



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

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

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARROQUIA PICAIHUA,
CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Autor: Christian Daniel Llamuca Galeas

Tutor: Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

AMBATO - ECUADOR

Julio – 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARROQUIA PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Christian Daniel Llamuca Galeas, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804027181, 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, Julio 2022



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACION

Yo, Christian Daniel Llamuca Galeas, con C.I. 1804027181 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARROQUIA PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, tablas, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Julio 2022



Christian Daniel Llamuca Galeas

C.I. 1804027181

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, Julio 2022



Christian Daniel Llamuca Galeas

C.I. 1804027181

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Christian Daniel Llamuca Galeas. de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARROQUIA PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Julio 2022

Para constancia firman:



Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes
Miembro Calificador



Ing. Mg. Lenin Gabriel Silva Tipantasig
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres Vicente y Silvia, por ser mi guía y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, ya que gracias a su esfuerzo y dedicación me han permitido cumplir todos y cada uno de los objetivos que me he propuesto. A mi hermano Richard por ser mi compañía desde el día en que nació. A toda mi familia por siempre demostrarme su cariño y a Jennifer por haber sido una parte fundamental en mi día a día durante todos estos años de carrera universitaria.

Christian Llamuca

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por otorgarme la salud, fuerza y sabiduría necesarias para lograr este tan anhelado objetivo. A mis padres y hermano por el amor, apoyo y confianza que siempre me han demostrado. A la Universidad Técnica de Ambato como institución y a toda su comunidad por estos años de aprendizaje y crecimiento personal. A todo el personal administrativo y docente de la Carrera de Ingeniería Civil por su excelente desempeño en la formación de nuevos profesionales. A la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato por su apoyo para la ejecución del presente Trabajo Experimental y a todos mis amigos y compañeros que han compartido conmigo las distintas experiencias suscitadas a lo largo de este maravilloso camino hacia la vida profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	4
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	6
1.1.3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales.....	6
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 industrial.....	10
1.1.3.4.4 Agua residual agropecuaria o agroindustrial	11
1.1.3.4.5 Agua residual de origen minero-metalúrgico.....	11

1.1.3.5	Calidad del agua	11
1.1.3.6	Tratamiento de aguas residuales.....	12
1.1.3.7	Métodos de tratamiento de aguas residuales	12
1.1.3.8	Tipos de tratamiento de aguas residuales	13
1.1.3.8.1	Tratamiento Preliminar	13
1.1.3.8.2	Tratamiento Primario	13
1.1.3.8.3	Tratamiento Secundario.....	13
1.1.3.8.4	Tratamiento Terciario.....	14
1.1.3.9	Descarga de aguas residuales tratadas.....	14
1.1.3.10	Componentes para el tratamiento de aguas residuales	19
1.1.3.10.1	Cribado	19
1.1.3.10.2	Desarenador	20
1.1.3.10.3	Tanque Séptico.....	20
1.1.3.10.4	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).....	20
1.1.3.10.5	Lecho de secado de lodos.....	21
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)	23
1.1.3.11.4	Potencial hidrógeno (pH)	23
1.1.3.11.5	Nitrógeno (N).....	23
1.1.3.11.6	Fósforo (P)	23
1.1.4	Hipótesis	24
1.1.5	Señalamiento de las variables de la hipótesis	24
1.2	Objetivos.....	25
1.2.1	Objetivo General.....	25

1.2.2	Objetivos Específicos	25
CAPÍTULO 2.....		26
2.1	Materiales y Equipos	26
2.2	Metodología.....	27
2.2.1	Nivel o Tipo de Investigación.....	27
Exploratorio	27
Descriptivo	27
Explicativo	28
2.2.2	Población y Muestra	28
2.2.3	Operacionalización de variables.....	28
2.2.4	Plan de recolección de información.....	29
2.2.5	Levantamiento de información de la PTAR.....	31
2.2.5.1	Ubicación	31
2.2.5.2	Unidades que conforman el tratamiento	33
2.2.5.3	Diagrama de flujo del proceso de tratamiento del agua residual....	35
2.2.5.4	Observaciones in situ en la PTAR.....	36
2.2.6	Investigación de campo	36
2.2.6.1	Medición de caudales.....	36
2.2.7	Investigación de laboratorio	42
2.2.7.1	Toma de muestras afluente y efluente de la PTAR.....	44
2.2.8	Evaluación del estado y funcionamiento de la PTAR.....	48
2.2.8.1	Dimensiones actuales de la PTAR Mollepamba	49
2.2.8.2	Diagnóstico de funcionamiento teórico actual de la PTAR.....	52
CAPÍTULO 3.....		67
3.1	Análisis y discusión de los resultados	67
3.1.1	Recolección de las muestras	68
3.2	Verificación de hipótesis	80

3.2.1	Formulación de la hipótesis	80
3.2.2	Nivel de Significación para PQRS.....	81
3.2.3	Elección de la Prueba Estadística.....	81
3.2.4	Zona de aceptación o rechazo (PQRS).....	84
3.2.5	Cálculo matemático del estimador t_e “t”.....	84
3.2.6	Decisión.....	85
3.3	Propuesta de mejoramiento.....	85
CAPÍTULO 4.....		107
4.1	Conclusiones.....	107
4.2	Recomendaciones.....	109
REFERENCIAS		110
ANEXOS		113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias.....	7
Tabla 2: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias (Cont.)	8
Tabla 3: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias (Cont.)	9
Tabla 4: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	15
Tabla 5: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Cont.).....	16
Tabla 6: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	16
Tabla 7: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Cont.)	17
Tabla 8: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Cont.)	18
Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina	18
Tabla 10: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina (Cont.).....	19
Tabla 11: Materiales y equipos	26
Tabla 12: Materiales y equipos (Cont.).....	27
Tabla 13: Operacionalización de la variable independiente	28
Tabla 14: Operacionalización de la variable dependiente	29
Tabla 15: Resumen de medición de caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg).....	37
Tabla 16: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) lunes.....	37
Tabla 17: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) martes	38
Tabla 18: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) miércoles. 38	
Tabla 19: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) jueves.....	38
Tabla 20: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) viernes.....	39
Tabla 21: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) sábado	39
Tabla 22: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) domingo..	39
Tabla 23: Resumen de medias diarias de caudales PTAR Mollepamba.....	40
Tabla 24: Estadística descriptiva-medición de caudales-PTAR Mollepamba.....	40
Tabla 25: Resultados de análisis de las aguas residuales del afluente PTAR Mollepamba, muestra 1 a 5	44
Tabla 26: Resultados de análisis de las aguas residuales del afluente PTAR Mollepamba, muestra 1 a 5 (Cont.).....	45

Tabla 27: Resultados de análisis de las aguas residuales del afluente PTAR Mollepamba, muestra 6 a 10	45
Tabla 28: Resultados de análisis de las aguas residuales del afluente PTAR Mollepamba, muestra 6 a 10 (Cont.).....	46
Tabla 29: Resultados de análisis de las aguas residuales del efluente PTAR Mollepamba, muestra 1 a 5	46
Tabla 30: Resultados de análisis de las aguas residuales del efluente PTAR Mollepamba, muestra 1 a 5 (Cont.).....	47
Tabla 31: Resultados de análisis de las aguas residuales del efluente PTAR Mollepamba, muestra 6 a 10	47
Tabla 32: Resultados de análisis de las aguas residuales del efluente PTAR Mollepamba, muestra 6 a 10 (Cont.).....	48
Tabla 33: Dimensiones del desarenador	49
Tabla 34: Dimensiones del tanque de sedimentación primaria	50
Tabla 35: Dimensiones del FAFA	51
Tabla 36: Velocidades de sedimentación según Imhoff	53
Tabla 37: Recomendaciones para dimensionamiento del tanque de sedimentación	57
Tabla 38: Constantes para el cálculo de remoción en un tanque de sedimentación primaria	58
Tabla 39: Constantes para el cálculo de la velocidad de arrastre en un tanque de sedimentación primaria	61
Tabla 40: Porcentajes de remoción recomendados	63
Tabla 41: Análisis Turbidez del afluente y efluente	68
Tabla 42: Estadística Descriptiva Afluente – Turbidez	69
Tabla 43: Estadística Descriptiva Efluente - Turbidez	69
Tabla 44: Análisis Ph del afluente y efluente	70
Tabla 45: Estadística Descriptiva Afluente – Ph	71
Tabla 46: Estadística Descriptiva Efluente - Ph.....	71
Tabla 47: Análisis Sólidos Disueltos del afluente y efluente.....	72
Tabla 48: Estadística Descriptiva Afluente – Sólidos Disueltos.....	73
Tabla 49: Estadística Descriptiva Efluente – Sólidos Disueltos	73
Tabla 50: Análisis Sólidos Suspendidos Totales del afluente y efluente.....	74
Tabla 51: Estadística Descriptiva Afluente – Sólidos Suspendidos Totales.....	75

Tabla 52: Estadística Descriptiva Efluente – Sólidos Suspendidos Totales	75
Tabla 53: Análisis Demanda Química de Oxígeno del afluente y efluente	76
Tabla 54: Estadística Descriptiva Afluente – Demanda Química de Oxígeno	77
Tabla 55: Estadística Descriptiva Efluente – Demanda Química de Oxígeno	77
Tabla 56: Análisis Demanda Bioquímica de Oxígeno del afluente y efluente	78
Tabla 57: Estadística Descriptiva Afluente – Demanda Bioquímica de Oxígeno	79
Tabla 58: Estadística Descriptiva Efluente – Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	79
Tabla 59: Análisis Demanda Bioquímica de Oxígeno del afluente y efluente	83
Tabla 60: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	83
Tabla 61: Valores medios de DBO, DQO, SST, SD, PH y Turbidez.....	86
Tabla 62: Constantes para el cálculo de la velocidad de arrastre en un tanque de sedimentación primaria	99
Tabla 63: Producción de lodos en litros por persona por día.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Planta de tratamiento de aguas residuales	6
Figura 2: Parroquia Picaihua (1).....	31
Figura 3: Parroquia Picaihua (2).....	32
Figura 4: Ubicación PTAR Mollepamba.....	32
Figura 5: Cámara de entrada.....	33
Figura 6: Desarenador.....	33
Figura 7: Tanque de sedimentación primaria	34
Figura 8: Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)	34
Figura 9: Salida del agua residual.....	35
Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de tratamiento del agua residual	35
Figura 11: Comportamiento del afluente de la PTAR-Mollepamba.....	41
Figura 12: Observación del lugar para la medición de caudales	41
Figura 13: Medición de caudales	42
Figura 14: Recogida de muestra del afluente.....	42
Figura 15: Recogida de muestra del efluente.....	43
Figura 16: Llenado de recipientes.....	43
Figura 17: Muestras de afluente y efluente.....	44
Figura 18: Levantamiento de la PTAR-Mollepamba (Ver anexo 1)	48
Figura 19: Gráfico del desarenador (Ver anexo 1)	49
Figura 20: Gráfico en planta del tanque de sedimentación primaria (Ver anexo 1). 50	
Figura 21: Gráfico en elevación del tanque de sedimentación primaria (Ver anexo 1)	51
Figura 22: Gráfico en planta del FAFA (Ver anexo 1).....	52
Figura 23: Gráfico en elevación del FAFA (Ver anexo 1)	52
Figura 24: Comportamiento de la turbidez en el afluente y efluente.....	70
Figura 25: Comportamiento del Ph en el afluente y efluente.	72
Figura 26: Comportamiento de los Sólidos Disueltos en el afluente y efluente.....	74
Figura 27: Comportamiento de los Sólidos Suspendidos Totales en el afluente y efluente.....	76
Figura 28: Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno en el afluente y efluente.....	78

Figura 29: Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el afluente y efluente.....	80
Figura 30: Zona de Aceptación y Rechazo.....	84

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo con la finalidad de establecer si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Mollepamba” se encuentra cumpliendo con el cometido para el cual fue diseñada y construida.

La evaluación de la PTAR se inició con el levantamiento de información referente a sus unidades actuales (Desarenador, Tanque de Sedimentación Primaria y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente). También se determinaron los caudales máximo, medio y mínimo de ingreso a la planta y se efectuó la recolección de muestras del agua residual tanto del afluente como del efluente para su posterior análisis de laboratorio.

Una vez obtenidos los resultados de los análisis, se pudo observar el incorrecto funcionamiento de la PTAR, ya que los valores de los parámetros del efluente superaban a los máximos permisibles estipulados en el TULSMA 2015 para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua dulce, además en muchos casos también la carga contaminante del efluente era mayor que la del afluente. Por otro lado, tras verificar el dimensionamiento de las unidades actuales de la PTAR, se determinó que estas no cumplen con condiciones y requisitos mínimos estipulados en normativas vigentes y manuales de diseño.

Con el objetivo de mejorar el desempeño de la PTAR “Mollepamba”, se propone un redimensionamiento de sus unidades y la incorporación de otros elementos como una rejilla de entrada, un canal Parshall y un lecho de secado de lodos, los cuales ayudarán a reducir la carga contaminante que llega al cuerpo receptor (Río Pachanlica).

Palabras clave: Evaluación, Planta de tratamiento, Agua residual, Desarenador, Tanque de Sedimentación, FAFA, Canal Parshall, Lecho de secado.

ABSTRACT

The present work was conducted to establish if the wastewater treatment plant “Mollepamba” is performing the task for which it was designed and built.

The evaluation of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) began with the collection of information regarding its current units (Sandblaster, Primary Sedimentation Tank and Anaerobic Up flow filter). The maximum, average and minimum flows of entry to the plant were also determined and the collection of samples of the wastewater from both the affluent and the effluent were conducted for subsequent laboratory analysis.

Once the results of the analysis were obtained, the incorrect functioning of the WWTP could be observed, since the values of the effluent parameters exceeded the maximum permissible stipulated in the TULSMA 2015 for the discharge of wastewater into freshwater bodies, in addition, in many cases, the pollutant load of the effluent was also greater than that of the affluent. On the other hand, after verifying the sizing of the current units of the WWTP, it was determined that these do not fulfill the minimum conditions and requirements stipulated in current regulations and design manuals.

With the aim of improving the performance of the “Mollepamba” WWTP, a resizing of its units and the incorporation of other elements such as an input grid is proposed, a Parshall canal and a sludge drying bed, which will help reduce the pollutant load that reaches the receiving body (Pachanlica River).

Keywords: Evaluation, Treatment Plant, Wastewater, Sandblaster, Sedimentation Tank, Anaerobic Up flow Filter, Parshall Canal, Drying bed.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

El agua es una sustancia que ocupa el 75% del planeta a través de ríos, lagos y mares, la cual carece de olor, color, sabor y se puede encontrar en los tres estados físicos ya conocidos [1]. Esta sustancia se compone por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, cuya estructura le otorga propiedades idóneas para que se posicione como un elemento esencial en el desarrollo de la humanidad. Según Carbajal Azcona, A, y González Fernández, M, del Departamento de Nutrición, de la Facultad de Farmacia, de la Universidad Complutense de Madrid *“el agua es fundamental para prácticamente todas las funciones del organismo”* (pág. 35), por lo que en términos generales la evolución del hombre se ha basado en su disponibilidad y control. [2]

Entonces, al hablar de agua indirectamente se habla también de vida porque según Valencia Flores, L, y Molina Martínez, R, *“La disponibilidad de agua gobierna la vida y en consecuencia los ecosistemas”* (pág. 18), provocando que a lo largo de la historia el ser humano se asentara en lugares cercanos a fuentes de abastecimiento para poder utilizar este recurso en tareas como la siembra, crianza de animales y consumo propio [3]. Durante un largo periodo de tiempo el agua era repartida sin considerar su uso, calidad o necesidades ambientales, por ello en el artículo científico *“El agua: un recurso esencial”* se menciona que existen multitud de casos en los que la oferta del agua es ampliamente superada por la demanda, siendo importante equiparar la calidad de dicho recurso con el empleo que se le va a dar, además de contar con adecuados sistemas de tratamiento de agua residual para que esta pueda ser reutilizada de una forma segura. [4]

A pesar de los numerosos intentos por la conservación del agua, el constante aumento de población y la contaminación de los recursos hídricos ha generado una notable disminución del suministro, ya que en muchos países los ríos y lagos se han convertido en receptores de aguas negras, efluentes industriales y desechos, generando un gran deterioro de la calidad del agua, pues Camilloni, I, menciona que *“un litro de agua residual contamina unos ocho litros de agua dulce”* (pág. 41) [5]. Esto, según informes realizados por la naciones unidas, dará lugar a graves conflictos en el siglo actual relacionados con la mencionada escasez del agua [6], además, Molden, D, en su libro *“Resumen. Agua para la alimentación, agua para la vida”* menciona también que multitud de cuencas hidrográficas en todo el mundo ya no cuentan con agua suficiente para satisfacer la demanda generada. [7]

La salud y calidad de vida del ser humano se encuentran directamente relacionadas con el agua y sus condiciones, donde se destaca la potabilidad, abastecimiento y nivel de saneamiento [8]. En términos generales, dos de cada ocho camas de hospital están ocupadas por pacientes cuyas dolencias son derivadas de la insalubridad del agua, y según la investigación presentada en el artículo científico *“Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas”*, al año fallecen alrededor de 5 millones de personas por el mismo motivo [9], el cual a su vez es generado, en mayor medida, por el aumento sustancial de actividades comerciales e industriales que requieren de grandes cantidades de agua para sus procesos, cuyos vertidos muchas veces no cuentan con un tratamiento previo y por tanto son considerados como una fuente principal de contaminación.

Aproximadamente el 40% de la población mundial no tiene acceso a sistemas de saneamiento, mientras que el 20% ni siquiera cuenta con agua potable [4], cifra que aumentará en los próximos años ya que según lo indicado en el artículo *“La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas”*, el 66.60% de la población experimentará insuficiencia de agua y el 33.30% tendrá que sobrevivir con una escasez absoluta de este recurso. [10]

Se estima que en Latinoamérica el 50% de la población posee sistemas de alcantarillado que recolectan alrededor de 40 millones de metros cúbicos de aguas residuales, donde el 90% es vertido a cuerpos naturales de agua sin haber recibido un tratamiento previo. Esta descarga irresponsable de aguas residuales no solo induce a la ocurrencia de graves problemas de salud, como se mencionó anteriormente, sino que afecta también al aspecto económico de una región al generar un impacto negativo en multitud de áreas productivas. [11]

Ecuador se presenta como un país rico en agua tanto a nivel nacional como internacional al contar con una cantidad cuatro veces superior al promedio per cápita mundial, sin embargo, en el libro “Agua: un derecho fundamental” se menciona que el problema principal de este recurso en el país radica en su distribución y aumento de contaminación [12], dando como resultado una notoria disminución de la calidad del líquido vital causada por la descarga de aguas residuales provenientes de ciudades, actividades mineras, artesanales, agricultura y actividades hidrocarburíferas, para lo cual se hace evidente la necesidad de llevar a cabo tratamientos técnicos de vertidos. Por tanto, el vertido de aguas residuales es considerado como una fuente principal de contaminación debido a la deficiente cobertura de saneamiento que posee el país, la cual alcanza un 64.51% a nivel nacional y solo un 53.07% en lo referente a la parte rural. [13]

Para realizar un mejoramiento de la cobertura de saneamiento y por ende de las condiciones sanitarias de un país o región, se requiere efectuar una fuerte inversión de capital destinado a la construcción de plantas de tratamiento, las cuales consigan manejar de forma eficiente tanto el agua potable como las aguas residuales generadas. En base a lo mencionado por el Banco Mundial en 1995, es necesario emplear más de 12000 millones de dólares anuales durante un periodo de diez años para conseguir aumentar dichos niveles de saneamiento en la región de América Latina [14]. Aun así, a pesar de contar con los recursos financieros necesarios para materializar esta clase de infraestructuras, otro de los problemas que se pueden encontrar con facilidad es la falta de mantenimiento y la mala operación de las plantas de tratamiento existentes

que con el tiempo influyen en el desempeño de estas. Los principales problemas de operación y mantenimiento que surgen en las plantas de tratamiento de agua residual radican en aspectos como la falta de interés por parte de las autoridades competentes, el trabajo a una capacidad mayor para la cual fueron diseñadas, deterioro de materiales y falencias en el diseño inicial [15]. Por ello, resulta esencial tanto llevar a cabo diseños que estén a la par con la calidad del agua a tratar basada en sus parámetros organolépticos, físico-químicos y microbiológicos, para poder definir las unidades y procesos de tratamiento de la planta [16], como realizar también evaluaciones periódicas que permitan determinar el estado actual de las PTAR, de tal manera que se logre mantener un adecuado funcionamiento y se asegure la inversión inicial que se efectuó en la construcción de las mismas. Solo así se podrá contribuir de manera efectiva en el uso responsable del agua, el cuidado general del medio ambiente y el control de sanidad de una población. [15]

1.1.2 Justificación

Desde sus inicios el ser humano ha buscado la manera de establecer su entorno de vida en lugares cuya disponibilidad de agua es abundante, cuidando y preservando el preciado líquido vital. Sin embargo, aquellos asentamientos poco a poco se fueron convirtiendo en ciudades, las cuales debido a su constante desarrollo comenzaron a causar un efecto negativo en el medio natural, principalmente por la contaminación del recurso hídrico a través del vertido de aguas residuales. [17]

En la actualidad existe un consumo desmesurado de agua destinado a la realización de actividades domésticas, industriales o agrícolas, dando lugar también a un aumento preocupante de contaminación. Esta elevada contaminación ha provocado la búsqueda de procesos y tecnologías que ayuden con el tratamiento de las aguas residuales, de tal forma que estas puedan ser reutilizadas o devueltas al medio natural en condiciones adecuadas y sin que supongan un peligro para la conservación del medio ambiente y salubridad de las personas. [18]

Dentro de la búsqueda antes mencionada, las plantas de tratamiento surgieron como un recurso logístico y paliativo de primera línea para efectuar el saneamiento de las aguas residuales generadas en una ciudad, las cuales independientemente de su diseño deben cumplir con su función y lograr un adecuado desarrollo de estas. [17]

A pesar de la evidente necesidad de contar con procesos e infraestructuras destinadas al saneamiento del agua, los programas mundiales y regionales no han sido efectivos a la hora de cubrir las mismas, pues un porcentaje muy alto de población no tiene acceso a estos servicios. Una de las mayores dificultades que se presentan es la fuerte inversión económica que se necesita para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales y sus elevados costos de operación y mantenimiento. [19]

Picaihua es una parroquia rural del cantón Ambato fundada el 14 de septiembre de 1872, con un total de 9.054 habitantes y una extensión de 1524.21 ha. En esta parroquia predominan las actividades económicas relacionadas con la industria manufacturera, curtiembres de cuero, fabricación de zapatos, comercio, agricultura, ganadería y pesca, las cuales producen una gran cantidad de aguas residuales con un alto nivel de contaminación que requieren de un tratamiento previo a su vertido. [20]

Para el tratado de las aguas residuales provenientes de las actividades tanto económicas como domésticas o urbanas, Picaihua cuenta con la planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” donde cada día llegan las aguas contaminadas de la parroquia. El funcionamiento de esta PTAR consta de tres etapas de saneamiento como es el tratamiento preliminar, tratamiento primario y secundario. El primero mencionado consiste en un desarenador que sedimenta partículas inertes, mientras que el primario se ejecuta a través de una fosa séptica compuesta por cuatro cámaras que de igual forma ayudan a la sedimentación de partículas y a parte logran la remoción de carga orgánica. Por otro lado, el tratamiento secundario se lleva a cabo mediante un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) donde se produce un proceso biológico que termina de tratar el agua residual para posteriormente proceder con su descarga al río Pachanlica.

Después de una visita de campo se pudo observar un descuido general de las instalaciones de la planta de tratamiento, además de que el último levantamiento de información que se realizó fue en el año 2016, por lo que se considera necesario volver a evaluar su estado y determinar las características del agua residual que llegan a la misma, con la finalidad de verificar su desempeño y garantizar que el agua tratada cumpla con los parámetros establecidos en las normas ambientales del país. [21]

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales

Una planta de tratamiento de aguas residuales es una estructura conformada por diversos componentes hidráulicos y donde se realizan procesos cuya función es eliminar las sustancias nocivas que posee el agua una vez que ha sido utilizada, de tal forma que no se considere perjudicial ni para la salud ni para el medio ambiente, y por tanto, pueda ser devuelta al medio natural o reutilizada en actividades cotidianas de manera segura. [22]



Figura 1: Planta de tratamiento de aguas residuales

Fuente: <https://www.iagua.es/noticias/hach/gran-planta-tratamiento-aguas-residuales-industriales-mitiga-riesgo-gracias-hach>

1.1.3.2 Aguas residuales

Se denominan aguas residuales a aquellas provenientes de actividades domésticas, urbanas, comerciales e industriales, entre otras, cuya composición ha sido alterada negativamente por la presencia de sustancias nocivas que pueden ir desde líquidos hasta sólidos, tanto disueltos como en suspensión. Los sólidos constituyen una fracción pequeña dentro de la composición del agua residual (aproximadamente menos del 0.1% en peso), sin embargo, se considera como la parte que conlleva una mayor dificultad para ser eliminada. Por ello, es necesario determinar las condiciones y características del agua residual que va a ser tratada, con la finalidad de establecer los procesos de mayor eficacia a la hora de efectuar dicho saneamiento. [23]

1.1.3.3 Características de las aguas residuales

Como se mencionó anteriormente, el uso del agua para diversas actividades genera la contaminación de la misma dando lugar a las denominadas aguas residuales, las cuales pueden ser caracterizadas de manera general en función de su composición física, química, biológica y teniendo en cuenta otros aspectos como su procedencia. [24]

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
PROPIEDADES FÍSICAS	
Color	Agua residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales

Tabla 1: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias

Fuente: Metcalf y Eddy, INC [24]

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
CONSTITUYENTES QUÍMICOS	
<i>Orgánicos</i>	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Pesticidas	Residuos agrícolas
Fenoles	Vertidos industriales
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Otros	Degradación natural de materia orgánica
<i>Inorgánicos</i>	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
Metales pesados	Vertidos industriales
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Azufre	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales

Tabla 2: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias (Cont.)

Fuente: Metcalf y Eddy, INC [24]

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
CONSTITUYENTES QUÍMICOS	
<i>Gases</i>	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos
Metano	Descomposición de residuos domésticos
Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial
CONSTITUYENTES BIOLÓGICOS	
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento
Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento
Eubacterias (Protistas)	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
Arqueobacterias (Protistas)	Aguas residuales domésticas; infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
Virus	Aguas residuales domésticas

Tabla 3: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias (Cont.)

Fuente: Metcalf y Eddy, INC [24]

1.1.3.4 Tipos de aguas residuales

1.1.3.4.1 Agua residual doméstica

Se denomina agua residual doméstica a toda aquella generada por desechos líquidos cuyo origen radica en el empleo de este recurso para actividades propias de viviendas, instituciones y establecimientos. [25]

1.1.3.4.2 Agua residual urbana

Este tipo de agua residual se origina en núcleos de sectores urbanos debido a las actividades características de estos. Los principales aportes que dan lugar a las aguas residuales urbanas son las aguas fecales, aguas de limpieza de calles, aguas de lavado doméstico, aguas de lluvia y aguas de lixiviados, donde su composición está dominada principalmente por la presencia de sólidos suspendidos y sedimentables, nutrientes y

organismos patógenos. Es importante tener en cuenta que aunque existe cierta homogeneidad en lo referente a la composición y carga contaminante de dichas aguas residuales, pueden existir variaciones significantes en los niveles de contaminación puesto que no todos los núcleos de población urbanos son iguales en lo referente a población, actividades comerciales, presencia de industrias, etc. [25]

1.1.3.4.3 Agua residual industrial

Su procedencia viene de talleres o fábricas en los cuales se utiliza agua para llevar a cabo diferentes procesos de producción, en los cuales se generan líquidos residuales compuestos mayoritariamente por disoluciones de productos químicos y en general cualquier sustancia que esté presente en el funcionamiento de una industria. [26]

Existen dos tipos de vertidos industriales como son los continuos y discontinuos. Los vertidos industriales continuos son aquellos que se originan en procesos donde la entrada y salida de agua es constante, esto se da en actividades como el lavado de productos, transporte y refrigeración. Por otro lado, los vertidos industriales discontinuos se dan por la ejecución de operaciones intermedias dentro de un proceso de producción, siendo considerados como un mayor foco de contaminación. Es posible clasificar a las industrias en función de los contaminantes que conllevan o arrastran las aguas residuales producidas, dando lugar a 5 grupos como:

- Industrias con efluentes orgánicos
- Industrias con efluentes inorgánicos
- Industrias con efluentes tanto orgánicos como inorgánicos
- Industrias con efluentes con materias en suspensión
- Industrias con efluentes de refrigeración [26]

Las actividades industriales difieren mucho unas de otras, por lo que cada una de ellas genera una contaminación particular del recurso hídrico. Esto otorga la necesidad de conocer el origen de los vertidos y de analizar la carga contaminante de los mismos,

con la finalidad de establecer medidas adecuadas de saneamiento que disminuyan los efectos negativos que pudieran ocasionar en el medio natural. [26]

1.1.3.4.4 Agua residual agropecuaria o agroindustrial

Se producen por escorrentías originadas de actividades relacionadas con el campo agrícola, mantenimiento de granjas, establos, etc. Estas aguas residuales contienen cantidades elevadas de materia orgánica y químicos derivados de pesticidas y fertilizantes. Además, también es común encontrar restos de productos farmacéuticos como vacunas, hormonas y otros medicamentos empleados para el cuidado y crianza de animales. [27]

1.1.3.4.5 Agua residual de origen minero-metalúrgico

Este tipo de agua residual es considerado como uno de los más contaminantes y propensos a causar graves incidencias tanto en la salud de las personas como en el medio animal y vegetal. El principal contenido de los efluentes de origen minero-metalúrgico son metales pesados y metaloides, los cuales en su gran mayoría son tóxicos, cancerígenos, mutagénicos, etc. [27]

1.1.3.5 Calidad del agua

La calidad del agua es un aspecto que define cuan apta se torna para un determinado uso, misma que se determina por su composición, es decir, en función de las sustancias que se hayan en esta y su posterior comparación con niveles permisibles. [28]

1.1.3.6 Tratamiento de aguas residuales

Debido al excesivo consumo de agua y al aumento progresivo de este, es importante contar con sistemas eficaces en lo referente a su tratado, de esta manera se consigue prevenir la contaminación del medio natural y de los recursos hidrológicos en el aspecto físico, químico y bacteriológico. Además, también permite la sustitución del agua potable en actividades como el regadío de jardines, pues una vez que las aguas residuales han sido tratadas y depuradas adquieren nuevamente una calidad aceptable para ser empleadas en esta clase de tareas. [29]

1.1.3.7 Métodos de tratamiento de aguas residuales

Existen diferentes métodos para el tratamiento de aguas residuales, donde su empleo depende en gran medida de las características del agua a ser tratada. Entre los métodos más comunes se tienen los que usan procesos físicos, procesos químicos y procesos biológicos. [29]

Los procesos físicos son considerados como los primeros en emplearse para efectuar el tratado de aguas residuales, estos han ido evolucionando con el paso del tiempo por medio de observaciones llevadas a cabo por el hombre y realizadas en el medio natural. Esta clase de procesos principalmente se basan en la aplicación de fuerzas físicas y dan lugar a métodos de tratado como la floculación, tamizado, sedimentación, etc. [29]

Por otro lado, los segundos mencionados consisten en métodos basados en la aplicación de químicos que a través de reacciones logran remover o transformar las sustancias contaminantes presentes en el agua. Algunos de los métodos más comunes son la absorción, precipitación y desinfección. [29]

En cuanto a los procesos biológicos, estos son usados para eliminar sustancias orgánicas biodegradables que estén presentes en el agua, ya sea coloidales o disueltas, de tal forma que se conviertan en gases o en tejido celular biológico que pueda ser removido a través del escape a la atmósfera o por sedimentación. [29]

1.1.3.8 Tipos de tratamiento de aguas residuales

1.1.3.8.1 Tratamiento Preliminar

El tratamiento preliminar consiste en remover la presencia de sólidos y partículas de tamaño considerable a través de la puesta en marcha de operaciones físicas o mecánicas. Para este tratamiento es común el empleo de componentes como rejillas y desarenadores, los cuales evitan el paso de sólidos gruesos que puedan perjudicar el correcto desarrollo de posteriores procesos de tratamiento. [30]

1.1.3.8.2 Tratamiento Primario

A través del tratamiento primario se eliminan los sólidos orgánicos suspendidos en el agua residual, logrando reducir considerablemente la carga orgánica de esta. Generalmente se efectúan procesos como la sedimentación gravitatoria o se emplean compuestos como sales férricas para completar dicha etapa. [30]

1.1.3.8.3 Tratamiento Secundario

En este tratamiento se procede con una remoción adicional de sólidos suspendidos y compuestos orgánicos biodegradables, permitiendo disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos antes mencionados. [30]

Si bien es cierto que durante esta etapa de tratamiento se consigue eliminar hasta un 85% de la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos, también es importante tener en cuenta la poca efectividad que tiene a la hora de remover elementos como el fósforo, nitrógeno o metales pesados. De igual manera también se presentan dificultades con la remoción de virus y bacterias patógenas. [29]

Para conseguir llevar a cabo un tratamiento secundario eficiente es necesario contar con una abundante disponibilidad de organismos vivos y oxígeno, condiciones adecuadas de pH y temperatura, y disponer de un área donde se produzca el contacto entre los microorganismos y el agua residual. [29]

1.1.3.8.4 Tratamiento Terciario

El tratamiento terciario se considera un tratamiento adicional en el cual se pretende eliminar compuestos que no hayan sido removidos en etapas anteriores, esto con la finalidad de elevar la calidad del agua resultante y así poder usar el efluente en actividades como la agricultura. [30]

1.1.3.9 Descarga de aguas residuales tratadas

Una vez que el agua residual ha sido sometida a procesos de saneamiento, este efluente es descargado nuevamente a cuerpos naturales y por tanto es necesario que cumpla con determinados parámetros de calidad estipulados en la ley. La normativa que regula estos parámetros y en general busca que Ecuador sea un país responsable con su biodiversidad y calidad del medio ambiente es el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) del año 2015. [31]

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70
Explosivas o inflamables	Sustancias	mg/l	cero
Alkil mercurio		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cadmio total	CN	mg/l	1
Cinc	Zu	mg/l	10
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cobalto total	Co	mg/l	0.5
Cobre	Cu	mg/l	1
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	50
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Hierro total	Fe	mg/l	25
Manganeso total	Mn	mg/l	10
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	60
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.5
Plomo	Pb	mg/l	0.5

Tabla 4: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Fuente: TULSMA 2015 [31]

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0.5
Sólidos Sedimentables	SD	mg/l	20
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO4-2	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1
Temperatura	°C		<40
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

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

Fuente: TULSMA 2015 [31]

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5

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

Fuente: TULSMA 2015 [31]

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0.1

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

Fuente: TULSMA 2015 [31]

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO4-2	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

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

Fuente: TULSMA 2015 [31]

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			(A) Descargas en zona de rompientes	(B) Descargas mediante emisarios submarinos
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30	30
Arsénico total	As	mg/l	0.5	0.5
Aluminio	Al	mg/l	5	5
Cianuro total	CN	mg/l	0.2	0.2
Cinc	ZN	mg/l	10	10
Cobre	Cu	mg/l	1	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000	2000
Color	Color verdadero	unidades de color	inapreciable en dilución: 1/20	inapreciable en dilución: 1/20
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2	0.2

Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Fuente: TULSMA 2015 [31]

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			(A) Descargas en zona de rompientes	(B) Descargas mediante emisarios submarinos
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	DBO5	mg/l	200	400
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	400	600
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20	20
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01	0.01
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	pH		6-9	6-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	250	250
Sulfuros	S	mg/l	0.5	0.5
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	µg/l	50	50
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	µg/l	100	100
Carbonatos	Especies totales	mg/l	0.25	0.25
Temperatura	°C		<35	<35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0.5	0.5

Tabla 10: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina (Cont.)

Fuente: TULSMA 2015 [31]

1.1.3.10 Componentes para el tratamiento de aguas residuales

1.1.3.10.1 Cribado

La unidad de cribado es usada para la remoción de sólidos suspendidos, los cuales son incinerados, enviados a vertederos o destruidos a través de procesos anaerobios. Por lo general se emplean rejillas para la retención del material cuyas aberturas dependen de las características del agua que llega a la PTAR, es decir, si predominan sólidos

finos las aberturas oscilan entre los 5mm, mientras que cuando el tamaño de los residuos es considerado grueso estas aberturas pueden llegar hasta los 9 cm. [32]

En ciertas ocasiones las rejillas para la retención de gruesos son reemplazadas por trituradoras, cuya función es reducir el tamaño de los sólidos de tal manera que estos puedan ser eliminados posteriormente a través de procesos de sedimentación. [32]

1.1.3.10.2 Desarenador

El desarenador se encarga de retener sólidos inorgánicos contenidos en el agua que ingresa a la PTAR, con esto a parte de cumplir con una de las etapas del saneamiento también se evitan posibles daños en equipos, pues las arenas pueden obstruir tuberías y afectar significativamente el desempeño de la planta. Existen diferentes tipos de desarenadores como: [33]

- De flujo horizontal
- Aireados
- De vórtice

1.1.3.10.3 Tanque Séptico

Este componente se utiliza para remover materia orgánica presente en el agua y es parte del tratamiento anaerobio que se le da a esta. Se llevan a cabo procesos como la sedimentación, filtración, flotación y precipitación para la eliminación de sólidos suspendidos. [33]

1.1.3.10.4 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

El empleo de esta clase de filtros se efectúa en procesos de depuración principal o postratamiento para eliminar, en ausencia de oxígeno, materia orgánica del agua y

cuyas formas pueden ser variadas en función de la cantidad de líquido que ingresa a la unidad. Es importante controlar parámetros como el tiempo de retención hidráulica, temperatura y carga orgánica volumétrica para lograr un adecuado desempeño. [33]

1.1.3.10.5 Lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos es considerado como el método más común para efectuar el secado de este material, siendo un método económico y de fácil ejecución empleado principalmente en plantas de pequeño tamaño. [34]

El diseño y operación de este componente se ve fuertemente influenciado por los factores climáticos del lugar de implantación, ya que el secado de lodos se lleva a cabo mediante procesos de percolación y evaporación. Por percolación se logra eliminar una fracción de agua que oscila entre 0.2 y 0.5. [34]

1.1.3.10.6 Desinfección

Con la desinfección se consiguen eliminar bacterias y virus presentes en el agua, para lo cual se pueden emplear varios agentes y procesos de desinfección. [35]

Uno de los métodos más comunes de desinfección es la cloración, donde se emplea el cloro como agente desinfectante. Este elemento provoca la rotura de las paredes celulares a través de mecanismos de oxidación, logrando así evitar posibles infecciones. Para efectuar un correcto proceso de desinfección es necesario conocer las características de los microorganismos que se desean eliminar y otros parámetros como el nivel de pH, turbidez, temperatura, etc. [35]

La ozonización también es un proceso de desinfección eficaz, el cual usa el ozono como agente oxidante y es empleado para el saneamiento tanto de aguas potables como

de aguas residuales. El ozono no puede almacenarse debido a su corto periodo de vida, por ello es necesaria su generación in situ mediante métodos como la electrolisis, generación fotoquímica, generación radioquímica y descarga eléctrica de alto voltaje. [35]

De igual manera, la radiación ultravioleta es usada para la desinfección de aguas residuales industriales y aguas residuales tratadas. Este método consigue inactivar virus, bacterias y esporas, considerándose muy práctico a la hora de efectuar la mencionada tarea. [35]

1.1.3.11 Parámetros de las aguas residuales

1.1.3.11.1 Contenido de sólidos

Conocer la cantidad de sólidos presentes en el agua residual supone un gran aporte en cuanto a información referente a las características de esta, permitiendo determinar aspectos como su naturaleza o si es necesario emplear algún tratamiento específico para su saneamiento. Los sólidos son considerados como tal siempre y cuando permanezcan en calidad de residuo una vez que se ha efectuado una evaporización y secado de la muestra a una temperatura de 103 grados centígrados, pudiendo ser encontrados disueltos, suspendidos o en forma coloidal. [34]

1.1.3.11.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Para caracterizar los contaminantes orgánicos del agua residual es frecuente utilizar el DBO como parámetro, ya que este proporciona información respecto a la cantidad de oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos durante la degradación de compuestos biodegradables. Para realizar las pruebas de laboratorio pertinentes se emplea un tiempo estándar de 5 días y una temperatura de 20 grados centígrados. [34]

1.1.3.11.3 Demanda química de oxígeno (DQO)

Este parámetro sirve para determinar la cantidad de oxígeno necesaria en el proceso de oxidación de compuestos orgánicos presentes en el agua residual, para lo cual se emplea un método estándar donde se usa una solución de dicromato de potasio y como catalizador el sulfato de plata, logrando oxidar compuestos en un porcentaje que varía del 90 al 100%. [34]

1.1.3.11.4 Potencial hidrógeno (pH)

El potencial hidrógeno (pH) es un indicador del grado de acidez o alcalinidad que tiene el agua, medido en función de la cantidad de iones de hidrógeno que se encuentran concentrados en esta. El pH puede adquirir valores que varían desde 0 hasta 14, considerándose al valor de 7 como pH neutro, por lo que cuando estos son superiores o inferiores se considera que al agua posee alcalinidad o acidez respectivamente. [27]

1.1.3.11.5 Nitrógeno (N)

El nitrógeno es un elemento que aparece en las aguas residuales en forma orgánica o amoniacal, cuyo contenido aporta información valiosa referente al nivel de contaminación y su procedencia. La aparición de nitrógeno en cualquiera de sus formas generalmente es un indicativo de la existencia de contaminación fecal. [34]

1.1.3.11.6 Fósforo (P)

La presencia de fósforo en el agua ayuda a la proliferación de vida como es el caso del crecimiento de algas, lo cual puede suponer un problema al producirse la muerte de estas o de cualquier otro organismo, pues la descomposición orgánica afecta al color, sabor y calidad del agua en general. [34]

1.1.4 Hipótesis

En esta parte se plantean dos tipos de hipótesis, una nula (H_0) y otra positiva (H_1), las cuales serán comprobadas en capítulos posteriores para verificar la validez del experimento.

Hipótesis de nula (H_0)

La planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, no se encuentra funcionando adecuadamente en sus condiciones actuales.

Hipótesis positiva (H_1)

La planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, se encuentra funcionando adecuadamente en sus condiciones actuales.

1.1.5 Señalamiento de las variables de la hipótesis

- **Variable Independiente:** Planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.
- **Variable Dependiente:** Parámetros de contaminación existente en las aguas residuales de los sectores de Calicanto, San Luis y Mollepamba.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Efectuar un levantamiento de información de la PTAR
- Realizar un análisis del agua residual que ingresa y sale de la PTAR
- Comprobar el dimensionamiento de las unidades actuales de la PTAR
- Evaluar el funcionamiento de la PTAR en base al TULSMA 2015
- Proponer mejoras en la PTAR de ser necesario

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

Este capítulo muestra la forma en que se llevó a cabo el presente trabajo experimental de tesis, en el cual se mencionarán los materiales y equipos empleados, tipos de investigación, población y muestra, operacionalización de variables y las etapas de recolección de información, comenzando desde la revisión bibliográfica destinada al marco teórico y continuando con el levantamiento de información de la planta de tratamiento, la medición de caudales realizada en campo, los análisis de laboratorio de las muestras correspondientes al agua residual y la verificación de la PTAR en lo referente al dimensionamiento de sus unidades actuales.

2.1 Materiales y Equipos

Para la ejecución del trabajo experimental se requiere de los siguientes materiales y equipos:

MATERIALES Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD
Vehículo	1	unidad
Cinta métrica	1	unidad
Flexómetro	1	unidad
GPS	1	unidad
Mandil	1	unidad
Guantes de látex	24	pares
Mascarilla	24	unidad
Gafas protectoras	1	unidad
Casco	1	unidad
Balde de 10 litros	1	unidad

Tabla 11: Materiales y equipos

Fuente: Autor

MATERIALES Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD
Cronómetro	1	unidad
Embudo	1	unidad
Recipientes para toma de muestras	20	unidad
Cinta de embalar	1	unidad
Cuaderno	1	unidad
Hojas	1	resma
Esfero	1	unidad
Lápiz	1	unidad
Computadora	1	unidad
Impresora	1	unidad

Tabla 12: Materiales y equipos (Cont.)

Fuente: Autor

2.2 Metodología

2.2.1 Nivel o Tipo de Investigación

Los niveles de investigación utilizados en el presente trabajo de tesis son: Exploratorio, Descriptivo y Explicativo.

Exploratorio: Este nivel de investigación servirá para realizar un trabajo exploratorio de la Planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, generando una hipótesis que dé lugar a un estudio más exhaustivo del problema y así lograr un mejoramiento del tratamiento de tal forma que disminuyan los parámetros de contaminación característicos de las aguas residuales.

Descriptivo: Este nivel de investigación permitirá describir la situación real en la que se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales a evaluar. La investigación se efectuará en la fuente del problema, de tal modo que se puedan describir las causas y consecuencias que se dan en esta clase de proyectos relacionados con la hidráulica y el medio ambiente, además de efectuar un control de los parámetros de contaminación.

Por tanto, se realizará una descripción tanto de los sectores aportantes a la planta de tratamiento como de su funcionamiento actual.

Explicativo: Este nivel de investigación se empleará para explicar las causas y los efectos correspondientes a la contaminación de las aguas residuales provenientes de los sectores de Calicanto, San Luis y Mollepamba con el objetivo de proponer mejoras en la planta de tratamiento de ser necesario, la cual experimentalmente se encuentra estructurada en una hipótesis.

2.2.2 Población y Muestra

Como población y muestra se toman los análisis de laboratorio del agua residual correspondiente al afluente y efluente de la planta de tratamiento de Mollepamba.

2.2.3 Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE: Planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMES BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La planta de tratamiento a evaluar consta de 3 etapas de tratamiento: Tratamiento preliminar, tratamiento primario y tratamiento secundario.	La planta de tratamiento tiene un caudal medio representativo de $Q= 1.10$ lts/seg	Eficiencia de la remoción de la contaminación (grado de tratamiento)	DBO: 100 mg/l DQO: 200 mg/l SST: 130 mg/l pH: 6-9 Turbiedad: Parámetros según TULSMA 2015 en Tabla 9, Capítulo XV, apartado 5.2	Normas: Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA 2015), Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)

Tabla 13: Operacionalización de la variable independiente

Fuente: Autor

VARIABLE DEPENDIENTE: Parámetros de contaminación existentes en las aguas residuales de los sectores de Calicanto, San Luis y Mollepamba.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMES BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Los parámetros de contaminación existentes en las aguas residuales de la planta de tratamiento que indicarán la eficiencia de la misma son: DBO5, DQO, SST, PH, TURBIEDAD.	Ensayos a realizarse: DBO5, DQO, SST, PH, TURBIEDAD del afluente y efluente.	Valores de los ensayos de laboratorio de: DBO5 (afluente y efluente), DQO (afluente y efluente), SST (afluente y efluente), PH (afluente y efluente), TURBIEDAD (afluente y efluente)	¿La planta de tratamiento actual reducirá la contaminación existente en las aguas residuales de los sectores de Calicanto, San Luis y Mollepamba?	Determinación de los resultados mediante análisis de laboratorio.

Tabla 14: Operacionalización de la variable dependiente

Fuente: Autor

2.2.4 Plan de recolección de información

El presente trabajo experimental consiste en evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, con el objetivo de determinar su funcionamiento y proponer posibles mejoras en caso de que este no sea el adecuado. Por tanto, es necesario llevar a cabo las siguientes fases de ejecución:

➤ **Primera fase: revisión bibliográfica.**

En esta fase se efectúa una revisión bibliográfica de conceptos mediante el uso de libros, sitios web, revistas, tesis, normativas y documentos relacionados. Dicha recopilación servirá como base teórica del trabajo.

➤ **Segunda fase: levantamiento de información de la PTAR.**

Como segunda fase se realiza una recopilación de información relacionada con la planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, de tal modo que se puedan obtener datos como el año de construcción, tiempo de operación, componentes y dimensiones, entre otros.

➤ **Tercera fase: investigación de campo.**

Este proceso consiste en determinar el caudal que entra y sale de la planta de tratamiento de aguas residuales a lo largo del día, obteniendo caudales máximos, medios y mínimos.

➤ **Cuarta fase: Investigación de laboratorio.**

Luego se procede con la toma de muestras del afluente y efluente para ser analizadas en laboratorio y obtener valores correspondientes a los parámetros de DBO5, DQO, SST, PH y TURBIEDAD. El proceso se repite durante diez días con el fin de obtener diez muestras tanto de entrada como de salida de la planta.

➤ **Quinta fase: evaluación del estado y funcionamiento de la PTAR.**

En base a los datos obtenidos en la fase previa, se procede a su comparación con los parámetros establecidos en el TULSMA 2015 y a la verificación de la hipótesis de trabajo, además también realiza una comprobación del dimensionamiento actual de la planta. Toda la información recolectada anteriormente sirve para determinar tanto la funcionalidad de la planta de tratamiento como para proponer mejoras en caso de que esta no se encuentre trabajando adecuadamente.

2.2.5 Levantamiento de información de la PTAR

2.2.5.1 Ubicación

Picaihua es una parroquia rural del cantón Ambato cuya creación o fundación se realizó el 14 de septiembre de 1872. La población de la parroquia ronda los 9.054 habitantes según el último censo realizado, cuenta con una extensión de 1524.21 hectáreas y una elevación promedio de 2600 metros sobre el nivel del mar, limitada al norte por la parroquia de Pashilata e Izamba, al sur por la parroquia de Totoras y Huachi Grande, al este por la parroquia El Rosario del cantón Pelileo y al oeste de nuevo por las parroquias de Huachi Grande y Totoras. [36]



Figura 2: Parroquia Picaihua (1)

Fuente: Autor

Entre las principales actividades económicas que se llevan a cabo en la parroquia se destaca la industria manufacturera con un 32.9% de la población económicamente activa, donde sobresale la curtiembre del cuero y la producción de artículos derivados. El comercio al por mayor y menor también se considera una actividad económica importante al albergar al 19.1% de la población económicamente activa, seguida muy de cerca por la agricultura, ganadería y pesca con un 14.4% de la PEA, haciendo notable la predominancia del sector secundario. [36]



Figura 3: Parroquia Picaihua (2)

Fuente: Autor

La planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba se construyó en el año 2000 tras lo cual entró en funcionamiento y depura las aguas residuales provenientes de los sectores de Calicanto, San Luis y Mollepamba mediante tres niveles de tratamiento (preliminar, primario y secundario). Estas unidades se encuentran cerca del río Pachanlica al límite con la parroquia El Rosario del cantón Pelileo.

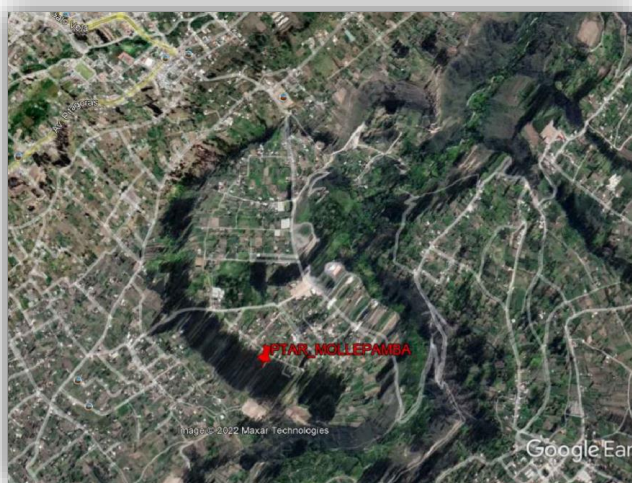


Figura 4: Ubicación PTAR Mollepamba

Fuente: Autor

2.2.5.2 Unidades que conforman el tratamiento

- Cámara de entrada con una desviación de caudal excedente a través de un by pass.



Figura 5: Cámara de entrada

Fuente: Autor

- Desarenador para sedimentación de partículas inertes como tratamiento preliminar.



Figura 6: Desarenador

Fuente: Autor

- Un tanque de sedimentación primaria (Fosa Séptica), se considera un tratamiento primario porque sedimenta partículas y además existe remoción de carga orgánica a través de un proceso biológico.



Figura 7: Tanque de sedimentación primaria

Fuente: Autor

- Un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), se considera como un tratamiento secundario y es un proceso biológico donde se adhiere bacterias anaerobias a un cuerpo inerte (filtro).



Figura 8: Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Fuente: Autor

- Descarga a través de una tubería de hormigón con pozos de revisión hasta la parte baja de la Quebrada del río Pachanlica.



Figura 9: Salida del agua residual

Fuente: Autor

2.2.5.3 Diagrama de flujo del proceso de tratamiento del agua residual

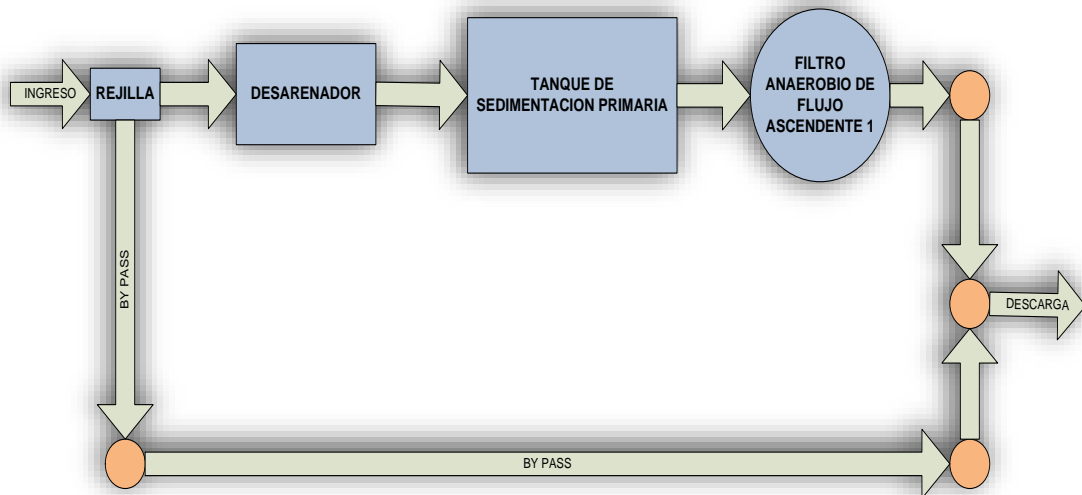


Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de tratamiento del agua residual

Fuente: Autor

2.2.5.4 Observaciones in situ en la PTAR

- La planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba no dispone de una unidad para el secado de lodos residuales, por tanto no existe el mencionado tratamiento.
- La planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba no dispone de un tratamiento terciario, puesto que luego del tratamiento secundario el agua residual es enviada directamente al río Pachanlica.
- No existe un sistema de remoción de grasas y aceites.
- No posee una rejilla funcional para la retención de sólidos como tratamiento preliminar.
- Las estructuras de hormigón se encuentran en buen estado ya que no se observa un deterioro significativo, filtraciones o fracturas en las unidades que almacenan el agua residual durante el proceso de tratado.
- No existe una unidad de control de caudal de ingreso al tratamiento.

2.2.6 Investigación de campo

2.2.6.1 Medición de caudales

Para realizar la medición de caudales en la PTAR “Mollepamba” de la parroquia Picaihua se empleó el método volumétrico, con ayuda de un balde graduado y un cronómetro. La medición de caudales se efectuó durante 7 días consecutivos desde el lunes 24 de enero del 2022 hasta el domingo 30 de enero del mismo año, en los cuales se procedió a tomar el caudal del afluente de la planta de tratamiento en cada hora (desde las 8:00 am hasta las 19:00 pm), con la finalidad de obtener un total de 12 valores diarios.

RESUMEN DE MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - MOLLEPAMBA (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 24 de enero hasta domingo 30 de enero de 2022						
Hora de Medición	ene-22						
	24	25	26	27	28	29	30
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	2.20	1.24	0.29	0.98	2.13	0.62	0.75
9:00	2.04	1.22	0.25	0.95	2.10	0.60	0.74
10:00	2.03	1.20	0.24	0.95	2.09	0.61	0.74
11:00	2.00	1.20	0.22	0.91	2.05	0.59	0.68
12:00	2.15	1.18	0.28	0.89	2.05	0.60	0.66
13:00	2.07	1.15	0.25	0.87	1.95	0.58	0.62
14:00	1.98	1.17	0.23	0.85	1.79	0.60	0.60
15:00	1.95	1.15	0.21	0.85	1.76	0.60	0.55
16:00	1.92	1.10	0.20	0.78	1.64	0.62	0.52
17:00	1.93	1.12	0.18	0.73	1.55	0.55	0.51
18:00	2.01	1.08	0.25	0.78	1.60	0.52	0.51
19:00	2.06	1.05	0.27	0.85	1.77	0.50	0.55

Tabla 15: Resumen de medición de caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg)

Fuente: Autor

Se observa que los caudales de mayor valor se dan en las horas de la mañana de 8:00 a 9:00, siendo lunes y viernes los días que tienen un mayor caudal con respecto al resto de días de la semana, los cuales coinciden con la feria y comercio de la ciudad de Ambato. A continuación se detalla la estadística descriptiva de los datos tomados en campo:

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES (LTS/SEG) PTAR - MOLLEPAMBA			
<i>Columnal - Lunes</i>			
---	---	Curtosis	0.2316
Media	2.0283	Coefficiente de asimetría	0.7505
Error típico	0.0243	Rango	0.2800
Mediana	2.0200	Mínimo	1.9200
Moda	#N/D	Máximo	2.2000
Desviación estándar	0.0843	Suma	24.3400
Varianza de la muestra	0.0071	Cuenta	12

Tabla 16: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) lunes

Fuente: Autor

ESTADISTICA DESCRIPTIVA CAUDALES (LTS/SEG) PTAR - MOLLEPAMBA			
<i>Columna2 - Martes</i>			
---	---	Curtosis	-0.7095
Media	1.1550	Coeficiente de asimetría	-0.3862
Error típico	0.0168	Rango	0.1900
Mediana	1.1600	Mínimo	1.0500
Moda	1.2000	Máximo	1.2400
Desviación estándar	0.0582	Suma	13.8600
Varianza de la muestra	0.0034	Cuenta	12

Tabla 17: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) martes

Fuente: Autor

ESTADISTICA DESCRIPTIVA CAUDALES (LTS/SEG) PTAR - MOLLEPAMBA			
<i>Columna3 - Miércoles</i>			
---	---	Curtosis	-0.5444
Media	0.2392	Coeficiente de asimetría	-0.2064
Error típico	0.0095	Rango	0.1100
Mediana	0.2450	Mínimo	0.1800
Moda	0.2500	Máximo	0.2900
Desviación estándar	0.0329	Suma	2.8700
Varianza de la muestra	0.0011	Cuenta	12

Tabla 18: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) miércoles

Fuente: Autor

ESTADISTICA DESCRIPTIVA CAUDALES (LTS/SEG) PTAR - MOLLEPAMBA			
<i>Columna4 - Jueves</i>			
---	---	Curtosis	-0.6325
Media	0.8658	Coeficiente de asimetría	-0.2481
Error típico	0.0220	Rango	0.2500
Mediana	0.8600	Mínimo	0.7300
Moda	0.8500	Máximo	0.9800
Desviación estándar	0.0761	Suma	10.3900
Varianza de la muestra	0.0058	Cuenta	12

Tabla 19: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) jueves

Fuente: Autor

ESTADISTICA DESCRIPTIVA CAUDALES (LTS/SEG) PTAR - MOLLEPAMBA			
Columna5 - Viernes			
---	---	Curtosis	-1.6396
Media	1.8733	Coeficiente de asimetría	-0.2258
Error típico	0.0613	Rango	0.5800
Mediana	1.8700	Mínimo	1.5500
Moda	2.0500	Máximo	2.1300
Desviación estándar	0.2125	Suma	22.4800
Varianza de la muestra	0.0452	Cuenta	12

Tabla 20: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) viernes

Fuente: Autor

ESTADISTICA DESCRIPTIVA CAUDALES (LTS/SEG) PTAR - MOLLEPAMBA			
Columna6 - Sábado			
---	---	Curtosis	0.6304
Media	0.5825	Coeficiente de asimetría	-1.2846
Error típico	0.0112	Rango	0.1200
Mediana	0.6000	Mínimo	0.5000
Moda	0.6000	Máximo	0.6200
Desviación estándar	0.0389	Suma	6.9900
Varianza de la muestra	0.0015	Cuenta	12

Tabla 21: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) sábado

Fuente: Autor

ESTADISTICA DESCRIPTIVA CAUDALES (LTS/SEG) PTAR - MOLLEPAMBA			
Columna7 - Domingo			
---	---	Curtosis	-1.5924
Media	0.6192	Coeficiente de asimetría	0.2456
Error típico	0.0269	Rango	0.2400
Mediana	0.6100	Mínimo	0.5100
Moda	0.7400	Máximo	0.7500
Desviación estándar	0.0931	Suma	7.4300
Varianza de la muestra	0.0087	Cuenta	12

Tabla 22: Estadística descriptiva caudales PTAR-Mollepamba (lts/seg) domingo

Fuente: Autor

RESUMEN DE MEDIAS DIARIAS DE CAUDALES PTAR MOLLEPAMBA		
DIA	COLUMNA	MEDIA (LTS/SEG)
Lunes	1	2.0283
Martes	2	1.1550
Miércoles	3	0.2392
Jueves	4	0.8658
Viernes	5	1.8733
Sábado	6	0.5825
Domingo	7	0.6192

Tabla 23: Resumen de medias diarias de caudales PTAR Mollepamba

Fuente: Autor

ESTADISTICA DESCRIPTIVA - MEDICION DE CAUDALES - PTAR MOLLEPAMBA	
Media	1.0519
Error típico	0.2555
Mediana	0.8658
Moda	#N/D
Desviación estándar	0.6760
Varianza de la muestra	0.4569
Curtosis	-1.1855
Coficiente de asimetría	0.5730
Rango	1.7892
Mínimo	0.2392
Máximo	2.0283
Suma	7.3633
Cuenta	7

Tabla 24: Estadística descriptiva-medición de caudales-PTAR Mollepamba

Fuente: Autor

De acuerdo a la investigación de campo y a los datos tabulados se puede observar que el mayor caudal se da a las 8:00 am del lunes, con un valor de 2.20 lts/seg; además se observa también que la media de la muestra es de 1.05 lts/seg. Estos valores son considerados para la evaluación de las unidades que conforman la planta de tratamiento.

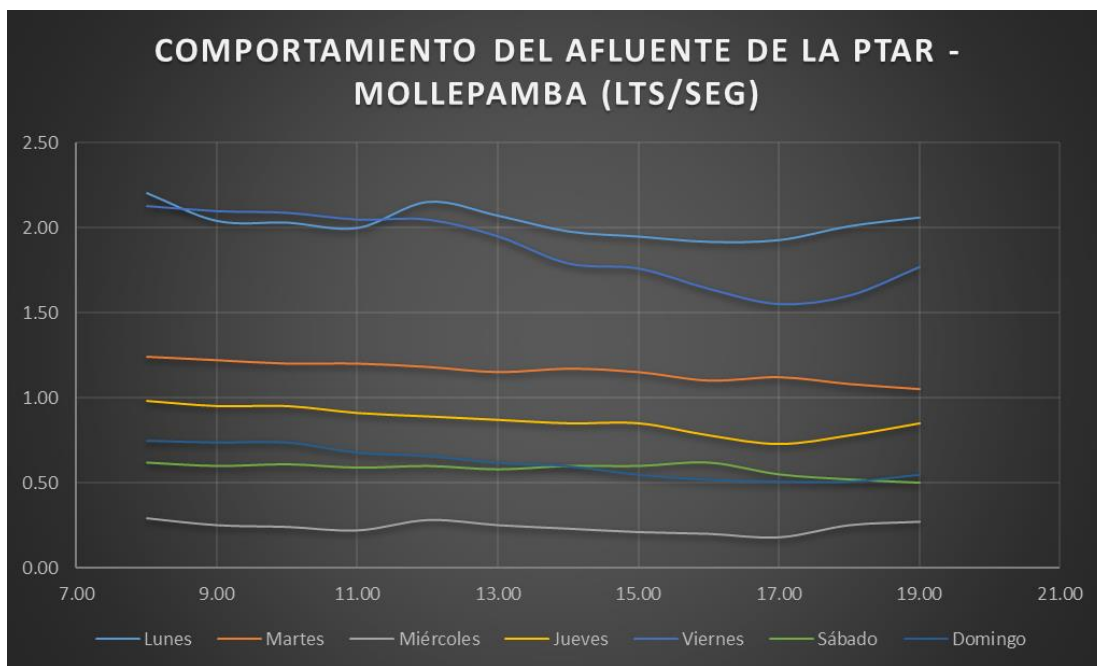


Figura 11: Comportamiento del afluente de la PTAR-Mollepamba

Fuente: Autor



Figura 12: Observación del lugar para la medición de caudales

Fuente: Autor



Figura 13: Medición de caudales

Fuente: Autor

2.2.7 Investigación de laboratorio

La toma y conservación de las muestras del agua residual se realizó antes (afluente) y después (efluente) de la planta de tratamiento “Mollepamba” según lo establecido en la norma NTE INEN 2 169:1998 y NTE INEN 2 176:1998. En esta investigación se tomaron 10 muestras a la entrada y 10 muestras a la salida de la PTAR, las cuales se enviaron al Laboratorio MINICONS ubicado en la ciudad de Quito para realizar el análisis de los parámetros correspondientes.



Figura 14: Recogida de muestra del afluente

Fuente: Autor



Figura 15: Recogida de muestra del efluente

Fuente: Autor



Figura 16: Llenado de recipientes

Fuente: Autor



Figura 17: Muestras de afluente y efluente

Fuente: Autor

2.2.7.1 Toma de muestras afluente y efluente de la PTAR

A continuación se resumen los parámetros analizados del agua residual a la entrada y salida de la PTAR como son el PH, conductividad, sólidos disueltos, turbidez, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅) y sólidos suspendidos totales, obteniendo las siguientes tablas:

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL AFLUENTE PTAR MOLLEPAMBA						
Num	Fecha	Lugar	Origen	pH	Conductividad (mS/cm)	Sólidos disueltos (mg/L)
1	30-ene	PTAR Mollepamba	entrada	8.55	1.75	0.89
2	31-ene	PTAR Mollepamba	entrada	7.92	0.79	0.40
3	1-feb	PTAR Mollepamba	entrada	7.78	1.14	0.57
4	2-feb	PTAR Mollepamba	entrada	8.05	0.91	0.47
5	3-feb	PTAR Mollepamba	entrada	8.20	0.95	0.48

Tabla 25: Resultados de análisis de las aguas residuales del afluente PTAR Mollepamba, muestra 1 a 5

Fuente: Autor

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL AFLUENTE PTAR MOLLEPAMBA							
Num	Fecha	Lugar	Origen	Turbidez (FTU)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)
1	30-ene	PTAR Mollepamba	entrada	340.00	279.00	101.00	1642.68
2	31-ene	PTAR Mollepamba	entrada	16.22	861.00	345.00	3.74
3	1-feb	PTAR Mollepamba	entrada	87.00	2042.33	801.00	107.56
4	2-feb	PTAR Mollepamba	entrada	88.00	810.33	310.00	110.04
5	3-feb	PTAR Mollepamba	entrada	49.19	530.00	230.00	34.38

Tabla 26: Resultados de análisis de las aguas residuales del afluente PTAR Mollepamba, muestra 1 a 5 (Cont.)

Fuente: Autor

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL AFLUENTE PTAR MOLLEPAMBA						
Num	Fecha	Lugar	Origen	pH	Conductividad (mS/cm)	Sólidos disueltos (mg/L)
6	4-feb	PTAR Mollepamba	entrada	9.10	0.98	0.49
7	5-feb	PTAR Mollepamba	entrada	8.43	1.90	0.95
8	6-feb	PTAR Mollepamba	entrada	7.44	3.43	1.72
9	7-feb	PTAR Mollepamba	entrada	7.82	1.52	0.76
10	8-feb	PTAR Mollepamba	entrada	8.56	0.82	0.41

Tabla 27: Resultados de análisis de las aguas residuales del afluente PTAR Mollepamba, muestra 6 a 10

Fuente: Autor

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL AFLUENTE PTAR MOLLEPAMBA							
Num	Fecha	Lugar	Origen	Turbidez (FTU)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)
6	4-feb	PTAR Mollepamba	entrada	72.00	3444.33	1273.00	73.66
7	5-feb	PTAR Mollepamba	entrada	321.00	2505.00	932.00	1464.21
8	6-feb	PTAR Mollepamba	entrada	1000.00	3281.00	845.00	14210.00
9	7-feb	PTAR Mollepamba	entrada	347.00	1028.33	410.00	1711.01
10	8-feb	PTAR Mollepamba	entrada	417.00	59.67	24.00	2470.96

Tabla 28: Resultados de análisis de las aguas residuales del afluente PTAR Mollepamba, muestra 6 a 10 (Cont.)

Fuente: Autor

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL AFLUENTE PTAR MOLLEPAMBA						
Num	Fecha	Lugar	Origen	pH	Conductividad (mS/cm)	Sólidos disueltos (mg/L)
1	30-ene	PTAR Mollepamba	salida	8.33	1.12	0.57
2	31-ene	PTAR Mollepamba	salida	8.10	1.28	0.65
3	1-feb	PTAR Mollepamba	salida	7.88	1.20	0.60
4	2-feb	PTAR Mollepamba	salida	7.89	0.96	0.48
5	3-feb	PTAR Mollepamba	salida	8.26	0.90	0.45

Tabla 29: Resultados de análisis de las aguas residuales del efluente PTAR Mollepamba, muestra 1 a 5

Fuente: Autor

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE PTAR MOLLEPAMBA							
Num	Fecha	Lugar	Origen	Turbidez (FTU)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)
1	30-ene	PTAR Mollepamba	salida	32.43	324.67	111.00	14.94
2	31-ene	PTAR Mollepamba	salida	35.56	1006.33	395.00	17.97
3	1-feb	PTAR Mollepamba	salida	47.38	3989.67	1578.00	31.90
4	2-feb	PTAR Mollepamba	salida	50.00	447.67	167.00	35.53
5	3-feb	PTAR Mollepamba	salida	25.94	3871.00	1211.00	9.56

Tabla 30: Resultados de análisis de las aguas residuales del efluente PTAR Mollepamba, muestra 1 a 5 (Cont.)

Fuente: Autor

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE PTAR MOLLEPAMBA						
Num	Fecha	Lugar	Origen	pH	Conductividad (mS/cm)	Sólidos disueltos (mg/L)
6	4-feb	PTAR Mollepamba	salida	8.00	0.78	0.39
7	5-feb	PTAR Mollepamba	salida	8.08	0.99	0.50
8	6-feb	PTAR Mollepamba	salida	7.90	0.65	0.33
9	7-feb	PTAR Mollepamba	salida	8.09	0.83	0.42
10	8-feb	PTAR Mollepamba	salida	8.16	0.59	0.30

Tabla 31: Resultados de análisis de las aguas residuales del efluente PTAR Mollepamba, muestra 6 a 10

Fuente: Autor

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE PTAR MOLLEPAMBA							
Num	Fecha	Lugar	Origen	Turbidez (FTU)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)
6	4-feb	PTAR Mollepamba	salida	41.00	3711.67	1345.00	23.89
7	5-feb	PTAR Mollepamba	salida	58.00	99.00	39.00	47.80
8	6-feb	PTAR Mollepamba	salida	35.80	843.00	338.00	18.21
9	7-feb	PTAR Mollepamba	salida	61.00	2025.00	628.00	52.88
10	8-feb	PTAR Mollepamba	salida	51.00	2413.00	752.00	36.96

Tabla 32: Resultados de análisis de las aguas residuales del efluente PTAR Mollepamba, muestra 6 a 10 (Cont.)

Fuente: Autor

2.2.8 Evaluación del estado y funcionamiento de la PTAR

Una vez obtenida la información de campo de la planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” como: levantamiento (planimétrico - altimétrico), cuantificación de caudales y caracterización del agua residual (afluente – efluente), se procede a verificar el estado actual de la misma.

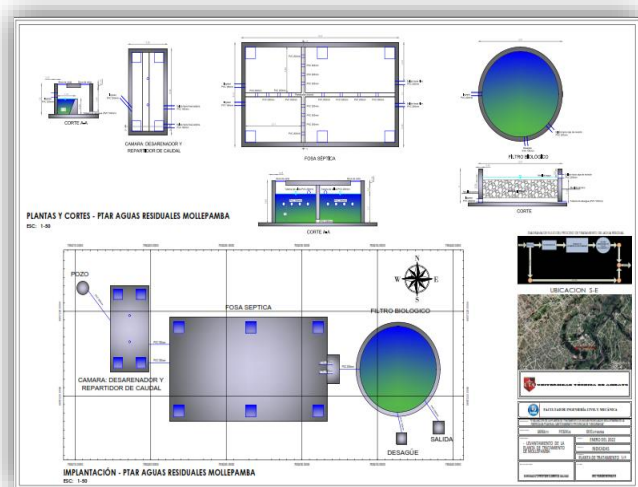


Figura 18: Levantamiento de la PTAR-Mollepamba (Ver anexo 1)

Fuente: Autor

2.2.8.1 Dimensiones actuales de la PTAR Mollepamba

➤ Desarenador

Es una estructura de hormigón armado, la cual recibe el agua residual proveniente del alcantarillado sanitario a través de una tubería de PVC de 250 mm de diámetro. En su parte inferior consta de dos salidas de tubería de PVC de 160 mm de diámetro que se dirigen hacia el tanque de sedimentación primaria (fosa séptica).

DIMENSIONES DESARENADOR		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	2.55	m
Ancho	5.08	m
Altura	1.80	m
Espesor paredes	0.22	m

Tabla 33: Dimensiones del desarenador

Fuente: Autor

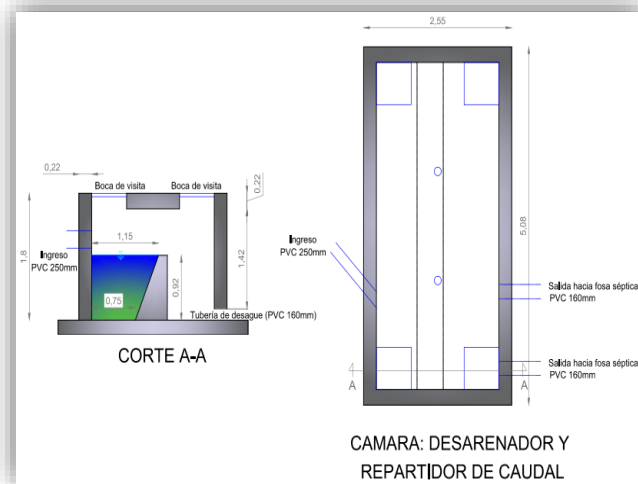


Figura 19: Gráfico del desarenador (Ver anexo 1)

Fuente: Autor

➤ **Tanque de Sedimentación Primaria**

Es una estructura de hormigón armado, la misma que cuenta con una división de cuatro cámaras en su parte interior conectadas a través de pasos de tuberías de PVC de 200 mm de diámetro a una altura de 1.0 m. Recibe el agua del desarenador a través de dos tuberías de 160 mm de diámetro que llegan a la parte superior del mismo. Esta unidad no cuenta con tuberías para drenar los lodos producto del proceso de sedimentación, además tampoco existe un lecho de secado para estos. En su parte superior consta de dos salidas de tubería de PVC de 200 mm de diámetro que se dirigen hacia el filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).

DIMENSIONES TANQUE DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	10.40	m
Ancho	6.13	m
Altura	2.48	m
Borde libre	0.50	m
Espesor paredes	0.25	m

Tabla 34: Dimensiones del tanque de sedimentación primaria

Fuente: Autor

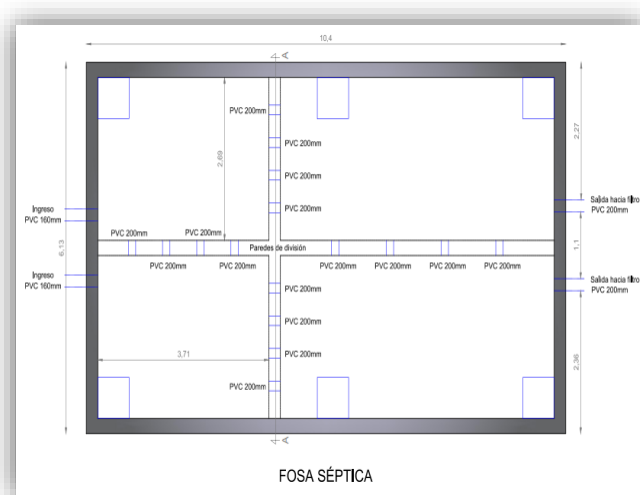


Figura 20: Gráfico en planta del tanque de sedimentación primaria (Ver anexo 1)

Fuente: Autor

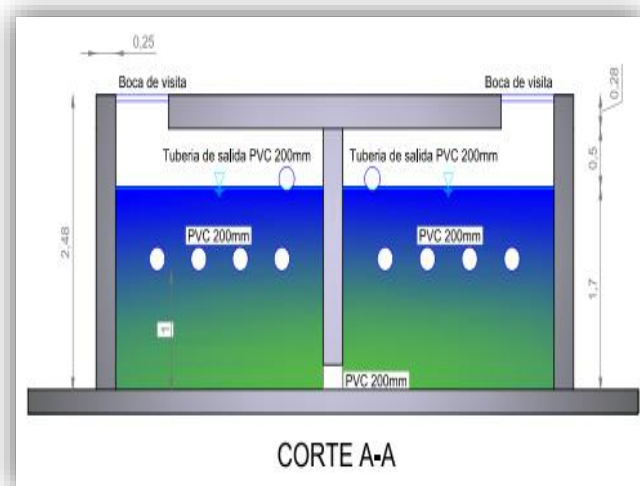


Figura 21: Gráfico en elevación del tanque de sedimentación primaria (Ver anexo 1)

Fuente: Autor

➤ Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Es una estructura de hormigón armado de forma cilíndrica que recibe el agua que sale del tanque de sedimentación primaria para realizar una filtración de la misma y a su vez un proceso biológico. En su interior existen capas de grava donde se adhieren las bacterias anaerobias para la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales, esta unidad cumple la función de un filtro biológico. En su parte inferior ingresa el agua residual a través de una tubería de 200 mm de diámetro de manera que el líquido ascienda hasta la parte superior de la capa filtrante, donde se encuentra una tubería de salida de 200 mm de diámetro.

DIMENSIONES DEL FAFA		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Diámetro	5.51	m
Altura	2.00	m
Borde libre	0.50	m
Espesor paredes	0.25	m

Tabla 35: Dimensiones del FAFA

Fuente: Autor

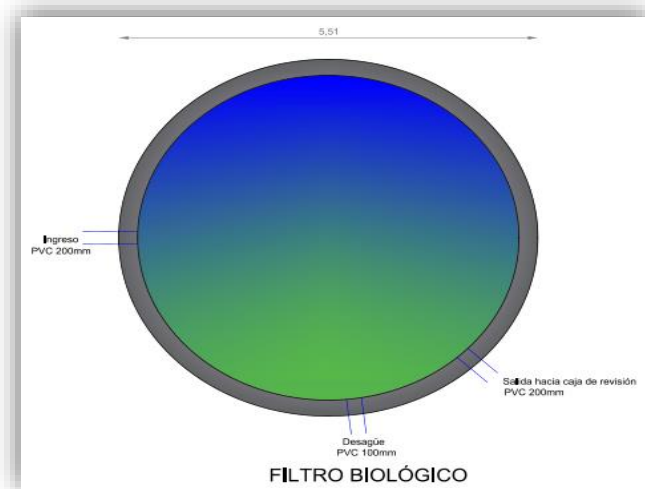


Figura 22: Gráfico en planta del Fafa (Ver anexo 1)

Fuente: Autor

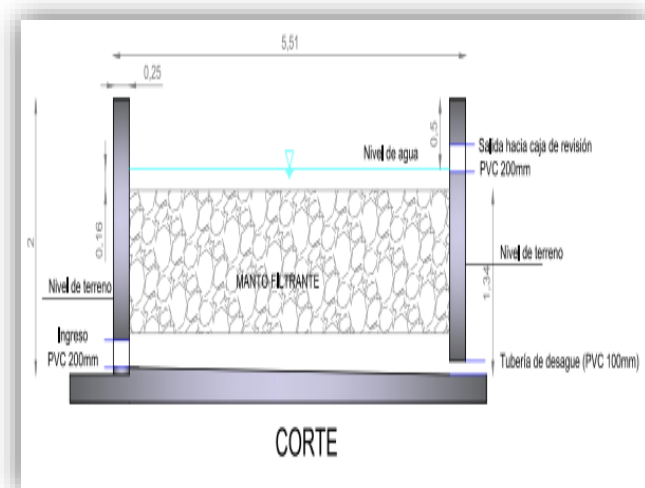


Figura 23: Gráfico en elevación del Fafa (Ver anexo 1)

Fuente: Autor

2.2.8.2 Diagnóstico de funcionamiento teórico actual de la PTAR

Para el diagnóstico de funcionamiento teórico de la PTAR se tomará como guía el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias Norma CO 10.7 – 602 y Norma CO 10.07 – 601.

➤ **Diagnóstico de funcionamiento del desarenador**

De acuerdo a la Norma CO 10.07 – 601, capítulo 10 ítem 5.3.5 Desarenadores “*El desarenador tiene la finalidad de proteger a las unidades que están aguas abajo contra la acumulación de arena, detritos y otros materiales inertes, la inclusión de esta unidad es obligatoria en las plantas que tienen sedimentadores y digestores*”. Para este caso se tiene la unidad del tanque de sedimentación primaria. [37]

Además la presente Norma estipula en el capítulo 10 ítem 5.3.5.3 “*Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0.2mm. Para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad de flujo alrededor de 0.3 m/s con una tolerancia del (+/-) 20%...*” [37]

Datos básicos para la evaluación:

$$Q_{m\acute{a}x} = 2,20 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{med} = 1,05 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{m\acute{i}n} = 0,18 \text{ lts/seg}$$

La velocidad de flujo, de acuerdo a la norma, es de 0.3 m/s con una tolerancia \pm el 20% para garantizar la decantación de las partículas.

Imhoff muestra que para sedimentar partículas de 0.20 mm de diámetro, que es el utilizado para esta evaluación, se debe emplear una velocidad de sedimentación de 2.28 cm/seg.

Velocidades de sedimentación según Imhoff							
Diámetro (mm)	1.000	0.500	0.200	0.100	0.050	0.010	0.005000
Velocidad (cm/seg)	13.94	7.17	2.28	0.68	0.17	0.008	0.002000
Carbón (cm/seg)	4.22	2.11	0.72	0.20	0.042	0.002	0.000042

Tabla 36: Velocidades de sedimentación según Imhoff

Fuente: Manual OPS-CEPIS

a) Cálculo de las dimensiones del canal desarenador

Para esta evaluación se toma el ancho del desarenador del levantamiento planimétrico y altimétrico realizado en campo, $B= 4.64$ m. Además de acuerdo a la Norma en el capítulo 10 ítem 5.3.5.3, se estipula que se utilizará el caudal máximo horario.

El nivel máximo del agua en el canal desarenador representado por ($d_{máx}$) será calculado mediante la expresión:

$$Q_{máx} = V * A$$

$$A = \frac{Q_{máx}}{V}$$

$$A = B * d_{máx}$$

$$d_{máx} = \frac{Q_{máx}}{V * B}$$

$$d_{máx} = \frac{(0,0022m^3/s)}{(0,3m/s) * (4,64m)}$$

$$d_{máx} = 0,0016m$$

El nivel mínimo de agua en el canal desarenador representado por ($d_{mín}$) será calculado utilizando el caudal mínimo:

$$d_{mín} = \frac{Q_{mín}}{V * B}$$

$$d_{mín} = \frac{(0,00018m^3/s)}{(0,3m/s) * (4,64m)}$$

$$d_{mín} = 0,00013m$$

Consecuentemente con los valores obtenidos para $d_{m\acute{a}x}$ y $d_{m\acute{i}n}$ en el desarenador, las paredes verticales existentes tienen una altura de 92 cm y 66 cm de borde libre a partir del nivel máximo calculado en el desarenador, por lo que las dimensiones actuales teóricamente serían más que suficientes.

b) Cálculo de la longitud (L) del desarenador

Datos básicos:

Diámetro mínimo de las partículas a sedimentar = 0.20 mm

La velocidad de sedimentación correspondiente a un diámetro de 0.20 mm es = 22.80 mm/s

Por lo tanto la longitud de los canales desarenadores viene dada por la expresión:

$$L = \frac{(\text{Velocidad de flujo}) * (d_{m\acute{a}x})}{\text{Velocidad de sedimentación}}$$

$$L = \frac{(0,30m/s) * (0,0016m)}{0,0228m/s}$$

$$L = 0,021m$$

La longitud medida en campo es de 1.15 m.

Se determina el período de retención:

$$T_{pr} = \frac{V}{Q}$$

$$T_{pr} = \frac{(4,05m^3)}{0,0022m^3/s}$$

$$T_{pr} = 1840,90s$$

$$T_{pr} = 30,68min$$

Por lo tanto, el desarenador actual está sobredimensionado para el caudal aforado, además no cumple con la relación largo/ancho = 10 recomendada en el manual OPS-CEPIS y la relación largo/alto = 25 estipulada en la Norma capítulo 10 ítem 5.3.5.3.

c) Cálculo de volumen de arena depositada en el canal desarenador

En base a los manuales de cálculo para desarenadores según la OPS-CEPIS, se recomienda emplear un volumen retenido de arena de 30 litros por cada 1000 m³ de agua servida, es decir:

$$\text{Volumen de arena} = \frac{(0,03\text{lbs}/\text{m}^3) * (190,08\text{m}^3/\text{dia})}{1000}$$

$$\text{Volumen de arena} = 0,0057 \text{ m}^3/\text{día}$$

Previendo su retiro o limpieza cada 7 días, se determina la altura a la que se profundizará el fondo de las cajas para el almacenamiento de la arena:

$$7Vol = B * L * h$$

$$h = \frac{7Vol}{B * L}$$

$$h = \frac{7 * (0,0057\text{m}^3)}{(4,64\text{m}) * (0,95\text{m})}$$

$$h = 0,0091\text{m}$$

➤ **Diagnóstico de funcionamiento del Tanque de Sedimentación Primaria**

Para evitar la re-suspensión de las partículas sedimentables, las velocidades horizontales a lo largo del tanque deben mantenerse lo suficientemente bajas.

Cálculo de la velocidad crítica horizontal:

$$V_A = \left[\frac{8k * (s - 1) * g * d}{f} \right]^{0,5}$$

Los valores usuales de k son: 0.04 para arenas uni-granulares y 0.06 para partículas más aglomeradas. El factor de fricción depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo y el número de Reynolds. Por otro lado, los valores usuales de f van desde 0.02 hasta 0.03.

La ecuación anterior se puede usar tanto en unidades del sistema inglés como unidades del sistema internacional, siempre y cuando se realice en forma consistente, ya que k y f son adimensionales.

Valor según tipo de tratamiento					
---		Primario		Secundario	
Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor usual	Intervalo	Valor usual
Rectangular					
Profundidad	pie	10 a 16	14	10 a 22	18
Longitud	pie	50 a 300	80 a 130	50 a 300	80 a 130
Ancho	pie	10 a 80	16 a 32	10 a 80	
Velocidad del barredor	pie/min	2 a 4	3	2 a 4	3
Tiempo de retención	h	1.5 a 2.5	2	---	---
Carga superficial					
Para caudal medio	gal/pie ² *d	740 a 1230	1000	---	---
Para caudal máximo	gal/pie ² *d	2000 a 3000	2200	---	---
Carga sobre vertedero	gal/pie ² *d	10000 a 40000	15000	---	---
Valores de k y f					
k para arena unigranular		0.04	f (factor de fricción de Darcy Weisbach)		0.02
k para partículas aglomeradas		0.06			0.03

Tabla 37: Recomendaciones para dimensionamiento del tanque de sedimentación

Fuente: Manual OPS-CEPIS y Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias Norma CO 10.07-601 (Análisis autor)

Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Sedimentables Totales (SST): Es la información habitual a cerca de la eficiencia en la remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración del afluente y el tiempo de retención usando la siguiente expresión:

$$R = \frac{t}{(a + b * t)}$$

Donde:

R = Remoción esperada (%)

t = Tiempo nominal de retención en horas

a, h y b = Constantes empíricas.

Variable	a, h	b
DBO	0.0180	0.0200
SST	0.0075	0.0140

Tabla 38: Constantes para el cálculo de remoción en un tanque de sedimentación primaria

Fuente: Manual OPS-CEPIS (Análisis autor)

Cálculo del tanque de Sedimentación Primaria:

Datos:

Caudal Medio Diario $Q_{med} = 1.05 \text{ lts/seg} = 90.72 \text{ m}^3/\text{día}$

Caudal Máximo Diario $Q_{máx} = 2.20 \text{ lts/seg} = 190.08 \text{ m}^3/\text{día}$

Tasa de valor superficial (TVS) = $1000 \text{ gal/pie}^2 * \text{día} = 40.74 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$

Profundidad efectiva del agua = $3.05 \text{ m} = 10 \text{ pies}$

*Ver tabla 37

Dimensionamiento:

- a) Cálculo del área superficial para una relación largo/ancho de 4-1

De acuerdo a la Norma CO 10.07 – 601, capítulo 10 ítem 5.4.3.3 en lo referente a tanques de sedimentación, el literal “e” menciona: *“La relación largo/ancho debe estar entre 3 y 10 (recomendable 4) ...”*

De acuerdo a la Norma CO 10.07 – 601, capítulo 10 ítem 5.4.3.3 en lo referente a tanques de sedimentación, el literal “b” menciona: *“Los requisitos de área deben determinarse usando cargas superficiales entre 30 m³/d y 60 m³/d basado en el caudal medio de diseño, lo cual corresponde a una velocidad de sedimentación de 1.25 m/h a 2.5 m/h”* [37]

$$A = \frac{Q_{med}}{TVS} = \frac{90,72m^3/día}{40,74m^3/m^2 * día}$$

$$A = 2,23m^2$$

$$4a^2 = 2,23m^2$$

$$a = 0,75m$$

De acuerdo al cálculo el ancho y largo serían de 0.75 m y 3.00 m respectivamente; sin embargo, las dimensiones tomadas en campo corresponden a 2.69 m x 9.90 m. Además la Norma recomienda una profundidad de 10 pies o 3.05 m para una cámara, donde la medida del tanque tomada en campo y correspondiente al parámetro antes mencionado es de 1.70 m para cada cámara.

- b) Cálculo del tiempo de retención y carga superficial para caudal medio, a una profundidad de 1.70 m, como profundidad efectiva del agua.

$$\text{Volúmen del tanque} = 2,69\text{m} * 9,65\text{m} * 1,7\text{m} = 44,13\text{m}^3$$

$$\text{Carga superficial} = \frac{Q_{med}}{A} = \frac{90,72\text{m}^3/\text{día}}{25,96\text{m}^2}$$

$$\text{Carga superficial} = 3,5\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$$

$$\text{Tiempo de retención} = \frac{Vol}{Q_{med}} = \frac{44,13\text{m}^3}{90,72\text{m}^3/\text{día}} * 24\text{h}$$

$$\text{Tiempo de retención} = 11,67 \text{ horas}$$

En la Norma se estipula una carga superficial de 30 m/d a 60 m/d, de acuerdo al cálculo el tanque actual tiene una carga superficial de 3.5 m/d, por lo que no se estaría cumpliendo con la recomendación. Además también se estipula un periodo de retención de 1.5 h a 2.5 h, recomendación que tampoco se estaría cumpliendo puesto que según el cálculo el tanque actual posee un tiempo de retención de 11.67 h.

- c) Cálculo del tiempo de retención y la carga superficial para caudal máximo

$$\text{Carga superficial} = \frac{Q_{máx}}{A} = \frac{190,08\text{m}^3/\text{día}}{25,96\text{m}^2}$$

$$\text{Carga superficial} = 7,32\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$$

$$\text{Tiempo de retención} = \frac{Vol}{Q_{máx}} = \frac{44,12\text{m}^3}{190,08\text{m}^3/\text{día}} * 24\text{h}$$

$$\text{Tiempo de retención} = 5,57\text{horas}$$

d) Cálculo de la velocidad de arrastre

$$V_A = \left[\frac{8k * (s - 1) * g * d}{f} \right]^{0,5}$$

$$V_A = \left[\frac{8(0,05) * (1,25 - 1) * 9,81m/seg^2 * 0,003m}{0,025} \right]^{0,5}$$

$$V_A = 0,34m/s$$

CONSTANTES PARA EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE ARRASTRE	
Constante de cohesión (k) =	0.05
Gravedad específica (s) =	1.25
Aceleración de la gravedad (g) =	9.81m/seg ²
Diámetro de partículas (Ø) =	0.003m
Factor de fricción de Darcy-Weisbach (f) =	0.025

Tabla 39: Constantes para el cálculo de la velocidad de arrastre en un tanque de sedimentación primaria

Fuente: Manual OPS-CEPIS (Análisis autor)

Se compara la velocidad de arrastre calculada con la velocidad horizontal bajo condiciones de caudal máximo, siendo la velocidad horizontal a través del sedimentador para caudal máximo igual al caudal máximo entre el área de la sección de flujo.

$$V_H = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{190,08m^3/d\acute{a}a}{1,7m * 2,69m}$$

$$V_H = 41,57m/d\acute{a}a$$

$$V_H = 0,0005m/s$$

El valor de la velocidad horizontal de flujo, incluso bajo condiciones de caudal máximo, es sustancialmente menor que la velocidad de arrastre.

e) Cálculo de las tasas de remoción de DBO y SST a caudales medio y máximo utilizando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{t}{(a + b * t)}$$

*Ver tabla 38.

➤ *Para caudal medio:*

$$\text{Remoción de DBO} = \frac{t}{(a + b * t)} = \frac{11,67\text{horas}}{0,018 + (0,020 * 11,67\text{horas})} = 46,42\%$$

$$\text{Remoción de SST} = \frac{t}{(a + b * t)} = \frac{11,67\text{horas}}{0,0075 + (0,014 * 11,67\text{horas})} = 68,29\%$$

➤ *Para caudal máximo:*

$$\text{Remoción de DBO} = \frac{t}{(a + b * t)} = \frac{5,57\text{horas}}{0,018 + (0,020 * 5,57\text{horas})} = 43,04\%$$

$$\text{Remoción de SST} = \frac{t}{(a + b * t)} = \frac{5,57\text{horas}}{0,0075 + (0,014 * 5,57\text{horas})} = 65,16\%$$

Los tanques de sedimentación primaria son capaces de remover de un 30% a un 60% de los sólidos totales en suspensión (SST) y de reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre un 25% a 35%, el tanque sedimentador evaluado estaría removiendo un 65.16% de SST y un 43.04% de DBO.

De acuerdo a la Norma CO 10.07 – 601, capítulo 10 ítem 5.4.3.3 en lo referente a tanques de sedimentación, el literal “g” menciona: “*Cuando no se disponga de datos experimentales, se usarán los criterios de la tabla X.6 para determinar las eficiencias de remoción del proceso.*” [37]

PERIODO DE RETENCIÓN NOMINAL, H	TABLA X6: PORCENTAJES DE REMOCIÓN RECOMENDADOS			
	DBO 100 a 200 mg/l		DBO 200 a 300 mg/l	
	DBO	SS*	DBO	SS*
0.5	16	32	19	35
1.0	23	45	26	50
1.5	30	50	32	56
2.0	33	53	36	60
3.0	37	58	40	64
4.0	40	60	42	66
6.0	41	61	43	68

Tabla 40: Porcentajes de remoción recomendados

Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias Norma CO 10.07-601.

El funcionamiento del tanque de sedimentación primaria para un caudal medio tiene un tiempo de retención de 11.67 h, siendo recomendable entre 1.5 h a 2.5 h ya que si se supera este límite se convierte en un reactor anaerobio, el cual tiene otros criterios de diseño.

➤ **Diagnóstico de funcionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA – Norma SEMARNAT)**

Caudal Medio Diario $Q_{med} = 1.05 \text{ lts/seg} = 90.72 \text{ m}^3/\text{día} = 3.78 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal Máximo Diario $Q_{máx} = 2.20 \text{ lts/seg} = 190.08 \text{ m}^3/\text{día} = 7.92 \text{ m}^3/\text{h}$

Demanda biológica de oxígeno $DBO_5 = 527.1 \text{ mg/lt} = 0.53 \text{ kg/m}^3$

Tiempo de retención hidráulica $TRH = 5.0 \text{ h}$

Altura borde libre $hl = 0.5 \text{ m}$

Altura bajo dren $hb = 0.3 \text{ m}$

Altura de medio filtrante o empaque $hm = 1.04 \text{ m}$

a) Cálculo del volumen del FAFA

$$V = Q_{med} * (TRH)$$

$$V = (3,78m^3/h) * (5,0h)$$

$$V = 18,90m^3$$

b) Cálculo de la altura total del FAFA

$$H = h_l + h_b + h_m$$

$$H = 0,5m + 0,3m + 1,04m$$

$$H = 1,84m$$

c) Cálculo del área del FAFA

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

$$A = \frac{18,90m^3}{1,84m}$$

$$A = 10,27m^2$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 10,27m^2}{\pi}}$$

$$D = 3,61m$$

El diámetro medido en campo es de 5.01 m, mayor al obtenido por cálculo.

d) Cálculo del volumen del medio filtrante del FAFA

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

$$V_{mf} = (10,27m^2) * (1,04m)$$

$$V_{mf} = 10,68m^3$$

e) Carga hidráulica superficial para Caudal medio

$$CHS_{med} = \frac{Q_{med}}{A}$$

$$CHS_{med} = \frac{3,78m^3/h}{10,27m^2} * 24h$$

$$CHS_{med} = 8,83m^3/m^2 * día$$

f) Carga hidráulica superficial para Caudal máximo

$$CHS_{máx} = \frac{Q_{máx}}{A}$$

$$CHS_{máx} = \frac{7,92m^3/h}{10,27m^2} * 24h$$

$$CHS_{máx} = 18,51m^3/m^2 * día$$

g) Carga orgánica volumétrica total 1

$$COV_1 = \frac{Q_{med} * S_o}{V}$$

$$COV_1 = \frac{3,78m^3/h * 0,53Kg/m^3}{18,90m^3} * 24h$$

$$COV_1 = 2,54KgDBO/m^3 * día$$

h) Carga orgánica volumétrica material filtrante 2

$$COV_2 = \frac{Q_{med} * S_o}{V_{mf}}$$

$$COV_2 = \frac{3,78m^3/h * 0,53Kg/m^3}{10,68m^3} * 24h$$

$$COV_2 = 4,50KgDBO/m^3 * dia$$

i) Cálculo de la eficiencia del FAFA

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

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

$$E = 61\%$$

j) Cálculo de DBO5 esperada en el efluente

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

$$DBO_{ef} = 527,1mg/lt - \frac{61\% * 527,1mg/lt}{100}$$

$$DBO_{ef} = 205,57mg/lt$$

La media de los análisis de aguas residuales en el efluente de la PTAR tiene un valor de 656.4 mg/lt, mayor al de ingreso de 527.1 mg/lt. La PTAR no está tratando adecuadamente, lo cual se demostrará estadísticamente en el capítulo de análisis y discusión de resultados.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

Para la ejecución de esta investigación se tomaron 10 muestras de agua residual tanto del afluente como del efluente de la PTAR “Mollepamba”, las cuales fueron sometidas a los análisis de laboratorio correspondientes para obtener los siguientes parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Disueltos (SD), Potencial de Hidrógeno (PH), Turbidez y Conductividad.

Para el presente análisis de parámetros se aplicó la siguiente metodología:

1. Levantamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba”.
(Ver anexo 1- Plano - Implantación y Cortes)
2. Medición del caudal que ingresa a la PTAR
3. Recolección de 10 muestras de agua residual correspondientes al afluente de la PTAR.
4. Recolección de 10 muestras de agua residual correspondientes al efluente de la PTAR.
5. Análisis en Laboratorio de los parámetros de DBO₅, DQO, SST, SD, PH, Turbidez y Conductividad de las 10 muestras tanto del afluente como del efluente de la PTAR. (Ver anexo 2-informe de laboratorio)
6. Tabulación de resultados.

3.1.1 Recolección de las muestras

Las muestras del agua residual se tomaron al ingreso y salida de la PTAR “Mollepamba” tal y como lo establece la norma NTE INEN 2 169:1998 y NTE INEN 2 176:1998, obteniéndose un total de 20 muestras. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio MINICONS para efectuar los análisis correspondientes.

El número de muestras que fueron tomadas está basado en la norma CO 10.07-601, capítulo 10 ítem 4.3.2, el cual menciona “*Para la caracterización de aguas residuales domésticas se procederá, para cada descarga importante, a realizar por lo menos cinco campañas de medición y muestreo...*”. Por lo tanto, para la presente investigación se adoptó un número de 10 campañas de medición, de manera que se obtuvieron 10 muestras de agua residual al ingreso y 10 muestras a la salida de la planta de tratamiento. [37]

➤ Turbidez

PARÁMETRO: TURBIDEZ (FTU)	
AFLUENTE_PTAR	EFLUENTE_PTAR
340.00	32.43
16.22	35.56
87.00	47.38
88.00	50.00
49.19	25.94
72.00	41.00
321.00	58.00
1000.00	35.80
347.00	61.00
417.00	51.00

Tabla 41: Análisis Turbidez del afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

ESTADISTICA DESCRIPTIVA - AFLUENTE_PTAR	
Media	273.741
Error típico	93.49850823
Mediana	204.5
Moda	#N/D
Desviación estándar	295.6682438
Varianza de la muestra	87419.71041
Curtosis	3.933785242
Coefficiente de asimetría	1.812278544
Rango	983.78
Mínimo	16.22
Máximo	1000
Suma	2737.41
Cuenta	10

Tabla 42: Estadística Descriptiva Afluente – Turbidez

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

ESTADISTICA DESCRIPTIVA - EFLUENTE_PTAR	
Media	43.811
Error típico	3.634050831
Mediana	44.19
Moda	#N/D
Desviación estándar	11.49187776
Varianza de la muestra	132.0632544
Curtosis	-1.08909911
Coefficiente de asimetría	0.028341396
Rango	35.06
Mínimo	25.94
Máximo	61
Suma	438.11
Cuenta	10

Tabla 43: Estadística Descriptiva Efluente - Turbidez

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

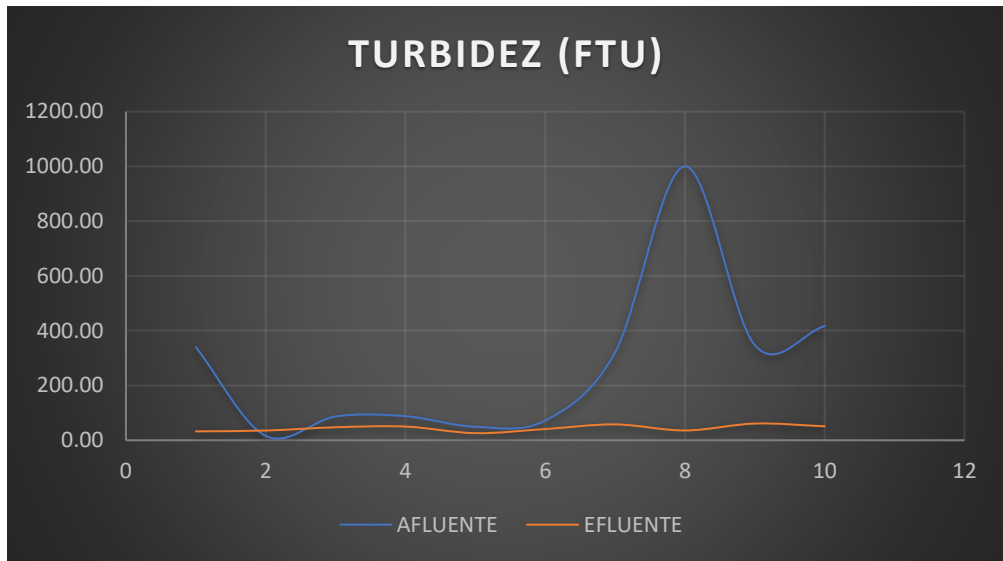


Figura 24: Comportamiento de la turbidez en el afluente y efluente.

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

De acuerdo a la figura 24 es posible evidenciar que la turbidez correspondiente al afluente de la PTAR es mayor que la del efluente a lo largo de las 10 campañas de muestreo. Este parámetro no se encuentra estipulado en el TULSMA 2015 ni en el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.

➤ **Ph**

PARÁMETRO: Ph	
AFLUENTE_PTAR	EFLUENTE_PTAR
8.55	8.33
7.92	8.10
7.78	7.88
8.05	7.89
8.20	8.26
9.10	8.00
8.43	8.08
7.44	7.90
7.82	8.09
8.56	8.16

Tabla 44: Análisis Ph del afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

AFLUENTE_PTAR	
Media	8.185
Error típico	0.153190151
Mediana	8.125
Moda	#N/D
Desviación estándar	0.484429791
Varianza de la muestra	0.234672222
Curtosis	0.020330703
Coefficiente de asimetría	0.406238418
Rango	1.66
Mínimo	7.44
Máximo	9.1
Suma	81.85
Cuenta	10

Tabla 45: Estadística Descriptiva Afluente – Ph

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

EFLUENTE_PTAR	
Media	8.069
Error típico	0.048931926
Mediana	8.085
Moda	#N/D
Desviación estándar	0.154736335
Varianza de la muestra	0.023943333
Curtosis	-0.843596507
Coefficiente de asimetría	0.296134557
Rango	0.45
Mínimo	7.88
Máximo	8.33
Suma	80.69
Cuenta	10

Tabla 46: Estadística Descriptiva Efluente - Ph

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

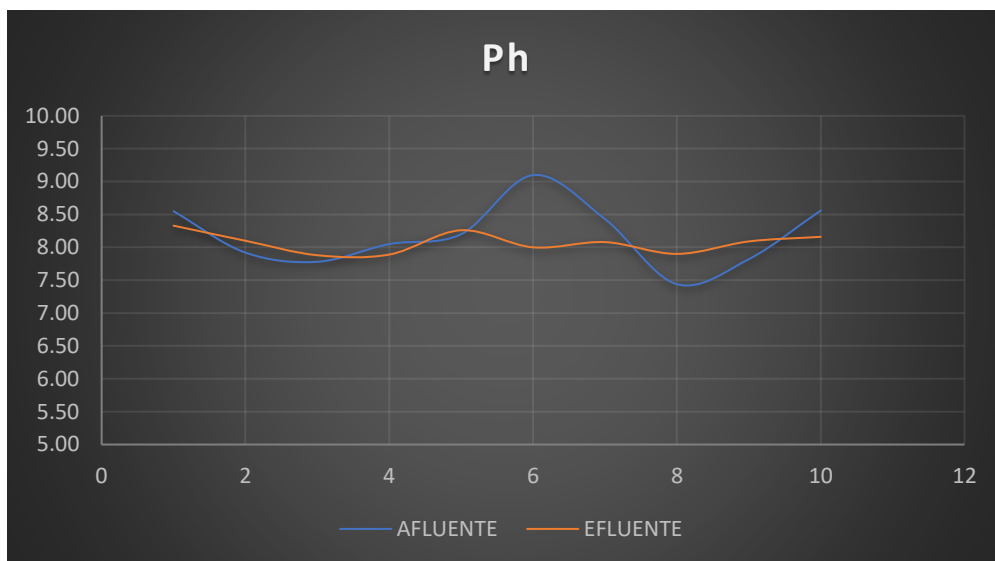


Figura 25: Comportamiento del Ph en el afluente y efluente.

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

De acuerdo a la figura 25 es posible evidenciar que el Ph del afluente es más básico que el correspondiente al efluente. Este parámetro se estipula en el TULSMA 2015, con un valor máximo permisible de 6 a 9. El valor medio obtenido en las campañas de muestro es de 8.069 para el efluente, encontrándose así dentro de la normativa.

➤ Sólidos Disueltos

PARÁMETRO: SD (mg/l)	
AFLUENTE_PTAR	EFLUENTE_PTAR
0.89	0.57
0.40	0.65
0.57	0.60
0.47	0.48
0.48	0.45
0.49	0.39
0.95	0.50
1.72	0.33
0.76	0.42
0.41	0.30

Tabla 47: Análisis Sólidos Disueltos del afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

AFLUENTE_PTAR	
Media	0.714
Error típico	0.128107594
Mediana	0.53
Moda	#N/D
Desviación estándar	0.405111782
Varianza de la muestra	0.164115556
Curtosis	4.218098475
Coefficiente de asimetría	1.955706043
Rango	1.32
Mínimo	0.4
Máximo	1.72
Suma	7.14
Cuenta	10

Tabla 48: Estadística Descriptiva Afluente – Sólidos Disueltos

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

EFLUENTE_PTAR	
Media	0.469
Error típico	0.036223074
Mediana	0.465
Moda	#N/D
Desviación estándar	0.114547419
Varianza de la muestra	0.013121111
Curtosis	-0.908019629
Coefficiente de asimetría	0.102506821
Rango	0.35
Mínimo	0.3
Máximo	0.65
Suma	4.69
Cuenta	10

Tabla 49: Estadística Descriptiva Efluente – Sólidos Disueltos

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

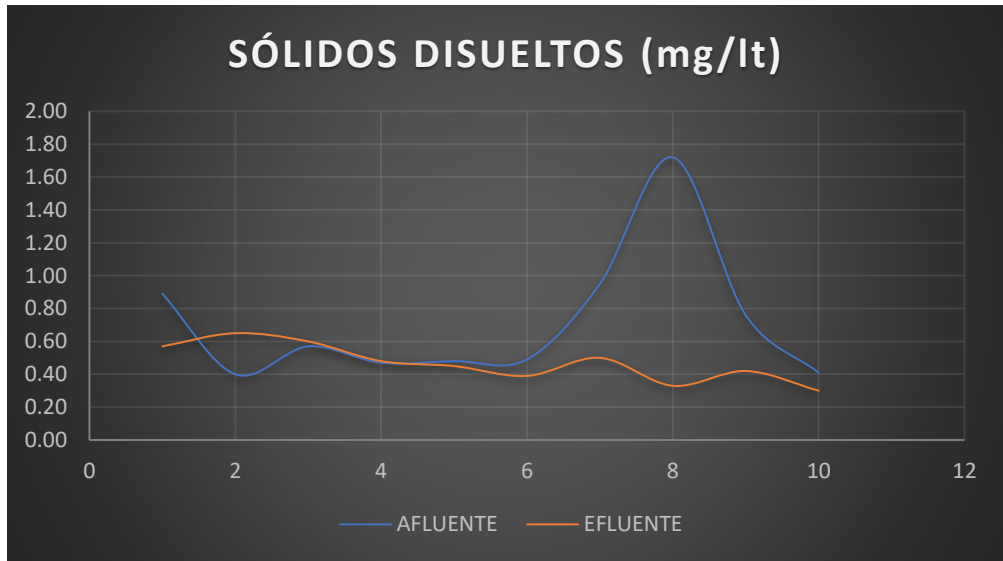


Figura 26: Comportamiento de los Sólidos Disueltos en el afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

De acuerdo a la figura 26 es posible evidenciar que los sólidos disueltos en el afluente son mayores que los del efluente a lo largo de las 10 campañas de muestreo. Este parámetro no se encuentra estipulado en el TULSMA 2015 ni en el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.

➤ **Sólidos Suspendidos Totales**

PARÁMETRO: SST (mg/L)	
AFLUENTE_PTAR	EFLUENTE_PTAR
1642.68	14.94
3.74	17.97
107.56	31.90
110.04	35.53
34.38	9.56
73.66	23.89
1464.21	47.80
14210.00	18.21
1711.01	52.88
2470.96	36.96

Tabla 50: Análisis Sólidos Suspendidos Totales del afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

AFLUENTE_PTAR	
Media	2182.824736
Error típico	1367.002736
Mediana	787.127425
Moda	#N/D
Desviación estándar	4322.842213
Varianza de la muestra	18686964.8
Curtosis	8.801811329
Coefficiente de asimetría	2.9085339
Rango	14206.26151
Mínimo	3.738486164
Máximo	14210
Suma	21828.24736
Cuenta	10

Tabla 51: Estadística Descriptiva Afluente – Sólidos Suspendidos Totales

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

EFLUENTE_PTAR	
Media	28.96368384
Error típico	4.567409686
Mediana	27.89326656
Moda	#N/D
Desviación estándar	14.44341762
Varianza de la muestra	208.6123124
Curtosis	-0.989869256
Coefficiente de asimetría	0.387907504
Rango	43.31373404
Mínimo	9.561675956
Máximo	52.87541
Suma	289.6368384
Cuenta	10

Tabla 52: Estadística Descriptiva Efluente – Sólidos Suspendidos Totales

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

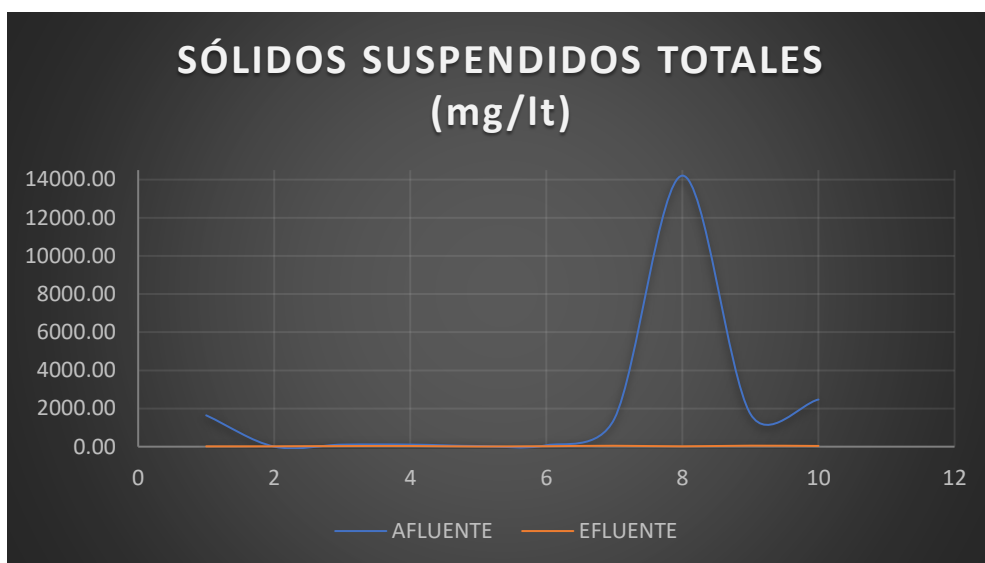


Figura 27: Comportamiento de los Sólidos Suspendidos Totales en el afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

De acuerdo a la figura 27 es posible evidenciar que los sólidos suspendidos totales en el afluente son mayores que los del efluente, existiendo remoción. Este parámetro se estipula en el TULSMA 2015, con un valor máximo permisible de 130 mg/lit. El valor medio obtenido en el muestreo es de 28.96 mg/lit, cumpliendo así con la normativa.

➤ **Demanda Química de Oxígeno**

PARÁMETRO: DQO (mg/L)	
AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR
279.00	324.67
861.00	1006.33
2042.33	3989.67
810.33	447.67
530.00	3871.00
3444.33	3711.67
2505.00	99.00
3281.00	843.00
1028.33	2025.00
59.67	2413.00

Tabla 53: Análisis Demanda Química de Oxígeno del afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

AFLUENTE_PTAR	
Media	1484.100
Error típico	392.5238439
Mediana	944.6666667
Moda	#N/D
Desviación estándar	1241.269383
Varianza de la muestra	1540749.68
Curtosis	-1.229154357
Coefficiente de asimetría	0.611538893
Rango	3384.666667
Mínimo	59.66666667
Máximo	3444.333333
Suma	14841
Cuenta	10

Tabla 54: Estadística Descriptiva Afluente – Demanda Química de Oxígeno

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

EFLUENTE_PTAR	
Media	1873.100
Error típico	489.3950815
Mediana	1515.666667
Moda	#N/D
Desviación estándar	1547.603133
Varianza de la muestra	2395075.458
Curtosis	-1.714480259
Coefficiente de asimetría	0.370792754
Rango	3890.666667
Mínimo	99
Máximo	3989.666667
Suma	18731
Cuenta	10

Tabla 55: Estadística Descriptiva Efluente – Demanda Química de Oxígeno

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

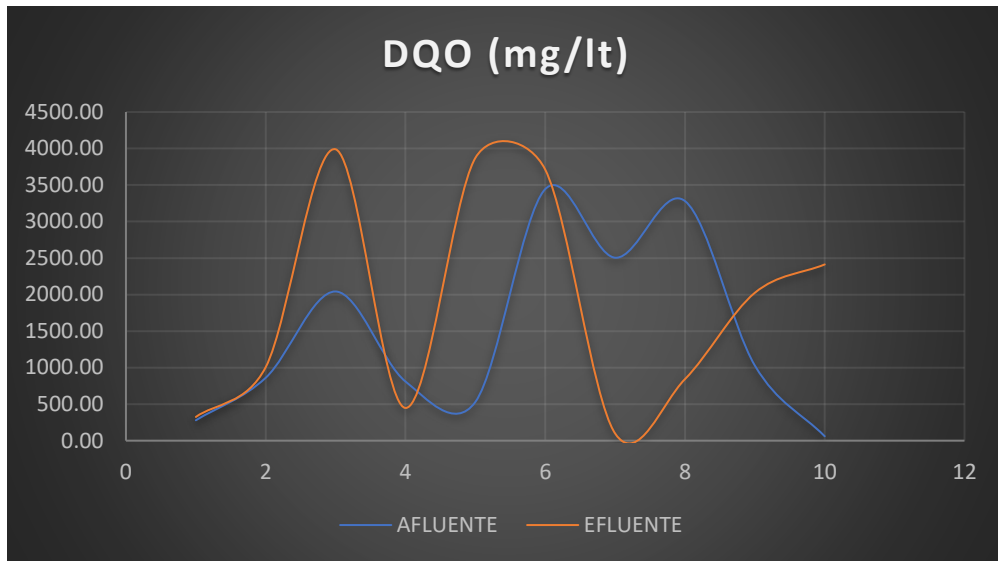


Figura 28: Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno en el afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

Según la figura 28 el valor de DQO del afluente es menor que la del efluente, no existiendo remoción. Este parámetro se estipula en el TULSMA 2015 con un valor máximo permisible de 200 mg/lit. El valor medio obtenido en el muestreo es de 1873.10 mg/lit, el cual está fuera de la normativa e indica la existencia de descargas industriales.

➤ **Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días**

PARÁMETRO: DBO5 (mg/L)	
AFLUENTE_PTAR	EFLUENTE_PTAR
101.00	111.00
345.00	395.00
801.00	1578.00
310.00	167.00
230.00	1211.00
1273.00	1345.00
932.00	39.00
845.00	338.00
410.00	628.00
24.00	752.00

Tabla 56: Análisis Demanda Bioquímica de Oxígeno del afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

AFLUENTE_PTAR	
Media	527.100
Error típico	129.6721036
Mediana	377.5
Moda	#N/D
Desviación estándar	410.0591963
Varianza de la muestra	168148.5444
Curtosis	-0.783850974
Coefficiente de asimetría	0.574576788
Rango	1249
Mínimo	24
Máximo	1273
Suma	5271
Cuenta	10

Tabla 57: Estadística Descriptiva Afluente – Demanda Bioquímica de Oxígeno

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

EFLUENTE_PTAR	
Media	656.400
Error típico	174.1298494
Mediana	511.5
Moda	#N/D
Desviación estándar	550.6469327
Varianza de la muestra	303212.0444
Curtosis	-1.141560586
Coefficiente de asimetría	0.595418179
Rango	1539
Mínimo	39
Máximo	1578
Suma	6564
Cuenta	10

Tabla 58: Estadística Descriptiva Efluente – Demanda Bioquímica de Oxígeno

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

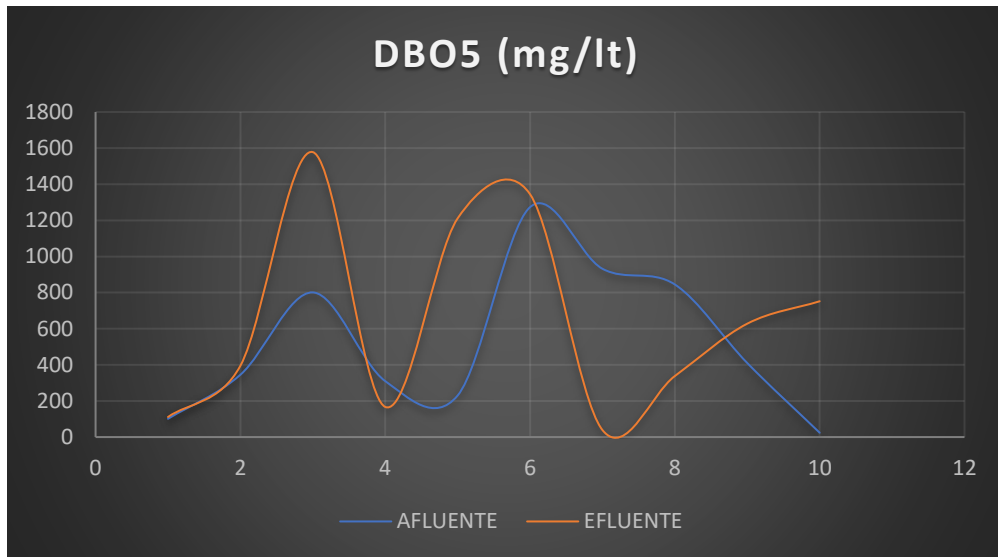


Figura 29: Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

De acuerdo a la figura 29 es posible evidenciar que el valor de DBO5 del afluente es menor que el correspondiente al efluente, por lo que no existe remoción. Este parámetro se encuentra estipulado en el TULSMA 2015 con un valor máximo permisible de 100 mg/lit. El valor medio obtenido en el muestreo es de 656.40 mg/lit, el cual está fuera de la normativa e indica la existencia de descargas industriales.

Las hojas del informe de los análisis de las muestras de la planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” se encuentran en la sección de anexos (Ver anexo 2).

3.2 Verificación de hipótesis

3.2.1 Formulación de la hipótesis

En esta parte se plantean dos tipos de hipótesis, una nula (H_0) y otra positiva (H_1), las cuales serán comprobadas en el presente capítulo para verificar la validez del experimento.

Hipótesis nula (Ho): La planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, no se encuentra funcionando adecuadamente en sus condiciones actuales. ($A \leq B$).

Hipótesis positiva (Hi): La planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua se encuentra funcionando adecuadamente en sus condiciones actuales. ($A > B$).

Tomando el valor medio tanto del afluente como del efluente de un parámetro en particular, para este caso el DB05, se procede a indicar si la PTAR está cumpliendo o no con su función, ya que si el valor medio del afluente es menor o igual que del efluente ($A \leq B$) la PTAR no estaría funcionando adecuadamente y se cumpliría la hipótesis nula (Ho). Por otro lado, si el mencionado valor del afluente es mayor que del efluente ($A > B$) entonces la PTAR se encontraría funcionando adecuadamente y en este caso se cumpliría la hipótesis positiva (Hi). Esto se sustentará a través de un método estadístico y con ayuda del programa PQRS.

3.2.2 Nivel de Significación para PQRS

El nivel de significación escogido para esta investigación es del 5% o 0,05 (95%).

3.2.3 Elección de la Prueba Estadística

Como esta investigación presentó 10 casos de cada parámetro con medidas paramétricas, se escogió la comprobación de hipótesis con la prueba de “t”, cuya fórmula es la siguiente:

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S1^2 n_1 + S2^2 n_2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

Donde:

t_c = Estimador t

\bar{x}_1 = Media aritmética de la muestra 1

\bar{x}_2 = Media aritmética de la muestra 2

$S1$ = Varianza de la muestra 1

$S2$ = Varianza de la muestra 2

n_1 = Número de casos de la muestra 1

n_2 = Número de casos de la muestra 2

Para la comprobación de la hipótesis se relacionó el tratamiento de las aguas residuales del afluente y del efluente de la PTAR “Mollepamba” con los parámetros de DBO5, DQO, SST, SD, PH y Turbidez.

A = Sin aplicar el tratamiento.

B = Aplicando el tratamiento.

Ho: La planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, no se encuentra funcionando adecuadamente en sus condiciones actuales. ($A \leq B$).

Hi: La planta de tratamiento de aguas residuales Mollepamba de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, se encuentra funcionando adecuadamente en sus condiciones actuales. ($A > B$).

En esta investigación se escoge el parámetro de DBO5 que indica la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales, por lo que sus valores son un indicador de si la planta está o no funcionando adecuadamente y dentro de la normativa ambiental vigente.

MUESTRA	PARÁMETRO: DBO5 (mg/L)	
	AFLUENTE_PTAR	EFLUENTE_PTAR
1	101.00	111.00
2	345.00	395.00
3	801.00	1578.00
4	310.00	167.00
5	230.00	1211.00
6	1273.00	1345.00
7	932.00	39.00
8	845.00	338.00
9	410.00	628.00
10	24.00	752.00

Tabla 59: Análisis Demanda Bioquímica de Oxígeno del afluente y efluente

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

PARÁMETROS	VARIABLE 1	VARIABLE 2
Media	527.10	656.40
Varianza	168148.544	303212.044
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0.29109156	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	- 0.70132579	
P(T<=t) una cola	0.25041505	
Valor crítico de t (una cola)	1.83311293	
P(T<=t) dos colas	0.5008301	
Valor crítico de t (dos colas)	2.26215716	

Tabla 60: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

Fuente: Informe MINICONS (Análisis autor)

3.2.4 Zona de aceptación o rechazo (PQRS)

$v = \text{Grados de libertad } (n - 1) = 9$

Significación = 5%

$\alpha/2 = 0.025$

$t_t = \text{te tabulado} = 2.26$

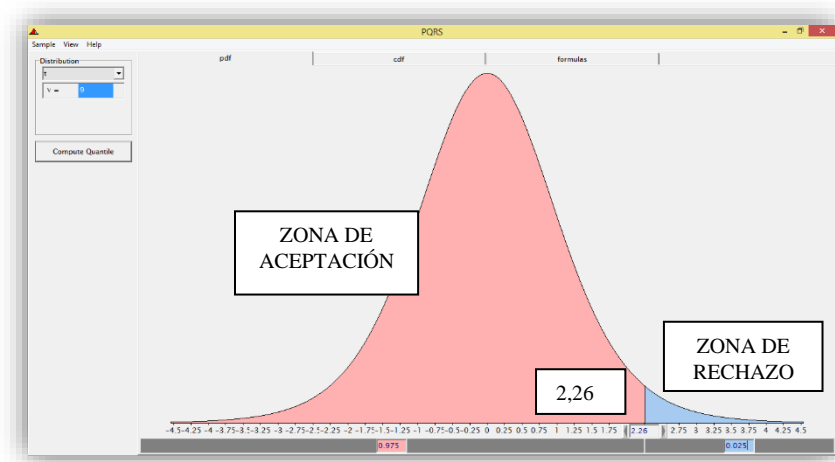


Figura 30: Zona de Aceptación y Rechazo.

Fuente: Autor

3.2.5 Cálculo matemático del estimador te “t”

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S1^2n_1 + S2^2n_2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

$$t_c = \frac{527,1 - 656,4}{\sqrt{\frac{168148,544^2 * 10 + 303212,044^2 * 10}{10 + 10 - 2}}}$$

$$t_c = -0,0005$$

3.2.6 Decisión

Regla de decisión: “Se acepta H_0 si el valor de t_c es menor a t_t , caso contrario se acepta H_1 ”.

El valor de $t_c = -0.0005 < t_t = 2.26$, por consiguiente, de conformidad a lo establecido en la regla de decisión, se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna planteada para esta investigación, es decir, la planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, no se encuentra funcionando adecuadamente en sus condiciones actuales.

3.3 Propuesta de mejoramiento

Para la propuesta de mejoramiento de la PTAR se tomará como guía el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias Norma CO 10.7 – 602 y Norma CO 10.07 – 601.

El caudal medio, máximo y mínimo para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y obtenido a través de un aforamiento es:

$$Q_{m\acute{a}x} = 2.20 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{med} = 1.05 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{m\acute{i}n} = 0.18 \text{ lts/seg}$$

Una vez obtenidos los valores medios de los parámetros de DBO, DQO, SST, SD, PH y Turbidez, estos son asumidos para el dimensionamiento de la PTAR.

PARÁMETROS PTAR MOLLEPAMBA				
DESCRIPCIÓN PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALORES	
			AFLUENTE	EFLUENTE
Turbidez	T	FTU	273.741	43.811
Ph	Ph		8.185	8.069
Sólidos disueltos	SD	mg/lt	0.741	0.469
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/lt	2182.820	28.960
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/lt	1484.100	1873.100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/lt	527.100	656.400

Tabla 61: Valores medios de DBO, DQO, SST, SD, PH y Turbidez

Fuente: Análisis autor

Establecidas las condiciones para el dimensionamiento (bases), es posible realizar el cálculo de las diferentes unidades que integran la planta de tratamiento de aguas residuales.

➤ Tratamiento preliminar

Es posible utilizar procesos biológicos de tratamiento dentro del siguiente rango:
 $DBO/DQO < 2.40$.

$527.10 / 1484.10 = 0.355$, este valor es menor a 2.40 por lo cual es posible utilizar procesos biológicos.

El gradamiento y desarenación deben poseer remoción mecánica de los materiales retenidos cuando el caudal de dimensionamiento fuera igual o superior a 250 lts/seg. Para el presente caso el caudal máximo es de 2.20 lts/seg, por lo que se puede definir un tratamiento de Trabajo – Rejilla.

- El gradamiento utilizará rejillas de barras de remoción manual.
- La desarenación será por caja de arena tipo canal de limpieza manual.

- El control del escurrimiento en la caja de arena y en el canal de unión de la rejilla será obtenido por la instalación de una canaleta Parshall precedida de un rebalse, el cual también permitirá la lectura del caudal afluente.

La velocidad de flujo, de acuerdo a la norma, es de 0.3 m/s con una tolerancia \pm el 20% para garantizar la decantación de las partículas.

Imhoff muestra que para sedimentar partículas de 0,20 mm de diámetro, que es el utilizado para este dimensionamiento, se debe emplear una velocidad de sedimentación de 2.28 cm/seg.

a) Cálculo de las dimensiones del canal desarenador

Para este diseño se impone el ancho de garganta de la canaleta Parshall ($W = 0.31$ pies = 0.095 m), se asumirá un ancho del canal $B = 0.1524$ m.

El nivel máximo del agua en el canal desarenador representado por ($d_{m\acute{a}x}$) será calculado mediante la expresión:

$$Q_{m\acute{a}x} = V * A$$

$$A = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V}$$

$$A = B * d_{m\acute{a}x}$$

$$d_{m\acute{a}x} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V * B}$$

$$d_{m\acute{a}x} = \frac{(0,0022m^3/s)}{(0,3m/s) * (0,1524m)}$$

$$d_{m\acute{a}x} = 0,048m$$

El nivel mínimo de agua en el canal desarenador representado por ($d_{m\acute{i}n}$) será calculado utilizando el caudal mínimo:

$$d_{\min} = \frac{Q_{\min}}{V * B}$$

$$d_{\min} = \frac{(0,00018m^3/s)}{(0,3m/s) * (0,1524m)}$$

$$d_{\min} = 0,004m$$

Consecuentemente con los valores obtenidos para d_{\max} y d_{\min} en el desarenador, las paredes verticales de éste tendrán una altura de 30 cm, dejando 25 cm de borde libre a partir del nivel máximo calculado en el desarenador.

b) Cálculo de la longitud (L) del desarenador

Datos básicos:

Diámetro mínimo de las partículas a sedimentar = 0.20 mm

La velocidad de sedimentación correspondiente a un diámetro de 0.20 mm es = 22.80 mm/s

Por lo tanto la longitud del canal desarenador viene dada por la expresión:

$$L = \frac{(\text{Velocidad de flujo}) * (d_{\max})}{\text{Velocidad de sedimentación}}$$

$$L = \frac{(0,30m/s) * (0,048m)}{0,0228m/s}$$

$$L = 0,65m$$

Para que el desarenador cumpla con la relación largo/ancho = 10 y largo/alto = 25, como se estipula en la Norma capítulo 10 ítem 5.3.5.3, se asume una longitud de 1.25 m

c) Cálculo de volumen de arena depositada en el canal desarenador

Se estima que el volumen retenido de arena será de 30 litros por cada 1.000 m³ de agua, es decir:

$$\text{Volumen de arena} = \frac{(0,03\text{ts}/\text{m}^3) * (190,08\text{m}^3/\text{dia})}{1.000}$$

$$\text{Volumen de arena} = 0,0057 \text{ m}^3/\text{día}$$

Previendo su retiro o limpieza cada 7 días, se determina la altura a la que se profundizará el fondo de las cajas para el almacenamiento de la arena:

$$7\text{Vol} = B * L * h$$

$$h = \frac{7\text{Vol}}{B * L}$$

$$h = \frac{7 * (0,0057\text{m}^3)}{(0,1524\text{m}) * (1,25\text{m})}$$

$$h = 0,21\text{m}$$

Por facilidades constructivas se asume $h = 0.3 \text{ m}$

Para los sólidos retirados de la Rejilla se construirá una plataforma de secado o bandeja de escurrimiento. Esta consistirá en una loseta perforada para que los objetos extraídos se puedan almacenar temporalmente para su drenaje.

Las dimensiones de esta bandeja, debido a que se ubicará sobre el canal desarenador, tendrán el mismo ancho que este canal, es decir, 0.1524 m de ancho y tendrá una longitud de 0.30 m.

d) El área útil de la plataforma de secado

$$A_p = (0,30m) * (0,1524m)$$

$$A_p = 0,046m^2$$

A la misma se le serán perforados 30 agujeros menores de 1.25 cm de diámetro espaciados cada 3 cm para el drenaje del agua remanente en los sólidos retirados.

e) Diseño de la trampa de sólidos gruesos (Rejilla)

Consiste en interponer una malla, usualmente de barras de hierro planas en el canal de entrada de las aguas residuales crudas. Estas mallas generalmente se colocan con las varillas inclinadas con un ángulo de 30° a 60° en la dirección del flujo, con una separación de 1.2 a 3 cm.

Los datos básicos para el diseño de la rejilla son los siguientes:

Espesor de las barras (cm) $t = \frac{1}{4}'' = 0.635 \text{ cm}$

Ancho de las barras (cm) $b = 1.25 \text{ cm}$

Separación entre barras $a = 1.25 \text{ cm}$

Angulo de inclinación de las barras = $\alpha = 60^\circ$

Velocidad de entrada: $V_{RL} = 0.30 \text{ m/s}$ (Reja limpia)

Velocidad de entrada: $V_{RS} = 0.60 \text{ m/s}$ (Reja semi obstruida)

Para la velocidad de entrada el área libre entre las barras (A_L) será:

$$A_L = \frac{Q_{md}}{V_{RL}} = \frac{(0,0022m^3/s)}{0,3m/s}$$

$$A_L = 0,0073m^2$$

f) Cálculo del área de la sección transversal de flujo (A_f) aguas arriba de la reja

$$A_f = A_L * [(a + t)/a]$$

Dónde:

A_f = área de flujo

a = Separación entre barras

t = Espesor de las barras

$$A_f = 0,0073m^2 * [(0,0125m + 0,00635m)/0,0125m]$$

$$A_f = 0,011m^2$$

Como el ancho del canal desarenador es de 0.1524 m, entonces el ancho de la rejilla debe ser el mismo.

Por lo tanto ancho de la rejilla = 0.1524 m

g) Longitud sumergida de la rejilla (L_s)

$$L_s = \frac{d_{\text{máx}}}{\text{Sen}60^\circ} = \frac{0,048m}{\text{Sen}60^\circ}$$

$$L_s = 0,055m$$

h) Número de barras que conforman la rejilla (N°)

$$(N^\circ + 1) * a + N^\circ(t) = B$$

$$N^\circ = \frac{(B - a)}{(a + t)} = \frac{15,24cm - 1,25cm}{1,25cm + 0,635}$$

$$N^\circ = 7 \text{ barras}$$

i) Pendiente de la plantilla del canal (S)

$$V = (1/n) * (R^{2/3}) * (S^{1/2})$$

Para el cálculo del radio hidráulico (R) se tiene:

$$R = \frac{(B) * (d_{m\acute{a}x})}{(B + 2d_{m\acute{a}x})} = \frac{(15,24cm) * (4,8cm)}{15,24cm + 2 * 4,8cm}$$

$$R = 2,95cm$$

$$S = \left(\frac{0,013 * V}{R^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{0,013 * (0,3m/s)}{(0,0295m)^{2/3}} \right)^2$$

$$S = 0,17\%$$

Como se puede observar la pendiente en el canal desarenador es muy pequeña, es decir, casi plano.

j) Diseño de la canaleta Parshall

Datos básicos:

Caudal: $Q = 0.0777 \text{ pie}^3/\text{s}$

Ancho de la garganta: $W = 0.31 \text{ pie}$

Condiciones hidráulicas de entrada:

El nivel de agua en la garganta de la canaleta (H_a) se calcula con la fórmula:

$$Q_{\text{máx}} = 4 * W * H_a^{1,522} W^{0,026}$$

$$0,0777 \text{ pie}^3/\text{s} = 4 * (0,31 \text{ pie}) * H_a^{1,522} * 0,31^{0,026}$$

$$0,0777 \text{ pie}^3/\text{s} = 4 * (0,31 \text{ pie}) * H_a^{1,468}$$

$$H_a = 0,15 \text{ pies} = 0,046 \text{ m}$$

Uno de los requisitos en el diseño de la canaleta Parshall establece que la relación de H_a/W debe estar entre 0.40 y 0.80. En este caso dicha relación es: $0.15/0.31 = 0.49$, por lo tanto cumple con la condición.

Ancho de la canaleta en la sección de medida:

$$D' = 2 * (D - W) / (3 + W)$$

$$D' = \frac{2 * (0,1524 \text{ m} - 0,095 \text{ m})}{(3 + 0,095 \text{ m})}$$

$$D' = 0,04 \text{ m}$$

Velocidad en la sección D' :

$$V_o = \frac{Q}{(D' * h_o)} = \frac{0,0022}{(0,04 \text{ m}) * (0,046 \text{ m})}$$

$$V_o = 1.20 \text{ m/s}$$

Energía específica:

$$E = \left(\frac{V_o^2}{2g} \right) + h_o + N$$

$$E = \left(\frac{1,20^2}{2 * 9,81} \right) + 0,046 + 0,09$$

$$E = 0,21$$

Condiciones en la garganta:

Velocidad antes del resalto:

$$V_1^3 - 2 * g * V_1 * E_o = -2 * \frac{Q * g}{W}$$

$$V_1^3 - 4,12 * V_1 = -0,457$$

$$V_1 = 2,022m/s$$

Altura antes del salto hidráulico:

$$h_1 = \frac{Q}{(V_1 * W)}$$

$$h_1 = \frac{0,0022}{(2,022) * 0,095}$$

$$h_1 = 0,012m$$

Número de Froude:

$$N_f = \frac{V_1}{(g * h_1)^{0,5}} = \frac{2,022}{(9,81 * 0,012)^{0,5}}$$

$$N_f = 6,02$$

Según requisito de diseño de canaleta Parshall, el número de Froude debe estar comprendido entre los rangos 1.7 – 2.5 o 4.5 – 9.0, lo cual se cumple.

Condiciones de salida

Altura después del resalto:

$$h_2 = \left(\frac{h_1}{2}\right) * [(1 + 8 * N_f^2)^{0,5} - 1]$$

$$h_2 = \left(\frac{0,012}{2}\right) * [(1 + 8 * (6,02)^2)^{0,5} - 1]$$

$$h_2 = 0,0924m$$

Sumergencia:

$$S = \frac{(h_2 - N)}{h_o} = \frac{0,0924 - 0,09}{0,046}$$

$$S = 0,052$$

Otro de los requisitos en el diseño de la canaleta Parshall establece que la relación de máxima sumergencia “S” no debe exceder de 0.7 y en este caso esta relación es de 0.052, por lo tanto se cumple la condición.

Pérdida de carga:

$$h_f = H_o + N - h_2$$

$$h_f = 0,046 + 0,09 - 0,0924$$

$$h_f = 0,044m$$

Los valores de N, D y W son las dimensiones de la canaleta Parshall. Como se ha podido controlar, se cumplen todos los requisitos de diseño hidráulico para la canaleta Parshall propuesta. Todos los elementos calculados referentes al tratamiento preliminar pueden visualizarse en las láminas 1 y 2 del anexo 3.

➤ **Tratamiento primario: Tanque de Sedimentación Primaria**

Cálculo del tanque de Sedimentación Primaria:

Datos:

$$\text{Caudal Medio Diario } (Q_{med}) = 1.05 \text{ lts/seg} = 90.72 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Caudal Máximo Diario } (Q_{m\acute{a}x}) = 2.20 \text{ lts/seg} = 190.08 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Tasa de valor superficial (TVS)} = 1000 \text{ gal/pie}^2 \cdot \text{día} = 40.74 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$$

$$\text{Profundidad efectiva del agua} = 3.05 \text{ m} = 10 \text{ pies}$$

*Ver tabla 37

Dimensionamiento:

a) Cálculo del área superficial para una relación largo/ancho de 4-1

$$A = \frac{Q_{md}}{TVS} = \frac{90,72m^3/d}{40,74m^3/m^2 * d}$$

$$A = 2,54m^2$$

$$4 * a^2 = 2,22m^2$$

$$a = 0,75m$$

Donde el ancho es de 0.75 m y el largo es de 3.00 m, sin embargo, por conveniencia las dimensiones del área superficial se redondean a 1.00m * 3.20m.

b) Cálculo del tiempo de retención y carga superficial para caudal medio, a una profundidad de 3.00 m, como profundidad efectiva del agua.

$$\text{Volúmen del tanque} = 3m * 3,2m * 1m = 9,60m^3$$

$$\text{Carga superficial} = \frac{Q_{med}}{A} = \frac{90,72m^3/día}{3,20m^2}$$

$$\text{Carga superficial} = 28,35m^3/m^2 * día$$

$$\text{Tiempo de retención} = \frac{Vol}{Q_{med}} = \frac{9,60m^3}{90,72m^3/día} * 24h$$

$$\text{Tiempo de retención} = 2,54 \text{ horas}$$

c) Cálculo del tiempo de retención y la carga superficial para caudal máximo

$$Carga\ superficial = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{190,08m^3/d\acute{a}a}{3,20m^2}$$

$$Carga\ superficial = 59,40m^3/m^2 * d\acute{a}a$$

$$Tiempo\ de\ retenci\acute{o}n = \frac{Vol}{Q_{m\acute{a}x}} = \frac{9,60m^3}{190,08m^3/d\acute{a}a} * 24h$$

$$Tiempo\ de\ retenci\acute{o}n = 1,21\ horas$$

d) Cálculo de la velocidad de arrastre

$$V_A = \left[\frac{8k * (s - 1) * g * d}{f} \right]^{0.5}$$

$$V_A = \left[\frac{8(0,05) * (1,25 - 1) * 9,81 * 0,003}{0,025} \right]^{0.5}$$

$$V_A = 0,34m/s$$

CONSTANTES PARA EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE ARRASTRE	
Constante de cohesión (k) =	0.05
Gravedad específica (s) =	1.25
Aceleración de la gravedad (g) =	9.81m/seg ²
Diámetro de partículas (Ø) =	0.003m
Factor de fricción de Darcy-Weisbach (f) =	0.025

Tabla 62: Constantes para el cálculo de la velocidad de arrastre en un tanque de sedimentación primaria

Fuente: Manual OPS-CEPIS (Análisis autor)

Se compara la velocidad de arrastre calculada con la velocidad horizontal bajo condiciones de caudal máximo, siendo la velocidad horizontal a través del sedimentador para caudal máximo igual al caudal máximo entre el área de la sección de flujo.

$$V_H = \frac{Q_{\text{máx}}}{A} = \frac{190,08\text{m}^3/\text{día}}{3\text{m} * 1\text{m}}$$

$$V_H = 63,36\text{m}/\text{día}$$

$$V_H = 0,00073\text{m}/\text{s}$$

El valor de la velocidad horizontal, incluso bajo condiciones de caudal máximo, es sustancialmente menor que la velocidad de arrastre.

- e) Cálculo de las tasas de remoción de DBO y SST a caudales medio y máximo utilizando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{t}{(a + b * t)}$$

R = Remoción esperada

t = Tiempo nominal de retención en horas

a , h y b = constantes empíricas.

*Ver tabla 38.

➤ *Para caudal medio:*

$$\text{Remoción de DBO} = \frac{t}{(a + b * t)} = \frac{2,54\text{horas}}{0,018 + (0,020 * 2,54)} = 36,92\%$$

$$\text{Remoción de SST} = \frac{t}{(a + b * t)} = \frac{2,54\text{horas}}{0,0075 + (0,014 * 2,54)} = 58,99\%$$

➤ *Para caudal máximo:*

$$\text{Remoción de DBO} = \frac{t}{(a + b * t)} = \frac{1,21 \text{ horas}}{0,018 + (0,020 * 1,21)} = 28,67\%$$

$$\text{Remoción de SST} = \frac{t}{(a + b * t)} = \frac{1,21 \text{ horas}}{0,0075 + (0,014 * 1,21)} = 49,51\%$$

Los tanques de sedimentación primaria son capaces de remover entre un 30 a un 60% de los sólidos totales en suspensión (SST) y de reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre 25 a 35%, el tanque sedimentador propuesto estará removiendo un 58.99% de SST y un 36.92% de DBO.

El funcionamiento del tanque de sedimentación primaria para un caudal medio tiene un tiempo de retención de 2.54 h, siendo lo recomendable entre 1.5h a 2.5h aproximadamente. Esta unidad puede visualizarse en las láminas 1 y 3 del anexo 3.

➤ **Tratamiento Secundario: filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA – Norma SEMARNAT)**

$$\text{Caudal Medio Diario } (Q_{med}) = 1.05 \text{ lts/seg} = 90.72 \text{ m}^3/\text{día} = 3.78 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Caudal Máximo Diario } (Q_{m\acute{a}x}) = 2.20 \text{ lts/seg} = 190.08 \text{ m}^3/\text{día} = 7.92 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Demanda biológica de oxígeno } DBO_5 = 527.1 \text{ mg/l} = 0.53 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tiempo de retención hidráulica } TRH = 5.0 \text{ h}$$

$$\text{Altura borde libre } hl = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{Altura bajo dren } hb = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Altura de medio filtrante o empaque } hm = 1.04 \text{ m}$$

a) Cálculo del volumen del FAFA

$$V = Q_{med} * (TRH)$$

$$V = (3,78m^3/h) * (5,0h)$$

$$V = 18,90m^3$$

b) Cálculo de la altura total del FAFA

$$H = h_l + h_b + h_m$$

$$H = 0,5 + 0,3 + 1,04$$

$$H = 1,84m$$

c) Cálculo del área del FAFA

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

$$A = \frac{18,90m^3}{1,84m}$$

$$A = 10,27m^2$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 10,27m^2}{\pi}}$$

$$D = 3,61m$$

d) Cálculo del volumen del medio filtrante del FAFA

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

$$V_{mf} = (10,27m^2) * (1,04m)$$

$$V_{mf} = 10,68m^3$$

e) Carga hidráulica superficial para Caudal medio

$$CHS_{med} = \frac{Q_{med}}{A}$$

$$CHS_{med} = \frac{3,78m^3/h}{10,27m^2} * 24h$$

$$CHS_{med} = 8,83m^3/m^2d$$

f) Carga hidráulica superficial para Caudal máximo

$$CHS_{máx} = \frac{Q_{máx}}{A}$$

$$CHS_{máx} = \frac{7,92m^3/h}{10,27m^2} * 24h$$

$$CHS_{máx} = 18,51m^3/m^2d$$

g) Carga orgánica volumétrica total 1

$$COV_1 = \frac{Q_{med} * S_o}{V}$$

$$COV_1 = \frac{3.78m^3/h * 0.53Kg/m^3}{18.90m^3} * 24h$$

$$COV_1 = 2.54KgDBO/m^3d$$

h) Carga orgánica volumétrica material filtrante 2

$$COV_2 = \frac{Q_{med} * S_o}{V_{mf}}$$

$$COV_2 = \frac{3,78m^3/h * 0,53Kg/m^3}{10,68m^3} * 24h$$

$$COV_2 = 4,50KgDBO/m^3d$$

i) Cálculo de la eficiencia del FAFA

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

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

$$E = 61\%$$

j) Cálculo de DBO5 esperada en el efluente

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

$$DBO_{ef} = 527,1mg/lt - \frac{61\% * 527,1mg/lt}{100}$$

$$DBO_{ef} = 205,57mg/lt$$

Esta unidad puede visualizarse en las láminas 1 y 3 del anexo 3.

➤ **Lecho de secado de lodos**

En base a las condiciones ambientales en la zona, una buena digestión se da en un periodo de 20 a 30 días de retención

Para el diseño de las unidades que componen el tratamiento de lodos se utilizan los datos de la siguiente tabla:

COD	FASE	LODOS NUEVOS	LODOS DIGERIDOS	LODOS SECOS
1	Sedimentación primaria	1.10	0.30	0.10
2	Filtros biológicos	1.50	0.50	0.15
3	Lodos activados	1.80	0.80	0.20

Tabla 63: Producción de lodos en litros por persona por día

Fuente: Manual OPS-CEPIS (Análisis autor)

Para el funcionamiento del patio de secado se distribuyen los lodos en capas de 15 a 30 cm de espesor. Se produce una pérdida de agua por evaporación y la otra parte es conducida al cuerpo receptor. El lodo seco es inofensivo y puede utilizarse como fertilizante.

La población equivalente para el caudal medio de 1.05 lts/seg es de 630 habitantes para una dotación de 180 lts/persona*día, por lo tanto, se tienen los siguientes datos:

Población = 630 personas

Producción de lodos para sedimentación primaria = 0.10 lts/persona*día

Período de retención = 20 días

Distribución de capas = 0.30 m

a) Cálculo del volumen necesario (V_n)

$$V_n = N \text{ personas} * \text{producción de lodos secos} * \text{tiempo de retención}$$

$$V_n = 630 \text{ personas} * 0,1 \text{ lts/persona} * \text{día} * 20 \text{ días}$$

$$V_n = 1260 \text{ lts}$$

$$V_n = 1,26 \text{ m}^3$$

b) Cálculo del área necesaria

$$A_n = V_n/E_{cl}$$

$$A_n = 1,26\text{m}^3/0.3\text{m}$$

$$A_n = 4,20\text{m}^2$$

Se construirá un patio de secado de lodos de 2 m de ancho y largo. Esta unidad puede visualizarse en las láminas 1 y 2 del anexo 3.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se efectuó el levantamiento de toda la información planimétrica y altimétrica de la planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba”, plasmándose en planos la infraestructura existente (Desarenador, Fosa séptica y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente), los cuales se encuentran en el anexo 1.
- Se realizó un análisis de las aguas residuales del afluente y efluente de la PTAR, cuyos resultados se pueden observar desde la tabla número 41 a la 58 del capítulo 3. Sus valores medios son de 273.741 FTU, 8.185, 0.714 mg/lt, 2182.825 mg/lt, 1484.100 mg/lt, y 527.100 mg/lt para turbidez, Ph, sólidos disueltos, sólidos suspendidos totales, DQO y DBO5 respectivamente para el afluente. De igual manera se muestran valores medios de 43.811 FTU, 8.069, 0.469 mg/lt, 28.964 mg/lt, 1873.100 mg/lt, y 656.400 mg/lt para turbidez, Ph, sólidos disueltos, sólidos suspendidos totales, DQO y DBO5 respectivamente para el efluente, como datos más importantes.
- Se determinó mediante aforamientos el caudal medio, máximo y mínimo de la PTAR, cuyos valores son de 1.05 lts/seg, 2.20 lts/seg y 0.18 lts/seg respectivamente, datos que se muestran en las tablas número 15 y 24 del capítulo 2.

- Se realizó una verificación del dimensionamiento de todas las unidades de la PTAR (Desarenador, Fosa séptica y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente), que de acuerdo a las normas vigentes, como el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, y teoría especializada en el tema, donde se puede observar el incumplimiento de condiciones y requisitos mínimos estipulados en las mismas.
- Se evaluó la planta de tratamiento de aguas residuales “Mollepamba” de la parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, que actualmente está construida y de acuerdo a la investigación realizada no reduce el grado de contaminación hacia el cuerpo receptor (río Pachanlica), debido a que los parámetros de salida no cumplen con los límites permisibles estipulados en el TULSMA 2015 vigente y además en algunos casos son mayores a los de ingreso de la planta. Por lo tanto, se concluye que la PTAR no se encuentra funcionando adecuadamente en sus condiciones actuales.
- Se propone mejorar la PTAR “Mollepamba” con un diseño basado en las normas indicadas, caudal aforado y los parámetros de las aguas residuales analizados en este proyecto. La propuesta mencionada consta de un redimensionamiento del desarenador, fosa séptica y filtro anaerobio de flujo ascendente, además de implementar una rejilla de entrada, un canal Parshall y un lecho de secado de lodos (Ver anexo 3), que ayudarán a disminuir considerablemente la contaminación del cuerpo receptor y del entorno en general.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar el mejoramiento de la PTAR “Mollepamba” de tal forma que esta cumpla con el cometido de bajar la contaminación existente en el agua residual, antes de efectuar las descargas al cuerpo receptor y así aportar positivamente al medio ambiente.
- Se recomienda emplear personal calificado y capacitado para el control y operación de la PTAR.
- Se recomienda realizar muestreos de las aguas residuales de la PTAR (afluente y efluente) periódicamente.
- Se recomienda que el ingreso del agua residual a la PTAR sea para la cual fue diseñada y se trate de excluir aguas pluviales, industriales y de riego.
- Se recomienda controlar las descargas industriales al alcantarillado público, exigiendo un tratamiento previo.

REFERENCIAS

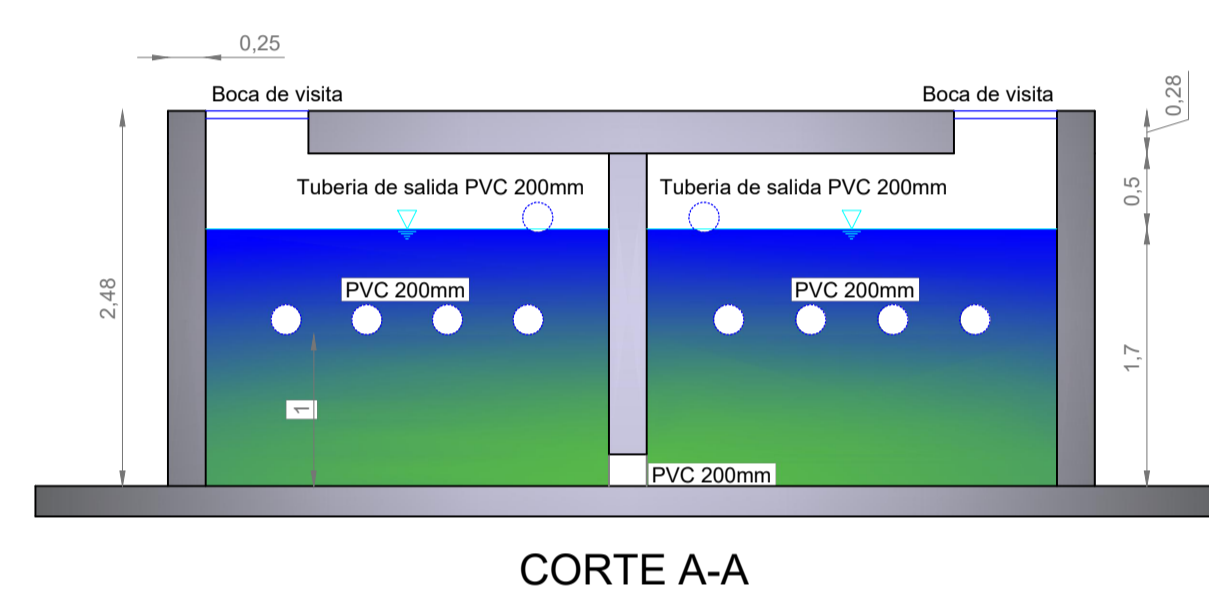
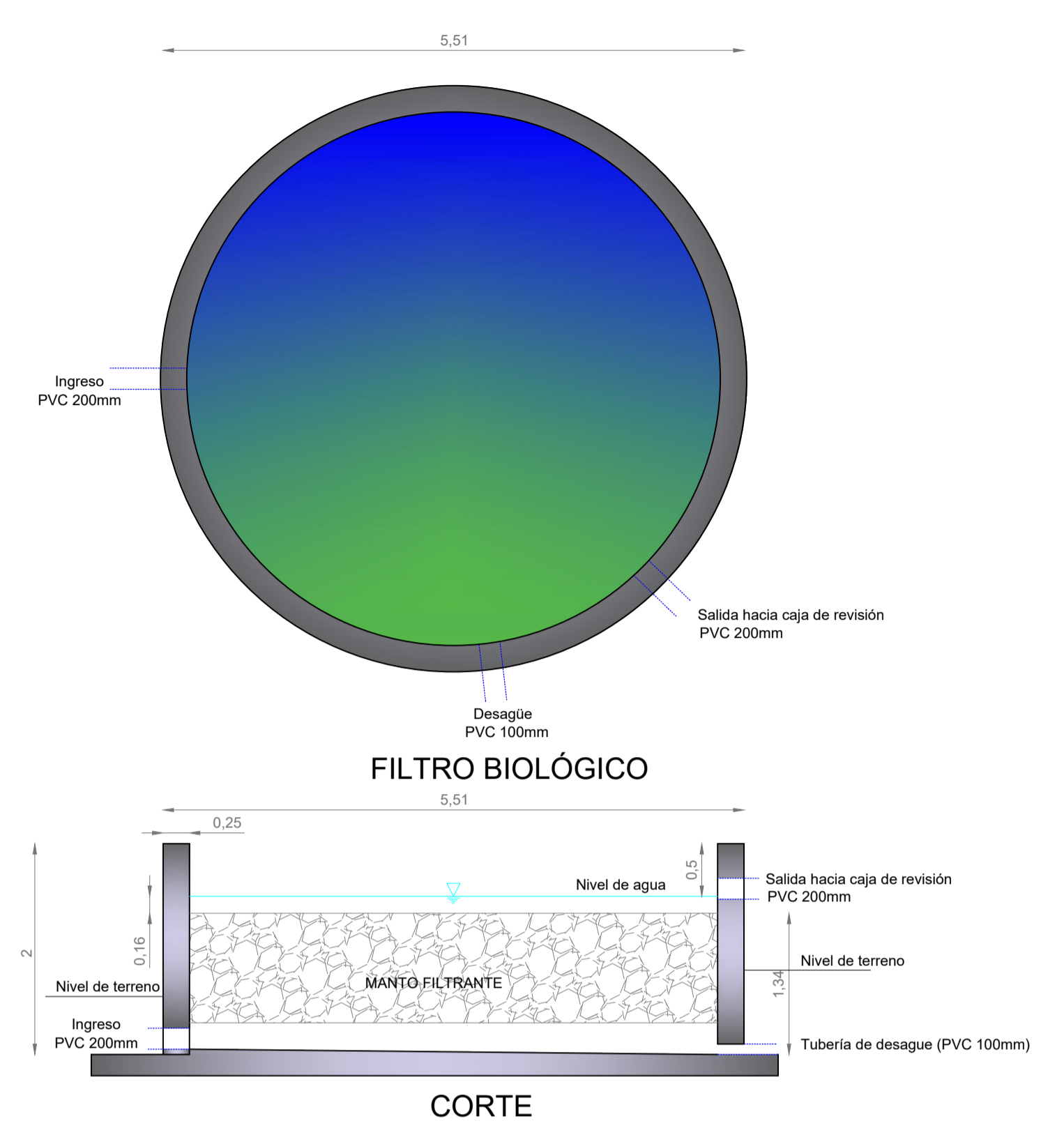
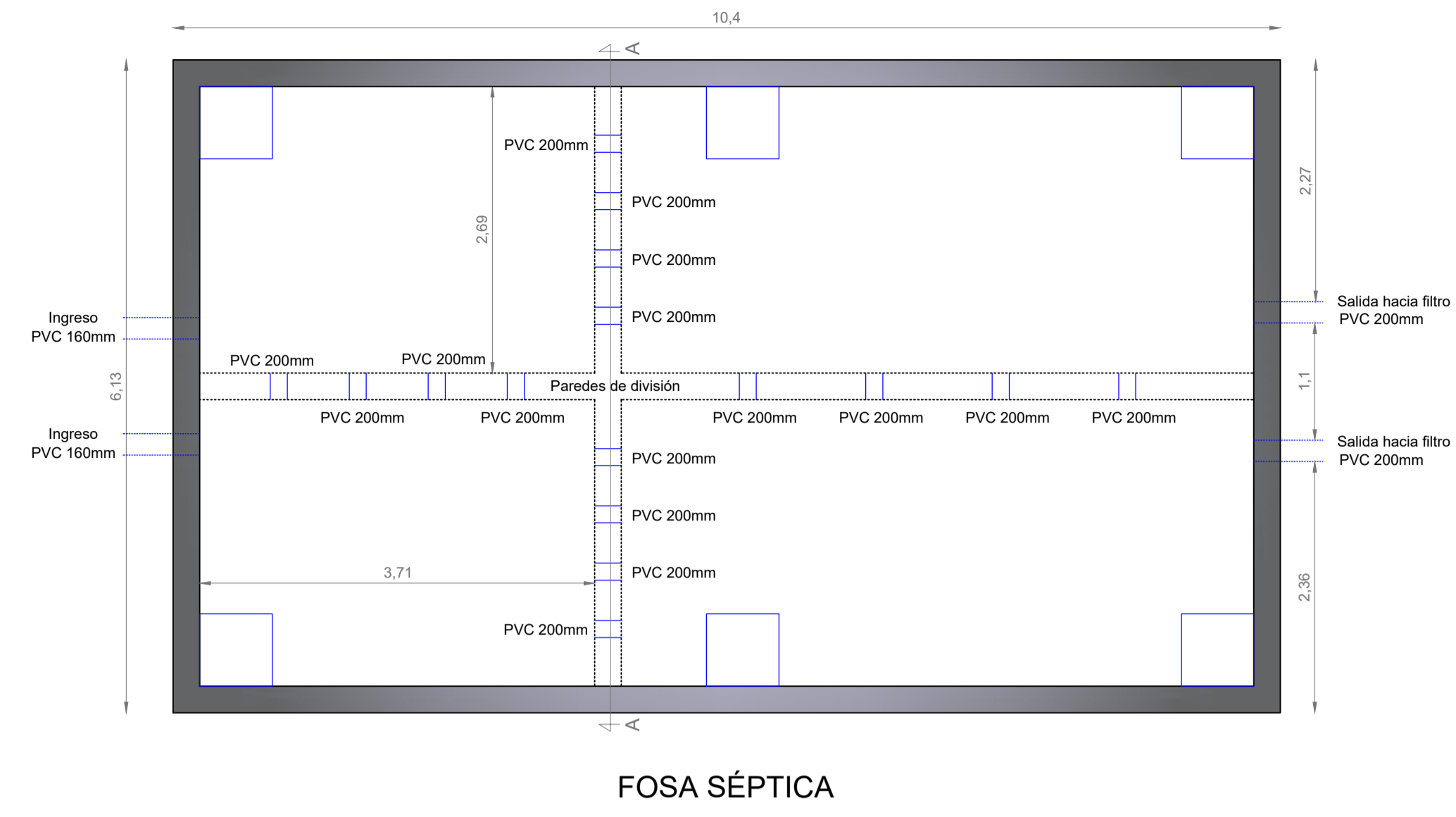
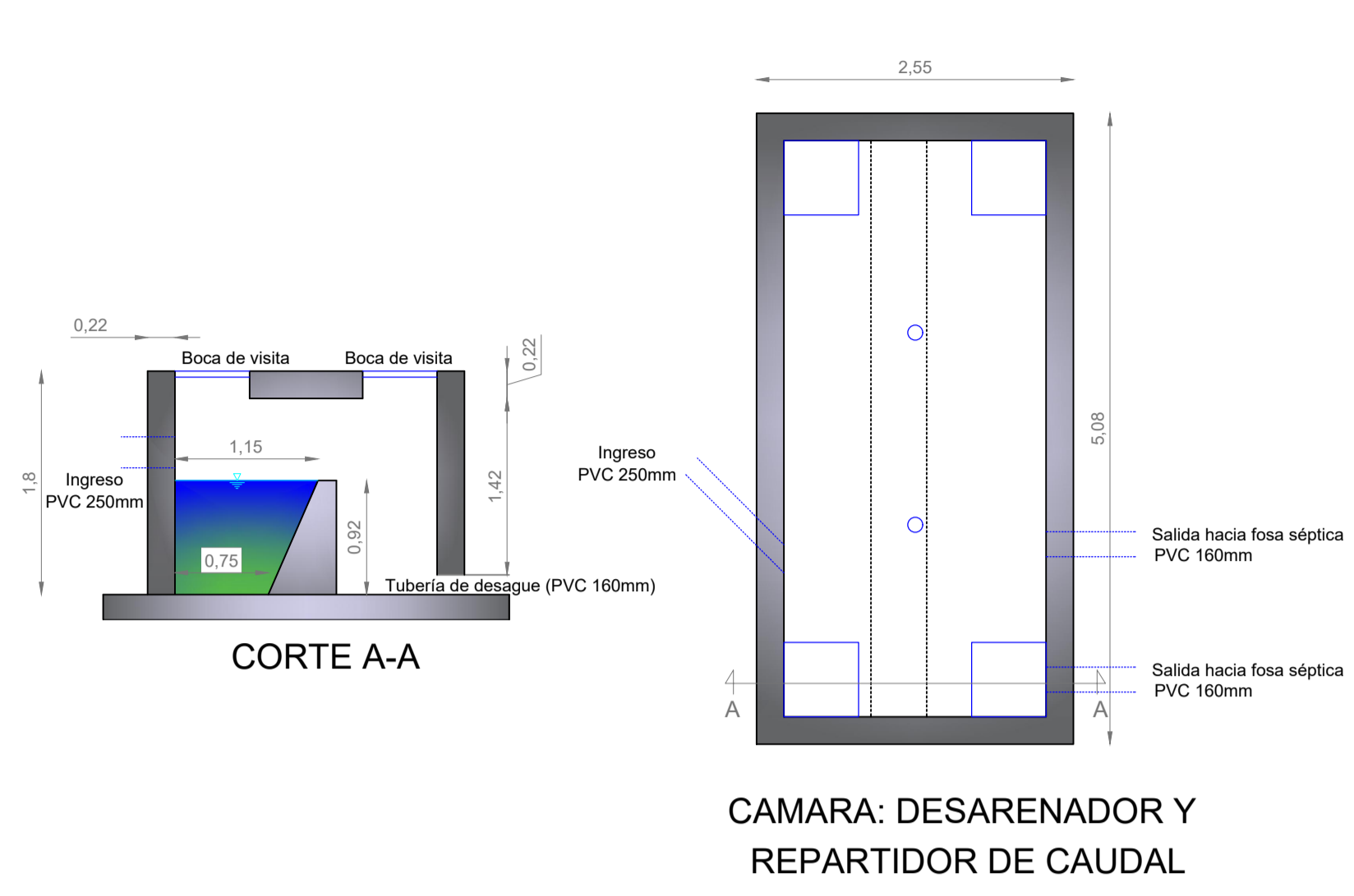
- [1] S. Aragonese y H. Zarzosa, Fundamentos de ingeniería ambiental y del agua, Madrid: Dextra Editorial, 2020.
- [2] M. Vaquero, Agua para la salud: pasado, presente y futuro, Madrid: Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2012.
- [3] L. Valencia y R. Molina, Gestión del agua: un reto gubernamental, México: Editorial Miguel Ángel Porrúa, 2013.
- [4] A. Fernández, «El agua: un recurso natural,» *Química Viva*, vol. 11, n° 3, pp. 147-170, 2012.
- [5] I. Camilloni, El aire y el agua en nuestro planeta, Buenos Aires: Eudeba, 2007.
- [6] M. Garros y S. Elizabeth, Agua segura como derecho humano, EUCASA, 2020.
- [7] D. Molden, Resumen. Agua para la alimentación, agua para la vida, Roma: D-FAO, 2012.
- [8] C. Marcén, Agua y sostenibilidad: recursos, riesgos y remedios, Madrid: Ministerio de Educación y Formación Profesional de España, 2012.
- [9] T. d. J. Romero y D. Vargas, «Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas,» *Scielo*, vol. 38, n° 3, pp. 88-100, Diciembre 2017.
- [10] N. Nieto, «La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas,» *Política y Cultura*, n° 36, pp. 157-176, 2011.
- [11] S. Peña, J. Mayorga y R. Montoya, «Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi,» *Ciencia e Ingeniería*, vol. 39, n° 2, pp. 161-167, 2018.
- [12] A. Acosta, Agua: un derecho humano fundamental, Quito: Ediciones Abya-Yala, 2014.
- [13] Estrategia Nacional de Calidad del Agua (ENCA), «Control sanitario,» Septiembre 2016. [En línea]. Available: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf. [Último acceso: 9 Diciembre 2021].
- [14] K. Reynolds, «Agua,» Septiembre 2002. [En línea]. Available: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/10/Tratamiento-aguas-residuales-Latinoamerica.pdf>. [Último acceso: 9 Diciembre 2021].

- [15 J. Espinoza y M. Sepúlveda, «Controla Tu Gobierno,» 2015. [En línea].
] Available: <https://controlatugobierno.com/wp-content/uploads/2018/07/Cuaderno-de-trabajo-3-CTG.pdf>. [Último acceso: 21 Diciembre 2021].
- [16 M. Chacón, Análisis físico y químico de la calidad del agua, Bogotá: Ediciones
] USTA, 2016.
- [17 J. Del Valle, L. Piñas y M. Quispe, Aplicaciones tecnológicas de tratamiento de
] aguas residuales, Voces de la Educación, 2020, pp. 13-41.
- [18 I. Chávez, «Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de aguas
] residuales,» *Dominio de las ciencias*, vol. 3, n° 1, pp. 536-560, 2017.
- [19 A. Noyola, Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento
] de aguas residuales. [En línea].
- [20 Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Picaihua, «Gad
] parroquial picaihua,» 2019. [En línea]. Available:
https://gadparroquialpicaihua.gob.ec/images/LOTAIP_2018/Xweb2018/PDOT_PICAIHUA.pdf. [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [21 R. Sánchez, «EMAPA,» 23 Abril 2016. [En línea]. Available:
] <https://www.emapa.gob.ec/portal/>. [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [22 S. Guamanquispe, «Universidad Técnica de Ambato,» Mayo 2017. [En línea].
] Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26496>. [Último acceso: 14 Diciembre 2021].
- [23 M. Jaramillo, «Universidad Técnica de Ambato,» 2014. [En línea]. Available:
] <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7935>. [Último acceso: 14 Diciembre 2021].
- [24 METCALF Y EDDY, INC, Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido
] y reutilización, Mcgraw-Hill, 1996, pp. 53-55.
- [25 M. Sisa, «Universidad Técnica de Ambato,» Julio 2013. [En línea]. Available:
] <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6032>. [Último acceso: 14 Diciembre 2021].
- [26 Wiki, Ingeniería de aguas residuales, Wiki, 2007, pp. 3-5.
]
- [27 C. Lazcano, Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales, Segunda ed.,
] Bogotá: Ecoe Ediciones, 2016, pp. 233-234.

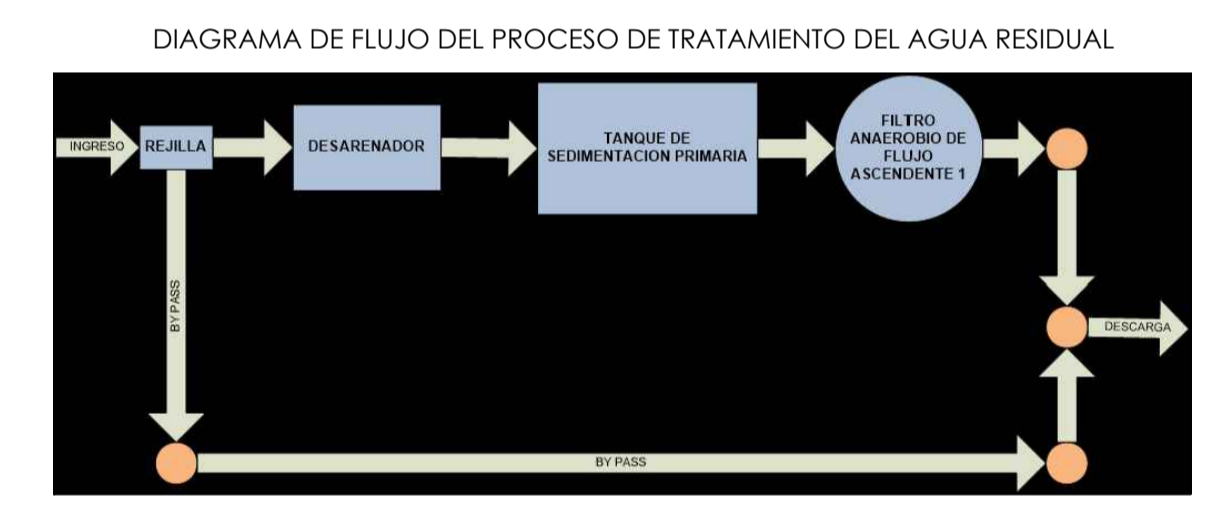
- [28 M. Tirado, «Universidad Técnica de Ambato,» Enero 2015. [En línea].
] Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8604>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [29 D. Días, «Universidad Técnica de Ambato,» Diciembre 2015. [En línea].
] Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/18627>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [30 C. Quinga, «Universidad Técnica de Ambato,» 2017. [En línea]. Available:
] <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26584>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [31 Ministerio del ambiente, «TULSMA,» 2015. [En línea]. Available:
] <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>. [Último acceso: 16 Diciembre 2021].
- [32 R. Ramalho, Tratamiento de aguas residuales, Barcelona: Reverté, 1996, pp. 91-
] 92.
- [33 A. Moya y M. Irazábal, «Universidad Técnica de Ambato,» Julio 2021. [En
] línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33080>. [Último acceso: 17 Diciembre 2021].
- [34 J. Pérez y C. Menéndez, Procesos para el tratamiento biológico de aguas
] residuales industriales, La Habana: Editorial Félix Varela, 2007, pp. 291-292.
- [35 F. Osorio, Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y
] agentes contaminantes: aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2012, pp. 17-24.
- [36 Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Picaihua, «GAD
] parroquial Picaihua,» 2015. [En línea]. Available: https://gadparroquialpicaihua.gob.ec/images/LOTAIP_2018/Xweb2018/PDOT_PICAIHUA.pdf. [Último acceso: 10 Enero 2022].
- [37 Secretaría del agua, «Inmobiliaria dja,» 20 Marzo 2014. [En línea]. Available:
] <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1: LEVANTAMIENTO DE LAS UNIDADES ACTUALES DE LA PTAR MOLLEPAMBA



PLANTAS Y CORTES - PTAR MOLLEPAMBA
 ESC: 1-50



UTA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FICM FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARRQUIA PICAIHUA, CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN: CANTÓN: AMBATO PARRQUIA: PICAIHUA SECTOR: MOLLEPAMBA

CONTIENE: - LEVANTAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MOLLEPAMBA

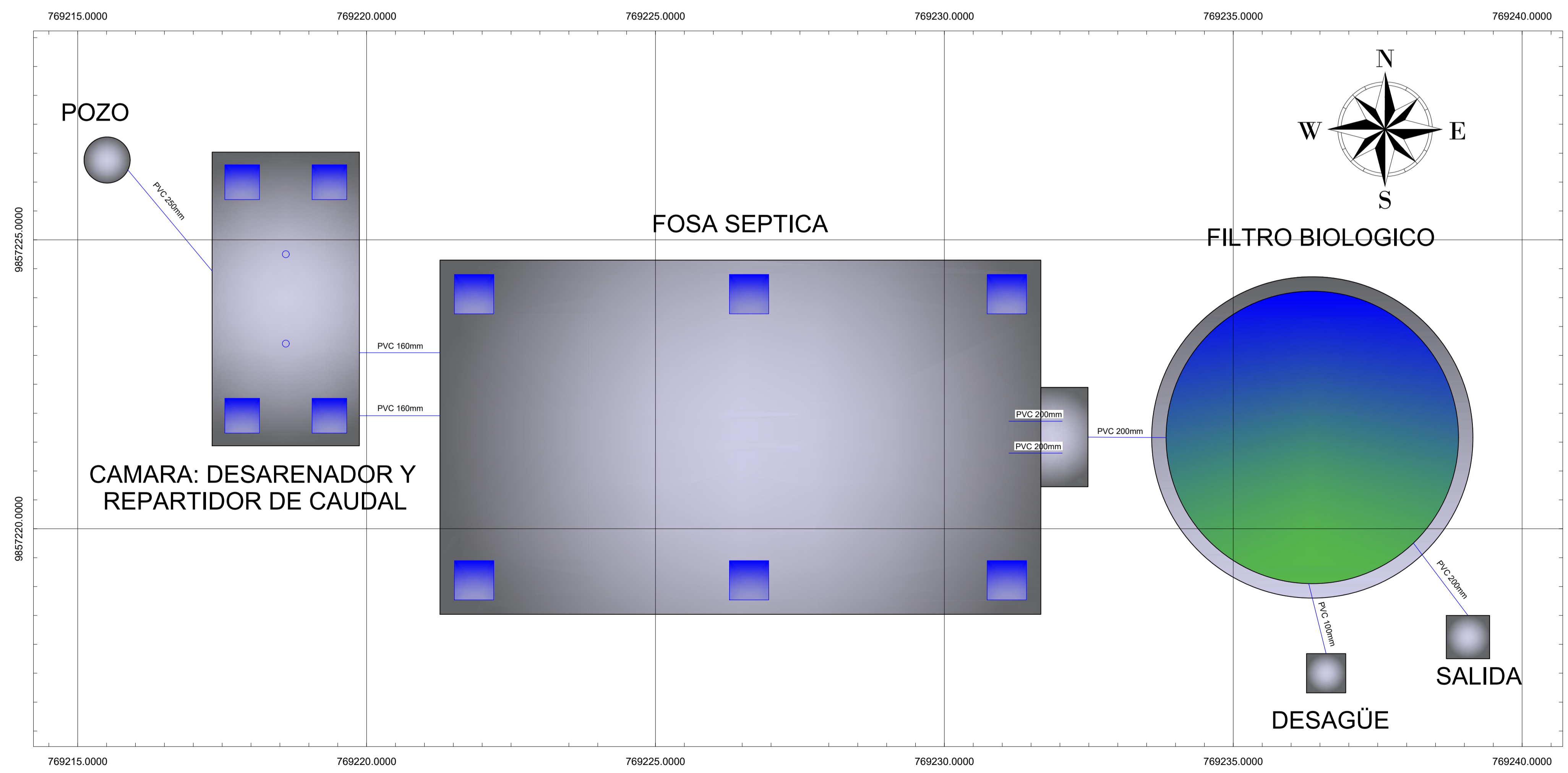
FECHA: ENERO DEL 2022

ESCALA: INDICADAS

LAMINA: PLANTA DE TRATAMIENTO 1/1

REALIZADO POR: CHRISTIAN LLAMUCA

TUTOR: ING. MG. FABIAN MORALES



**ANEXO 2: INFORME DEL ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE LA PTAR
MOLLEPAMBA**

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 7/2/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	7,82
Conduc	(mS/cm)	1,52
Sol disueltos	(mg/L)	0,76
turb	(FTU)	347
DQO	(mg/L)	1028
DBO5	(mg/L)	410
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	1711,01



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 06/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	7,44
Conduc	(mS/cm)	3,43
Sol disueltos	(mg/L)	1,72
turb	(FTU)	1000
DQO	(mg/L)	3281
DBO5	(mg/L)	845
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	14210,00



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 05/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,43
Conduc	(mS/cm)	1,9
Sol disueltos	(mg/L)	0,95
turb	(FTU)	321
DQO	(mg/L)	2505
DBO5	(mg/L)	932
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	1464,21



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 08/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,56
Conduc	(mS/cm)	0,82
Sol disueltos	(mg/L)	0,41
turb	(FTU)	417
DQO	(mg/L)	60
DBO5	(mg/L)	24
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	2470,96



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 08/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,16
Conduc	(mS/cm)	0,59
Sol disueltos	(mg/L)	0,3
turb	(FTU)	51
DQO	(mg/L)	2413
DBO5	(mg/L)	752
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	36,96



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 07/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,09
Conduc	(mS/cm)	0,83
Sol disueltos	(mg/L)	0,42
turb	(FTU)	61
DQO	(mg/L)	2025
DBO5	(mg/L)	628
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	52,88



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 05/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,08
Conduc	(mS/cm)	0,99
Sol disueltos	(mg/L)	0,5
turb	(FTU)	58
DQO	(mg/L)	99
DBO5	(mg/L)	39
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	47,80



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 06/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	7,9
Conduc	(mS/cm)	0,65
Sol disueltos	(mg/L)	0,33
turb	(FTU)	35,8
DQO	(mg/L)	843
DBO5	(mg/L)	338
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	18,21



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 04/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	9,1
Conduc	(mS/cm)	0,98
Sol disueltos	(mg/L)	0,49
turb	(FTU)	72
DQO	(mg/L)	3444
DBO5	(mg/L)	1273
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	73,66



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 04/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8
Conduc	(mS/cm)	0,78
Sol disueltos	(mg/L)	0,39
turb	(FTU)	41
DQO	(mg/L)	3712
DBO5	(mg/L)	1345
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	23,89



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 01/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	7,88
Conduc	(mS/cm)	1,2
Sol disueltos	(mg/L)	0,6
turb	(FTU)	47,38
DQO	(mg/L)	3990
DBO5	(mg/L)	1578
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	31,90



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 31/01/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,1
Conduc	(mS/cm)	1,28
Sol disueltos	(mg/L)	0,65
turb	(FTU)	35,56
DQO	(mg/L)	1006
DBO5	(mg/L)	395
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	17,97



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 31/01/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	7,92
Conduc	(mS/cm)	0,79
Sol disueltos	(mg/L)	0,4
turb	(FTU)	16,22
DQO	(mg/L)	861
DBO5	(mg/L)	345
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	3,74



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 02/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,05
Conduc	(mS/cm)	0,91
Sol disueltos	(mg/L)	0,47
turb	(FTU)	88
DQO	(mg/L)	810
DBO5	(mg/L)	310
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	110,04



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 01/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	7,78
Conduc	(mS/cm)	1,14
Sol disueltos	(mg/L)	0,57
turb	(FTU)	87
DQO	(mg/L)	2042
DBO5	(mg/L)	801
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	107,56



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 02/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	7,89
Conduc	(mS/cm)	0,96
Sol disueltos	(mg/L)	0,48
turb	(FTU)	50
DQO	(mg/L)	448
DBO5	(mg/L)	167
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	35,53



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 30/01/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,55
Conduc	(mS/cm)	1,75
Sol disueltos	(mg/L)	0,89
turb	(FTU)	340
DQO	(mg/L)	279
DBO5	(mg/L)	101
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	1642,68



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 30/01/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,33
Conduc	(mS/cm)	1,12
Sol disueltos	(mg/L)	0,57
turb	(FTU)	32,43
DQO	(mg/L)	325
DBO5	(mg/L)	111
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	14,94



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Entrada

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 03/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra: Christian Llamuca

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,2
Conduc	(mS/cm)	0,95
Sol disueltos	(mg/L)	0,48
turb	(FTU)	49,19
DQO	(mg/L)	530
DBO5	(mg/L)	230
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	34,38



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 15 de febrero de 2022

EMPRESA

Solicitado por: Christian Llamuca

Origen: Agua doméstica Salida

Lugar de toma de muestra: PTAR Mollepamba

Tipo de muestra: Simple

Fecha de recolección: 03/02/2022

Tipo de envase: Plástico

Responsable de toma de muestra:

Llego refrigerada: Si

LABORATORIO

Se utilizó preservante: No

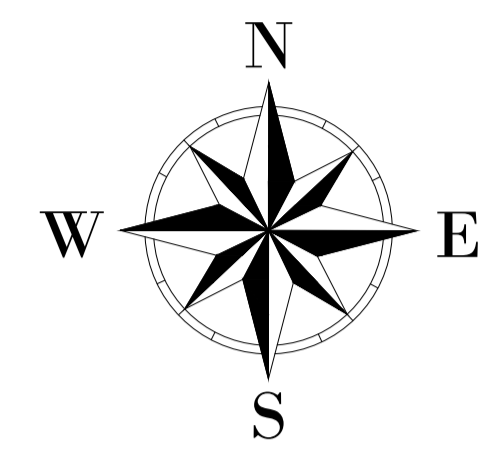
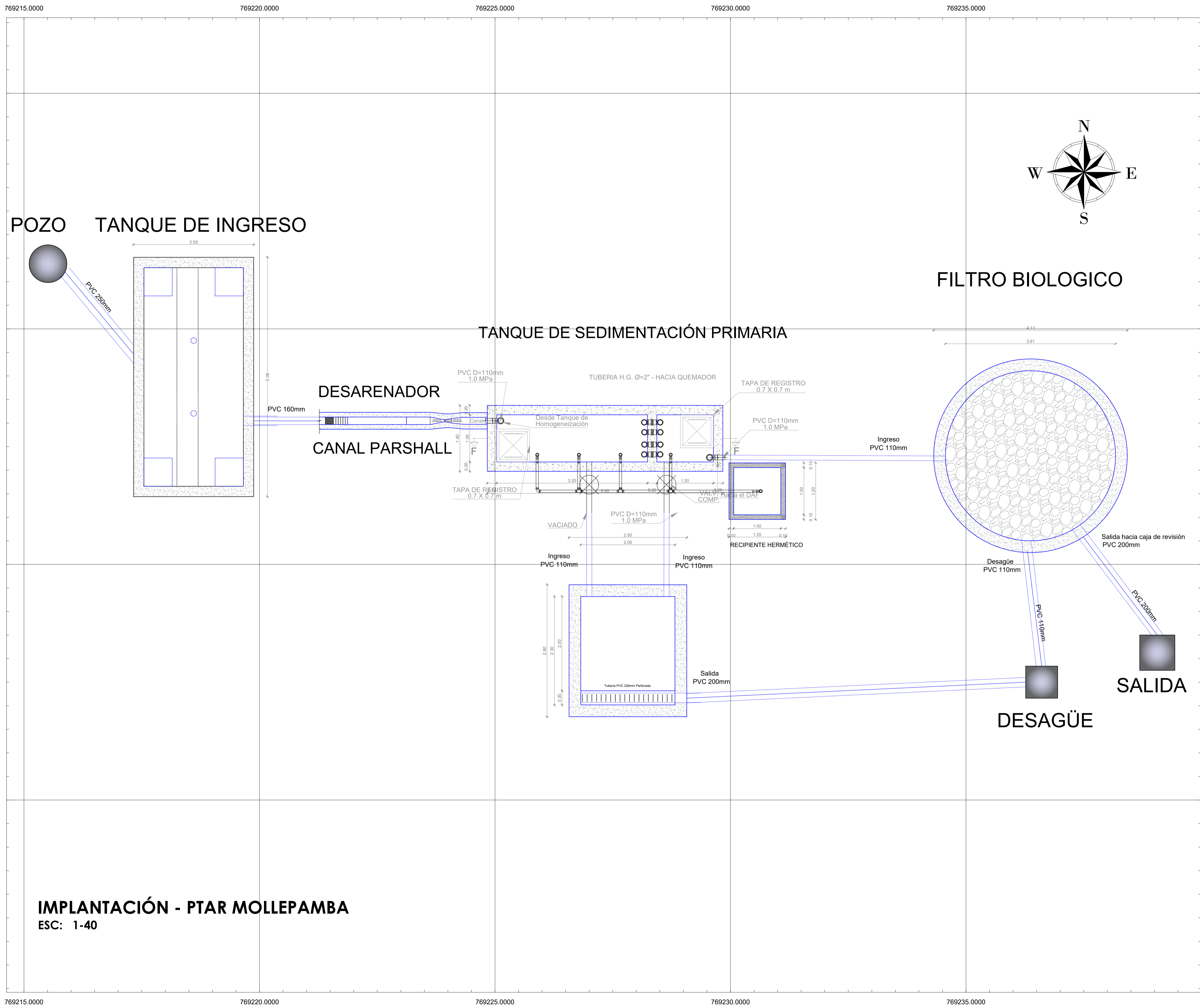
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidad	8,26
Conduc	(mS/cm)	0,9
Sol disueltos	(mg/L)	0,45
turb	(FTU)	25,94
DQO	(mg/L)	3871
DBO5	(mg/L)	1211
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	9,56



Realizado por: Ing. Renato Sánchez Proaño MSc.

RESPONSABLE TÉCNICO

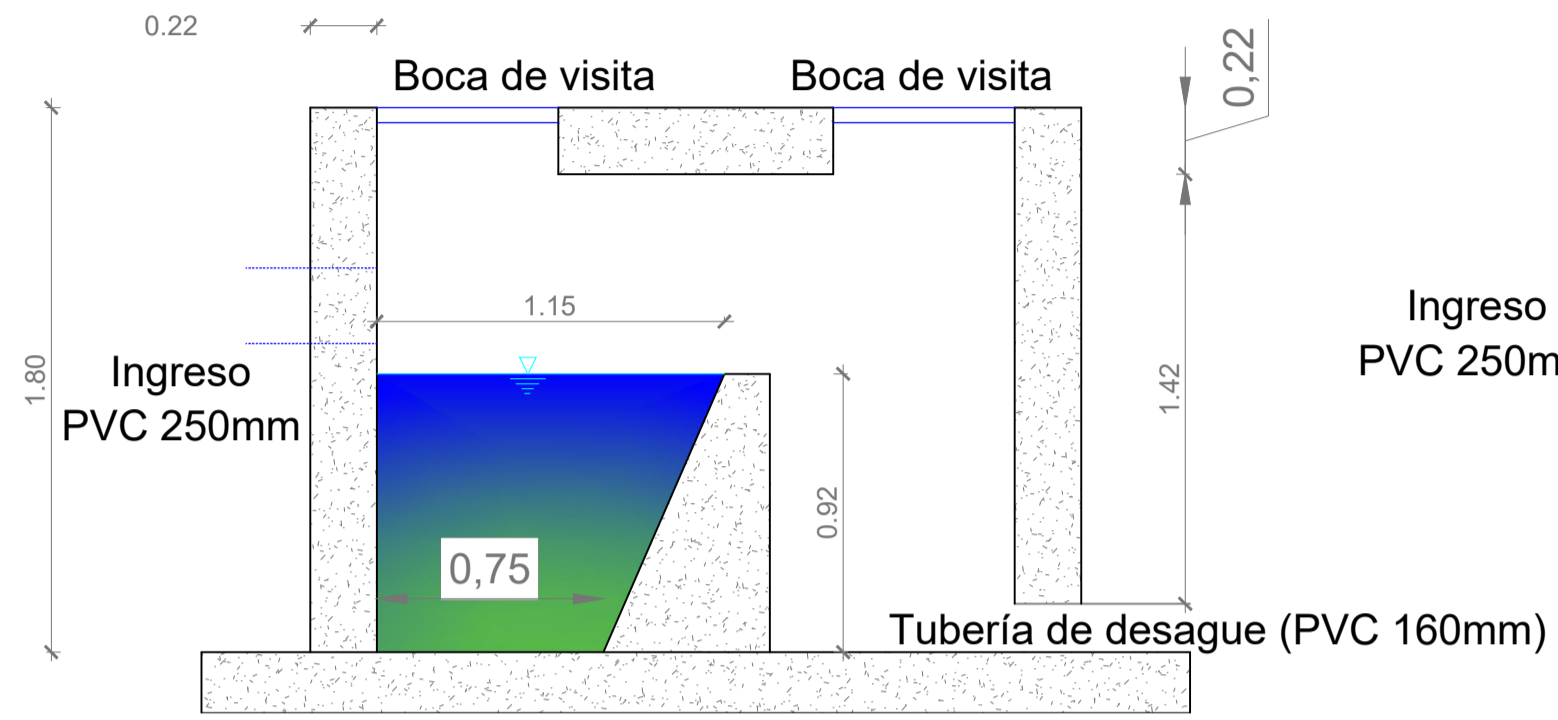
ANEXO 3: PROPUESTA PARA LA PTAR MOLLEPAMBA



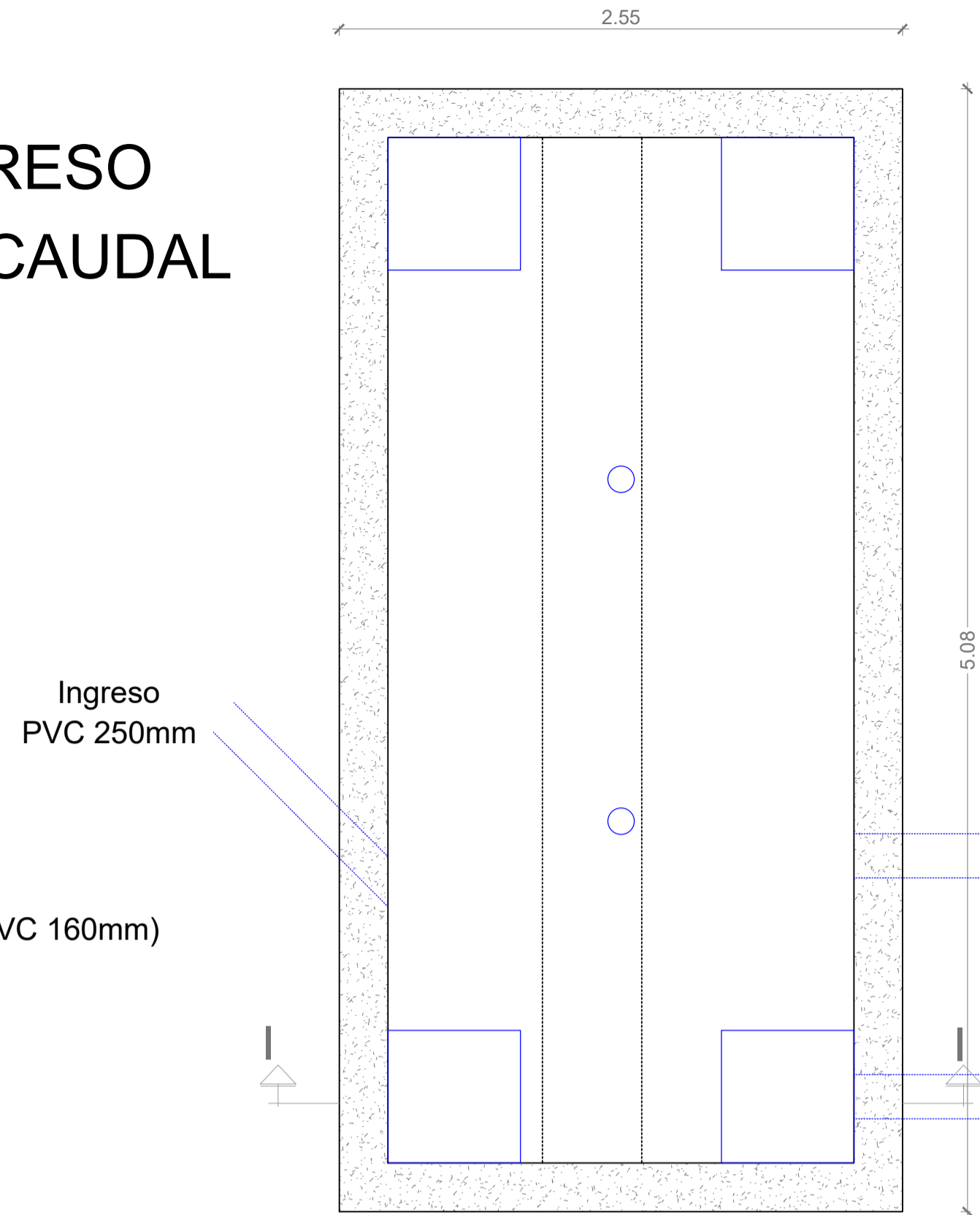
SECTOR:
IMPLANTACIÓN - PTAR MOLLEPAMBA
ESC: 1-40

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARROQUIA PICAIHUA, CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	CANTÓN: AMBATO	PARROQUIA: PICAIHUA
		SECTOR: MOLLEPAMBA
CONTIENE:	FECHA:	ABRIL DEL 2022
- IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MOLLEPAMBA (PROPUESTA)	ESCALA:	INDICADAS
	LAMINA:	PLANTA DE TRATAMIENTO 1/3
REALIZADO POR:		
	TUTOR:	ING. MG. FABIAN MORALES

CAMARA DE INGRESO REPARTIDOR DE CAUDAL

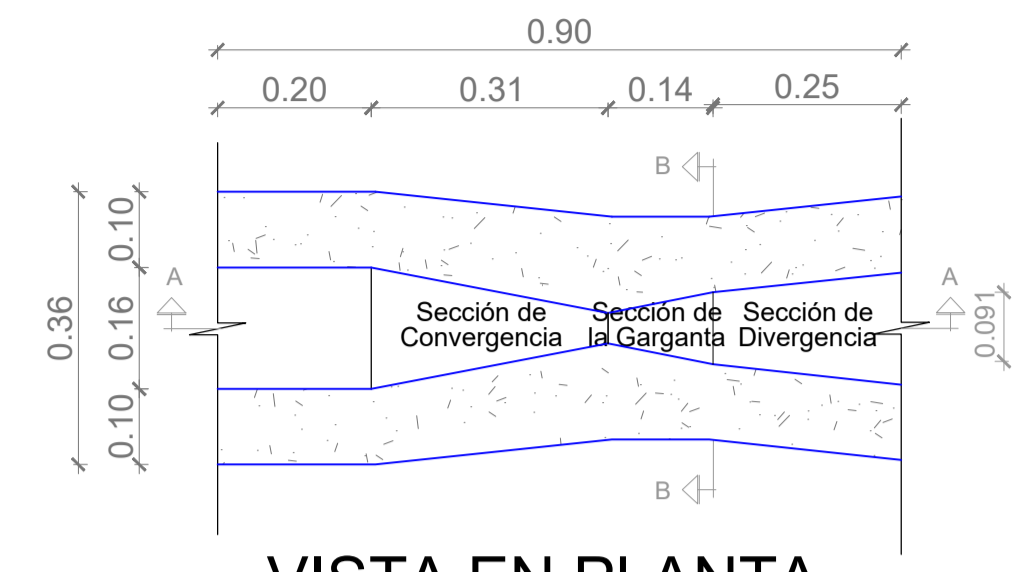


CORTE I - I
ESCALA ___ 1 : 25

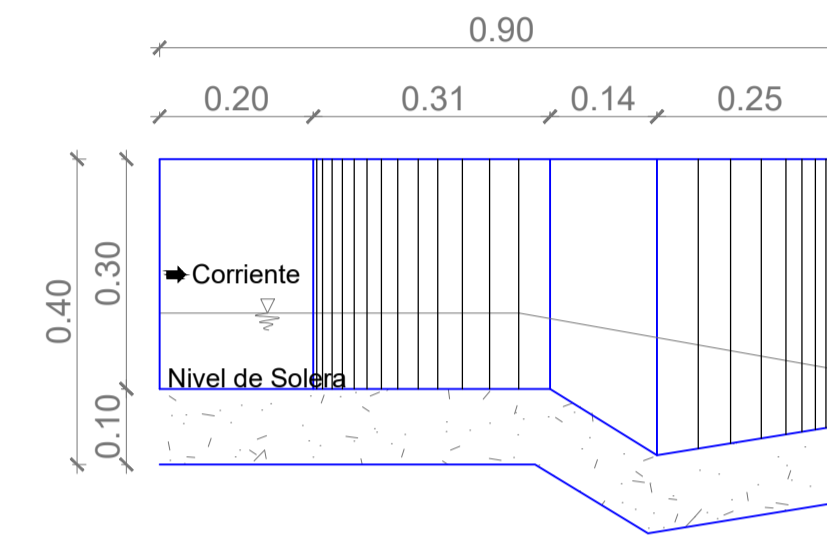


VISTA EN PLANTA
ESCALA ___ 1 : 25

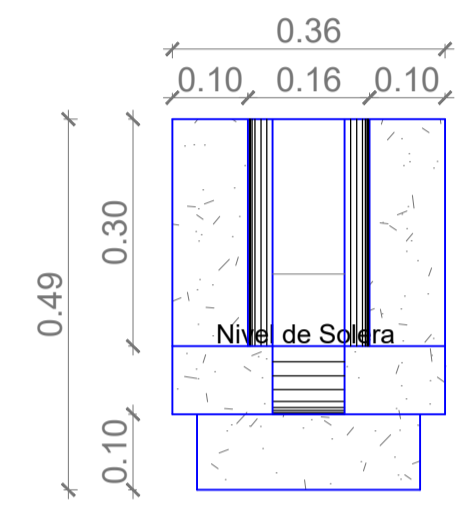
CANAL PARSHALL



VISTA EN PLANTA
ESCALA ___ 1 : 10

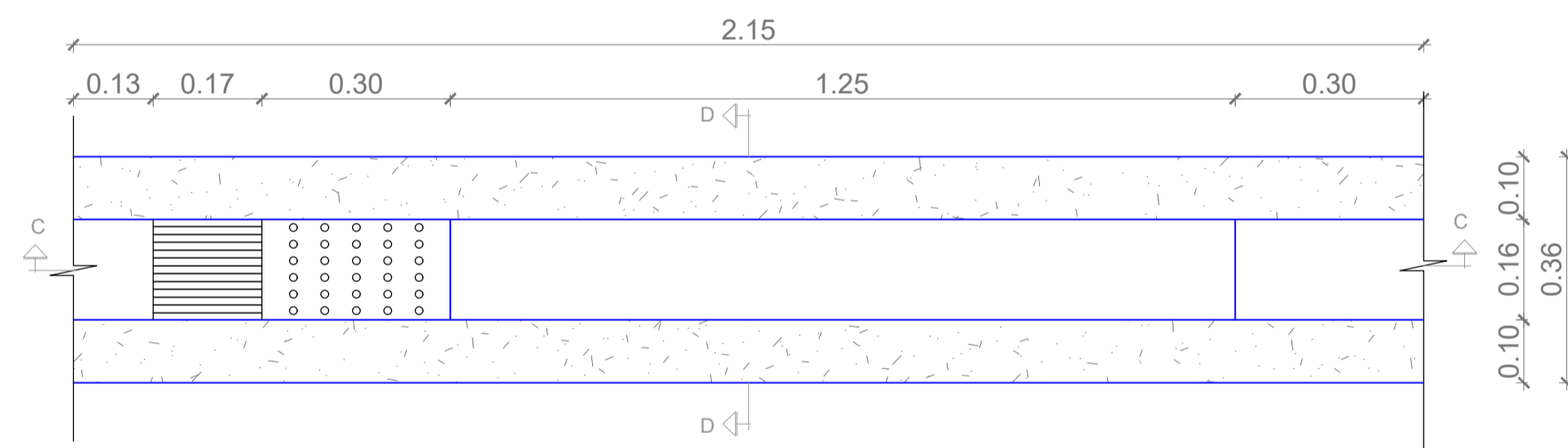


CORTE A - A
ESCALA ___ 1 : 10

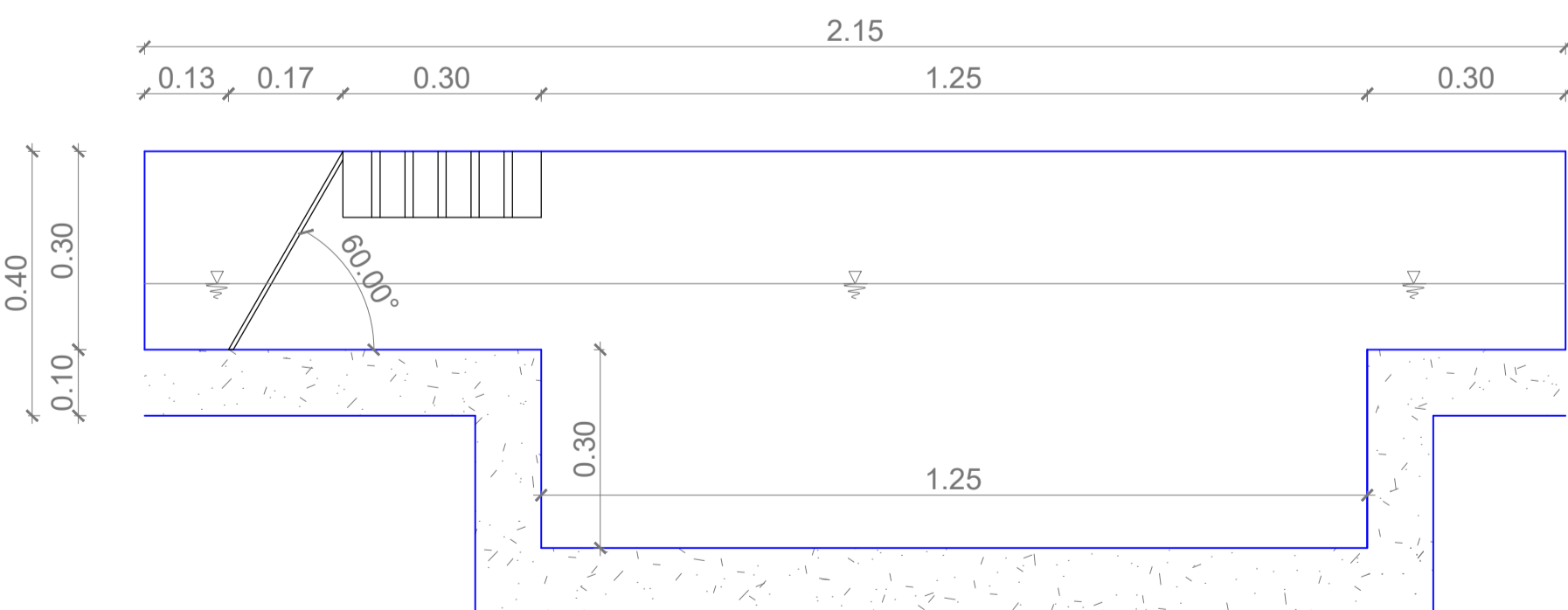


CORTE B - B
ESCALA ___ 1 : 10

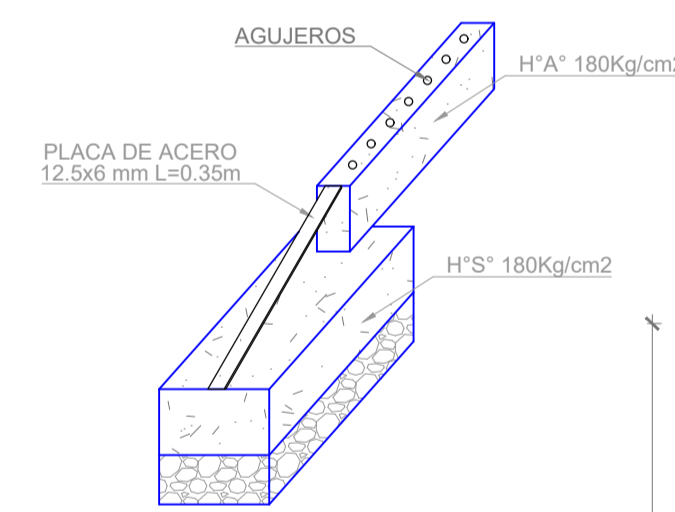
DESARENADOR



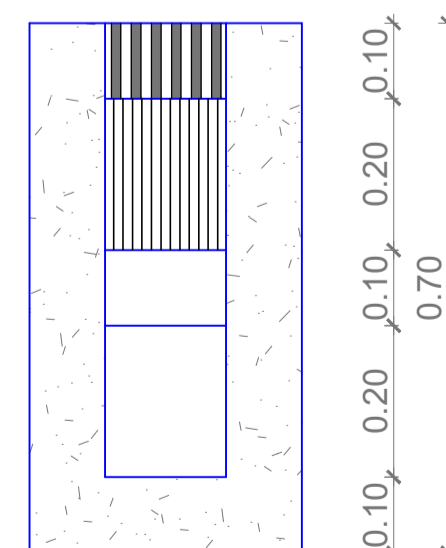
VISTA EN PLANTA
ESCALA ___ 1 : 10



CORTE C - C
ESCALA ___ 1 : 10

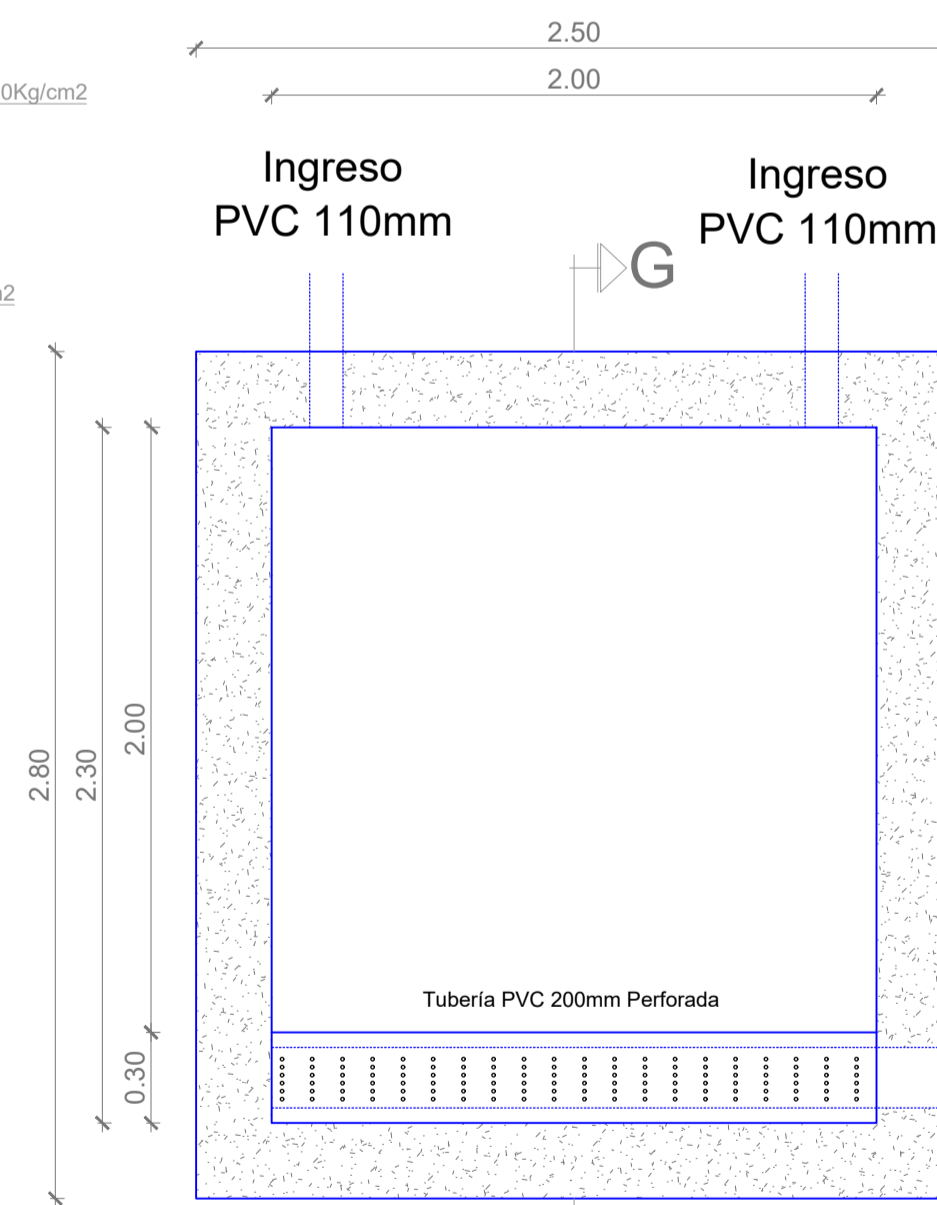


DETALLE REJILLA
ESCALA ___ S / E

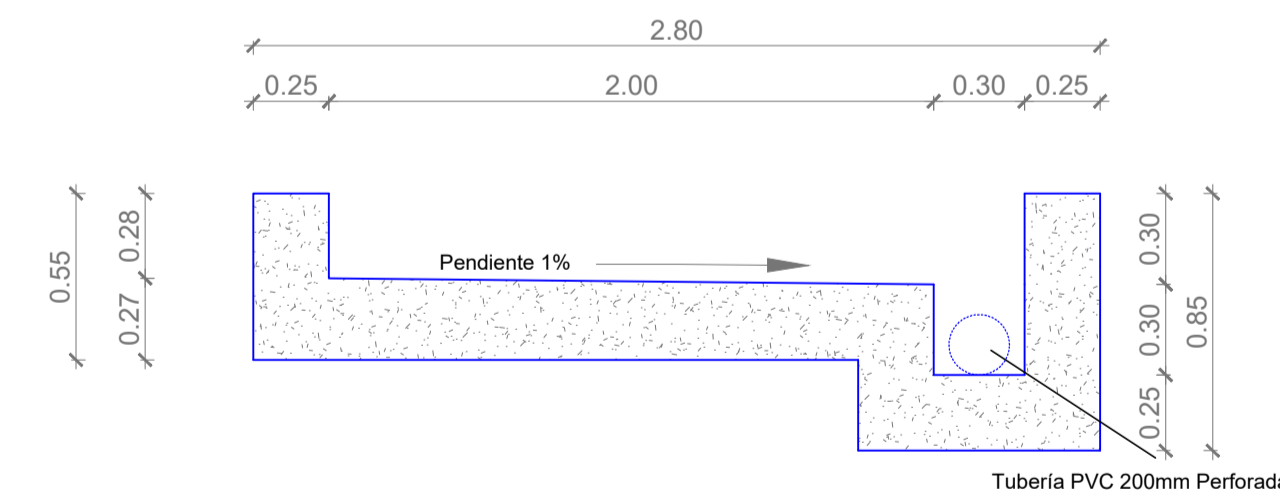


CORTE D - D
ESCALA ___ 1 : 10

PATIO DE SECADO DE LODOS

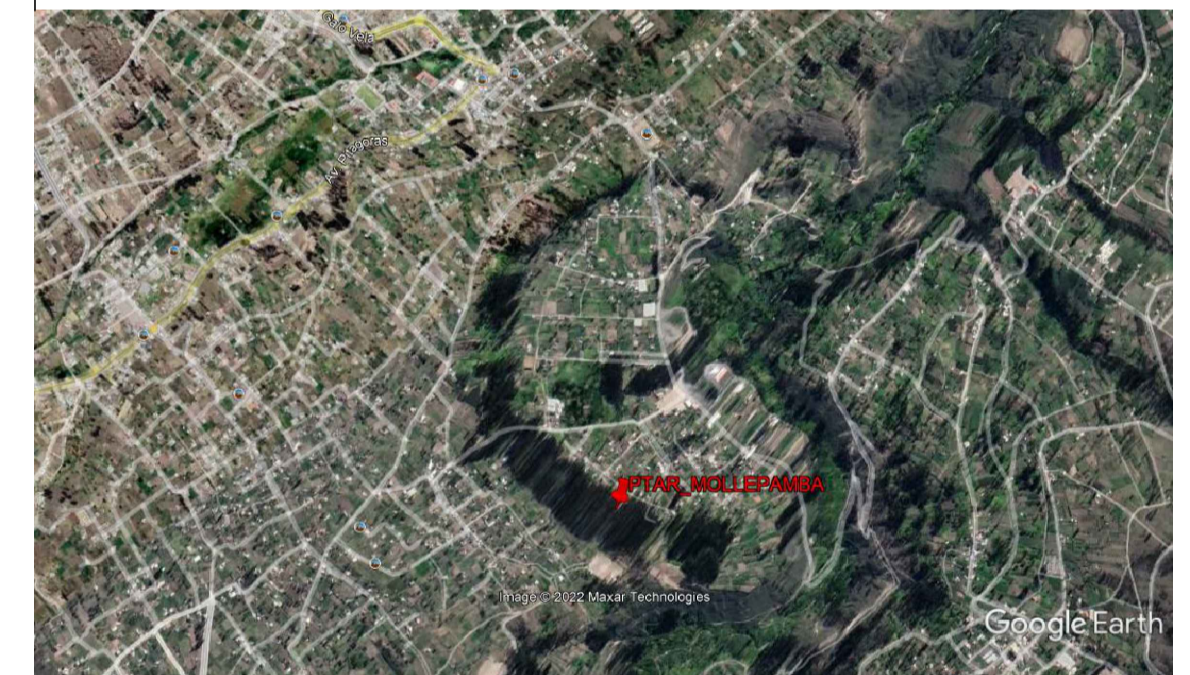


VISTA EN PLANTA
ESCALA ___ 1 : 25



CORTE G - G
ESCALA ___ 1 : 25

UBICACION S-E



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARROQUIA PICAIHUA, CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACION: CANTON: AMBATO PARRROQUIA: PICAIHUA SECTOR: MOLLEPAMBA

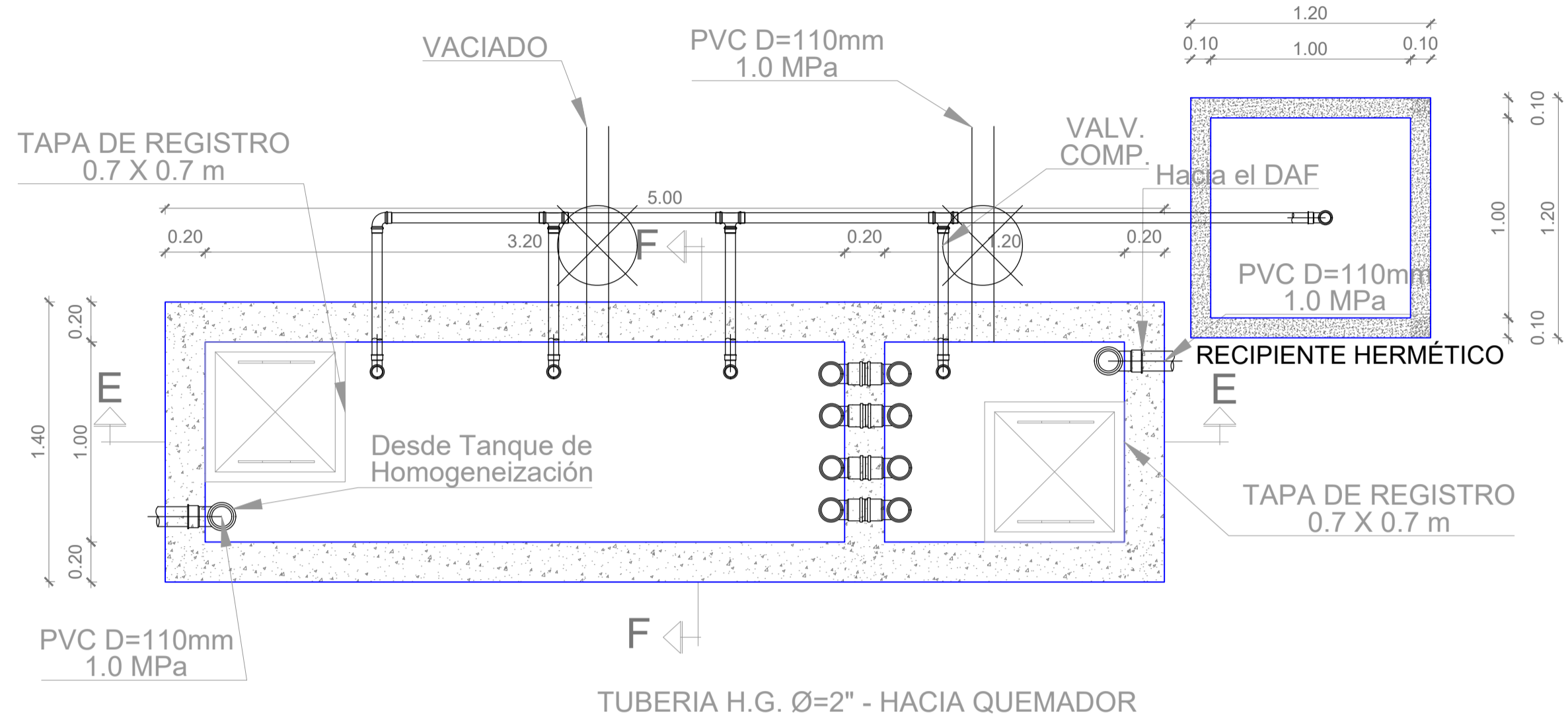
CONTIENE: - VISTA EN PLANTA Y CORTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MOLLEPAMBA (PROPUESTA) FECHA: ABRIL DEL 2022

ESCALA: INDICADAS

LAMINA: PLANTA DE TRATAMIENTO 2/3

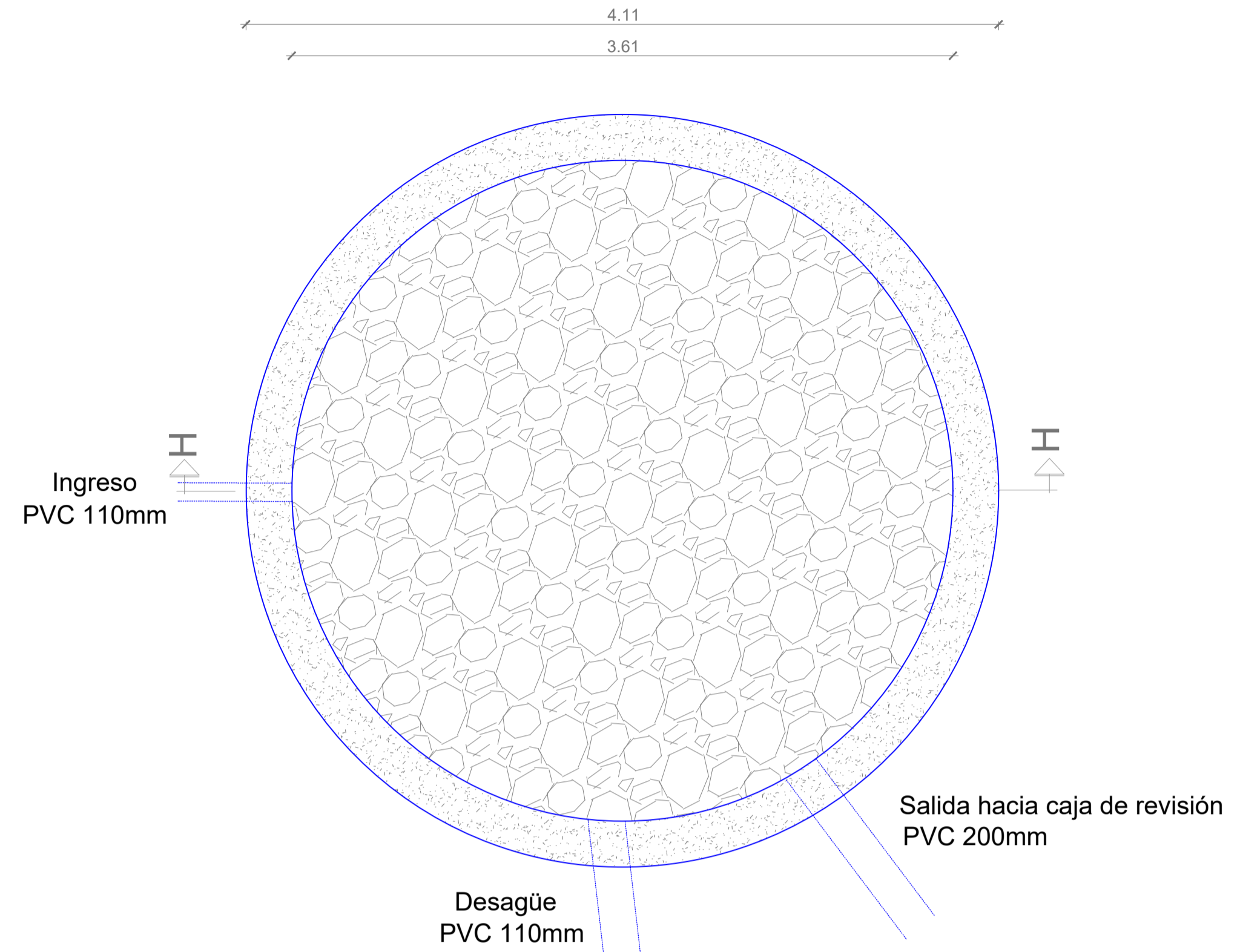
REALIZADO POR: CHRISTIAN LLAMUCA TUTOR: ING. MG. FABIAN MORALES

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

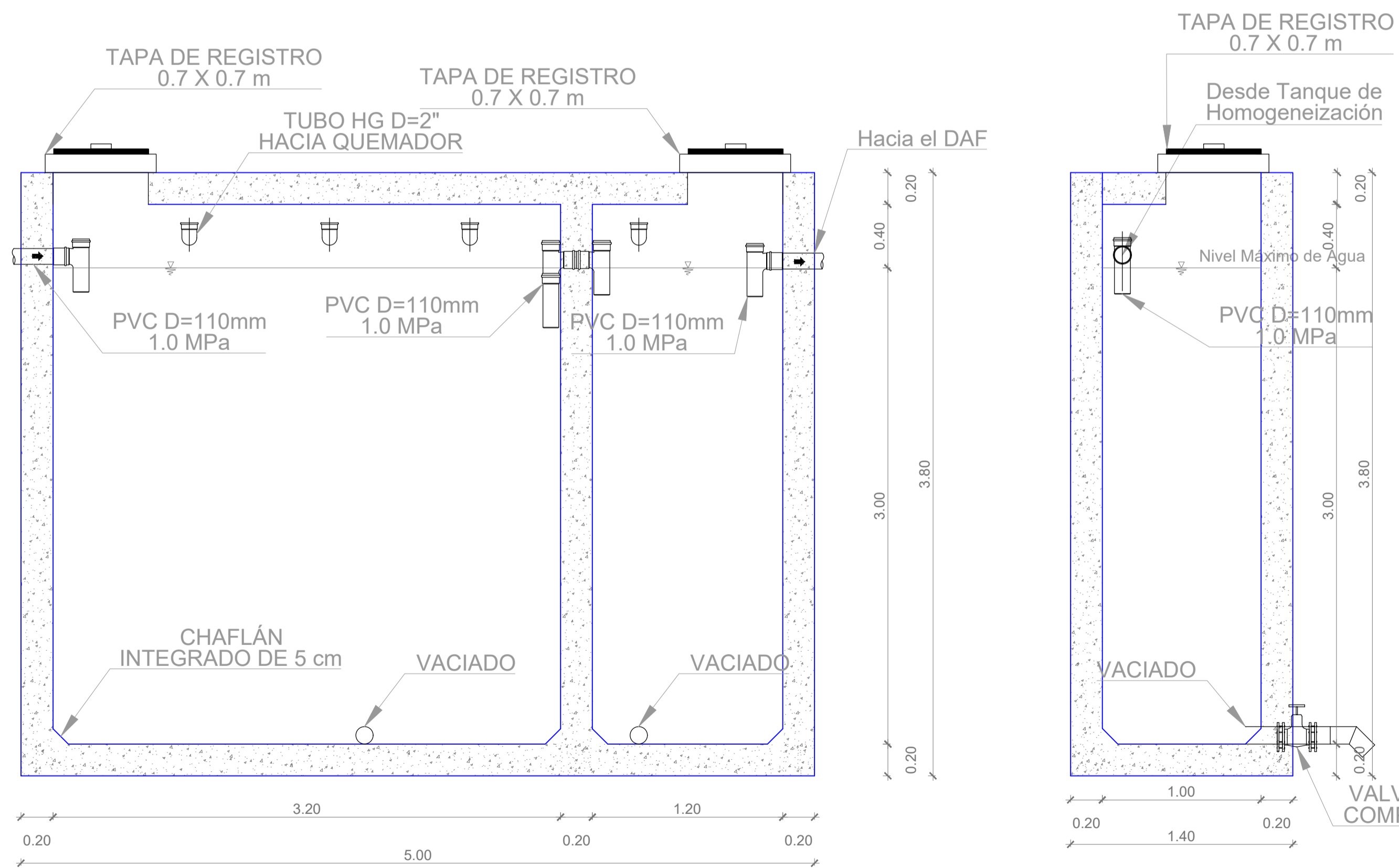


VISTA EN PLANTA
ESCALA ___ 1 : 25

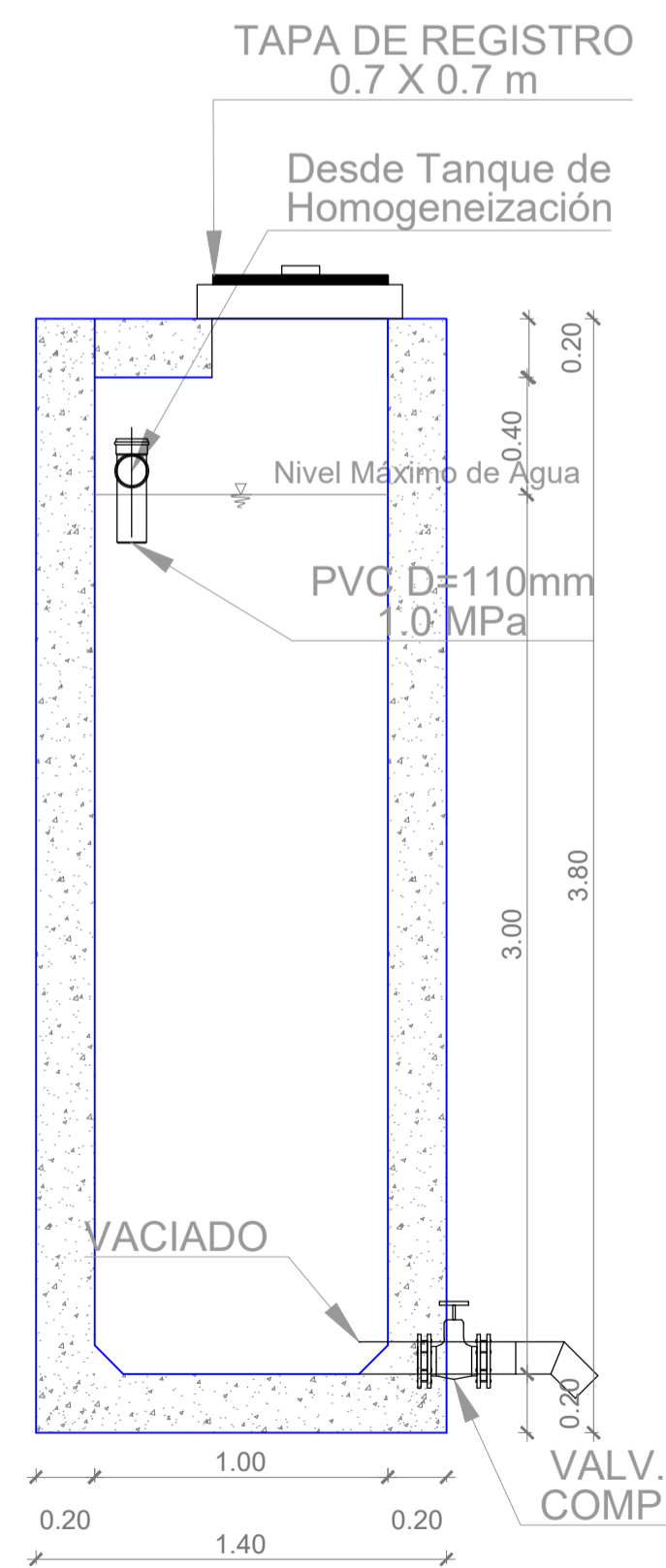
FILTRO BIOLÓGICO



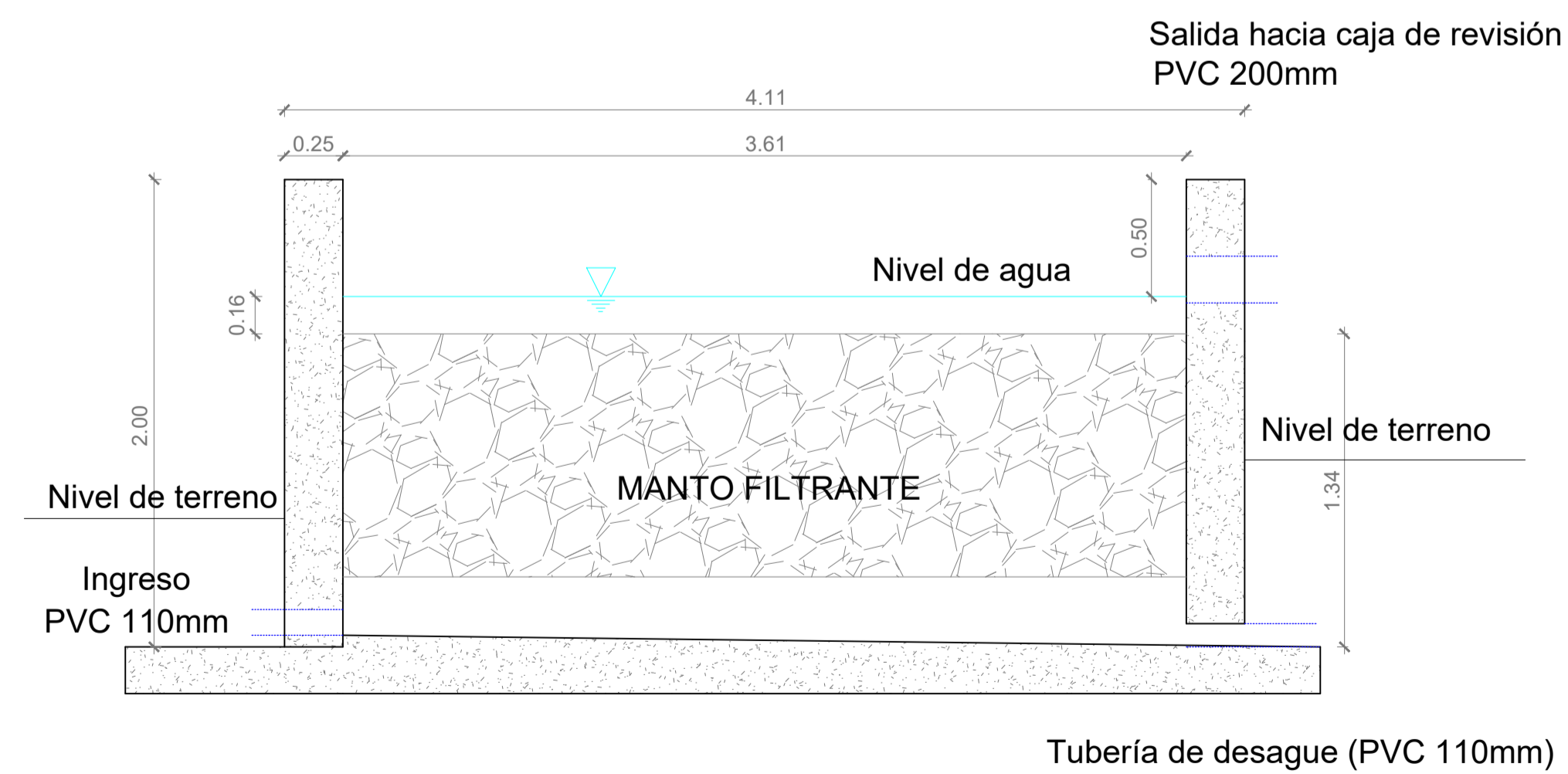
VISTA EN PLANTA
ESCALA ___ 1 : 25



CORTE E - E
ESCALA ___ 1 : 25

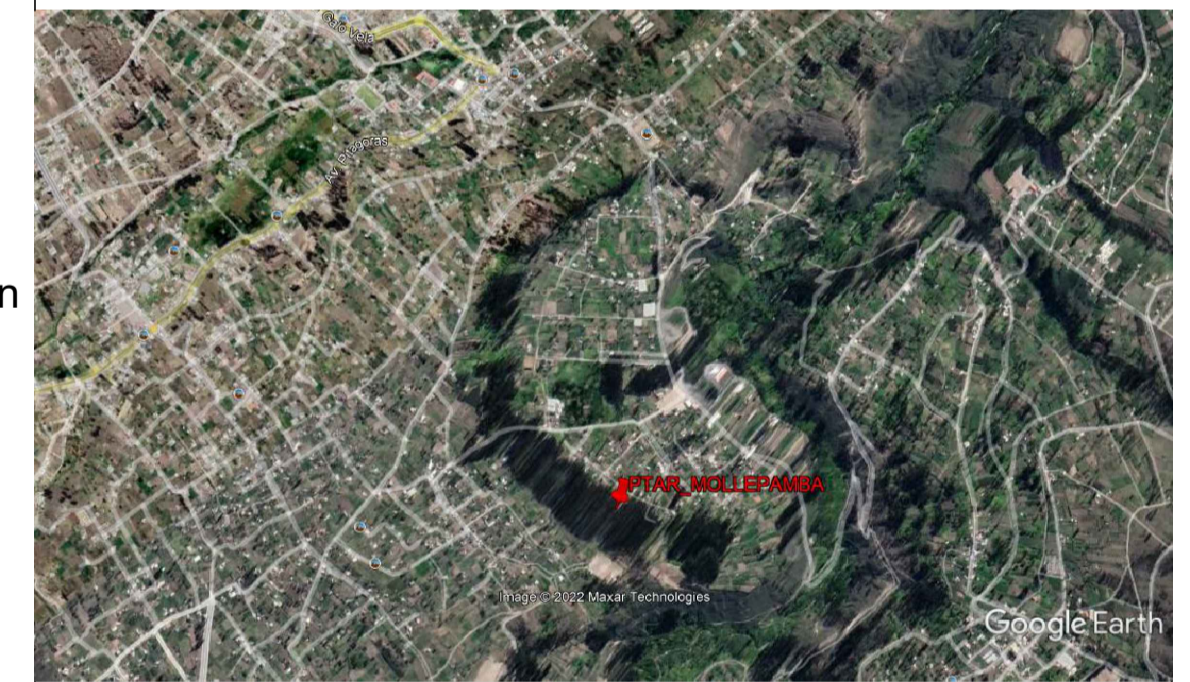


CORTE F - F
ESCALA ___ 1 : 25



CORTE H - H
ESCALA ___ 1 : 25

UBICACION S-E



UTA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FICM FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARROQUIA PICAIHUA, CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN: CANTÓN: AMBATO PARROQUIA: PICAIHUA SECTOR: MOLLEPAMBA

CONTIENE: - VISTA EN PLANTA Y CORTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE MOLLEPAMBA (PROPUESTA) FECHA: ABRIL DEL 2022 ESCALA: INDICADAS LAMINA: PLANTA DE TRATAMIENTO 3/3

REALIZADO POR: CHRISTIAN LLAMUCA TUTOR: ING. MG. FABIÁN MORALES