [35]

Entonces:

$$Vld = \frac{23.80\ kg\ SS/día}{1.04\ kg/lt * (12/100)}$$

$$Vld = 190.70\ lt/día$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque ($Vel \rightarrow m^3$) [35]

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

Dónde:

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

Vld= Volumen diario de lodos digeridos (lt/día)

Td= Tiempo de digestión (días)

El Td, varía de acuerdo a la temperatura que presenta la zona en la cual se encuentra la PTAR, en este caso según el PDOT de la Parroquia se encuentra entre 12°C y 14°C, por lo cual, para este cálculo se tomará un valor intermedio de 13°C. [16]

En la tabla a continuación se puede visualizar el tiempo de digestión en días que tarda en procesar los lodos dependiendo la temperatura ambiental, como se ha elegido una temperatura de 13°C, y esta no se encuentra en la tabla, se procese a realizar un cálculo por el método de interpolación.

Tabla 26. Tabla del tiempo de digestión referente a la temperatura ambiente.

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DÍAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: OPS [35]

Entonces:

$$Y = Y1 + \left[\frac{X - X1}{X2 - X1} * (Y2 - Y1) \right]$$

$$Y = 76 + \left[\frac{13 - 10}{15 - 10} * (55 - 76) \right]$$

$$Y = 63.4 \text{ días}$$

Con Td= 63.4 días tenemos:

$$Vel = \frac{190.70 \frac{lt}{día} * 63.4 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 12.10 m^3$$

Área del lecho de secado ($Als \rightarrow m^2$) [35]

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

Dónde:

Als= Área del lecho de secado (m^2)

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

Ha= Profundidad de aplicación, 0.40m recomendado por la OPS [35]

Entonces:

$$Als = \frac{12.10 m^3}{0.40 m}$$

$$Als = 30.25 m^2$$

Dimensiones en planta (lados en m)

$$L = \sqrt{Als}$$

Dónde:

L= lado del lecho de secado (m)

Als= Área del lecho de secado (m^2)

Entonces:

$$L = \sqrt{30.25 m^2}$$

$$L = 5.5 m$$

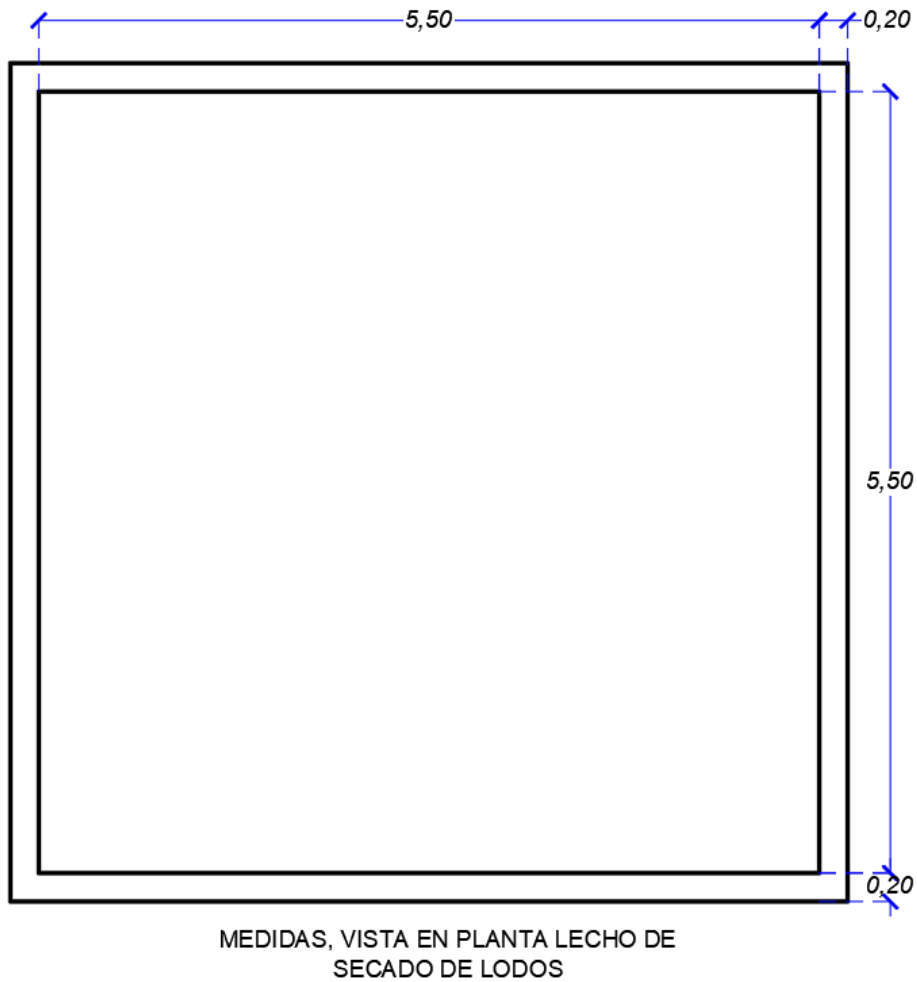
Medio de drenaje

Lo más recomendable es diseñar un medio de drenaje con un espesor de 50 cm, el mismo que contará con los siguientes componentes y sus respectivas dimensiones: [35]

- Una capa de carga o soporte que será la encargada de colmar los lodos extraídos del FAFA, y constará de 15 cm de espesor, ya que se encuentra formada por ladrillos alineados sobre la capa del medio filtrante, y estos tendrán una separación de 2 a 3 cm para permitir la circulación de los líquidos.
- Bajo la capa de ladrillos, es necesario colocar arena; que actúa como medio filtrante con un tamaño entre 0.3 a 1.3 mm, y un espesor en esta capa de 15 cm.

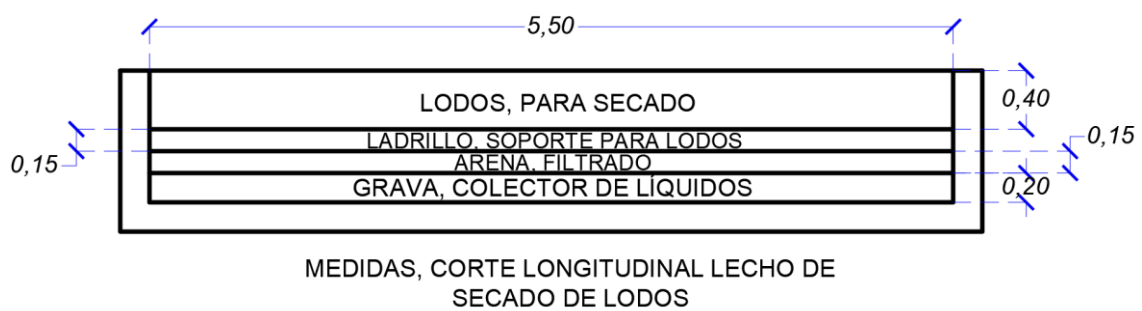
- Y por último se deberá colocar debajo de la arena una capa de 20 cm de espesor de grava que tenga un tamaño entre 1,5 a 51 mm. [35]

Figura 40. Dimensiones del Lecho de secado de Lodos propuesto, vista en planta.



Fuente: AUTOR

Figura 41. Dimensiones del Lecho de secado de Lodos propuesto, vista en elevación.



Fuente: AUTOR

Es importante mencionar que el lecho de secado de lodos, necesita una cubierta adecuada, para que, en épocas lluviosas, los lodos no se humedezcan y puedan secar de manera eficiente en el tiempo normal, sin que el agua lluvia afecte al proceso.

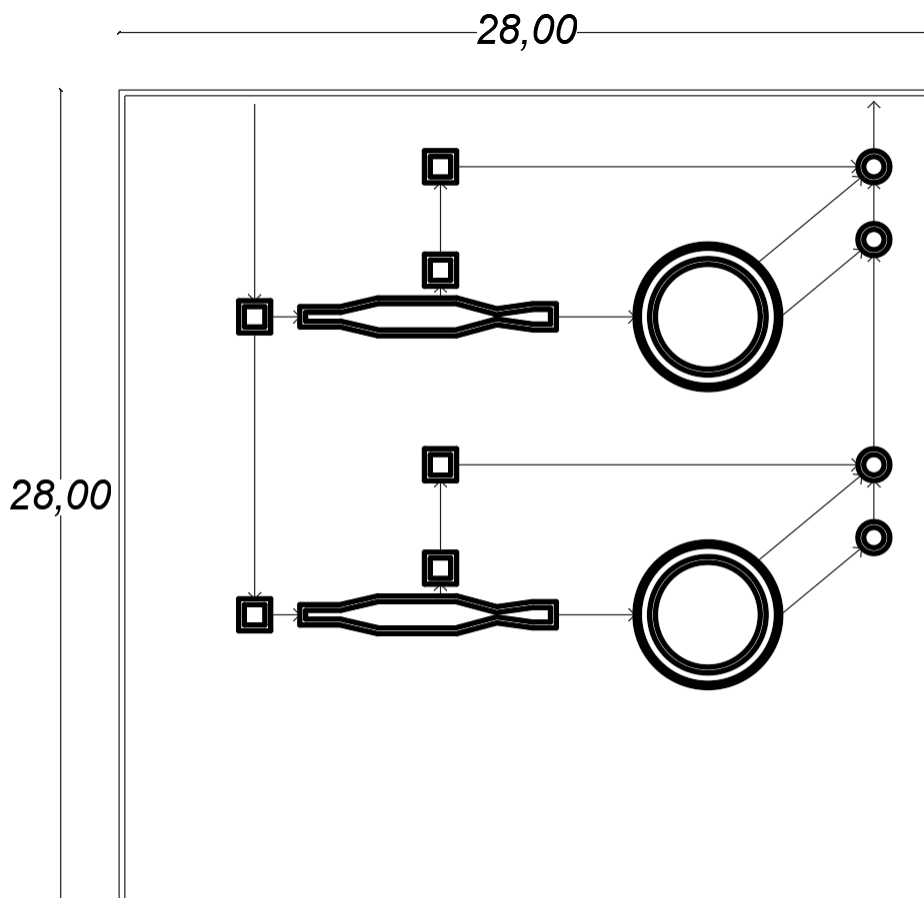
Los detalles del armado de la cubierta, y el armado del lecho de secados de lodos, se lo encuentra en el apartado de ANEXOS – PLANOS.

3.4 Propuesta de repotenciación y mantenimiento de la PTAR

3.4.1 Medida 1: Ampliación del predio, para incorporar las unidades complementarias del tratamiento.

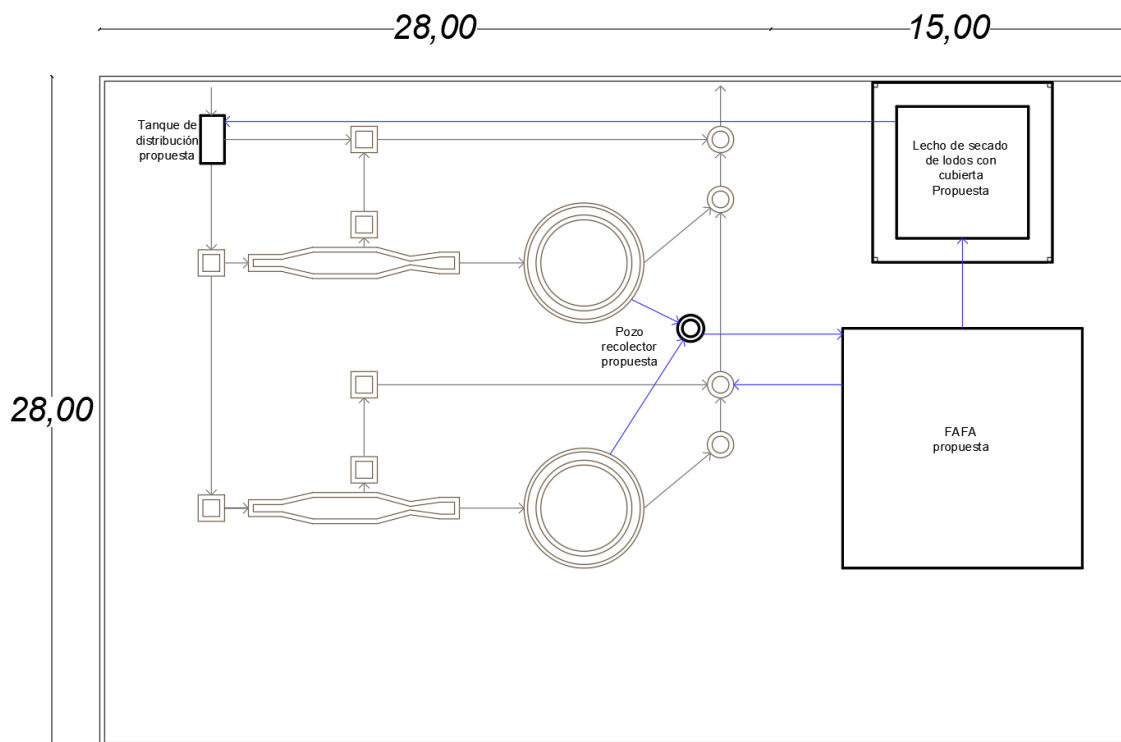
En el actual predio, las unidades existentes están ocupando el máximo de la capacidad del terreno, como ya es evidente el proceso existente no depura el agua residual de manera eficiente. Por lo tanto, se decidió agregar dos nuevas unidades de tratamiento para las cuales es necesario ampliar el predio en 15 metros para implementar los elementos necesarios en la repotenciación.

Figura 42. Medidas actuales del predio con las unidades existentes de la PTAR.



Fuente: AUTOR

Figura 43. Medidas del predio propuestas, con las unidades para repotenciar la PTAR.



Fuente: AUTOR

Los valores económicos para esta medida no se la considerarán dentro del presupuesto de repotenciación y manteniendo, ya que puede variar dependiendo la negociación entre el dueño y el GAD Municipal, o también se puede expropiar de ser el caso.

3.4.2 Medida 2: Derrocamiento de la pared ubicada al este del predio, para ampliación y construcción de las nuevas unidades de tratamiento.

Como se señala en la medida 1, es necesario la ampliación del terreno para la implementación de las unidades faltantes. Por lo tanto, es necesario el derroque y desalojo de la pared ubicada en la el sector este, para lo mismo que se estima un valor monetario de \$ 272.16.

3.4.3 Medida 3: Limpieza y desbroce manual de la vegetación.

La limpieza y desbroce, se lo realizará del área total del terreno, tomando en cuenta la nueva ampliación de 15 m en la dirección este. El área total es de 1204 m², con un costo de \$ 1011.36.

3.4.4 Medida 4: Implementación de tapas metálicas en las unidades de tratamiento existentes, que en su mayoría tienen tapas de hormigón.

Gran parte de las tapas que cubren los caudales de las unidades de tratamiento existentes son de hormigón y unas pocas de metal, sin embargo, en ambos casos, dichas tapas, se encuentran sumamente deterioradas, y sobre todo las tapas de hormigón son excesivamente pesadas y, por lo tanto, no son funcionales. En consecuencia, es necesario implementar tapas metálicas en todas las unidades. Área de puertas metálicas es igual a 28 m² con un costo de \$ 6230.00.

Figura 44. Tapas metálicas deterioradas, y tapas de hormigón (pesadas).



Fuente: AUTOR

3.4.5 Medida 5: Construcción de un nuevo tanque repartidor de caudales

La PTAR tiende a inundarse cuando existen precipitaciones, esto se debe a que los tanques repartidores son muy pequeños y además no cuentan con un bypass para evacuar el exceso de agua producido por las lluvias.

3.4.6 Medida 6: Construcción de un FAFA

Esta unidad de tratamiento no existe en las instalaciones actuales de la PTAR, por lo cual es indispensable implementar una estructura que cumpla esta función, y poder de esta manera, complementar el proceso del tratamiento de agua residual.

3.4.7 Medida 7: Construcción de un lecho de secado de lodos

Para el secado de lodos, actualmente se hace excavaciones en el suelo junto a los sedimentadores, esta medida no es la adecuada, por esta razón es indispensable también la implementación de esta unidad de tratamiento para la repotenciación de la PTAR.

3.4.8 Medida 8: Construcción de una cubierta para el lecho de secado de lodos

Con la construcción de un lecho de secado de lodos, es importante una cubierta para el mismo, ya que las lluvias afectan el proceso de secado, y la cubierta será la encargada de proteger esta unidad en la presencia de precipitaciones.

3.4.9 Medida 9: Construcción de un cerramiento para el nuevo predio

Para seguridad de las unidades de tratamiento, es indispensable la construcción de un cerramiento en el predio ampliado y así poder delimitar, las instalaciones de la PTAR.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Dentro de la evaluación que se realizó a la PTAR de la parroquia La Victoria, con respecto a los límites de contaminación que exige la normativa TULSMA para desembocar en un cuerpo de agua dulce, es ineficiente el funcionamiento de la planta.
- En la recolección de información in situ que se realizó en la PTAR, se obtuvo como resultado de los caudales, un caudal máximo de 2.04 lt/s los días viernes en el horario de 11:h00 a 12:h00 (Tabla 11), con este valor se calculó un caudal de diseño igual a 2.74 lt/s.
- Mediante entrevistas con los Administradores de La Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Victoria, se recopiló información relacionada a la construcción de las instalaciones actuales de la PTAR. Fue construida en el año 2000 y actualmente la red de alcantarillado que desemboca en esta planta tiene alrededor de 350 acometidas.
- Es necesario la implementación de un FAFA y un lecho de secado de lodos, para mejorar el rendimiento de la PTAR.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda dar mantenimiento constante a las instalaciones de la PTAR, y evitar el crecimiento de las malezas alrededor de las mismas.
- Es importante mantener a operarios constantemente en la PTAR que puedan agilizar el trabajo de las unidades de tratamiento.
- La PTAR debe tener una instalación de agua potable, para trabajos de limpieza dentro de ella.
- Los operarios de la planta deben capacitarse para evitar problemas de salud ocupacional, ya que la planta posee muchos contaminantes que pueden afectar a la salud de las personas.

Bibliografía

- [1] L. León Duharte, C. Chibinda y M. d. I. Á. Arada Pérez, «Evaluación de la calidad del agua del manantial "El Paraíso" en Santiago de Cuba,» *Revista Cubana de Química*, vol. 34, nº 2, pp. 303-314, 2022.
- [2] J. R. Morillo Cano, B. Sánchez Martínez y V. Vega Falcón, «Enfermedades transmitidas por el consumo de agua de mala calidad,» *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 13, nº 2, pp. 513-520, 2021.
- [3] J. M. Martí Elias, «Morfología urbana y ciclo del agua en la metrópolis contemporánea. Potencial de las condiciones hidrográficas en fragmentos del Área Metropolitana de Barcelona,» *Cuaderno de Investigación Urbanística*, vol. 6, nº 142, pp. 40-58, 2022.
- [4] Y. D. Huarachi Núñez y C. Huanacuni Lupaca, «Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Matadero Municipal de Tacna,» *Ingeniería Investiga*, vol. 3, nº 1, pp. 547-559, 2021.
- [5] B. E. Duran Mera y M. J. Lino García, «Fitorremediación con *Eichhorina crassipes* en aguas residuales del cantón Jipijapa, Ecuador,» *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, vol. 6, nº 1-10, p. SN, 2023.
- [6] R. J. Salgado Hernández y M. A. Briones Valenzuela, «Análisis de pago por servicios ambientales en 13 barrios, para aplicar en la microcuenca quebrada de agua en municipio de Catacamas, Honduras,» *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanas*, vol. 3, nº 2, pp. 251-259, 2023.
- [7] B. Manzollillo Morello, «Uso de Tecnologías Limpias para el tratamiento de aguas residuales urbanas,» *TEKHNEÉ*, vol. 3, nº 23, pp. 11-20, 2021.
- [8] C. S. Molina, L. B. Sarduy Preira, B. Pillco y K. Diéguez Santana, «Evaluación del Impacto Ambiental de la Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Caso Río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador,» *Ciencia Ambiente y Clima*, vol. 3, nº 1, pp. 23-39, 2020.
- [9] A. Moreno Mata, «El Agua Residual tratada y el Agricultor de Santa María del Río,» *H+D HÁBITAT MAS DISEÑO*, vol. 9, nº 18, pp. 19-27, 2017.
- [1] S. Peña y J. Mayorga, «Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador),» *Ciencia e Ingeniería*, vol. 39, nº 2, pp. 161-168, 2018.
- [1] B. F. Chere Quiñonez, R. C. Ulloa de Souza, L. J. Reyna Tenorio, M. E. Canchingre Bone y G. 1] A. Mosquera Quintero, «Energía eléctrica a partir de aguas residuales industriales en Guayaquil, Ecuador,» *SAPIENZA: International Journal of Interdisciplinary Studies*, vol. 3, nº 6, pp. 202-210, 2022.
- [1] W. Sáez Huamán, P. A. Palomino Pastrana, H. M. Dávila Victoria y L. A. Tito Córdova, 2] «Aguas residuales en la calidad de agua del río,» *Revista de Investigación e Innovación Científica y tecnología GnosisWisdom*, vol. 2, nº 3, pp. 30-36, 2022.

- [1 J. J. Humanante Cabrera, L. C. Moreno Alcibar, A. Grijalva Endara, R. W. Saldoya Tinedo y
3] J. A. Suárez Tomalá, «Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de
aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena,» *Manglar*, vol.
19, nº 2, pp. 177-187, 2022.
- [1 I. N. D. E. Y. C. (INEC), «Facículo Provincial Cotopaxi,» INEC, Quito, 2010.
4]
- [1 S. S. Espinoza, Interviewee, *Actualidad de la red de alcantarillado y la*. [Entrevista]. 15
5] abril 2023.
- [1 G. P. L. Victoria, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial,» GAD Parroquial La
6] Victoria, Pujilí, 2015.
- [1 S. R. Suntasig, Interviewee, *Actualidad ptar la victoria*. [Entrevista]. 12 abril 2023.
7]
- [1 NACIONES-UNIDAS, «Naciones Unidas,» Naciones Unidas, 19 noviembre 2022. [En línea].
8] Available: <https://www.un.org/es/observances/toilet-day/message>. [Último acceso: 17
abril 2023].
- [1 NACIONES-UNIDAS, «Naciones Unidas,» Naciones Unidas, [En línea]. Available:
9] <https://www.un.org/es/desa/world-toilet-day-2>. [Último acceso: 17 abril 2023].
- [2 ORGANIZACIÓN-PANAMERICANA-DE-LA-SALUD, «OPS,» diciembre 2009. [En línea].
0] Available: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Sanemiento-Capitulo4.pdf>.
[Último acceso: 17 abril 2023].
- [2 CONSTITUCIÓN-DE-LA-REPÚBLICA-DEL-ECUADOR, «Ministerio de Defensa Nacional del
1] Ecuador,» 25 enero 2021. [En línea]. Available: [https://www.defensa.gob.ec/wp-
content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-
Ecuador_act_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf). [Último acceso: 17 abril 2023].
- [2 METCALF, EDDY y INC, «Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua Residual,»
2] de *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización*, Madrid,
MacCrawHill, 1995, pp. 53-57.
- [2 METCALF, EDDY y INC, «Clasificación de los Métodos de tratamiento de las Aguas
3] Residuales,» de *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización*,
Madrid, MacCrawHill, 1995, pp. 141-147.
- [2 Ministerio del Ambiente, «Texto Unificado de Legislación Secundario de Medio
4] ambiente,» Publicado por el Ministerio Del Ambiente, Quito, 2017.
- [2 Ministerio del Ambiente, «Registro Oficial Suplemento 387,» Publicación del Ministerio
5] del Ambiente, Quito, 2015.
- [2 METCALF, EDDY y INC, «Desbaste,» de *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento*,
6] *Vertido y Reutilización*, Madrid, MacCrawHill, 1995, pp. 228-230.

- [2] J. García Serrano y A. Corzo Hernández, «Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) BARCELONATECH,» 11 diciembre 2008. [En línea]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/2474/JGarcia_and_ACorzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 19 abril 2023].
- [2] METCALF, EDDY y INC, «Desarenadores,» de *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización*, Madrid, MacGrawHill, 1995, pp. 521-523.
- [2] Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), «Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente,» CONAGUA, México, 2015.
- [3] M. Bassan y e. al., «Lechos de secado sin Plantas,» de *Manejo de Lodos Fecales*, Londres, IWA Publishing, 2014, pp. 139-140.
- [3] F. Osorio Robles, J. C. Torres Rojo y M. Sánchez Bas, «Aplicación de Procesos Industriales a la Reutilización de Aguas Residuales,» de *Tratamiento de Aguas Para Eliminación de Microorganismos y Agentes Contaminantes*, Madrid, DIAS DE SANTOS, 2012, pp. 17-18.
- [3] D.-I. R. Peñafiel, «TOMA DE MUESTRAS COMPUESTAS,» Ambato, 2023.
- [3] J. Mena, «EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ,» UTA, Ambato, 2022.
- [3] C. N. d. A. (CONAGUA), «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario.,» CONAGUA, México, 2015.

ANEXOS

LABORATORIO AMBIENTAL. LABORATORIO INVESTIGACIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIA E ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA UTA

Nombre del muestreador:	Marcos Veintimilla	Código de la muestra:	
Nombre del responsable del análisis:	Dr.-Ing. Rodny Peñafiel	Punto de muestreo:	ENTRADA PTAR
Fecha/hora de muestreo:	06.07.2023 / 8:00-16:00	Tipo de muestreo:	COMPUESTO
Lugar de muestreo:	PTAR	Modo de conservación:	REFRIGERACIÓN 2°C
Tipo de muestra:	AGUA RESIDUAL	Volumen de muestra:	1 LITRO

	UNIDADES	VALOR	DES. EST.	NORMA TULSMA TABLA 8 DESCARGA ALCANTARILLADO	METODO
Parámetros globales¹					
pH		7,1	0,0	6 a 9	SM 4500 B
Conductividad	µS/cm	746,3	23,2	-	SM 2510 B
Turbidez	NTU	65,5	1,6	-	SM 2130 B
Parámetros en laboratorio²					
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/l	1100,0	4,7	500	SM 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅	mg/l	420,0	21,0	250	SM 5210 D
Sólidos Totales, ST	mg/l	309,3	2,5	1600	SM 2540 B
Sólidos Suspendedos Totales, SST	mg/l	185,3	1,9	220	SM 2540 D
Sólidos Disueltos Totales, SDT	mg/l	124,0	1,9	-	SM 2540 C
Nitrógeno amoniacal, N-NH ₃	mg/l	42,6	0,1	60*	ASTM D1426, Nessler method
Nitrato, NO ₃ ⁻	mg/l	42,0	0,6	-	SM 4500 NO3 E
Fosfato, P-PO ₃ ⁴⁻	mg/l	7,0	0,5	15**	SM 4500 P E
Cloruros, Cl ⁻	mg/l	11,0	0,5	-	SM 4500 P E
Sulfatos, SO ₄ ²⁻	mg/l	50,7	0,5	400	4500-Cl G
Cromo VI, Cr ⁺⁶	mg/l	0,089	0,005	0,5	ASTM D1687-92, Diphenylcarbohydrazide method
Zinc, Zn	mg/l	0,60	0,05	10	SM 3500-Zn B
Hierro, Fe	mg/l	0,07	0,05	25	EPA Phenanthroline method 315B
Aluminio, Al	mg/l	n/d	n/d	5	SM 3500-Al B
Manganeso, Mn	mg/l	0,50	0,03	10	SM 3500-Mn B
Cobre, Cu	mg/l	n/d	n/d	1	SM 3500-Cu B
Metales por Absorción Atómica³					
Cadmio, Cd	mg/l	0,0009	0,0002	0,020	SM 3113 B PGI AA 500 Graphite Element Data Sheets Cd, Ni, Cr, Pb, As
Niquel, Ni	mg/l	0,0021	0,0004	2,000	
Cromo total, Cr	mg/l	0,0031	0,0002	-	
Plomo, Pb	mg/l	0,0184	0,0013	0,200	
Arsénico, As	mg/l	n/d	n/d	0,100	

* Como Nitrógeno Total Kjeldahl

** Como fósforo total

n/d: no detectado

SM: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, APHA

¹ Medidor multiparámetro HANNA HI 9829

² Fotómetro multiparamétrico con DQO HI 83399

³ Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito PG Instruments AA500

**LABORATORIO AMBIENTAL. LABORATORIO INVESTIGACIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIA E
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA UTA**

Nombre del muestreador:	Marcos Veintimilla	Código de la muestra:	
Nombre del responsable del análisis:	Dr.-Ing. Rodny Peñafiel	Punto de muestreo:	SALIDA PTAR
Fecha/hora de muestreo:	06.07.2023 / 8:00-16:00	Tipo de muestreo:	COMPUESTO
Lugar de muestreo:	PTAR	Modo de conservación:	REFRIGERACIÓN 2°C
Tipo de muestra:	AGUA RESIDUAL	Volumen de muestra:	1 LITRO

	UNIDADES	VALOR	DES. EST.	NORMA TULSMA TABLA 9 DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE	METODO
Parámetros globales¹					
pH		6,5	0,0	6 a 9	SM 4500 B
Conductividad	µS/cm	1372,3	16,9	-	SM 2510 B
Turbidez	NTU	39,8	0,3	-	SM 2130 B
Parámetros en laboratorio²					
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/l	970,0	5,0	200	SM 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅	mg/l	370,4	18,5	100	SM 5210 D
Sólidos Totales, ST	mg/l	248,0	1,6	1600	SM 2540 B
Sólidos Suspendidos Totales, SST	mg/l	118,7	3,4	130	SM 2540 D
Sólidos Disueltos totales, TDS	mg/l	129,3	1,6	-	SM 2540 C
Nitrógeno amoniacal, N-NH ₃	mg/l	46,0	5,3	30	ASTM D1426, Nessler method
Nitrato, NO ₃ ⁻	mg/l	9,4	0,2	-	SM 4500 NO3 E
Fosfato, P-PO ₃ ⁴⁻	mg/l	5,2	0,1	10*	SM 4500 P E
Cloruros, Cl ⁻	mg/l	7,6	0,9	-	SM 4500 P E
Sulfatos, SO ₄ ²⁻	mg/l	86,0	0,8	1000	4500-CI G
Cromo VI, Cr ⁺⁶	mg/l	0,092	0,005	0,5	ASTM D1687-92, Diphenylcarbohydrazide method
Zinc, Zn	mg/l	0,70	0,05	5	SM 3500-Zn B
Hierro, Fe	mg/l	0,13	0,09	10	EPA Phenanthroline
Aluminio, Al	mg/l	0,03	-	5	SM 3500-Al B
Manganeso, Mn	mg/l	0,40	0,00	2	SM 3500-Mn B
Cobre, Cu	mg/l	n/d	n/d	1	SM 3500-Cu B
Metales por Absorción Atómica³					
Cadmio, Cd	mg/l	0,0011	0,0000	0,020	SM 3113 B PGI AA 500 Graphite Element Data Sheets Cd, Ni, Cr, Pb, As
Niquel, Ni	mg/l	0,0113	0,0002	2,000	
Cromo total, Cr	mg/l	0,0021	0,0002	-	
Plomo, Pb	mg/l	0,0188	0,0008	0,200	
Arsénico, As	mg/l	n/d	n/d	0,100	

* Como fósforo total

n/d: no detectado

SM: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, APHA

¹ Medidor multiparámetro HANNA HI 9829

² Fotómetro multiparamétrico con DQO HI 83399

³ Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito PG Instruments AA500

PRESUPUESTO REPOTENCIACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR - LA VICTORIA

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
OBRAS PRELIMINARES					
001	DERROQUE Y DESALOJO, PARED DEL ESTE	M2	84,00	3,24	272,16
002	DESBROCE Y LIMPIEZA MANUAL DE VEGETACIÓN	M2	1204,00	0,84	1011,36
EXCAVACIONES					
003	EXCAVACIÓN A MÁQUINA CON RETROEXCAVADORA	M3	0,00	4,44	0,00
004	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	M3	0,00	14,50	0,00
OBRA TOSCA					
005	HS, f'c= 180 kh/cm2	M3	17,00	132,46	2251,82
006	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	KG	8525,00	2,49	21227,25
007	HS, f'c= 240 kh/cm2	M3	92,60	173,66	16080,92
008	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO RECTO	M2	120,00	18,14	2176,80
ACABDOS Y CUBIERTA					
009	CUVIERTA PARA EL LECHO DE SECADO DE LODOS	GBL	1,00	5750,32	5750,32
010	MAMPOSTERÍA CERRAMIENTO	M2	84,00	110,23	9259,32
011	EMPASTADO CERRAMIENTO	M2	168,00	14,90	2503,20
012	PINTURA CERRAMIENTO	M2	168,00	7,31	1228,08
013	PINTURA PARA LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO	M2	168,00	7,31	1228,08
014	INSTALACION DE PUERTAS METÁLICAS	M2	28,00	222,50	6230,00
TRABAJOS SANITARIOS					
015	TUBERÍA PVC SANITARIA DE D=20 MM	ML	40,00	15,00	600,00
016	PUNTOS HIDRÁULICOS CON ACCESORIOS	PUNTO	20,00	32,00	640,00
COSTO TOTAL:					70459,31
SON:					
SIETE MIL QUINIENTOS TRECE DÓLARES AMERICANOS CON CINCUENTA Y DOSCENTAVOS					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 001
 DERROQUE Y DESALOJO, PARED DEL ESTE
 DETALLE:

HOJA 1 DE 16

RENDIMIENTO H/U

0,25 UNIDAD:

M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,05
Gallineta		50% DE MANO DE OBRA			0,47
SUBTOTAL (M)					0,52

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
PEÓN	1,00	3,75	3,75	0,25	0,94
					0,00
SUBTOTAL (N)					0,94

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
SUBTOTAL (O)				0

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
Volqueta	Viaje m2 demolido	1	1,25	1,25
SUBTOTAL (P)				1,25

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		2,70
INDIRECTOS Y UTILIDADES	20%	0,540625
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
 ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **3,24**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 002

HOJA 2 DE 16

DESBROCE Y LIMPIEZA MANUAL DE VEGETACIÓN

DETALLE:

RENDIMIENTO H/U

0,15 UNIDAD:

M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,03
Gallineta		20% DE MANO DE OBRA			0,11
SUBTOTAL (M)					0,14

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
PEÓN	1,00	3,75	3,75	0,15	0,56
SUBTOTAL (N)					0,56

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
				0
SUBTOTAL (O)				0

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				0

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0,70
INDIRECTOS Y UTILIDADES	20%	0,140625
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **0,84**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 003

HOJA 3 DE 16

EXCAVACIÓN A MÁQUINA CON RETROEXCAVADORA

DETALLE:

RENDIMIENTO H/U

1,0 UNIDAD:

M3

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (10% M.O.)		10% DE MANO DE OBRA			0,10
RETROEXCAVADORA	1,00		25,00	0,10	2,50
SUBTOTAL (M)					2,60

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.PUNTO
MAESTRO MAYOR EN OBRA CIVIL	1,00	4,29	4,29	0,02	0,06
PEON	3,00	3,83	11,49	0,04	0,46
OPERADOR DE RETROEXCAVADORA	1,00	4,29	4,29	0,10	0,43
SUBTOTAL (N)					0,95

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
SUBTOTAL (O)				0

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		3,55
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25%	0,88706125
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **4,44**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 04
EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS
DETALLE:

HOJA 4 DE 16

RENDIMIENTO H/U

0,7 UNIDAD:

M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,55
SUBTOTAL (M)					0,55

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
MAESTRO MAYO EN OBRA CIVIL	1,00	4,29	4,29	0,70	3,00
PEÓN	3,00	3,83	11,49	0,70	8,04
SUBTOTAL (N)					11,05

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
SUBTOTAL (O)				0

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				0

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	11,60
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25%
OTROS INDIRECTOS	2,899575

MARCOS VEINTIMILLA
ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **14,50**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 08
 HS, f'c= 240 kh/cm2
 DETALLE:

HOJA 8 DE 16

RENDIMIENTO H/U

0,7 UNIDAD:

M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,42
SUBTOTAL (M)					0,42

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/UNIDAD	COSTO-UNIDAD	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
PEON	1,00	3,83	3,83	0,70	2,68
ENCOFRADOR	1,00	3,87	3,87	0,70	2,71
MAESTRO MAYOR DE OBRA CIVIL	1,00	4,29	4,29	0,70	3,00
SUBTOTAL (N)					8,39

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
CLAVO MULTIUSO 1 1/4 * 16 MM	KG	0,1	1,95	0,195
TABLA DE ENCOFRADO 0,30M	U	1,67	2,58	4,3086
PUNTALES DE EUCALIPTO 3M	U	0,5	1,5	0,75
LISTÓN	U	0,66	2	1,32
				0
SUBTOTAL (O)				6,5736

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		15,39
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25%	3,8465625
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
 ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **19,23**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 010
 MAMPOSTERÍA CERRAMIENTO
 DETALLE:

HOJA 10 DE 16

RENDIMIENTO H/U

1,0 UNIDAD:

UNIDAD

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (10% M.O.)		10% DE MANO DE OBRA			0,69
SUBTOTAL (M)					0,69

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/PUNTO	COSTO-PUNTO	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.PUNTO
PLOMERO	1,00	3,84	3,84	1,00	3,84
PEON	1,00	3,07	3,07	1,00	3,07
SUBTOTAL (N)					6,91

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
ACCESORIOS DE DUCHA	UNIDAD	1	2	2
DUCHA	UNIDAD	1	6,4	6,4
SUBTOTAL (O)				8,4

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		16,00
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25%	4,00025
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
 ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **110,23**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 008
 EMPASTADO CERRAMIENTO
 DETALLE:

HOJA 11 DE 16

RENDIMIENTO H/U

0,6 UNIDAD:

M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,15
SUBTOTAL (M)					0,15

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
PINTOR	1,00	4,86	4,86	0,60	2,92
SUBTOTAL (N)					2,92

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
PINTURA LATEX INTERIOR	LIT	0,2	0,33	0,066
THINNER DE PINTURA	LIT	0,3	0,25	0,075
SUBTOTAL (O)				0,141

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)

3,20

INDIRECTOS Y UTILIDADES

25%

0,8007

OTROS INDIRECTOS

MARCOS VEINTIMILLA
 ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO

14,90

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 012
 PINTURA CERRAMIENTO
 DETALLE:

HOJA 12 DE 16

RENDIMIENTO H/U

0,6 UNIDAD:

M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,14
SUBTOTAL (M)					0,14

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
ALBAÑIL	1,00	4,82	4,82	0,60	2,89
SUBTOTAL (N)					2,89

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
EMPASTE INTERIOR	KG	0,5	0,12	0,06
AGUA	LIT	2,5	0,04	0,1
SUBTOTAL (O)				0,16

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		3,20
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25%	0,79915
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
 ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **7,31**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 013

HOJA 13 DE 16

PINTURA PARA LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

DETALLE:

RENDIMIENTO H/U

0,6 UNIDAD:

M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,31
SUBTOTAL (M)					0,31

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
ALBAÑIL	1,00	5,68	5,68	0,60	3,41
PEON	1,00	4,68	4,68	0,60	2,81
SUBTOTAL (N)					6,22

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
BLOQUES 40X20X15 TIPO LIVIANO	UNIDAD	13	0,45	5,85
ARENA FINA	M3	0,0264	20	0,528
CEMENTO	KG	9,60	0,25	2,4
AGUA	LIT	4,8	0,04	0,192
SUBTOTAL (O)				8,97

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
CAMIÓN	UNIDAD	1	5	5
SUBTOTAL (P)				5

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		20,50
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25%	5,1242
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO		7,31
-----------------------	--	-------------

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 003
 INSTALACIÓN DE PUERTAS METÁLICAS
 DETALLE:

HOJA 3 DE 24

RENDIMIENTO H/U

0,6 UNIDAD: M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,26
SUBTOTAL (M)					0,26

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
ALBAÑIL	1,00	4,85	4,85	0,60	2,91
PEON	1,00	3,75	3,75	0,60	2,25
SUBTOTAL (N)					5,16

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
Tapas	m2	1	180	180
SUBTOTAL (O)				180

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		185,42
INDIRECTOS Y UTILIDADES	20%	37,0836
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
 ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **222,50**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 015
 TUBERÍA PVC SANITARIA DE D=20 MM
 DETALLE:

HOJA 15 DE 16

RENDIMIENTO H/U

0,6 UNIDAD: M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,14
ANDAMIOS		5% DE MANO DE OBRA			0,14
SUBTOTAL (M)					0,29

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
ALBAÑIL	1,00	4,82	4,82	0,60	2,89
SUBTOTAL (N)					2,89

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
EMPASTE EXTERIOR	KG	0,5	0,63	0,315
AGUA	LIT	2,5	0,04	0,1
SUBTOTAL (O)				0,415

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		3,60
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25%	0,89905
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA ELABORADO POR	COSTO TOTAL DEL RUBRO	15,00
-------------------------------------	-----------------------	--------------

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 016
 PUNTOS HIDRÁULICOS CON ACCESORIOS
 DETALLE:

HOJA 16 DE 16

RENDIMIENTO H/U

0,6 UNIDAD:

M2

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
Herramientas manuales (5% M.O.)		5% DE MANO DE OBRA			0,15
ANDAMIOS		5% DE MANO DE OBRA			0,15
SUBTOTAL (M)					0,31

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO = RENDIM*C.HORA
PINTOR	1,00	5,15	5,15	0,60	3,09
SUBTOTAL (N)					3,09

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO=CANT.*P.UNITARIO
PINTURA LATEX EXTERIOR	LIT	0,2	0,62	0,124
THINNER DE PINTURA	LIT	0,3	0,25	0,075
SUBTOTAL (O)				0,199

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO=CANT.*TARIFA
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		3,60
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25%	0,8995
OTROS INDIRECTOS		

MARCOS VEINTIMILLA
 ELABORADO POR

COSTO TOTAL DEL RUBRO **32,00**

LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO PTAR

Nombre del Propietario:
 JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO LA VICTORIA

Provincia: COTOPAXI
 Parroquia: LA VICTORIA

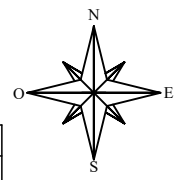
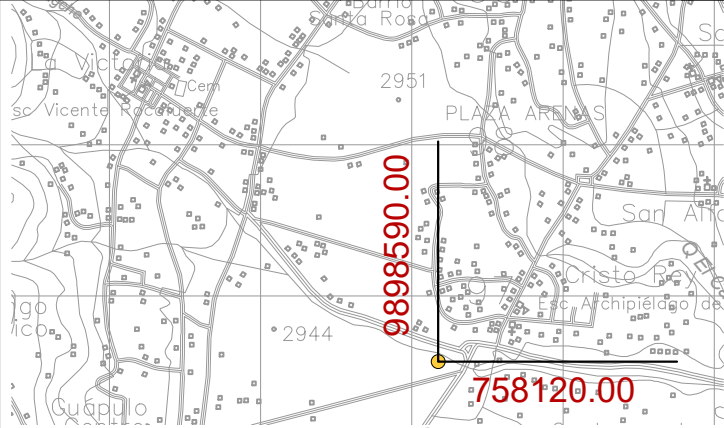
Cantón: PUJILÍ
 Sector: VALLE MULINLIVÍ

Sistema de Referencia:
 DATUM PSD WGS 84 - ZONA 17 S

Fecha:
 OCTUBRE 2023

Nombre Terreno:
 PTAR LA VICTORIA

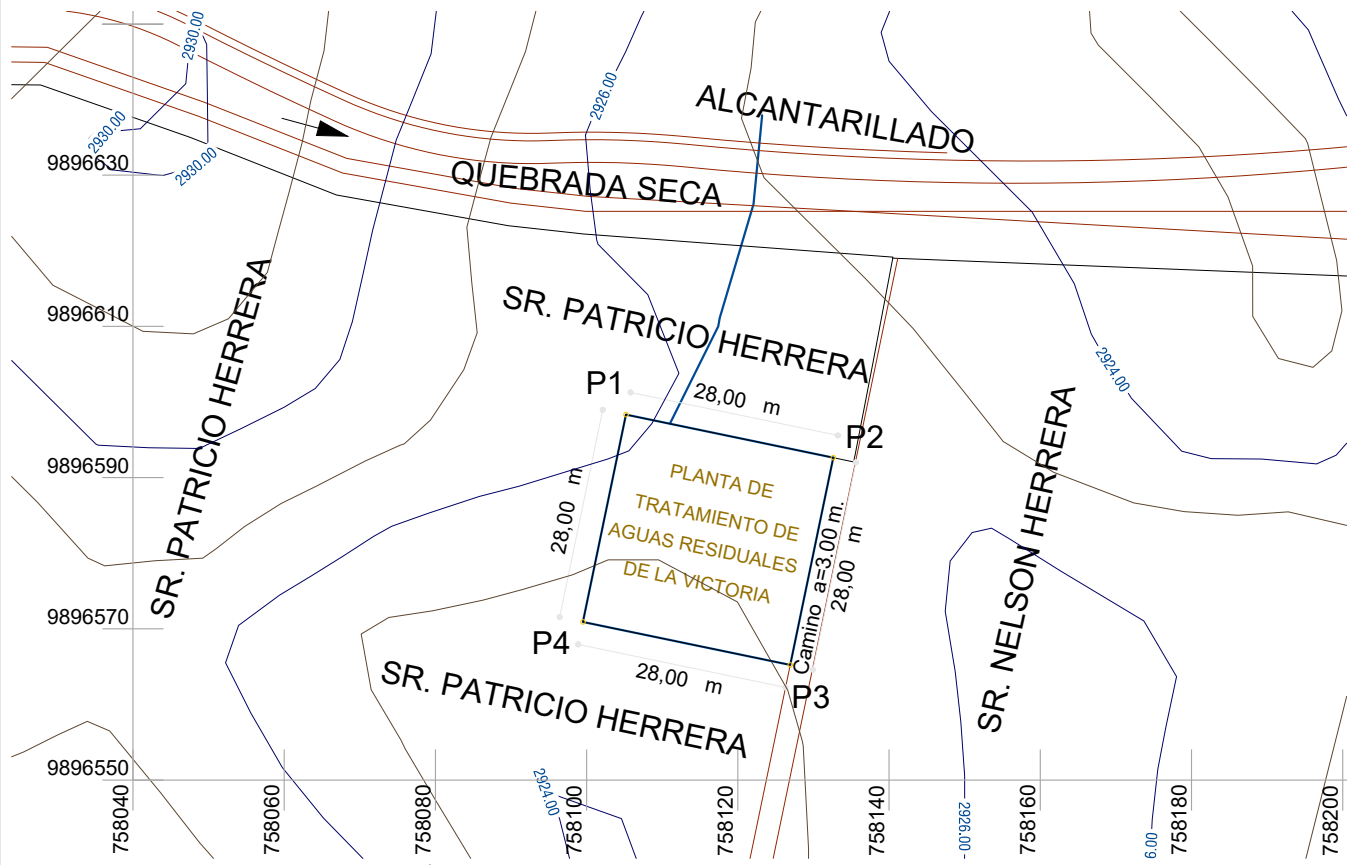
Escala:
 1:1000



CUADRO DE COORDENADAS		
ESTE	NORTE	PTO
758105.20	9896598.33	P1
758132.62	9896592.63	P2
758126.93	9896565.22	P3
758099.51	9896570.91	P4

Area: 784.00 m²
 Perimetro: 112.00 ml

UBICACIÓN
 Escala..... 1:50000



INFORME DE LINDERACIÓN:

Linderos:	Puntos:	Colindates:	Longitudes:
NORTE	P1-P2	Lote del sr. Patricio Herrera	28,00 m
SUR	P3-P4	Lote del sr. Patricio Herrera	28,00 m
ESTE	P2-P3	Calle entrada/salida a la PTAR	28,00 m
OESTE	P1-P4	Lote del sr. Patricio Herrera	28,00 m

ÁREA TOTAL DEL TERRENO: A= 784,00 m²

FIRMAS

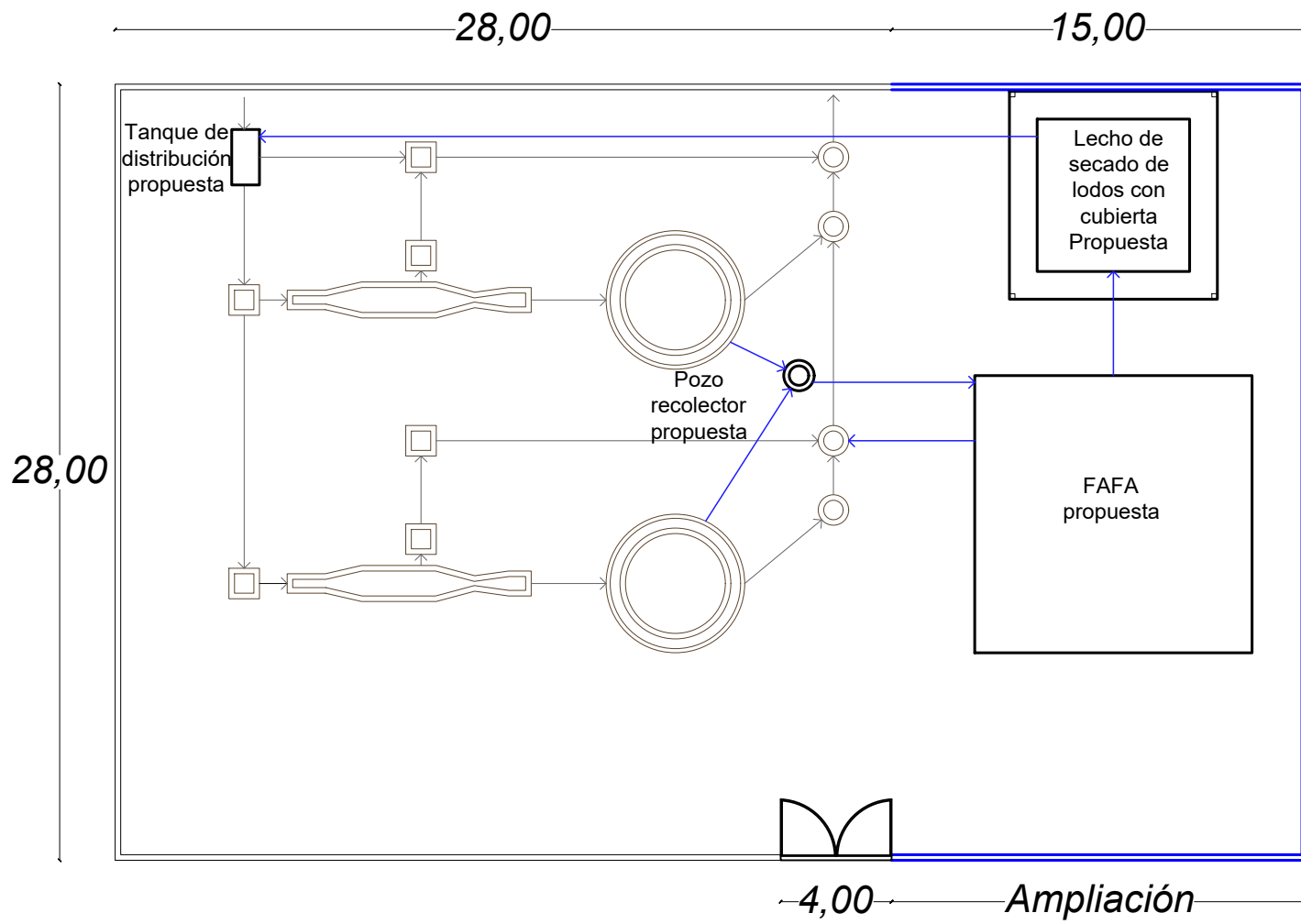
Levantamiento realizado por:

Marcos Veintimilla
 CI: 0503504771

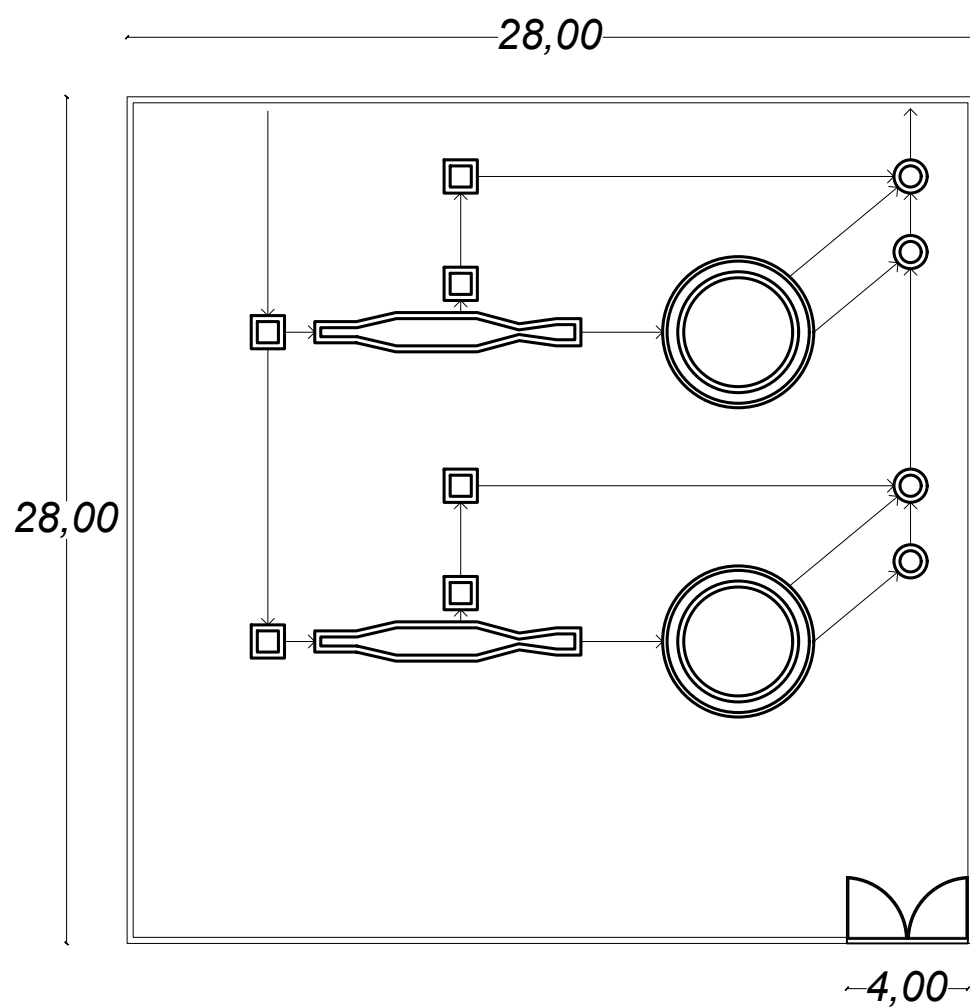
Dibujó: Marcos Veintimilla

SELLOS MUNICIPALES

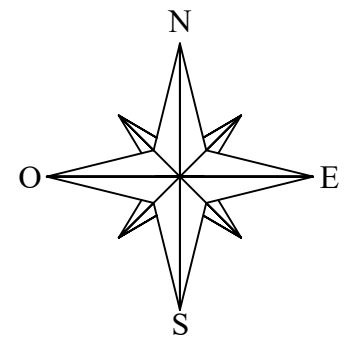
.....



DETALLE DE LA AMPLIACIÓN DEL PREDIO CON SUS RESPECTIVAS UNIDADES DE RE POTENCIACIÓN
Escala:.....1:250



DETALLE DE LAS MEDIDAS ACTUALES DEL PREDIO Y LAS UNIDADES EXISTENTES
Escala:.....1:250



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
 		
PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR VALLE MULINLIVÍ DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"		
UBICACIÓN: SECTOR: VALLE MULINLIVÍ CANTÓN: PUJILÍ PARROQUIA: LA VICTORIA PROVINCIA: COTOPAXI		
CONTIENE: DETALLES DE LA AMPLIACIÓN DEL PREDIO		FECHA: ENERO -2024
ELABORADO POR: MARCOS VEINTIMILLA	REVISADO POR: ING. BYRON CAÑIZARES	ESCALA: INDICADA LÁMINA: E1

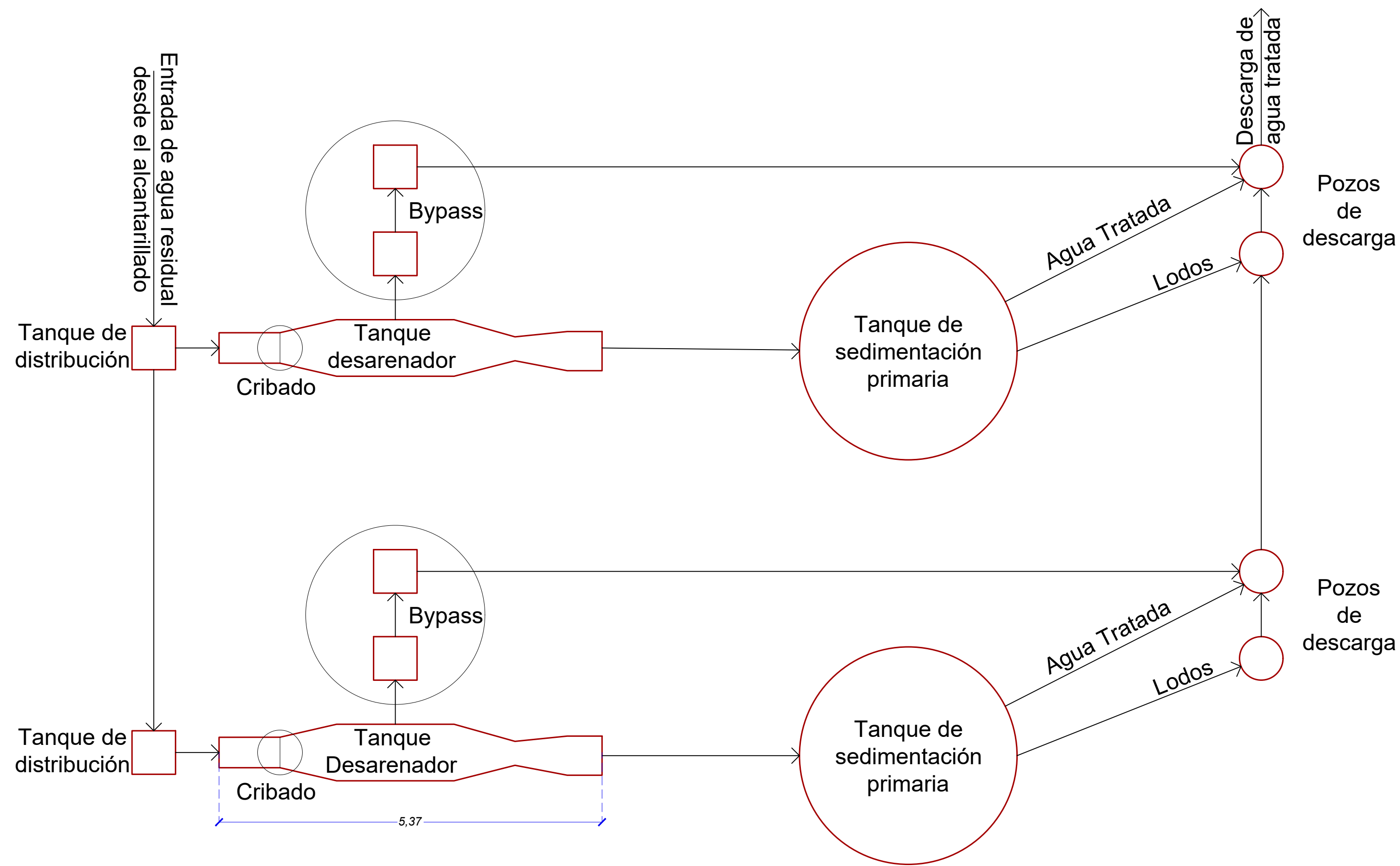
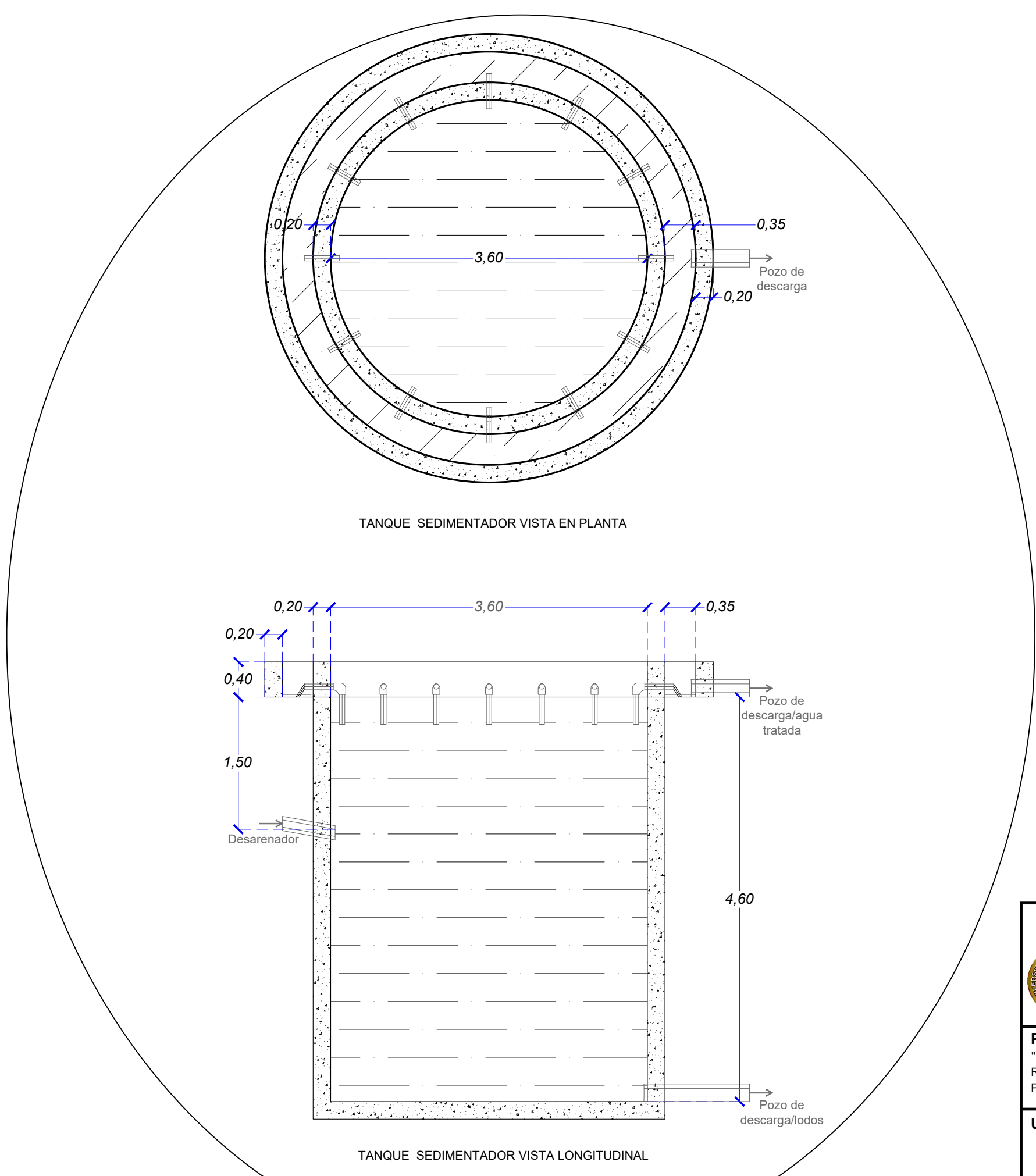
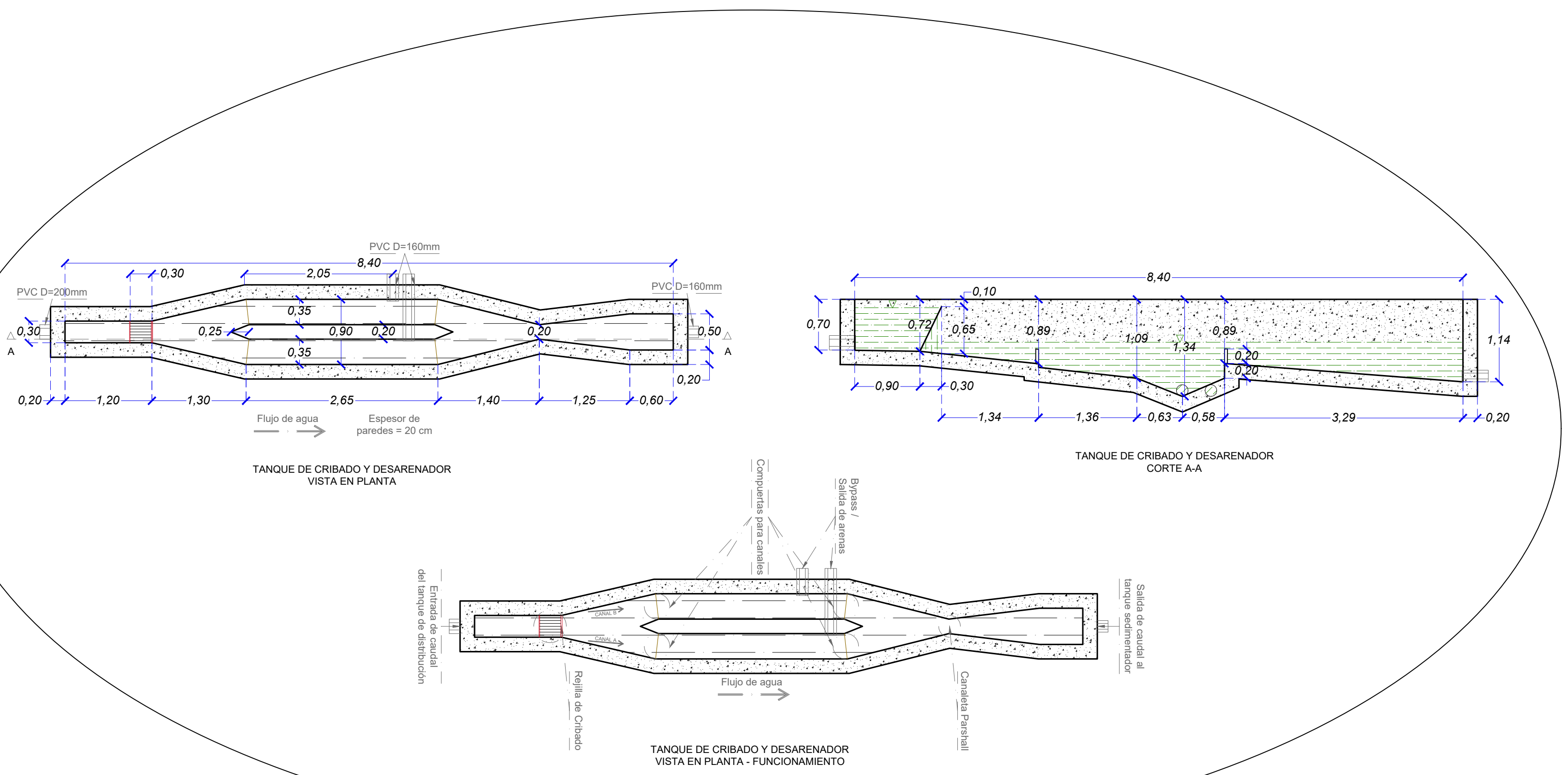
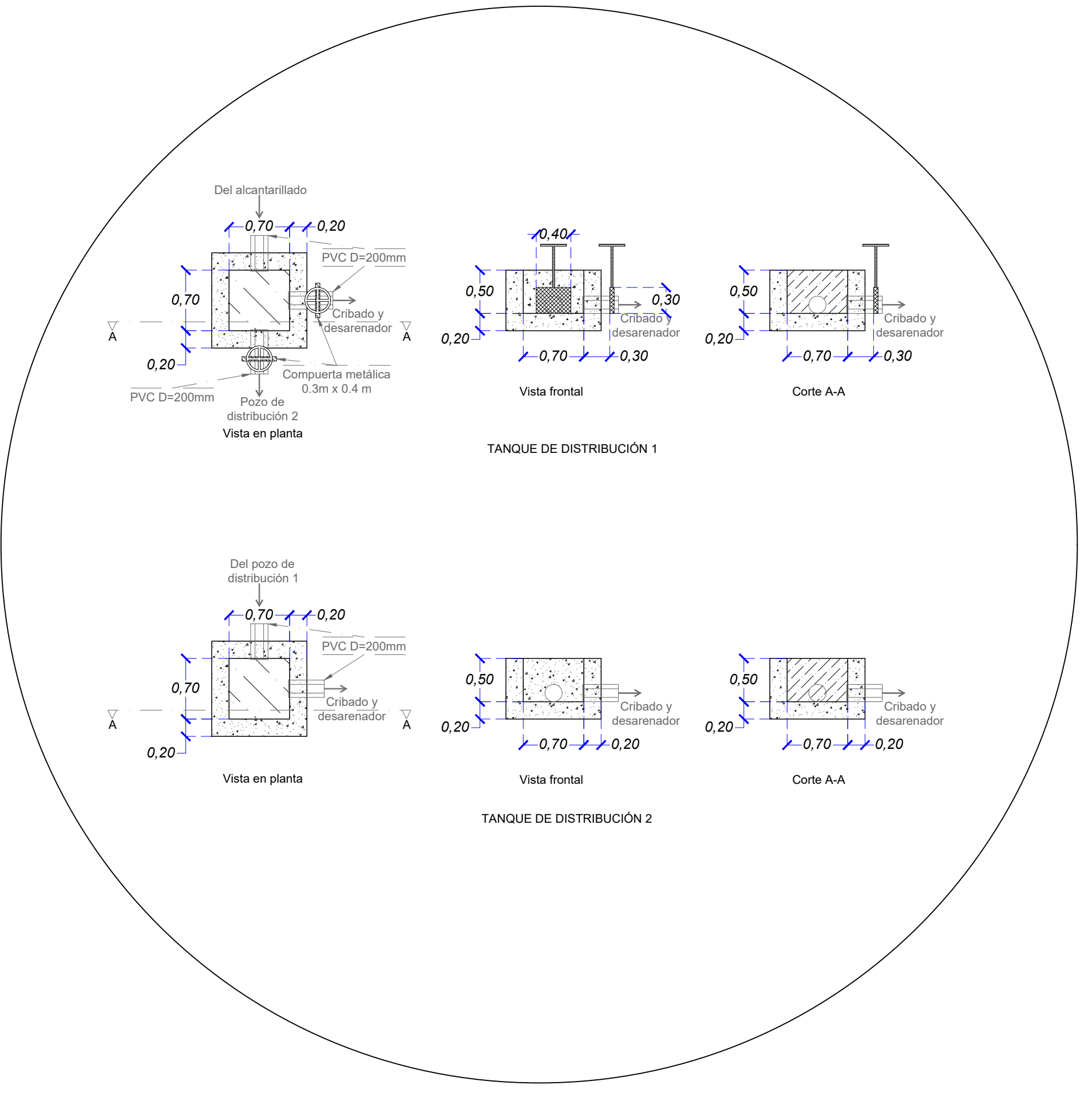


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PTAR CON SUS UNIDADES ACTUALES
Escala:.....S/E



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

PROYECTO:
EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR VALLE MULINLIVI DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI

UBICACIÓN:
SECTOR: VALLE MULINLIVI CANTÓN: PUJILÍ
PARROQUIA: LA VICTORIA PROVINCIA: COTOPAXI

CONTIENE: DETALLES DE LAS UNIDADES EXISTENTES **FECHA:** ENERO -2024

ELABORADO POR: MARCOS VEINTIMILLA **REVISADO POR:** ING. BYRON CAÑIZARES **ESCALA:** 1/50

LÁMINA: E2

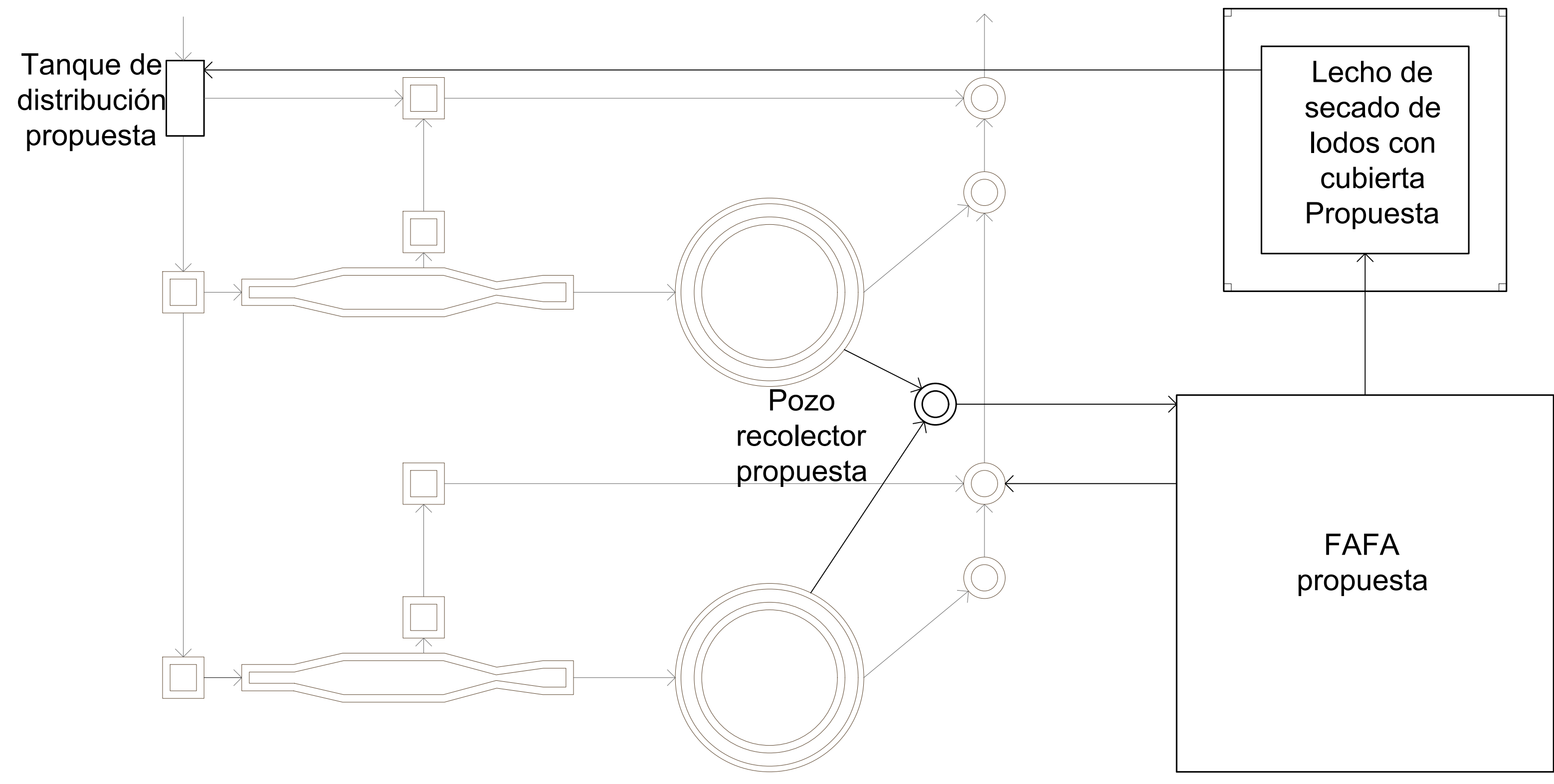
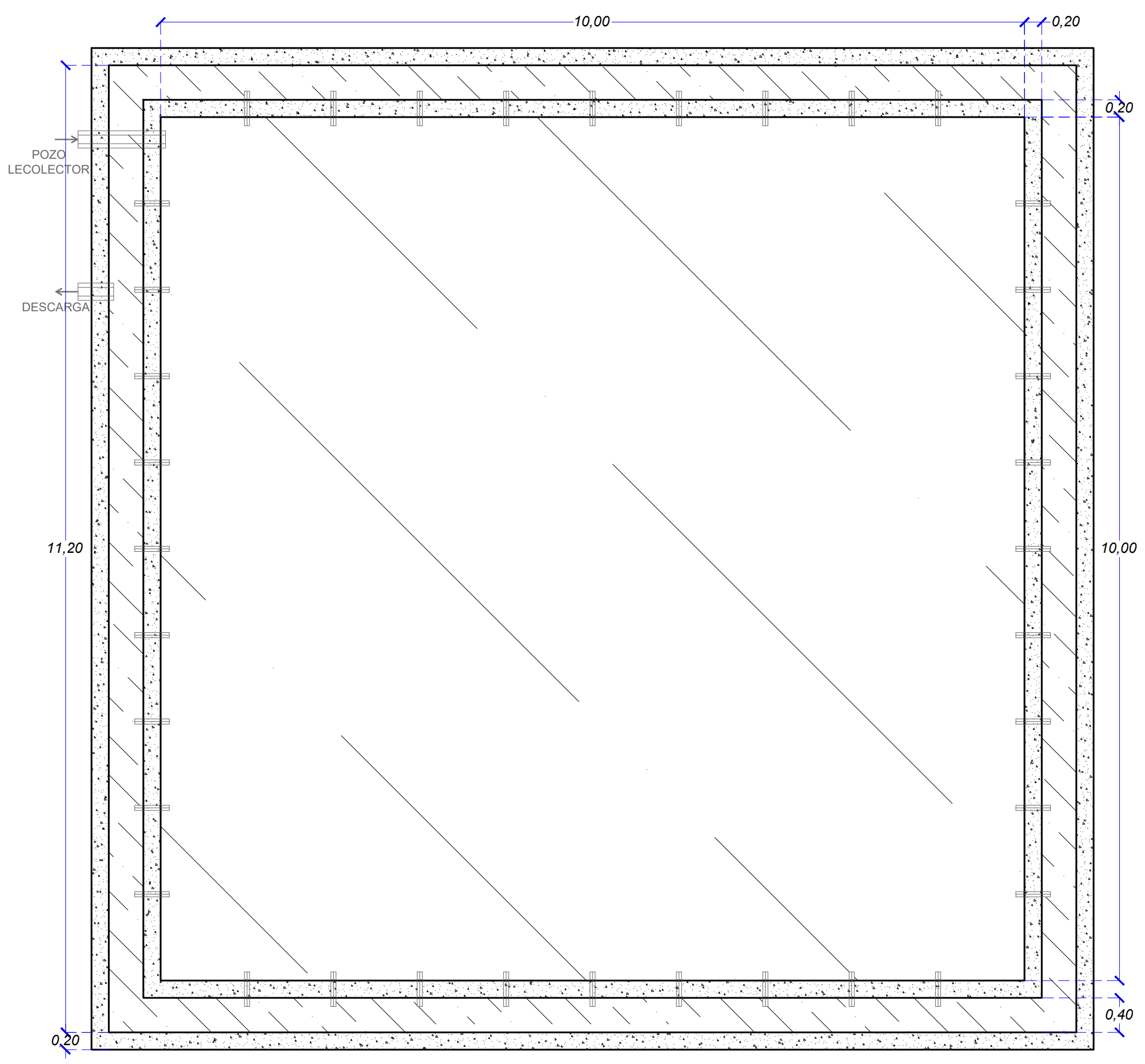
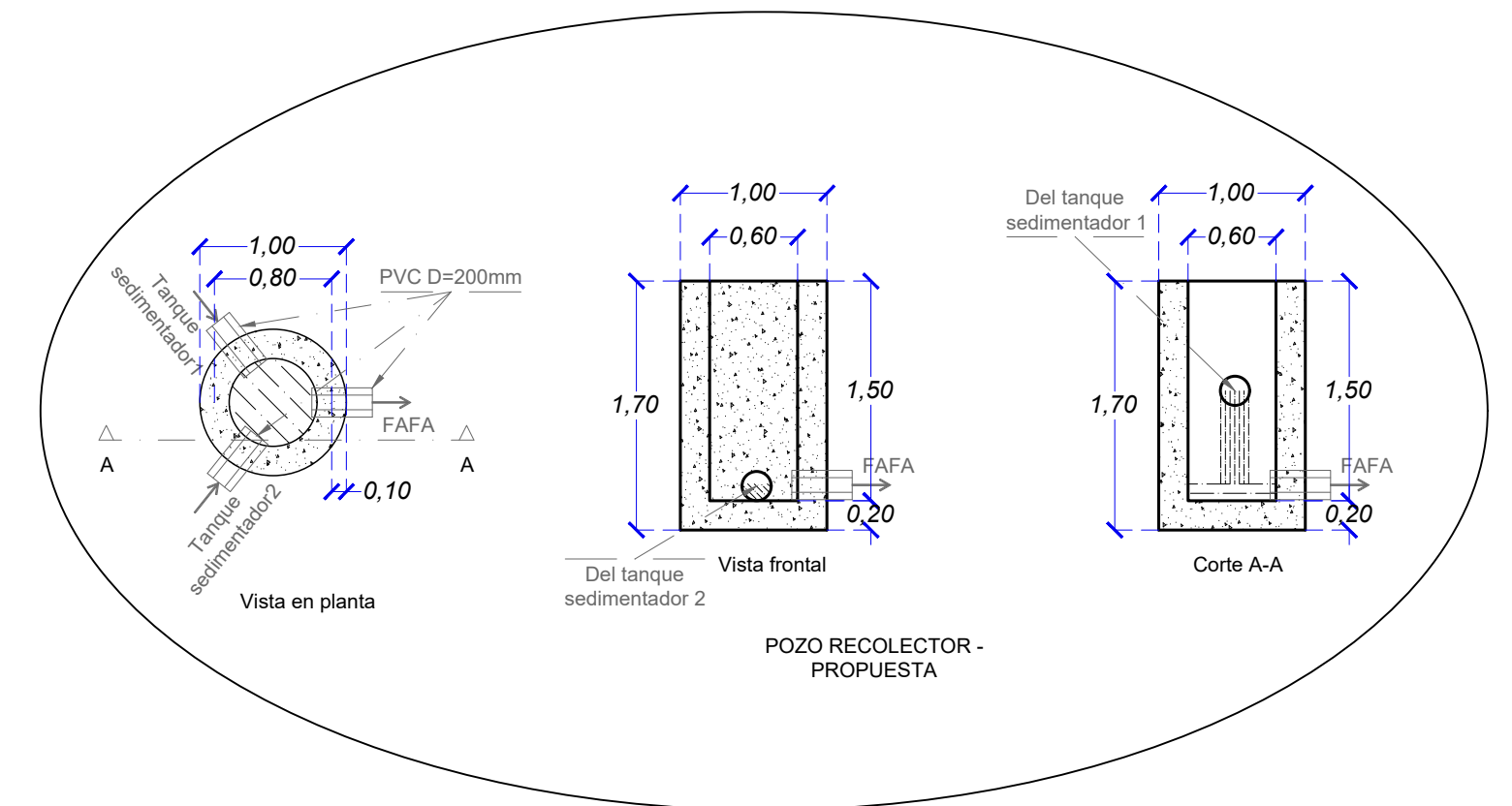
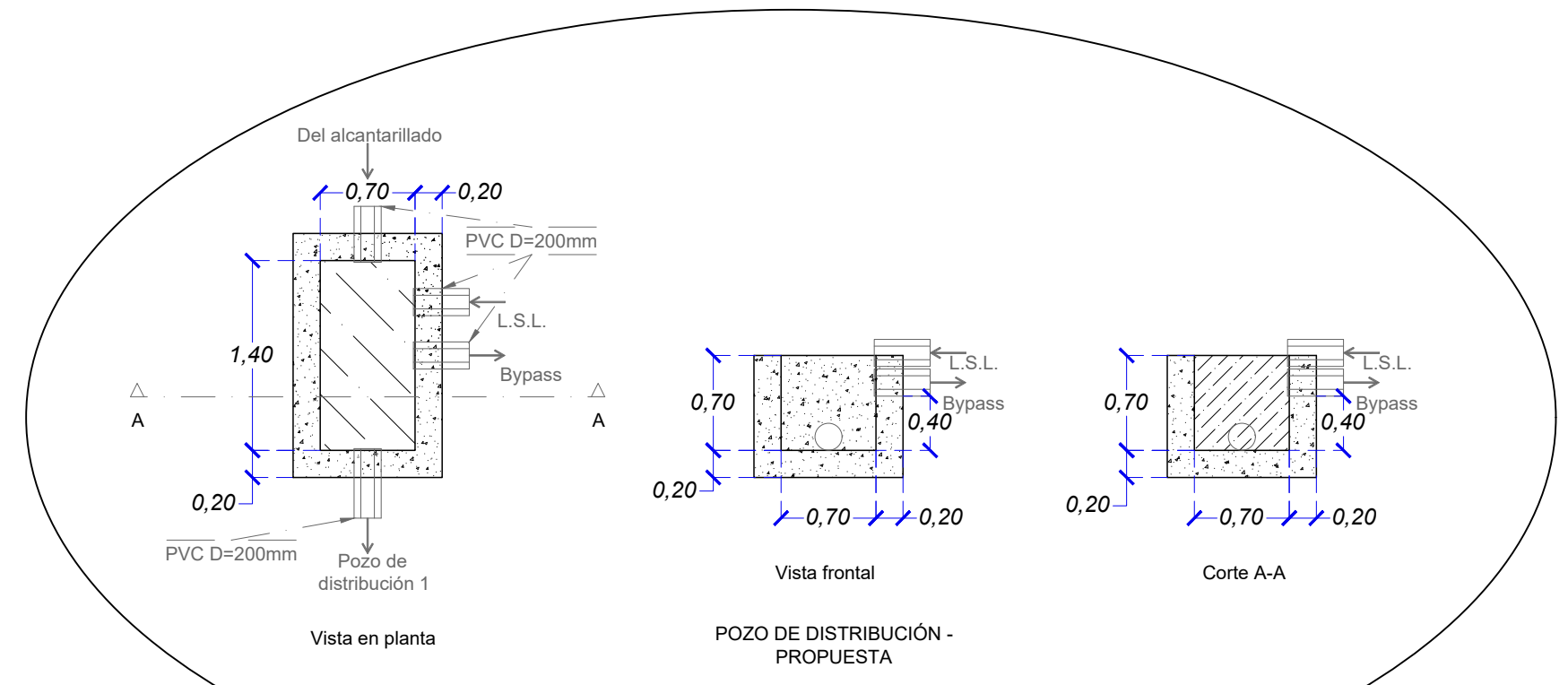
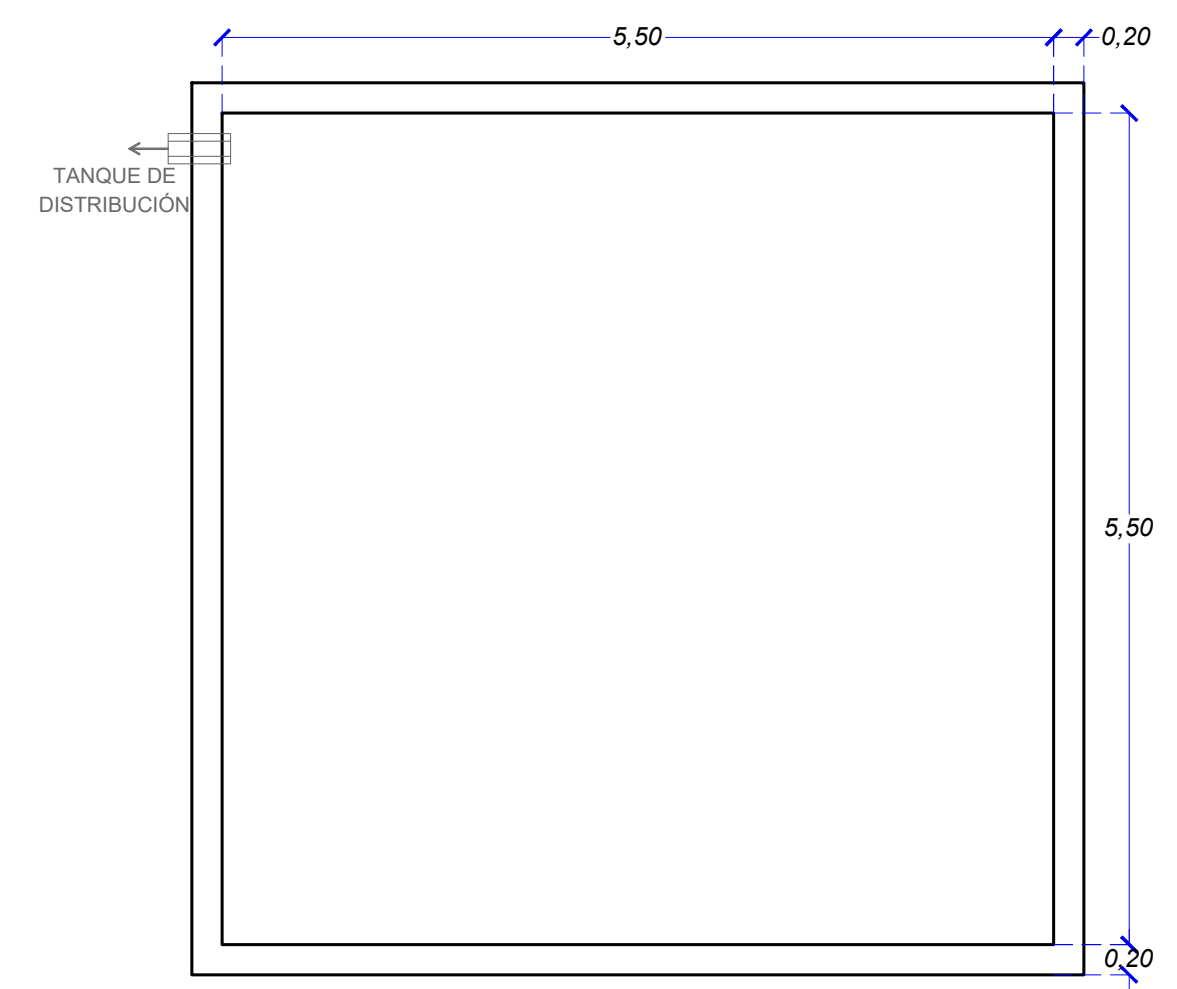


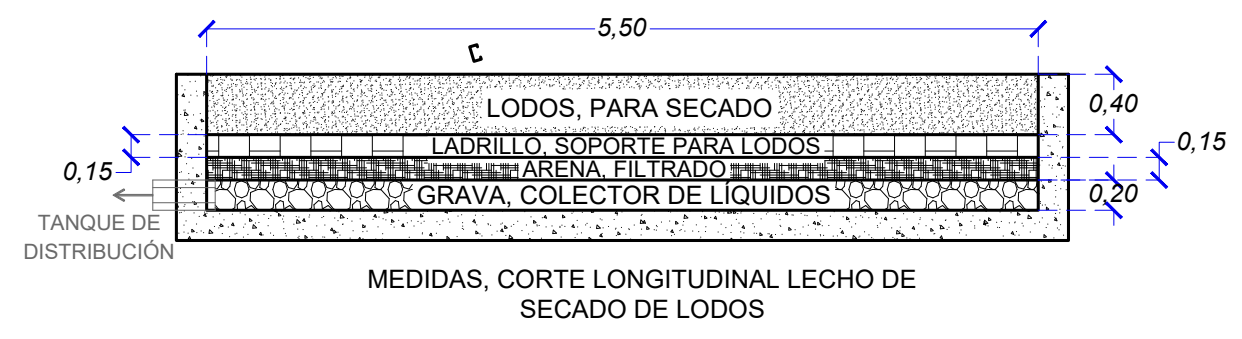
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PTAR CON SUS UNIDADES DE REPOTENCIACIÓN
Escala:.....S/E



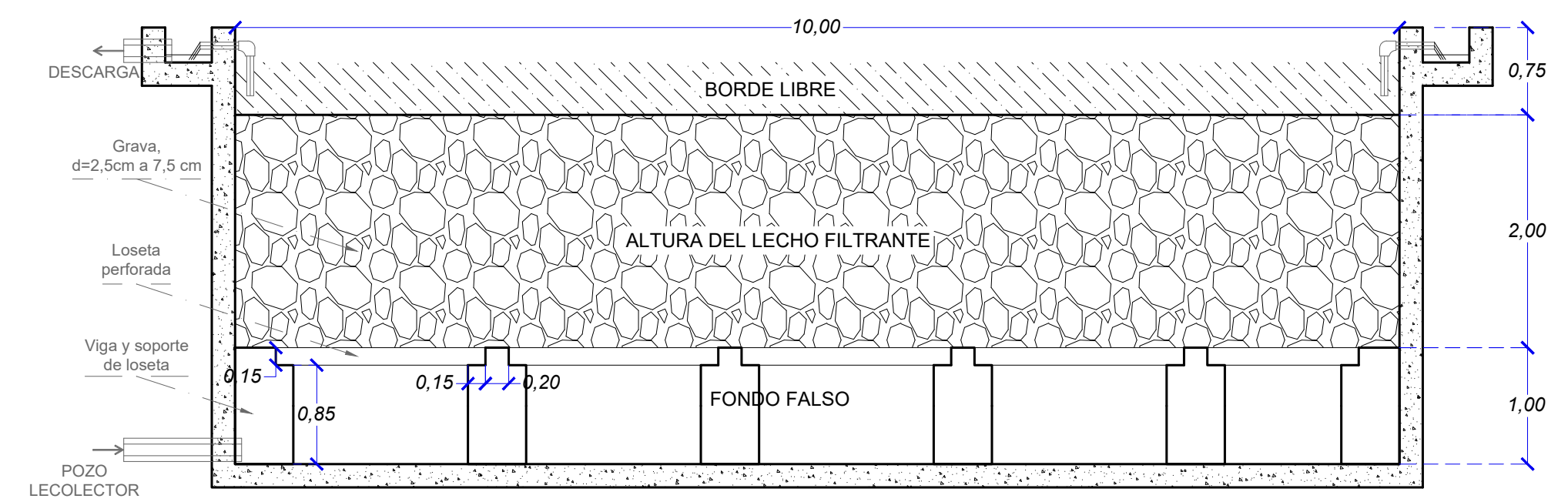
FAFA VISTA EN PLANTA



MEDIDAS, VISTA EN PLANTA LECHO DE SECADO DE LODOS



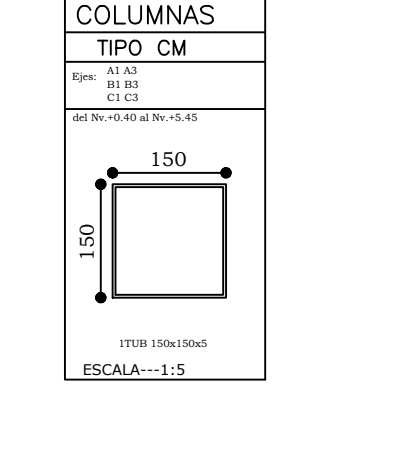
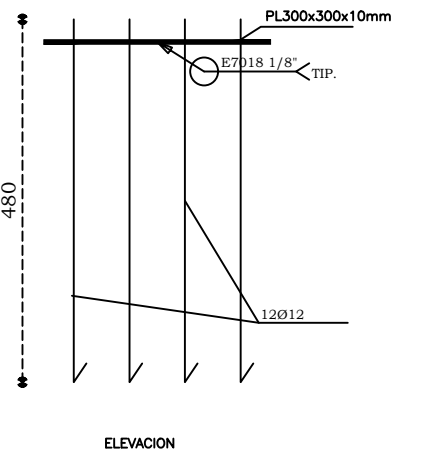
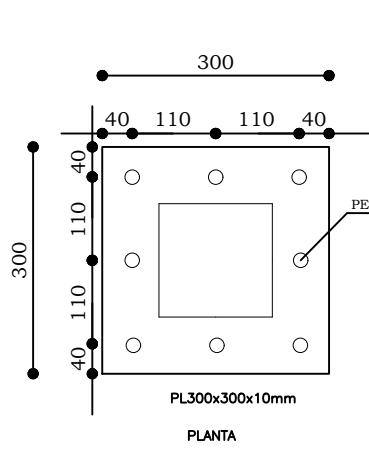
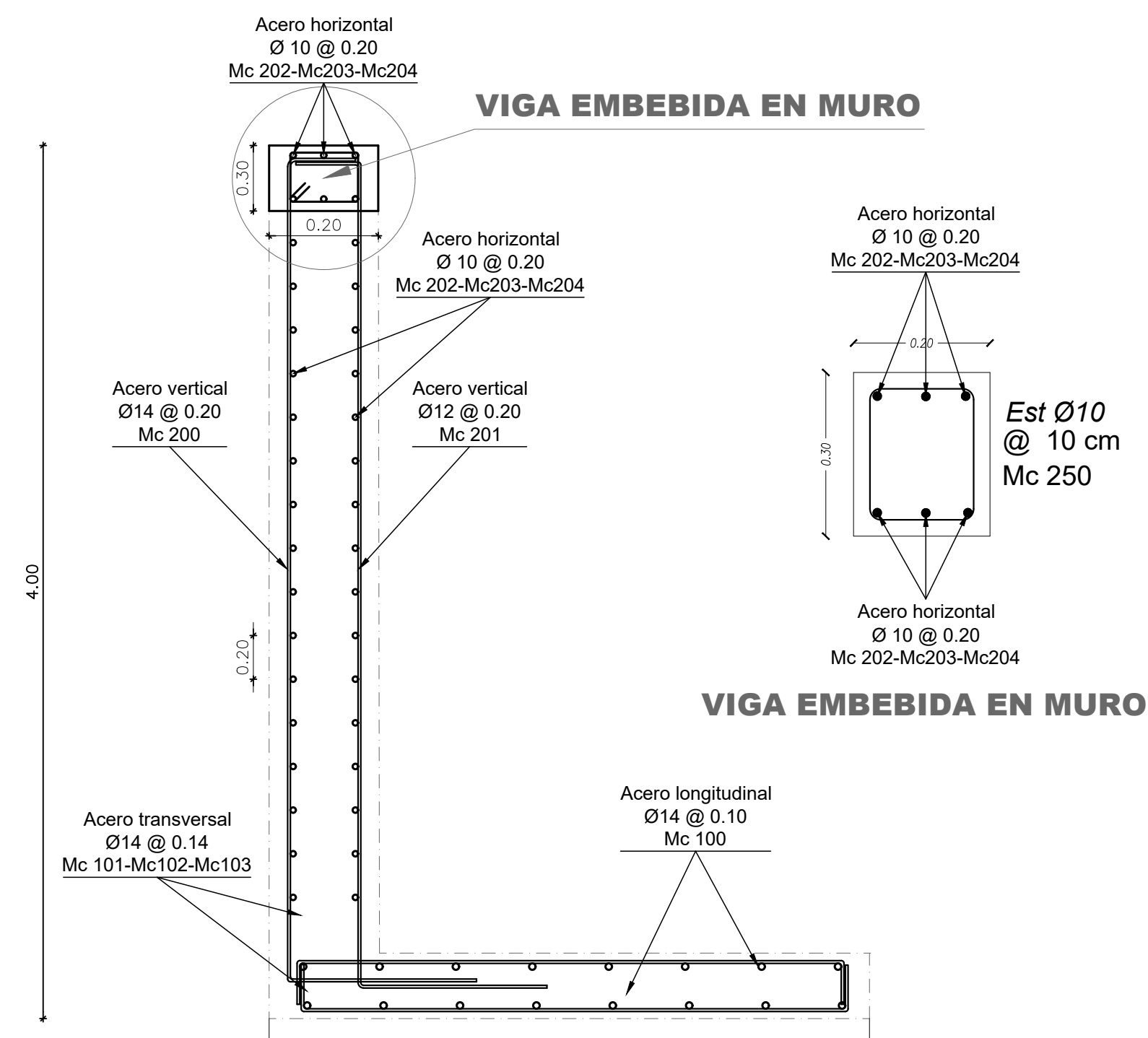
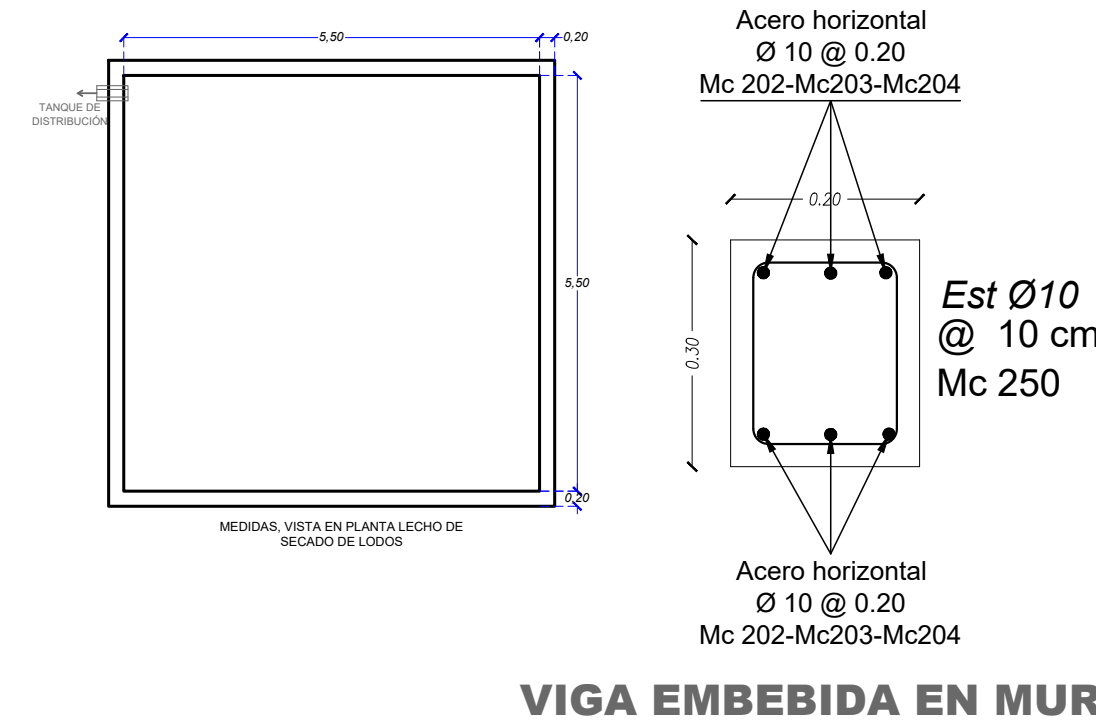
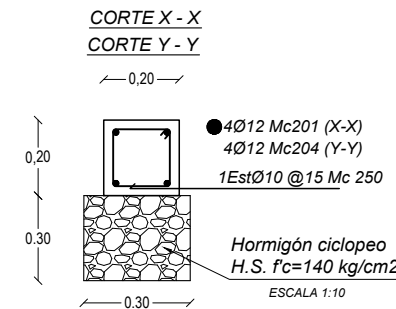
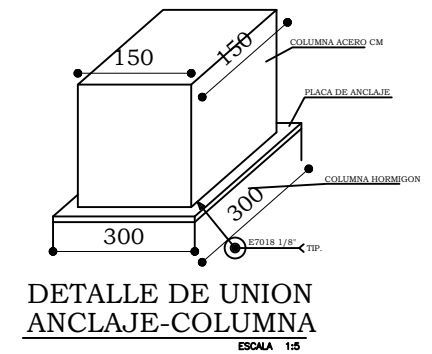
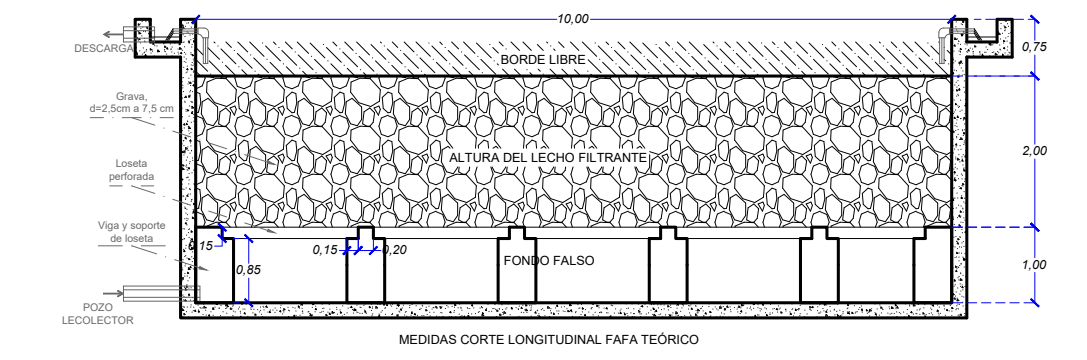
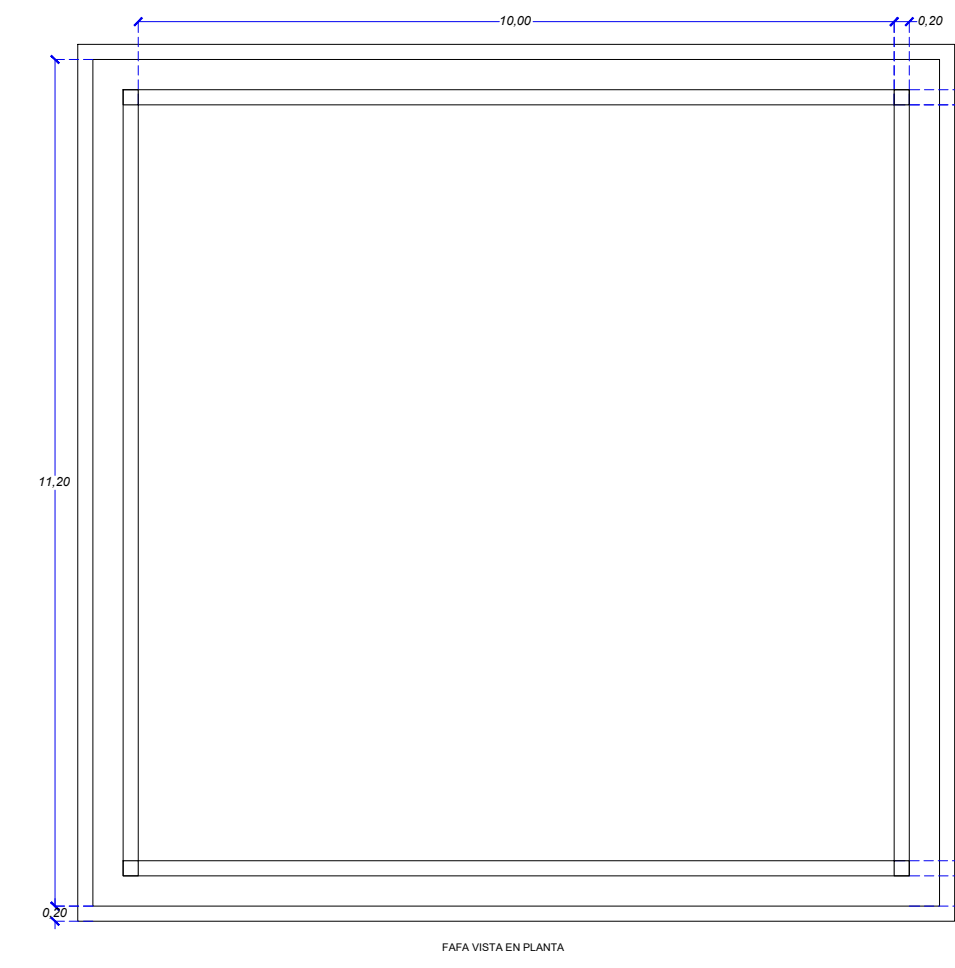
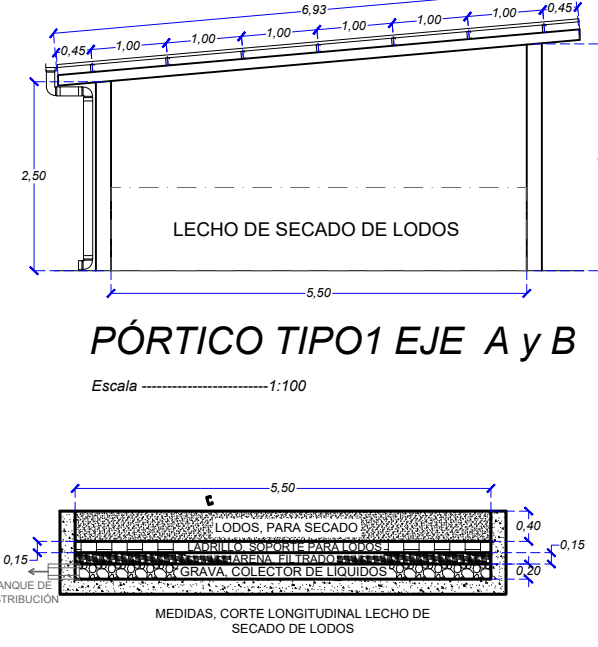
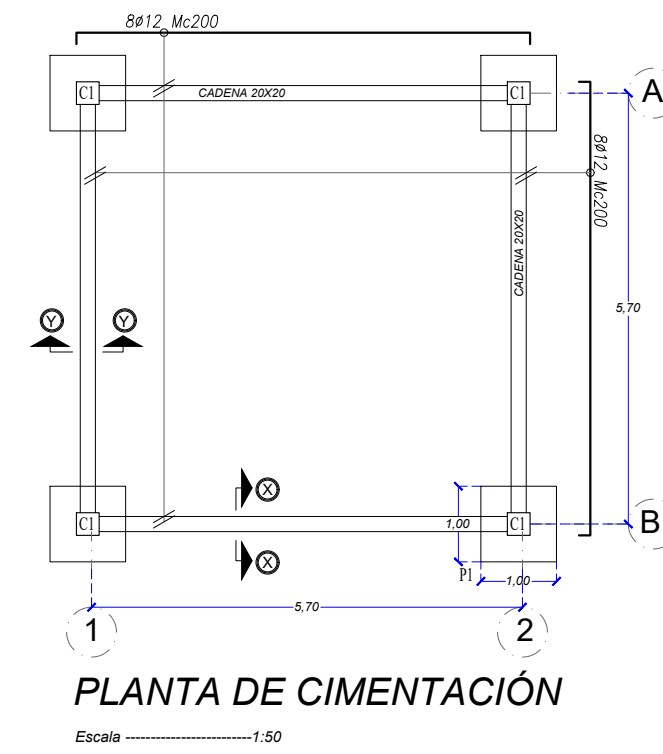
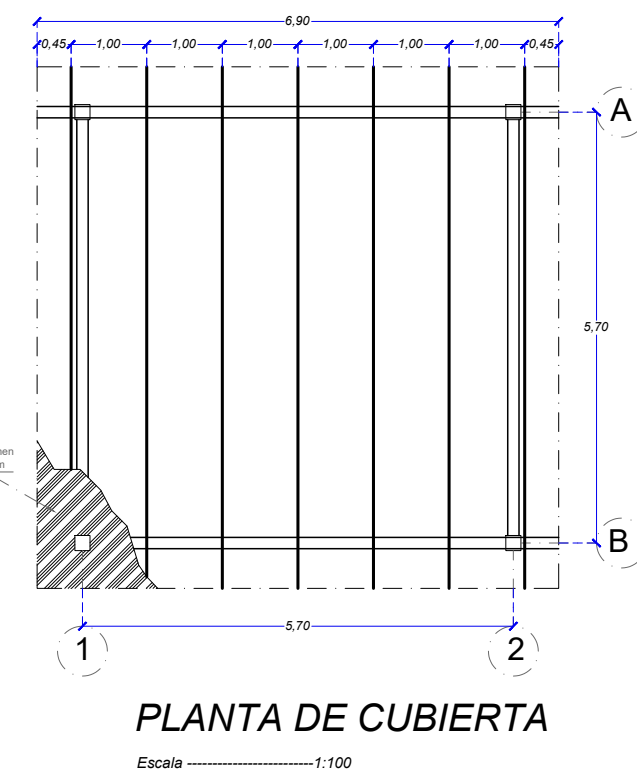
MEDIDAS, CORTE LONGITUDINAL LECHO DE SECADO DE LODOS



MEDIDAS CORTE LONGITUDINAL FFAFA TEÓRICO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR VALLE MULINLIVI DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"	
UBICACIÓN: SECTOR: VALLE MULINLIVI CANTÓN: PUJILÍ PARROQUIA: LA VICTORIA PROVINCIA: COTOPAXI	
CONTIENE: DETALLES DE LAS UNIDADES DE REPOTENCIACIÓN	
ELABORADO POR: MARCOS VEINTIMILLA	REVISADO POR: ING. BYRON CAÑIZARES
FECHA: ENERO -2024	
ESCALA: 1/50	
LÁMINA: E3	

Lecho de secado de lodos con cubierta Propuesta

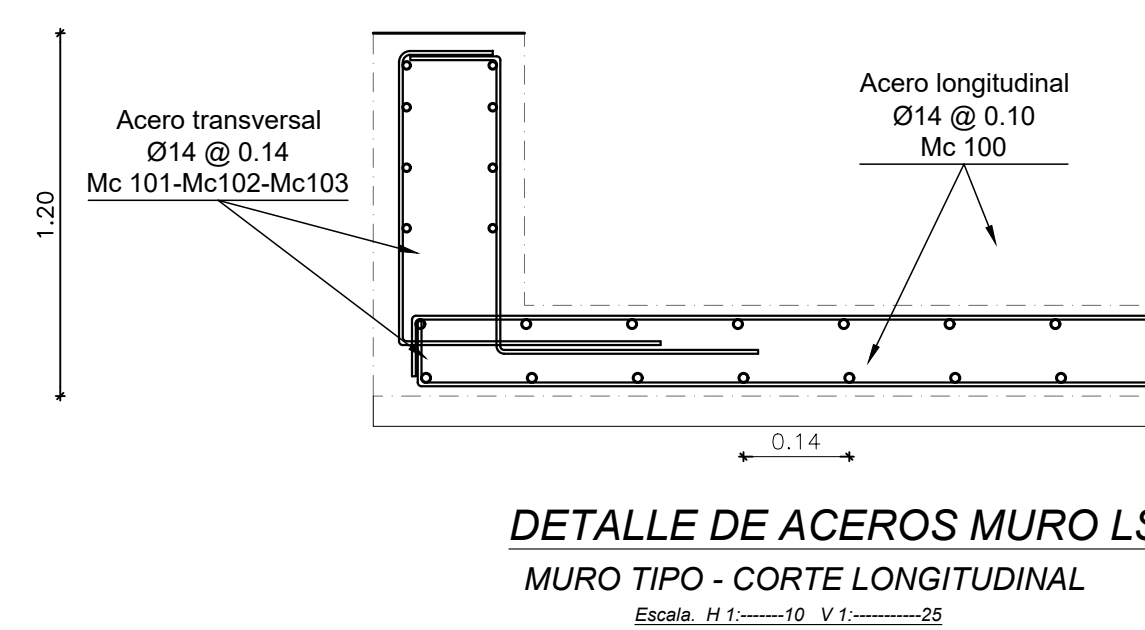


PLACA DE ANCLAJE
ESCALA: 1:5

CUADRO DE PLINTOS									
TIPO	DIMENSIONES			UBICACION	N° DE ZAPATAS	ARMADURA		H.F.	r.
	A	B	H			SENTIDO X	SENTIDO Y		
TIPO 1 (P1)	1,00	1,00	0,30	A(1, 2) B(1, 2)	8	6 Ø12 @ 14 cm. Mc 100	6 Ø12 @ 14 cm. Mc 100	-1,10	8,10

ESCALA: Ninguna

PLINTO TIPO 1 (P1)



PLANILLA CUARTO SÓTANO PARA TANQUES DE COMBUSTIBLE (GASOLINERA)																
Mc	TIPO	Ø	PdZ	DIMENSIONES					Long. Desarr.	Long. Total.	Long. Comerc.	# Varill.	Peso. kg.			
				a	b	c	d	e						g		
PLINTOS N - 5,40																
100	I	14	928	1,00				0,15	0,15	1,30	1206,40	12	100,53	1459,74		
101	I	14	32	11,85				0,15			12,00	384,00	12	32,00	464,64	
102	I	14	32	8,80					0,15	0,15	8,95	286,40	12	23,87	346,54	
103	I	14	32	3,10					0,15	0,15	3,40	108,80	12	9,07	131,65	
MURO Y VIGA EMBEBIDA EN MURO																
200	S	14	254	0,15	5,30	0,35				5,80	1473,20	12	122,77	1782,57		
201	S	12	254	0,15	5,30	0,35				5,80	1473,20	12	122,77	1311,15		
202	C	10	104	11,85	0,15						12,00	1248,00	12	104,00	773,76	
203	C	10	104	8,85		0,15					9,00	936,00	12	78,00	580,32	
204	C	10	104	5,15	0,15	0,15					5,45	566,80	12	47,23	351,42	
250	I	10	464	0,15*2	0,25*2			0,10*2		1,00	464,00	12	38,67	287,68		
COLUMNAS																
300	L	12	80	5,40	0,30					5,70	456,00	12	38,00	405,84		
310	O	10	540	0,2*2	0,2*2			0,10*2		1,00	540,00	12	45,00	334,80		
VIGAS N + 0,00																
500	C	14	24	5,20	0,15	0,15				5,80	139,20	12	11,80	168,43		
550	O	10	186	0,25*2	0,20*2			0,10*2		1,10	204,60	12	17,05	126,85		
RESUMEN DE ACEROS																
		Ø (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20						
		LONGITUD (m)	0,00	0,00	3959,40	1929,20	3598,00	0,00	0,00	0,00						
		PESO(kg)	0,00	0,00	2454,83	1716,99	4353,58	0,00	0,00	0,00						
		VARILLA (qq)	0,00	0,00	53,95	37,74	95,68	0,00	0,00	0,00						
		VARILLA (N°)	0,00	0,00	330,00	161,00	300,00	0,00	0,00	0,00						
		TOTAL (qq)										187,37				
		TOTAL (kg)										8525,40				
TRASLAPAR																
		DIÁMETRO (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20						
		LONGITUD (cm)	40,00	50,00	55,00	65	75,00	80,00								
		RECURRIMIENTOS MINIMOS	COLUMNAS Y VIGAS			LOSA, MUROS, GRADAS			CIMENTACIÓN							
			2,5 (cm)			2,5 (cm)			7,5 (cm)							
RESUMEN DE HORMIGÓN																
		DETALLE	CANTIDAD		UNIDAD											
		ZAPATAS	30,60		m3											
		COLUMNAS	3,00		m3											
		MURO	46,10		m3											
		VIGAS	3,54		m3											
		LOSA	9,36		m3											
		N° DE ALIVIANAMIENTOS	720		u											
		TOTAL HORMIGÓN	92,60		m3											
		HORMIGÓN SIMPLE	17,00		m3											
		Malla electro soldada de 20x20 Ø 06 (PISO)	54,10		m2											
		Malla electro soldada de 20x20 Ø 06 (LOSA)	105,00		m2											
		CAPA IMPERMEABILIZANTE	275,00		m2											

CUADRO DE COLUMNAS	
ESC. CORTE DE COL	1:20
ESC. VERTICAL	1:50
TIPO	C1
	A1 A2
	B1 B2
NIVEL	(4)
	Nv+0.40
	Nv+0.00
Nv-1.20	

PLANILLA ESTRUCTURA METÁLICA CUBIERTA							
MARCA	TIPO	Area (cm2)	Peso Kg/m	Longitud (m)	CANT.	Long. Total (m)	Peso kg
VIGAS SECUNDARIAS (VS)							
Mc 400	TUB C. 100X100X2,5	9,59	7,53	4,00	6	24,00	180,72
PÓRTICO PRINCIPAL							
Mc 401	TUB C. 100X100X2,5	9,59	7,53	4,21	3	12,63	95,10
Mc 402	TUB C. 100X100X2,5	9,59	7,53	4,30	6	25,80	194,27
PESO TOTAL EN VIGAS Y PÓRTICOS							470,10

PLANILLA DE COLUMNAS								
MARCA	TIPO	Area (cm2)	Longitud (m)	Volumen (m3)	Peso kg/m	Cantidad u	Peso kg	
COLUMNA	Mc 430	TUBO CUADRADO 150x150x5	28,3600	5,0000	0,0142	20,25	6	607,56

PLANILLA DE CORREAS							
MARCA	TIPO	Area (cm2)	Longitud (m)	Volumen (m3)	Peso kg/m	Cantidad u	Peso kg
CORREAS TIPO G1	100X50X15X3	6,3100	10,0000	0,0063	4,89	10	489,00

PLACA DE ANCLAJE								
TIPO	Ancho (mm)	Largo (mm)	Area (m2)	Espesor (mm)	Volumen (m3)	Peso kg/m3	Cantidad u	Peso kg
PL 300x300x10	300	300	0,0900	12	0,0011	7850,00	6	50,87

RESUMEN DE MATERIALES		
ACERO ESTRUCTURAL	Kg	1617,53
CUBIERTA DE GALVALUMEN	m2	86,00
CUMBRERO	m	10,00

PLANILLA ESTRUCTURA METÁLICA CASETA							
MARCA	TIPO	Area (cm2)	Peso Kg/m	Longitud (m)	CANT.	Long. Total (m)	Peso kg
CERCHA PRINCIPA							
Mc 403	TUB C. 50X50X1,5	2,85	2,24	1,87	4	7,48	16,76
Mc 404	TUB C. 50X50X1,5	2,85	2,24	0,36	2	0,72	1,61
PESO TOTAL EN VIGAS Y CERCHAS							18,37
PLANILLA DE CORREAS							
MARCA	TIPO	Area (cm2)	Longitud (m)	Volumen (m3)	Peso kg/m	Cantidad u	Peso kg
CORREAS TIPO G2	60X30X10X2	2,5400	3,7000	0,0009	1,96	8	58,02

RESUMEN DE MATERIALES		
ACERO ESTRUCTURAL	Kg	76,38
CUBIERTA DE GALVALUMEN	m2	13,84
CUMBRERO	m	3,70

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

PROYECTO:
"EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR VALLE MULINUVI DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"

UBICACIÓN:
SECTOR: VALLE MULINUVI
PARROQUIA: LA VICTORIA
CANTÓN: PUJILÍ
PROVINCIA: COTOPAXI

CONTIENE: DETALLES ESTRUCTURALES DE LAS UNIDADES DE REPOTENCIACIÓN
FECHA: ENERO -2024
ESCALA: INDICADAS
ELABORADO POR: MARCOS VEINTIMILLA
REVISADO POR: ING. BYRON CAÑAZARES
LÁMINA: E4