



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CONFORMADO POR HUMEDALES VERTICALES Y POZOS SÉPTICOS PARA LA
PARROQUIA DE QUINGEO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: CRISTOPHER GERARDO ORTIZ PULGARIN

DOMÉNICA PAULINA PATIÑO ORTIZ

TUTOR: ING. ANDRÉS XAVIER MAZA MOGROVEJO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Christopher Gerardo Ortiz Pulgarin con documento de identificación N° 0150404945 y Doménica Paulina Patiño Ortiz con documento de identificación N° 0106803125; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 24 de julio de 2023

Atentamente,



Cristopher Gerardo Ortiz Pulgarin
0150404945



Doménica Paulina Patiño Ortiz
0106803125

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Christopher Gerardo Ortiz Pulgarin con documento de identificación N° 0150404945 y Doménica Paulina Patiño Ortiz con documento de identificación N° 0106803125, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales conformado por humedales verticales y pozos sépticos para la parroquia de Quingeo”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de julio de 2023

Atentamente,

Cristopher Gerardo Ortiz Pulgarin

0150404945

Doménica Paulina Patiño Ortiz

0106803125

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Xavier Maza Mogrovejo con documento de identificación N° 0104827282, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONFORMADO POR HUMEDALES VERTICALES Y POZOS SÉPTICOS PARA LA PARROQUIA DE QUINGEO, realizado por Cristopher Gerardo Ortiz Pulgarin con documento de identificación N° 0150404945 y por Doménica Paulina Patiño Ortiz con documento de identificación N° 0106803125, obteniendo como resultado final el Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de julio de 2023

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**ANDRÉS XAVIER
MAZA MOGROVEJO**

Ing. Andrés Xavier Maza Mogrovejo, MSc.

0104827282

AGRADECIMIENTO

Quiero dedicar este trabajo a mi madre a mi padre y a mi hermana por siempre creer en mí, siempre apoyarme en mis proyectos y por ser un ejemplo y una luz guía en mi vida. Y a todas las personas las cuales me han apoyado en este largo camino.

Cristopher Gerardo Ortiz Pulgarín

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecida con Dios y la vida por permitirme seguir en este gran camino. Agradezco a todas las personas que han sido parte de este crecimiento y que me han alentado con el tiempo para no decaer nunca, especialmente a mis padres, amigos y a Josué.

Doménica Paulina Patiño Ortiz

RESUMEN

En las zonas rurales el servicio de tratamiento de aguas ha sido deficiente ocasionando a lo largo del tiempo problemas relacionados a la preservación de la flora, fauna y salud de la población cercana a las fuentes hídricas en las cuales se realiza el vertido de las aguas sin previo tratamiento, por lo cual, mitigar sus efectos es una constante preocupación. En la parroquia de Quingeo, se ha podido emplazar tres plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que se ubican en los sectores de Macas, Monjas y Quingeo central, las cuales se constituyeron a través de sistemas como humedales, pozos sépticos, tanques de tormenta y desarenadores; los cuales a pesar de su funcionamiento no han podido solventar el tratamiento de todas las aguas residuales que se producen en la parroquia. Es así, que, a partir de esta necesidad, se ha previsto la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales conformado por humedales verticales y pozos sépticos.

ABSTRACT

In rural areas, the water treatment service has been deficient, causing over time problems related to the preservation of the flora, fauna and health of the population near the water sources into which water is discharged without prior treatment, so mitigating its effects is a constant concern. In the parish of Quingeo, three wastewater treatment plants (WWTP) have been installed in the sectors of Macas, Monjas and Quingeo central, which were built through systems such as wetlands, septic tanks, storm tanks and sand traps, which despite their operation have not been able to solve the treatment of all wastewater produced in the parish. Thus, based on this need, the implementation of a wastewater treatment system consisting of vertical wetlands and septic tanks has been planned.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	Introducción	14
II.	Problemática	18
2.1	Antecedentes	18
2.2	Importancia y Alcances.....	19
2.3	Delimitación	19
2.3.1	Espacial o geográfica.....	19
2.3.2	Temporal.....	20
2.3.3	Sectorial o institucional	20
III.	Objetivos	20
3.1	Objetivo General.....	20
3.2	Objetivos Específicos.....	20
IV.	Marco Teórico	21
4.1	Aguas Residuales.....	21
4.1.1	Clasificación según su origen	22
4.1.2	Contaminación del Agua	23
4.1.3	Tratamiento de aguas residuales	30
4.2	Pretratamiento	31
4.2.1	Canal de cribado.....	31
4.2.2	Desarenador	32
4.3	Tratamiento Primario - Pozo Séptico	32
4.3.1	Tratamiento de Aguas Residuales mediante el uso de Pozos Sépticos	32
4.4	Tratamiento Secundario - Humedales Artificiales	33
4.4.1	Humedales Artificiales	33
4.4.2	Clasificación de los Humedales Artificiales.....	33

4.5 Sistemas de Recepción y Distribución	37
4.6 Emplazamiento de los sistemas de tratamiento de los tratamientos de aguas residuales	37
4.6.1 Pendientes	38
4.6.2 Hidrografía.....	38
4.6.3 Usos de suelo	38
4.6.4 Distancia a las viviendas	38
4.6.5 Viabilidad	38
V. Marco Metodológico	38
5.1 Propuesta de solución	38
5.2 Procesamiento de información dada por ETAPA EP	39
5.2.1 Procesamiento de información de las PTAR existentes	41
5.2.2 Análisis de DBO ₅ en las PTAR existentes	43
5.2.3 Climatología de la parroquia	48
5.3 Pretratamiento	48
5.3.1 Caudal Medio Diario	49
5.3.2 Caudal medio horario	50
5.3.3 Caudal de punta diario.....	50
5.3.4 Caudal de punta horario.....	50
5.3.5 Canal de cribado.....	51
5.3.6 Desarenador	52
5.4 Tratamiento Primario – Pozo Séptico.....	54
5.4.1. Diseño de tratamiento primario- Fosa Séptica tipo Imhoff	55
5.5 Tratamiento secundario - Humedales Verticales.....	61
5.5.1 Diseño de humedales verticales	62
5.5.2 Diseño de ingeniería básica del sistema de tratamiento	62

5.5.3	Diseño del humedal	64
5.5.4	Diseño considerando la eliminación de NT en un humedal subsuperficial.....	68
5.6	Sistemas de Recepción y Distribución	69
5.6.1	Determinación del diámetro interno.....	69
5.6.2	Tuberías perforadas	72
VI.	Resultados	75
6.1	Pretratamiento	75
6.2	Tratamiento Primario - Pozo Séptico	77
6.3	Tratamiento Secundario – Humedales Verticales	81
6.4	Sistemas de Recepción y Distribución	85
6.4.1	Tubería de distribución- pozo séptico al humedal	85
6.4.2	Tubería de distribución –Alimentación del humedal	86
6.4.3	Tubería de drenaje del Humedal	87
6.4.4	Tubería de distribución – Salida de los humedales.....	88
6.5	Emplazamiento del sistema de tratamiento.....	89
VII.	Conclusiones.....	90
VIII.	Recomendaciones.....	90
IX.	Referencias bibliográficas.....	91
X.	Anexos	99
10.1	Tabla de las concentraciones de los compuestos presentes a la entrada de las PTRAs en el tiempo.....	100
10.2	Cronograma de actividades	102
10.3	Matriz de consistencia Lógica.....	103
10.4	Planos constructivos y de Emplazamiento.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Distribución del territorio de la parroquia de Quingeo en función de la aptitud	17
Tabla IV.1 Propiedades físicas del agua	24
Tabla IV.2 Propiedades químicas del agua	27
Tabla IV.3 Propiedades biológicas del agua	29
Tabla IV.4 Rugosidad y conductividad hidráulica en función del material granular.	35
Tabla V.1 Zonas con mayor afluencia de la parroquia de Quingeo.....	39
Tabla V.2 Constitución de los sistemas de tratamiento existentes en la parroquia.	41
Tabla V.3 Datos obtenidos del muestreo, en los periodos 2015-2019 y 2015-2022	41
Tabla V.4 Recopilación de datos por estación, año y parámetro.....	43
Tabla V.5 Valores recomendados de coeficientes de punta para pequeñas comunidades	50
Tabla V.6 Tabla de los valores recomendados para el dimensionamiento de un tanque Imhoff	57
Tabla V.7 Valores usados para el diseño del tanque Imhoff.	58
Tabla V.8 Datos necesarios para el dimensionamiento de humedales construidos de flujo subsuperficial.....	64
Tabla V.9 Características típicas del medio granular para el humedal de flujo subsuperficial	67
Tabla V.10 Coeficiente de Manning.	70
Tabla V.11 Diámetros comerciales de tuberías RIVAL de PVC.	72
Tabla VI.1 Tabla de resultados de los parámetros y caudales iniciales.	75
Tabla VI.2 Dimensiones para el sistema de pretratamiento	76
Tabla VI.3 <i>Tabla de los parámetros del tratamiento primario tanque tipo Imhoff</i>	77
Tabla VI.4 Tabla de los parámetros iniciales para el diseño del humedal de flujo vertical....	81
Tabla VI.5 Métodos de estimación del área del humedal en función del parámetro a eliminar	82

Tabla VI.6 Dimensiones del humedal de flujo subsuperficial.....	83
Tabla VI.7 Resultados de la tubería de distribución del pozo séptico al humedal	85
Tabla VI.8 Resultados de la tubería de distribución, alimentación del humedal	86
Tabla VI.9 Dimensionamiento de las tuberías perforadas, tubería PVC tipo B.	87
Tabla VI.10 Resultados de la tubería de distribución al punto de descarga.....	88
Tabla X.1 Datos de concentración de los diferentes parámetros a la entrada de los diferentes sistemas en función del año.	100
Tabla X.2 Datos de concentración de los diferentes parámetros a la salida de los diferentes sistemas en función del año.	101
Tabla X.3 Cronograma de Actividades	102
Tabla X.4 Matriz de consistencia.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Zona de estudio, parroquia de Quingeo	20
Figura IV.1 Esquema de una rejilla de entrada.....	31
Figura IV.2Ejemplo de un desarenado de flujo horizontal.	32
Figura IV.3 Esquema de un pozo séptico tipo rectangular.....	33
Figura IV.4 Esquema de un humedal de flujo superficial.....	34
Figura IV.5 Esquema de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales.	35
Figura IV.6 Humedal subsuperficial del flujo horizontal	36
Figura IV.7 Humedal de flujo subsuperficial vertical.....	37
Figura V.1 Zona de Diseño Y.....	40
Figura V.2 Zona de Diseño J.	40
Figura V.3 Zona de Diseño W.	40
Figura V.4 Tabla propuesta por Metcalf y Eddy para la clasificación según la concentración de diferentes sustancias.....	42
Figura V.5 Análisis de DBO en la planta de tratamiento de Macas	44
Figura V.6 Datos de los muestreos realizados para la planta de Quingeo, 2015-2019.....	45
Figura V.7 Datos de los muestreos realizados para la planta de Monjas, 2015-2019.	46
Figura V.8 Datos de los muestreos realizados para DBO ₅ de los 3 sistemas de tratamiento, 2015-2019.....	47
Figura V.9 Valores de eficiencia para cada sistema, según el año.	47
Figura V.10 Zona de estudio Y.....	49
Figura V.11 Esquema del canal de cribado	51
Figura V.12 Fosa séptica o pozo séptico formado con dos cámaras.....	55
Figura V.13 Esquema de la zona de decantación de un tanque Imhoff rectangular	56
Figura V.14 Esquema de un tanque Imhoff rectangular con dos puntos de recogida de lodos.	61

Figura V.15 Distribución en profundidad de las capas de medio granular en un sistema de humedales verticales de dos etapas.....	62
Figura V.16 Datos del muestreo en los diferentes sistemas de tratamiento para los sólidos suspendidos.....	63
Figura V.17 Configuración vista en corte para 2 y 3 orificios.	74
Figura VI.1 Vista en planta de Pretratamiento.	77
Figura VI.2 Vista en perfil del Pretratamiento.	77
Figura VI.3 Vista en planta del tanque séptico Imhoff.	80
Figura VI.4 Vista en perfil del tanque séptico Imhoff.	81
Figura VI.5 Dimensiones del humedal con su sistema de drenaje.	84
Figura VI.6 Sección en corte lateral y frontal del humedal.	85

I. INTRODUCCIÓN

En las zonas rurales de Cuenca, los tratamientos de aguas residuales no llegan a ser óptimos, en su mayoría, debido a las limitaciones de los mismos, generando afectaciones como la contaminación de fuentes hídricas, favoreciendo la proliferación de enfermedades y la generación olores desagradables para propios y turistas. Las aguas residuales producidas por comunidades pequeñas que lleguen a ser vertidas sin ningún tratamiento a las fuentes hídricas tienen una repercusión negativa sobre los sistemas acuáticos presentes (Cui et al., 2008; Scholten et al., 2015; Merino Solís, 2017; Smith, 2009; Yates & Prasher, 2009; Zhang et al., 2008).

En función de los niveles presentes de fósforo y nitrógeno en las aguas residuales (AR) se puede dar una aceleración del proceso de eutrofización, producto de la descarga excesiva de nitrógeno en las fuentes hídricas, ocasionando grandes problemas ambientales, como la eutrofización del agua y la destrucción de los hábitats acuáticos, generando la reducción del oxígeno disponible, tras una descomposición aerobia de la materia orgánica, llegando a producir una elevación en el nivel de turbidez del agua (Cui et al., 2008; Scholten et al., 2015; Merino Solís, 2017; Smith, 2009; Yates & Prasher, 2009; Zhang et al., 2008).

Al momento de analizar el tipo de proceso o tratamiento a las aguas residuales (AR), es vital considerar parámetros como: su procedencia y características, caudal, tecnología disponible, la disponibilidad económica, exigencias y normativas propias de cada zona de estudio en función del vertido de aguas residuales en normatividad vigente en materia de descarga de aguas residuales para la zona de estudio, determinación de población, disponibilidad de espacio en el terreno, topografía y clima (Chan et al., 2008; J. García & Corzo, 2008; Merino Solís, 2017).

Es muy común el uso de un sistema de pretratamiento que facilite el funcionamiento de las etapas posteriores con el fin de eliminar en su mayoría aquellas partículas que sea por su naturaleza o tamaño llegaran a generar fallos posteriormente. Estas operaciones se relacionan directamente con la calidad del agua bruta y los tratamientos posteriores, en este caso un humedal es propio de los sistemas naturales dulceacuícolas, sin embargo, puede ser usado en el tratamiento de aguas servidas para poblaciones pequeñas (J. García & Corzo, 2008; Romero, 2015).

Hoy en día se tiene como una elección ecológica el uso de sistemas de tratamiento con base en humedales artificiales, debido a su perfecta adaptabilidad a pequeñas comunidades con el fin de tratar sus descargas. Este sistema genera la depuración a través de la vegetación; teniendo como objetivo el diseño y construcción de dispositivos hidrodinámicos conformados por procesos de degradación bioquímica (Akratos & Tsihrintzis, 2007; Puigagut et al., 2007; Vymazal, 2007).

Según la fácil aplicación y mantenimiento, se observa que, con el tiempo, estos sistemas han ampliado su ocupación alrededor del mundo sin dejar de lado su principal función de supresión de sustancias que producen la polución de las aguas, usando métodos y procesos bioquímicos mediante sistemas naturales que excluyan el uso de energía externa o química (J. García & Corzo, 2008; Matamoros et al., 2007).

Es por eso, que la aplicabilidad de estos sistemas al trabajar conjuntamente con un sistema de pozo séptico además de un pretratamiento, son una opción eficiente ya que su requerimiento de espacio es menor a diferencia de otros sistemas, así mismo, al comparar con otros sistemas su costo de operación y mantenimiento puede llegar a ser relativamente más económicos, además de su facilidad de implementación en zonas rurales.

El diseño y evaluación de este servicio cumplen con el artículo 64 de la (Constitución de La República Del Ecuador, Agua, Sección Sexta . Capítulo II, 2008) el cual establece el derecho a la conservación del agua y su preservación como el mantenimiento del caudal ecológico, la protección de sus fuentes hídricas y la restauración y conservación de los ecosistemas existentes. Así mismo en función del Plan de creación de oportunidades 2021-2025 (2021), se encontró que en el “Objetivo 10 Garantizar la soberanía Nacional integridad territorial y seguridad del Estado” enfocado en:

El cambio climático, conservación de los ecosistemas, prácticas ambientales, a nivel global, la naturaleza y los beneficios que brindan a la gente se han visto afectados por (...) contaminación atmosférica, de los océanos, sobrepastoreo, aumento de temperatura, incendios forestales, reducida cantidad y calidad del agua, cambios en las demandas de los recursos naturales, limitado entendimiento de los ecosistemas complejos, entre otros. Todo esto debido al aumento de la población humana y sus actividades económicas, causando cambios fisiográficos y en la diversidad biológica (...). (pp. 82)

De la misma manera, la Asamblea Nacional (2014) en la Constitución de la República del Ecuador, en la ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua estipula en el Artículo 12:

El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

En el Plan de creación de oportunidades 2021-2025 (2021), se puede establecer la importancia de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos para posibilitar un aprovechamiento y uso correcto de este recurso, con el fin de asegurar la adecuada administración de las fuentes de agua superficial y subterránea, así como la consideración del incremento en el consumo de recursos hídricos en función de la decreciente de fuentes de agua, por lo cual se debe ser capaz de analizar y determinar los factores que producen variaciones en dichos parámetros como los cambios demográficos, el uso desmedido, la decreciente calidad de las fuentes y el cambio climático.

Para el diseño del sistema de tratamiento es necesario el análisis del consumo que tiene la parroquia y la contaminación que llega a producir, por lo cual es necesario determinar la población y sus actividades cotidianas. Acorde al Plan de Manejo y Desarrollo Territorial de Quingeo (PDOT-Q) elaborado en 2019, la población económica activa (PEA) de esta parroquia se divide en actividades como la agricultura y ganadería con el 42.06%, la construcción el 19.80%, los hogares como empleadores el 9.11%, el comercio al por mayor y menor el 6.69% y con el 6.61% las industrias manufactureras.

Teniendo como actividades principalmente contribuyentes en la contaminación además del consumo doméstico, las actividades agrícolas y agropecuarias, en la Tabla I.1 se presenta capacidad de uso de la tierra (CUT). Estas aguas conforman gran parte de las aguas que son vertidas sin previo tratamiento a las fuentes hídricas a través de desagües; también en la cría de animales y ganadería en general, el uso de químicos limpiadores con altos contenidos de sustancias contaminantes es muy común (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2014).

Tabla I.1 Distribución del territorio de la parroquia de Quingeo en función de la aptitud

CUT	Aptitud	Tipos	HA	%
III	Agrícola, Pecuaria, Agropecuaria o Forestal con ligera a moderadas	Tipo 01: Apto para cultivos (clase I-II-III)	129.125	1%
IV	Agrícola, Pecuaria, Agropecuaria o Forestal con severas limitaciones.	Tipo 02: Apto para pastos (clase IV-V)	529.99	4.44%
VI	Agrícola, Pecuaria, Agropecuaria o Forestal con severas limitaciones.	Tipo 03: Aptitud Forestal o silvopasturas (clase VI-VII)	1470.11	12.41%
VII	Aprovechamiento Forestal	Tipo 03: Aptitud Forestal o silvopasturas (clase VI-VII)	2480.11	20.94%
VIII	Conservación	Tipo 04: Suelo de conservación (clase VIII)	7222.105	60.98%
TOTAL			11842.63	100%

Fuente: GAD Municipio de Cuenca-IERSE 2018

Elaborado por: Equipo Consultas, PDOT de la parroquia Quingeo 2019

El (PDOT-Q, 2019) muestra que cerca del 20.83 % de desechos sólidos no llegan a eliminarse adecuadamente; al no tener buenas prácticas de desechos de residuos, se estima que alrededor de 15.40 % de desechos se arrojan a quebradas o terrenos vacíos, la quema es el 38.00 %, los desechos enterrados representan un 3.55% y el 0.55% pertenece a otras formas de

recolección que no involucren camiones de recolección de basura.

En cuanto a una comparación, los sistemas de flujo horizontal tienden a presentar mayores riesgos de colapso debido al ingreso del agua, con el fin de mitigar esta condición se busca menores concentraciones de materia en suspensión; y si se analiza económicamente, los humedales artificiales de flujo superficial involucran una menor inversión de recursos (Delgadillo et al., 2010).

Por tanto, que en el presente estudio se diseñará un sistema de tratamiento conformado por humedales verticales de flujo subsuperficial conjuntamente con un pozo séptico y con el fin de evitar posibles fallas de obstrucción o colmatación prematura de los sistemas se dimensionará un sistema de pretratamiento.

II. PROBLEMÁTICA

2.1 Antecedentes

El estudio consta de dos etapas conformadas por dos proyectos de titulación, el primero es dado por “Núcleos de saneamiento en la parroquia Quingeo” realizado por Christian Raúl Malo Gutierrez estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana periodo 62 y la segunda etapa descrita por este trabajo de titulación.

Esta parroquia cuenta con cuatro Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR), tres Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) conocidas como PTAR y un tanque de tormenta, ubicadas en los sectores de Macas, Monjas y Quingeo central, las cuales se constituyeron a través de sistemas como humedales, pozos sépticos, tanques de tormenta y desarenadores según la información brindada por ETAPA EP.

Según el PDOT-Q, (2019) alrededor del 3.00% de los hogares disponen de una red de alcantarillado convencional, a su vez el 39.41% dispone de pozo séptico y el mayor porcentaje, 43.49% representa la población que no cuenta con ningún sistema de alcantarillado; en función del Censo INEC 2010, el 43.88% de los domicilios de la zona son beneficiarias de la red pública de agua.

2.2 Importancia y Alcances

El diseño para solventar el tratamiento de aguas residuales para la zona de la parroquia de Quingeo tiene como fin la entrega del diseño y emplazamiento de dichos sistemas los cuales presentaran los métodos de cálculo, planos de emplazamiento y esquemas a detalle, el criterio que más usado comúnmente es la concentración de DBO₅, sólidos en suspensión y la cantidad de nitrógeno que es capaz de disipar el sistema de tratamiento a la salida del mismo; así mismo, estos diseño deben cumplir con las disposiciones del espacio existente en la parroquia.

Se limita a realizar un diseño competente mediante un sistema de pretratamiento, pozos sépticos y humedales verticales que solventan las necesidades de esta población, ya que los humedales verticales permiten ahorrar recursos económicos y es aplicable a zonas rurales como la de este caso, mientras que los pozos sépticos facilitan el tratamiento de aguas residuales ayudando mecanismos físicos porque no implican mayor complejidad en su construcción o diseño, así como su eficiencia.

2.3 Delimitación

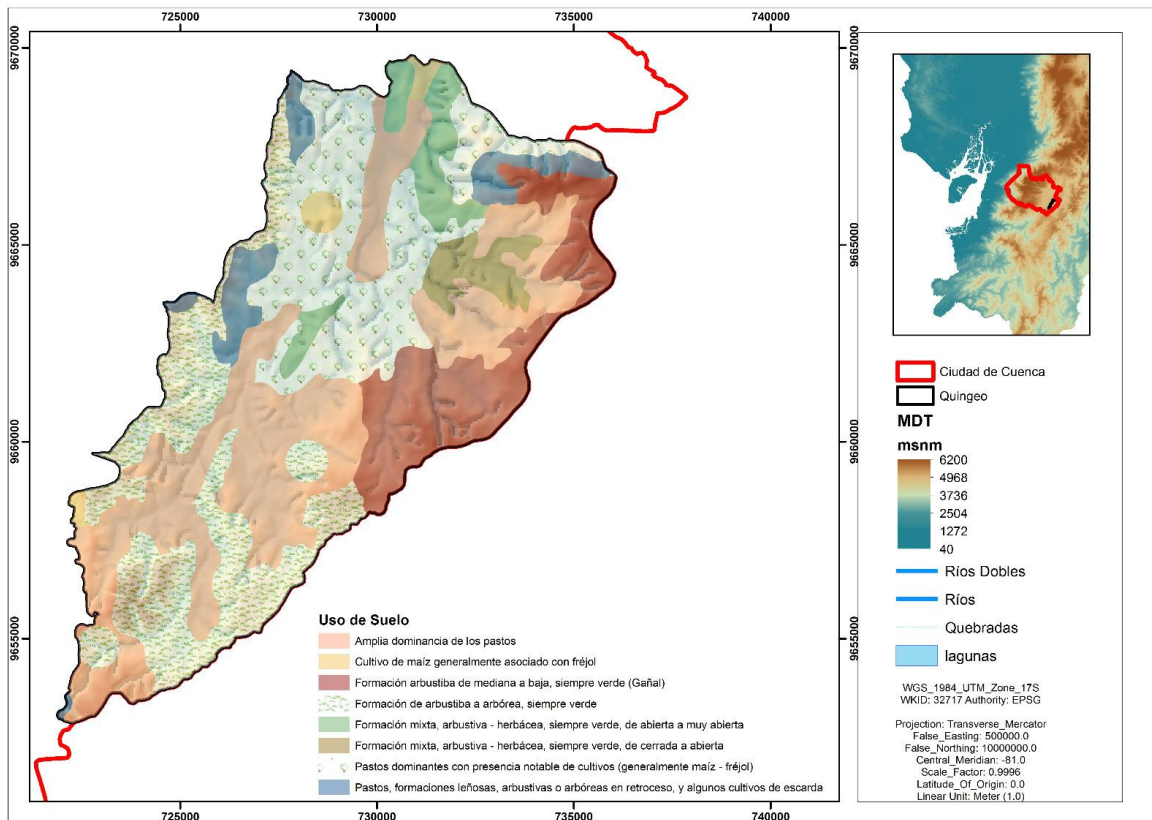
2.3.1 Espacial o geográfica

El estudio se enfoca en la ciudad de Cuenca, cabecera cantonal de la provincia del Azuay, conocida como la tercera ciudad con mayor importancia de Ecuador, al sur del país a una altura de 2538msnm con una población total de 580000habitante y una extensión de 15730ha.

2.3.1.1 Subsector

Quingeo es una parroquia del cantón de Cuenca la misma cubre un área de 116.49 km² la misma cuenta con una población de 7450habitantes según el censo del año 2010. Se ubica en las coordenadas 72100E y 9664000N, cómo se observa en la Figura II.1

Figura II.1 Zona de estudio, parroquia de Quingeo



2.3.2 Temporal

El trabajo de titulación se ejecutará en el periodo académico 62, comprendido entre los meses de marzo a junio del 2023.

2.3.3 Sectorial o institucional

El trabajo se limita al sector de Agua y Saneamiento de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ETAPA EP.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Quingeo perteneciente al cantón Cuenca.

3.2 Objetivos Específicos

- Definir la realidad de los sistemas actuales de alcantarillado para el sector rural

de la parroquia Quingeo perteneciente al cantón Cuenca.

- Proponer un diseño de humedales verticales y un pozo séptico para las zonas de mayor afluencia de aguas residuales y aguas grises en la parroquia Quingeo.
- Realizar un emplazamiento óptimo de los diseños planteados en función de las necesidades de la parroquia Quingeo.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Aguas Residuales

Se les nombra así a todo tipo de agua contaminada que ha sido modificada por acción y efecto del ser humano, implantando materias contaminantes, formas de energía o modificando sus propiedades directa o indirectamente; incluye alteraciones en usos posteriores y en su entorno ecológico ya que produce una mezcla de elementos inorgánicos y orgánicos ya sea que se encuentren suspendidos o disueltos, produciendo una alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los mismos (Acosta & Leonardo, 2012; Díaz Cuenca et al., 2012).

Las AR (aguas residuales) presentan una gran cantidad de microorganismos causantes de enfermedades, incluyendo virus, protozoos y bacterias, con un origen en individuos infectados o animales. Algunas de las causas más comunes de muerte específicamente en Latinoamérica son la diarrea, gastroenteritis, cólera, hepatitis, disentería y muchas otras, las cuales se producen por el consumo de agua no apta debido a la contaminación por el mal manejo de desechos. La OMS (Organización Mundial de la Salud) pone en manifiesto que en Brasil veinte niños pierden la vida por la inexistencia de tratamientos de aguas negras (Olviars Cruz et al., 2020; Reynolds, 2002).

Legalmente la Asamblea Nacional (2014), en la ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, trata de controlar y mantener un uso adecuado sobre las fuentes hídricas con el fin de mitigar la contaminación que se puede llegar a generar, según el Art. 411, establece:

Art.411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos

asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

4.1.1 Clasificación según su origen

4.1.1.1 Aguas Residuales

Son aquellas utilizadas con fines domésticos como baños, cocinas, lavanderías, etc, constituidas principalmente por biorresiduos domésticos que se infiltran en los diferentes sistemas de recolección y arriban a las redes de alcantarillado o en su defecto son vertidas al medio ambiente. Teniendo una concentración de líquidos es de aproximadamente 99.90% y apenas 0.10% de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, el cual genera inconvenientes en su tratamiento y disposición (Casteñeda Villanueva & Flores López, 2013; Mara et al., 1990) (Díaz Cuenca et al., 2012).

4.1.1.2 Aguas Residuales Industriales

Según Villarroel Guayasamin (2019) y Muñoz Cruz (2008) p. 130, son aquellas producidas por actividades que involucren la elaboración, transformación o manejo de agua. Su caudal y composición tienden a ser variables en función de la hora del día o estación del año ya que su demanda puede ser mayor o menor, de la misma manera de acuerdo al tipo de industria los estudios efectuados sobre esas AR pueden indicar la presencia de aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal en su composición.

4.1.1.3 Aguas Residuales Ganaderas y Agrícola

Desde 1960 con la revolución industrial se dio el uso de fertilizantes; hasta el día de hoy su uso ha tenido un crecimiento exponencial de al menos diez veces su valor original. Poseen una gran concentración de sustancias contaminadas que traen consigo afectaciones a la salud. Las actividades agrícolas y ganaderas producen una parte considerable del agua vertida a las fuentes hídricas sin previo tratamiento de por medio, en la cría y ganadería de animales, el uso de químicos limpiadores con altos contenidos de sustancias contaminantes es común (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2014).

4.1.1.4 Aguas Residuales de escorrentía

Su origen reside en las precipitaciones o en algunos casos nieve, su aporte es intermitente en la cuenca. El análisis de la superficie permite establecer si es impermeable o permeable; por la presencia de edificios, pavimentos, calzadas, aceras, entre otros, prevalecen las zonas impermeables; a diferencia de los jardines, patios, interior o incluso solares sin edificar que conforman la superficie permeable (Zambrano et al., 2009).

Erróneamente se cree que el agua lluvia no posee impurezas, pero esta al quedarse estancado en huecos o depresiones del suelo y con acción de una lluvia continua por un periodo largo de tiempo se desplaza a los puntos de recogida, arrastrando consigo materiales en suspensión y disolución (Zambrano et al., 2009).

Para clasificar este tipo de aguas residuales vamos a establecerlas como:

- Aguas grises: aquellas aguas procedentes de aguas residuales de escorrentía.
- Aguas negras: aquellas aguas residuales producidas por los domicilios, industrias, ganadería y agricultura.

4.1.2 Contaminación del Agua

Según Muñoz Cruz (2008), describe que el agua está contaminada cuando por cualquier circunstancia su estado llega a ser modificado limitando su uso, es decir, ya no puede emplearse para aquellas actividades que estaban previstas en su estado natural. Esto puede ser producto de contaminantes físicos, químicos, por actividades que generen metales como desperdicio, por la industria ganadera y agrícola, o condiciones microbiológicas del agua en sí.

Metales como mercurio, cadmio, zinc, plomo, cromo, y demás, llegan a ser liberados produciendo afectaciones en los ecosistemas y suelos, producto de diferentes actividades de los seres humanos, trayendo consigo un peligro eminente a los seres bióticos debido a su bioacumulación, a sus propiedades no biodegradables sin dejar de lado su toxicidad, aunque sus concentraciones sean bajas. (Ahmed et al., 2013).

4.1.2.1 Propiedades Físicas del Agua.

Tabla IV.1 *Propiedades físicas del agua*

4.1.2.1.1 Olor	<p>Se percibe fácilmente a través del sentido del olfato, producida por gases que son liberados mientras se descomponen los elementos orgánicos de la materia a través del proceso de descomposición de la materia orgánica a través del proceso de reducción de sulfatos, a mayor cantidad de microorganismos presentes este proceso puede tardar más o menos tiempo (Crombet Grillet et al., 2013).</p> <p>El Ministerio del Medio Ambiente (2003), dictamina que el olor debe ser removible posterior al tratamiento convencional usado.</p>
4.1.2.1.2 Temperatura	<p>Las variaciones de temperatura son producidas por la cantidad de actividad bioquímica de los microorganismos al igual que la descarga de aguas calientes, debemos determinarla para analizar su incidencia en la vida acuática (Ruiz et al., 2016).</p> <p>Según el Ministerio del Medio Ambiente (2003), en la “norma de calidad ambiental de efluentes: recurso agua” dicta un límite máximo permisivo para la temperatura la cual establece que no debe sobrepasar los 35°C en la descarga a un cuerpo de agua dulce.</p>
4.1.2.1.3 Densidad	<p>Descrita como la masa por unidad de volumen que está dada en g/cm^3 o kg/m^3, definida en función de la densidad del agua, limitado por la temperatura y la concentración de sólidos presentes (Chacón et al., 2004).</p>

<p>4.1.2.1.4 Turbiedad</p>	<p>Indicador de la pureza del fluido en función de la relación del material coloidal y residual en suspensión. Se mide a través de métodos prácticos-físicos, el más común es la comparación entre la intensidad de la luz dispersa en la muestra y en una de referencia; está relacionada a la concentración de sólidos (Chacón Chaquea, 2016; Llano et al., 2014).</p> <p>En el caso de la turbiedad el Ministerio del Medio Ambiente (2003), establece un límite máximo permisible de 100UTN para aguas de consumo humano, que requieran solamente un tratamiento convencional.</p>
<p>4.1.2.1.5 Color</p>	<p>Relacionado con la presencia de sólidos suspendidos, generalmente el color verdoso en las aguas residuales es común en este tipo de agua. Visualmente podemos llegar a deducir que es producto del vertido de sustancias de la industria o agroindustria como ácidos húmicos y fúlvicos, etc (Quintero & Cardona Gallo, 2011).</p> <p>En el caso del color, el límite máximo permisible que dictamina el Ministerio del Medio Ambiente (2003), en el caso de descarga a cuerpo de agua dulce es de 1/20 unidades de color, esto sobre 10cm de una muestra disuelta.</p>

<p>4.1.2.1.6 pH</p>	<p>Describe el nivel que alcanza la acidez o alcalinidad presente en el agua, es en función de la proporción de contracción de iones de hidrógenos teniendo un rango de 0 a 14, siendo pH=7 el neutro, usado para para poder establecer un tratamiento adecuado (Amaya et al., 2004).</p> <p>En el caso del potencial de hidrógeno (pH) el Ministerio del Medio Ambiente (2003), establece un límite máximo permisible de 5-9 para descargas a un cuerpo de agua dulce.</p>
<p>4.1.2.1.7 Sólidos Totales</p>	<p>Concentración de residuos presentes después de la evaporación de la parte líquida a una temperatura de 105°C en un periodo de 24horas (Garcés Giraldo & Peñuela Mesa, 2007).</p> <p>Para los sólidos totales, el Ministerio del Medio Ambiente (2003), establece un límite máximo permisible 1600mg/l para una descarga a un cuerpo de agua dulce.</p>
<p>4.1.2.1.8 Contenido de sólidos</p>	<p>La porción de materia orgánica presente en las aguas residuales, estas pueden ser celulosa, carbohidratos, quitina, partículas de fibra entre otros elementos de tipo orgánico, al igual que sustancias químicas inorgánicas (Colotta, 2003).</p>
<p>4.1.2.1.9 Distribución de Partículas</p>	<p>Según el tamaño de las partículas, se tiene: aquellas menores a 0.08µm se describen como sustancias disueltas; aquellas entre el rango de 0.08 a 1.0µm son coloidales; de 1 a 100µm llegan a ser supracoloidales; mayores a 100µm llegan a ser sedimentables (Osorio Rivera et al., 2021).</p> <p>Para los sólidos sedimentables, el Ministerio del Medio Ambiente (2003), determina un límite máximo permisible de 1.0mg/l para una descarga a un cuerpo de agua dulce.</p>

4.1.2.2 Propiedades Químicas del Agua

Tabla IV.2 *Propiedades químicas del agua*

4.1.2.2.1 Nitratos	<p>Es la cantidad de materia orgánica presente en las aguas residuales, pueden ser quitina, carbohidratos, celulosa, fibra, así como sustancias orgánicas y sustancias químicas inorgánicas (Colotta, 2003).</p> <p>Para el caso de los Nitratos, el Ministerio del Medio Ambiente (2003), dictamina límite máximo permisible de 10mg/l.</p>
4.1.2.2.2 Sulfatos	<p>Tienen la propiedad de ser solubles, producen en los sulfuros la oxidación bacteriana, además los niveles de concentración llegan a variar entre los 20 y 50mg/l (Marín Galvín, 2019).</p> <p>El Ministerio del Medio Ambiente (2003), dictamina un límite máximo permisible de 1000mg/l de sulfatos para descargas a un cuerpo de agua dulce.</p>
4.1.2.2.3 Cromo	<p>Es un metal altamente contaminante que componen complejos aminados y compuestos conformados por cianurados con sales amónicas, cloruros, sulfatos y nitratos generan un nivel de toxicidad (Ortiz & Carmona, 2015).</p> <p>En el caso del cromo, el Ministerio del Medio Ambiente (2003), dictamina que para descargas a cuerpos de agua dulce se debe tener una cantidad máxima de cromo de 0.5mg/l.</p>

<p>4.1.2.2.4 Hierro</p>	<p>Se encuentra debido a manufacturas relacionadas con el acero y otros metales, llegan a producir afecciones graves en la salud especialmente en la piel (Gilpavas et al., 2016).</p> <p>El Ministerio del Medio Ambiente (2003), determina un límite máximo permisible para el hierro de 10.0mg/l en el caso de descargas a cuerpos de aguas dulces.</p>
<p>4.1.2.2.5 Cloruro</p>	<p>Su presencia se da producto de la solución de depósitos de minerales, producto de varios afluentes producto de sectores industriales o domésticas, así mismo es un indicador de la contaminación microbiológica por patógenos (Naranjo Santa, 2014).</p> <p>En el caso de cloruros para la descarga a cuerpos de agua dulce, el Ministerio del Medio Ambiente (2003), determina un límite máximo permisible de 1000mg/l.</p>
<p>4.1.2.2.6 Zinc</p>	<p>No es común encontrarlo en aguas superficiales o subterráneas, se encuentra en estado iónico, coloidal e inorgánico; es un indicador de la contaminación por la presencia de pilas, aceites de motores que son producto del mal manejo de desechos (Burgos Mayorga & Agudo Vinces, 2015).</p> <p>El Ministerio del Medio Ambiente (2003), dictamina un límite máximo permisible de 5.0mg/l de zinc para descargas a un cuerpo de agua dulce.</p>
<p>4.1.2.2.7 Calcio</p>	<p>Con la presencia de aniones de bicarbonato, sulfato, fluoruro y cloruro produce sales solubles, relacionados con el nivel de mineralización (Osorio Rivera et al., 2021).</p> <p>La INEN (2015), propone un valor máximo de calcio para agua potable y agua sin tratamiento de 50mg/l.</p>

<p>4.1.2.2.8 Oxígeno Disuelto</p>	<p>Compuesto que es fundamental para la respiración de microorganismos aerobios y otros seres, una más de sus propiedades es la solubilidad, está relacionado con la presión, salinidad y temperatura. Evita la creación de olores desagradables (Metcalf y Eddy. Inc, 1995).</p> <p>En el caso del oxígeno disuelto, el Ministerio del Medio Ambiente (2003), determina un límite máximo permisible no menor al 80% de oxígeno saturado y no menor a 6mg/l.</p>
--	--

En aguas aptas para el consumo la presencia de estos compuestos, sales en su mayoría, es medido en partes por millón, como sólidos disueltos (ppm TDS) o como conductividad en micro-siemens/ cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Chacón et al., 2004).

4.1.2.3 Propiedades biológicas del Agua.

Tabla IV.3 *Propiedades biológicas del agua*

<p>4.1.2.3.1 Carbohidratos</p>	<p>Abarcan el 25.00% de los componentes orgánicos procedentes de actividades de origen doméstico; azúcares, almidones que son degradados por presencia microbiana propia del agua, se encuentran presentes también carbohidratos complejos de degradar (Salgado Bernal et al., 2012).</p>
<p>4.1.2.3.2 Proteínas</p>	<p>Conforman el 65.00% de materia orgánica de aguas de origen doméstico y son los principales en ser tratados en las PTAR, producen también ácido sulfhídrico por acción de los aminoácidos azufrados que conforma las proteínas (Romero Ortiz et al., 2011).</p>

<p>4.1.2.3.3 Lípidos</p>	<p>Principalmente formados por grasas y aceites que constituyen el 10.00% de componentes orgánicos, encargados de generar problemas en los sistemas ya que producen atascamiento en las tuberías, además de olores de mucha intensidad que no llegan ser agradables para los moradores, al igual que la proliferación de los microorganismos (Martinez Morales, 2003; Medina Álvarez, 2015).</p> <p>El Ministerio del Medio Ambiente (2003), dicta un límite máximo permisible de 0.3mg/l para grasas y aceites esto para una descarga a un cuerpo de agua dulce.</p>
---------------------------------	---

4.1.3 Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales comenzó a finales de 1800 y principios del actual siglo, coincidiendo con la denominada época de la higiene. En las ciudades este proceso se da en las EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales) a las cuales a través de las redes de alcantarillado llegan las aguas negras, que posteriormente son tratadas y devueltas al cauce natural. (Rojas, 2002)

Según Ramalho et al. (2003), para seleccionar procesos adecuados los cuales nos permitan eliminar el agua contaminada, se debe considerar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), pH, Materia en Suspensión, Disponibilidad de Terrenos, Ampliaciones, costo de tratamientos, cambios en la normativa, entre otros. Para el tratamiento de las aguas residuales se inicia con el pretratamiento eliminando la mayor cantidad de sólidos, se logra con la construcción de un cribado o con sedimentación, la última basada en diferencias de pesos específicos (Ramalho et al., 2003).

La concentración de DBO₅ describe la cantidad de oxígeno consumido en un periodo de cinco días en oscuridad y con una temperatura constante de 20°C, la cual permite oxidar la materia orgánica contenida por las aguas residuales a través de los procesos anaeróbicos. Se aplica para la evaluación del nivel de contaminación de las aguas residuales, este parámetro se desarrolla de manera espontánea en condiciones aerobias y anaerobias (Martínez, 2014).

El tratamiento secundario implica la técnica de lodos, filtros percoladores, zanjas de oxidación y contactores biológicos rotativos. La unión de estos procesos se usa en aguas residuales con alto contenido de materia orgánica. Por otro lado, en el área de lodos, microorganismos como bacterias y protozoos, se mezclan con el lodo para depurar el agua de los residuos orgánicos mediante actividad metabólica natural (Barreto Mendieta & Chica Tapia, 2021, p. 10).

Por último, el tratamiento terciario o tratamiento avanzado, busca que el agua ya tratada este en función de la normativa vigente. Entre estos encontramos: separación de compuestos orgánicos (carbón activo), cloración, osmosis inversa, electrodiálisis, intercambio iónico. La mayoría no se emplean debido a que su empleo está previsto a exigencias futuras más estrictas (Ramalho et al., 2003).

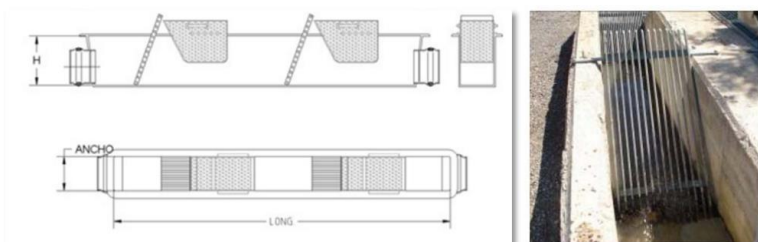
4.2 Pretratamiento

El pretratamiento es denominado a todas las operaciones en las cuales se busca eliminar los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar fallos o problemas en los sistemas posteriores. (Metcalf y Eddy. Inc, 1995), este proceso se hace mediante operaciones unitarias como sedimentación y retención de sólidos. Para parroquias como Quingeo que no presentan grandes concentraciones de pobladores basta con un canal dispuesto contiguo a un aliviadero de excesos y una reja de cribado como lo describe (Atariguana & Urvina, 2020; Bermeo Castillo et al., 2010).

4.2.1 Canal de cribado

Son utilizadas para eliminar todo tipo de sólidos grandes y medianos por lo que se propone el cribado con una inclinación de 45.00° ; su limpieza se debe realizar de manera manual con ayuda de una cesta y un rastrillo y debe de realizarse periódicamente para evitar conglomeraciones, como se ve en la Figura IV.1 (Romero, 2015).

Figura IV.1 Esquema de una rejilla de entrada.



Fuente: (F. García, 2015)

4.2.2 Desarenador

La Normativa de la SSA -Ecuador propone un sistema que permita evacuar las arenas que ocasionen posteriormente fallas en el sistema de tratamiento, así mismo esta normativa propone el uso de un desarenador de flujo vertical que tenga velocidades de flujo que estén alrededor de 0.30m/s con una tolerancia de $\pm 20\%$ como se observa en la Figura IV.2

Figura IV.2 Ejemplo de un desarenado de flujo horizontal.



Fuente: (F. García, 2015)

4.3 Tratamiento Primario - Pozo Séptico

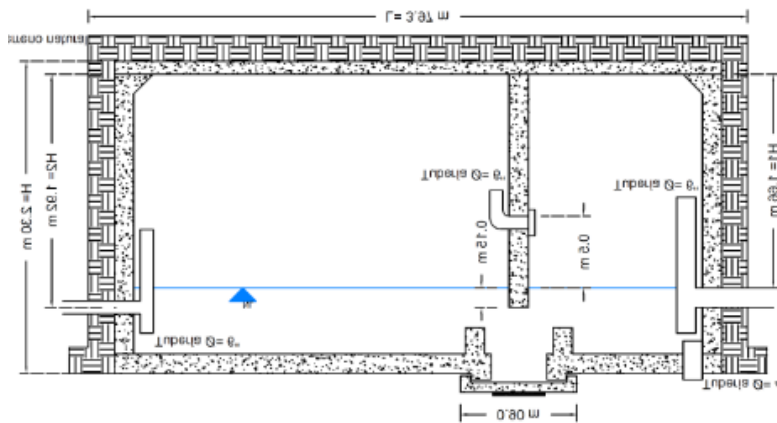
Este tipo de sistemas se emplean en zonas con una población reducida.

4.3.1 Tratamiento de Aguas Residuales mediante el uso de Pozos Sépticos

Se pueden dividir en tres etapas (Rosales, 2003):

- Primera Etapa: En esta se da la sedimentación en el tanque con relación altura-longitud 1:3 y profundidad mínima de un metro. Estos sólidos se almacenan por la sedimentación en el fondo de este sistema.
- Segunda Etapa: Se da biodegradación de materia orgánica, dado por bacterias adheridas a las piedras, teniendo un tamaño entre 7cm a 10cm.
- Tercera Etapa: Remoción de lodos, siendo estos materiales separados de las aguas negras. Se ubican al fondo de este sistema.

Figura IV.3 Esquema de un pozo séptico tipo rectangular



Autor: (Constantino et al., 2015)

4.4 Tratamiento Secundario - Humedales Artificiales

4.4.1 Humedales Artificiales

“Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado.” (Delgadillo et al., 2010, p. 10)

Se define como fitodepuración a la eliminación de aguas residuales por medio de plantas acuáticas o también llamadas macrófitas, las cuales depuran los contaminantes del agua progresiva y lentamente esto mediante una serie de complejas interacciones biológicas, físicas y químicas (Delgadillo et al., 2010).

Martínez (2014), propone que este modelo de humedal en el cual las raíces de la planta seleccionada conjuntamente con la capa de material granular reduce la velocidad del agua, facilitando el proceso de filtración y sedimentación de la materia orgánica e inorgánica presente en el agua residual. El uso del pozo séptico cumple con la función de retener la mayoría de los residuos para evitar obstrucciones y la pronta colmatación del lecho del humedal.

4.4.2 Clasificación de los Humedales Artificiales

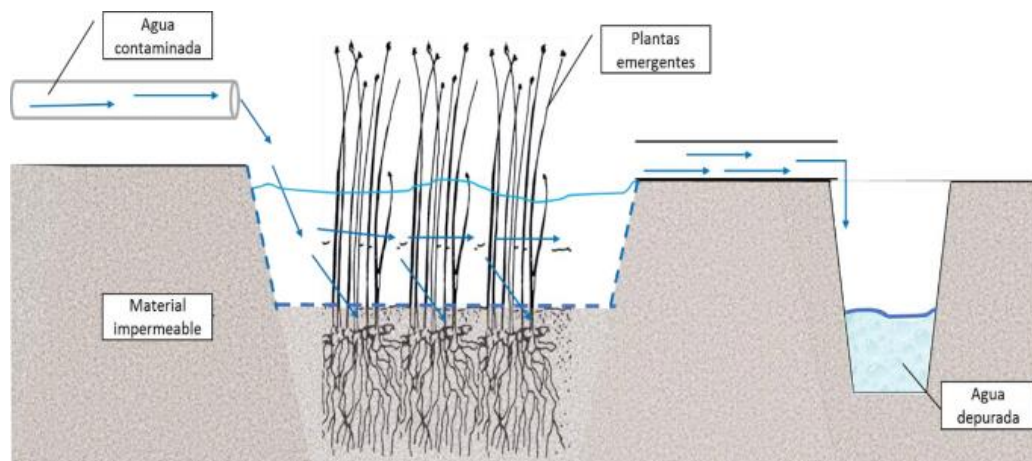
Se clasifican con base en la existencia de una superficie de contacto entre el agua y la atmósfera, llamándose Humedales de Flujo Superficial- HFS (Free Water Surface – FWS) y cuando la circulación del agua a tratar se da dentro del sistema a los cuales se les denomina Humedales de Flujo Subsuperficial-HFSS (Vegetated Submerged Bed – VSB) (Bernal, 2014).

4.4.2.1 Humedal de flujo Superficial-HFS

“Son aquellos en los que, el agua circula sobre la superficie del suelo con vegetación desde un punto de entrada hasta un punto de salida.” (Alarcón et al., 2018, p. 30)

El agua a ser tratada circula por medio de los tallos de las plantas manteniendo un contacto con la atmósfera, se basa en el sistema de lagunas convencionales y, llegan a tener una profundidad menor a 0.6m (Alarcón et al., 2018). Así como se observa en la Figura IV.4

Figura IV.4 Esquema de un humedal de flujo superficial



Autor: (Alarcón et al., 2018)

4.4.2.2 Humedal de flujo subsuperficial-HFSS

En este tipo de humedales, el agua a ser tratada pasa a través del medio granular del cual está formado el humedal artificial, teniendo un calado de aproximadamente 0.60m, el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. Se puede subdividir teniendo en cuenta la dirección del flujo, siendo estos: humedales de flujo subsuperficial horizontal y humedales de flujo subsuperficial vertical (Delgadillo et al., 2010).

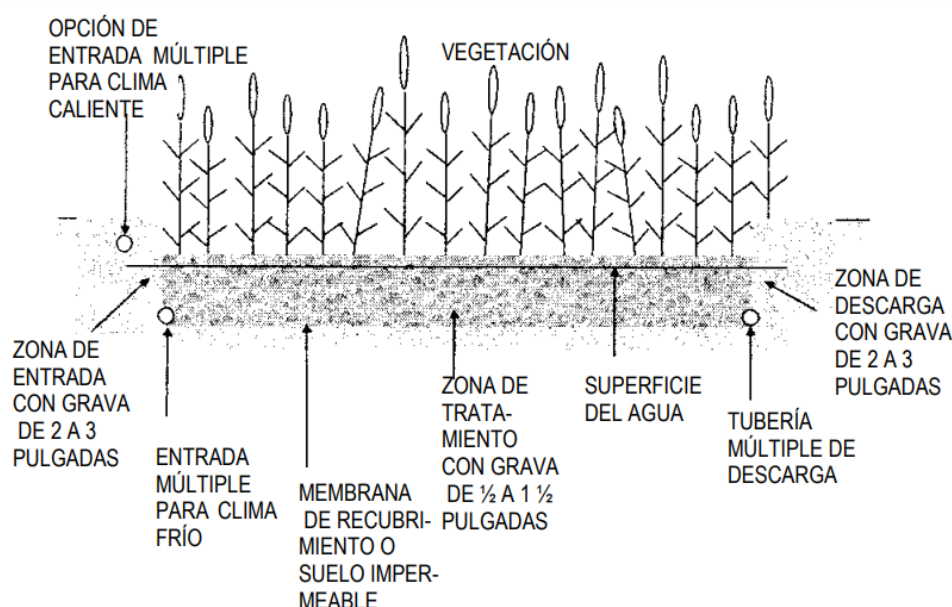
El HHFSS, ver en la Figura IV.5, está compuesto por una capa de grava, utilizado como medio filtrante el llano o musgo que se encuentra en cualquier tipo de medio. Y es de fácil mantenimiento. En función del material granular su rugosidad varía, para determinar el valor de “n” hacer uso de la Tabla IV.4, de la misma manera se debe asegurar que la vegetación utilizada sea de fácil acceso para la comunidad para la recuperación de gastos de construcción, operación y mantenimiento (Konnerup et al., 2009; Zurita et al., 2012; Zurita Martínez, 2008).

Tabla IV.4 Rugosidad y conductividad hidráulica en función del material granular.

Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad Hidraulica Ks (m3/m2*d)
Arena gruesa	2	28-32	100-1000
Arena gravosa	8	30-35	500-5000
Grava fina	13	35-38	1000-10000
Grava media	32	36-40	10000-50000
Roca gruesa	128	38-45	50000-250000

Fuente: (Martínez, 2014)

Figura IV.5 Esquema de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales.



Fuente: (Development Office of Research &, 2000)

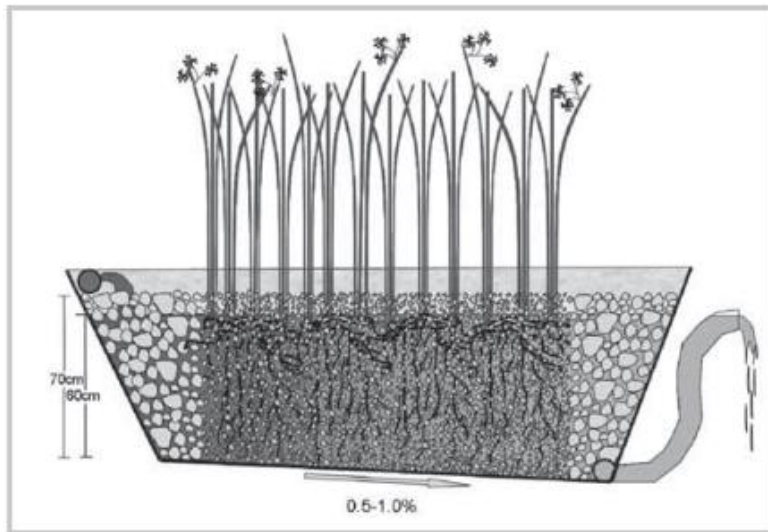
4.4.2.3 Humedal de flujo subsuperficial horizontal:

“El agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua al ser aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte inferior” (Alarcón et al., 2018, p. 20).

Pasando por un medio de poroso con una profundidad variable entre 0.45m a 1m y pendiente que oscila entre 0.50% a 1.00%. El sistema de recogida de agua ya tratada se da por un tubo cribado rodeado por grava con un diámetro de entre 50mm a 100mm, para la zona de plantación se ocupa una grava fina la cual debe tener un tamaño que oscila entre 3mm a 32mm, en la Figura IV.6 se presenta un esquema simplificado de un humedal de flujo horizontal.

(Delgadillo et al., 2010)

Figura IV.6 Humedal subsuperficial del flujo horizontal



Autor: (Delgadillo et al., 2010)

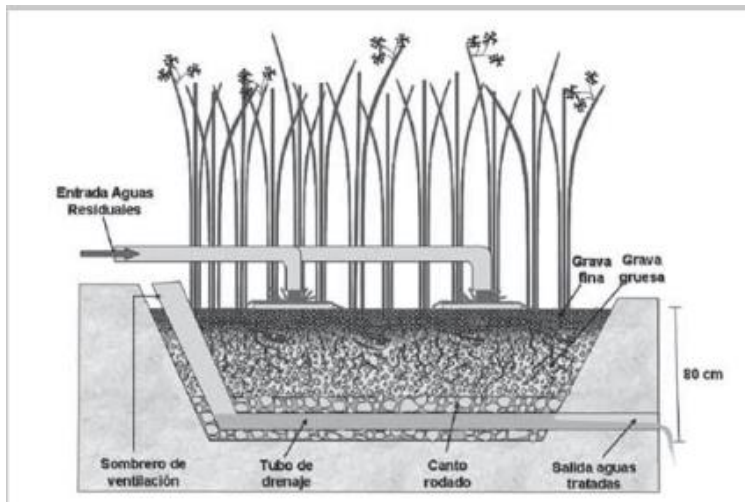
4.4.2.4 Humedal de flujo subsuperficial vertical

“El agua circula verticalmente a través del sustrato de manera intermitente y en ellos se reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de conducción de agua.” (Alarcón et al., 2018, p. 20)

El agua proveniente del sistema de recolección de aguas negras de origen doméstico, anteriormente tratado en el pozo séptico es conducida a los humedales, donde la combinación de procesos anaerobios y aerobios dentro del sistema favorece la eliminación de los sólidos suspendidos y la materia orgánica que no haya sido eliminada en la primera etapa del sistema. El agua a la salida del sistema puede desinfectarse en un tanque nivelador del humedal o en su defecto, en una aparte con el fin de usar esta agua para el riego (Merino Solís, 2017).

Las aguas pasan por una cama matriz conformada por arenas y gravas las cuales pueden variar en su composición y tamaño, las aguas ya tratadas se recogen en una red de drenaje ubicada en el fondo del humedal. La vegetación para tratar se ubica en el medio granular, en la Figura IV.7 se representa un esquema simplificado de un humedal de flujo subsuperficial vertical. Este sistema está constituido por varias capas, siendo las más finas las que entran en contacto con las aguas a ser tratadas, a medida que se va descendiendo el diámetro de las gravas aumenta. (Delgadillo et al., 2010)

Figura IV.7 Humedal de flujo subsuperficial vertical



Autor: (Delgadillo et al., 2010)

4.5 Sistemas de Recepción y Distribución

La parte principal de los sistemas de alcantarillado son las tuberías las cuales conducen el agua residual a los desfogues de las mismas (ríos, quebradas, lagunas, etc.) o a los sistemas de tratamiento a las cuales van a ser expuestas. Como es lógico la ausencia de tuberías traería afecciones al bienestar de los pobladores. Las tuberías son las encargadas de llevar el agua residual de los domicilios a los respectivos sistemas de tratamiento sean este tratamiento primario (pozo séptico) y tratamiento secundario (humedales verticales), para su correcto funcionamiento se debe tener en cuenta ciertos criterios como:

- Los tubos conductores del sistema deberán tener un diámetro nominal mínimo 19 mm (3/4").
- Trabajar con secciones medio llenas se debe verificar que la altura de agua alcance como máximo 70.00-85.00% de la sección llena (J. García & Corzo, 2008)
- Tener en cuenta que el flujo de agua no sea muy bajo, para evitar depósitos de sedimentos en las tuberías, se debe tener una velocidad como mínima de 1m/s

4.6 Emplazamiento de los sistemas de tratamiento de los tratamientos de aguas residuales

Según Atariguana y Urvina (2020) se deben seguir una serie de criterios para escoger una ubicación óptima de los sistemas de tratamiento tanto el primario como el secundario, los criterios a considerarse son:

4.6.1 Pendientes

Para la pendiente (Atariguana & Urvina, 2020; Romero, 2015) proponen valores menores al 5.00% debido a que estas necesitan menor cantidad de movimientos de tierra y por ende recursos económicos a diferencia de aquellas que superan el 15.00%, por lo que una pendiente del 2.00% es óptima para todo el sistema.

4.6.2 Hidrografía

Considerar una distancia de alrededor de 20m de los sistemas de tratamiento a los cuerpos de agua esto para evitar la contaminación de los mismos mediante algún derrame o mal funcionamiento de los sistemas de tratamiento (Atariguana & Urvina, 2020).

4.6.3 Usos de suelo

Tomar en cuenta la ubicación de la zona de vertido y evaluar si el área no está protegida caso contrario no se permitirán estas construcciones.

4.6.4 Distancia a las viviendas

La construcción de los sistemas de tratamiento cerca de zonas pobladas puede causar malestar a los pobladores, por lo que se opta por tener una distancia de unos 100m para garantizar que no afecten a la población. (Atariguana & Urvina, 2020).

4.6.5 Viabilidad

Para todo tipo de construcciones es necesario tener accesibilidad, sin embargo, no es óptimo construir los sistemas de tratamiento cerca de las vías debido a los posibles malos olores que pueden producir, según Atariguana y Urvina (2020) se estima una distancia de 100m a las vías. .

V. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Propuesta de solución

La propuesta de solución para solventar la insuficiencia de estos sistemas en la parroquia de Quingeo va a estar compuesto por un pozo o fosa séptica la cual va a fungir como el tratamiento primario mientras que los humedales verticales van a fungir como un tratamiento secundario.

5.2 Procesamiento de información dada por ETAPA EP

En la Tabla V.1 podemos observar los datos de las zonas en las cuales se va a aplicar el diseño. Estas zonas ya cuentan con una red diseñada en función de las viviendas presentes en cada una.

Tabla V.1 Zonas con mayor afluencia de la parroquia de Quingeo.

Zona	Coordenadas	Altitud
W	(723891.0374; 9658308.5212)	2933.9587
Y	(732943.5795; 9664904.2385)	2829.7133
J	(727000.4121; 9658779.5922)	2839.9968
K	(726910.908; 9660290.8103)	2838.8949
Q	(734454.948; 9663773.9324)	2948.6663

Fuente: ETAPA EP.

Autor: Autoría propia.

El tratamiento propuesto está conformado por un sistema de pretratamiento, un pozo séptico y un humedal de flujo subsuperficial vertical que recoge las aguas negras de todas las viviendas.

A continuación, se presentan en un mapa algunas de las zonas descentralizadas con mayor afluencia de la parroquia de Quingeo.

Figura V.1 Zona de Diseño Y.

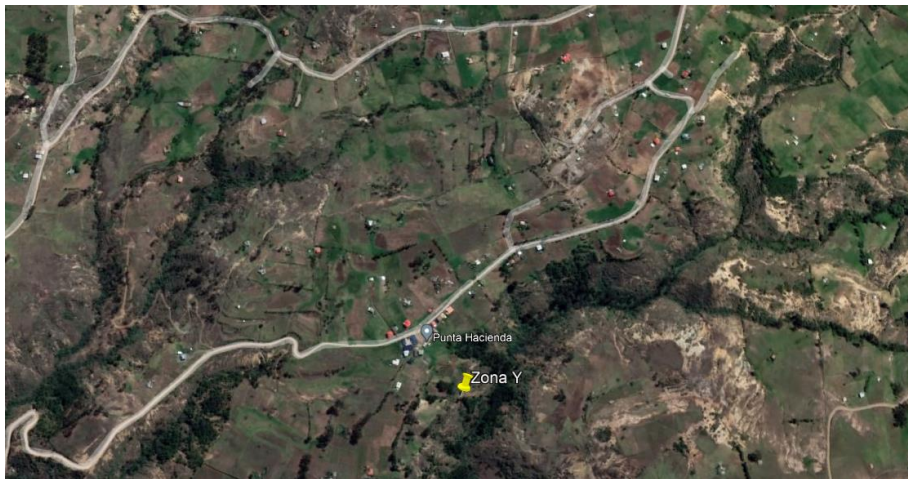


Figura V.2 Zona de Diseño J.



Figura V.3 Zona de Diseño W.



5.2.1 Procesamiento de información de las PTAR existentes

Para el estudio se ha procesado la información de las tres PTAR existentes en la parroquia, las cuales se ubican en Macas, Quíngeo y Monjas, Tabla V.2.

Tabla V.2 Constitución de los sistemas de tratamiento existentes en la parroquia.

#	Sistema de tratamiento	Pretratamiento			Tratamiento primario			Tratamiento secundario		
	Localización	Estructura de sobreflujo	Rejas de desbaste	Desarenador	Detalle	Número de cámaras	Volumen (m ³)	Detalle	Tipo	Número de unidades
1	Macas de Quíngeo (Quíngeo)	N/D	N/D	N/D	TS	2	63.92	F.A.	F.H.	---
2	Quíngeo Centro (Quíngeo)	N/D	D	D	TS	2	77.76	N/D	---	---
3	Monjas (Quíngeo)	D	D	D	TS	3	113.05	Humedal	H.F.S.	1

Leyenda: S/I: Sin información, D: Dispone, N/D: No dispone TS: Tanque séptico, UASB: Reactor Anaerobio de flujo ascendente
H.F.S.: Humedal de flujo superficial, F.A.: Filtro anaerobio, F.V.: Flujo vertical, F.H.: Flujo horizontal

Fuente: ETPA EP, 2023

Autor: ETAPA EP, 2023

En la

Tabla V.3 los datos representan la recopilación de los muestreos procesados para un periodo comprendido entre el año 2015 al 2019 ya que estos son más representativos que los comprendidos entre 2019-2022 por consecuencia de la pandemia, debido a que en ese periodo la gente debía permanecer en su hogar y por consiguiente la producción de aguas residuales incremento.

Tabla V.3 Datos obtenidos del muestreo, en los periodos 2015-2019 y 2015-2022

PROMEDIO PARA UN PERIODO DE 2015-2019														
Sistema	Cond_S	DBO_S	DQO_S	Pt_S	Namo_S	Norg_S	OD_S	ph_S	SS_S	SST_S	ST_S	SustHexa_S	CT_S	Col. Fecal_S
Quíngeo	505.97	23.07	84.28	1.89	14.47	6.72	4.82	6.92	0.06	15.10	352.72	9.25	2E+06	1E+06
Macas	428.25	15.00	68.15	2.23	13.69	7.07	5.11	7.16	0.05	30.03	319.68	11.66	4E+06	2E+06
Monjas	554.57	14.76	79.29	3.45	26.79	25.88	5.92	7.37	0.44	16.93	455.43	9.28	1E+06	4E+05
Promedio	496.3	17.61	77.24	2.53	18.32	13.22	5.3	7.15	0.19	20.68	375.9	10.06	2E+06	1E+06
TIPO	D	D	D	D	M	D				D	M			
PROMEDIO PARA UN PERIODO DE 2015-2022														
Sistema	Cond_S	DBO_S	DQO_S	Pt_S	Namo_S	Norg_S	OD_S	ph_S	SS_S	SST_S	ST_S	SustHexa_S	CT_S	Col. Fecal_S
Quíngeo	464.03	21.39	81.28	2.04	15.65	9.56	4.62	6.93	0.06	23.20	349.69	12.81	3E+06	2E+06
Macas	464.36	18.93	84.22	2.79	17.11	8.00	5.20	7.18	0.73	33.30	334.55	11.37	1E+07	3E+06
Monjas	543.43	14.11	85.89	3.69	30.33	18.86	6.02	7.39	0.28	25.62	405.70	11.48	3E+06	2E+06
Promedio	490.6	18.1	83.8	2.8	21.0	12.1	5.3	7.2	0.4	27.4	363.3	11.9	5E+06	2E+06
TIPO	D	D	D	D	M	D				D	M			

Dónde: D=Débil M=Media F=Fuerte

Nota: Los datos señalados representan los valores de entrada a las PTAR, los que se ocuparon en el dimensionamiento de los

sistemas.

Para determinar la concentración de los parámetros que se analizan se deben comparar en función de (Metcalf y Eddy. Inc, 1995) como se ve en la Figura V.4, para nuestro caso se tiene concentraciones fuertes al ingreso de los diferentes sistemas y una concentración débil tras su tratamiento, como se observa en la Tabla V.3.

Figura V.4 Tabla propuesta por Metcalf y Eddy para la clasificación según la concentración de diferentes sustancias.

CONTAMINANTES	mg/l	CONCENTRACIÓN		
		FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Sólidos, en total	mg/l	1200	700	350
Disueltos, en total	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Suspendidos, en total	mg/l	350	200	100
Fijos	mg/l	75	50	30
Volátiles	mg/l	275	150	70
Sólidos sedimentables (ml/l)	mg/l	20	10	50
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días 20°C	mg/l	300	200	100
Carbono Orgánico total (COT)	mg/l	300	200	100
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total como N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total P)	mg/l	20	10	6
Orgánico	mg/l	5	3	2
Inorgánico	mg/l	15	7	4
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad CaCO ₃	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50

Fuente: (Metcalf y Eddy. Inc, 1995)

En la Tabla V.4, se puede observar los datos en función de los parámetros estipulados por ETAPA EP.

Tabla V.4 Recopilación de datos por estación, año y parámetro

Parámetros Analizados	Unidad	Límite Permisible	ESTACIÓN	2017	2018	2019	2020	2021	2022
pH	Unid pH	6,0 – 9,0	QUINGEO	6.71	6.84	7.00	6.89	7.00	6.92
			MACAS	7.07	7.05	7.46	7.16	7.31	7.15
			MONJAS	7.24	7.41	7.41	7.50	7.58	7.11
Material flotante	NA	Ausencia	QUINGEO						
			MACAS	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			MONJAS						
Sólidos suspendidos	mg/L	130	QUINGEO	9.40	22.71	13.64	16.60	57.10	26.22
			MACAS	118.60	20.09	13.33	35.14	55.50	19.56
			MONJAS	11.00	12.00	22.25	19.20	42.73	27.67
Solidos total	mg/L	1600	QUINGEO	342.00	472.00	342.00	284.53	444.30	103.00
			MACAS	579.20	240.18	354.78	367.86	366.50	329.33
			MONJAS	848.00	313.17	344.50	371.40	387.18	338.22
Nitrógeno amoniacal	mg/L	30	QUINGEO	14.05	13.04	11.53	15.34	17.02	18.28
			MACAS	11.71	10.17	18.12	31.99	14.91	20.87
			MONJAS	27.39	25.88	27.04	27.90	28.73	30.17
Demanda bioquímica de oxígeno 5	mg/L	100	QUINGEO	27.44	21.33	21.33	20.60	24.50	14.56
			MACAS	15.67	12.00	14.56	31.43	26.40	14.00
			MONJAS	15.33	12.00	15.70	24.20	13.27	9.43
Demanda química de oxígeno	mg/L	200	QUINGEO	65.17	86.00	114.56	57.67	100.90	88.11
			MACAS	36.80	93.55	51.67	118.43	100.10	100.67
			MONJAS	68.40	70.17	90.20	83.20	89.36	101.89
Coliformes fecales NMP	NMP/100ml	2000	QUINGEO	3.63E+06	4.21E+06	1.46E+06	1.32E+06	3.70E+06	4.35E+06
			MACAS	3.42E+05	5.13E+06	5.63E+06	3.75E+06	2.16E+07	2.45E+07
			MONJAS	7.94E+05	1.11E+06	1.06E+06	5.53E+06	5.68E+06	2.20E+06
Fosforo total	mg/L	10	QUINGEO	1.97	1.87	2.00	1.76	2.37	2.62
			MACAS	1.72	2.07	2.98	4.45	2.74	3.65
			MONJAS	3.51	3.31	3.51	4.35	3.62	3.93

Nota: Los que se encuentran con una celda de color son aquellos que no hay cumplido el parámetro.

Autor: Autoría Propia.

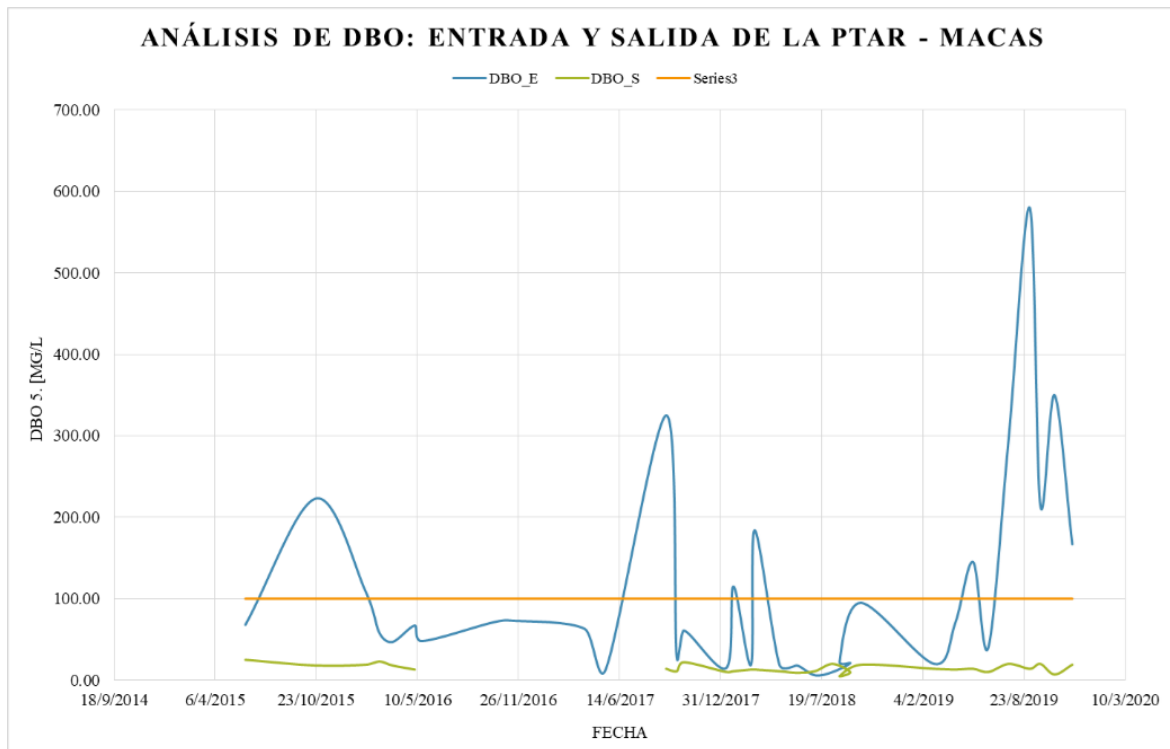
5.2.2 Análisis de DBO₅ en las PTAR existentes

En el transcurso del tiempo ha llegado a realizar muestreos en cada una de sus plantas, tanto en la entrada como a la salida de las mismas, por lo cual para analizar el sistema de tratamiento más óptimo se procedió a analizar el DBO₅ debido a que convencionalmente el diseño de los humedales está dado por la eliminación de dicho parámetro, el cual debe tener una concentración máxima de 100mg/L para poder cumplir los parámetros.

5.2.2.1 Planta de tratamiento de Macas

Este sistema cuenta con un tanque séptico conformado por dos cámaras y un filtro anaeróbico de flujo horizontal. Para el análisis del DBO₅ a la entrada y salida del sistema de tratamiento, se recopiló los datos de los años 2015-2019 con el fin de observar si cumple el parámetro estipulado, como se observa en la Figura V.5.

Figura V.5 Análisis de DBO en la planta de tratamiento de Macas



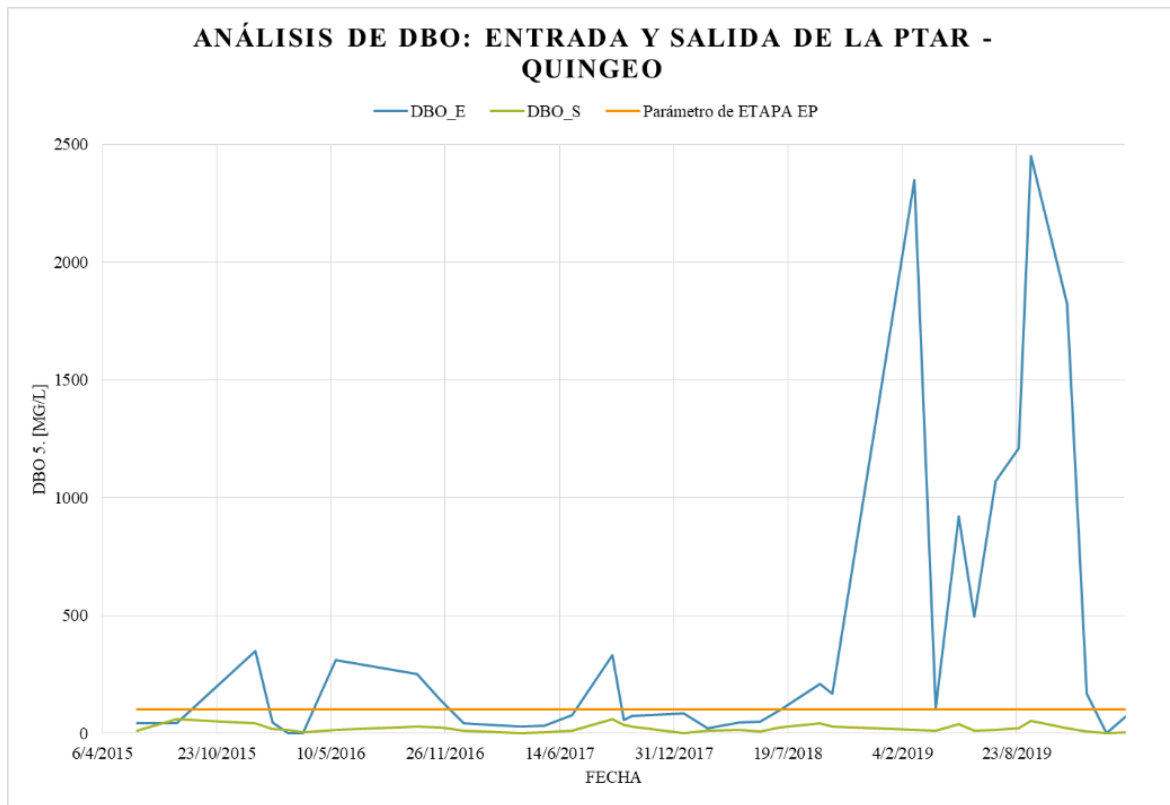
Fuente: ETAPA EP, 2022

Autor: Autoría Propia

5.2.2.2 Planta de tratamiento de Quingeo

Este sistema cuenta con rejillas de desbaste, un desarenador y tanque séptico de dos cámaras. Para el análisis del DBO₅ en el afluente y efluente, se recopiló los datos de los años 2015-2019 con el fin de observar si cumple el parámetro estipulado, como se observa en la Figura V.6.

Figura V.6 Datos de los muestreos realizados para la planta de Quingeo, 2015-2019



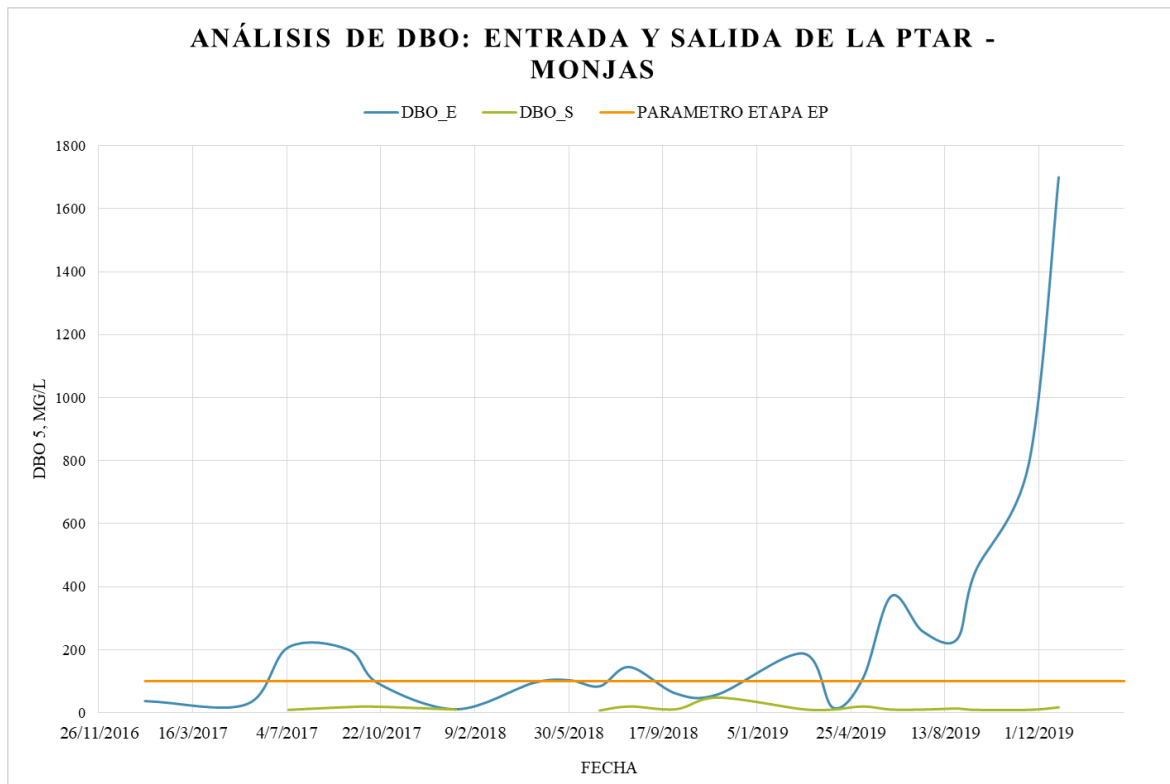
Fuente: ETAPA EP, 2022

Autor: Autoría Propia

5.2.2.3 Planta de tratamiento de Monjas

Este sistema cuenta con una estructura de sobreflujo, con rejas de desbaste, un desarenador, un tanque séptico de tres cámaras y un humedal de flujo superficial. Para el análisis del DBO₅ en el afluente y efluente del sistema, se recopiló los datos de los años 2015-2019 con el fin de observar si cumple el parámetro estipulado, como se observa en la Figura V.7.

Figura V.7 Datos de los muestreos realizados para la planta de Monjas, 2015-2019.

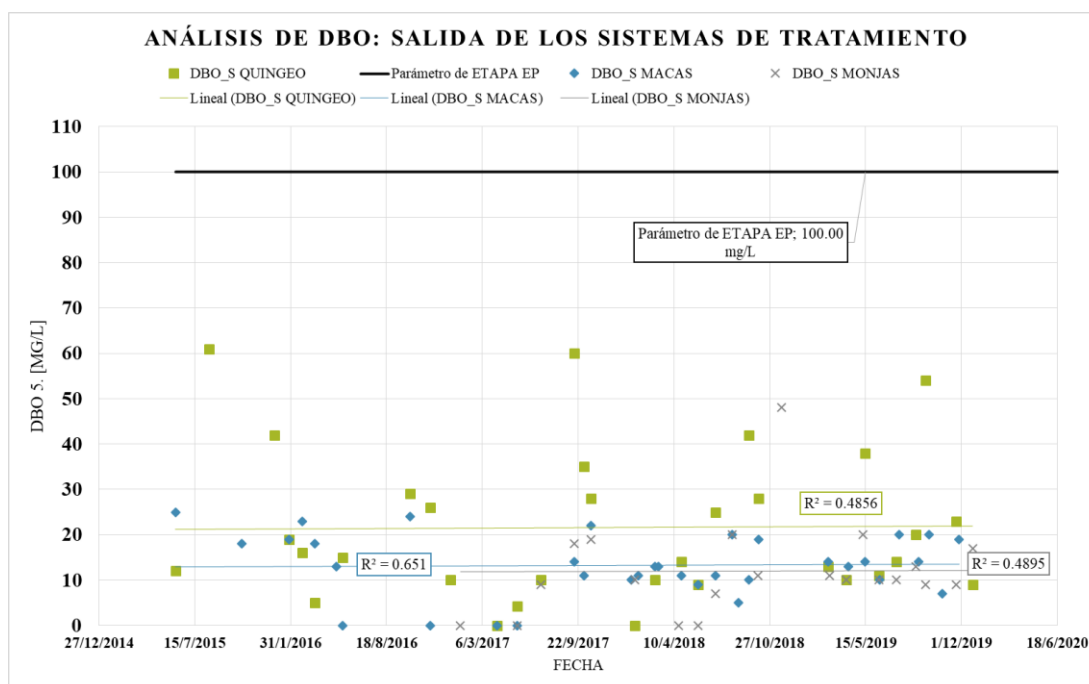


Fuente: ETAPA EP, 2022

Autor: Autoría Propia

Al comparar todos los sistemas obtenemos un gráfico de dispersión que nos permite observar que todos generan valores menores al límite impuesto por ETAPA EP, sin embargo, podemos rescatar que los que presentan menor variabilidad son los obtenidos de la planta de Monjas, Macas y Quingeo, de acuerdo a una interpolación lineal de cada grupo de datos, como se observa en la Figura V.8, mientras que en la Figura V.9, se establece los siguientes porcentajes de eficiencia de reducción.

Figura V.8 Datos de los muestreos realizados para DBO₅ de los 3 sistemas de tratamiento, 2015-2019.



Fuente: ETAPA EP, 2022

Autor: Autoría Propia.

Se observa que los datos del sistema de tratamiento de Monjas (El Humedal), son más constantes y presentan menos variación.

Figura V.9 Valores de eficiencia para cada sistema, según el año.

PORCENTAJES DE EFICIENCIA DE CADA TRATAMIENTO SEGÚN AÑO														
2015-2017														
Sistema	Cond	DBO	DQO	Pt	Namo	Norg	OD	pH	SS	SST	ST	SustHexa	CF	Cter
Quingeo	18%	78%	76%	41%	24%	64%		2%	99%	91%	45%	62%	71%	62%
Macas	20%	81%	73%	48%	31%	58%	23%	3%	100%	84%	32%	72%	84%	77%
Monjas	25%	93%	69%	47%	40%		19%	6%	100%	74%	43%	65%	97%	96%
2018-2019														
Sistema	Cond	DBO	DQO	Pt	Namo	Norg	OD	pH	SS	SST	ST	SustHexa	CF	Cter
Quingeo	22%	88%	84%	70%	44%	74%	4%	3%	99%	89%	72%	78%	89%	84%
Macas	15%	72%	67%	41%	31%	70%	9%	5%	94%	79%	43%	70%	74%	62%
Monjas	34%	80%	77%	46%	38%	61%	5%	6%	100%	86%	59%	66%	94%	94%
2020-2021														
Sistema	Cond	DBO	DQO	Pt	Namo	Norg	OD	pH	SS	SST	ST	SustHexa	CF	Cter
Quingeo	27%	79%	71%	64%	36%	70%	26%	3%	100%	86%	49%	74%	92%	87%
Macas	20%	75%	66%	48%	29%	70%	4%	3%	100%	70%	45%	81%	79%	69%
Monjas	27%	86%	72%	46%	32%	68%		5%	98%	84%	50%	77%	86%	82%
2022														
Sistema	Cond	DBO	DQO	Pt	Namo	Norg	OD	pH	SS	SST	ST	SustHexa	CF	Cter
Quingeo		93%	92%	67%	41%	86%	17%	2%	99%	98%	81%	79%	90%	89%
Macas	8%	76%	58%	30%	21%	52%	11%	2%	100%	73%	29%	72%	63%	61%
Monjas	25%	73%	58%	36%	33%	50%	9%	7%	100%	75%	43%	53%	87%	93%

Nota: Los datos señalados indican los porcentajes de eficiencia del humedal de la parroquia, Monjas.

Fuente: ETAPA EP, 2022

Autor: Autoría Propia

Es así que se establece al humedal como un sistema confiable para el tratamiento y al ser aplicado dentro de la parroquia podemos observar que tiene un funcionamiento adecuado para las zonas requeridas.

5.2.3 Climatología de la parroquia

El PDOT-Q, 2019, en función del territorio indica: el 89.33% presenta un clima Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo en altitudes menores a los 3000msnm, las precipitaciones anuales están entre 500mm-2000mm, en los meses de febrero, mayo y octubre-noviembre, con una presencia definida de junio a septiembre y la segunda temporada su duración y localización no es tan definida, las temperaturas anuales varían entre los 12.00°C y 20.00°C en función de la altura y exposición solar, la precipitación anual varía entre 800mm-2000mm, teniendo bajas intensidades y largas duraciones;

El 10.67% restante, tiene un clima Ecuatorial de alta Montaña en zonas como Rumipamba, Monjas, Turupamba y Punta Hacienda, se da por encima de los 3000m.s.n.m. Los factores que condicionan la temperatura y precipitación son la exposición solar y altura, las temperaturas oscilan entre 4.00°C y 8.00°C anualmente, no llegando a sobrepasar los 20.00°C mientras que las precipitaciones están en un rango de 800-2000mm.

5.3 Pretratamiento

Para el diseño del sistema de pretratamiento se dimensionó con el Manual de Depuración URALITA explicada en Bermeo Castillo et al., (2010) en su “Guía para la selección de tecnologías de depuración de aguas residuales por métodos naturales” siendo útil ya que fue usada para poblaciones de Loja que no están tan distantes de las condiciones en las que se encuentra la parroquia de Quingeo, así mismo como (Atariguana & Urvina, 2020), ya que la zona de estudio era una comunidad de San Fernando que posee características similares.

Para calcular la fosa séptica primero se tuvo que obtener la zona más crítica, en este caso la red descrita por la Zona Y en la primera etapa de este estudio, la misma cuenta con una dotación de 110lt/hab/día siendo esto dato dado por Senagua, mientras que en la población de dicha zona es de 476habitantes según un estudio previo dato por ETAPA.

Figura V.10 Zona de estudio Y.



Fuente: (ETAPA EP)

5.3.1 Caudal Medio Diario

Para la estimación del caudal medio diario se calculó con la fórmula propuesta por García y Corzo (2008), con un supuesto de que alrededor del 80.00% al 90.00% del agua usada va a terminar siendo agua residual.

$$Q_{med, d} = \frac{B \cdot Pf \cdot D}{1000}$$

Donde:

- Q_{med} : caudal medio diario dado en $m^3/día$.
- P: número de habitantes de la zona de estudio.
- D: dotación definida por ETAPA Ep, dada en $lt/hab/día$.
- B: cantidad de agua usado convertida en agua residual.

$$Q_{med, d} = \frac{0.85 \times 476 \text{ hab} \times 110 \frac{lt}{\text{hab} \cdot \text{día}}}{1000} = \frac{44.506 m^3}{\text{día}}$$

5.3.2 Caudal medio horario

Es obtenido del fraccionamiento del caudal medio diario para 24 horas.

$$Q_{med,h} = \frac{Q_{med,d}}{24}$$

$$Q_{med,h} = \frac{44.506 \frac{m^3}{día}}{24} = 1.8544 \frac{m^3}{h}$$

5.3.3 Caudal de punta diario

Este caudal nace de la siguiente expresión:

$$Q_{punta,d} = Q_{med,d} \times coefi. punta$$

Para determinar el coeficiente de punta se hace uso de Tabla V.5 distinguiendo comunidades menores a 2000 habitantes y lo cuales son:

Tabla V.5 Valores recomendados de coeficientes de punta para pequeñas comunidades

Parámetro	Intervalo	Valor Típico
Coficiente punta diario	1,2-2,0	1,7
Coficiente punta mensual	1,0-1,5	1,2

Fuente: (J. García & Corzo, 2008)

Se opto por el valor de 1.7 por ende se tiene el caudal de punta diario como:

$$Q_{punta,d} = 44.506 \frac{m^3}{día} \times 1.7 = 75.6602 \frac{m^3}{día}$$

5.3.4 Caudal de punta horario

Se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_{punta,h} = Q_{med,h} \times C_{ph}$$

En donde el factor C_{ph} viene dado por la siguiente expresión:

$$C_{ph} = \frac{5}{P^{\frac{1}{6}}}$$

En donde:

- P: población en miles.

Remplazando con nuestros valores se tiene que:

$$C_{ph} = \frac{5}{\left(\frac{476}{1000}\right)^{\frac{1}{6}}} = 1.7507$$

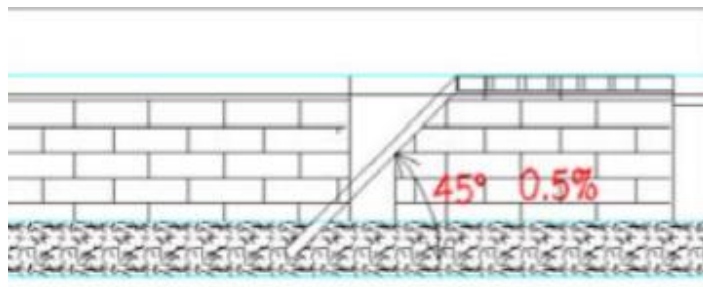
Y nuestro caudal de punta horario se tiene que es:

$$Q_{punta, h} = 1.8544 \frac{m^3}{h} \times 1.7507 = 3.2465 \frac{m^3}{h}$$

5.3.5 Canal de cribado

Como se observa en la Figura V.11 es el encargado de reducir materia solida de gran tamaño y mediano, el parámetro de verificación es la velocidad con la que el agua circula entre los barrotes, con un rango de 0.40m/s y 0.75 m/s (basado en el caudal medio).

Figura V.11 Esquema del canal de cribado



Fuente: (Cisneros et al., 2010)

$$b = \frac{c}{s}(s + a) + s$$

Donde:

a = Ancho de las barras, impuesto, mm

b = Ancho del canal en la zona de rejillas, mm

c = Ancho del canal de entrada, impuesto, mm

s = Distancia entre barras, impuesto, mm

$$b = \frac{700}{25}(25 + 10) + 25$$

$$b = 1005mm = 1.00m$$

Y el número de barras esta dado por:

$$n = \frac{b - s}{a + s}$$

$$n = \frac{1000 - 25}{10 + 25}$$

$$n = 28u$$

El alto de la compuerta se estimó como 0.75m como criterio de diseño

5.3.6 Desarenador

Los datos necesarios para su dimensionamiento son:

$V = 0.30 \text{ m/s}$. (Sección 4.2.2)

Tiempo de retención = 30s.

Limpieza = 15días.

Nº de Desarenadores = 2, recomendado

Caudal máximo (Ingreso), $Q_{\text{máx}} = 0.00515 \text{ m}^3/\text{s}$ (Caudal Máximo Instantáneo)

Diámetro de partículas a sedimentarse: $d = 0.5 \text{ mm}$, recomendado.

Capacidad de sedimentación, $C = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, recomendado.

5.3.6.1 Área requerida

Para determinar el área a partir de estos parámetros, se tiene:

$$A = \frac{Q_{\text{max}}}{\text{CapSed}}$$

$$= \frac{0.00515 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

$$A = 6.18 \text{ m}^2$$

La relación óptima para este tipo de sistema es 1:3, en la cual tenemos:

$$A = \text{ancho} * \text{largo}$$

$$1 * \text{ancho} = 3 * \text{largo}$$

$$A = (3 * \text{largo}) * \text{largo}$$

$$A = 3 * \text{largo}^2$$

$$Largo = 4.32m$$

$$Ancho = 1.44m$$

Al considerar las recomendaciones de Hernandez Muñoz (1995), en el Manual de Depuración de URALITA la relación debe cumplir con:

$$1 < \frac{b}{h} < 5$$

En dónde:

b: Ancho del desarenador

h: Altura del desarenador

$$1 < \frac{1.44}{0.6} < 5$$

$$1 < 2.4 < 5 \quad \therefore \text{Cumple la condición.}$$

5.3.6.2 Altura total

Para la altura total, se considera la altura de sedimentación, h_s , propuesto por la Norma SSA-Ecuador de 0.20m

$$At = 0.60m + 0.20m = 0.80m$$

5.3.6.3 Volumen de agua

Para calcular el volumen lo realizamos en función del caudal medio diario:

$$Volumen = Q(\text{tiempo})$$

Dónde:

Tiempo=tiempo que pasa el volumen del agua por el desarenador=15días, propuesto.

$$Volumen = 44.506m^3/\text{día} (15\text{días})$$

$$Volumen = 667.59m^3$$

5.3.6.4 Volumen por sedimentos

Para la estimación de este volumen se estima que un desarenador tiene la capacidad de recoger de 75-90lts de arena por cada 1000m³ de aguas residuales, por lo cual una estimación en medio del rango da un valor 80lts/1000m³(AR).

$$V_{sr} = Vol (m^3) * \frac{Vol_{arena}}{1000000(lts)}$$

$$V_{sr} = 667.59m^3 * 80lts/1000000$$

$$V_{sr} = 0.053m^3$$

5.3.6.5 Longitud del desarenador

La normativa SSA-Ecuador, define esta longitud (Ld) en función del largo del desarenador, teniendo está un incremento entre el 30.00- 50.00%, adoptando un valor del 30%.

$$Ld = Largo * \%$$

$$Ld = Largo * 30\%$$

$$Ld = 4.32 * 30\%$$

$$Ld = 5.62m$$

5.3.6.6 Transición Canal de Cribado-Desarenador

$$L = \frac{b_1 - b_2}{2 * \tan \alpha}$$

Dónde:

b₁ = ancho del desarenador

b₂ = ancho del canal de la rejilla

a = ángulo de transición =12.50°=0.2182rad

L = longitud de transición del desarenador

$$L = \frac{1.44 - 1}{2 * \tan(0.2182rad)}$$

$$L = 0.99m \approx 1m$$

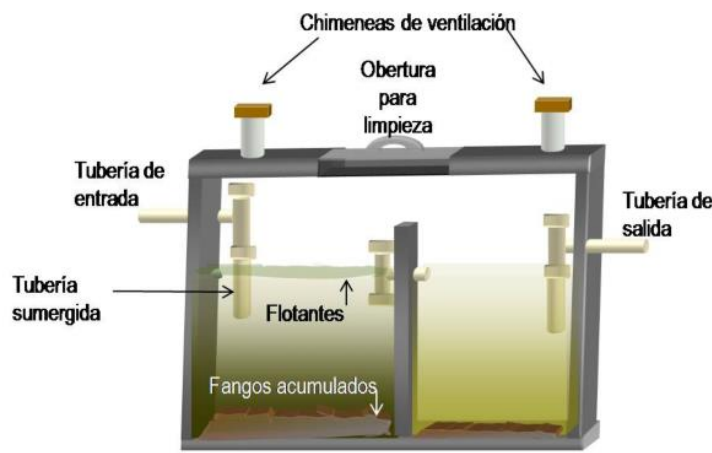
5.4 Tratamiento Primario – Pozo Séptico

Está formado de operaciones físicas que buscan eliminar los sólidos en suspensión y la materia orgánica presente en las aguas residuales. Las operaciones físicas que permiten eliminar los sólidos en suspensión son tamización y sedimentación (Metcalf y Eddy. Inc, 1995, p. 145).

El uso de las fosas sépticas suele ser empelado para uso familiar o para núcleos rurales los cuales cuenten con poblaciones inferiores a 200 habitantes, en el caso de que el núcleo rural este entre un rango de 200 habitantes a 500 habitantes se puede emplear tanques Imhoof los cuales son una variación a los pozos sépticos convencionales (Delgadillo et al., 2010, p. 41).

El diseño del tratamiento primario se lo va a realizar de acuerdo las redes de alcantarillado más críticas de la parroquia rural de Quingeo.

Figura V.12 Fosa séptica o pozo séptico formado con dos cámaras.



Fuente: (J. García & Corzo, 2008)

5.4.1. Diseño de tratamiento primario- Fosa Séptica tipo Imhoff

Se opto por un diseño de Fosa Séptica tipo Imhoff debido a una recomendación de García y Corzo (2008) que establece que para caudales medios diarios mayores a 40m³/día se opten por construir este tipo de estructuras.

La Fosa Séptica Imhoff está formada por una zona de digestión y una zona de decantación separada, la superficie del tanque viene dado por la zona de decantación la cual es:

$$S = \frac{Q_{punta, d}}{LH_{punta, d}}$$

En donde:

- S: Superficie destinada a la zona de decantación, m².
- Q_{punta,d}: caudal de punta diario, m³/h.

- LHpunta, d: carga hidráulica superficial por día o diaria , m³/m²*h

Por temas de seguridad y para cumplir con parámetros se optó por una carga hidráulica superficial punta diaria de 20m³/m²*día

$$S = \frac{75.6602 \frac{m^3}{día}}{20 \frac{m^3}{m^2 \cdot día}} = 3.78031m^2$$

A partir del cálculo anterior se puede determinar las medidas de la zona de decantación. Las cuales son:

$$S = 3.78031m = 3.8m$$

Y basándose en la relación L/W la cual es de 1.75:1 nos queda W como:

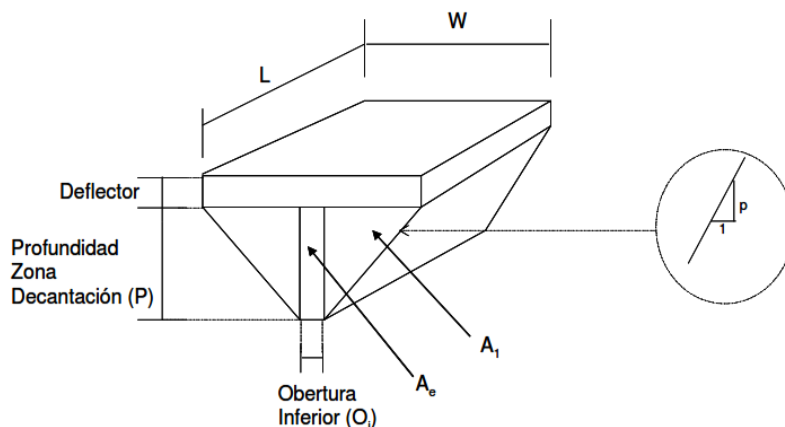
$$W = \frac{3.8m}{2} = 2.17m$$

Se obtiene una zona de decantación de 8.25m².

La profundidad de la zona de decantación se asemeja a la geometría de un prisma cuya longitud se calcula a continuación.

Se representa mejor en la Figura V.13

Figura V.13 Esquema de la zona de decantación de un tanque Imhoff rectangular



Fuente: (J. García & Corzo, 2008)

Cuando se determinan las pendientes de la zona de decantación en conjunto con el valor de la abertura inferior se obtiene la profundidad y las superficies A1 y Ae.

$$P = \left(\frac{W - Oi}{2} \right) \cdot p$$

$$A1 = \left(\frac{W - Oi}{2} \right) \cdot \frac{P}{2}$$

$$Ae = Oi \cdot P$$

$$At = 2 \cdot A1 + Ae$$

En donde:

- P: profundidad de la zona destinada a la decantación, m
- Oi: la longitud de la abertura inferior se optó por un valor de 0.25 de acuerdo a la Tabla V.6.
- p: pendiente de la zona de decantación, m/m se optó por una pendiente de 1.5:1 esto dado por la Tabla V.6.
- A1, Ae y At: son las superficies del triángulo, rectángulo y la total las cuales conforman la fosa séptica, dadas en m²

Tabla V.6 Tabla de los valores recomendados para el dimensionamiento de un tanque Imhoff

Parámetro	Unidades	Rango	Valor usual
Zona de decantación			
Carga hidráulica superficial punta diaria	m ³ /m ² ·d	24-40	32
Tiempo de retención a Q _{med}	h	2-4	3
Tiempo de retención a Q _{punta} horario	h	-	1
Velocidad horizontal punta horaria	m/min	-	<0,3
Relación longitud/ancho	-	2/1-5/1	3/1
Pendiente de la cámara de decantación	-	1,25:1,0-1,75:1,0	1,5:1,0
Obertura inferior	m	0,15-0,3	0,25
Pestaña inferior	m	0,15-0,3	0,25
Deflector debajo de la superficie	m	0,25-0,4	0,3
Deflector encima de la superficie	m	0,3	0,3
Resguardo	m	0,45-0,6	0,6
Zona de escape de gases			
Área (% de la superficie total)	%	15-30	20
Anchura ^(a)	m	0,45-0,75	60
Zona de digestión			
Tiempo de digestión	años	0,5-1,5	1,0
Tasa de emisión unitaria de lodos	L/hab-año	100-200	140
Tubería de extracción de lodos	m	0,2-0,3	0,25
Distancia libre hasta el nivel del lodo	m	0,3-0,9	0,60
Profundidad total del agua en el tanque (desde la superficie hasta el fondo)	m	7-9	9

Fuente: (J. García & Corzo, 2008)

$$P = \left(\frac{2.17m - 0.25m}{2} \right) \cdot 1.5 = 1.44m$$

$$A1 = \left(\frac{2.17m - 0.25m}{2} \right) \cdot \frac{1.44m}{2} = 0.069m^2 = 0.7m^2$$

$$Ae = 0.25m \cdot 1.44m = 0.3609m^2 = 0.36m^2$$

$$At = 2 \cdot A1 + Ae = 1.74m^2$$

A continuación, para el pleno entendimiento se diseñó una tabla con los parámetros recomendables y que se usaron para el diseño del tanque Imhoff basado en la Tabla V.6.

Tabla V.7 Valores usados para el diseño del tanque Imhoff.

Parámetro	Unidad	Valor Ocupado
Hdeflector	m	0.3
Área (% de la superficie de gas)	%	15
Ancho de la zona de escape de gases (Wa)	m	0.5
Velocidad de emisión de lodos (VEU)	L/hab/año	100
Tiempo de digestión	años	1
Inclinación de las paredes de fondo	°	30

Autor: Autoría Propia

El volumen de decantación (prisma), viene dado por:

$$Vdec = (Hdeflector \cdot S) + (At \cdot Lt)$$

En donde:

- Vdec: volumen destinado a la zona de decantación, m³
- Hdeflector: la altura de la zona sumergida del deflector, se ocupó 0.3m.

$$V_{dec} = (0.3m \cdot 8.25m^2) + (1.74m^2 \cdot 3.8) = 9.10m^3$$

Se comprobó parámetros de seguridad

$$V_{punta} = \frac{Q_{punta, h}}{A_t \cdot 60} < 0.3$$

$$V_{punta} = \frac{3.2465 \frac{m^3}{h}}{1.74m^2 \cdot 60} = 0.0310 \frac{m}{min}$$

Se comprobó que la velocidad punta es menor a 0.3

La otra comprobación es:

$$2 < Th = \frac{V_{dec} \cdot 24}{Q_{med, d}} < 4$$

$$Th = \frac{9.10 \cdot 24m^3}{75.6602 \frac{m^3}{dia}} = 2.887h$$

Se comprobó que el valor Th (tiempo de retención medio) está en los rangos de entre 2Th a 4Th.

Para diseñar la zona de digestión, se calculó la superficie total del tanque.

$$St = (1 + \%S_{gas}) \cdot S_{dec}$$

En donde:

- St: La superficie total del tanque, m².
- % S_{gas}: porcentaje de la superficie total destinado a evacuar gases, se utilizó 15.00%.

$$St = (1 + 0.15) \cdot 8.25m^2 = 9.49m^2$$

El ancho total está formado por el ancho que ocupa la zona de decantación y el ancho de la zona que evacua los gases, resumiéndose en:

$$WT = Wt + W_{gas}$$

En donde:

- WT: ancho total del tanquen, en metros.
- Wt: ancho de decantación, en metros.

- W_a : ancho de la zona destinado al escape de gases, en metros. Se tomó 0.50m.

$$WT = 2.17m + 0.5m = 2.67m$$

Se puede calcular la longitud total del tanque dado por:

$$Lt = \frac{St}{WT}$$

$$Lt = \frac{9.49m^2}{2.67m} = 3.55m$$

Determinación del volumen necesario para almacenar lodos:

$$V_{lodos} = \frac{VEU \cdot Td \cdot N}{1000}$$

En donde:

- V_{lodos} : volumen ocupado por la producción de lodos, m³.
- VEU : la velocidad de emisión de lodos, en L/hab/año, se tomó 100L/hab/año.
- Td : tiempo de digestión en años, se ocupó 1 año de tiempo de digestión.

$$V_{lodos} = \frac{100 \frac{lt}{hab \cdot año} \cdot 1año \cdot 476hab}{1000} = 47.6m^3$$

La altura del fondo piramidal se calcula con la siguiente ecuación:

$$h_3 = \frac{Lt}{\frac{n}{2}} \cdot \text{tag}(a)$$

En donde:

- h_3 : altura del fondo, m
- Lt : longitud total que ocupa el tanque.
- Nn : número de puntos de recogida, se va a diseñar un solo punto de recogida.
- Aa : inclinación de las paredes del fondo, se optó por 30°.

$$h_3 = \frac{3.55}{\frac{1}{2}} \cdot \text{tag}(30^\circ) = 1.02m$$

Para calcular la altura ocupa por los lodos sin tener en cuenta la altura del fondo h_3 se

ocupa la siguiente ecuación:

$$h_2 = \frac{V_{lodos} - \left(\frac{1}{3} \cdot LT \cdot WT \cdot h_3\right)}{(LT \cdot WT)}$$

Remplazando los valores obtenidos se tiene que:

$$h_2 = \frac{47.6m^3 - \left(\frac{1}{3} \cdot 3.55m \cdot 2.67m \cdot 1.02m\right)}{(3.55m \cdot 2.67m)} = 4.68m$$

Con estos valores se pueden obtener la altura total de la fosa séptica acompañada de su volumen total, teniendo una altura de resguardo recomendando por la Tabla V.6 de 0.45m y una altura de deflector de 0.3 recomendada por la Tabla V.6.

Se calcula la profundidad total con:

$$ht = h_{resguardo} + h_{deflector} + P + h_1 + h_2 + h_3$$

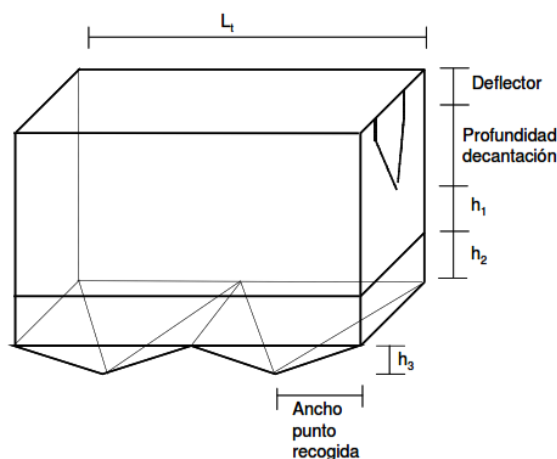
$$ht = 0.45m + 0.3m + 1.44m + 0.5m + 4.68m + 1.02m = 8.39m = 8.40$$

El volumen total se obtiene con:

$$V = V_{resguardo} + V_{dec} + V_{lodos} + (h_1 \cdot Lt \cdot Wt)$$

$$V = 4.75m^3 + 9.1m^3 + 47.6m^3 + (0.5m \cdot 3.55m \cdot 2.67m) = 66.19m^3$$

Figura V.14 Esquema de un tanque Imhoff rectangular con dos puntos de recogida de lodos.



Nota: No se presenta la altura de resguardo.

Fuente: (J. García & Corzo, 2008)

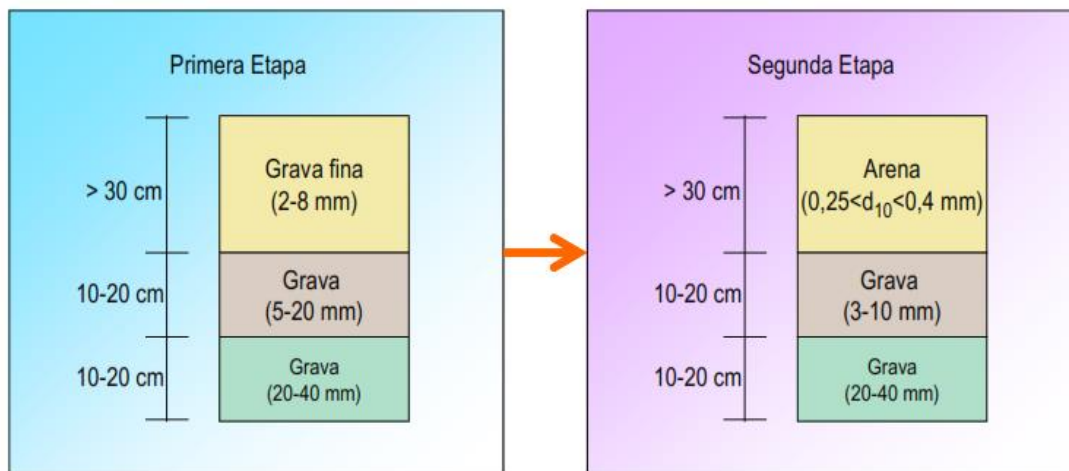
5.5 Tratamiento secundario - Humedales Verticales

5.5.1 Diseño de humedales verticales

Para diseñar los humedales verticales se considerará una profundidad del medio granular de 0.50m a 0.80m o valores mayores con el fin de disminuir el área requerida, con una granulometría del lecho granular que varía, en el fondo con grava gruesa y en la superficie grava fina.

En la Figura V.15 se muestra la variación de la granulometría y la altura de cada capa.

Figura V.15 Distribución en profundidad de las capas de medio granular en un sistema de humedales verticales de dos etapas



Fuente: (J. García & Corzo, 2008)

5.5.2 Diseño de ingeniería básica del sistema de tratamiento

El proceso de funcionamiento de este sistema se centra en el uso de humedales artificiales regidos por un flujo subsuperficial.

5.5.2.1 Demanda bioquímica de oxígeno.

Para analizar el progreso de DBO_5 de entrada a través de los sistemas de tratamientos observar la Figura V.5, Figura V.6, Figura V.7 y Figura V.8.

5.5.2.2 Relación entre el contenido de DBO_5 y el diseño del humedal

Al analizar el manual de la EPA (2000) para tratamiento de aguas residuales urbanas propone que este parámetro no exceda una concentración de 30mg/L, y propone una concentración máxima de $20g/m^2 \cdot d$ en las aguas que ingresan (Martínez, 2014). (Development Office of Research &, 2000; Martínez, 2014)

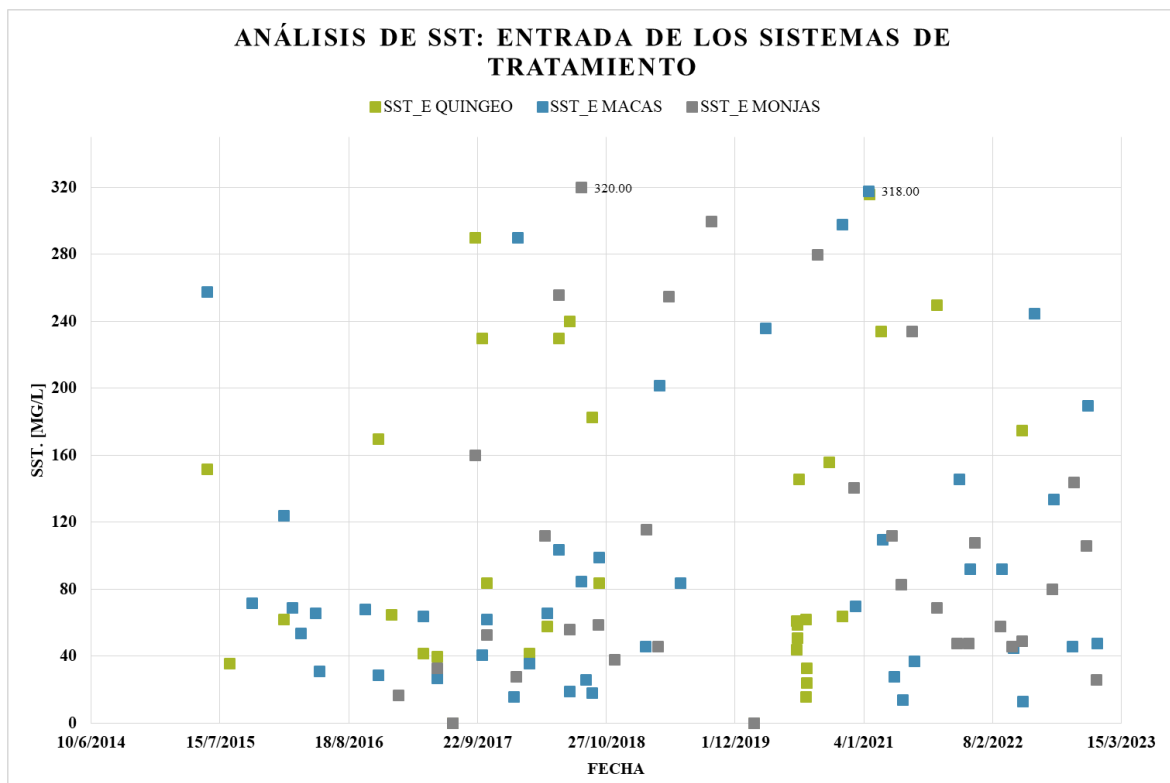
Para este tipo de sistemas, aquellos conformados por humedales, existe la denominada

regla de oro que propone la construcción de $5m^2/PE$, dónde PE es la población equivalente (Morales et al., 2013).

5.5.2.3 Evolución de los SST en las distintas etapas de tratamiento

En la Figura V.16 se observa los datos de la presencia a la entrada de las PTAR, sin embargo, el mayor valor posee un valor de 320mg/L, tomando en cuenta un promedio de 879.9mg/L perteneciente a los datos de la recopilación de información de los muestreos realizados a la entrada de los sistemas de tratamiento.

Figura V.16 Datos del muestreo en los diferentes sistemas de tratamiento para los sólidos suspendidos.



Fuente: ETAPA EP, 2023

Autor: Autoría Propia

Las exigencias legales para la realización de vertidos se limitan con un valor de 350mg/L, mientras que por parte de ETAPA EP limita este rango a 60mg/L al igual que, diversos autores proponen porcentajes eficientes en la reducción de los SST para sistemas de flujo subsuperficial horizontal, los cuales oscilan entre el 82.00% y el 95.00% (Crites & Tchobanoglous, 1998; Garfí et al., 2012; Hench et al., 2003; Lahora, 2015; Morel & Diener, 2006).

5.5.3 Diseño del humedal

Para el diseño recopilamos la información obtenida a través del muestreo y en función de los límites estipulados por ETAPA EP, como vegetación según la **Error! Reference source not found.** escogimos el llano o musgo propio de la zona, el material granulado fue grave de 32mm con una porosidad del 40%, como se ve en la Tabla V.8.

Tabla V.8 Datos necesarios para el dimensionamiento de humedales construidos de flujo subsuperficial

Datos necesarios para el dimensionamiento de humedales construidos de flujo subsuperficial			
Parametro	valor	Unidad	Descripción
Población	4	hab	Promedio por vivienda
Qm	44.506	m3/dia	Caudal medio, de acuerdo a la zona
Vegetación	Musgo-Llano		Tipo de macrófita
y	1.2	m	Profundidad humedad
Medio	0.4	-	Porosidad del humedal, grava media de 32 mm
DBO5	264.5	mgO2/L	Entrada, efluente
DBO5	100	mgO2/L	Salida, sacado de los parámetros que evalúa ETAPA EP
SST	879.9	mg/L	Solidos totales en suspensiónEntrada, efluente
SST	130	mg/L	Salida, sacado de los parámetros que evalúa ETAPA EP
Nitrogeno	41.17	mg/L	Total entrada, afluente, mayor dato entre los 3 sistemas
Nitrogeno	30	mg/L	Total salida, efluente
T ^m	4	°C	Mas baja en invierno, llegan a soportar 4°C
T ^a	16	°C	Media en invierno, comprendido entre 12°C y 20°C

Fuente: PDOT-Q, 2019 y ETAPA EP, 2023.

Autor: Autoría Propia

5.5.3.1 Diseño considerando la eliminación de DBO5 en un humedal subsuperficial.

Según Martínez, (2014), para el dimensionamiento del humedal de flujo subsuperficial horizontal en función del área requerida para eliminar eficientemente la DBO₅, se puede describir como:

$$A_s = \frac{Q \cdot (\ln C_0 - \ln C_e)}{k_T \cdot d \cdot n}$$

Donde:

- As: Área superficial del humedal, (m²).
- Ce: Concentración de DBO5 en el efluente, (mg/L).
- Co: Concentración de DBO5 en el afluente, (mg/L).
- Kt: Constante dependiente de la temperatura, (d⁻¹).

- n: Porosidad del humedal, (0.38).
- d: Profundidad del agua en el humedal, (m).
- Q: Caudal promedio del humedal, (m³ /d).

Para el cálculo de la constante de temperatura K_T como se muestra a continuación:

$$K_t = K_{20} \cdot (1.06)^{(T-20)}$$

$$K_{20} = 1.104 d^{-1}$$

Tras reemplazar estos datos obtenemos un área de:

$$A_s = \frac{44.5060 \cdot (\ln 264.5 - \ln 100)}{0.8745 \cdot 1.2 \cdot 0.40}$$

$$A_s = 103.10m^2$$

El determinar el TRH (tiempo de retención hídrico) se analiza debido a que a mayor TRH el sistema llega a producir una mayor eliminación de nutrientes (Ansola et al., 2003)

$$TRH = \frac{A_s \cdot d \cdot n}{Q}$$

$$TRH = \frac{103.10 \cdot 1.2 \cdot 0.40}{44.5060}$$

$$TRH = 1.12 \text{ días}$$

Se realiza una comparación entre las temperaturas ya que al indicar que existe una disminución de la misma se puede considerar un buen diseño.

$$T_c = \frac{q_L}{q_G}$$

$$T_e = T_o - T_c$$

$$T_w = \frac{T_o - T_e}{2}$$

$$q_L = (T_o - T_e) \cdot (U) \cdot (\sigma) \cdot (A_s) \cdot (t)$$

$$q_G = (C_p) \cdot (\delta) \cdot (A_s) \cdot (d) \cdot (n)$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{y_1}{k_1}\right) + \left(\frac{y_2}{k_2}\right) + \left(\frac{y_3}{k_3}\right)}$$

Dónde:

- q_G : Energía ganada por el agua, (J/°C)
- C_p : Capacidad de calor específico del agua, 4.125 (J/kg·°C)
- δ : Densidad del agua, 1000 (kg/m³)
- q_L : Energía perdida vía conducción a la atmósfera, (J)
- T_0 : Temperatura del agua que entra al humedal, (°C)
- T_a : Temperatura media del aire durante el período considerado (se toma el periodo invernal)
- U : Coeficiente de transferencia de calor a la superficie del lecho del humedal, (W/m²)
- σ : Factor de conversión, 86.400-
- t : Tiempo de residencia hidráulica en el humedal, (d)
- $k(1-n)$: Conductividad de las capas de 1 a n, (W/m·°C)
- $y(1-n)$: Espesor de las capas de 1 a n, (m)
- T_c : Cambio de temperatura en el humedal, (°C)
- T_e : Temperatura del efluente, (°C)
- T_w : Temperatura promedio en el agua del humedal HF, (°C)

Para el diseño del humedal se consideró una capa de 1.20m de grava saturada ($K=2\text{W/m}\cdot\text{°C}$), una capa de 8cm de grava seca ($K=1,5\text{W/m}\cdot\text{°C}$) y una capa de 15cm con restos de vegetación ($K=0,05\text{ W/m}\cdot\text{°C}$); en la Tabla V.9 nos presenta los datos del material granular a utilizarse. (Martínez, 2014)

Tabla V.9 Características típicas del medio granular para el humedal de flujo subsuperficial

Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad Hidraulica Ks (m3/m2*d)
Arena gruesa	2	28-32	100-1000
Arena gravosa	8	30-35	500-5000
Grava fina	13	35-38	1000-10000
Grava media	32	36-40	10000-50000
Roca gruesa	128	38-45	50000-250000

Fuente: (Martínez, 2014)

Reemplazando los datos se obtiene:

$$U = 0.28$$

$$T_c = 0.17^\circ\text{C}$$

$$T_e = 15.83^\circ\text{C}$$

$$T_w = 15.92^\circ\text{C}$$

5.5.3.2 Diseño considerando la eliminación de SST en un humedal subsuperficial.

Según Martínez, (2014), la expresión que permite determinar el área requerida para una eliminación óptima de sólidos totales en suspensión es la siguiente:

$$C_e = C_o [0.1058 + 0.00014 \cdot CH]$$

$$CH = \frac{Q \cdot 100}{A_s}$$

Dónde:

- CH: Carga hidráulica, (cm/d).
- Ce: Concentración de SST en el efluente, (mg/L).
- Co: Concentración de SST en el afluente, (mg/L).

$$CH = 56.066 \frac{\text{cm}}{\text{dia}}$$

Y aplicamos la ecuación de As para el punto 5.6.4, tenemos:

$$A_s = 79.40\text{m}^2$$

5.5.4 Diseño considerando la eliminación de NT en un humedal subsuperficial

Según Martínez, (2014) un diseño de humedal con HF que tenga como criterio principal la eliminación de nitrógeno total puede llegar a ser complejo, ya que este elemento llega a presentarse de varias maneras tal el caso de nitrógeno amoniacal, en el sistema por lo cual se necesitan condiciones químicas y ambientales específicas para su completa eliminación. Por esto, este parámetro llega a ser muy limitante.

Es muy recomendable asumir que el nitrógeno total presente en el ingreso se convierte en amoniaco. Así, se pronostica que en el transcurso del primer a segundo año la eliminación de este parámetro no llega a ocasionar problemas debido a las condiciones del lecho filtrante al igual que la vegetación utilizada, esta tiene una alta asimilación debido al crecimiento vegetativo. Al analizar el segundo período de crecimiento vegetativo, se llega al equilibrio del sistema y la eliminación del nitrógeno se llega a homogeneizar. El TRH varía drásticamente durante estos periodos puesto que el crecimiento de las raíces difiere según la etapa, la acumulación de sólidos y la formación del biofilm (Crites, 1994; Hench et al., 2003).

$$A_s = \frac{Q \cdot (\ln C_0 - \ln C_e)}{k_T \cdot d \cdot n}$$

Dónde:

- C_E : Concentración de amoniaco en el efluente, (mg/L).
- C_T : Concentración de amoniaco en el afluente, (mg/L).
- K_T : Constante dependiente de la temperatura, (d^{-1})

La constante de temperatura viene definida por:

$$k_T = k_{NH} \cdot (1.048)^{(T-20)}$$

Donde K_{NH} es la constante de nitrificación. Al asumir como 100.00% de penetración de las raíces K_{NH} se tomó el valor de 0.4007, valor propuesto y evaluado en humedales HF por la EPA en 1993 (Lara Borrero, 1999).

Tras definir K_{NH} , se determinó el área requerida para la correcta eliminación del nitrógeno total (en función del supuesto anterior, todo el nitrógeno es amonio y se tiene una penetración del 100.00% por parte de las raíces).

Obteniendo un valor de:

$$k_T = 0.3321$$

$$A_s = 88.40m^2$$

A partir de esta área, se calculó el tiempo de retención hídrico en el lecho del humedal HF para la eliminación de nitrógeno total:

$$TRH = \frac{A_s \cdot d \cdot n}{Q}$$

$$TRH = 1 \text{ día}$$

Para comprobar los resultados obtenidos, se realizó el cálculo de nitrato restante en el efluente mediante la expresión:

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{(-K_i \cdot T)}$$

Donde:

- C_e : Concentración de nitrato en el efluente, (mg/L).
- C_o : Concentración de amoníaco en el afluente, (mg/L).
- K_T : Constante dependiente de la temperatura, para el nitrato es $1(d^{-1})$.
- T : tiempo de retención hídrico, (d).

Teniendo como resultado un incremento de:

$$C_e = 4.11 \text{ mg/L}$$

5.6 Sistemas de Recepción y Distribución

Se debe considerar las conexiones pertinentes entre las diferentes etapas de los sistemas, al igual que los accesorios necesarios en función del diámetro y material correspondientes, un criterio para la definición de su material es la identificación de las condiciones del medio al que se va a exponer. (Atariguana & Urvina, 2020).

5.6.1 Determinación del diámetro interno

Como primer parámetro ETAPA EP tiene diámetros mínimos de operación, para tuberías PVC es de 110mm, las de hierro dúctil de 110mm y para la del afluente (sistema de alcantarillado) 300mm.

Esta dimensión se encuentra definida por ecuaciones como la Manning, Chèzy o Bassin, sin embargo, se analiza como un conducto cerrado, donde la ecuación de Manning es la más práctica:

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

Dónde:

v: velocidad en m/s

n: Coeficiente de rugosidad de Manning, Tabla V.10

Rh: Radio hidráulico (m) S: Pendiente (m/m), sección 5.9.1

Tabla V.10 Coeficiente de Manning.

Material	Coeficiente de Manning (n)
Asbesto Cemento	0.011
Hierro fundido	0.012
Concreto simple	0.013
Plomo	0.011
Plástico (PVC)	0.009
Vidrio	0.011

Fuente: (Cuervo Aponte & Hernández Espinoza, 2018)

Se ecuación para determinar el caudal, es:

$$Q = v * A$$

Donde:

Q: es el caudal (en este caso el Qmed,d), en m³/s

v: velocidad del flujo en m/s

A: Área interna de la tubería en m²

Al reemplazar la ecuación de Manning en la del caudal, se tiene:

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

Donde:

Q_{med,d}: Caudal medio diario en m³/s

A: Área de la sección del flujo en m²

R: Radio hidráulico (A/P = D/4)

P: Perímetro mojado en m

D: Diámetro interno real de la tubería en m

S: Pendiente de la línea de energía en m/m (2%)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

Con el fin de determinar el diámetro interno, el diámetro está dado por:

$$D = 1.5483 \left(\frac{n * Q}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 1.5483 \left(\frac{n * 0.000515116}{0.02^{1/2}} \right)^{3/8}$$

El valor de n, está dado por la etapa en la cual se encuentre la tubería, en el caso de aquella que conecta el pretratamiento con el tratamiento primario es de hierro y el resto de las tuberías son de PVC, los cuales deben cumplir con la NORMA NTE INEN 1373 y NTE INEN 1331.

Para la comprobación del diseño el diseño a sección parcialmente llena para asegurar el flujo libre con una altura de agua entre el 70.00-75.00%, con el fin de evitar daños en las tuberías. Así mismo, el diámetro de la tubería está estrechamente enlazado con la velocidad recomendada de circulación del agua la cual no debe ser mayor a 1m/s con el fin de evitar diámetros excesivos (J. García & Corzo, 2008).

La tubería perforada de diámetro entre 6" a 8" los cuales deben ser comprobados con las relaciones hidráulicas en función del caudal a sección llena y a sección parcialmente llena.

Para determinar los diámetros necesarios en función de las marcas comerciales presentes, se diseñó en función del catálogo de (Rival, 2023), Tabla V.11

Tabla V.11 Diámetros comerciales de tuberías RIVAL de PVC.

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Interno (mm)	Longitud Nominal (m)	Serie NTE INEN 2059-2010
110	100.00	6	6
125	110.00	6	6
160	145.00	6	6
175	160.00	6	6
200	183.00	6	6
220	200.00	6	6
250	228.00	6	6
280	250.00	6	5
315	286.00	6	6
335	300.00	6	5
400	364.00	6	6
440	400.00	6	5

Fuente: (Rival, 2023)

5.6.2 Tuberías perforadas

Se propone una sección con perforaciones prefabricadas o aquellas realizadas manualmente, de manera que el agua recogida del efluente se conduzca a través del fondo de la celda y se conecte a una tubería principal que sea la encargada de recolectar el agua ya tratada. (J. García & Corzo, 2008).

Para un correcto funcionamiento de estos drenes se dispone de una capa de material granular de una altura de 0.25m, que permita que las partículas de pequeño y mediano tamaño se queden entre esta capa con el fin de evitar la saturación del drenaje (Atariguana & Urvina, 2020)

5.6.2.1 Caudal de diseño

Para el caudal de diseño se debe considerar el proporcionado para el dimensionamiento de todos los sistemas:

$$Q = 1.854m^3/h$$

5.6.2.3 Tubería perforada de drenaje para el humedal

Para el dimensionamiento de las tuberías se realizó en función de lo propuesto por ETAPA EP y Romero Rojas, (1999).

Para la longitud de la tubería lateral de drenaje se considera la mitad del ancho del humedal, se propone un diámetro de orificios de $\varnothing=12\text{mm}$, dado propuesto por ETAPA EP, para la velocidad a través del orificio se eligió un valor entre el rango de 3.4m/s-4m/s, para este caso será 4m/s.

$$A_f = \text{área del humedal}$$

$$A_\varnothing = \text{área de los orificios por tubería}$$

$$R_0 = \frac{A_\varnothing}{A_f} = 0.02$$

$$A_\varnothing = 0.0696\text{m}^2$$

Para el número de orificios se tiene dos ecuaciones, de las cuales se eligió aquella con el mayor y que sea par considerando un diámetro del orificio de 10mm según lo recomendado por ETAPA EP:

$$N_\varnothing = \frac{4 * A_\varnothing}{\pi * \varnothing^2} = 8.86u$$

$$N_\varnothing = \frac{4 * Q_l}{V_\varnothing * \pi * \varnothing^2} = 1.929u$$

Para este caso se determinó que se necesitan 12 orificios, para la determinación de orificios por lateral se propuso 4 laterales en distribuidos en una distancia de 5.30m que constituye el largo de la tubería principal:

$$N_{\varnothing l} = \frac{N_{\varnothing(mayor)}}{N_l}$$

Dónde:

$N_{\varnothing l}$ = Número de orificios por lateral

N_\varnothing = Número de orificios, totales

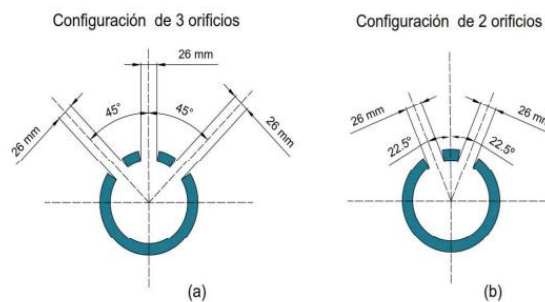
N_l = Número de tuberías laterales

Reemplazando en la ecuación, tenemos:

$$N_{\phi l} = \frac{12}{4} = 3u$$

Teniendo 2 orificios por tubería, con una configuración de dos orificios, Figura V.17, con una separación 2.95m, sin embargo, por se puede considerar el diseño de orificios de diámetro de 10mm con una separación de 10cm según lo recomendado por la normativa manteniendo la distribución de 2 orificios.

Figura V.17 Configuración vista en corte para 2 y 3 orificios.



Elaborado por: Eduardo Pinos

Para el diámetro de la tubería se tiene:

$$D_l = \sqrt{\frac{N_{\phi l} * \phi^2}{R1}} \text{ donde } R1 = 0.5$$

$$D_l = \sqrt{\frac{3 * \frac{10^2}{1000}}{0.5}}$$

$$D_l = 0.024m$$

Para la tubería principal a su vez, se tiene una relación denominada $R_2=1$, en función del diámetro de la tubería lateral:

$$D_p = \sqrt{\frac{N_l * D_l^2}{R2}}$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4 * 0.024^2}{1}}$$

$$D_p = 0.050m$$

5.6.2.4 Tubería perforada para la alimentación del humedal

Se consideró el mismo procedimiento del punto anterior con la variación del caudal de lavado, el cual se estimó como el caudal de diseño, $Q=44.506\text{m}^3/\text{día}$, para el resto considerar el diseño presentado en “5.6.2 Tuberías perforadas”.

VI. RESULTADOS

6.1 Pretratamiento

Para el pretratamiento, lo primero en determinarse fue el caudal a ser utilizado en el diseño:

Tabla VI.1 *Tabla de resultados de los parámetros y caudales iniciales.*

Parámetros Iniciales		
Criterio	Valor	Unidad
Población	476	hab
Dotación de agua de la población	110	Lt/hab/día
Caracterización de los Caudales		
Criterio	Valor	Unidad
Caudal medio diario	44.506	$\text{m}^3/\text{día}$
Caudal medio horario	1.854	$\text{m}^3/\text{día}$
Factor de punta horario	1.751	---
Caudal de punta horario	3.247	m^3/h
Caudal máximo diario	151.320	$\text{m}^3/\text{día}$
Caudal máximo instantáneo	0.00515	m^3/s
Caudal mínimo diario	13.352	$\text{m}^3/\text{día}$

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta las dimensiones determinadas para el sistema de pretratamiento:

Tabla VI.2 *Dimensiones para el sistema de pretratamiento*

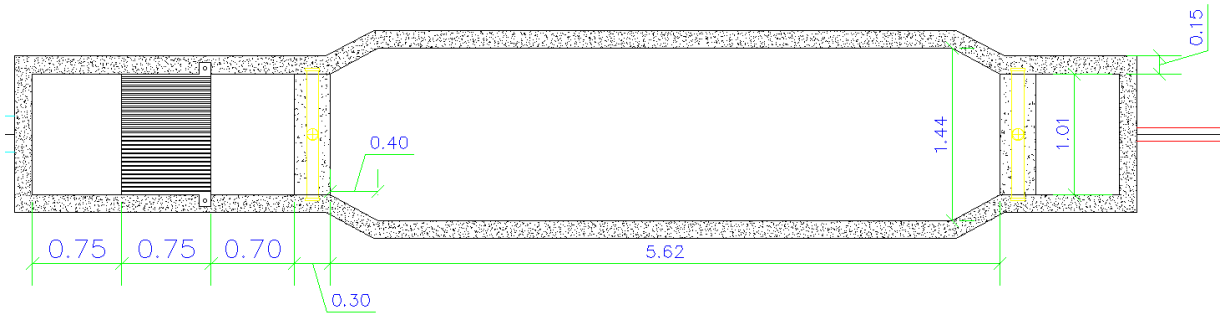
Parámetros del Pretratamiento		
Dimensiones de la rejilla		
Criterio	Valor	Unidad
Base	1.01	m
Alto	0.75	m
# Barras	28	U
Diámetro barrotes	10	mm
Separación	25	mm
Diseño de Desarenador		
Ancho del Desarenador	1.44	m
Altura, hl	0.6	m
Altura de sedimentos, hs	0.2	m
Altura total, ht	0.8	m
Longitud total, ld	5.62	m
Transición Canal Cribado – Desarenador		
α (ángulo)	12.5	°

Longitud	0.97	m
----------	------	---

Fuente: Elaboración propia

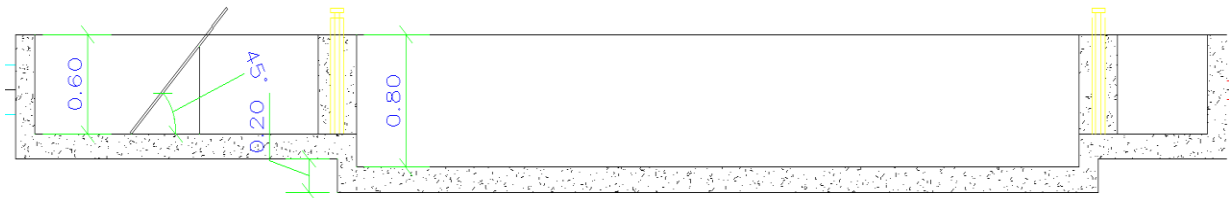
A continuación, en la Figura VI.1 y en la Figura VI.2 se presentan esquemas del pretratamiento.

Figura VI.1 Vista en planta de Pretratamiento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura VI.2 Vista en perfil del Pretratamiento.



Fuente: Elaboración Propia.

6.2 Tratamiento Primario - Pozo Séptico

A continuación, se presentan un resumen de todos los resultados de los cálculos y los resultados de los parámetros de los tratamientos primarios y tratamientos secundarios, también se presentan planos a detalles de las estructuras principales.

A continuación, en la Tabla VI.3 se presentan los parámetros del tratamiento primario.

Tabla VI.3 Tabla de los parámetros del tratamiento primario tanque tipo Imhoff

Parámetros del Tratamiento Primario			
Tanque – Pozo Séptico tipo Imhoff			
	Criterio	Valor	Unidad
Zona de Decantación	Carga Hidráulica	20	m ³ /m ² día
	Superficie de la zona de decantación	3.783	m ²
	Relación ancho largo	1.75:1	---
	Longitud	3.8	m
	Ancho	2.17	m
	Abertura Inferior	0.25	m
	Pendiente de la cámara de decantación	1.5:1	----
	Profundidad de la cámara de decantación	1.44	m
	Superficie del triangulo	0.7	m ²
	Superficie del rectángulo	0.36	m ²
	Superficie total (At)	1.74	m ²
	Volumen de decantación	9.100	m ³
	Velocidad de punta horizontal, horaria (v)	0.0310	m/min
	Tiempo de retención	2.89	h

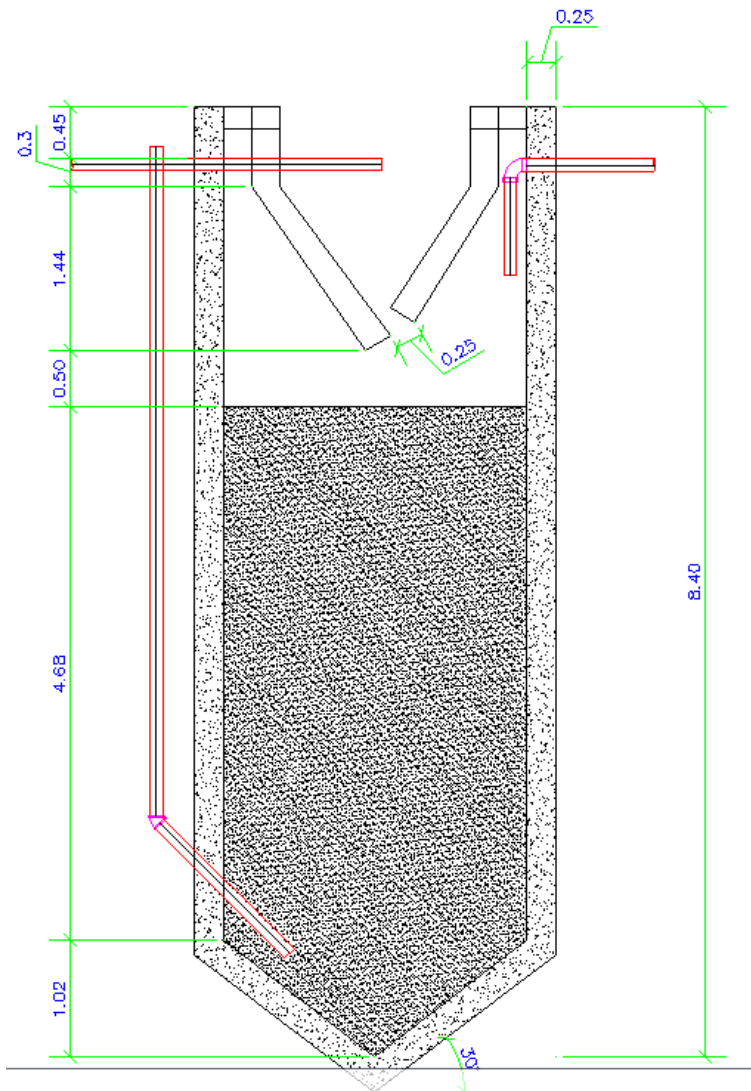
	medio (Th)		
Zona de Escape de Gases	Porcentaje de gas	15	%
	Superficie total del tanque	9.49	m ²
	Ancho de la zona de escape de gas	0.5	m
	Velocidad de emisión de lodos	100	L/hab*año
	Tiempo de digestión	1	años
	Volumen de lodos	47.6	m ³
Dimensiones del tanque	Ancho total del tanque	2.67	m
	Longitud total	3.55	m
	Inclinación de las paredes	30	°
	Altura del fondo, zona piramidal (h3)	1.02	m
	Altura alcanzada por los lodos (h2)	4.68	m
	Resguardo	0.45	m
	Altura del deflector	0.3	m
	Distancia entre la abertura inferior y la superficie de lodo acumulado (h1)	0.5	m
	Profundidad total del tanque	8.40	m

	Volumen total del tanque	66.19	m ³
--	--------------------------	-------	----------------

Fuente: Elaboración Propia.

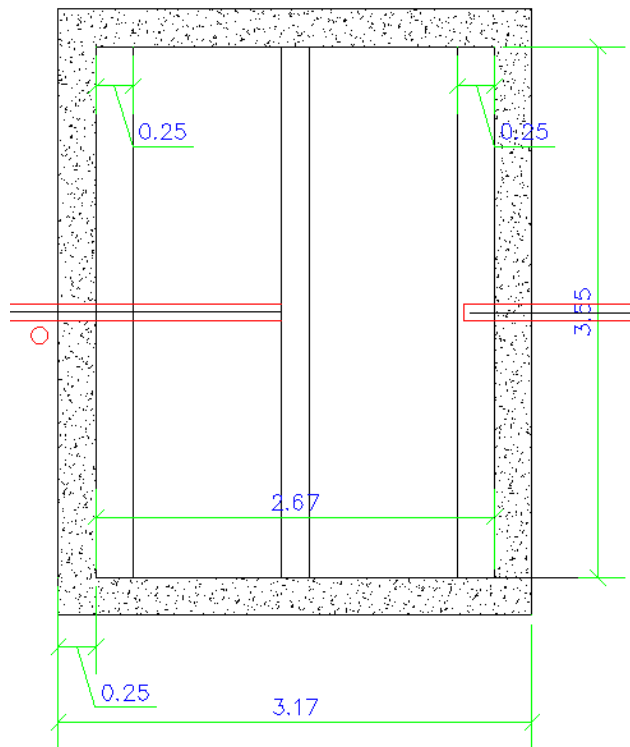
A continuación, en la Figura VI.3 y en la que se presenta un esquema del tratamiento primario, pozo séptico estilo Imhoff.

Figura VI.3 Vista en perfil del tanque séptico Imhoff.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura VI.4 Vista en planta del tanque séptico Imhoff.



Fuente: Elaboración Propia.

6.3 Tratamiento Secundario – Humedales Verticales

Se partió de los siguientes datos:

Tabla VI.4 Tabla de los parámetros iniciales para el diseño del humedal de flujo vertical.

Parámetros Iniciales		
Criterio	Valor	Unidad
Población	476	hab
Dotación de agua de la población	110	Lt/hab/día
Material granular	Arena media, 32 mm	
n	0.40	-
Tipo de vegetación	Musgo, llano	

Y	1.2	m
Caracterización de los Caudales		
Criterio	Valor	Unidad
Caudal medio diario	44.506	m ³ /día
Caudal medio horario	1.854	m ³ /día
Factor de punta horario	1.751	---
Caudal de punta horario	3.247	m ³ /h
Caudal máximo diario	151.320	m ³ /día
Caudal máximo instantáneo	0.00515	m ³ /s
Caudal mínimo diario	13.352	m ³ /día

Fuente: Elaboración Propia.

Recopilando las áreas estimadas en función del parámetro a ser eliminado, se tiene:

Tabla VI.5 Métodos de estimación del área del humedal en función del parámetro a eliminar

Método	Área	Unidad
Eliminación de DBO ₅	206.30	m ²
Eliminación de SST	14.90	m ²
Eliminación de Nitrógeno	176.70	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Para el DBO₅ se analiza la temperatura asumida (16°C) para el dimensionamiento la cual se estima que a la salida del sistema difiere en 0.10°C de la asumida para el agua y, por lo tanto, los cálculos realizados para el diseño del área del humedal subsuperficial nos dan un área de 103.10m² y un TRH de 1.12días.

La superficie estimada para eliminar SST (79.40m²) es menor que la calculada para eliminar la DBO₅, por lo que la eliminación de SST no es un parámetro limitante en el diseño y dimensionamiento del humedal.

Para la eliminación del nitrógeno total se tiene un área de 103.10m² con un contenido de nitratos (Co) que será el resultado de restar de los 41.17mg/L de entrada al sistema los 30mg/L de salida. El nitrógeno total en el efluente serán los 30mg/L según la dimensión calculada de 103.10m², más el residual calculado (4.11); dando un total de 34.11mg/L que no presenta ni un incremento del 13.70% en la salida del parámetro tras atravesar el tratamiento.

El área total para el diseño del humedal HF será la mayor de las áreas requeridas entre la calculada por eliminación de DBO₅ y nitrógeno, mas no la suma de ambos que para nuestro caso será el perteneciente al tratamiento de DBO₅ (Martínez, 2014).

Determinación de dimensiones a partir del Área del humedal.

Para determinar las dimensiones del humedal nos basados en la relación L: W=1:1 para un sistema constituido por tres estructuras de humedales según lo dispuesto por ETAPA EP con el fin facilitar la limpieza de los sistemas. (Chafloque Llagas & Guadalupe Gómez, 2006).

$$L: W = 1: 1 \rightarrow L = W$$

Por lo cual en función de la relación óptima presentada anteriormente y considerando dos unidades de tratamiento, tenemos:

$$L = 5.90m$$

$$W = 5.90m$$

Tras analizar nuevamente comprobamos que la relación 1:1 se cumpla correctamente y en la figura se puede observar el esquema de esta etapa de tratamiento.

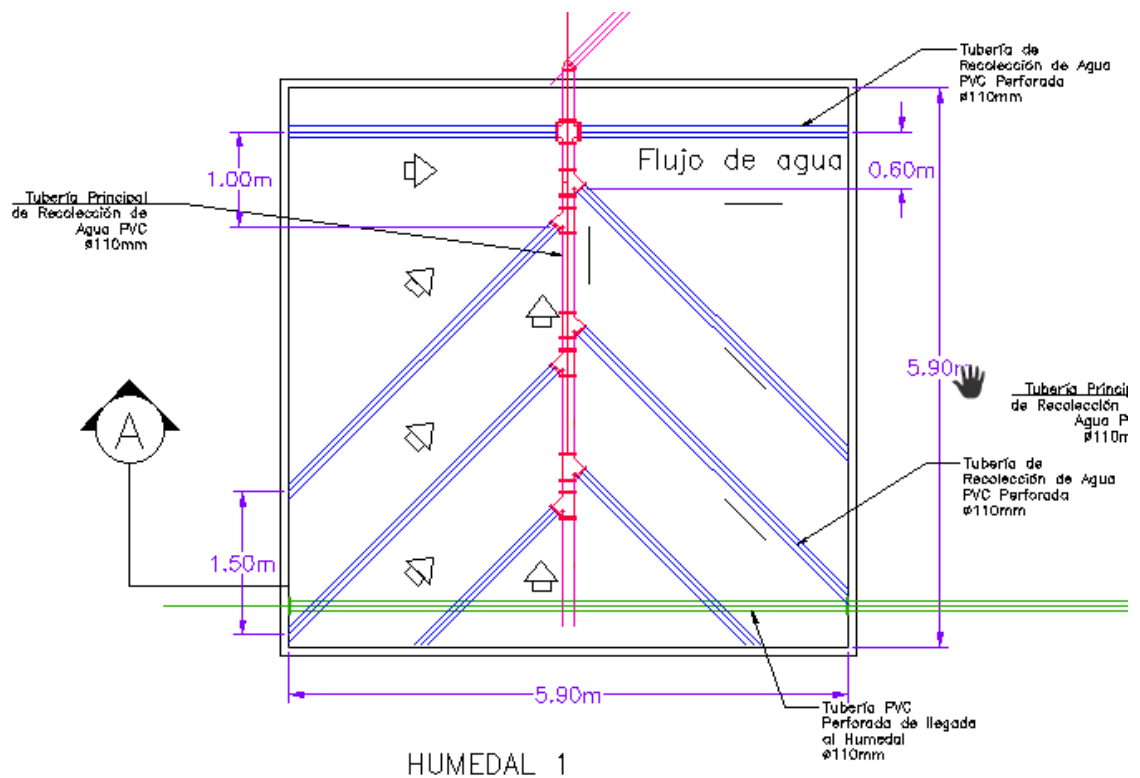
Tabla VI.6 Dimensiones del humedal de flujo subsuperficial

Dimensiones del Humedal vertical de flujo subsuperficial		
Criterio	Valor	Unidad
Caudal de diseño	44.506	m ³ /día
Nº de Humedales	3	u

Área Humedal (total)	104.43	m ²
Área Humedal por unidad	34.81	m ²
Longitud	5.9	m
Ancho	5.90	m

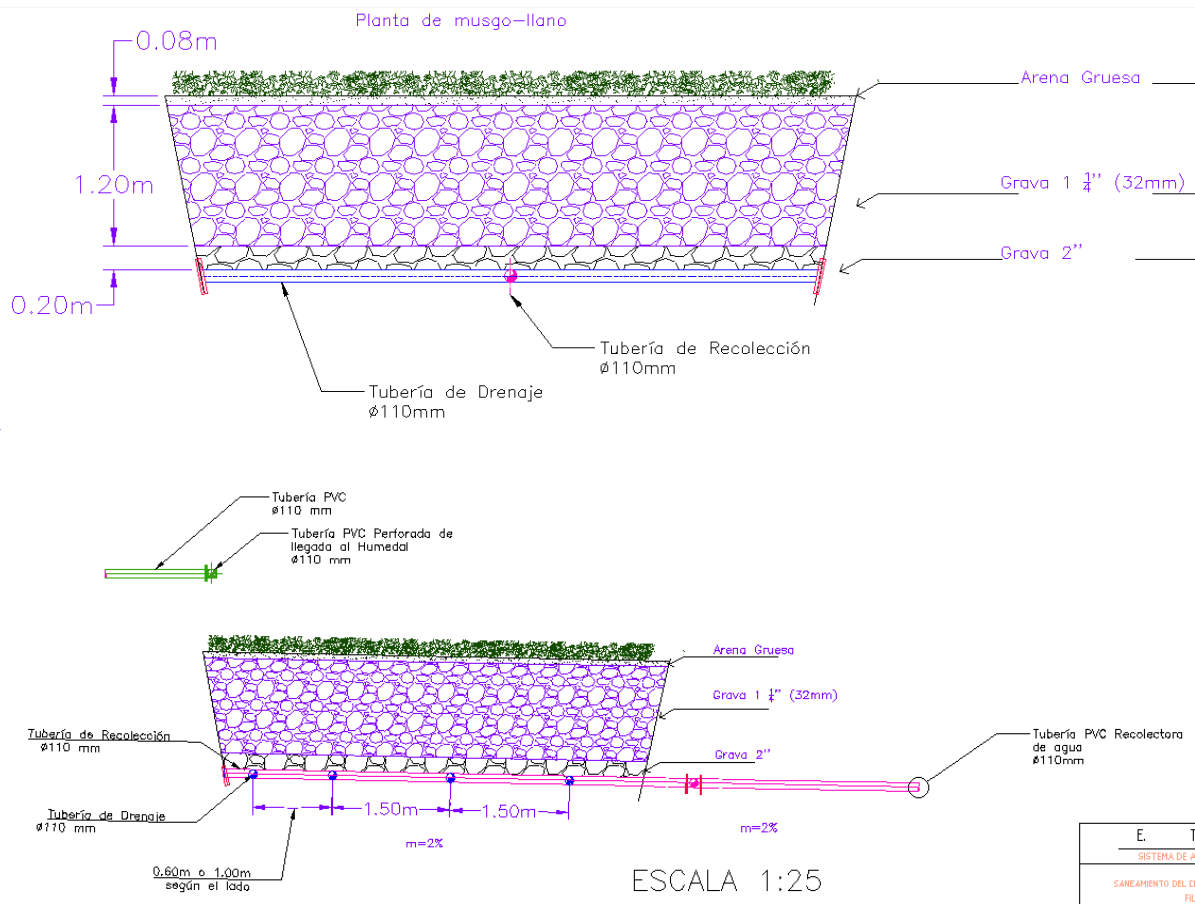
Fuente: Elaboración Propia.

Figura VI.5 Dimensiones del humedal con su sistema de drenaje.



Autor: Autoría Propia

Figura VI.6 Sección en corte lateral y frontal del humedal.



Autoría: Autoría Propia

6.4 Sistemas de Recepción y Distribución

Para la determinación del diámetro considerar el diámetro mínimo recomendado por ETAPA EP de 110mm para tuberías PVC tipo B y de la misma manera para los de hierro.

6.4.1 Tubería de distribución- pozo séptico al humedal

Usada para conectar el pozo séptico con Según las dimensiones mínimas dadas por ETAPA EP, se obtuvieron las siguientes dimensiones:

Tabla VI.7 Resultados de la tubería de distribución del pozo séptico al humedal

Hierro Dúctil		
Criterio	Valor	Unidad
Rugosidad, n	0.012	- Hierro Fundido

Pendiente, s	0.02	-
Caudal de diseño, Q	0.000515	m ³ /s
Diámetro comercial, Ø	110	mm
Sección llena		
Q _o	0.00792176	m ³ /s
A _o	0.007853982	m ²
V _o	1.008629806	m/s
Sección Parcialmente Llena		
Q/Q _o	0.07	-
y/Ø	0.020	m
A/A _o	0.001	m ²
V/V _o	0.500	m/s
D/Ø	0.014	m

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.2 Tubería de distribución –Alimentación del humedal

Tabla VI.8 Resultados de la tubería de distribución, alimentación del humedal

Tubería PVC – Sin Perforar		
Criterio	Valor	Unidad
Rugosidad, n	0.009	- PVC
Pendiente, s	0.02	-
Caudal de diseño, Q	0.000515	m ³ /s

Diámetro comercial, \emptyset	110	mm
Sección llena		
Q_o	0.010562347	m^3/s
A_o	0.007853982	m^2
V_o	1.344839741	m/s
Sección Parcialmente Llena		
Q/Q_o	0.05	-
y/\emptyset	0.017	-
A/A_o	0.001	-
V/V_o	0.580	-
D/\emptyset	0.012	-

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.3 Tubería de drenaje del Humedal

Es la encargada de recolectar el agua procesada en el humedal.

Tabla VI.9 Dimensionamiento de las tuberías perforadas, tubería PVC tipo B.

Tubería PVC – Sin Perforar		
Criterio	Valor	Unidad
Caudal de diseño, Q	0.000515	m^3/s
Longitud tubería lateral, L	2.95	M
Longitud recolector, Lt	5.30	m
Relación de áreas, R_o	0.02	-

Diámetro orificios, \emptyset	10	mm
Área Mínima orificios, A_{\emptyset}	0.06962	m ²
V_0	3.4	m/s
Relación de áreas, R_1	0.5	-
Diámetro lateral, DL	110	mm
Relación de áreas, R_2	1	-
Diámetro principal, Dp	0.092	mm
Numero de orificios por latera, $N_{\emptyset L}$	60	u
Separación entre agujeros, d	10	cm
Configuración de orificios, d	2	filas

6.4.4 Tubería de distribución – Salida de los humedales

Tubería encargada de recolectar el agua filtrada por el sistema de drenaje del humedal hacia el punto de vertido.

Tabla VI.10 *Resultados de la tubería de distribución al punto de descarga*

Tubería PVC – Sin Perforar		
Criterio	Valor	Unidad
Rugosidad, n	0.009	- PVC
Pendiente, s	0.02	-
Caudal de diseño, Q	0.000515	m ³ /s

Diámetro comercial, \emptyset	110	mm
Sección llena		
Q_o	0.010562347	m^3/s
A_o	0.007853982	m^2
V_o	1.344839741	m/s
Sección Parcialmente Llena		
Q/Q_o	0.05	-
y/\emptyset	0.148	-
A/A_o	0.092	-
V/V_o	0.398	-
D/\emptyset	0.102	-

Fuente: Elaboración Propia.

Considerar para cada unión los diferentes accesorios en función del material de la tubería y del diámetro de la misma.

6.5 Emplazamiento del sistema de tratamiento

Para ubicar el sistema de tratamiento dentro de la zona de estudio se tomó en cuenta las alternativas presentadas en la primera etapa de este estudio, la cual consta de la alternativa totalmente descentralizada con el fin de disminuir los recursos económicos, con el fin de solventar los núcleos sintéticos.

Dentro de “10.4 Planos constructivos y de Emplazamiento” se puede observar aquellas zonas marcadas de color rojo en función de las redes propuestas.

VII. CONCLUSIONES

- En base al desarrollo del presente trabajo de titulación se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Rural de Quingeo, se basó en datos proporcionados por la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ETAPA EP, el cual consta de un pretratamiento, un tanque o fosa séptica estilo Imhoff y 3 humedales verticales los cuales fueron diseñados para un núcleo descentralizado con una población de 476 habitantes.
- El uso de un adecuado pretratamiento de las aguas residuales nos permite salvaguardar y evitar daños a las operaciones físicas y químicas esto con operaciones unitarias que eliminan sólidos que puedan llegar a colarse y dañar el correcto funcionamiento del pozo séptico y de los humedales verticales.
- Se optó por el diseño de un tanque estilo Imhoff debido a que los mismos trabajan de manera óptima cuando se presentan caudales medios diarios mayores a 40m³/día, estos son tratamientos de aguas residuales lo suficientemente eficientes y convenientes para poblaciones rurales aparte de ser un método eficiente en la remoción de sólidos en suspensión.
- La utilización de humedales verticales nos permite disminuir el área requerida al tener una mayor profundidad a diferencia de los horizontales, con el fin de mitigar el impacto ambiental producido por la construcción de dichas estructuras, así mismo, es una alternativa innovadora que permite crear espacios capaces de disminuir la contaminación producida por el ser humano. Para la estimación del área requerida se debe considerar los parámetros más importantes a ser eliminados o aquellos que representen mayor riesgo a la comunidad, para así establecer los indicadores de evaluación, en este caso en concreto el parámetro que requiere mayor área para su tratamiento y aquel que va a regir dicho sistema es la DBO₅.

VIII. RECOMENDACIONES

- En el caso de las tuberías PVC considerar las especificaciones técnicas propias del sistema, como el caso de sus accesorios.
- Complementario a este trabajo se debe realizar el estudio estructural de los

diferentes sistemas, ya que este trabajo no abarco nada de esos aspectos.

- Si se desea emplazar este documento en una zona diferente, la vegetación debe considerarse en función de la climatología y condiciones ambientales de la zona.
- En el caso de no requerir tuberías como medio de conexión se puede realizar el diseño de canales.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, P., & Leonardo, I. (2012). Las aguas servidas y su influencia en la calidad de vida de los moradores del centro cantonal, cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua.

Ahmed, M. A., Ali, S. M., El-Dek, S. I., & Galal, A. (2013). Magnetite–hematite nanoparticles prepared by green methods for heavy metal ions removal from water. *Materials Science and Engineering: B*, 178(10), 744–751.

Akratos, C., & Tsihrintzis, V. (2007). Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering - ECOL ENG*, 29, 173–191.

Amaya, W. F., Cañón, Ó. A., & Avilés, Ó. F. (2004). Control de pH para planta de tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 14, 86–95. <https://doi.org/10.18359/RCIN.1271>

Asamblea Nacional. (2014). Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. www.lexis.com.ec

Atariguana, P., & Urvina, D. (2020). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales para el Recinto Fátima en el cantón San Fernando. 132–132.

Barreto Mendieta, D. M., & Chica Tapia, M. J. (2021). Aplicación de humedales artificiales verticales para tratamiento de aguas residuales en Cuenca. 69–69.

Bermeo Castillo, L., Villa Achupallas, M., Merino González, C., Muñoz Jaramillo, C., Coronel Carrión, D., Santín Torres, J., Guerrero Pesántez, J., Aguirre Azanza, L., Cuenca Alvarado, L., Quille Carpio, O., & Castillo Elizalde, P. (2010). Guía para la Selección de Tecnologías de Depuración de Aguas Residuales por Métodos Naturales. Editorial UTPL.

Bernal, O. (2014). Diseño de unidad piloto de humedales artificiales de flujo

subsuperficial para tratamiento de aguas residuales domesticas en el Campus UMNG-Cajicá con fines de reusó. 77–77.

Burgos Mayorga, E. B., & Agudo Vines, D. M. (2015). Análisis de la Eficiencia de Filtros a Base de Zeolita para la Remoción de Contaminantes en el agua Proveniente de dos Pozos de Abastecimiento Público en el Recinto Tres postes, Cantón Alfredo Baquerizo Moreno.

Casteñeda Villanueva, A. A., & Flores López, H. E. (2013). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad, ISSN-e 2007-3607, Vol. 3, N°. 5, 2013-2014 (Ejemplar dedicado a: Innovación y difusión de la tecnología), 3(5), 2–2.

Chacón, C., Andrade, C., Árdenas, C. C., Araujo, I., & Morales, E. (2004). Uso de *Chlorella Sp.* Y *Scenedesmus Sp.* En la Remoción de Nitrógeno, Fósforo y Dqo de Aguas Residuales Urbanas de Maracaibo, Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 38(2). <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/26>

Chacón Chaquea, M. Y. (2016). Análisis físico y químico de la calidad del agua (USTA, p. 116). Universidad Santo Tomás.

Chafloque Llagas, A. W., & Guadalupe Gómez, E. (2006). A design of an artificial marsh for treating waste water in the UNMSM. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 15, 85–96.

Chan, S. Y., Tsang, Y. F., Cui, L. H., & Chua, H. (2008). Domestic wastewater treatment using batch-fed constructed wetland and predictive model development for NH₃-N removal. Process Biochemistry, 43(3), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2007.12.009>

Cisneros, M., Berneo Castillo, L., & Romero Jaramillo, C. (2010). Guía para la Selección de Tecnologías de Depuración de Aguas Residuales por Métodos Naturales En poblaciones menores a 5000 habitantes de la Provincia de Loja. Editorial UTPL.

Colotta, G. S. (2003). Tratamiento físico-químico de aguas residuales de la industria textil. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química, 6(2), 64–71.

Crites, R. W. (1994). Design Criteria and Practice for Constructed Wetlands. Water Science and Technology, 29(4), 1–6. <https://doi.org/10.2166/wst.1994.0144>

Crites, R. W., & Tchobanoglous, G. (1998). Small and Decentralized Wastewater

Management Systems. WCB/McGraw-Hill.

Crombet Grillet, S., Pérez Pompa, N., Ábalos Rodríguez, A., & Rodríguez Pérez, S. (2013). Caracterización de las aguas residuales de la comunidad “Antonio Maceo” de la Universidad de Oriente. *Revista Cubana de Química*, XXV(2), 134–142.

Cuervo Aponte, C. D., & Hernández Espinoza, M. Á. (2018). Diseño y modelacion de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal para tratamiento de aguas residuales en la vereda mancilla del municipio de facatativa, cundinamarca [Thesis

Cui, L., Zhu, X., Ma, M., Ouyang, Y., Dong, M., Zhu, W., & Luo, S. (2008). Phosphorus sorption capacities and physicochemical properties of nine substrate materials for constructed wetland. *rchives of environmental contamination and toxicology*, 2, 210–217. <https://doi.org/10.1007/s00244-007-9109-y>

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales (p. 115).

Development Office of Research &. (2000). Manual-constructed wetlands treatmnet of municipal wastewaters.

Díaz Cuenca, E., Alavarado Granados, A., & Camacho Calzada, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: El caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 14(1), 78–97.

Garcés Giraldo, L. F., & Peñuela Mesa, G. A. (2007). Tratamiento de las aguas residuales de una industria textil utilizando colector solar. *Revista Lasallista de Investigación*, 4(2), 24–31.

García, F. (2015). Sistemas extensivos de depuración: Humedales artificiales, filtros intermitentes de arena, filtros de turba, lagunajes y combinación de tecnologías. Curso de especialista universitario en depuración de aguas residuales en pequeños núcleos.

García, J., & Corzo, A. (2008). Depuración con Humedales Construidos: Vol. I (p. 98).

Garfí, M., Pedescoll, A., Bécares, E., Hijosa-Valsero, M., Sidrach-Cardona, R., & García, J. (2012). Effect of climatic conditions, season and wastewater quality on contaminant removal efficiency of two experimental constructed wetlands in different regions of Spain. *Science of The Total Environment*, 437, 61–67.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.07.087>

Gilpavas, E., Medina, J., Dobrosz-Gómez, I., & Gómez, M. (2016). Degradación de Colorante Amarillo 12 de Aguas Residuales Industriales utilizando Hierro Cero Valente, Peróxido de Hidrógeno y Radiación Ultravioleta. *Información tecnológica*, 27(3), 23–34. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000300004>

Hench, K. R., Bissonnette, G. K., Sexstone, A. J., Coleman, J. G., Garbutt, K., & Skousen, J. G. (2003). Fate of physical, chemical, and microbial contaminants in domestic wastewater following treatment by small constructed wetlands. *Water Research*, 37(4), 921–927. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00377-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00377-9)

Hernandez Muñoz, A. (1995). Manual de depuración. Uralita: Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes. Paraninfo.

INEN. (2015). Calidad del agua- Determinación de Calcio y Magnesio- Método Espectrométrico de Absorción Atómica (IDT) (Primera Edición).

Konnerup, D., Koottatep, T., & Brix, H. (2009). Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with Canna and Heliconia. *Ecological Engineering*, 35(2), 248–257. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.04.018>

Lahora, A. (2015). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: La EDAR de Los Gallardos (ALMERÍA). 99–112.

Lara Borrero, J. A. (1999). Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales.

Llano, B. A., Cardona, J. F., Ocampo, D., & Ríos, L. A. (2014). Tratamiento fisicoquímico de las aguas residuales generadas en el proceso de beneficio de arcillas y alternativas de uso de los lodos generados en el proceso. *Información Tecnológica*, 25(3), 73–82. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300010>

Mara, D. D., Cairncross, S., & World Health Organization & United Nations Environment Programme. (1990). Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura: Medidas de protección de la salud pública / preparadas por Duncan Mara y Sandy Cairncross (Núm. 9243542486; Organización Mundial de la Salud.). <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39350>

Marín Galvín, Rafael. (2019). Fisicoquímica y Microbiología de Los Medios Acuáticos

(Ediciones Díaz Sant..., Vol. 1). Ediciones Diaz de Santos S.A. https://books.google.com/books/about/Fisicoqu%C3%ADmica_y_microbiolog%C3%ADa_de_los_m.html?hl=es&id=jmzWDwAAQBAJ

Martinez Morales, D. A. (2003). Análisis Comparativo de criterios de diseño de laguna de estabilización para ciudades pequeñas y medianas.

Martínez, P. (2014). Universidad de Murcia facultad de química evaluación y diseño de un humedal construido para la depuración de aguas residuales domésticas.

Matamoras, V., Arias, C., Brix, H., & Bayona, J. M. (2007). Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) from Urban Wastewater in a Pilot Vertical Flow Constructed Wetland and a Sand Filter. *Environmental Science & Technology*, 41(23), 8171–8177. <https://doi.org/10.1021/es071594+>

Medina Álvarez, S. (2015). Tratamiento y utilización de los lodos residuales de la PTAR de la Ciudad de Gibara.

Merino Solís, M. de la L. (2017). Mecanismos de remoción de materia orgánica y nutrientes en un sistema de tratamiento pasivo de aguas residuales municipales.

Metcalf y Eddy. Inc. (1995). Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización: Vol. III (3 edición, p. 1334). McGraw-Hill.

Ministerio del Medio Ambiente. (2003). Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (2 edición).

Morales, G., López, D., Vera, I., & Vidal, G. (2013). Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas. *Theoria*, 22(1), 33–46.

Morel, A., & Diener, S. (2006). Greywater management in low and middle -income countries: Review of different treatment systems for households or neighbourhoods (Vol. 14/06). Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG).

Muñoz Cruz, A. (2008). Caracterización y tratamiento de aguas residuales.

Naranjo Santa, K. (2014). Caracterización Físicoquímica y microbiológica según la normatividad Mexicana NOM-002-SeMARNAT- 1996 de las aguas residuales provenientes

del taller de tecnología de cárnicos del área de procesos alimentarios de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo. <https://hdl.handle.net/11059/4606>

Olviarez Cruz, J. E., Villagrana, J. M., & Cibrian Salas, M. G. (2020). Clasificación de las aguas residuales. *Materiales de Aprendizaje*. https://materialesdeaprendizaje.org/archivos/quimica/Clasificacion_de_las_aguas_residuales/

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política* (S. Salcedo & L. Guzmán, Eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. www.fao.org/publications

Ortiz, N. E., & Carmona, J. C. (2015). Aprovechamiento de cromo eliminado en aguas residuales de Curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. *Luna Azul*, 40, 117–126. <https://doi.org/10.17151/LUAZ.2015.40.9>

Osorio Rivera, M. A., Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Loo Lalvay, X. A., & Riera Guachichullca, E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, ISSN-e 2550-682X, Vol. 6, N°. 3, 2021, págs. 228-245, 6(3), 228–245. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>

Plan de creación de oportunidades 2021-2025. (2021). Consejo Nacional de Participación.

Puigagut, J., Villaseñor, J., Salas, J., Becares, E., & García, J. (2007). Subsurface-flow constructed wetlands in Spain for the sanitation of small communities: A comparative study. *Ecological Engineering*, 30, 312–319. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.04.005>

Quintero, L. A., & Cardona Gallo, S. A. (2011). Evaluación del tratamiento biológico para remoción de color índigo de agua residual industrial textil. *Revista Gestión y Ambiente*, 14(2), 1055–1113.

Ramalho, R. S., Jiménez Beltrán, D., Lora, F. de, & Sette Rmalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales: Edición revisada*. 584–695.

Reynolds, K. A. (2002). *Tratamiento de las Aguas Residuales en Latinoamérica. Identificación del Problema* (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA)). https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/documentos_nuevos/DeLaL

aveSepOct02.pdf

Rival. (2023). Tubería y conexiones de PVC. RIVAL. <https://www.plasticosrival.com/pvc>

Rojas, R. (2002). Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente, pp. 19–19). <https://docplayer.es/11882686-Conferencia-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales.html>

Romero, B. M. (2015). Estudio y dimensionamiento experimental de humedales artificiales para la mejora de la calidad de aguas de cursos fluviales eutrofizados.

Romero Ortiz, L., Ramírez Vives, F., Álvarez Silva, C., & Miranda Arce, M. G. (2011). Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro. *Polibotánica*, 31(31), 157–167.

Rosales, E. (2003). Tanques Sépticos (Vol. 18, Número 2, pp. 8–8).

Ruiz, I., Alvarez, J. A., & Soto, M. (2016). El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica I. *Innovative Eco-Technologies for Resource Recovery from Wastewater (INCOVER)*, 38, 1–12.

Salgado Bernal, I., Durán Domínguez Carmen, CRUZ-ARIAS Cruz Arias, M., Carballo Valdés, M. E., & Martínez Sardiñas, A. (2012). Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 17–26.

Scholten, S., Foekema, E. M., Van, D., & Kaag, N. H. B. M. (2015). *Eutrophication Management and Ecotoxicology* (Sprinter-Verlag).

Smith, V. H. (2009). Eutrophication. En G. E. Likens (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters* (pp. 61–73). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00234-9>

Villarroel Guayasamin, J. P. (2019). Propuesta de aplicación de las islas flotantes artificiales para la remediación de aguas residuales en las industrias de la provincia de Cotopaxi, 2019. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6657>

Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of The Total Environment*, 380(1), 48–65.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.09.014>

Yates, C. R., & Prasher, S. O. (2009). Phosphorus reduction from agricultural runoff in a pilot-scale surface-flow constructed wetland (12a ed., Vol. 25, p. 1701). *Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.05.005>

Zambrano, X., Saltos, X., & Villamar, F. (2009). Diseño del sistema de tratamiento para la depuración de las aguas residuales domésticas de la población San Eloy en la provincia de Manabí por medio de un sistema de tratamiento natural compuesto por un humedal artificial de flujo libre. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/240>

Zhang, Z., Rengel, Z., & Meney, K. (2008). Interactive effects of nitrogen and phosphorus loadings on nutrient removal from simulated wastewater using *Schoenoplectus validus* in wetland microcosms. *Chemosphere*, 75, 1823–1828. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.05.014>

Zurita, F., Del Toro-Sánchez, C. L., Gutierrez-Lomelí, M., Rodríguez-Sahagún, A., Castellanos-Hernandez, O. A., Ramírez-Martínez, G., & White, J. R. (2012). Preliminary study on the potential of arsenic removal by subsurface flow constructed mesocosms. *Ecological Engineering*, 47, 101–104. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.06.018>

Zurita Martínez, F. (2008). Tratamiento de aguas residuales domésticas por humedales artificiales de tipo subsuperficial con plantas de ornato de interés comercial.

X. ANEXOS

10.1 Tabla de las concentraciones de los compuestos presentes a la entrada de las PTRAs en el tiempo.

Datos obtenidos del procesamiento de los muestreos tras procesas la información a la entrada de las PTAR.

Tabla X.1 Datos de concentración de los diferentes parámetros a la entrada de los diferentes sistemas en función del año.

PROMEDIO PARA UN PERIODO DE 2015-2019														
Sistema	Cond_E	DBO_E	DQO_E	Pt_E	Namo_E	Norg_E	OD_E	ph_E	SS_E	SST_E	ST_E	SustHexa_E	CT_E	Col.Fecal_E
Quingeo	562.83	436.63	1016.34	7.01	17.61	30.76	2.58	6.76	21.23	1856.0	2479.41	69.27	3E+35	5E+06
Macas	484.08	107.76	276.94	4.01	17.20	19.12	3.44	6.91	3.79	213.44	517.68	38.81	1E+07	5E+06
Monjas	713.52	249.10	659.57	6.84	41.17	36.92	3.68	7.73	6.73	570.35	1114.14	31.99	2E+07	1E+07
Promedio	586.81	264.5	651.0	5.95	25.33	28.93	3.24	7.13	10.59	879.9	1370.4	46.69	1E+35	8E+06
TIPO		M	M	D	M	M					F	F		
PROMEDIO PARA UN PERIODO DE 2015-2022														
Sistema	Cond_E	DBO_E	DQO_E	Pt_E	Namo_E	Norg_E	OD_E	ph_E	SS_E	SST_E	ST_E	SustHexa_E	CT_E	Col.Fecal_E
Quingeo	550.52	419.97	1448.73	7.14	20.74	48.23	2.80	6.69	21.57	3295.71	2886.64	68.99	2E+35	8E+07
Macas	526.63	147.22	432.82	5.16	22.28	22.94	3.46	6.96	6.45	319.42	685.37	62.69	2E+07	8E+06
Monjas	702.02	186.55	550.68	6.82	42.67	35.60	3.96	7.78	4.65	438.26	980.32	36.19	3E+07	1E+07
Promedio	593.1	251.2	810.7	6.4	28.6	35.6	3.4	7.1	10.9	1351.1	1517.4	56.0	5E+34	3E+07
TIPO		M	M	M	M	M					F	F		
Dónde: D=Débil M=Media F=Fuerte														

Datos obtenidos del procesamiento de los muestreos tras procesas la información a la salida de las PTAR.

Tabla X.2 Datos de concentración de los diferentes parámetros a la salida de los diferentes sistemas en función del año.

PROMEDIO PARA UN PERIODO DE 2015-2019														
Sistema	Cond_S	DBO_S	DQO_S	Pt_S	Namo_S	Norg_S	OD_S	ph_S	SS_S	SST_S	ST_S	SustHexa_S	CT_S	Col. Fecal_S
Quingeo	505.97	23.07	84.28	1.89	14.47	6.72	4.82	6.92	0.06	15.10	352.72	9.25	2E+06	1E+06
Macas	428.25	15.00	68.15	2.23	13.69	7.07	5.11	7.16	0.05	30.03	319.68	11.66	4E+06	2E+06
Monjas	554.57	14.76	79.29	3.45	26.79	25.88	5.92	7.37	0.44	16.93	455.43	9.28	1E+06	4E+05
Promedio	496.3	17.61	77.24	2.53	18.32	13.22	5.3	7.15	0.19	20.68	375.9	10.06	2E+06	1E+06
TIPO	D	D	D	M	D					D	M			
PROMEDIO PARA UN PERIODO DE 2015-2022														
Sistema	Cond_S	DBO_S	DQO_S	Pt_S	Namo_S	Norg_S	OD_S	ph_S	SS_S	SST_S	ST_S	SustHexa_S	CT_S	Col. Fecal_S
Quingeo	464.03	21.39	81.28	2.04	15.65	9.56	4.62	6.93	0.06	23.20	349.69	12.81	3E+06	2E+06
Macas	464.36	18.93	84.22	2.79	17.11	8.00	5.20	7.18	0.73	33.30	334.55	11.37	1E+07	3E+06
Monjas	543.43	14.11	85.89	3.69	30.33	18.86	6.02	7.39	0.28	25.62	405.70	11.48	3E+06	2E+06
Promedio	490.6	18.1	83.8	2.8	21.0	12.1	5.3	7.2	0.4	27.4	363.3	11.9	5E+06	2E+06
TIPO	D	D	D	M	D					D	M			

Dónde: D=Débil M=Media F=Fuerte

10.2 Cronograma de actividades

Tabla X.3 Cronograma de Actividades

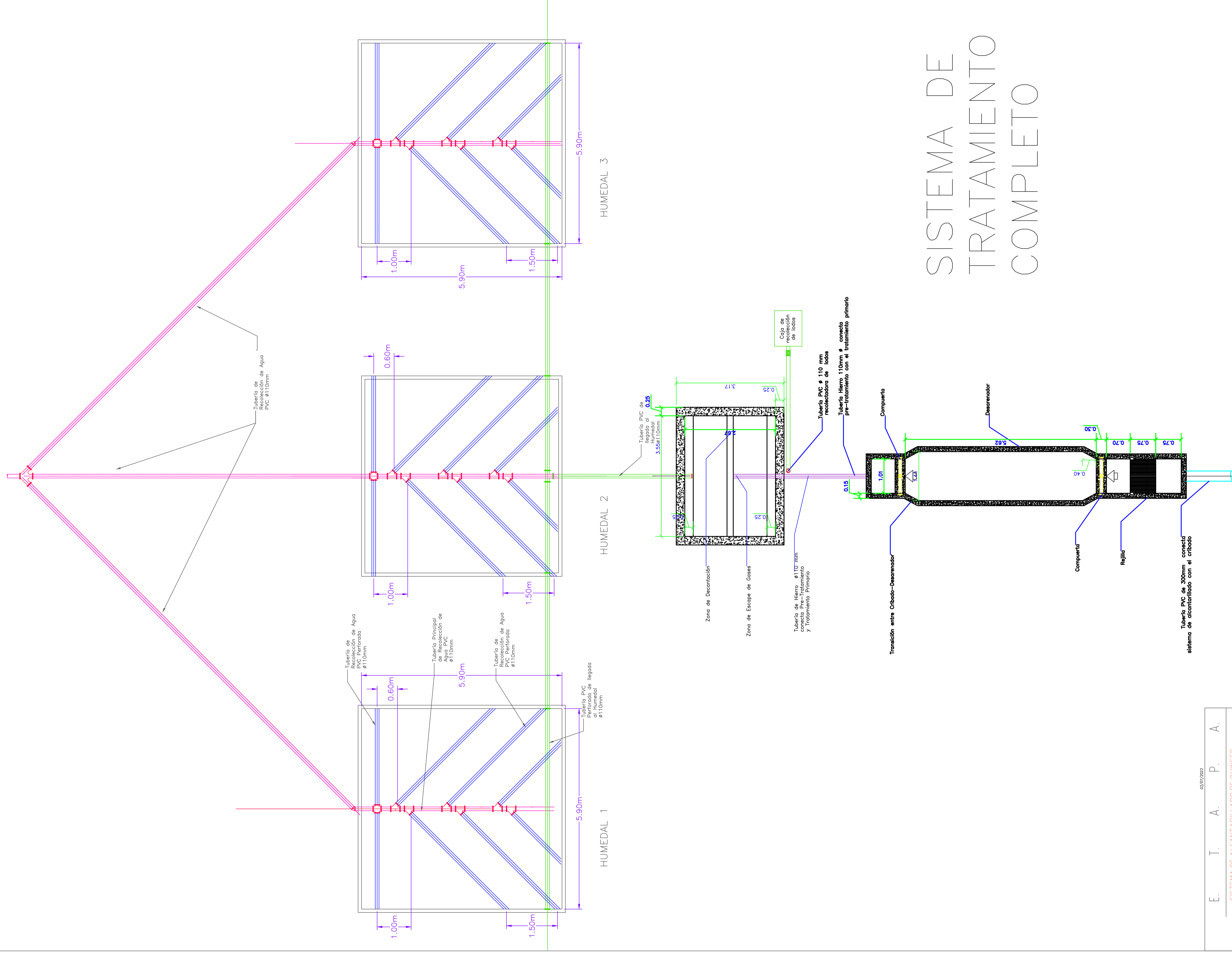
OBJETIVOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				HORAS
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Definir la realidad del los sistemas actuales de alcantarillado para el secto rural de la parroquia Quingeo perteneciente a la provincia de Cuenca.	Recaudar información de la población.	8												8
	Revisión de la topográfica de la zona de estudio.	2	2	2										6
	Compilar información de las condiciones actuales del sistema de alcantarillado.	4	2											6
	Determinar el área de aplicación	2												2
	Revisión Bibliográfica		2											2
	Redacción del documento		5											5
Establecer los parámetros necesarios para el diseño descentralizado de tratamiento de aguas residuales y aguas grises con humedales verticales.	Identificar la red en la que se va a aplicar el diseño			4										4
	Establecer el caudal más crítico			3										3
	Proponer el tipo de tratamiento para cada tramo.				5									5
	Revisión con el tutor				4									4
	Revisión Bibliográfica			5	3									8
	Redacción del documento		5	7	5	3			4	2				26
Proponer un diseño de humedales verticales y un pozo séptico para la zonas de mayor afluencia de aguas residuales y aguas grises.	Revisión de las normas establecidas para el diseño.	3				4								7
	Diseño y dimensionamiento del sistema en función del tipo de tratamiento.				6	5								11
	Evaluación y corrección de las medidas y criterios aplicados					6	6							12
	Revisión con el tutor						4	8						12
	Revisión con el tutor ETAPA EP, para corroborar diseño							4	4					8
	Revisión Bibliográfica	2	4	2		2	7							17
	Planos de diseño finales.							8	8					16
Ubicar los diseños en la zona mas optima en función de las necesidades de la población rural.	Modelamiento topográfico de la zona.								4	8				12
	Ubicación de las estructuras.									8	6			14
	Revisión con el tutor institucional										4	4	8	16
	Revisión con el tutor ETAPA EP, corroborar ubicaciones											8		8
	Redacción del documento							2	5		6	5	10	28
TOTAL HORAS												240		

10.3 Matriz de consistencia Lógica

Tabla X.4 Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Será posible diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Quingeo de la ciudad de Cuenca?	Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Quingeo de la ciudad de Cuenca	Se diseñará un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Quingeo de la ciudad de Cuenca.	-VI: Redes existentes -VD: Tiempo de procesamiento.	Aguas Residuales Plan de Ordenamiento Territorial de Quingeo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es posible definir la realidad de los sistemas actuales de alcantarillado para el sector rural de la parroquia Quingeo perteneciente a la provincia de Cuenca?	Definir la realidad de los sistemas actuales de alcantarillado para el sector rural de la parroquia Quingeo perteneciente a la provincia de Cuenca.	Se definirá la realidad de los sistemas actuales de alcantarillado para el sector rural de la parroquia Quingeo perteneciente a la provincia de Cuenca.	-VI: Información de la Población. -VD: PTAR existentes.	PTAR y redes sanitarias existentes
¿Será posible proponer un diseño de humedales verticales para las zonas de mayor afluencia de aguas residuales y emplazarlo?	Proponer un diseño de humedales verticales para las zonas de mayor afluencia de aguas residuales y emplazarlo.	Se propondrá un diseño de humedales verticales para las zonas de mayor afluencia de aguas residuales y emplazarlo	-VI: Diseño y emplazamiento. -VD: Caudales y Topografía.	Condiciones topográficas del lugar. Parametros de diseño ETAPA EP
¿Será posible diseñar un sistema de pozos sépticos para las zonas de mayor afluencia de aguas residuales y emplazarlo?	Diseñar un sistema de pozos sépticos para las zonas de mayor afluencia de aguas residuales y emplazarlo.	Se diseñará un sistema de pozos sépticos para las zonas de mayor afluencia de aguas residuales y emplazarlo	-VI: Diseño y emplazamiento. -VD: Caudales y Topografía.	Condiciones topográficas del lugar. Parametros de diseño ETAPA EP

10.4 Planos constructivos y de Emplazamiento



03/07/2023

E. T. A. P. A.

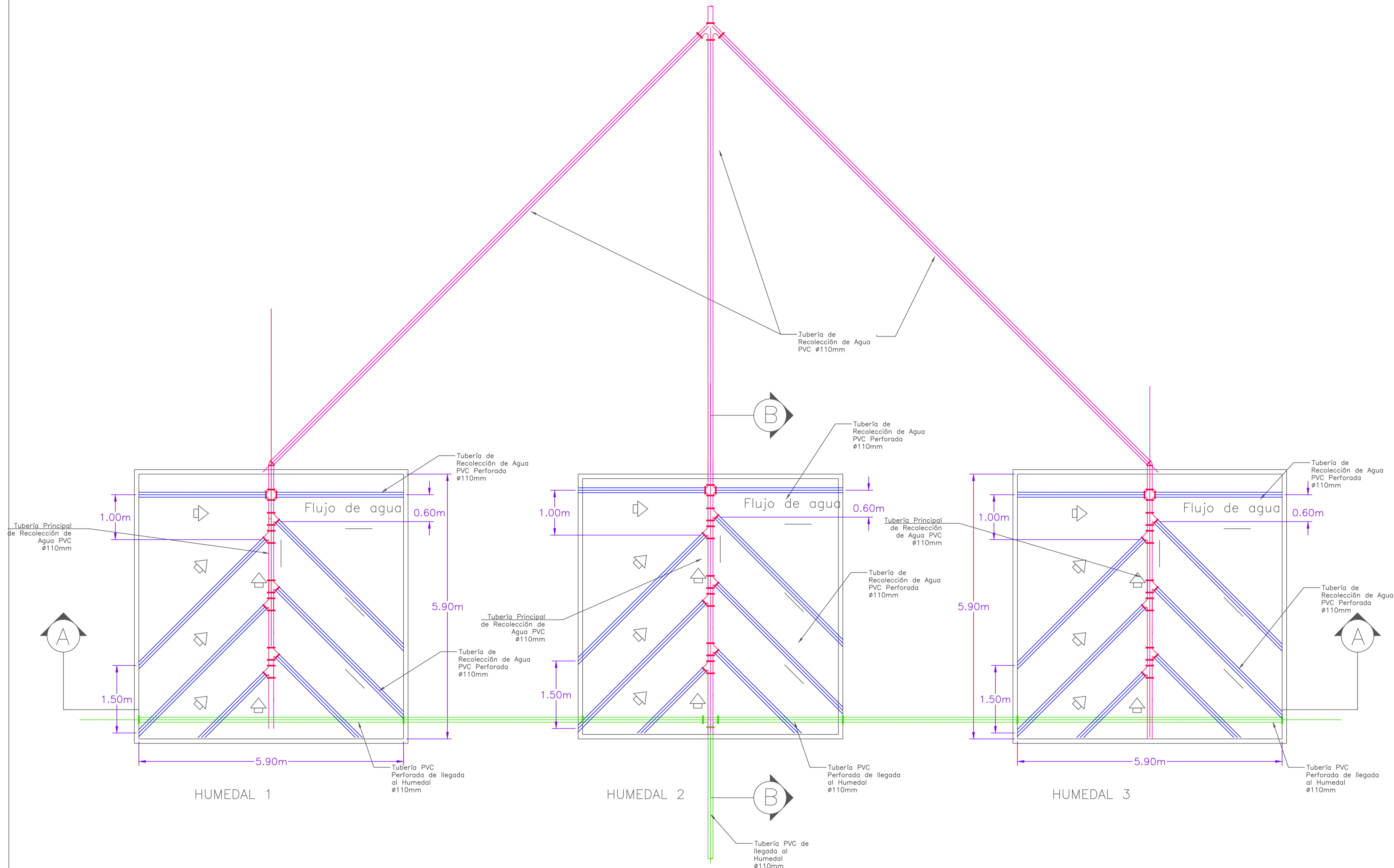
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO

SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO
 FILTRO ANAEROBIO

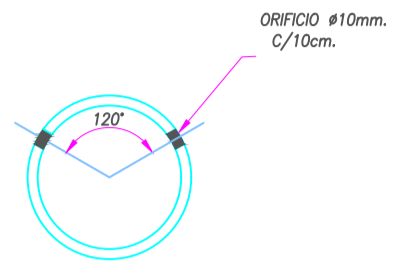
FECHA	ESCALA	PROYECTO	PROYECTISTA	PROYECTISTA	H O J A
08/01/2023	1:50	SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO	OSCAR PARRA ORTIZ	OSCAR PARRA ORTIZ	1 de 10
			OSCAR PARRA ORTIZ	OSCAR PARRA ORTIZ	

Universidad Politécnica del Ecuador

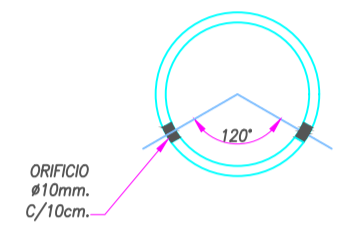
HUMEDALES, VISTA EN PLANTA



DETALLES TUBERÍA

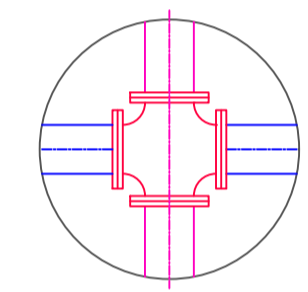


DETALLE DE TUB. PERFORADA
Tipo B – Recolección
Ø110mm

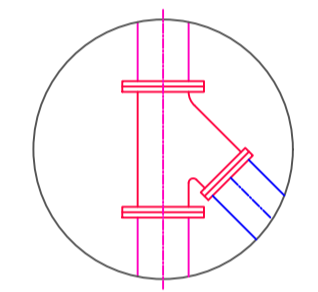


DETALLE DE TUB. PERFORADA
Tipo B – Distribución
Ø110mm

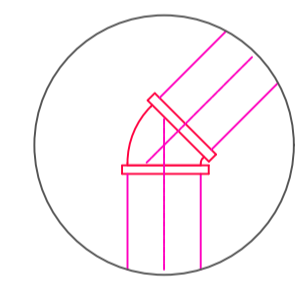
DETALLE DE
ACCESORIOS, PVC.



1. CRUZ DE
Ø110mm



2. YEE 45°
Ø110mm



3. Codo 45°
Ø110mm

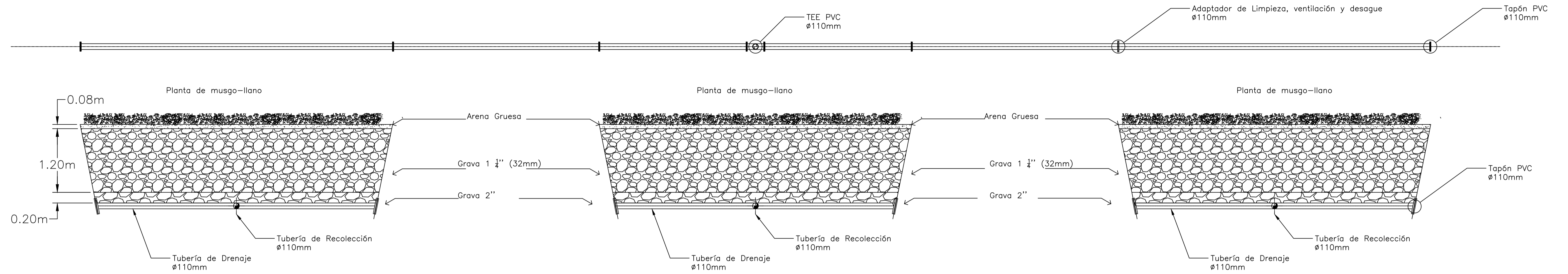
LISTA DE MATERIALES			
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Hormigón	m ³	21.38	Material para los humedales.
Tubería Pvc Tipo B Ø110mm	m	165.31	Tubería de alimentación, recolección y drenaje de humedales.
Arena gruesa	m ³	8.34	
Grava 1 1/4 ''	m ³	119.55	Material granular filtrante.
Grava 2''	m ³	19.29	

LISTA DE ACCESORIOS		
MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Codo 45° Ø110mm	2	Conexión al recolector principal tras el humedal.
Cruz 45° Ø110mm	3	Final del sistema de recolección del humedal.
Tee 45° Ø110mm	1	Para la alimentación de los humedales.
Yee 45° Ø110mm	18	Drenaje lateral.
Yee doble Ø110mm	1	Conexión de los recolectores a la salida de los humedales.
Tapón Ø110mm	26	Final de las tuberías laterales del drenaje.
Adaptador de limpieza, ventilación y desague	7	Conexiones entre tubería perforada y no perforada y cuando la tubería excede los 8m.

03/07/2023			
E. T. A. P. A.			
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO			
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO FILTRO ANAEROBIO			
FECHA	ESCALA	DISEÑO	REVISO
JULIO 2023	1:75	DOMÉNICA PAULLINA PATRO ORTIZ CRISTÓFHER GERARDO ORTIZ PULGARIN Universidad Politécnica Salesiana	H O J A
			Nº: 2 DE 10

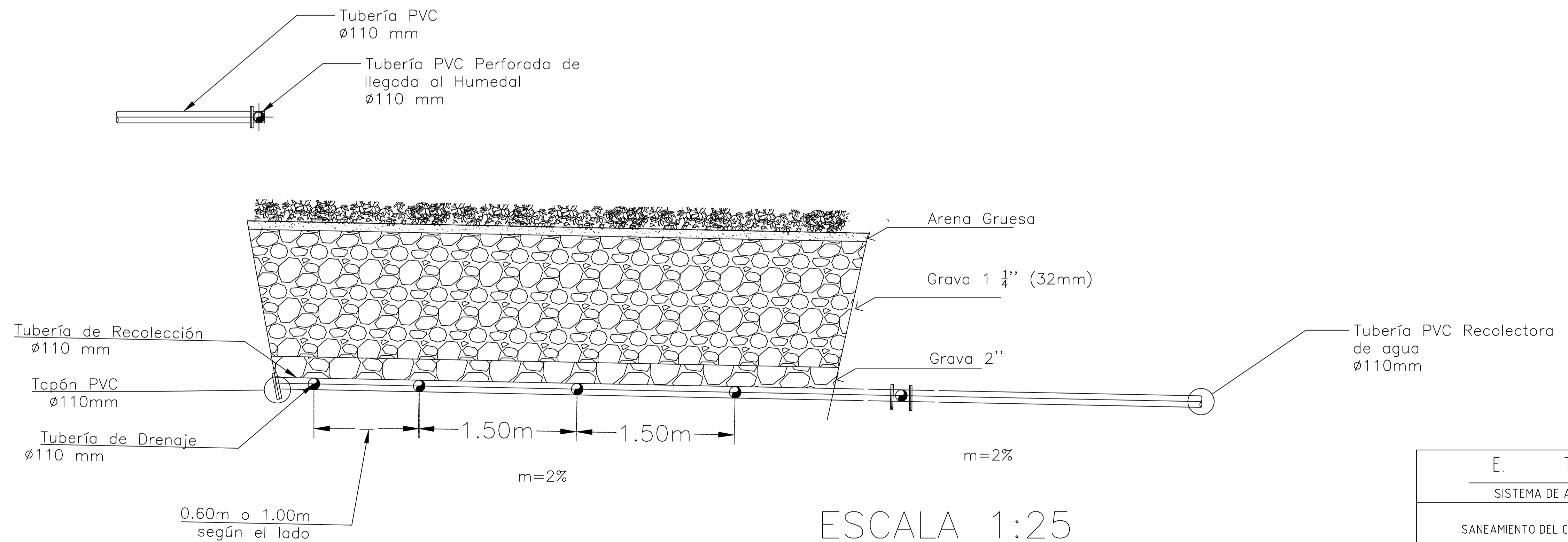
HUMEDALES – CORTES

CORTE A-A DEL HUMEDAL



ESCALA 1:40

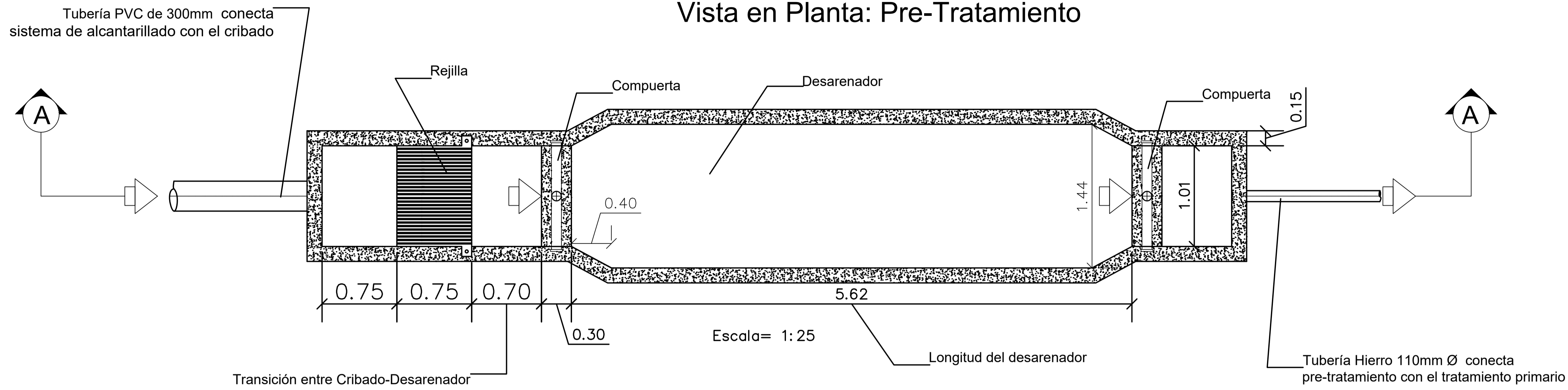
CORTE B-B DEL HUMEDAL



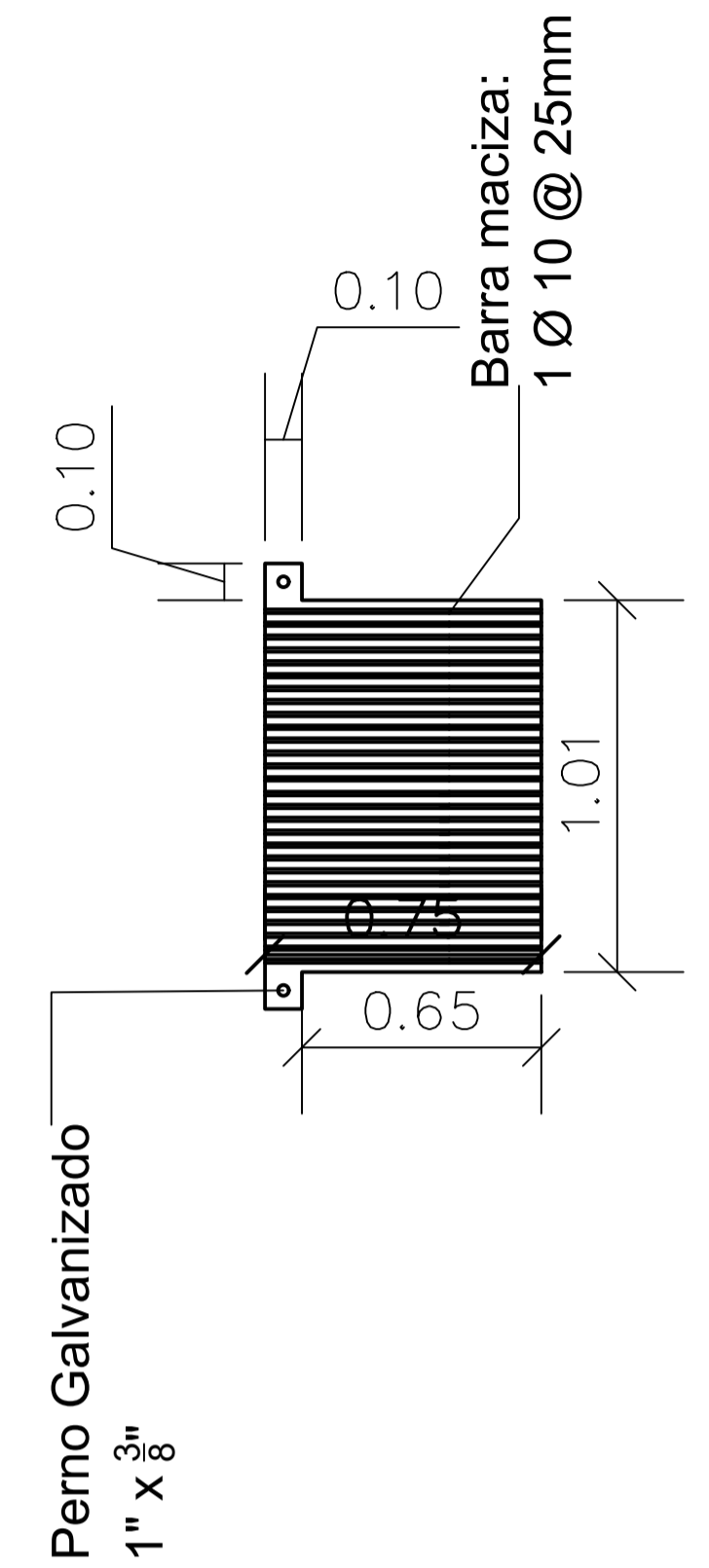
ESCALA 1:25

E. T. A. P. A.				
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO				
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO FILTRO ANAEROBIO				
FECHA		DISEÑO	REVISO	H O J A
JULIO 2023		DOMINICA PAULLINA PATRICK ORTIZ CRISTOPHER GERARDO ORTIZ PALACIOS Universidad Politécnica Salesiana		Nº: 3 DE 10

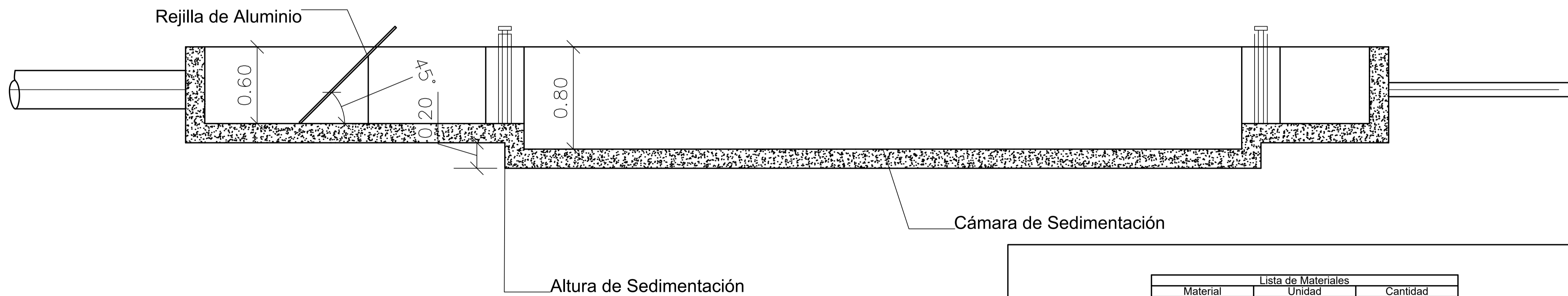
Vista en Planta: Pre-Tratamiento



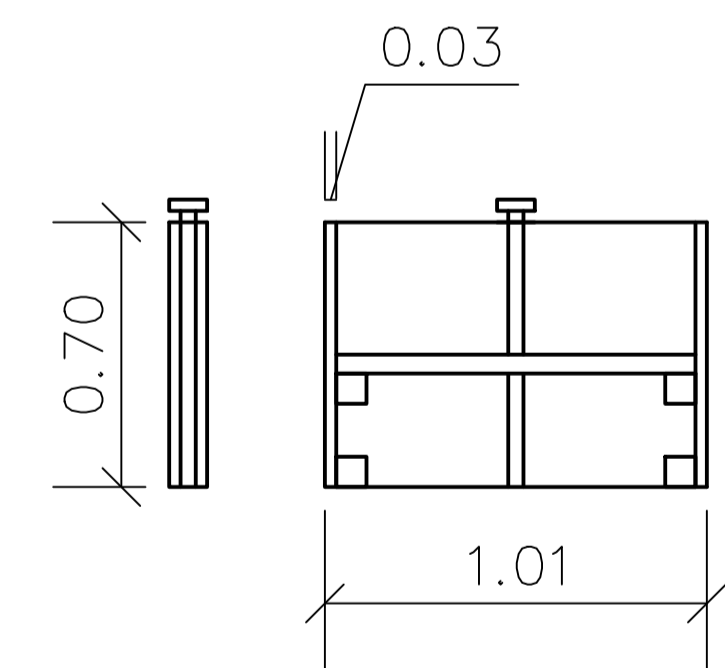
Detalles de la Rejilla



Vista en Perfil: Pre-Tratamiento



Detalles de la Compuerta



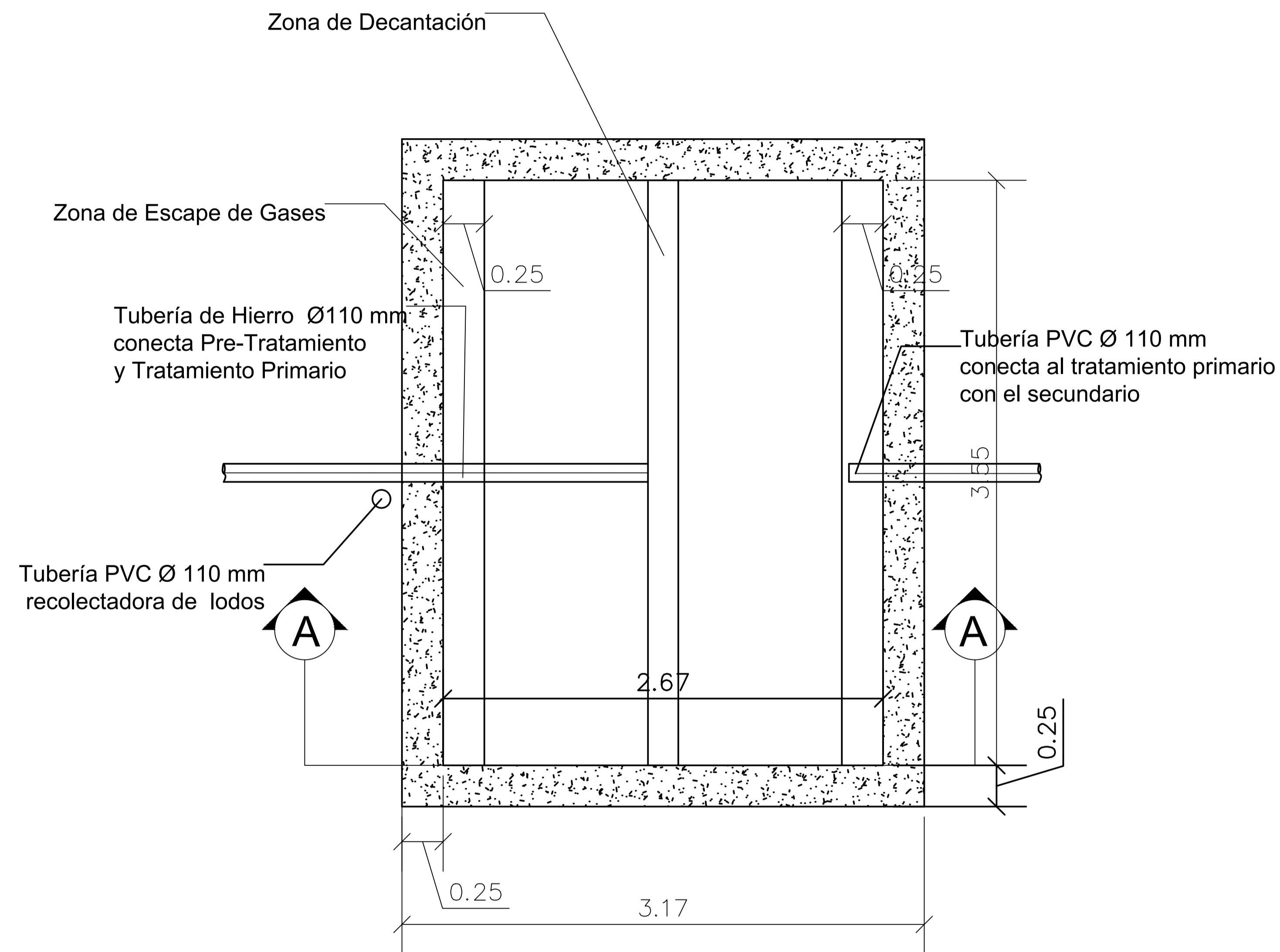
Corte A-A

Lista de Materiales		
Material	Unidad	Cantidad
Hormigón	m ³	4.040
Resumen de Tuberías		
Ø(mm)	Nº	Descripción
300	1	Conecta el alcantarillado con el pretratamiento.
110	1	Conecta el pretratamiento con el pozo séptico

Resumen de Hierros de la Rejilla			
Ø(mm)	Nº	Longitud (m)	Total (m)
10	28	0.750	21

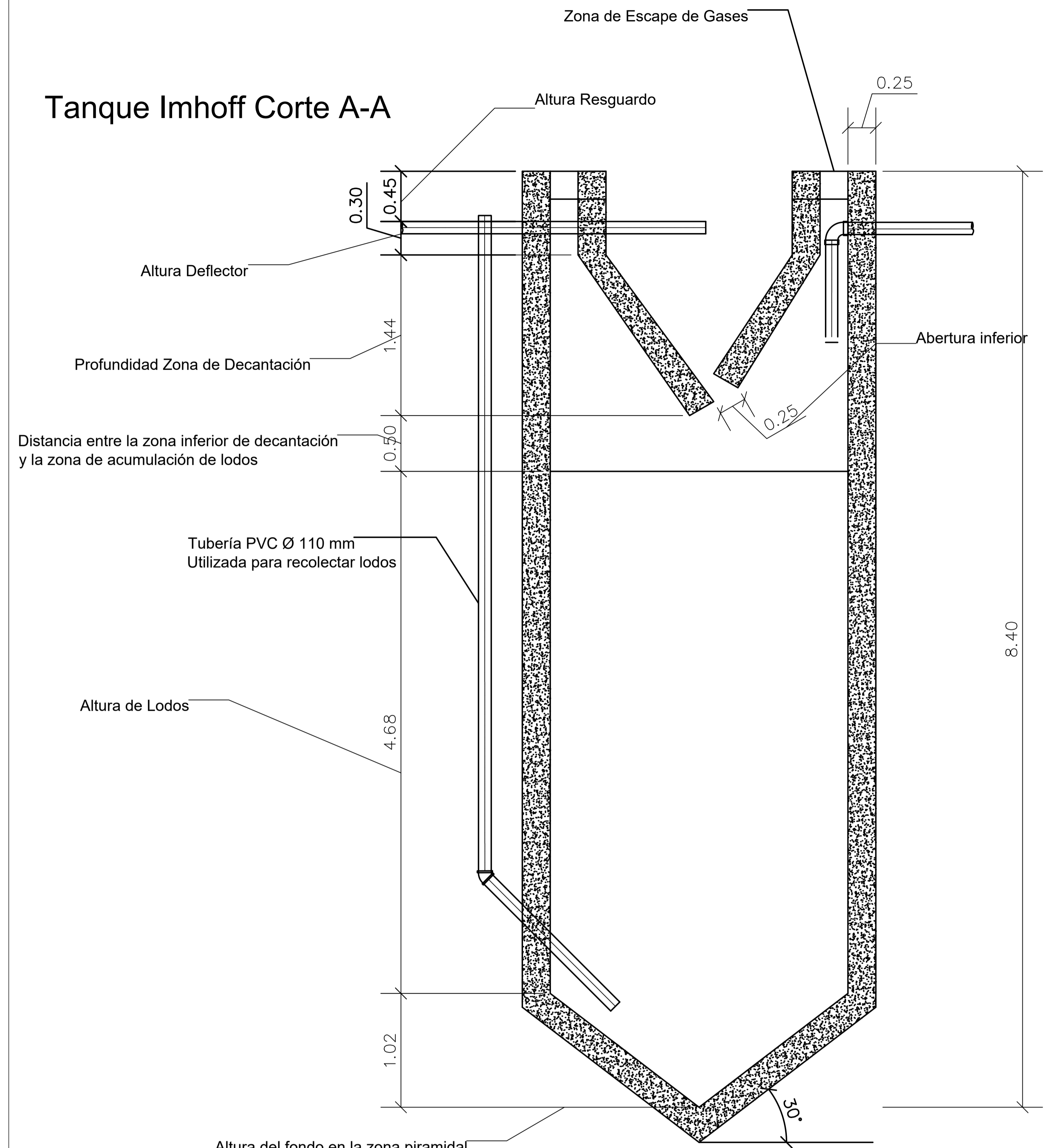
E. T. A. P. A.				
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO				
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO				
FILTRO ANAEROBIO				
FECHA	ESCALA	DISEÑO	REVISO	H O J A
JULIO 2023	1:20	DOMINICA PAULLINA HINOJOS GUTIERREZ CRISTOPHER GERARDO ORTIZ PULGARIN Universidad Politécnica Salavina		Nº: 4 DE 10

Tanque Imhoff Vista Planta



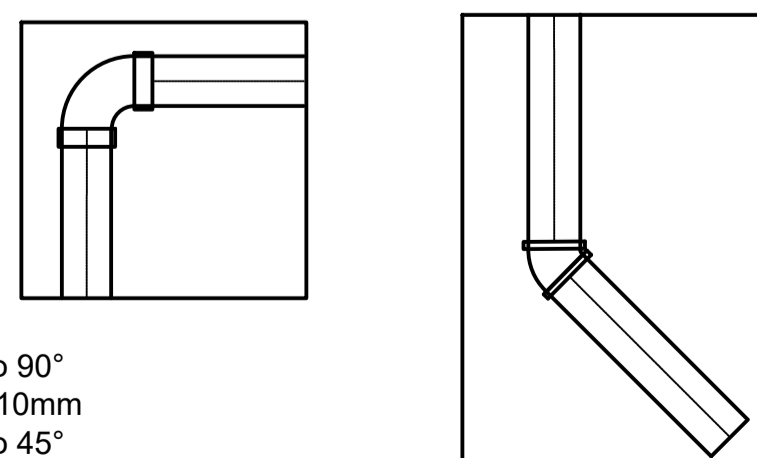
Escala 1:20

Tanque Imhoff Corte A-A



Escala 1:25

Detalles de Accesorios PVC



- Codo 90° 110mm/110mm
- Codo 45° 110mm/110mm

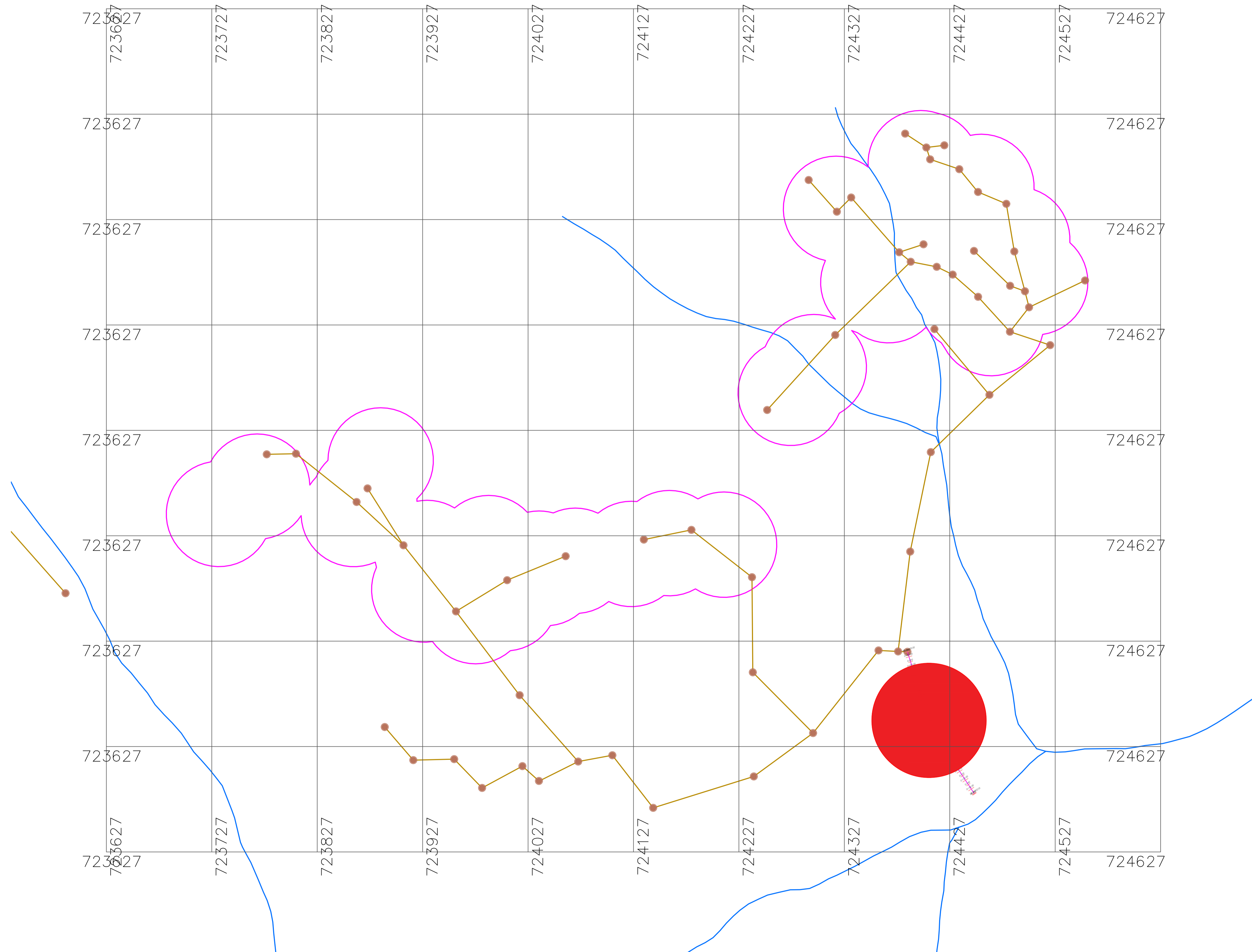
Lista de Materiales		
Material	Unidad	Cantidad
Hormigón	m ³	23.09
Lista de Accesorios		
Ø(mm)	N°	Descripción
110	1	Codo a 90° 110mm/110mm
110	1	Codo a 45° 110mm/110mm
Resumen de Tuberías		
Ø(mm)	N°	Descripción
110	1	Conecta pretratamiento con tratamiento primario
110	1	Utilizada para la recolección de lodos
110	1	Conecta el tratamiento primario con el humedal

03/07/2023				
E. T. A. P. A.				
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO				
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO				
FILTRO ANAEROBIO				
FECHA	ESCALA	DISEÑO	REVISO	H O J A
JULIO 2023		DOMINICA PAZULINA HAYDÍ ORTIZ CRISTÓFHER GERARDO ORTIZ PULGARIN Universidad Politécnica Sistema		N° : 5 DE 10





PARROQUIA
QUINGEO.
SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE
AGUAS
RESIDUALES.

Alternativa N°1
GRUPO W
Pozo #56

La zona marcada por el círculo color rojo es la zona de emplazamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesta.



LEYENDAS

-  QUEBRADAS
-  NÚCLEOS EXISTENTES
-  TUBERÍAS DE LA RED SANITARIA
-  POZOS

E. T. A. P. A.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO

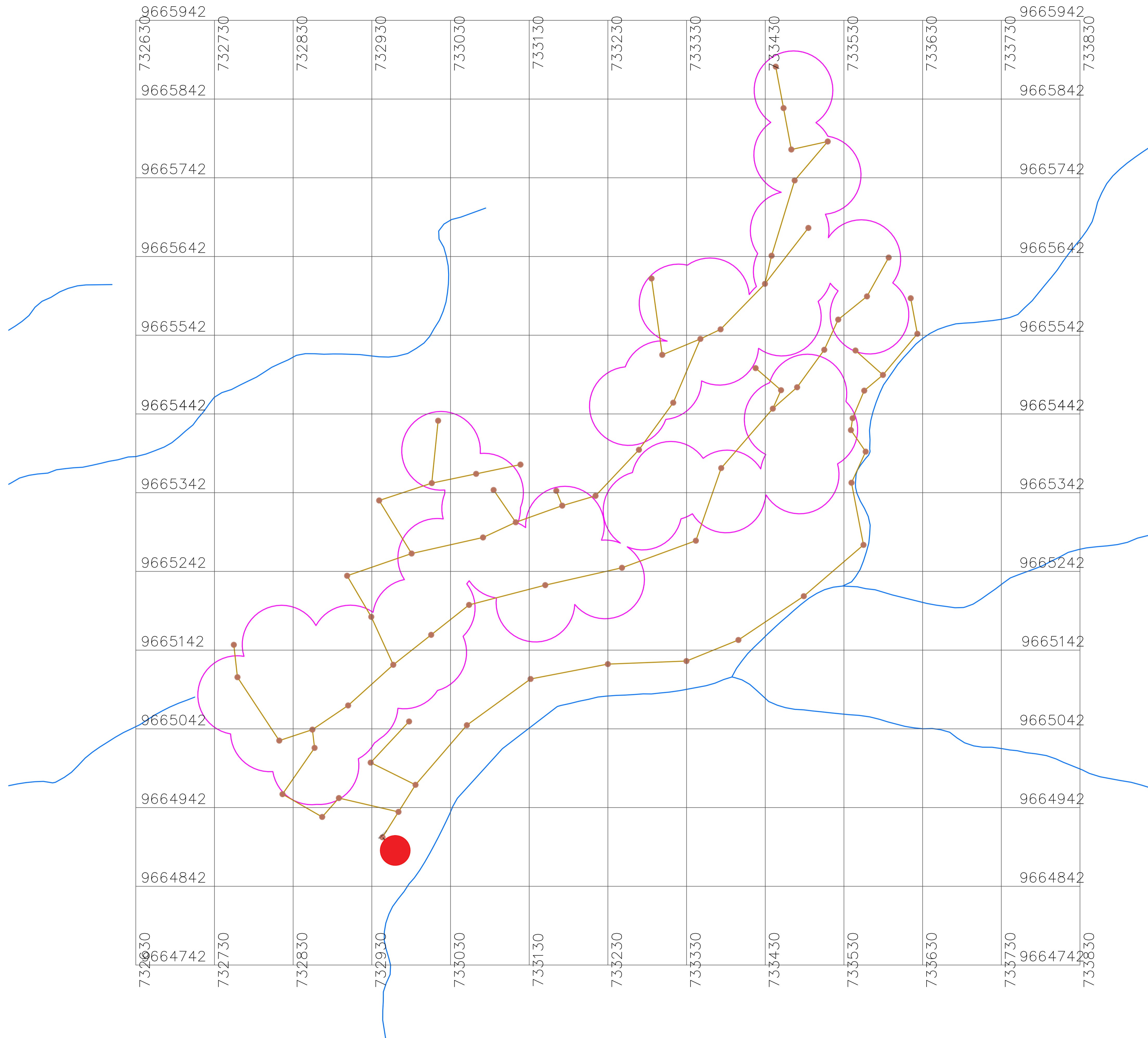
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO
FILTRO ANAEROBIO

FECHA	ESCALA	DISEÑO	REVISO	H O J A
JULIO 2023	1:2000	DOMINICA PAZLLINA PATRO ORTIZ CRISTOPHER GERARDO ORTIZ PULGARIN Universidad Politécnica Salesiana		N°: 6 DE 10

PARROQUIA
QUINGEO.
SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE
AGUAS
RESIDUALES.

Alternativa N°2
GRUPO Y
Pozo #72

La zona marcada por el círculo color rojo es la zona de emplazamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesta.



LEYENDAS

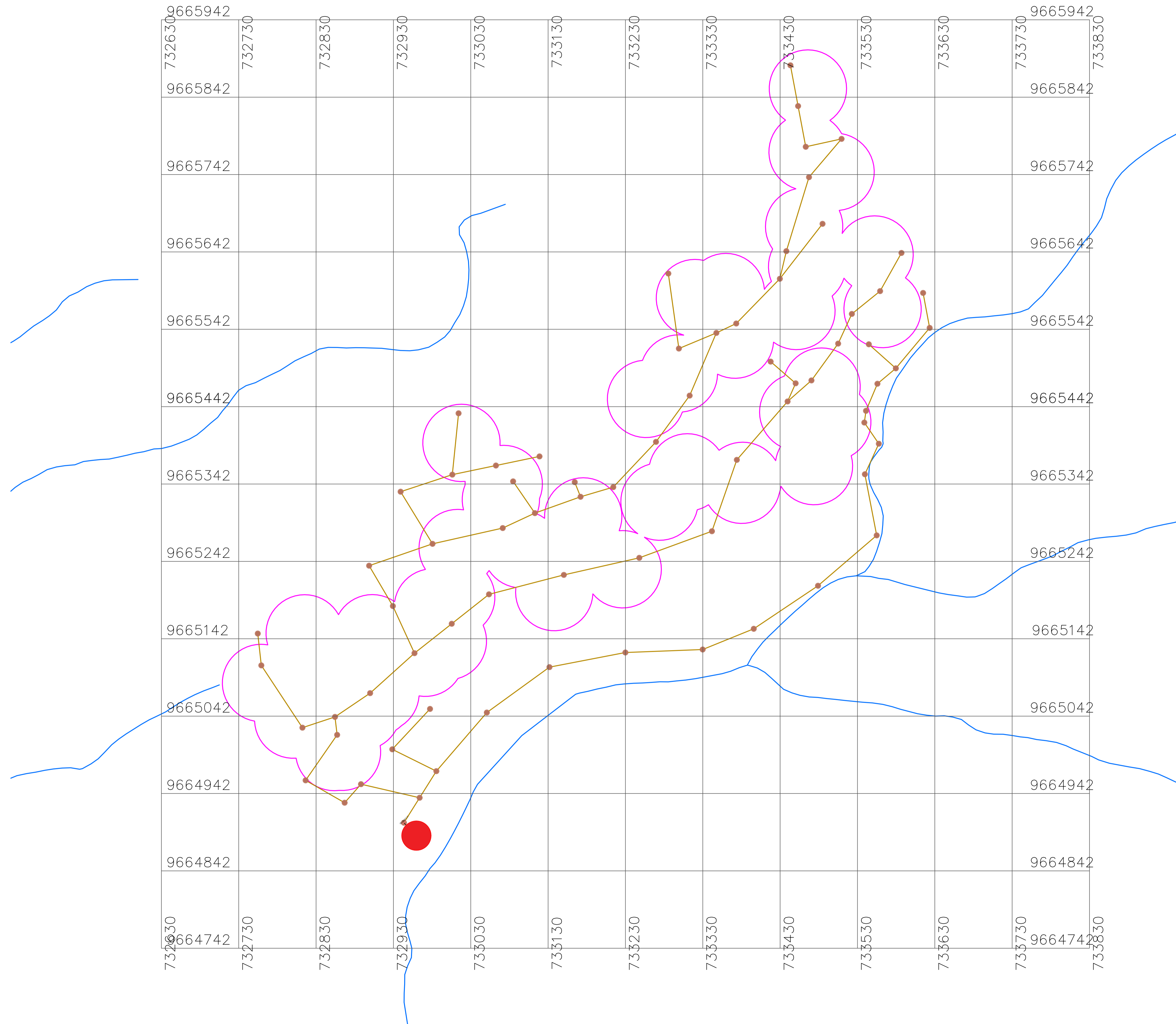
	QUEBRADAS
	NÚCLEOS EXISTENTES
	TUBERÍAS DE LA RED SANITARIA
	POZOS

E. T. A. P. A.					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO					
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO					
FILTRO ANAEROBIO					
FECHA	ESCALA		DISEÑO	REVISO	H O J A
JULIO 2023	1:2500		DOMÉNICA PAZLLINA PATRICK ORTIZ CRISTÓFHER GERRARDO ORTIZ PULGARIN Universidad Politécnica Salesiana		N°: 7 DE 10

PARROQUIA
QUINGEO.
SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE
AGUAS
RESIDUALES.

Alternativa N°3
GRUPO J
Pozo #53

La zona marcada por el círculo color rojo es la zona de emplazamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesta.



LEYENDAS

	QUEBRADAS
	NÚCLEOS EXISTENTES
	TUBERIAS DE LA RED SANITARIA
	POZOS

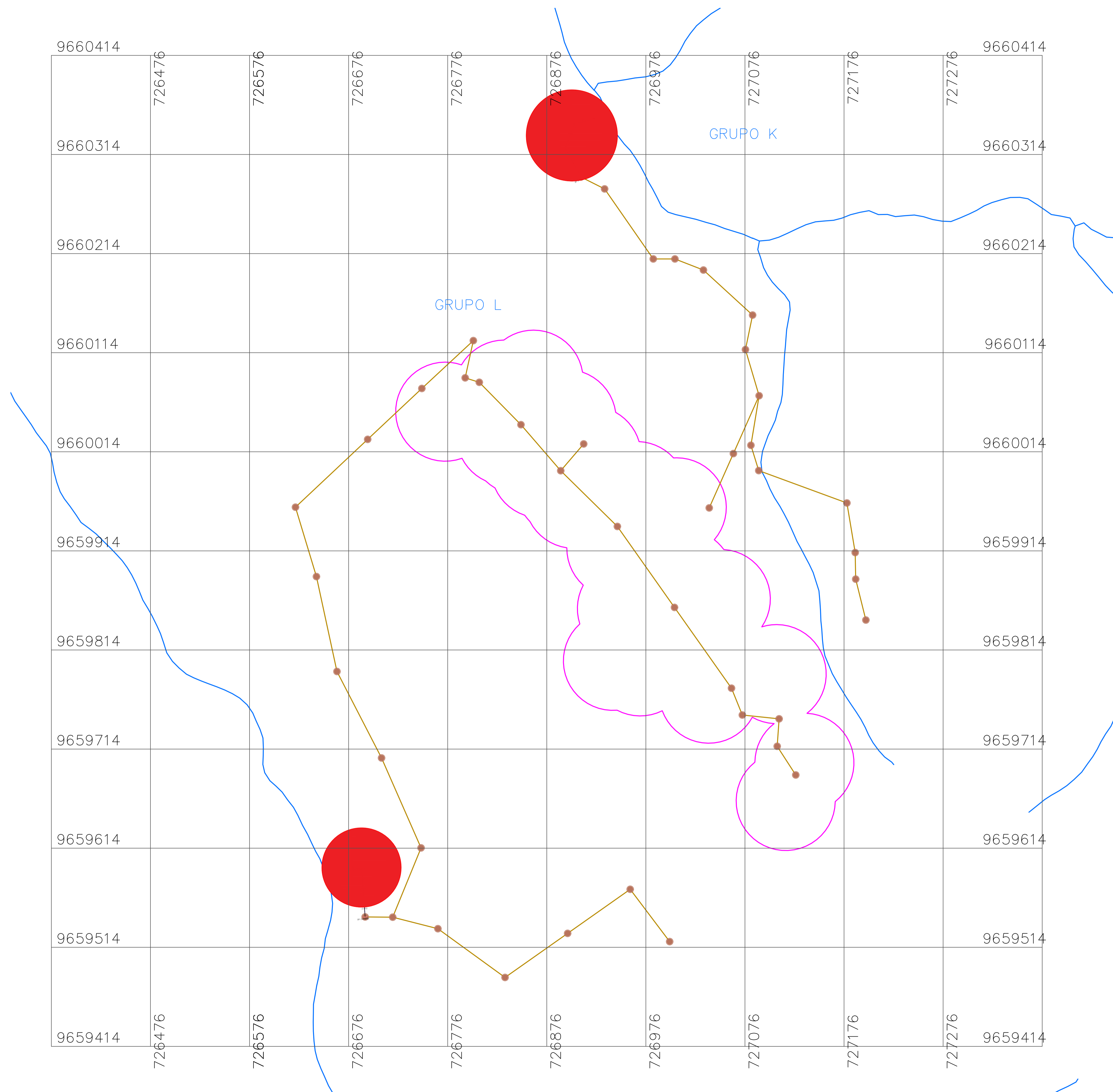
E. T. A. P. A.					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO					
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO					
FILTRO ANAEROBIO					
FECHA	ESCALA	DISEÑO		REVISO	H O J A
JULIO 2023	1:2500	DOMÉNICA PAZLLINA PATRO ORTIZ	CRISTÓFHER GERARDO ORTIZ PULGARIN		N° : 8 DE 10
Universidad Politécnica Salesiana					

PARROQUIA
QUINGEO.
SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE
AGUAS
RESIDUALES.





Alternativa N°4.1
GRUPO L
Pozo #26

Alternativa N°4.2
GRUPO K
Pozo #15

Para esta alternativa se tiene dos puntos de descarga, descritos por cada alternativa.



LEYENDAS

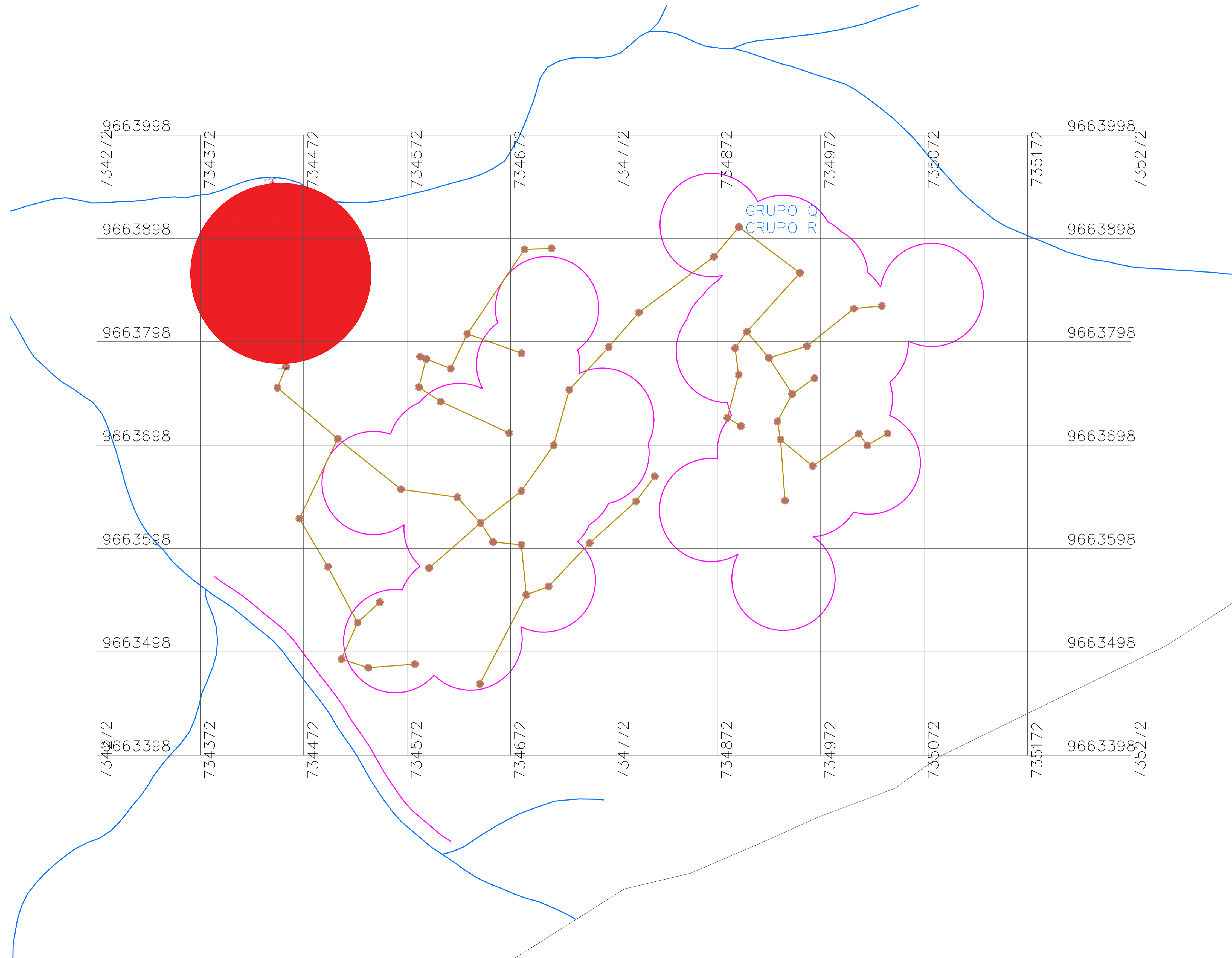
-  QUEBRADAS
-  NÚCLEOS EXISTENTES
-  TUBERIAS DE LA RED SANITARIA
-  POZOS

E. T. A. P. A.					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO					
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO					
FILTRO ANAEROBIO					
FECHA	ESCALA		DISEÑO	REVISO	H O J A
JULIO 2023	1:2000		DOMINICA PAULLINA PATRO ORTIZ CRISTOPHER GERARDO ORTIZ PALAGAN Universidad Politécnica Salesiana		N°: 9 DE 10

PARROQUIA
QUINGEO.
SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE
AGUAS
RESIDUALES.

Alternativa N°5
GRUPO Q y R
Pozo #47

Para esta alternativa se tiene dos grupos de núcleos de descarga.



LEYENDAS

	QUEBRADAS
	NÚCLEOS EXISTENTES
	TUBERÍAS DE LA RED SANITARIA
	POZOS

E. T. A. P. A.					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE QUINGEO					
SANEAMIENTO DEL CENTRO PARROQUIAL DE QUINGEO					
FILTRO ANAEROBIO					
FECHA	ESCALA		DISEÑO	REVISÓ	H O J A
JULIO 2023	1:2000		DOMÉNICA PAZLLANA PATRICIO ORTIZ CRISTÓFHER GERRARDO ORTIZ PULGARIN Universidad Politécnica Salesiana		N°: 10 DE 10