

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**  
**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la  
comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

INGE-2549

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Ruben Eduardo Zea Urgiles

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## **Dedicatoria**

---

Este proyecto se lo dedicó a las personas que me ha brindado su apoyo a lo largo de mi carrera. A mis abuelos, a mi padre, a mis tíos y primos, quienes me han dado aliento y esperanzas para confrontar las debilidades.

A mi amigo, Nelson, quien me ha acompañado y brindado apoyo a lo largo de mi vida académica.

A mis profesores y tutores que me han brindado su conocimiento y experiencia en cada materia cursada.

Y finalmente, a la inquebrantable voluntad humana de seguir adelante.

**Ruben Zea Urgiles**

## **Agradecimientos**

---

Quiero agradecer a mis abuelos, a mi padre y a mis tíos por brindarme el apoyo, tanto, emocional como económico. Sin ellos, esto no hubiese sido posible. A todas las personas que me acompañaron en mi camino universitario se los agradezco de corazón.

**Ruben Zea Urgiles**

## Declaración Expresa

---

Yo Ruben Eduardo Zea Urgiles acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 22 de mayo del 2024.



---

Ruben Eduardo Zea Urgiles

# Evaluadores

---



Firmado electrónicamente por:  
INGRID TATIANA ORTA  
ZAMBRANO

---

**Ing. Ingrid Tatiana Orta Zambrano**

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:  
CRISTIAN ALFONSO  
SALAS VAZQUEZ

---

**Ing. Cristian Alfonso Salas Vazquez**

Tutor de proyecto

## Resumen

Actualmente, la comunidad de San Cristóbal no posee un sistema de alcantarillado sanitario, y por consiguiente, tampoco una planta de tratamiento de agua residual. Por ello, para controlar y evitar la contaminación de recursos hídricos y preservar la salud de los moradores, el municipio de Paute tiene la necesidad implementar soluciones sostenibles de tratamiento adecuadas a la comunidad. Por esta razón, este documento presenta un diseño hidrosanitario para un sistema de tratamiento de agua residual, que abarca una población de 2886 habitantes, que por la forma del terreno se dividió en 2 sectores, norte y sur, los cuales para el diseño se calculó un caudal de 12.61 L/s. Para el diseño se utilizó los valores límite de la tabla 8 y 9 presentados por la Norma de Calidad Ambiental de descargas de efluentes (TULSMA). Como resultado, se definió un tren de tratamiento que parte en el pretratamiento con un canal de entrada con cribado, un desarenador y un vertedor triangular, para el tratamiento primario, un tanque de Imhoff, para el tratamiento secundario, 3 humedales artificiales y para los lodos se diseñó un lecho de secado. La implantación del proyecto beneficiará, tanto, económicamente como al acceso a este servicio básico, cuyo impacto ambiental será positivo a largo plazo, justificando así sus costos de construcción y áreas de ocupación.

**Palabras Clave:** Diseño Hidrosanitario, Humedales artificiales, Tren de tratamiento, Impacto ambiental.

## Abstract

Currently, the community of San Cristóbal does not have a sanitary sewer system, and consequently, no wastewater treatment plant. Therefore, in order to control and avoid the contamination of water resources and preserve the health of the inhabitants, the municipality of Paute has the need to implement sustainable treatment solutions appropriate to the community. For this reason, this document presents a hydrosanitary design for a wastewater treatment system, which covers a population of 2886 inhabitants, which due to the shape of the land was divided into 2 sectors, north and south, which for the design a flow of 12.61 L/s was calculated. For the design, the limit values of tables 8 and 9 presented by the Environmental Quality Standard for effluent discharges (TULSMA) were used. As a result, a treatment train was defined that starts in the pre-treatment with an inlet channel with screening, a sand trap and a triangular spillway, for the primary treatment, an Imhoff tank, for the secondary treatment, 3 artificial wetlands and for the sludge a drying bed was designed. The implementation of the project will benefit both economically and access to this basic service, whose environmental impact will be positive in the long term, thus justifying its construction costs and areas of occupation.

**Keywords:** Hydrosanitary Design, Artificial Wetlands, Treatment Train, Environmental Impact.

## Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VIII
Simbología.....	IX
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XV
Capítulo 1.....	1
1.  Introducción.....	2
1.1  Antecedentes.....	3
1.2  Descripción del Problema.....	4
1.3  Justificación del Problema.....	5
1.4  Objetivos.....	5
1.4.1  Objetivo general.....	5
1.4.2  Objetivos específicos.....	5
Capítulo 2.....	7
2.  MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
2.1  Revisión de literatura.....	8
2.1.1  Aguas residuales.....	8



2.1.2	Tipos de agua residual .....	8
2.1.3	Características del agua residual .....	9
2.1.4	Características químicas.....	10
2.1.5	Características biológicas.....	12
2.1.6	Tren de tratamiento .....	13
2.1.7	Tratamiento preliminar .....	14
2.1.8	Tratamiento primario .....	15
2.1.9	Tratamiento secundario.....	17
2.1.10	Tratamiento terciario.....	18
2.1.11	Tratamiento de lodos.....	18
2.1.12	Parámetros de calidad del agua tratada.....	19
2.2	Área de estudio .....	21
2.3	Trabajo de campo y laboratorio .....	22
2.4	Análisis de datos .....	23
2.4.1	Clima.....	23
2.4.2	Complejidad del sistema .....	23
2.4.3	Métodos aplicables por nivel de complejidad.....	24
2.4.4	Análisis de proyección futura y periodo de diseño .....	25
2.4.5	Análisis grafico de los métodos y elección de población futura.....	26
2.4.6	Ubicación estratégica de PTAR.....	28
2.4.7	Cálculo de caudales de diseño .....	29

2.5	Análisis de alternativas .....	36
2.5.1	Propuestas de sistemas depuradores sostenibles.....	36
2.5.2	Criterios de valoración.....	38
2.5.3	Escala de criterios .....	39
2.5.4	Desglose de criterios en relación con la alternativa.....	41
2.5.5	Selección de alternativa a los criterios.....	42
Capítulo 3.....		44
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	45
3.1	Características adoptadas del agua residual.....	45
3.2	Datos preliminares .....	45
3.3	Tratamiento preliminar .....	46
3.3.1	Canal de entrada.....	46
3.3.2	Cribado.....	51
3.3.3	Desarenador .....	56
3.3.4	Vertedor triangular.....	65
3.3.5	Remoción de contaminantes en las estructuras preliminares.....	66
3.4	Tratamiento primario .....	67
3.4.1	Tanque Imhoff .....	67
3.4.2	Lecho de secado de lodos .....	74
3.4.3	Remoción de contaminantes en tanque Imhoff.....	76
3.5	Tratamiento secundario.....	77

3.5.1	Especie Fitodepuradora (macrófitos).....	77
3.5.2	Humedal subsuperficial de flujo horizontal (HFSS).....	79
3.5.3	Resumen de concentraciones de entrada y salida de contaminantes .....	89
3.6	Cálculo de vida útil del humedal .....	91
3.7	Diámetros auxiliares de las tuberías .....	94
3.8	Especificaciones Técnicas .....	96
Capítulo 4.....		105
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL (EIA).....	106
4.1	Descripción del proyecto .....	106
4.2	Línea base ambiental.....	107
4.3	Actividades del proyecto.....	108
4.4	Identificación de impactos ambientales .....	110
4.5	Valoración de impactos ambientales .....	111
4.6	Medidas de prevención/mitigación .....	114
4.7	Conclusiones.....	115
Capítulo 5.....		116
5.	PRESUPUESTO .....	117
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo.....	117
5.2	Análisis de precios unitarios (fusión) .....	118
5.3	Descripción de cantidades de obra.....	120
5.4	Valoración integral del costo del proyecto .....	124

5.5 Cronograma de obra.....	128
Capítulo 6.....	134
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	135
6.1 Conclusiones .....	135
6.2 Recomendaciones .....	136
Referencias.....	138
PLANOS Y ANEXOS .....	144

**Abreviaturas**

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

TULSMA Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

CEPIS Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

OPS Organización Panamericana de la Salud

PTAR Planta de tratamiento de agua residual

EMAAP Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado

## Simbología

Ha	Hectárea
m	Metros
PH	Puentes de Hidrogeno
Q	Caudal de diseño
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
SST	Solidos Suspendidos Totales
NTK	Nitrógeno Total de Kjeldahl
P	Fosforo
PVC	Policloruro de Vinilo
HA	Hormigón Armado
f <sub>c</sub>	Resistencia del Hormigón
f <sub>y</sub>	Resistencia a la Fluencia del Acero

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Tren de tratamiento.</i> .....	14
Figura 2. <i>Ubicación de San Cristóbal.</i> .....	22
Figura 3 <i>Análisis gráfico de los métodos zona norte.</i> .....	27
Figura 4 <i>Análisis gráfico de los métodos zona sur.</i> .....	27
Figura 5 <i>Ubicaciones de PTAR.</i> .....	28
Figura 6 <i>División de áreas de aporte.</i> .....	32
Figura 7 <i>Tren típico para sistema de humedales</i> .....	37
Figura 8 <i>Tren típico para sistema de lagunaje</i> .....	37
Figura 9 <i>Tren típico para sistema de filtro de arena</i> .....	38
Figura 10 <i>Esquema de rejas gruesas</i> .....	55
Figura 11 <i>Esquema de rejas finas</i> .....	55
Figura 12 <i>Grafica de valores de asentamiento o flotación.</i> .....	58
Figura 13 <i>Curvas de comportamiento.</i> .....	61
Figura 14 <i>Esquema de desarenador</i> .....	64
Figura 15 <i>Esquema de vertedor triangular.</i> .....	66
Figura 16 <i>Esquema de tanque Imhoff vista planta.</i> .....	73
Figura 17 <i>Esquema de tanque Imhoff vista corte.</i> .....	73
Figura 18 <i>Esquema de lecho de secado en planta</i> .....	76
Figura 19 <i>Imagen referencial especie Espadaña.</i> .....	78
Figura 20 <i>Imagen referencial especie Totora</i> .....	78
Figura 21 <i>Esquema del humedal artificial.</i> .....	91
Figura 22 <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible</i> .....	107

Figura 23 <i>Flujo de trabajo</i> .....	117
Figura 24 <i>Modelado de pretratamiento</i> .....	120
Figura 25 <i>Modelado de tanque Imhoff</i> .....	122
Figura 26 <i>Modelado de lecho de secado</i> .....	123

### Índice de tablas

Tabla 1. <i>Patógenos comunes en aguas residuales</i> .....	13
Tabla 2 <i>Límites de descarga</i> .....	19
Tabla 3 <i>Características climáticas del San Cristóbal</i> .....	23
Tabla 4 <i>Niveles de complejidad</i> .....	24
Tabla 5 <i>Métodos empleables</i> .....	24
Tabla 6 <i>Puntos centrales de las ubicaciones de las PTAR</i> .....	29
Tabla 7 <i>Valores facturados de agua potable en 2020</i> .....	29
Tabla 8 <i>Cálculo de dotación en base al volumen facturado total</i> .....	30
Tabla 9 <i>Dotaciones recomendadas</i> .....	30
Tabla 10 <i>Áreas de aporte en hectáreas</i> .....	32
Tabla 11 <i>Contribución comercial</i> .....	33
Tabla 12 <i>Contribución institucional</i> .....	33
Tabla 13 <i>Contribución de infiltración</i> .....	34
Tabla 14 <i>Coefficientes de minoración</i> .....	35
Tabla 15 <i>Revisión de costos brutos preliminares grosso modo</i> .....	39
Tabla 16 <i>Tiempo de retención grosso modo por sistema</i> .....	39
Tabla 17 <i>Escala de criterios</i> .....	40



Tabla 18 <i>Ponderación de criterios</i> .....	40
Tabla 19 <i>Selección de alternativa</i> .....	42
Tabla 20 <i>Características del agua residual</i> .....	45
Tabla 21 <i>Datos preliminares</i> .....	46
Tabla 22 <i>Parámetros de diseño canal de entrada</i> .....	47
Tabla 23 <i>Diseño de canal de entrada PTAR norte y sur</i> .....	50
Tabla 24 <i>Características típicas para el diseño de rejillas de limpieza manual</i> .....	51
Tabla 25 <i>Factores de forma para barras</i> .....	51
Tabla 26 <i>Parámetros de diseño rejilla gruesa</i> .....	52
Tabla 27 <i>Parámetros de diseño rejilla fina</i> .....	52
Tabla 28 <i>Diseño rejilla gruesa</i> .....	54
Tabla 29 <i>Diseño rejilla fina</i> .....	54
Tabla 30 <i>Densidad y viscosidad del agua</i> .....	56
Tabla 31 <i>Leyes aplicables</i> .....	56
Tabla 32 <i>Parámetros de diseño para desarenador</i> .....	57
Tabla 33 <i>Tabla de cálculos preliminares de desarenador</i> .....	59
Tabla 34 <i>Dimensionamiento del desarenador</i> .....	62
Tabla 35 <i>Velocidades y cumplimientos</i> .....	63
Tabla 36 <i>Tiempos de sedimentación y desplazamiento</i> .....	63
Tabla 37 <i>Longitud de transición</i> .....	64
Tabla 38 <i>Coefficientes en vertederos triangulares</i> .....	65
Tabla 39 <i>Diseño de vertedor triangular</i> .....	65
Tabla 40 <i>Eficiencia de remoción de contaminantes tratamiento preliminar</i> .....	66

Tabla 41 <i>Parámetros de diseño tanque Imhoff</i> .....	68
Tabla 42 <i>Tiempo de digestión y factor de capacidad relativa</i> .....	70
Tabla 43 <i>Resultados del dimensionamiento del tanque Imhoff</i> .....	72
Tabla 44 <i>Criterios iniciales de diseño para el lecho de lodos</i> .....	75
Tabla 45 <i>Dimensionamiento del lecho de secado de lodos</i> .....	75
Tabla 46 <i>Eficiencia de remoción de contaminantes tratamiento primario</i> .....	77
Tabla 47 <i>Parámetros de diseño del humedal</i> .....	80
Tabla 48 <i>Paramento del afluente del humedal</i> .....	81
Tabla 49 <i>Parámetros adoptados del efluente según normativa</i> .....	81
Tabla 50 <i>Medio filtrante y macrófitas</i> .....	82
Tabla 51 <i>Cálculo del área referente a la remoción de DBO5</i> .....	83
Tabla 52 <i>Cálculo del área referente a la remoción de nitrógeno NTK</i> .....	84
Tabla 53 <i>Área adoptada y tiempo de retención hidráulico</i> .....	84
Tabla 54 <i>Concentración de remoción de nitrógeno total NTK</i> .....	85
Tabla 55 <i>Concentración de la remoción de DBO5</i> .....	86
Tabla 56 <i>Concentración de la remoción de DQO</i> .....	86
Tabla 57 <i>Concentración de la remoción de fósforo</i> .....	87
Tabla 58 <i>Concentración de Coliformes fecales</i> .....	88
Tabla 59 <i>Concentración de solidos suspendidos totales</i> .....	88
Tabla 60 <i>Resumen de concentración final</i> .....	89
Tabla 61 <i>Resultado de diseño hidráulico</i> .....	90
Tabla 62 <i>Calculo de solidos acumulados</i> .....	92
Tabla 63 <i>Resultado de vida útil del humedal</i> .....	93

Tabla 64 <i>Parámetros de diseño para las tuberías</i> .....	94
Tabla 65 <i>Características de la tubería</i> .....	95
Tabla 66 <i>Relaciones hidráulicas</i> .....	95
Tabla 67 <i>Comprobación por esfuerzo tractivo de la tubería</i> .....	96
Tabla 68 <i>Árbol de factores para el diseño de planta de depuración de agua residual</i> .....	108
Tabla 70 <i>Lista de revisión para sistema de depuración</i> .....	110
Tabla 70 <i>Escala de valoración cualitativa</i> .....	112
Tabla 71 <i>Valoración cualitativa de impacto ambiental</i> .....	112
Tabla 72 <i>Escala de valoración de impacto ambiental</i> .....	113
Tabla 73 <i>Medidas de prevención</i> .....	114
Tabla 74 <i>Resumen de análisis de precio unitario</i> .....	118
Tabla 75 <i>Replanteo y nivelación</i> .....	120
Tabla 76 <i>Cantidad de obra para el pretratamiento</i> .....	121
Tabla 77 <i>Cantidad de obra para el tanque Imhoff</i> .....	122
Tabla 78 <i>Cantidad de obra para el lecho de secado</i> .....	123
Tabla 79 <i>Cantidad de obra para el humedal</i> .....	124
Tabla 80 <i>Presupuesto referencial general de obra</i> .....	124

**ÍNDICE DE PLANOS**

- PLANO 1 Plano de topografía PTAR SUR
- PLANO 2 Plano implantación PTAR SUR
- PLANO 3 Plano implantación PTAR NORTE
- PLANO 4 Plano implantación PTAR NORTE
- PLANO 5 Planos de la etapa de pretratamiento
- PLANO 6 Tanque de Imhoff
- PLANO 7 Lecho de secado de lodos
- PLANO 8 Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal
- PLANO 9 Perfil longitudinal PTAR

# Capítulo 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para el progreso de las actividades humanas, ya sea en el ámbito industrial como en el individual. No obstante, los efluentes generados por las actividades diarias suelen ser descargados a los cuerpos hídricos sin un tratamiento previo, lo cual genera un impacto ambiental negativo debido a la concentración de los contaminantes presente en el agua (Andrade et al., 2021). En este contexto, Merchan et al. 2021 menciona que, las aguas residuales domésticas se pueden clasificar en dos tipos: aguas grises y aguas negras. Las aguas grises provienen del uso en cocinas, lavabos y duchas, mientras que las aguas negras son las que proceden de los sanitarios. Las aguas residuales pueden ser tratadas mediante un conjunto de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, con el objetivo de depurarlas hasta alcanzar la calidad establecida por la normativa, para su disposición final o para su aprovechamiento a través del reúso en actividades agrícolas o a fines (Humanante et al., 2022).

La comunidad de San Cristóbal ubicada en Paute provincia del Azuay, a una altitud entre 2000 – 3000 m.s.n.m., es un punto estratégico para el vínculo cantonal y provincial. Esta cuenta con un amplio patrimonio natural como base para el desarrollo agrícola y comercial, que impulsa la generación de alimentos para su sector como para el desarrollo de la economía provincial. Asimismo, posee un potencial de captación turística atractiva para extranjeros y personas en general (GAD San Cristobal, 2023).

Según el estudio socio económico del sistema de agua potable de San Cristóbal realizado y otorgado por el GAD de Paute en 2020, menciona que existen incongruencias en el consumo de agua potable, en referente a su calidad y manejo. Al existir este tipo de incongruencias los moradores optan por comprar agua embotellada o de tanqueros para abastecer sus necesidades, lo cual genera alteraciones al volumen de agua potable

consumidos y por ende a la dotación de retorno de aguas residuales. Según encuestas realizadas en 2019, 80.77% de los encuestados compra agua a terceros. Por otro lado, en el plan de desarrollo y ordenamiento territorial (PDOT) del cantón Paute tomo 1, menciona que existe un déficit en el sistema de alcantarillo del 96.11% para la comunidad de san Cristóbal, lo cual es preocupante para las autoridades pertinentes.

### **1.1 Antecedentes**

Los sistemas convencionales de agua residual, por lo general, son bastante costosos, creando brechas de accesibilidad económica para su implementación, hasta en zonas urbanas. Por ello, para comunidades reducidas, como son las áreas rurales la idea de implementar un sistema de tratamiento no suele ser prioridad, las aguas residuales suelen ser desalojadas a ríos o quebradas, que por consecuente incrementa la contaminación a las fuentes hídricas (Marín-Muñiz et al., 2022). Por lo cual, es necesario gestionar e incorporar sistemas de captación y depuración de agua residual acorde a la población y demanda.

Existen alternativas a los sistemas convencionales, los cuales son llamadas sistemas no convencionales de tratamiento de agua residual, cuyo objetivo es minorar costos de implementación, operación y mantenimiento. Estos sistemas tratan de replicar los procesos naturales de depuración de agua mediante plantas u organismos vivos (Romero, 2010). En pequeños poblados o en zonas baja conglomeración de habitantes, los caudales y concentración de contaminantes es variable, con tendencias bajas en ambos aspectos. Con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los moradores y garantizar un mejor manejo del recurso hídrico, el GAD de Paute se encuentra en la necesidad de desarrollar un sistema sostenible de tratamiento de agua residual para la comunidad de san Cristóbal.

## 1.2 Descripción del Problema

La comunidad de San Cristóbal enfrenta una grave problemática sanitaria y ambiental, que amenaza su desarrollo y la salud de sus habitantes. Posee una extensión de 17.90 km<sup>2</sup> y una población de 2819 habitantes según el último censo realizado en 2022, esta comunidad dispone una gran dispersión geográfica de viviendas, lo que ha dificultado la implementación de un sistema o red de alcantarillado convencional. En consecuencia, los moradores dependen de soluciones locales como pozos sépticos y letrinas, las cuales no proporcionan un tratamiento a las aguas residuales, simplemente las recolectan. Además, según el estudio socio económico del sistema de agua potable del sistema del GAD municipal en San Cristóbal, el 79.55% de los encuestados no ha vaciado su pozo séptico en un largo periodo de tiempo.

La carencia de una red de alcantarillado y por consecuente, de un sistema para el tratamiento de las aguas residuales, han generado consecuencias negativas en la salud y bienestar de la comunidad. Parte de las aguas grises sin tratar se vierte directamente en ríos y quebradas cercanas por los moradores, contaminando las fuentes hídricas. Por ello, tanto los habitantes de San Cristóbal como las comunidades circundantes actuales y futuras, están expuestos a aguas contaminadas que pueden provocar una serie de enfermedades, desde problemas estomacales hasta afecciones parasitarias y dermatológicas.

Asimismo, existe otro riesgo menos visible y perceptible, que es la infiltración del agua residual al subsuelo. Este, dado por los sistemas de almacenamiento de agua residual, que carecen de un sistema adecuado de tratamiento, presentando una grave amenaza de infiltración a las fuentes de agua subterránea y acuíferos. La carencia de un sistema tratamiento adecuado afecta la calidad de vida de los moradores, al mismo tiempo que desalienta la inversión externa y el turismo, y perpetúa un ciclo de subdesarrollo. En una era



donde el acceso a servicios básicos como el saneamiento es considerado un derecho humano, la situación de San Cristóbal resalta como un caso urgente que requiere atención.

### **1.3 Justificación del Problema**

El desarrollo de un diseño sostenible de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal generará varias ventajas dirigidas a la parte económica, ambiental, social y salubre. Entre las más importantes esta la mejora de la calidad de vida de los moradores, en términos de salud y bienestar, al tratar el agua residual se garantiza la reducción de enfermedades derivadas de la contaminación del agua. Esto asegura que las generaciones futuras gocen de un mejor estilo de vida y desarrollo individual. En referente a lo económico y social, el incremento de la plusvalía de los bienes inmuebles aumentará por la incidencia de todos los servicios básicos. Además, de generar trabajo de manera directa e indirecta a los moradores. Por último, lo ambiental se reduce el impacto negativo que conlleva verter aguas residuales a fuentes hídricas.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema sostenible para el tratamiento de las aguas residuales de la comunidad de San Cristóbal, cantón Paute, Provincia del Azuay, a través de un análisis sanitario y ambiental que permita mitigar de la contaminación y proteger los recursos hídricos de la zona de estudio.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la dotación de agua residual, los caudales de diseño en función a la población proyectada y la ubicación estratégica de la PTAR.

- Analizar propuestas para el diseño de una PTAR sostenible para la comunidad en base a la revisión bibliográfica.
- Diseñar la PTAR a partir de criterios sostenibles e hidrosanitarios.

## **Capítulo 2**

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Revisión de literatura**

El diseño del sistema de tratamiento de agua residuales consta de varias etapas, las cuales son llamadas tren de tratamiento, que depende de ciertas características preliminares y criterio ingenieril. A continuación, se detallarán y definirán los parámetros y características del agua residual, además de sus formas de tratamiento:

#### **2.1.1 Aguas residuales**

Según López et al. (2017), menciona que las aguas residuales son producto de diversas actividades humanas e influenciado por diversos factores. Esta influencia depende del comportamiento, estilo y nivel de vida. En general, las aguas residuales son un conjunto de desechos, tanto, líquidos como sólidos provenientes de residencias, industrias, instituciones públicas o privadas y comercio en general.

#### **2.1.2 Tipos de agua residual**

Las aguas residuales se clasifican de acuerdo con su uso y proveniencia y comprenden las siguientes definiciones:

##### **2.1.2.1 *Agua residual domestica***

Son las aguas que provienen de áreas residenciales, comercios e instalaciones públicas y privadas y que están conformadas por aguas generadas por las funciones biológicas y labores realizadas en el ámbito del hogar domésticas (CEE, 1991). Sus principales contaminantes incluyen gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos en suspensión, detergentes, nitrógeno, fósforo y otros contaminantes en menor concentración. Estas aguas requieren un tratamiento adecuado antes de ser vertidas para minimizar su impacto en el medio ambiente (Zambrano & Saltos, 2009).

### **2.1.2.2 Agua residual industrial**

Comprende a los desechos líquidos que se generan como resultado de las actividades de índole comercial o industrial, excluyendo aquellos provenientes de viviendas o de lluvias (CEE, 1991). Estas aguas contienen una amplia variedad de contaminantes dependiendo del tipo de industria de la que provengan. Algunos de los contaminantes comunes en las aguas residuales industriales incluyen sólidos suspendidos, aceites y grasas, metales pesados, compuestos orgánicos, sustancias tóxicas, ácidos y álcalis, entre otros (UNESCO, 2017).

### **2.1.3 Características del agua residual**

Para el diseño y desarrollo de cualquier proyecto relacionado con el manejo de aguas o una planta de tratamiento de aguas residuales, es imprescindible conocer a fondo las características específicas de dichas aguas residuales. A continuación, se desglosan dichas características:

#### **2.1.3.1 Características físicas**

##### **2.1.3.1.1 Color**

Se produce por la degradación de la materia orgánica presente del agua residual doméstica e industriales. Usualmente son de color gris y al transcurso del tiempo cambia de gris oscuro y después a negro (Romero, 2010).

##### **2.1.3.1.2 Olor**

Los olores se originan por los gases emanados durante la descomposición de la materia orgánica de origen biológico. Los olores desagradables tienden a afectar la integridad individual y comunitaria, entorpeciendo los vínculos interpersonales, reduciendo y deteriorando el nivel socioeconómico y limitando las oportunidades de progreso (Metcalf & Eddy, 1998).

### **2.1.3.1.3 Temperatura**

Es un parámetro influyente en aguas residuales, debido a su impacto en las características del agua. Los procesos biológicos son impulsados por las temperaturas, por ello a temperaturas bajas los microorganismos son más lentos o en casos de que la sea muy baja entre los 0 a 5 °C, estos detienen su actividad (Mora-Orozco et al., 2020).

### **2.1.3.1.4 Sólidos**

Es aquel parámetro que repercute en la cantidad de lodos que se forman en un sistema de tratamiento o disposición de aguas residuales. Por otro lado, los sólidos disueltos figuran los materiales solubles y coloidales, que habitualmente necesitan procesos físico-químicos o biológicos para su remoción (Romero, 2010).

### **2.1.3.1.5 Turbiedad**

Compone una medida visual de los sólidos suspendidos en el agua residual (Romero, 2010). Estos comprendidos como: arena, arcillas, limos, materia orgánica, entre otros. La existencia de un alto porcentaje de estos sólidos o materias mide el grado de turbiedad en el agua, por lo tanto, análogamente, a un mayor porcentaje de sólidos suspendidos presentes mayor es el grado de contaminación del agua. Además, este factor constituye la eficiencia del proceso de tratamiento (Carrasco & Menéndez, 2010).

## **2.1.4 Características químicas**

### **2.1.4.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Se refiere a la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los microorganismos aerobios para degradar u oxidar la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual, bajo condiciones de temperatura y tiempo (Romero, 2010; UNESCO, 2017).

#### **2.1.4.2 Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es un parámetro empleado para cuantificar el grado de contaminación presente en el agua, específicamente la contaminación que no puede ser degradada u oxidada por procesos biológicos. Mientras que a mayor sea la demanda de DQO, mayor será el nivel de contaminantes inorgánicos u orgánicos no biodegradables presentes en el agua (UNESCO, 2017).

#### **2.1.4.3 Oxígeno disuelto**

Es un parámetro que indica la capacidad de autodepuración, tanto del agua en estado natural como residual. La concentración de oxígeno disuelto influye en los tratamientos biológicos y más importante en la configuración, ejecución y valoración de sistemas de tratamiento de agua residual (Romero, 2010).

#### **2.1.4.4 Grasas y aceites**

Son compuestos, en su mayoría, formados de carbono, hidrogeno y oxígeno que flotan en el agua residual por su alta densidad. La presencia de grandes concentraciones de estos compuestos generan problemas de mantenimiento y funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua residual, además interfieren en los procesos biológicos ya que son complejos de digerir por los microorganismos (Romero, 2010).

#### **2.1.4.5 Nitrógeno**

Según Romero (2010), es un compuesto inorgánico, considerado para el entorno de estudio, como un nutriente esencial para la formación de plantas y protistas (algas, protozoos y hongos). En el contexto de las aguas residuales la forma de disposición es el nitrógeno orgánico, amoniacal y nitrógeno de nitritos y nitratos.

#### **2.1.4.6 Fosforo**

Es un compuesto inorgánico, tal cual, como el nitrógeno, es un nutriente para el crecimiento de plantas y protistas. En este caso, es de suma importancia su remoción debido al crecimiento desmedido de algas superficiales en el agua residual (Romero, 2010).

Asimismo, este compuesto está presente como ortofosfato ( $PO_4$ ), polifosfato ( $P_2O_7$ ) y diversas formas de fosforo orgánico. La eliminación de dichos compuestos se realiza en el tratamiento secundario del tren de tratamiento establecido (Metcalf & Eddy, 1998).

#### **2.1.4.7 Nitritos y nitratos**

Es la descomposición del nitrógeno orgánico por microorganismos presente en las aguas residuales frescas, dando como resultado principal el nitrógeno amoniacal, y si el entono está en contacto con el aire se forman los nitritos y nitratos. La preminencia de nitratos indica que la carga contaminante a alcanzó un balance en relación con la demanda de oxígeno. En cambio, los nitritos se dan por la descomposición del nitrato, nitrógeno amoniacal y entre otros compuestos nitrogenados, que se emplea como un indicador de contaminación por materia fecal en el agua (Cabrera et al., 2003; Romero, 2010).

#### **2.1.4.8 Nitrógeno total Kjeldahl**

Este tipo de nitrógeno se lo denomina NTK, que representa la suma del nitrógeno orgánico con el amoniacal. Este aspecto es necesario para la evolución de la tratabilidad del agua residual mediante tratamientos de origen biológico como los tratamientos no convencionales. En general, es un compuesto encargado de la biodescomposición de materia orgánica, en el caso de presentar niveles bajos se requiere la adición de este (Romero, 2010).

### **2.1.5 Características biológicas**

Las aguas residuales contienen una gran variedad de organismos y microorganismos vivos, entre los cuales se encuentran los patógenos que representan un riesgo a la salud de los



individuos, tales como: Bacterias, virus y bacterias (Protozoos y Helmintos)(Osorio et al., 2021). Según López et al., 2017 menciona que, los patógenos más empelados como indicador de contaminación son los coliformes fecales y Escherichia coli, cuya concentración está en el rango de  $10^6 - 10^9$  por gramo de heces. A continuación, se presentan diversos organismos patógenos presentes en el agua residual pueden desencadenar enfermedades en los individuos los cuales están indicados en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Patógenos comunes en aguas residuales.*

<b>Organismos patógenos</b>			
<b><i>Bacterias</i></b>	<b><i>Virus</i></b>	<b><i>Protozoos</i></b>	<b><i>Helmintos</i></b>
Escherichia coli (enteropatogenica)	Adenovirus (31 tipos)	Balantidium coli	Ascaris lumbricoides
Legionella pneumophila	Enterovirus (67 tipos)	Crytosporidium	Enterobius vericularis
Leptospira (150 esp.)	Hepatitis A	Entamoeba histolytica	Fasciola hepatica
Salmonella typhi	Agente Norwalk	Giardia Iamblia	Hymenolepis nana
Salmonella (1.700 esp.)	Reovirus		Taenia saginata
Shigella (4 esp.)	Rota virus		T. so/hun
Vibrio cholerae	Balantidium coli		Trichuris trichiura
Yersinia enterolftica	Crytosporidium		

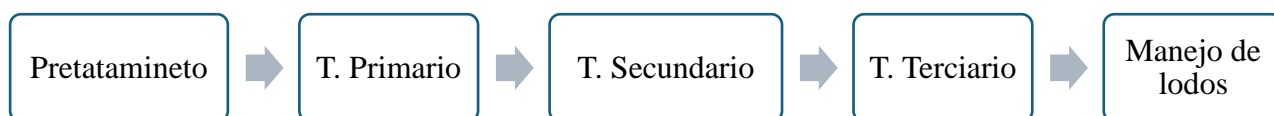
Nota: Tomado de Metcalf & Eddy, 1998

### 2.1.6 Tren de tratamiento

Es un proceso que puede involucrar varias etapas, dependiendo del nivel de depuración requerido. Estas etapas pueden incluir tratamiento preliminar, primario, secundario y avanzado o terciario aplicado de forma individual o en conjunto, según el grado de remoción de contaminantes y de agua tratada. A continuación, se muestra de manera secuencial el tren de tratamiento.

**Figura 1.**

*Tren de tratamiento.*



### 2.1.7 Tratamiento preliminar

Esta fase incluye procesos para la eliminación de sólidos grandes, materiales flotantes, grasas, así como para la compensación y ajuste del pH (TULSMA, 2015). A continuación, se dará a conocer los posibles pretratamientos que una PTAR puede adoptar.

#### 2.1.7.1 Cribado

Según Romero (2008), menciona que el cribado es un proceso u operación que emplea tamices o rejillas para la remoción primaria de material grueso y voluminoso presente en el agua residual para así no averiar elementos como bombas, compuertas o turbinas, además de no obstruir el tren de tratamiento. La limpieza de esta etapa de inicial suele ser, tanto, de manera manual por un operario o mecánica por tecnologías adecuadas.

Este proceso según Ramalho (2015), lo denomina como desbrozo o desbaste que consiste en la reducción de los sólidos suspendidos de diferentes tamaños por rejillas de diversos tamaños dependiendo de su capacidad. Así mismo, los sólidos retenidos requieren de limpieza manual o mecánica, que deben ser destruidos o reducidos, bien, por incineración o por procesos de digestión anaerobia. Las rejillas pueden ser de malla de acero, placas o chapas de acero perforado. No obstante, la capacidad de remoción en este proceso está entre un 5% a 25% de sólidos presentes en el agua residual, por lo cual requiere de un proceso de sedimentación contiguo de este. Por último, el mismo autor menciona que las aberturas de las rejillas pueden estar entre 4, 8 y 9 cm de separación.

### **2.1.7.2 Desarenadores**

Se emplea para decantar y remover material granular como arena y grava u otros materiales pesados que tengan peso específico mayor a los sólidos orgánicos. Su función inicial es similar al cribado, proteger al tren de tratamiento y prevenir el depósito de estos solidos en el sistema de tuberías y digestores (Romero, 2010). Este equipo se suele colocarse antes del tratamiento primario y en ocasiones antes del proceso de cribado dependiendo del criterio ingenieril.

Los desarenadores se pueden clasificar de la siguiente manera: de flujo horizontal tipo cuadrado o rectangular; aireados y de vórtice. Para un desarenador de flujo horizontal, el agua residual circula de manera horizontal por cámaras y la velocidad depende de la geometría adoptada, incluida la composición de las compuertas y vertederos de salida. El desarenador aireado consta de un tanque de flujo helicoidal, es decir, en forma de espiral, cuya velocidad depende de la geometría y la cantidad de aire suministrado. Por último, para un desarenador de vórtice, el agente físico separador de solidos es la fuerza centrífuga y gravitacionales (Metcalf & Eddy, 1998).

### **2.1.8 Tratamiento primario**

Implica el uso de operaciones físicas para reducir los sólidos sedimentables y flotantes en el agua residual, tales como sedimentación primaria y la gestión y disposición final de lodos generados durante este proceso (TULSMA, 2015).

#### **2.1.8.1 Tanque Imhoff**

Es un sistema de tratamiento primario de tipo reactor anaerobio, que consta de un compartimento inferior y cámara para digestión de lodos y sedimentación, respectivamente. Posee zonas de ventilación para la espuma acumulada y gases producto del proceso de

digestión de lodos. Es un sistema simple de manejar, por lo cual no requiere de un personal especializado, pero requiere de remoción diaria de lodos y espumas (Romero, 2010).

En base a normativa OS.090 (2016), menciona que el tiempo de retención nominal mínimo para este tipo de sistema está entre 1.5 a 2.5 horas. Tiene la capacidad de remoción de un 25 a 50% de DBO, de sólidos suspendidos del 45% a 70%, la remoción es variable y depende de agua captada, diseño y operación.

#### **2.1.8.2 *Laguna anaerobia***

Según Ortega et al. (2011), las lagunas anaerobias son un tipo de lagunaje que puede ser empelados como parte del tren primario de tratamiento de agua residual. Usualmente, se las puede diseñar a una profundidad de 3 a 5 metros. Al ser parte del tratamiento primario captan grandes cargas orgánicas. Al no contar con un sistema de aireación entran en un proceso llamado anaerobiosis. Esta etapa se sedimenta los sólidos que no fueron removidos del pretratamiento, los cuales son decantados al fondo de la laguna. Los sedimentos decantados forman lodos que permanecen en la laguna de 5 a 10 años, es decir, que no requiere de remoción de lodos constante. Asimismo, las lagunas anaerobias, funcionan con un doble objetivo que es la sedimentación o eliminación de material sedimentable y flotante y la estabilización de lodos formados. De manera analógica, tienen cierta similitud a los sistemas conformados por tanque de Imhoff y tanque séptico.

Al mismo tiempo, los rendimientos de remoción o depuración de la carga contaminantes para este sistema lagunar según el manual de Ortega et al. (2011) son: Sólidos suspendidos es del 50-60%, DBO entre un 40-50%, DQO entre 40-50%, nitrógeno entre 5-10% y fósforo del 0-5%. Los costos de implantación son elevados, debido al área de las lagunas, requiere de gran cantidad de espacio y en este caso profundidad.

### **2.1.9 Tratamiento secundario**

En esta etapa incluye el uso de procesos biológico y/o químicos para reducir principalmente los compuestos orgánicos biodegradables y solidos suspendidos.

Generalmente, el tratamiento secundario viene precedido por el tratamiento primario y puede incluir proceso de desinfección (TULSMA, 2015).

#### **2.1.9.1 Filtro de arena**

Según Huertas & Marcos (2013) en su guía para tratamientos, menciona que es un sistema de filtración por arena de poca profundidad, rondando entre 0.6 – 0.8m. El agua previamente tratada circula por el sistema de forma vertical e intermitente. Esta desarrolla una biopelícula por la interacción de los microorganismos y el entorno que ayudan a la remoción de contaminantes. Si es comparada con un humedal, la principal diferencia es la granulometría del estrato, el cual es más fina. Su funcionamiento es simple y sencillo de operar y mantener. Se integra bien con el entorno y su producción de olores es mínima.

#### **2.1.9.2 Laguna facultativa**

Este sistema de lagunaje puede constituir la segunda etapa del tren de tratamiento de agua residuales. Presenta una menor profundidad que las lagunas anaerobias, rondando de 1.5 - 2m de profundidad. Al no ser tan profundas como su predecesora, el agua residual se subdividen por capas, teniendo una capa inferior, donde van alojados los sedimentos, una capa superior, donde se pueden formar microalgas, y una capa intermedia, donde la intermitencia del oxígeno genera organismos como bacterias facultativas, las que dan el nombre a este sistema. Al estar en contacto con el aire se genera la biodegradación de los desechos orgánicos, dado por los organismo generados en el proceso (Ortega et al., 2011).

### **2.1.9.3 Humedales artificiales**

Los humedales, ya sean de tipo natural o artificial, consiste en un sistema de tratamiento acuático en el cual especies de plantas y organismos reducen la carga contaminante. Se pueden clasificar de flujo libre o superficiales y subsuperficiales. Estos están compuestos de compuestos pétreos como grava de diversos tamaños nominales y arena fina y gruesa, plantas, microorganismos y organismos vivos como insectos y lombrices. Este sistema tiene parentesco con un biofiltro reductor de biomasa (Romero, 2010).

### **2.1.10 Tratamiento terciario**

Se considera como una etapa adicional que funge para la remoción de nutrientes y sustancias que el tratamiento secundario no pudo realizar (TULSMA, 2015).

#### **2.1.10.1 Laguna de maduración**

Según Ortega et al. (2011), menciona que este sistema constituye la última etapa del tren de tratamiento por lagunaje. La profundidad es menor que sus predecesoras estando entre 0.8-1m de profundidad. Además, que soporta baja carga contaminante. La eliminación de patógenos es muy alta, dado por la interacción de los rayos UV del sol y la filtración de las microalgas, generando efluentes muy oxigenados. Requiere de amplias áreas de implantación, por lo cual su costo relativamente alto por su requerimiento de excavación y materiales. Su operación y mantenimiento es relativamente fácil para el operario.

### **2.1.11 Tratamiento de lodos**

#### **2.1.11.1 Compostaje de lodos**

Consiste en la degradación biológica y controlada del material orgánico presente en los lodos crudos. Se puede llevar a cabo mediante vía anaerobia y aerobia. El compostaje aerobio acelera el proceso de estabilización, mientras que el anaerobio es más lento y genera olores.

La reducción de patógenos, humedad y sólidos totales son parte de los objetivos fundamentales de este proceso. Este sistema se puede realizar con métodos artesanales que son muy económicos, hasta con métodos más novedosos, pero más costosos. La finalidad de este sistema es la comercialización de estos lodos, mezclado con material llenante, a los moradores que trabajen de la agricultura y de otros sectores, generando ganancias directas a la PTAR (Romero, 2010).

### 2.1.12 Parámetros de calidad del agua tratada

Para los parámetros de calidad o desalojo del agua residual se empleará la normativa de la TULSMA en referente a los límites permitidos de descarga. A continuación, se presenta la tabla de los límites de descarga al alcantarillado público y cuerpos de agua dulce extraídos de la normativa.

**Tabla 2**

*Límites de descarga*

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO (TABLA 8)	LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE (TABLA 9)
			Alcantarillado público	Descarga cuerpo de agua dulce
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70	30
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	cero	-
Alkil mercurio		mg/l	No detectable	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5	5
Arsénico total	As	mg/l	0.1	0.1
Bario	Ba	mg/l	-	2
Boro total	Bo	mg/l	-	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.2	0.2

<b>Carbonatos</b>	Especies totales	mg/l	-	-
<b>Cianuro total</b>	CN	mg/l	1	0.1
<b>Cinc</b>	Zn	mg/l	10	5
<b>Cloro activo</b>	Cl	mg/l	0.5	0.5
<b>Cloroformo</b>	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1	0.1
<b>Cobalto total</b>	Co	mg/l	0.5	0.5
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	1	-
<b>coliformes Fecales</b>	NMP	NMP/100ml	-	2000
<b>Color real</b>	color real	unidades por color	-	Inapreciables en dilución 1/20
<b>Compuestos fenólicos</b>	Expresado como fenol	mg/l	0.2	1.2
<b>Compuestos organoclorados</b>	Organoclorados totales	mg/l	0.05	0.05
<b>Cromo hexavalente</b>	Cr+6	mg/l	0.05	0.05
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	DBO5	mg/l	250	100
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/l	500	200
<b>Dicloroetileno</b>	Dicloroetileno	mg/l	1	-
<b>Estaño</b>	Sn	mg/l	-	5
<b>Fluoruros</b>	F	mg/l	-	5
<b>Fósforo total</b>	P	mg/l	15	10
<b>Hidrocarburos totales de Petróleos</b>	TPH	mg/l	20	20
<b>Hierro total</b>	Fe	mg/l	25	10
<b>Manganeso total</b>	Mn	mg/l	10	2
<b>Material flotante</b>	Visibles		-	Ausencia
<b>Mercurio total</b>	Hg	mg/l	0.01	0.005
<b>Níquel</b>	Ni	mg/l	2	2
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	N	mg/l	-	30
<b>Nitrógeno total kjedahi</b>	N	mg/l	60	50
<b>Organofosforados</b>	Especies totales	mg/l	0.1	0.1
<b>Plata</b>	Ag	mg/l	0.5	0.1
<b>Plomo</b>	Pb	mg/l	0.5	0.2

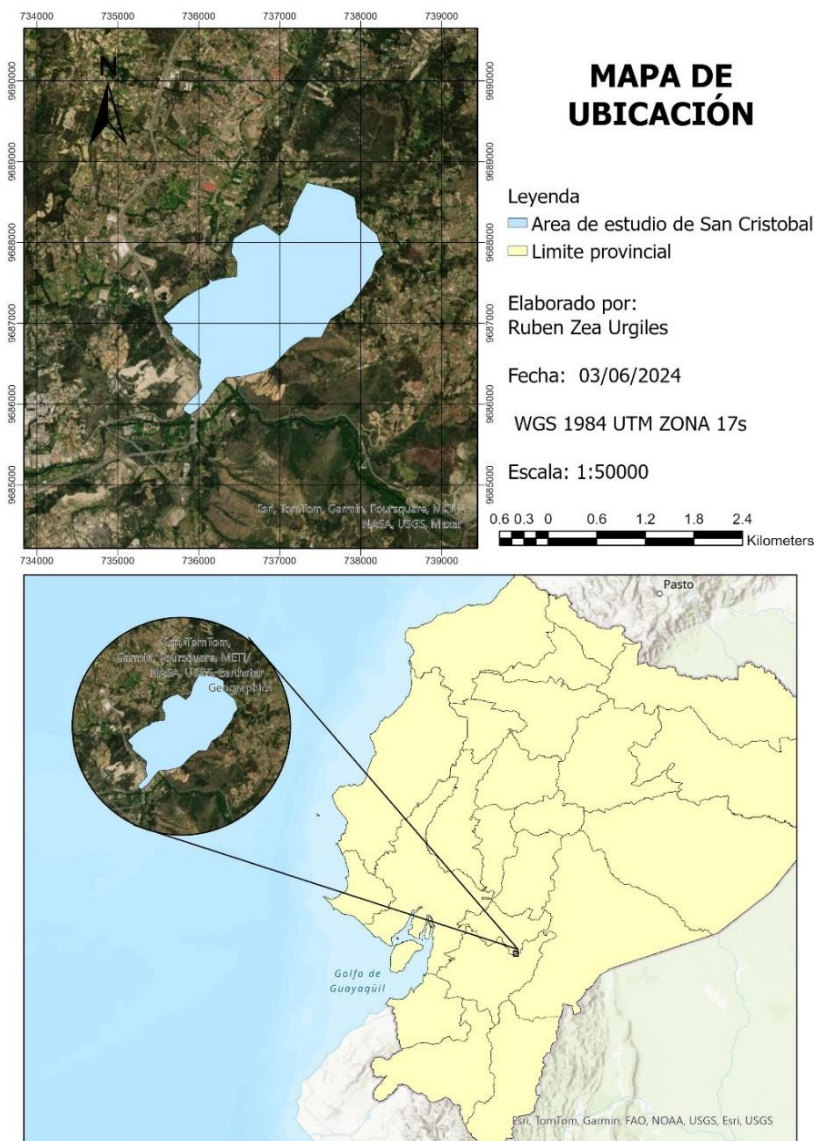


<b>Potencial de hidrógeno</b>	pH	mg/l	6 a 9	6 a 9
<b>Selenio</b>	Se	mg/l	0.5	0.1
<b>Sólidos Sedimentables</b>	SD	mg/l	20	-
<b>Sólidos Suspendidos totales</b>	SST	mg/l	220	130
<b>Sólidos totales</b>	ST	mg/l	1600	1600
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> (-2)	mg/l	400	100
<b>Sulfuros</b>	S	mg/l	1	0.5
<b>Temperatura</b>	°C	mg/l	< 40	condiciones naturales ± 3
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2	0.5

Nota: Obtenida de TULSMA (2015)

## 2.2 Área de estudio

El área de estudio comprende 3.56 km<sup>2</sup> (356 Ha), a una altura de 2000 a 3000 m.s.n.m. Ubicado en San Cristóbal, cantón Paute, provincia del Azuay. Colinda al norte con la provincia de cañar y al sur con el cantón Cuenca. Esta comunidad cuenta con una dispersión geográfica considerable tanto norte como sur, por lo cual implica mayor rigor de análisis. En la figura 2 se puede apreciar la ubicación y el área de estudio a emplear.

**Figura 2.***Ubicación de San Cristóbal***2.3 Trabajo de campo y laboratorio**

El cliente brindo los datos topográficos y ortofotos para el área de estudio.

Documentación realizada por el GAD de paute como son: Estudio socio económico del sistema de agua potable del sistema del GAD municipal, plan de desarrollo y ordenamiento territorial en San Cristóbal e información extra sobre consumos de agua potable, que son de

gran utilidad para la fase preliminar del diseño de la PTAR. Se ha realizado una visita al sitio de estudio para conocer su localidad e inspeccionar su dispersión geográfica.

## 2.4 Análisis de datos

Para el presente proyecto se estableció fases preliminares que constan del análisis poblacional, ubicación estratégica de la PTAR y análisis de caudales de diseño en base a la información y requerimientos provistos por el cliente. Como punto de partida se definiría el clima, nivel de complejidad del sistema y la proyección de la población.

### 2.4.1 Clima

Para el estudio se prescindió de lo otorgado por el GAD de Paute y la INAMHI, para el reconocimiento de climático territorial de la zona de estudio. En la siguiente tabla se puede observar aquello:

**Tabla 3**

*Características climáticas del San Cristóbal*

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Precipitaciones	Promedio de 500-1200mm anuales en valles y 2000-2500mm anuales en partes altas.
Intensidad de lluvia	De acuerdo con INAMHI se define una intensidad de 3.05mm/h.
Temperatura	Alrededor de 14-16 grados Celsius.
Piso climático	Se lo considera montano o montañoso.
Humedad	Humedad relativa al 85%.

Nota: Extraído del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del GAD de Paute y la INAMHI.

### 2.4.2 Complejidad del sistema

Según la RAS 2000, menciona 4 niveles de complejidad para sistemas de alcantarillado y tratamiento en base a la población. Las cuales se muestran a continuación:

**Tabla 4***Niveles de complejidad*

<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Población (Habitantes)</b>	<b>Capacidad económica de los usuarios</b>
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

*Nota: Obtenido de RAS, 2000*

Según el último censo del 2022, San Cristóbal dispone de 2819 habitantes por lo cual el nivel de complejidad para el sector de estudio es medio.

**2.4.3 Métodos aplicables por nivel de complejidad**

De igual manera la RAS 2000, propone métodos que se pueden emplear para el cálculo de proyección de población futura, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 5***Métodos empleables*

<b>Métodos por emplear</b>	<b>Nivel de complejidad del sistema</b>			
	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio alto</b>	<b>Alto</b>
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial y otros			X	X
Análisis demográfico			X	X
Detallamiento zonal y densidad poblacional			X	X

*Nota: Obtenido de RAS, 2000*

Para el nivel de complejidad medio se aplicará los métodos: aritmético, geométrico y exponencial para el análisis de proyección futura.

#### 2.4.4 Análisis de proyección futura y periodo de diseño

La comunidad de San Cristóbal cuenta con 2819 habitantes, con una tasa de crecimiento población del 1.42%. Con esta información y el nivel de complejidad se planteó 3 métodos de análisis. Se realizó un análisis con periodo de diseño a 20 años. Para todos los casos se empleó Excel como herramienta principal de procesamiento de datos. A continuación, el desglose de los métodos y la elección de este.

##### 2.4.4.1 Método aritmético

Es un modelo simple que sirve para estimar el crecimiento futuro de una población. Se asume que la población aumenta a una tasa constante cada año, es decir, la variación de la población permanece constante a lo largo del tiempo. Para el caso se dispone la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc} + k_a * (T_f - T_{uc}) \quad (2.1)$$

$$k_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \quad (2.2)$$

Donde:

$k_a$  = Pendiente de la recta

$P_{uc}$  = Población del último censo

$T_{uc}$  = Año del último censo

$P_{ci}$  = Población del censo inicial

$T_{ci}$  = Año del censo inicial

Se proyectan al año actual 2024 los habitantes de la zona norte son 1446 y zona sur 1440 y aplicando al periodo de diseño de 20 años la población futura por método aritmético es de 1736 y 1728 habitantes, respectivamente.

#### 2.4.4.2 Método geométrico

Este método también es llamado de interés compuesto, consiste en proyectar la población teniendo en cuenta que el aumento poblacional es proporcional al tamaño de esta. Para el caso se dispone las siguientes expresiones:

$$P_f = P_{uc} * (1 - r)^{T_f - T_{uc}} \quad (2.3)$$

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\left( \frac{1}{T_{uc} - T_{ci}} \right)} - 1 \quad (2.4)$$

Aplicando el periodo de diseño de 20 años la población futura por método geométrico para zona norte es de 1829 y para zona sur 1821 habitantes, respectivamente.

#### 2.4.4.3 Método exponencial

Para el presente método se requiere de al menos 3 censos, tiene similitud al método geométrico. Para el caso se dispone las siguientes expresiones:

$$P_f = P_{ci} * e^{k_g(T_f - T_{ci})} \quad (2.5)$$

$$k_g = \frac{\ln(P_{cp}) - \ln(P_{ca})}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (2.6)$$

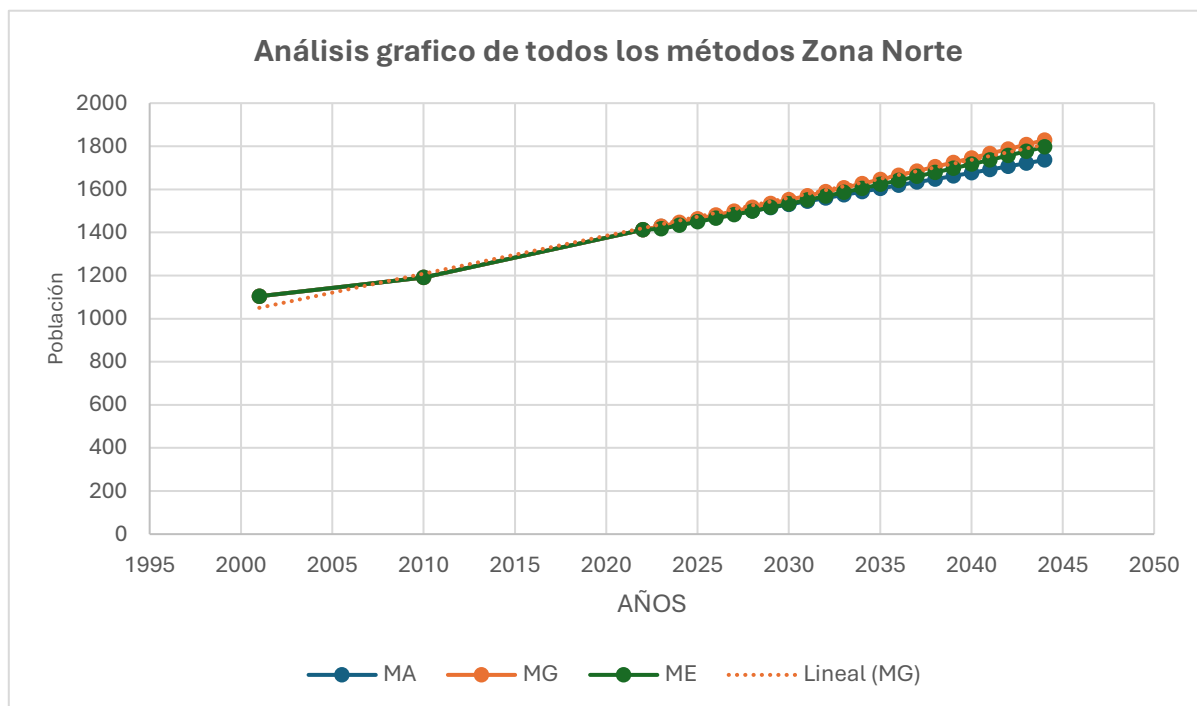
Aplicando al periodo de diseño de 20 años la población futura por método exponencial para zona norte 1797 y para zona sur 1789 habitantes, respectivamente.

### 2.4.5 Análisis grafico de los métodos y elección de población futura

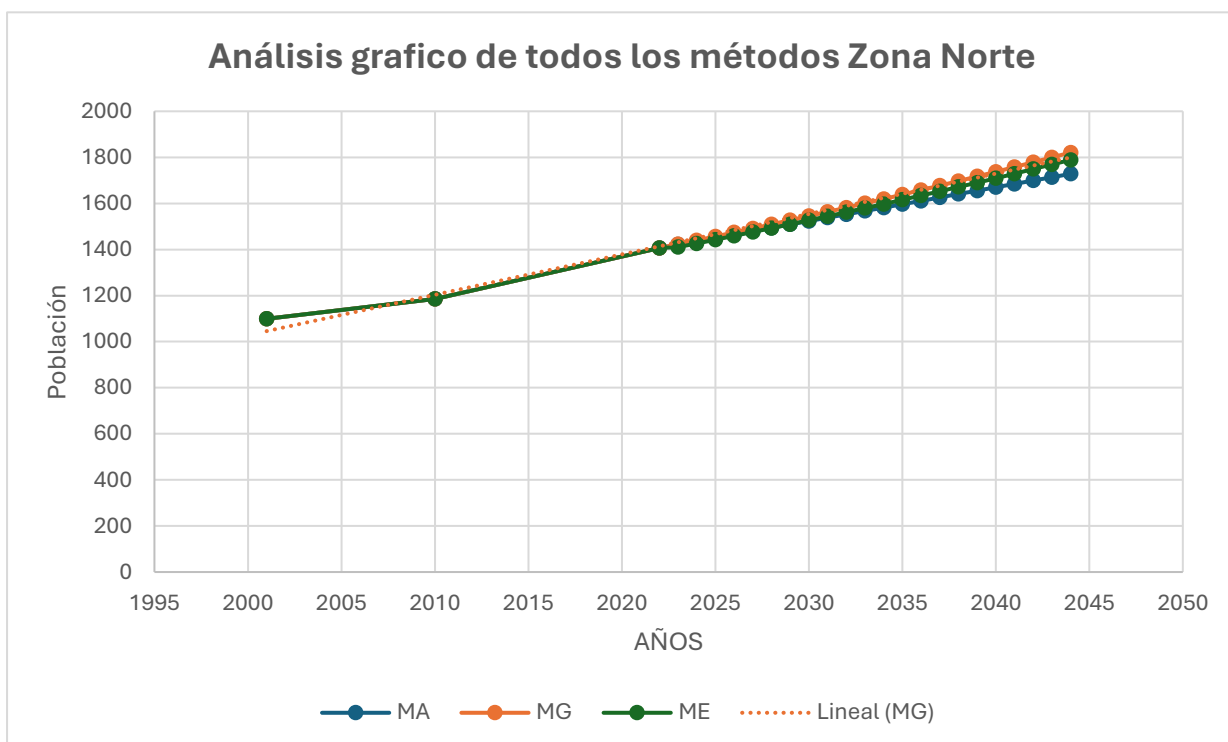
Se planteo un análisis grafico de todos los métodos realizados, donde el mejor ajuste poblacional es el método geométrico, ya que posee con el mayor número de habitantes proyectados. Además, la normativa INEN 9-1 (1992), recomienda el método geométrico, por lo cual el método elegido.

**Figura 3**

*Análisis grafico de los métodos zona norte.*

**Figura 4**

*Análisis grafico de los métodos zona sur.*



### 2.4.6 Ubicación estratégica de PTAR

Para la selección de la ubicación de la PTAR se tomó en cuenta parámetros como: Disponibilidad de suelo, distancias mínimas en relación con otras infraestructuras y cercanía a fuentes hídricas. Para el caso la tabla 28 de la RAS (2017), menciona distancias a centros poblados y demás estructuras, por lo cual la distancia radial zonal elegida está en los 100 a 200m de implantación. A continuación, la visualización de las áreas elegidas:

#### Figura 5

*Ubicaciones de PTAR*





Se definió 2 ubicaciones para la implementación de PTAR, que recolecte aguas residuales de la zona norte y sur de la comunidad de San Cristóbal a una distancia representativa de 50 a 75m del cuerpo hídrico.

**Tabla 6**

*Puntos centrales de las ubicaciones de las PTAR.*

#	Norte	Este
PTAR 1	9687507.17	736375.92
PTAR 2	9688442.33	737345.54

Nota: fuente propia

## 2.4.7 Cálculo de caudales de diseño

### 2.4.7.1 Dotación

En la información proporcionada por el cliente, existe un dato del consumo de agua potable generado en 2020, las cuales se muestran a continuación:

**Tabla 7**

*Valores facturados de agua potable en 2020.*

AÑO 2020	# CONSUMIDORES	VOLUMEN FACTURADO M3	\$ EMITIDO AGUA
ENERO	495	3374	\$ 3,841.45
FEBRERO	495	4052	\$ 4,836.55
MARZO	496	4081	\$ 4,161.00
ABRIL	496	4204	\$ 4,309.80
MAYO	496	4190	\$ 4,546.90
JUNIO	497	3784	\$ 4,371.10
JULIO	497	2855	\$ 3,294.20
AGOSTO	497	5233	\$ 5,308.20
SEPTIEMBRE	498	3458	\$ 3,607.50
OCTUBRE	500	3347	\$ 3,540.50
NOVIEMBRE	499	4078	\$ 4,035.20
DICIEMBRE	501	3591	\$ 3,902.40

Nota: Otorgado por el GAD de Paute

Calculando la dotación en función al volumen facturado y población se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 8**

*Cálculo de dotación en base al volumen facturado total.*

<b>Cálculos dotación en función del volumen facturado</b>		
Promedio	3854	m <sup>3</sup> al mes
Promedio al día	128	m <sup>3</sup> al día
Consumo [L]	128464	L al día
Dotación	50	L/Hab día

Nota: fuente propia

En el estudio socio económico del sistema de agua residual proporcionado por el cliente, menciona que, un porcentaje significativo de la población no consume el agua potable de la red de distribución. Esto por la mala calidad, a tal punto de que no la emplean ni para cocinar ni aseo personal, por ello han optado alternativas que satisfagan esta necesidad que son la compra de agua por tanqueros y botellones de agua. Además de ocasionar enfermedades cutáneas, alérgicas y gastrointestinales. Entonces, por estas incongruencias en el agua potable se ha tomado la decisión de optar por la dotación recomendada por la normativa INEN 9-1 (1992), la cual se muestra a continuación:

**Tabla 9**

*Dotaciones recomendadas.*

<b>Población (habitantes)</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación media futura (L/Hab/día)</b>
Hasta 5000	Frio	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frio	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Mas de 50000	Frio	>200
	Templado	>220

---

Cálido >230

---

Nota: Tomado de la INEN 9-1 (1992)

La INEN 9-1 (1992), menciona que para poblaciones menores 5000 habitantes se debe optar por la dotación mínima establecida en la tabla 9. San Cristóbal posee un clima que ronda de los 12 a los 20 o 24 grados Celsius, por lo cual adopta como de clima templado con datación de 130 L/Hab/día.

#### 2.4.7.2 Caudal domestico ( $Q_d$ )

Según la RAS (2017) en su resolución 0330, menciona que para el cálculo de del caudal domestico se requiere de la dotación neta del agua potable proyectada al periodo de diseño establecido ( $D_{neta}$ ), población proyectada ( $P$ ) y coeficiente de retorno ( $C_r$ ), la siguiente ecuación integra lo mencionado:

$$Q_d = \frac{C_r * P * D_{neta}}{86400} \quad (2.7)$$

Para la elección del coeficiente de retorno se tomó en cuenta la normativa de la EMAAP (2009), donde a partir del sistema de complejidad se puede adoptar en los rangos establecidos; para el caso de estudio se definió 0.8 a un nivel de complejidad bajo anteriormente establecido.

#### 2.4.7.3 Área de aporte

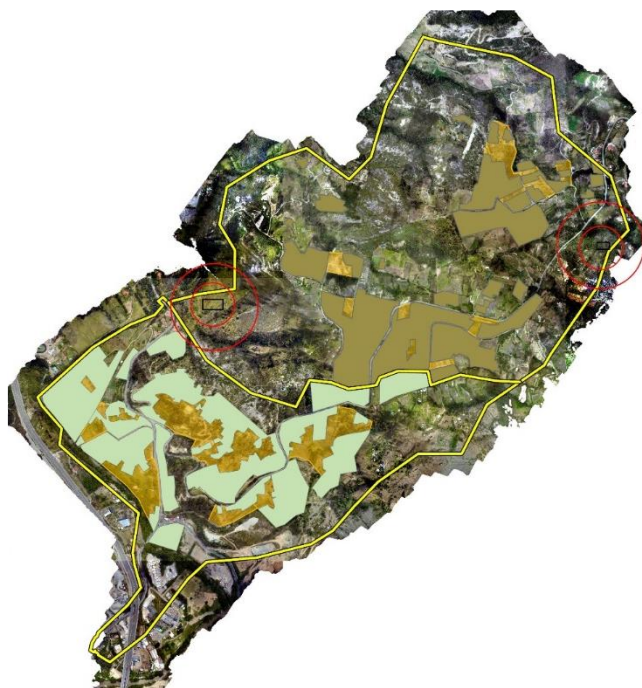
El área de aporte o también llamado área tributaria consiste en zonificar el sector de estudio en base a la topografía. Además del empleo del suelo, tales como de uso doméstico, industrial, instruccional y público, incluyendo zonas de desarrollo a futuro (INEN 9-1, 1992).

Para el caso de estudio se dividido el área de aporte en partes similares, se lo puede visualizar en la figura 6. Esto, definido como área de aporte norte y sur. Asimismo, para la

infiltración se considera un 30% del área de aporte total. A continuación, se presenta la tabla 10 con las áreas de aporte respectivas:

### Figura 6

*División de áreas de aporte*



**Tabla 10**

*Áreas de aporte en hectáreas*

<b>AREAS DE APORTE (HA)</b>		
<b>NORTE</b>	46.2	Ha
<b>SUR</b>	46	Ha
<b>Total</b>	92.2	Ha

Nota: fuente propia

#### 2.4.7.4 Caudal comercial ( $Q_c$ )

Representa las actividades comerciales del sector de estudio. Según la EMAAP (2009) y estudio socioeconómico, la combinación de residencia y comercio presente en la comunidad permite ponderar, en base al área aportación comercial, la contribución comercial, mostrada en la siguiente tabla:

**Tabla 11***Contribución comercial.*

<b>CONTRIBUCIÓN COMERCIAL</b>	
<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Contribución comercial (l/s-ha-com)</b>
<b>Cualquiera</b>	<b>0.4 - 0.5</b>

Nota: Obtenido de la EMAAP (2009)

Para el caso de estudio esta contribución es despreciable, ya que la infraestructura para este apartado es mínima.

#### 2.4.7.5 Caudal institucional ( $Q_I$ )

Es parámetro depende de las diferentes instituciones que puede tener una comunidad o urbe entre ellas se tiene a escuelas, colegios, centros de educación superior, clínicas y hospitales, lugares de hospedaje, etc. Los valores el aporte de agua residual institucional puede estimarse a partir del área y contribución mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 12***Contribución institucional*

<b>CONTRIBUCIÓN INSTITUCIONAL MÍNIMA EN ZONAS RESIDENCIALES</b>	
<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Contribución comercial (l/s-ha-inst.)</b>
<b>Cualquiera</b>	<b>0.4 - 0.5</b>

Nota: Obtenido de la EMAAP (2009)

Asimismo, con la contribución comercial, esta contribución es despreciable, ya que la infraestructura de aporte es mínima.

#### 2.4.7.6 Caudal de infiltración ( $Q_{infiltración}$ )

Según la EMAAP (2009), menciona que la infiltración de aguas subsuperficiales a las redes del sistema de alcantarillado es inevitable. A partir de fallos e instalaciones deficientes de las tuberías, pozos de inspección y resto de estructuras asociadas a la parte del alcantarillado público. Asimismo, no solo las cuestiones erráticas del sistema de alcantarillado afectan en la infiltración, también la amenaza sísmica, que puede ocasionar daños significativos en las tuberías. En ausencia de medidas para la determinación del caudal por infiltración se plantean rangos predispuesto en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

*Contribución de infiltración.*

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Infiltración alta (l/s-ha)</b>	<b>Infiltración media (l/s-ha)</b>	<b>Infiltración baja (l/s-ha)</b>
Bajo y medio	0.1 - 0.3	0.1 - 0.3	0.05 - 0.2
Medio alto y alto	0.15 - 0.4	0.1 - 0.3	0.05 - 0.2

Nota: Obtenido de la EMAAP (2009)

Se definió una infiltración baja con un valor de 0.1, ya que al ser una zona gran altitud la infiltración es menor. Esto fundamentado que en zonas más empinadas la amenaza son los estancamientos de agua por fuertes precipitaciones o desbordes de ríos.

#### 2.4.7.7 Caudal medio diario ( $Q_{med,d}$ )

El caudal medio diario es la suma de todas las contribuciones de agua residual, tanto domésticas, institucionales, industriales y comerciales, en sector de estudio. Se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q_{med,d} = Q_d + Q_I + Q_c \quad (2.8)$$

#### 2.4.7.8 Caudal mínimo

Es el caudal domestico multiplicado por un coeficiente de minoración, esto con la finalidad de preservar la estructura y tren de tratamiento. A continuación, se muestra el rango para dicho coeficiente planteado por la EMAAP:

**Tabla 14**

*Coeficientes de minoración*

<b>Coeficiente de minoración</b>	
<b>0.6&lt;B1&lt;0.8</b>	0.30<B<0.56
<b>0.5&lt;B2&lt;0.7</b>	

Nota: Obtenido de la EMAAP (2009)

Para el caso de estudio se adoptó 0.50 como coeficiente de minoración para el caudal mínimo. Este se multiplica con el caudal medio de diseño y se obtiene dicho canal.

#### 2.4.7.9 Caudal máximo diario

Implica el mayor aporte o consumo en un día y se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{MaxDiario} = Q_{med,d} * K_{MaxDiario} \quad (2.9)$$

Donde el coeficiente de mayoración  $K_{MaxDiario}$  se estableció en base a la normativa de la INEN 9-1 (1992) de 1.5.

#### 2.4.7.10 Caudal máximo horario

Implica el mayor aporte o consumo en una hora y se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{MaxHorario} = Q_{med,d} * K_{MaxHorario} \quad (2.10)$$

Según Romero (2008), para el coeficiente de mayoración horaria se planteó el uso de la ecuación de Harmon. Esta es aplicable en poblaciones de entre 1000 y 10000 habitantes.

Emplea a la población en miles ( $P$ ) y su expresión es la siguiente:

$$K = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (2.11)$$

#### **2.4.7.11 Caudal de diseño**

El caudal de diseño se representa como la suma del caudal medio máximo horario y el caudal de infiltración. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$Q_{dis} = Q_{MaxHorario} + Q_{Infiltración} \quad (2.12)$$

### **2.5 Análisis de alternativas**

Para esta sección se tiene en cuenta la sostenibilidad del sistema de depuración de agua residual, por lo cual las alternativas deben tener tendencias de aceptación social, bajo costo, adecuadas a la localidad, ambientalmente amigables e implementación. Con una implicación del 70% para la parte sostenible y 30% para aspectos técnicos. La ventaja de estos sistemas es la no recirculación de agua y lodos dentro del tren, como en sistemas aplicados en grandes urbes.

#### **2.5.1 Propuestas de sistemas depuradores sostenibles**

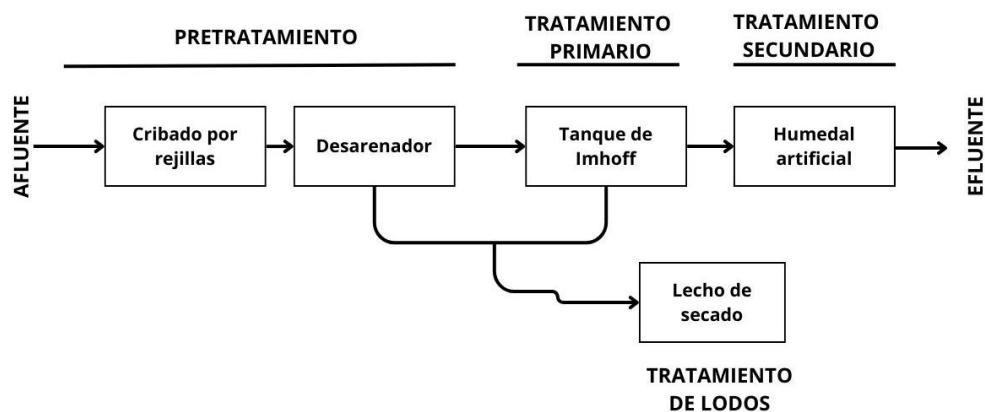
##### **2.5.1.1 Alternativa 1: Diseño de humedal artificial**

Los humedales artificiales son una alternativa que busca replicar las funciones de tratamiento natural que ocurren en los humedales naturales. Esta, posee diversas ventajas ambientales ya que se implementa el uso de plantas que reducen la contaminación presente de las aguas residuales. Existen dos tipos de humedales artificiales convencionales que son: humedales superficiales y subsuperficiales. Para el caso se evaluará un humedal subsuperficial de flujo horizontal.



**Figura 7**

*Tren típico para sistema de humedales*



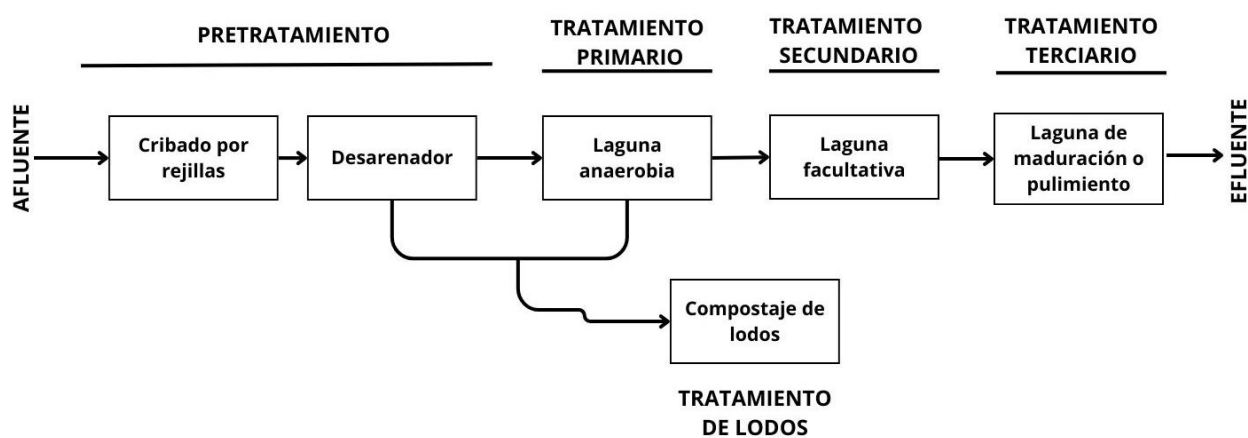
Nota: Inspirado de la guía práctica para la depuración de aguas residuales de Huertas & Marcos (2013)

### 2.5.1.2 Alternativa 2: Diseño de lagunas facultativas

Las lagunas de maduración constan de varias etapas interconectadas, son estanques artificiales que emplea al entorno biológico como forma de depuración. Realiza diversas reacciones químicas y biológicas debido a la interacción de la luz solar.

**Figura 8**

*Tren típico para sistema de lagunaje*



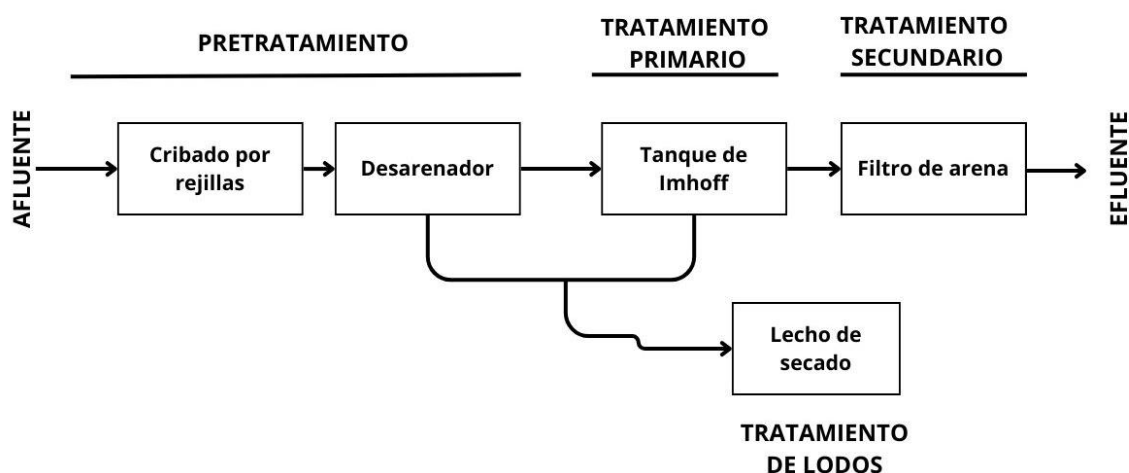
Nota: Inspirado de la guía práctica para la depuración de aguas residuales de Huertas & Marcos (2013)

### 2.5.1.3 Alternativa 3: Diseño de filtro de arena

Es un filtro que requiere poca profundidad, donde el agua previamente tratada circula de manera vertical e intermitente. En este se desarrolla una biopelícula bacteriana que funge como medio reductor de contaminantes.

#### Figura 9

Tren típico para sistema de filtro de arena



Nota: Inspirado de la guía práctica para la depuración de aguas residuales de Huertas & Marcos (2013)

### 2.5.2 Criterios de valoración

**Impacto social:** Se basa en la aceptación de la comunidad hacia la alternativa.

Asimismo, de la opinión de otros estudios sobre el apartado social. Aquí intervienen factores como los vectores, olores y ruido generado por las alternativas.

**Impacto económico:** Es este apartado se refiere a la inversión de cada alternativa. Se requiere de un sistema asequible o de bajo costo para su ejecución. A continuación, se presenta los costos en bruto de la implantación de cada alternativa.

**Tabla 15***Revisión de costos brutos preliminares grosso modo*

<b>Alternativas</b>	<b>Coste bruto de implantación</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Observación</b>
Sistema humedal Superficial	\$273,240.24	52%	Es la alternativa más económica
Sistema lagunar	\$573,028.99	-	Es la alternativa más costosa
Biofiltro de arena	\$432,998.25	24%	Es la alternativa de costo intermedio

Los precios mencionados están definidos grosso modo, con la finalidad de obtener una mejor selección de alternativas.

**Impacto ambiental:** Todo proyecto genera huella de carbono e impactos dañinos a medio ambiente. Por ello se debe buscar opciones más eco amigables.

**Capacidad de remoción de contaminantes:** Este apartado es crucial ya que mientras más eficiente sea un sistema menos contaminación se verterá a las fuentes hídricas.

**Tiempo de retención:** Es el tiempo que debe permanecer el agua residual en la alternativa para que los contaminantes se reduzcan.

**Tabla 16***Tiempo de retención grosso modo por sistema*

<b>Tiempo de retención de cada alternativa</b>	<b>TRH</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>SUR</b>	<b>Unidad</b>
Sistema humedal	4.03	4.03	Días
Sistema lagunar	18.75	18.75	Días
Sistema de filtro de arena	5.77	5.77	Días

### 2.5.3 Escala de criterios

Se definió una escala del 1 al 5 para relacionar los criterios de evaluación en referente a las alternativas planteadas de proyecto, teniendo en consideración aspectos técnicos y

sostenibles. Asimismo, se definió una tabla de ponderación para cada alternativa en base a porcentajes.

**Tabla 17**

*Escala de criterios*

<b>Criterio</b>	<b>Observaciones</b>
Impacto social	1: Muy baja aceptación por la sociedad 2: Baja aceptación por la sociedad 3: Moderada aceptación por la sociedad 4: Alta aceptación por la sociedad 5: Muy alta aceptación por la sociedad
Impacto económico	1: Muy poco económico 2: Poco económico 3: Medianamente económico 4: económico 5: Muy económico
Impacto ambiental	1: Muy alto impacto ambiental 2: Alto impacto ambiental 3: Moderado impacto ambiental 4: Bajo impacto ambiental 5: Muy bajo impacto
Capacidad de remoción de contaminantes	1: Muy baja remoción 2: Baja remoción 3: Moderada remoción 4: Alta remoción 5: Muy alta remoción
Tiempo de retención	1: Muy alto tiempo de retención 2: Alto tiempo de retención 3: Medio tiempo de retención 4: Bajo tiempo de retención 5: Muy bajo tiempo de retención

**Tabla 18**

*Ponderación de criterios*

<b>#</b>	<b>Criterio</b>	<b>Ponderacion</b>
	Impacto social	10%
<b>C. Sostenibles 70%</b>	Impacto económico	35%
	Impacto ambiental	25%
	Capacidad de remoción de contaminantes	15%
<b>C. Tecnico 30%</b>	Tiempo de retención	15%
	Total	100%

## 2.5.4 Desglose de criterios en relación con la alternativa

### 2.5.4.1 *Alternativa 1: Diseño de humedal artificial*

**Impacto social:** En un sistema que no produce olores ni ruido. Por ello, tiene una muy alta aceptación. Se puntúa con 5.

**Impacto económico:** Es muy económico en relación con las otras alternativas (Tabla 15). Se puntúa con 5.

**Impacto ambiental:** Moderado impacto ambiental, ya que requiere de al menos un movimiento de tierra. Se puntúa con 3.

**Capacidad de remoción de contaminantes:** Alta capacidad de remoción, sin requerir tratamiento avanzado. Se puntúa con 4.

**Tiempo de retención:** Muy bajo tiempo de retención en relación con las otras alternativas (Tabla 16). Se puntúa con 5.

### 2.5.4.2 *Alternativa 2: Diseño de lagunas de maduración*

**Impacto social:** En un sistema que puede producir malos olores y vectores si no realiza un mantenimiento adecuado. Por ello, tiene una baja aceptación. Se puntúa con 2.

**Impacto económico:** Es poco económico, ya que se requiere de al menos 3 excavaciones para cada laguna. Además, de todas las alternativas es la que tiene el mayor coste bruto (Tabla 15). Se puntúa con 2.

**Impacto ambiental:** Alto impacto ambiental, ya que requiere del uso prolongado de maquinaria para excavación. Se puntúa con 2.

**Capacidad de remoción de contaminantes:** Muy alta capacidad de remoción es uno de los sistemas con la mejor tratabilidad de aguas residuales. Se puntúa con 5.

**Tiempo de retención:** Muy alto tiempo de retención en relación con las otras alternativas (Tabla 16). Se puntúa con 1.

### 2.5.4.3 Alternativa 3: Diseños de filtro de arena

**Impacto social:** En un sistema que puede producir vectores si no realiza adecuando mantenimiento. Por ello, tiene una moderada aceptación. Se puntúa con 3.

**Impacto económico:** Es medianamente económico en relación con las otras alternativas (Tabla 15). Se puntúa con 3.

**Impacto ambiental:** Moderado impacto ambiental, ya que requiere de al menos un movimiento de tierra. Se puntúa con 3.

**Capacidad de remoción de contaminantes:** Alta capacidad de remoción, sin requerir tratamiento avanzado. Se puntúa con 4.

**Tiempo de retención:** Medio tiempo de retención en relación con las otras alternativas (Tabla 16). Se puntúa con 3.

### 2.5.5 Selección de alternativa a los criterios

Se realizó la evaluación de los criterios para la elección de la mejor alternativa, la cual se puede apreciar la tabla 19.

**Tabla 19**

*Selección de alternativa*

Criterios	Puntuación de alternativas			Porcentaje de alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Impacto social	5	2	3	10%	4%	6%
Impacto económico	5	2	3	35%	14%	21%
Impacto ambiental	3	2	3	15%	10%	15%
Capacidad de remoción de contaminantes	4	5	4	12%	15%	12%
Tiempo de retención	5	1	3	15%	3%	9%
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>87%</b>	<b>46%</b>	<b>63%</b>

La mejor alternativa para el desarrollo del proyecto corresponde a la alternativa 1, diseño de humedal artificial, cuyo porcentaje de ponderación es de 87%. La evaluación se dio en base a revisión bibliográfica y análisis preliminar. Además, se implantará un tren típico de tratamiento para dicha alternativa.

# Capítulo 3



### 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

#### 3.1 Características adoptadas del agua residual

Al ser un proyecto sin antecedentes, es decir, partir desde cero, se requiere definir las posibles características o parámetros físicos, químicos y biológicos que podría llegar a disponer. Entonces, para el caso de estudio se define estos parámetros en base a la normativa de la TULSMA para límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Tabla 8) presentadas en tabla 20. Esto con la finalidad de afianzar la implantación del proyecto en la zona de estudio.

**Tabla 20**

*Características del agua residual*

<b>Parámetro</b>	<b>Concentración de Afluente</b>	<b>Unidad</b>
<b>Sólidos en suspensión (SST)</b>	220	mg/L
<b>Demanda química de oxígeno (DQO)</b>	500	mg/L
<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5 a 20C)</b>	250	mg/L
<b>Coliformes fecales totales</b>	1.00E+07	mg/L
<b>Nitrógeno total NTK</b>	60	mg/L
<b>Fosforo (P)</b>	15	mg/L

Nota: Obtenido de TULSMA (2015)

Los parámetros de la tabla 20 serán empleados para el diseño biológico del humedal artificial.

#### 3.2 Datos preliminares

En el capítulo 2 se desarrolló el cálculo de los parámetros preliminares para el caso de estudio, por ello de manera simplificada y para seguir un orden secuencial, se los presenta de manera reducida. En la siguiente tabla se encuentran dichos parámetros.

**Tabla 21***Datos preliminares*

<b>PTAR NORTE</b>		
Población actual	1446	Hab
Población futura	1829	Hab
Caudal medio diario	2.92	L/s
Caudal mínimo	1.46	L/s
Caudal Máximo diario	4.38	L/s
Caudal máximo horario + infiltración (Qdieño)	12.61	L/s
<b>PTAR SUR</b>		
Población actual	1440	Hab
Población futura	1821	Hab
Caudal medio diario	2.91	L/s
Caudal mínimo	1.45	L/s
Caudal Máximo diario	4.36	L/s
Caudal máximo horario + infiltración (Qdieño)	12.56	L/s

Nota: Fuente propia.

El desarrollo del tren de tratamiento toma como parámetro primordial el caudal de diseño que corresponde al caudal máximo horario más la infiltración y las características del agua residual.

### **3.3 Tratamiento preliminar**

#### **3.3.1 Canal de entrada**

El canal de acceso o entrada es la estructura en la que desemboca la tubería del colector de conducción en la planta. Se propone construir un canal de entrada a cielo abierto de sección rectangular, cuyo ancho asumido es de 0.30m y una pendiente de 0.5%. Además, se asume una tubería de PVC de 8 pulgadas, es decir, de 200mm de diámetro con un coeficiente de Manning de 0.013.

**Tabla 22***Parámetros de diseño canal de entrada*

<b>Parámetros de diseño canal de entrada</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Diámetro asumido</b>	cm	200	D	-
<b>Altura de canal</b>	L/s	12.61	Q	-
<b>Coef. Manning</b>	-	0.013	n	(Lopez, 2000)
<b>Pendiente</b>	%	0.005	S	-
<b>Ancho asumido</b>	cm	30	b	-

Nota: Fuente propia.

La longitud del canal depende de la velocidad y tiempo hidráulico de paso que esta alrededor de 5 a 15 segundos, debe ser lo suficientemente largo para contener los despojos que se acumule en las rejillas. Para el diseño del canal se plantea la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V: velocidad de flujo (m/s)

n: coeficiente de rugosidad de Manning

R: radio hidráulico (m)

S: 0.005, pendiente de la línea de energía

Inicialmente se calcula los parámetros geométricos de la tubería de entrada, derivados de la forma de la tubería y ecuación de Manning, que corresponde al área de la tubería (3.1), radio hidráulico (3.2) y velocidad (3.3).

$$At = \frac{\pi * Dt^2}{4} \quad (3.1)$$

Donde:

At: Área de tubería (m)

D: Diámetro de tubería (m)

$$R = \frac{A}{\pi * D} \quad (3.2)$$

$$Vt = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

Empleado la relación de caudal con la velocidad y el área del canal se emplea lo siguiente:

$$Q = A * Vt \rightarrow A = \frac{Q}{Vt} \quad (3.4)$$

Donde:

Ac: Área del canal (m2)

Vt: velocidad del canal (m/s)

Q: Caudal de diseño (m3/s)

Altura de lámina de agua (Hc)

$$Hc = \frac{A}{b} \quad (3.5)$$

Donde:

Ac: Área del canal (m2)

b: Ancho asumido (m)

Borde libre (BL)

Representa una distancia de control o seguridad en el caso de un rebose del agua residual. Usualmente se representa como la tercera parte de la altura del canal.

$$BL = \frac{Hc}{3} \quad (3.6)$$

Altura total del canal (Ht)

$$Ht = Hc + BL \quad (3.7)$$

Donde:

Hc: Altura de lámina de agua (m)

BL: Borde Libre (m)

Como condición se planteó que si la altura total es menor a 0.25m se adopta esta.

Verificación de la velocidad del canal con lo obtenido se vuelve a emplear la ecuación de Manning con la finalidad de verificar el cumplimiento de las velocidades mínimas y máximas. Según Lozano Rivas (2012), estas deben estar dentro de 0.6 - 1m/s.

Perímetro mojado (P)

$$P = 2 * Hc + b \quad (3.8)$$

Donde:

Hc: Ancho de canal (m)

b: Ancho asumido (m)

Radio hidráulico de canal (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.9)$$

Donde:

A: Área del canal (m)

P: Perímetro mojado (m)

Velocidad de canal (V)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3.10)$$

Donde:

V: velocidad de flujo (m/s)

n: coeficiente de rugosidad de Manning

R: radio hidráulico de canal (m)

S: 0.005, pendiente de la línea de energía

Longitud de canal (L)

$$L = TRc * V \quad (3.11)$$

Donde:

TRc: Tiempo de paso (seg)

V: Velocidad de canal (m/s)

Una vez calculado la longitud se adopta su entero mayor con fines constructivos.

**Tabla 23**

*Diseño de canal de entrada PTAR norte y sur*

<b>Diseño de canal de entrada PTAR norte y sur</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Área de tubería</b>	m <sup>2</sup>	0.031	At	Ecuación (3.1)
<b>Radio Hidráulico de tubería</b>	m	0.050	Rt	Ecuación (3.2)
<b>Velocidad de tubería</b>	m/s	0.74	Vt	Ecuación (3.3)
<b>Área de canal</b>	m <sup>2</sup>	0.017	A	Ecuación (3.4)
<b>Altura de canal</b>	m	0.060	Hc	Ecuación (3.5)
<b>Borde libre</b>	m	0.020	BL	Ecuación (3.6)
<b>Altura de canal</b>	m	0.080	Ht	Ecuación (3.7)
<b>Altura adoptada</b>	m	0.25	Htf	-
<b>Perímetro mojado</b>	m	0.42	P	Ecuación (3.8)
<b>Radio hidráulico de canal</b>	m	0.040	R	Ecuación (3.9)
<b>Velocidad de canal</b>	m/s	0.64	V	Ecuación (3.10)
<b>Tiempo de paso (5-15 seg)</b>	seg	5	t	-
<b>Longitud de canal</b>	m	3.18	L	Ecuación (3.11)
<b>Longitud de canal adoptada</b>	m	4	L	-

Nota: Fuente propia.

Ambas plantas disponen de una distribución cercana al 50%, por ello el dimensionamiento de las etapas serán las mismas para ellas.

### 3.3.2 Cribado

La primera fase del tren preliminar de tratamiento de aguas residuales corresponde al cribado por rejillas de limpieza manual. La mala practicas sanitarias realizadas por los usuarios en el entorno doméstico y publico pueden afectar u obstruir las fases del tren de tratamiento. Por ello, se requiere retener o bloquear los sólidos bituminosos en las rejillas para evitar los estancamientos de estos hacia los efluentes del tren de tratamiento. Al mismo tiempo estos residuos pueden ser desalojados a un relleno sanitario.

**Tabla 24**

*Características típicas para el diseño de rejillas de limpieza manual*

<b>Característica</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>
<b>Ancho de barra</b>	b	5-15	mm
<b>Profundidad</b>	t	25-37.5	mm
<b>Separación entre barras</b>	s	25-50	mm
<b>Pendiente con relación a la vertical</b>	z	25-50	°
<b>Velocidad de aproximación máxima</b>	V <sub>max</sub>	0.6-1.20	m/s
<b>Velocidad de aproximación mínima</b>	V <sub>min</sub>	0.30-0.60	m/s
<b>Perdida de carga admisible</b>	H	150	mm

Nota: Obtenido del libro de Metcalf & Eddy (1998)

**Tabla 25**

*Factores de forma para barras*

<b>Forma</b>	<b>Factor de forma (<math>\beta</math>)</b>
<b>Barras rectangulares</b>	2.42
<b>Barras circulares</b>	1.79
<b>Barras de diseño especial</b>	0.84

Nota: Obtenido del libro de Metcalf & Eddy (1998) y Romero (2008)

Se plantea un cribado por rejillas gruesas y finas de barras circulares lisas con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal. En la tabla 27 y 28 se puede apreciar los parámetros de diseño a emplear para las rejillas gruesas y finas. Según Lozano Rivas (2012), menciona que para barras gruesas se suele emplear anchos de 1.3 a 2.5 cm y para barras finas de 0.6 a 1.3 cm, con separación entre barrotes para un cribado medio de 1.5 a 5 cm de separación y para separación para un cribado fino de 0.5 a 1.5 cm, en la tablas de parámetros se puede observar lo seleccionado para el cálculo correspondiente.

**Tabla 26**

*Parámetros de diseño rejilla gruesa*

<b>Parámetros de diseño rejilla gruesa</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Ancho de canal</b>	cm	30	b	-
<b>Separación entre barras</b>	mm	30	S	Tabla 25
<b>Ancho de barras</b>	mm	15	a	Tabla 25
<b>Angulo de inclinación</b>	°	45	$\alpha$	Tabla 25

Nota: Fuente propia.

**Tabla 27**

*Parámetros de diseño rejilla fina*

<b>Parámetros de diseño rejilla fina</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Ancho de canal</b>	cm	30	b	-
<b>Separación entre barras</b>	mm	15	S	Tabla 25
<b>Ancho de barras</b>	mm	10	a	Tabla 25
<b>Angulo de inclinación</b>	°	45	$\alpha$	Tabla 25

Nota: Fuente propia.

El proceso de esta etapa está inspirado en el manual de la CONAGUA (2019).

Suma de separación entre barras (bg)

$$bg = \left( \frac{b - S}{a + S} \right) * S + S \quad (3.12)$$



Área libre de sección, (Al)

$$Al = bg * Hc \quad (3.13)$$

Donde:

Hc: altura de lámina de agua (m)

Velocidad a través de la rejilla de gruesos y finos (V)

$$V = \frac{Q}{Al} \quad (3.14)$$

Numero de barras y espaciamentos

$$\#n = \frac{bg}{S} - 1 \quad (\text{Numero de barras}) \quad (3.15)$$

$$\#b = \frac{bg}{S} \quad (\text{Numero de espaciamentos}) \quad (3.16)$$

Perdida de carga en rejilla de gruesos y finos (hv)

$$hv = 1.79 * \left(\frac{a}{S}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{V^2}{2 * g} * Sen\alpha \quad (3.17)$$

Donde:

V: Velocidad del canal (m/s)

g: Gravedad 9.81 m/s<sup>2</sup>

Longitud de rejilla (Lr)

$$Lr = \frac{Htf}{Sen(\alpha)} \quad (3.18)$$

Donde:

Htf: Altura de canal adoptada

Tabla 28

*Diseño rejilla gruesa*

<b>Diseño rejilla gruesa</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Suma de separación entre barras</b>	cm	21	bg	Ecuación (3.12)
<b>Área Libre</b>	m <sup>2</sup>	0.0126	Al	Ecuación (3.13)
<b>Velocidad entre rejillas</b>	m/s	1.00	V	Ecuación (3.14)
<b>Numero de barras</b>	#	6	#n	Ecuación (3.15)
<b>Numero de espaciamentos</b>	#	7	#e	Ecuación (3.16)
<b>Verificación cumplimiento de ancho</b>	cm	9	30	Cumple el ancho asumido
	cm	21		
<b>Perdida de carga</b>	cm	2.59	hv	Ecuación (3.17) y CUMPLE <15cm
<b>Longitud de rejilla</b>	cm	35.36	Lr	Ecuación (3.18)

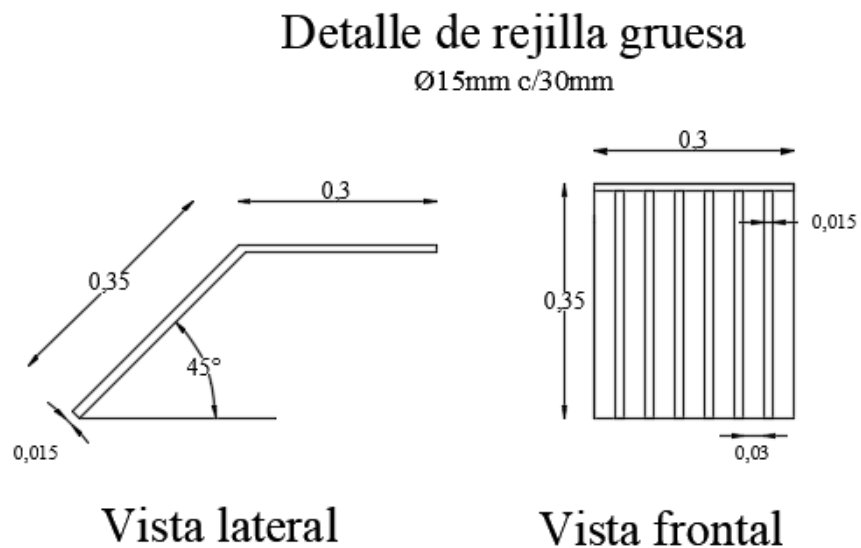
Nota: Fuente propia.

Tabla 29

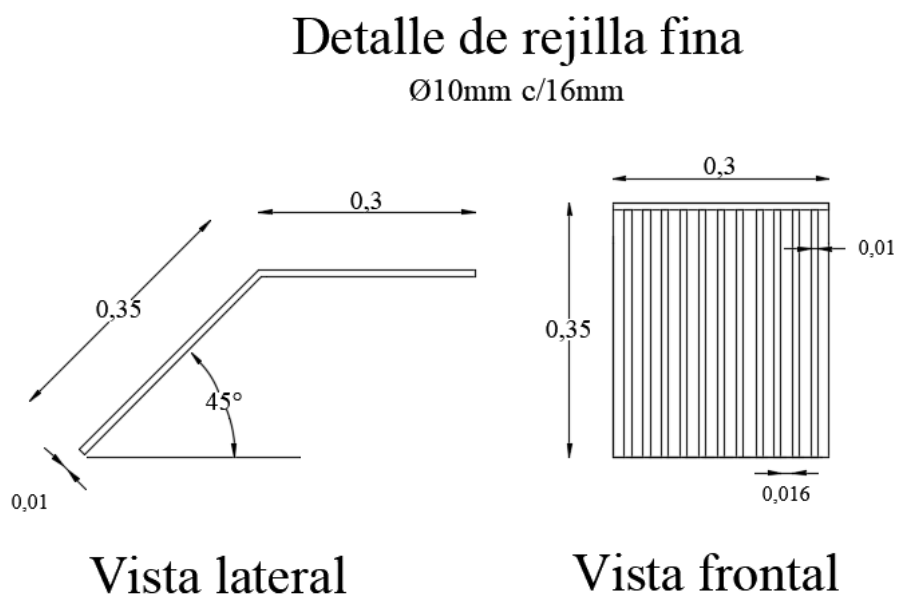
*Diseño rejilla fina*

<b>Diseño rejilla fina</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Suma de separación entre barras</b>	cm	19	bg	Ecuación (3.12)
<b>Área Libre</b>	m <sup>2</sup>	0.0112	Al	Ecuación (3.13)
<b>Velocidad entre rejillas</b>	m/s	1.13	V	Ecuación (3.14)
<b>Numero de barras</b>	#	11	#n	Ecuación (3.15)
<b>Numero de espaciamentos</b>	#	12	#e	
<b>Verificación cumplimiento de ancho</b>	Barras cm	11	30	Cumple el ancho asumido
	Espaciamentos cm	19		
<b>Perdida de carga</b>	cm	3.13	hv	Ecuación (3.16) y CUMPLE <15cm
<b>Longitud de rejilla</b>	cm	35.36	Lr	Ecuación (3.18)

Nota: Fuente propia.

**Figura 10***Esquema de rejas gruesas*

Nota: Fuente propia

**Figura 11***Esquema de rejas finas*

Nota: Fuente propia

### 3.3.3 Desarenador

Se proyectan una unidad de desarenado con dos canales en paralelo para el sistema de pretratamiento, con el objetivo de contar con uno en funcionamiento mientras en el otro se elaboran actividades de limpieza y mantenimiento. Asimismo, con un periodo de operación de 24 horas y una transición en la unión con el canal de entrada y rejillas definas. Esta transición debe poseer un ángulo no mayor a 12.5 grados, con la finalidad de disminuir la turbulencia (OPS/CEPIS/05.158, 2005).

**Tabla 30**

*Densidad y viscosidad del agua*

Densidad y viscosidad del agua		
Temperatura °C	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Viscosidad Cinemática x10 <sup>-2</sup> gr cm <sup>2</sup> /s
10	0.99973	1.3101
11	0.99963	1.274
12	0.99952	1.2396
13	0.9994	1.2068
14	0.99927	1.1756
15	0.99913	1.1457
16	0.99897	1.1168

Nota: Obtenido de Rivas (1987), pág. 221

**Tabla 31**

*Leyes aplicables*

Régimen	Ley aplicable	Ecuaciones
Turbulento	Newton	$V_s = \sqrt{2.66 * g * \left( \frac{\rho_{Arena} - \rho_{Agua}}{n} \right) * d}$
Transición	Allen	$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{Cd} * \left( \frac{\rho_{Arena} - \rho_{Agua}}{n} \right) * d}$
		$Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$

<b>Laminar</b>	Stokes	$V_s = \frac{g}{18} * \left( \frac{\rho_{Arena} - \rho_{Agua}}{n} \right) * d^2$
----------------	--------	--

Nota: obtenido de OPS/CEPIS/05.158 (2005)

**Tabla 32**

*Parámetros de diseño para desarenador*

Descripción	Parámetros de diseño			
	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
<b>Caudal de diseño</b>	L/s	12.61	Q	-
<b>Temperatura del medio</b>	C	15	Temp	-
<b>Densidad relativa de la arena</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.65	$\rho_{Arena}$	(OPS/CEPIS/05.163, 2005) y (Rivas, 1987),
<b>Densidad del agua</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.99913	$\rho_{Agua}$	Tabla 30
<b>Viscosidad cinemática del agua</b>	gr cm <sup>2</sup> /s	0.011	n	Tabla 30
<b>Diámetro de partícula</b>	cm	0.02	d	(Rivas, 1987)

Nota: Fuente propia

Como primera instancia se determina la velocidad de sedimentación a partir de la ley de Stokes para el cálculo de la velocidad de sedimentación, la cual se presenta a continuación:

$$V_s = \frac{g}{18} * \left( \frac{\rho_{Arena} - \rho_{Agua}}{n} \right) * d^2 \quad (3.18)$$

Donde:

$V_s$ : velocidad de sedimentación (cm/s)

$g$ : Gravedad (981cm/s)

$d$  : diámetro de la partícula (cm)

$n$  : viscosidad cinemática del agua (gr cm<sup>2</sup>/s), tabla 31

$\rho_{Arena}$ : densidad relativa de la arena (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{Agua}$ : densidad relativa del agua a 15 °C (g/cm<sup>3</sup>), tabla 31

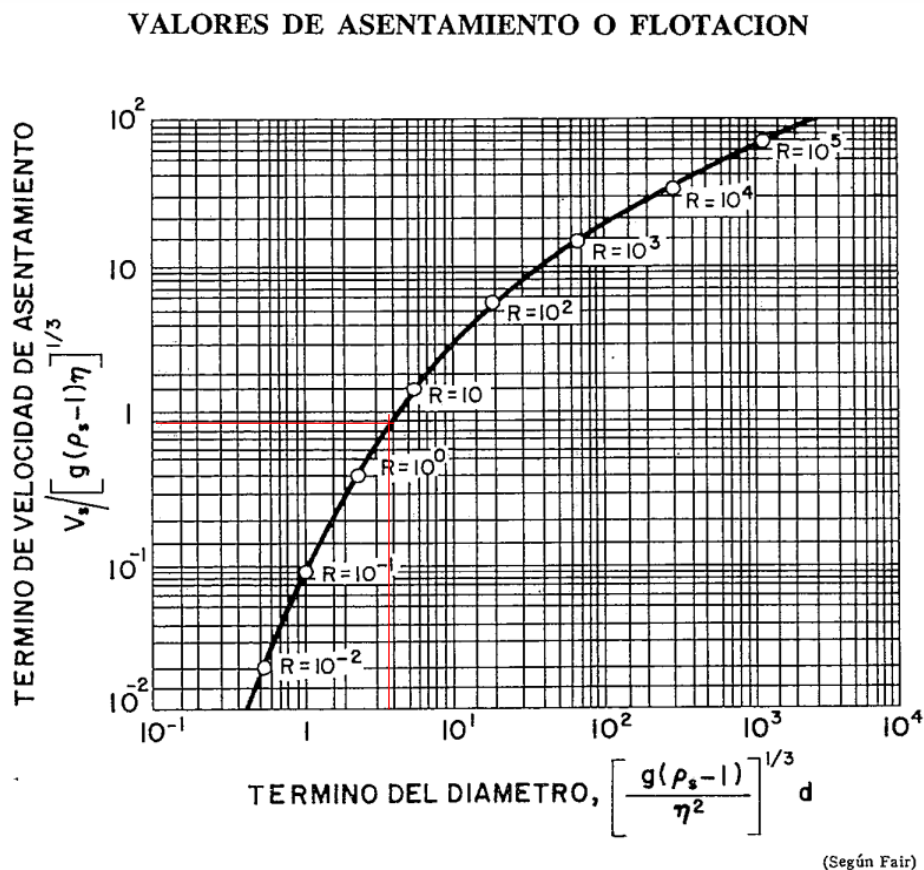
### Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{V_s * d}{n} \quad (3.19)$$

Esta variable del número de Reynolds en caso de que no cumpla la Ley de Stokes, es decir,  $Re < 0.5$  (Flujo laminar), se realiza un reajuste a la velocidad de sedimentación considerando la sedimentación de la partícula mediante la figura 12, que relaciona el término del diámetro y la velocidad de sedimentación (Rivas, 1987).

### **Figura 12**

*Grafica de valores de asentamiento o flotación*



Nota: Obtenido de Rivas (1987)

### Termino de diámetro (X)

$$\left[ \frac{g * (\rho_{Arena} - \rho_{Agua})}{n^2} \right]^{\frac{1}{3}} * d = X \quad (3.20)$$

Termino de velocidad de asentamiento (Y)

$$\frac{V_s}{[g * (\rho_{Arena} - \rho_{Agua}) * n]^{\frac{1}{3}}} * d = Y \quad (3.21)$$

Si no cumple la condición el nuevo número de Reynolds para régimen laminar se concluye que está en zona de transición de Allen (tabla 31), donde como paso siguiente se calcula el coeficiente de arrastre (Cd), expresada en la siguiente ecuación:

$$Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad (3.22)$$

Donde:

$Cd$  : Coeficiente de arrastre

$Re$  : Numero de Reynolds recalculado

Velocidad de arrastre según Allen:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{Cd} * \left( \frac{\rho_{Arena} - \rho_{Agua}}{n} \right) * d} \quad (3.23)$$

Donde:

$g$  : gravedad (cm/s<sup>2</sup>)

$d$  : diámetro de la partícula (cm)

**Tabla 33**

*Tabla de cálculos preliminares de desarenador.*

Velocidades y zonas				
Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
Velocidad de sedimentación Stokes	cm/s	3.14	Vs	Ecuación (3.18)

<b>Numero de Reynolds con Stokes</b>	-	5.48	$Re < 0.5$	Ecuación (3.19) No cumple, no se encuentra en régimen laminar
<b>Termino de diámetro</b>	-	4.62	X	Ecuación (3.20)
<b>Termino de velocidad de asentamiento</b>	-	0.80	Y	Figura 11
<b>V. sedimentación recalculada</b>	cm/s	2.12	Vs	Ecuación (3.21)
<b>Numero de Reynolds recalculado</b>		3.70	$Re < 0.5$	Ecuación (3.19) No cumple régimen laminar, entra a régimen transitorio
<b>Coefficiente de arrastre</b>	-	8.39	Cd	Ecuación (3.22)
<b>Velocidad sedimentación de Allen</b>	cm/s	2.27	Vs Allen	Ecuación (3.23)
<b>Numero de Reynolds con Allen</b>	-	3.96	$1 < Re < 2000$	Zona de transición

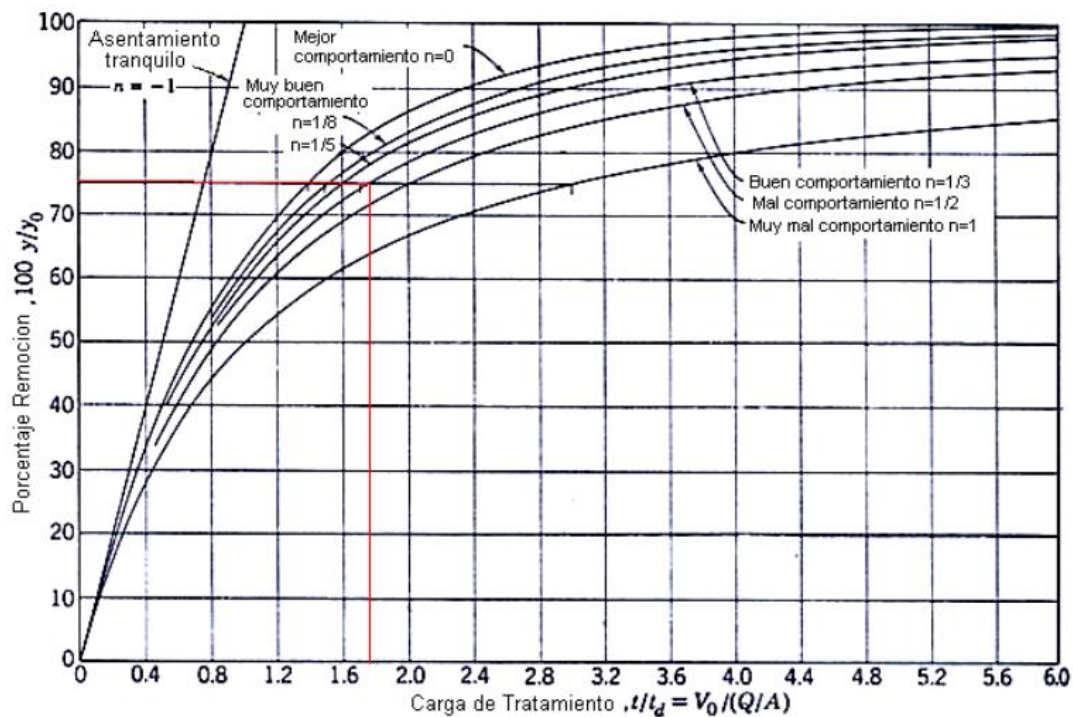
Nota: Fuente propia

Una vez calculado la parte preliminar del desarenador se procede a dimensionar los elementos internos, según la OPS (2005) menciona que la relación largo y ancho debe estar entre 10 a 20 y de profundidad al 1.5 veces el ancho. Al mismo tiempo de asume un porcentaje de remoción del 75% y mediante la gráfica 12, genera un coeficiente de seguridad de 1.75.



Figura 13

Curvas de comportamiento



Nota: Obtenido de Rivas (1987)

Área superficial del sedimentador ( $A_s$ )

$$A_s = \frac{Q_{maxH} * CoefSeg}{Vs\ Allen} \quad (3.24)$$

Donde;

 $Q_{maxH}$  : caudal máximo horario ( $cm^3/s$ ) $CoefSeg$  : coeficiente de seguridad $Vs\ Allen$  : velocidad de sedimentación ( $cm/s$ )Ancho de canal ( $b$ )

$$b = \frac{A_s}{15} \quad (3.25)$$

Tabla 34

Dimensionamiento del desarenador

Dimensionamiento del desarenador				
Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
Porcentaje de remoción asumido	-	0.75	%Y	Figura 12
Coefficiente de seguridad	-	1.75	CoefSeg	Figura 12
Caudal máximo horario	L/s	12.61	QmaxH	-
	cm3/s	12612.75		
Área superficial	cm2	9725.43	As	Ecuación (3.24)
	m2	0.97		
Largo	m	3.00	L	L/b=15 veces
Ancho de canal	m	0.30	b	-
Altura	m	0.50	h	h=1.5b

Nota: Fuente propia

Se calcula el área transversal en base a lo anterior:

$$At = b * h \quad (3.26)$$

Consiguientemente se calcula la velocidad horizontal del flujo de la siguiente manera:

$$Vh = \frac{QmaxH}{At} \quad (3.27)$$

Según la OPS (2005), establece un factor de forma para arena unigranulares no adheribles de 0.04 y la rugosidad del hormigón establecido es de 0.014 Finalmente se calcula la velocidad de resuspensión, en el cual la condición para evitar la resuspensión de los sólidos es que esta sea mayor a la velocidad horizontal. Esta velocidad se presenta en la siguiente ecuación:

$$Vd = \sqrt{\frac{8 * k}{n} * g * \left( \frac{\rho Arena - \rho Agua}{\rho Agua} \right) * d} \quad (3.28)$$

Donde:

$k$ : factor de forma, 0.04

$n$ : Rugosidad de Manning, 0.014

Tabla 35

*Velocidades y cumplimientos*

Descripción	Unidad	Valor	Velocidades y cumplimientos	
			Nomenclatura	Observación
<b>Factor de forma de arenas unigranulares no adheribles</b>	-	0.04	k	(OPS/CEPIS/05.158, 2005)
<b>Rugosidad de Manning de la cámara</b>	-	0.014	n	(OPS/CEPIS/05.158, 2005)
<b>Velocidad de desplazamiento</b>	cm/s	27.22	Vd	Ecuación (3.28)
<b>Área transversal</b>	cm <sup>2</sup>	1000	At	Ecuación (3.26)
<b>Velocidad horizontal</b>	cm/s	12.61	Vh	Ecuación (3.27)

**Donde  $V_d > V_h$ , No habrá resuspensión de partículas.**

Nota: Fuente propia

Tiempo de sedimentación (Ts)

$$Ts = \frac{b}{Vs \text{ Allen}} \quad (3.29)$$

Tiempo de desplazamiento (Ts)

$$Ts = \frac{L}{Vs \text{ Allen}} \quad (3.30)$$

Según la OPS (2005), menciona que se debe cumplir que el tiempo de desplazamiento sea mayor al tiempo de sedimentación con fines de no obstrucción del desarenador.

Tabla 36

*Tiempos de sedimentación y desplazamiento*

Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
<b>Tiempo de sedimentación</b>	s	11.02	Ts	Ecuación (3.29) y (3.30)
<b>Tiempo de desplazamiento</b>	s	13.78	Td	Td>Ts CUMPLE

Nota: Fuente propia

Para el apartado de la transición previa a los compartimentos del desarenador se plantea un ángulo de inclinación suave de 12.5 grados. Asimismo, la longitud de la transición se calcula de la siguiente ecuación:

$$L_t = \frac{B - b}{2 * \tan(\theta)} \quad (3.31)$$

Donde:

$B$  : ancho del desarenador (m)

$b$ : ancho del canal de entrada (m)

$\theta$ : ángulo de inclinación

**Tabla 37**

*Longitud de transición*

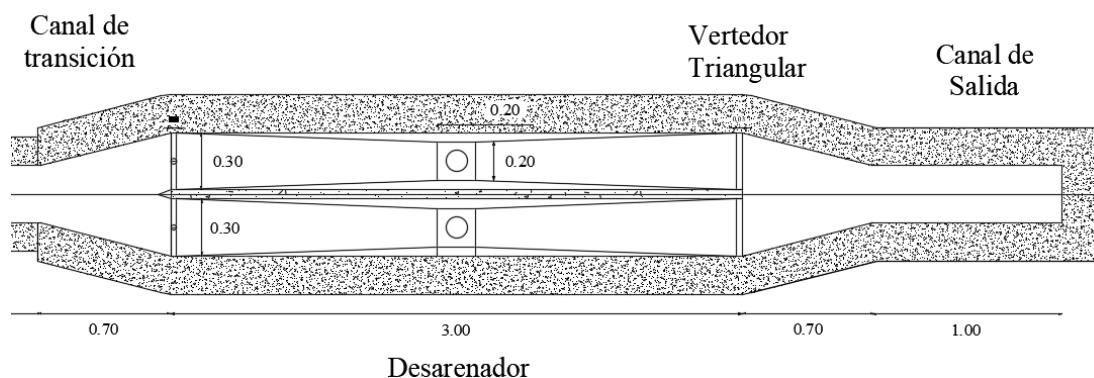
Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
<b>Inclinación de Transición</b>	Grados	12.5	$\alpha$	(OPS/CEPIS/05.158, 2005)
<b>Inclinación radianes</b>	Rad	0.22		
<b>longitud de transición</b>	m	0.7	Lt	Ecuación (3.31)

Nota: Fuente propia

Cabe destacar que se aplica el mismo diseño para ambas plantas, ya que la diferencia entre ellas es mínima.

**Figura 14**

*Esquema de desarenador*



Nota: Fuente propia

### 3.3.4 Vertedor triangular

Según Sotelo Avila (1997), son componentes encargadas de controlar el flujo posterior al pretratamiento.

$$Q = K * h^{\frac{5}{2}} \quad (3.32)$$

Donde:

$K$ : coeficiente para vertedor triangular que depende del ángulo

$h$ : altura del vertedor (m)

$Q$ : Caudal máximo horario (m<sup>3</sup>/s)

**Tabla 38**

*Coefficientes en vertederos triangulares*

Angulo	15	30	45	60	90	120
<b>K</b>	0.2	0.392	0.596	0.818	1.386	2.471

Nota: Obtenido de Sotelo Avila (1997)

Una vez obtenido la altura del vertedor y establecido un ángulo, se calcula la longitud superior del vertedor con la siguiente ecuación:

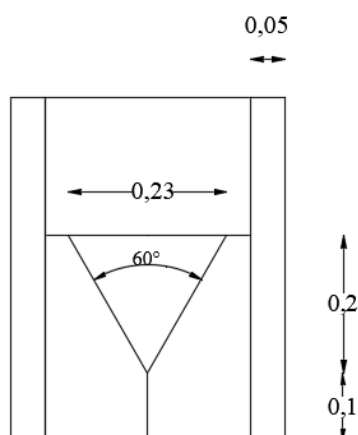
$$L_{sup} = 2 * h * \tan(\theta) \quad (3.33)$$

**Tabla 39**

*Diseño de vertedor triangular*

Dimensionamiento de vertedor triangular				
Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
<b>Angulo</b>		60	Grados	(Sotelo Avila, 1997)
<b>Coeficiente</b>	-	0.82	K	(Sotelo Avila, 1997)
<b>Caudal Máximo Horario</b>	m <sup>3</sup> /s	12.61 0.013	Q	-
<b>Altura del vertedor</b>	m	0.2	h	Ecuación (3.32)
<b>Longitud superior</b>	m	0.23	L <sub>sup</sub>	Ecuación (3.33)

Nota: Fuente propia

**Figura 15***Esquema de vertedor triangular*

Nota: Fuente propia

**3.3.5 Remoción de contaminantes en las estructuras preliminares**

Para las estructuras preliminares se considera porcentajes de remoción de contaminantes dentro de los rangos de eficiencia establecidos en RAS (2017), se presenta la carga de contaminantes en el afluente, el porcentaje de remoción usado y la carga de contaminantes en el efluente.

**Tabla 40***Eficiencia de remoción de contaminantes tratamiento preliminar*

Nivel de tratamiento	Contaminantes removidos	Eficiencias de remoción utilizadas (%)	Rangos	Afluente (mg/l)	Remoción (mg/l)	Efluente Estructura (mg/l, NPM/100 ml*)	Observación
Tratamiento Preliminar	SST	5	[0-10]%	220	11	209	Rangos obtenidos de RAS (2017)
	DQO	5	[0-10]%	500	25	475	
	DBO	10	[0-15]%	250	25	225	
	Coliformes*	0	Despreciable	1.00E+07	0	1.00E+07	
	Nutrientes	NTK	0	Despreciable	60	0	
P		0	Despreciable	15	0	15	

Nota: Fuente propia

### 3.4 Tratamiento primario

#### 3.4.1 Tanque Imhoff

El diseño del tanque de Imhoff esa en base a la guía de diseño de tanques sépticos, tanques de Imhoff y lagunas de estabilización de la OPS/CEPIS/05.163 (2005). Asimismo, los criterios y generalidades de diseño están alineados a la Norma OS.090 plantas de tratamiento de aguas residuales.

##### Criterios de diseño

- El tanque de Imhoff típicamente es de forma rectangular, dividido en 3 compartimentos denominados: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos, área de ventilación y cámara de natas.
- Según la Norma OS.090, la carga superficial adoptada es  $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ . Al mismo tiempo para el cálculo del área del sedimentador se emplea el caudal medio de diseño.
- El periodo de retención hidráulica debe rondar de 1.5 a 2.5 horas.
- La relación largo y ancho del sedimentador debe rondar 3 a 10 unidades.
- El ángulo con respecto a la horizontal del fondo la cámara de sedimentación debe estar entre 50 a 60 grados y será en forma de V.
- La zona neutra debe estar 50 cm debajo del fondo de la zona de sedimentación.
- La inclinación de la tolva del digestor debe rondar de 15 a 30 grados con respecto a la horizontal.
- Para el área de ventilación y cámara de natas el espaciamiento libre debe ser de un 1 m como mínimo.

- La superficie libre neta debe rondar al menos el 30% de la superficie neta del tanque.
- El borde libre debe rondar como mínimo 30cm.

**Tabla 41***Parámetros de diseño tanque Imhoff*

Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
Tasa de sedimentación	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> x h)	1	C <sub>s</sub>	(OPS/CEPIS/05.163, 2005)
Relación largo-ancho	-	3.5	L/B	> 3
Temperatura en el medio	°C	15	T	-
Periodo de retención	horas	1.5	THR	1.5 a 2.5 (OPS/CEPIS/05.163, 2005)
Angulo fondo sedimentador	Grados	50	θ	(OPS/CEPIS/05.163, 2005)
	Radianes	0.87		
Factor de capacidad relativa	-	1	-	(OPS/CEPIS/05.163, 2005)
Inclinación de tolva en digestor	Grados	15	θ	15° - 30°
	Radianes	0.26		
Espaciamiento libre pared digestor al sedimentador	m	1.00	E <sub>sed</sub>	Adoptado
Altura del lodo en digestor	m	1.25	H <sub>dig</sub>	Adoptado
Distancia fondo sedimentador a altura máxima de lodos (zona neutra)	m	0.5	D <sub>sed</sub>	Adoptado
Numero de troncos de pirámide en el largo	-	1	N <sub>tl</sub>	Adoptado
Numero de troncos de pirámide en el ancho	-	1	N <sub>ta</sub>	Adoptado

Nota: Desarrollado en base a OPS/CEPIS/05.163 (2005)

El inicio del diseño parte con el área del sedimentador, expresado de la siguiente

forma:

$$A_s = \frac{Q_{max}H}{C_s} \quad (3.33)$$

Donde:



$Q_{maxH}$ : Caudal máximo horario (m<sup>3</sup>/día)

$C_s$  : carga superficial definida 1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>\*h)

Cálculo del ancho de la zona de sedimentación:

$$B = \sqrt{\frac{As}{Relacion\ L/B}} \quad (3.34)$$

Largo de la zona de sedimentación:

$$L = \frac{As}{B} \quad (3.35)$$

Profundidad de la zona de sedimentación:

$$H = THR * CS \quad (3.36)$$

Donde:

$THR$  : Tiempo de retención hidráulico adoptado (horas)

$C_s$  : carga superficial definida 1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>\*h)

Se definió el espaciamiento de las cámaras libres del sedimentador a 1m cada una, además del ángulo en el fondo del sedimentador optado es de 50 grados. En base a esto se calcula la altura del fondo del sedimentador ( $H_f$ ) con la siguiente expresión:

$$H_f = \frac{B}{2} * \tan(\theta) \quad (3.37)$$

Cálculo de la altura total del sedimentador ( $H_t$ ):

$$H_t = Bl + H_f + H \quad (3.38)$$

Donde:

$Bl$ : Borde libre de 30cm.

Para el diseño del digestor del tanque de Imhoff se tiene en cuenta lo siguiente:

**Tabla 42***Tiempo de digestión y factor de capacidad relativa*

<b>Temperatura</b> °C	<b>Tiempo</b> <b>digestión</b> (días)	<b>Factor</b> <b>capacidad</b> <b>Relativa (fcr)</b>
5	110	2
10	76	1.4
15	55	1
20	40	0.7
25	30	0.5

Fuente: obtenido de OPS/CEPIS/05.163 (2005).

Empleando la temperatura del sector a 15 grados Celsius, se obtiene un factor de capacidad relativa de 1 y tiempo de digestión a 55 días. En base a esto se calcula el volumen de digestión requerido (Vd):

$$Vd = \frac{70 * P_{ob} * f_{cr}}{1000} \quad (3.39)$$

Donde:

*P<sub>ob</sub>*: población de diseño*f<sub>cr</sub>*: factor de capacidad relativaEl cálculo del ancho del tanque Imhoff (*B<sub>im</sub>*) se presenta de la siguiente forma:

$$B_{im} = B + 2(E_{el}) + 2(E_{sed}) \quad (3.40)$$

Donde:

*B*: ancho de la zona de sedimentación*E<sub>el</sub>*: espesor de muros del sedimentador, 0.2 m*E<sub>sed</sub>*: Espaciamiento libre de la pared del digestor 1m*B<sub>im</sub>*: ancho del tanque Imhoff (m)

Antes de calcular el volumen de lodos del digestor, se define la inclinación de la tolva en el digestor a 15 grados. El volumen del digestor se la expresa de la siguiente manera:

$$V_{dig} = (Bim * L * H_{dig}) + Ntl * Nta * \left( \frac{\left( \frac{Bim}{Nta} \right)^2}{4} \right) * \frac{L}{Ntl} * \tan(\theta) \quad (3.41)$$

Donde:

$Ntl$ : numero de troncos de la pirámide en largo 2

$Nta$ : numero de troncos de la pirámide en largo 1

$H_{dig}$ : altura del lodo del digestor adoptada 1.5m

Según la OPS/CEPIS/05.163 (2005), menciona que el volumen del digestor tiene que ser mayor al volumen del digestor requerido ( $V_{dig} \geq V_d$ ) por ello variables como la altura del lodo ( $H_{dig}$ ), relación entre largo y ancho pueden ser variadas.

El cálculo de la superficie libre se plantea de la siguiente manera:

$$S\% = \frac{2 * E_{sed} * L}{Bim * L} \quad (3.42)$$

Donde  $S\%$  tiene que ser mayor al 30%.

Altura del fondo del digestor (m):

$$H_{fd} = \frac{Bim}{2 * Nta} * \tan(\theta) \quad (3.43)$$

Por último, se calcula la altura total del tanque de Imhoff, empleando la siguiente ecuación:

$$H_{tanque\ Imhoff} = ht + H_{dig} + H_{fd} + D_{sed} \quad (3.44)$$

Donde:

$ht$ : Altura total del sedimentador (m)

$H_{dig}$ : Altura de los lodos en digestor adoptado (m)

$H_{fd}$ : Altura del fondo del digestor (m)

$D_{sed}$ : Distancia fondo sedimentador a altura máxima de lodos adoptado (m)

Tabla 43

*Resultados del dimensionamiento del tanque Imhoff*

<b>Diseño tanque Imhoff</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Caudal de diseño</b>	m <sup>3</sup> /día	1089.74	Q <sub>maxH</sub>	-
<b>Área de sedimentación</b>	m <sup>2</sup>	45.41	As	Ecuación (3.33)
<b>Ancho zona sedimentador</b>	m	3.00	B	Ecuación (3.34)
<b>Largo zona sedimentador</b>	m	15.00	L	Ecuación (3.35)
<b>Prof. zona sedimentador</b>	m	1.50	H	Ecuación (3.36)
<b>Altura del fondo del sedimentador</b>	m	1.79	H <sub>f</sub>	Ecuación (3.37)
<b>Altura total sedimentador</b>	m	3.59	H <sub>t</sub>	Ecuación (3.83)
<b>Volumen de digestión requerido</b>	m <sup>3</sup>	126.63	V <sub>d</sub>	Ecuación (3.39)
<b>Ancho tanque Imhoff</b>	m	5.40	B <sub>im</sub>	Ecuación (3.40)
<b>Volumen de lodos en digestor</b>	m <sup>3</sup>	130.55	V <sub>dig</sub>	Ecuación (3.41)
<b>Superficie libre, %</b>	%	37%	S%	Ecuación (3.42) y cumple S%>30%
<b>Altura del fondo del digestor</b>	m	0.72	H <sub>fd</sub>	Ecuación (3.43)
<b>Altura total tanque Imhoff</b>	m	6.06	H <sub>tanqueImhoff</sub>	Ecuación (3.44)

Nota: Fuente propia

Se emplea una tubería de 200mm con una carga hidráulica de 1.8m mínimo para la remoción de lodos establecido por la OPS/CEPIS/05.163 (2005). A continuación, se visualiza los esquemas en planta y corte del tanque Imhoff.

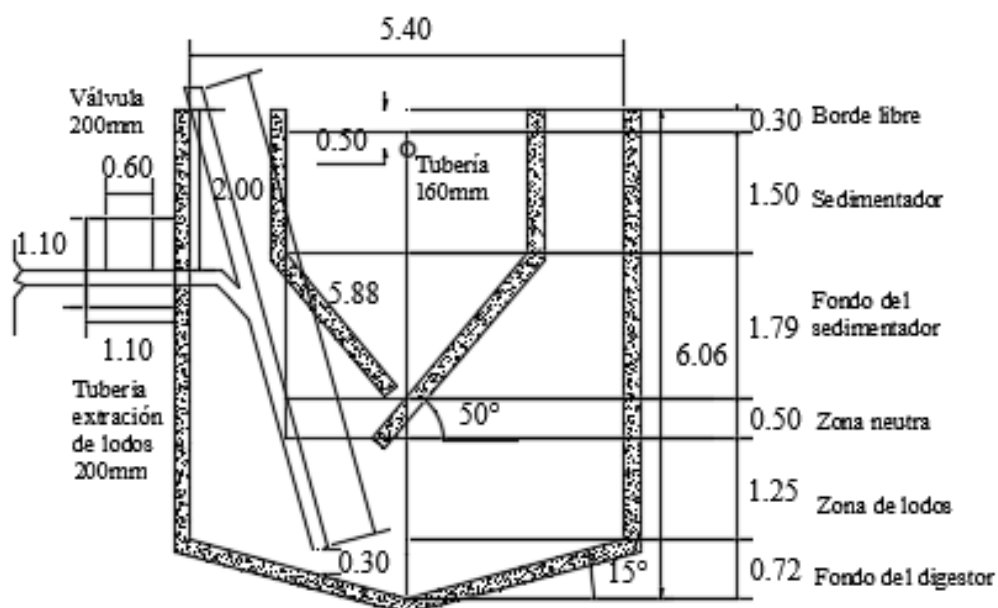
Figura 16

Esquema de tanque Imhoff vista planta



Figura 17

Esquema de tanque Imhoff vista corte



### 3.4.2 Lecho de secado de lodos

Un lecho de secado de lodos representa como método para deshidratar lodos más simple y económico, lo cual es ideal para comunidades pequeñas. Estos lodos se los puede reutilizar en compostaje para generar ganancias y beneficioso al sector agrónomo del sector.

Inicialmente se debe calcular la carga de sólidos que ingresan a sedimentador. Según la OPS y CEPIS, cuando en una localidad no existe la presencia de alcantarillado se puede emplear una contribución per cápita promedio de 90 gr SS/(hab\*día).

$$C = \frac{\text{Poblacion de diseño} * \text{Contribucion Percápita}}{1000} \quad (3.42)$$

En base a este factor se calcula la masa que conforma los lodos (Msd):

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad (3.43)$$

Se calcula el volumen diario de los lodos (Vld) digerido por el tanque de Imhoff:

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ de sólidos}}{100}\right)} \quad (3.44)$$

Se calcula el volumen de lodos (Vel) a extraer del tanque de Imhoff:

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (3.45)$$

Por último, se calcula el área del lecho de secado (Als), con la finalidad de obtener el largo y ancho del lecho:

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad (3.46)$$

Para el ancho de lecho (B) se planteó la relación largo – ancho de 1.5.

$$B = \sqrt{\frac{Als}{1.5}} \quad (3.47)$$

Longitud de lecho (L)

$$L = 1.5 * B \quad (3.48)$$

**Tabla 44**

*Criterios iniciales de diseño para el lecho de lodos*

<b>Parámetros de diseño</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Densidad de lodos</b>	Kg/L	1.04	<b><i>plodo</i></b>	(OPS/CEPIS/05.163, 2005)
<b>%Sólidos</b>	%	12	% de sólidos	8-12 , (OPS/CEPIS/05.163, 2005)
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg/L	220	ss	tabla
<b>Tiempo de digestión</b>	días	55	Td	Tabla
<b>Profundidad de aplicación</b>	m	1.2	Ha	Adoptado

Nota: Fuente propia

**Tabla 45**

*Dimensionamiento del lecho de secado de lodos*

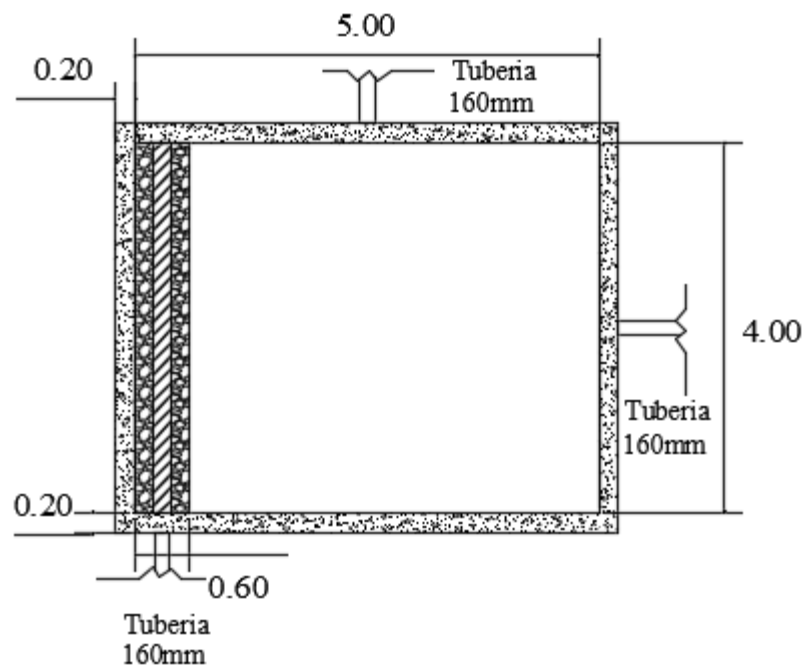
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Carga de sólidos</b>	Kg de SS/día	162.81	C	Ecuación (3.42)
<b>Masa que conf. Lodos</b>	Kg de SS/día	52.91	Msd	Ecuación (3.43)
<b>Volumen diario de lodos</b>	L/día	423.98	Vld	Ecuación (3.44)
<b>Volumen extraído del tanque</b>	m <sup>3</sup>	23.32	Vol	Ecuación (3.45)
<b>Área del lecho</b>	m <sup>2</sup>	19.43	Als	Ecuación (3.46)
<b>Ancho del lecho</b>	m	4	B	Ecuación (3.47)
<b>Largo del lecho</b>	m	5	L	Ecuación (3.48)
<b>Borde libre</b>	m	0.3	BL	Adoptado

Nota: Fuente propia

Cabe destacar que se emplea el mismo lecho de secado de lodos para ambas plantas de tratamiento de agua residual.

**Figura 18**

*Esquema de lecho de secado en planta*



Nota: Fuente propia

### 3.4.3 Remoción de contaminantes en tanque Imhoff

En el tratamiento primario se considera un porcentaje de remoción de contaminantes dentro de los rangos de eficiencia establecidos por RAS (2017) y Sperling (2015), en la Tabla 46 se presenta la carga de contaminantes en el afluente, efluente y el porcentaje de remoción usado, en el que se consideró el valor medio del rango establecido.



Tabla 46

*Eficiencia de remoción de contaminantes tratamiento primario*

Nivel de tratamiento	Contaminantes removidos	Eficiencias de remoción utilizadas (%)		Rangos	Afluente (mg/l)	Remoción (mg/l)	Efluente (mg/l, NPM/100 ml*)	Observación	
Tratamiento Primero (tanque Imhoff)	SST	60		[50-70]%	209	125.4	83.6	Rangos obtenidos de (RAS, 2017; Sperling, 2015)	
	DQO	30		[25-30]%	475.00	142.50	332.50		
	DBO	35		[25-40]%	225.00	78.75	146.25		
	Coliformes*	40		[30-50]%	1.00E+07	4000000	6.00E+06		
	Nutrientes	NTK	10		[0-15]%	60	6		54
		P	10		[0-15]%	15	1.5		13.5

Nota: Fuente propia

### 3.5 Tratamiento secundario

#### 3.5.1 Especie Fitodepuradora (macrófitos)

Dado el tipo de humedal propuesto (HFSS), según Jiménez & Ramos (2019) la especie debe pertenecer a las macrófitas que corresponde a las plantas que puede subsistir en terrenos inúndanos parcial o todo su tiempo de vida, dentro de ellas han evidenciado resultados con plantaciones de carrizo (*Phragmites australis*), espadaña (*Typha latifolia* o *Typha angustifolia*), juncos (*Scirpus lacustris*) y la totora (*Scirpus californicus*). No es imprescindible emplear diferentes especies en un humedal, ya que no representa una gran diferencia en cuanto a eficiencia y se sugiere densidades de 3 ejemplares por metro cuadrado del área del humedal (García Serrano & Corzo Hernández, 2008). Por medio de las características de la zona de estudio se han seleccionado 2 posibles alternativas nativas.

#### **Espécimen 1: Espadaña (*Typha latifolia* o *Typha angustifolia*)**

Es un espécimen robusto, capaz de desarrollarse bajo diversas condiciones ambientales. Según (UNAN, 2011), menciona el rango temperatura que soporta el espécimen

ronda deseablemente los 10 a 30°C y con un PH admisible de 4 a 10. Asimismo, la profundidad de sus raíces puede alcanzar de 30 a 60cm de desarrollo.

### **Figura 19**

*Imagen referencial especie Espadaña*



Nota: Obtenido de <https://www.tratamientososteniblelagua.es/typha-latifolia/>

### **Espécimen 2: Totorá (Scirpus californicus)**

Llagas & Guadalupe (2006)

Es un espécimen que puede alcanzar los 4m de altura y que puede habitar alturas hasta los 3000 m.s.n.m. Según Llagas & Guadalupe (2006), menciona que puede sobrevivir temperaturas de entre 0 a 30 °C, es decir, puede sobrevivir a heladas en las temporadas de menor temperatura. Asimismo, el PH admisible ronda de 4 a 10 y sus raíces pueden alcanzar los 3m de profundidad, además de que posee un crecimiento rápido.

### **Figura 20**

*Imagen referencial especie Totorá*



Nota: Obtenido de <https://colombia.inaturalist.org/taxa/47159-Schoenoplectus-californicus>

Se elige la Tatora (*Scirpus californicus*), debido a su versatilidad, disponibilidad en el medio y características de las raíces.

### 3.5.2 Humedal subsuperficial de flujo horizontal (HFSS)

Se presenta el diseño de un humedal subsuperficial que garantice la remoción de los contaminantes presentes en el agua residual que no fueron removidos en las etapas anteriores del tren de tratamiento. El punto de partida del diseño inicia en la definición del dimensionamiento biológico e hidráulico.

1. Dimensionamiento biológico: Se calcula el área en función de los contaminantes principales como el DBO5 y Nitrógeno NTK.
2. Dimensionamiento hidráulico: Se calcula las dimensiones internas del humedal mediante el área anterior obtenida.

#### Dimensionamiento biológico

Se plantea según García Serrano & Corzo Hernández (2008), que un humedal es el lugar donde los contaminantes se reducen mediante modelos cinéticos de primer orden. Asimismo, se plantea una ecuación en función de las concentraciones y tiempo de retención hidráulico del contaminante:

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-Kt*THR} \quad (3.49)$$

Donde:

$C_o$ : Concentración de contaminantes en el afluente (mg/L)

$C_e$ : Concentración de contaminantes en el efluente (mg/L)

$Kt$ : Contante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura.

*THR*: Tiempo de retención hidráulica (días)

De tal manera se plantea la ecuación para el cálculo del tiempo de retención hidráulico en función del medio:

$$THR = \frac{n * As * d}{Q} \quad (3.50)$$

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/día)

d: Altura adoptada (m)

n: Porosidad del medio

As: Área superficial (m)

Ahora si reemplazamos la ecuación (3.50) en (3.49) y despejamos el área superficial, se obtiene la ecuación para determinar el área requerida para la remoción de los principales contaminantes.

$$As = \frac{Q * Ln\left(\frac{Co}{Ce}\right)}{Kt * d * n} \quad (3.51)$$

### **Diseño biológico**

Retomando a la tabla 47 de las concentraciones de las etapas anteriores se definen los siguientes parámetros de diseño en las siguientes tablas:

**Tabla 47**

*Parámetros de diseño del humedal*

<b>Parámetros de diseño</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Caudal de diseño</b>	L/s	7.57	Q *60%	-
	m <sup>3</sup> /día	653.84		
<b>Temperatura del medio</b>	°C	15	T	-

<b>Profundidad de diseño del humedal</b>	m	0.65	d	(Alarcón et al., 2018), Adoptada entre 0.3 a 1m
<b>pendiente en el fondo</b>	%	2%	s	Adoptado

Nota: Fuente propia

**Tabla 48**

*Paramento del afluente del humedal*

<b>Paramento del afluente</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Solidos suspendidos totales</b>	mg/L	83.6	SST	Concentraciones de entrada al humedal
<b>Demanda química de oxígeno</b>	mg/L	332.5	DQO	
<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>	mg/L	146.25	DBO	
<b>Coliformes fecales</b>	mg/L	6.00E+06	Coliformes*	
<b>Nitrógeno total de kjeldahl</b>	mg/L	54	NTK	
<b>Fosforo</b>	mg/L	13.5	P	

Nota: Fuente propia

**Tabla 49**

*Parámetros adoptados del efluente según normativa*

<b>Paramento del efluente adoptados a normativa</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Limites TULSMA</b>
<b>Solidos suspendidos totales</b>	mg/L	130	SST	≤130
<b>Demanda química de oxígeno</b>	mg/L	200	DQO	≤200
<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>	mg/L	90	DBO	≤100
<b>Coliformes fecales</b>	mg/L	2.00E+03	Coliformes*	≤2000

<b>Nitrógeno total de Kjeldahl</b>	mg/L	41	NTK	≤50
<b>Fosforo</b>	mg/L	10	P	≤10

Nota: Obtenido de TULSMA (2015)

El medio filtrante adoptado para el relleno del humedal es de grava media con un tamaño nominal de piedra a 32mm, en la siguiente tabla se visualiza los parámetros del material y las macrófitas:

$$\%raices = \frac{Hraiz}{d + 0.1} \quad (3.52)$$

**Tabla 50**

*Medio filtrante y macrófitas*

<b>Medio filtrante</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Material filtrante</b>			Grava media	
<b>Diámetro efectivo del material</b>	mm	32	D10	-
<b>Porosidad del material</b>	-	0.4	n	(Alarcón et al., 2018; Lara Borrero, 1999)
<b>Conductividad hidráulica</b>	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> *día)	5.00E+04	K	(Alarcón et al., 2018; Lara Borrero, 1999)
<b>Macrófitas adoptada</b>				
<b>Tipo de planta</b>			Totora (Scirpus californicus)	
<b>Profundidad de raíces</b>	m	0.6	Hraiz	(Alarcón et al., 2018)
<b>Porcentaje de penetración de raíces</b>	%	0.80	%raíces	(Alarcón et al., 2018)

Nota: Fuente propia

### **Dimensionamiento por remisión de DBO5**

Según Alarcón et al. (2018), para la constante cinética de primer orden se emplea la siguiente ecuación:

$$Kt = K_{20} * \theta^{(T-20)} \quad (3.53)$$

Donde:

$K_t$ : Constante cinética de primer orden para DBO5

$K_{20}$ : Constante del agua a 20C, 1.104(1/día) (Alarcón et al., 2018)

$\theta$ : Coeficiente de temperatura, 1.06 (Alarcón et al., 2018)

T: Temperatura del agua residual (°C)

Una vez calculado esta variable se reemplaza en la ecuación (3.51) para el cálculo del área de remoción de DBO5. A continuación se presenta el área calculada:

**Tabla 51**

*Cálculo del área referente a la remoción de DBO5*

<b>Dimensionamiento referente a la remoción de DBO5</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Constante del agua a 20C</b>	1/día	1.104	K20	(Alarcón et al., 2018; Lara-Borrero, 1999)
<b>Coeficiente de temperatura</b>	-	1.06	$\theta$	(Alarcón et al., 2018; Lara-Borrero, 1999)
<b>Constante cinética de primer orden</b>	1/día	0.82	$K_t$	Ecuación (3.53)
<b>Área de la superficie del humedal por DBO5</b>	m <sup>2</sup>	1479.99	AsDBO5	Ecuación (3.51)

Nota: Fuente propia

### **Dimensionamiento por remisión de nitrógeno total NTK**

La degradación del nitrógeno o desnitrificación depende de la absorción de las raíces de las plantas. Por ello, la profundidad de las raíces que alcance en el humedal influye en el modelo de remoción planteado. Según Alarcón et al. (2018), plantea la siguiente expresión en función del porcentaje de penetración de las raíces en tabla 50 se puede apreciar estos parámetros.

$$K_{20} = 0.01854 + 0.3922 * (\%raices)^{2.6077} \quad (3.54)$$

Una vez calculado se reemplaza lo obtenido de la ecuación (3.54) en la (3.53) y consiguientemente en la ecuación (3.51). En la siguiente tabla se visualiza el cálculo del área por remoción del nitrógeno.

**Tabla 52**

*Cálculo del área referente a la remoción de nitrógeno NTK*

<b>Dimensionamiento referente a la remoción de Nitrógeno NTK</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Constante del agua a 20C</b>	1/día	0.238	K20	Ecuación (3.54)
<b>Coefficiente de temperatura</b>	-	1.048	$\theta$	(Alarcón et al., 2018)
<b>Constante cinética de primer orden</b>	1/día	0.19	Kt	Ecuación (3.53)
<b>Área de la superficie del humedal por NTK</b>	m <sup>2</sup>	3683.24	AsNTK	Ecuación (3.51)

Nota: Fuente propia

Entre las áreas calculadas se adopta la mayor, por lo cual, la remoción por nitrógeno controla el diseño del humedal. Al mismo tiempo, se calcula el tiempo de retención hidráulico en base al área adoptada con la ecuación (3.50).

**Tabla 53**

*Área adoptada y tiempo de retención hidráulico*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Área de la superficie del humedal por NTK adoptada</b>	m <sup>2</sup>	3683.24	AsNTK	Ecuación (3.51)



<b>Tiempo de retención hidráulico</b>	Días	1.5	THR	Ecuación (3.50)
	horas	35		

Nota: Fuente propia

### Remoción de nitrógeno total NTK

Se plantea el modelo de remoción de Alarcón et al. (2018), que está en base a la ecuación (3.53) y ecuación (3.49) con el tiempo de retención calculado en la tabla 53. En la siguiente tabla se visualiza la concentración del efluente.

$$C_e = C_o * e^{-Kt*THR} \quad (3.55)$$

**Tabla 54**

*Concentración de remoción de nitrógeno total NTK*

<b>Concentración nitrógeno total NTK</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Concentración NTK de entrada</b>	mg/L	54	Ca	Ecuación (3.55)
<b>Constante dependiente de la temperatura</b>	1/día	0.497	Kt NTK	(Lara Borrero, 1999)
<b>Concentración NTK de salida</b>	mg/L	26.07	Ce	Cumple ≤50

Nota: Fuente propia

La remoción esperada para el nitrógeno total NTK cumple con los parámetros de la TULSMA.

### Remoción de DBO5

Considerando el tiempo de retención previamente calculado y la contante de primer orden planteada por Alarcón et al. (2018) calculadas en función de la ecuación (3.55) se obtiene su concentración de salida para el DBO5 mostrada en la siguiente tabla:

**Tabla 55***Concentración de la remoción de DBO5*

<b>Concentración DBO5</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Concentración DBO5 de entrada</b>	mg/L	146.25	Ca	Ecuación (3.55)
<b>Concentración DBO5 de salida</b>	mg/L	16.13	Ce	Cumple $\leq 100$

Nota: Fuente propia

La remoción esperada para el DBO5 cumple con los parámetros de la TULSMA.

**Remoción de DQO**

Para la remoción del DQO se empleó el modelo planteado por Alarcón et al.,(2018), que incluye la carga hidráulica (Ca) adoptada de 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día que en procesos anteriores se empleó.

$$C_e = \frac{(0.17 * HLR * Ca * 10) + 5.78}{HLR * 10} \quad (3.56)$$

**Tabla 56***Concentración de la remoción de DQO*

<b>Concentración DQO</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Concentración DBO de entrada</b>	mg/L	332.5	Ca	
<b>Concentración DBO de salida</b>	mg/L	57.10	Ce	Ecuación (3.56) Cumple $\leq 200$

Nota: Fuente propia

La remoción esperada para el DQO cumple con los parámetros de la TULSMA.

**Remoción de fosforo (P)**

Se empleo el modelo de remoción de Alarcón et al. (2018), expresada en el siguiente proceso:

$$CH = \frac{Q}{As} * 100 \quad (3.57)$$

Donde:

CH: Carga hidráulica (cm/día)

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/día)

As: Área superficial (m<sup>2</sup>)

Concentración del efluente del fosforo

$$Ce = Co * e^{-\frac{Kp}{CH}} \quad (3.55)$$

Donde:

Kp: 2.74 cm/día (Alarcón et al., 2018)

Co: Concentración de afluente (mg/L)

CH: Carga hidráulica (cm/día)

**Tabla 57**

Concentración de la remoción de fósforo

<b>Concentración fosforo (P)</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Concentración P de entrada</b>	mg/L	13.5	Ca	
<b>Concentración fosforo</b>	cm/día	2.74	Kp	REF
<b>Carga hidráulica</b>	cm/día	3.55	CH	Ecuación
<b>Concentración P de salida</b>	mg/L	6.24	Ce	Cumple ≤10

Nota: Fuente propia

**Remoción de coliformes fecales (CF)**

Como primera instancia se establece la constante de temperatura en base a lo planteado por Alarcón et al. (2018) donde K<sub>20</sub> toma el valor de 95 m/año y un coeficiente de

temperatura de 1. Se emplea la ecuación (3.53) con los parámetros para el fosforo. La ecuación para emplear es la siguiente:

$$C_e = C + (C_a - C) * e^{-\frac{Kt*As}{365*Q}} \quad (3.58)$$

**Tabla 58**

*Concentración de Coliformes fecales*

Concentraciones coliformes (CF)				
Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
Concentración CF de entrada	mg/L	6.00E+06	Ca	
Constante del agua a 20C	1/año	0.260	K20	REF
Coefficiente de temperatura	-	1	$\theta$	REF
Kt CF	1/día	0.26		
Concentración CF de salida	mg/L	500	Ce	Cumple $\leq 2000$

Nota: Fuente propia

La remoción esperada para ellos coliformes fecales cumple con los parámetros de la TULSMA.

#### **Remoción de solidos suspendidos totales (SST)**

Según Alarcón et al. (2018) y Acero & Morocho (2021), plantea la siguiente modelo de ecuación reducida para la remoción solidos suspendidos totales:

$$C_e = 7.8 + 0.063 * C_e \quad (3.59)$$

**Tabla 59**

*Concentración de solidos suspendidos totales*

Concentración solidos suspendidos totales (SST)				
Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
Concentración SST de entrada	mg/L	83.6	Ca	

<b>Concentración SST de salida</b>	mg/L	13.07	Ce	Cumple $\leq 100$
------------------------------------	------	-------	----	-------------------

Nota: Fuente propia

La remoción esperada para solidos suspendidos totales (SST) cumple con los parámetros de la TULSMA.

### 3.5.3 Resumen de concentraciones de entrada y salida de contaminantes

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones finales y los cumplimientos de los límites de la TULSMA.

**Tabla 60**

*Resumen de concentración final*

Nivel de tratamiento	Contaminantes removidos	Afluente (mg/l)	Efluente Estructura (mg/l, NPM/100 ml*)	Porcentaje de remoción	Limite TULSMA	Cumplimiento
Tratamiento secundario (HFSS)	SST	83.6	13.07	84%	$\leq 130$	CUMPLE
	DQO	332.50	57.10	83%	$\leq 200$	CUMPLE
	DBO	146.25	16.13	89%	$\leq 100$	CUMPLE
	Coliformes*	6.00E+06	5.00E+02	100%	$\leq 2000$	CUMPLE
	NTK	54	26.1	52%	$\leq 50$	CUMPLE
	P	13.5	6.2	54%	$\leq 10$	CUMPLE

Nota: Inspirado en Acero & Morocho (2021)

En la tabla 60 se evidencia el cumplimiento para la descarga a cuerpos de agua dulce según la TULSMA.

### Diseño hidráulico

Se considero 3 humedales con la finalidad de mantenimiento y operación. Por ello, se divide el caudal y el área superficial en 3 partes iguales, se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$Q_{hum} = \frac{Q}{As} \quad (3.60)$$

$$A_{hum} = \frac{As}{4} \quad (3.61)$$

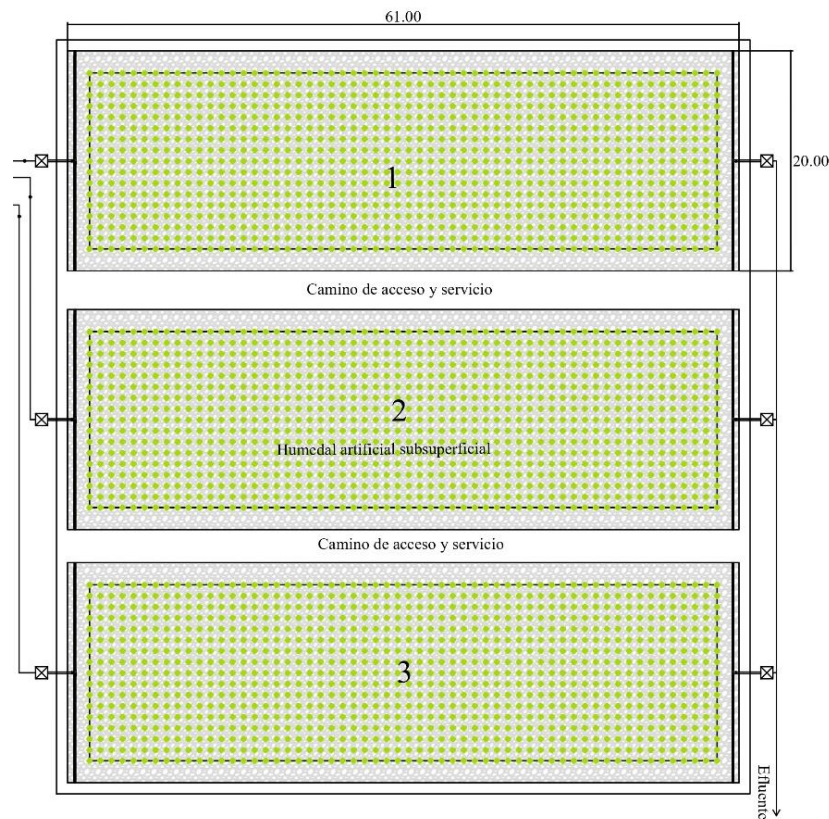
Según Alarcón et al. (2018) y Lara Borrero (1999), menciona que la relación largo y ancho puede adoptarse de 0.5 a 1 hasta 4 a 1, para el caso de estudio se adoptó de 3 a 1. En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados del dimensionamiento hidráulico:

**Tabla 61**

*Resultado de diseño hidráulico*

<b>Diseño Hidráulico</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Numero de humedales</b>	u	3	NH	-
<b>Caudal de humedal</b>	m3/día	217.95	Qhum	Ecuación (3.60)
<b>Relación Largo Ancho</b>	-	3:1	L/A	(Alarcón et al., 2018; Lara Borrero, 1999)
<b>Áreas de humedal</b>	m2	1227.75	Ahum	Ecuación (3.61)
<b>Ancho</b>	m	20	A	$A = \sqrt{\frac{A_{hum}}{3}}$
<b>Largo</b>	m	61	L	$L = \frac{A_{hum}}{A}$
<b>Profundidad</b>	m	0.65	d	Adoptado

Nota: Fuente propia

**Figura 21***Esquema del humedal artificial*

Nota: Fuente propia

### 3.6 Cálculo de vida útil del humedal

El tiempo de vida efectiva de un humedal artificial está determinada por el periodo que toma en llenar todos los espacios del material de filtración adoptado. Este tiempo se puede calcular considerando las propiedades del medio filtrante y la cantidad de sólidos suspendidos entrantes al humedal. Como primera instancia se calcula la diferencia entre la concentración de sólidos totales que entra al afluente con los sólidos totales del efluente.

$$\Delta SST = C_e - C_o \quad (3.62)$$

La cantidad de sólidos suspendidos que se acumulan en el humedal cada año parte en función del caudal y la diferencia de los sólidos. La siguiente ecuación relaciona dichos parámetros:

$$T_{\text{anual}} = \frac{\Delta S_{\text{SST}} * Q * 365}{1000} \quad (3.63)$$

Según Bayas (2018) en su tesis, plantea que el 70% de los sólidos suspendidos totales son volátiles (SSV) y el 30% no son volátiles (SSNV). Asimismo, que solo el 50% de los sólidos suspendidos volátiles se evaporan. En la tabla 62 se visualizan estas condiciones.

**Tabla 62**

*Calculo de solidos acumulados*

Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
<b>Concentración SST de entrada</b>	mg/L	83.6	Ca	Entrada desde la red de alcantarillado
<b>Concentración SST de salida</b>	mg/L	13.07	Ce	salida cuerpo hídrico
<b>Diferencia entrada y salida</b>	mg/L	70.53	DifSST	Ecuación (3.62)
<b>Peso de los sólidos por año</b>	Kg/año	16832.98	Tanual	Ecuación (3.63)
<b>Sólidos suspendidos volátiles</b>	Kg/año	11783.09	SSV	Tanual 70%
<b>Sólidos suspendidos no volátiles</b>	Kg/año	5049.89	SSNV	Tanual 30%
<b>Sólidos suspendidos</b>	Kg/año	5891.54	SSVperm	Ecuación 50%SSV
<b>Sólidos acumulados</b>	Kg/año	10941.44	Total	Ecuación

Nota: Fuente propia

Por otro lado, para el cálculo de la vida útil se emplea la capacidad máxima de sólidos en el humedal mediante la siguiente ecuación:



$$Cr = \rho_s * A_s * d * n \quad (3.64)$$

Donde:

$\rho_s$ : Densidad húmeda del sólido, 1200kg/m<sup>3</sup> (Bayas, 2018)

$A_s$ : Area superficial del humedal (m<sup>2</sup>)

$d$ : Altura del humedal (m)

$n$ : Porosidad del medio filtrante

Por último, se emplea la siguiente expresión para el cálculo de vida útil a un 20% de la capacidad de retención de sólidos presentado por Bayas (2018):

$$TVU = \frac{Cr * 20\%}{T_{anual}} \quad (3.65)$$

Donde:

$Cr$ : Capacidad de retención de sólidos (Kg)

$T_{anual}$ : Peso de los sólidos por año (Kg/año)

**Tabla 63**

*Resultado de vida útil del humedal*

<b>Vida útil</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Densidad húmeda del sólido</b>	kg/m <sup>3</sup>	1200	$\rho_s$	(Bayas, 2018)
<b>Capacidad de retención de sólidos</b>	kg	1149170.69	$Cr$	Ecuación (3.64)
<b>Capacidad de retención de sólidos secos</b>	kg	229834.14	$Cr$ 20%	(Bayas, 2018)
<b>Tiempo de vida útil</b>	Años	21	TVU	Ecuación (3.65)

Nota: Fuente propia

El tiempo de vida útil representa en cuanto tiempo hay que reemplazar el estrato o material filtrante adoptado, para el caso el cambio es posterior a los 18 años operación.

### 3.7 Diámetros auxiliares de las tuberías

Las conexiones de todas las etapas del tren de tratamiento constaran de tubos de PVC, con un pendiente al 2% y coeficiente de Manning de 0.013. Por ello, se requiere dimensionar la tubería para su correcto funcionamiento a gravedad.

**Tabla 64**

*Parámetros de diseño para las tuberías*

Parámetros de diseño				
Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
<b>Caudal</b>	L/s	12.61	Q	-
<b>Coefficiente de Manning PVC</b>	-	0.013	n	-
<b>Pendiente adoptada</b>	%	2%	S%	-

Nota: Fuente propia

Para el cálculo del diámetro teórico de la tubería se emplea la ecuación de Manning:

$$D_o = 1.548 * \left( \frac{n * Q}{\frac{1}{s^2}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (3.66)$$

Una vez calculo el diámetro teórico, se procede a adoptar un diámetro comercial cercano al calculado. Consiguientemente, se calcula el caudal, la velocidad y el radio interno hidráulico de la tubería con las siguientes ecuaciones:

$$Q_o = 0.312 * \frac{D_o^{\frac{8}{3}} * Q^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (3.67)$$

$$V_o = 0.397 * \frac{D_o^{\frac{2}{3}} * Q^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (3.68)$$

$$R_o = \frac{D_o}{4} \quad (3.69)$$

**Tabla 65***Características de la tubería*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>Diámetro de tubería</b>	mm	123	D	Diámetro calculado, Ecuación (3.66)
<b>Diámetro comercial adoptado</b>	mm	160	Do	Plastigama
<b>Caudal tubería</b>	L/s	25.61	Qo	Ecuación (3.67)
<b>Velocidad</b>	m/s	1.27	Vo	Ecuación (3.68)
<b>Radio hidráulico</b>	m	0.040	Ro	Ecuación (3.69)
<b>Relación Q/Qo</b>	-	0.493	Q/Qo	Q/Qo<0.85 CUMPLE

Nota: Fuente propia

Se debe tener en consideración que la relación entre el caudal de diseño y el de la tubería debe ser menor a 0.85. Además para determinar los valores reales de la tubería se emplean las relaciones hidráulicas planteadas por el libro de Lopez (2000).

$$\frac{V}{V_o} = 0.768 \quad (3.70)$$

$$\frac{D}{D_o} = 0.468 \quad (3.71)$$

$$\frac{R}{R_o} = 0.962 \quad (3.71)$$

$$\frac{H}{D_o} = 0.361 \quad (3.72)$$

Todos los cálculos de esta sección los encuentra en la tabla 66.

**Tabla 66***Relaciones hidráulicas*

<b>Relaciones hidráulicas</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Observación</b>
<b>V/Vo=0.768</b>	m/s	0.98	V	
<b>D/Do=0.468</b>	mm	74.88	D	

<b>R/Ro=0.962</b>	mm	38.48	R	(Lopez, 2000), Ecuaciones (3.70- 3.72)
<b>H/Do=0.361</b>	mm	57.76	H	

Nota: Fuente propia

Finalmente, se verifica el esfuerzo tractivo de la tubería adoptada.

$$t = y * R * S \quad (3.72)$$

Donde:

y: Peso específico del agua residual, 1050kgf/m<sup>3</sup>

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente (%)

### Tabla 67

*Comprobación por esfuerzo tractivo de la tubería*

Descripción	Unidad	Valor	Nomenclatura	Observación
<b>Peso específico del agua residual</b>	Kgf/m <sup>3</sup>	1050	Ro	(Lopez, 2000)
<b>Radio hidráulico de tubería</b>	mm	38.48	R	-
<b>Pendiente</b>	%	2%	S%	-
<b>Esfuerzo tractivo</b>	Pa	7.925	t	t > 1 Pa CUMPLE

Nota: Fuente propia

Según Farras (2005), menciona que para la remoción de las partículas adoptado se debe superar 1 Pa (0.1kgf/m<sup>2</sup>) para la correcta remoción de sólidos. Por ello, el diámetro establecido de 160mm con una pendiente al 2% cumple con la condición.

### 3.8 Especificaciones Técnicas

Este apartado hace referencia al conjunto de especificaciones y/o indicaciones necesarias para la ejecución de los rubros implícitos en el proyecto, por lo cual, se detallan los procesos y requerimientos que rondan todas las etapas del tren de tratamiento. Para el caso se emplea las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes de la

MOP -001-F (2002) y especificaciones técnicas de obra civil de GAD Municipal de Cuenca (2024) y Municipio de Shushufindi (2020), datos del como objeto de consulta para las especificaciones del proyecto.

### **RUBRO: REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO**

#### **Definición**

Se refiere a la demarcación en el terreno de proyecto los puntos de control exactos que se describen en los planos, además es una tarea preliminar para la construcción de las estructuras implícitas.

**Unidad:** m<sup>2</sup>

#### **Especificaciones**

La operación se ejecuta empleando equipo de precisión topográfico, tales como, estación total o equipos GNSS. Se requiere un equipo especializado y capacitado como lo es topógrafos y cadeneros (ayudantes). Se debe colocar al menos 2 hitos de concreto, que indique la cota sobre nivel del mar puesto que el proyecto presenta una amplia área de implantación.

### **RUBRO: EXCAVACIÓN DE ZANJAS A MÁQUINA EN SUELOS SIN CLASIFICACIÓN**

#### **Definición**

Se define como la acción de remover la tierra y otros materiales, con el objetivo de realizar el movimiento de tierras que el proyecto requiere, mediante maquinaria como: retroexcavadora, excavadora tipo oruga, etc. Esta actividad se realiza en suelo común, ya sea, arcilla, limo o arena.

Consiste en la remoción y manipulación con maquinaria, de las capas del suelo común del proyecto, con la finalidad de instalar o preparar las estructuras que se vallan a implantar.

La maquinaria que se puede emplear maquinaria como: excavadoras tipo oruga, retroexcavadoras, etc.

**Unidad:** m<sup>3</sup>

### **Especificaciones**

#### Excavación sin clasificación y sobreanchos

Este proceso emplea los planos y la memoria técnica para su ejecución. En caso de presentar condiciones in situ desfavorables, el equipo o encargado de la fiscalización de obra puede modificar la ejecución por criterio propio.

Según GAD Municipal de Cuenca (2024), establece como ancho mínimo del fondo para la excavación con efectos de medición, a partir de la siguiente relación:  $A = D + 0.5$ , donde, A es el ancho del fondo de la excavación y D es diámetro exterior de la tubería y 0.5m es el ancho para que el jornalero cumpla actividades de encoframiento, instalaciones y supervisión de obra.

#### Profundidades de excavación y taludes en paredes

Se establece una profundidad de 0 a 2m de paredes verticales, ya que si sobrepasa este rango puede presentar inestabilidad, y se requiere del empleo sistemas de construcción de tablestacados, entibamiento continuo o discontinuo y puntales, según los criterios del fiscalizador de obra.

En el caso de excavaciones de 2 a 6 metros de profundidad, se deben conformar taludes en la pared de la zanja, cuya inclinación máxima se define mediante las siguientes relaciones:

En caso de excavación profundas, es decir, que estén entre 2 a 6m de profundidad, las especificaciones del GAD Municipal de Cuenca (2024), establece taludes máximos de acuerdo a lo siguiente:

- De 0-3 m. de profundidad el talud máximo será de 1H: 8V.
- De 0-4 m. de profundidad el talud máximo será de 1H: 6V.
- De 0-5 m. de profundidad el talud máximo será de 1H: 4V.
- De 0-6 m. de profundidad el talud máximo será de 1H: 4V.

#### Presencia del nivel freático o agua en general

La presencia de agua ya sea del subsuelo, aguas lluvias o inundaciones, dificulta los procesos de excavación, por lo cual se deben tomar medidas de protección, como: bombeo, drenaje, cunetas, estacados o ataguías.

En caso de existir condiciones climáticas de favorables que produzcan estancamientos o se halla llegado al nivel freático del suelo que dificulte la excavación, se deben tomar medidas de mitigación y protección como el empleo de bombas de drenaje hasta cunetas.

#### **RUBRO: RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL**

##### **Definición**

Se refiere a la acción de rellenar las zanjas que se hallan realizado para la implantación de elementos del proyecto.

**Unidad:** m<sup>3</sup>

##### **Especificaciones**

No se deberá efectuar ningún tipo de relleno si la previa aprobación del fiscalizador de obra, puesto que, este podrá ordenar el total desalojo del material empelado que no fueron aprobados por este ente. El fiscalizador de obra debe verificar las pendientes y la alineación del tramo a rellenar con la finalidad preservar la integridad de las tuberías.

No se permite colocar el relleno en condiciones sobresaturadas, para evitar una deficiente compactación. El fiscalizador de obra debe supervisar la presencia de socavaciones por derrumbes, de ser el caso, se debe realizar otra excavación para asegurar la vertical en la

zanja. Además, las capas de relleno a compactar no deben ser mayores a 30cm de altura y se debe emplear maquinaria como: compactadores de rodillo o manuales.

**RUBRO: HORMIGÓN PREMEZCLADO PARA ELEMENTOS DEL TREN DE TRATAMIENTO**

**Definición**

Según la NEC-SE-HM (2015), establece al hormigón como una mezcla de cemento portland o cualquier cemento hidráulico, adicionado con material pétreo fino y grueso y agua, ya sea con o sin aditivos.

**Unidad:** m<sup>3</sup>

**Especificaciones**

Se requiere de material que cumplan los especificaciones planteada en la normativa de la ASTM C 33-03 (2003).

*Arena:* El agregado de estar limpio, duro, con bordes angulosos y de textura áspera. No se permite el uso de arenas arcillosas, blandas o que se deshagan fácilmente, y tampoco debe contener material orgánico.

*Piedra:* El agregado debe estar limpio y no alterado, con resistencia adecuada.

*Cemento:* Se empleará el cemento Portland que cumpla con los estándares de la normativa ASTM-C150. El proveedor debe corroborar los cumplimos mediante certificados.

*Agua:* Se debe emplear agua potable para el mezclado del hormigón, que asegure la ausencia de algún tipo de contaminantes que pueda afectar su resistencia. Además, se requiere después del desencofrado el curado respectivo de los elementos.

*Aditivos:* Se emplearán aditivos al hormigón dependiendo de los criterios construcción y especificaciones de la ACI y ASTM, respectivamente.



*Vaciado del hormigón:* Según las especificaciones generales de Compras publicas de Ecuador, menciona que el constructor debe notificar al contratante con 24 horas de anticipación, la hora y el elemento que será vaciado de hormigón. Se prohíbe iniciar el vaciado del hormigón cuando se presentan los siguientes casos:

- Presencia de lluvias fuertes o prolongadas, que rebasen la estabilidad de mortero.
- Iluminación insuficiente.
- La temperatura del hormigón supera los 20 °C.
- Cuando no se cuente con la suficiente mano de obra.

## **RUBRO: INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE PVC**

### **Definición**

La instalación de tuberías y accesorios se entiende como el conjunto de operaciones que se ejecutan para suministrar el caudal a las distintas etapas de tratamiento de las aguas residuales, según se requieran, ya sean estas de PVC, hierro fundido, hierro dúctil, hierro negro o hierro galvanizado, plástico y acero.

**Unidad:** u

### **Especificaciones**

*Codos, Tees y Yees:* Piezas de PVC que se emplean cuando existe un cambio en la dirección del flujo y que une 2 o más tuberías.

*Válvulas de compuerta:* Se emplean cuando se requiere contener o controlar el flujo del agua o lodos, en la entrada o salida de cada etapa del tren de tratamiento.

## **RUBRO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MADERA**

**Definición**

Es un elemento compuesto y armado por piezas de madera que contiene del hormigón vertido, además de dar la forma y confección requerida al elemento en cuestión. Una vez endurecido el hormigón se retira el elemento confiando.

**Unidad:** m<sup>2</sup>

**Especificaciones**

Para el diseño y cálculo del encofrado se toma en cuenta los siguientes factores: velocidad y método de vaciado del hormigón, cargas de construcción impuestas y requisitos especiales para el encofrado. El constructor debe controlar y pronosticar el correcto ensamblaje de los elementos con las dimensiones requeridas en los planos. Para desencofrar se requiere de algún tipo de material bituminoso (aceite quemado) previo al vaciado, con a finalidad de remover el encofrado.

**RUBRO:** ACERO DE REFUERZO FY:4200 KG/CM<sup>2</sup>

**Definición**

Elemento corrugado que se emplea para aumentar la resistencia y capacidad de carga del hormigón. Se pueden cortar, doblar y figurar dependiendo de la estructura.

**Unidad:** Kg

**Especificaciones**

El acero de refuerzo debe cumplir las normativas vigentes de la INEN y que el proveedor lo certifique. El constructor encargado debe supervisar el correcto manejo y manipulación de las varillas, previo al armado.

**RUBRO:** ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE

**Definición**

Es un recubrimiento simple de las superficies con mortero, es decir, de arena, agua y cemento, con la finalidad de mejorar el acabado de la estructura.

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Especificaciones**

Se debe ir añadiendo el material seco con pequeñas cantidades agua hasta formar una pasta homogénea. Dado que el mortero estará en contacto con el agua, este debe tener una dosificación de 1 a 3 en conjunto con un impermeabilizante.

### **RUBRO: CAJA DE VALVULAS Y DE REGISTRO**

#### **Definición**

Son aquellos compartimientos que se emplean para proteger las válvulas y revisar las tuberías.

**Unidad:** u

### **Especificaciones**

La ubicación para cada caja se establecerá según lo indicado en los planos y se respetaran las dimensiones especificadas. Se emplean cajas de registro prefabricadas, de deberán seguir las indicaciones del fabricante.

### **RUBRO: GEOMEMBRANA DE POLIETILENO**

#### **Definición**

Es una capa sintética hecha de polietileno de gran resistencia a ataques químicos y mecánicos que funge como barrera entre el suelo y para el caso el humedal.

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Especificaciones**

Medida de protección ante las infiltraciones del agua residual con medios subterráneos. Previo a la instalación se requiere de limpieza, nivelación y compactación del terreno. Asimismo, de contar con retiros alrededor de la zanja para su correcto anclaje.

### **RUBRO: IMPLANTACIÓN DE TOTORA**

#### **Definición**

Consta de la plantación de la macrófita elegida para llevar el tratamiento del agua residual. Cuyo nombre científico es *Scirpus californicus*, o comúnmente llamada totora.

**Unidad:** u

#### **Especificaciones**

Una vez terminado el relleno con el material pétreo seleccionado, se recomienda llenar con agua limpia el humedal hasta una profundidad de 30 a 50 cm, que es necesario para el crecimiento adecuado de las macrófitas. Se planta cada 1 metro las totoras individuales, después del retiro de 2 metros al perímetro del humedal. Además, la plantación se recomienda en temporadas en época templada con la finalidad de asegurar la germinación y crecimiento. Se requiere mantenimiento frecuente para la poda y revisión de totoras que hayan muerto

## **Capítulo 4**

## **4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL (EIA)**

### **4.1 Descripción del proyecto**

La base del proyecto es enfocada en la sostenibilidad y fácil operatividad, esto incluye aspectos sociales, ambientales y económicos. El objetivo es diseñar un sistema de depuración de agua residual para la comunidad de San Cristóbal que este alineado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Dentro de los ODS, existe el objetivo 6 “Agua limpia y saneamiento”, ya que se alinea a la necesidad intrínseca del proyecto en el tratamiento de agua residual para la disminución de la contaminación de fuentes hídricas. Asimismo, el objetivo 3 “salud y bienestar” que preserva la calidad de vida de los moradores de la comunidad, reduciendo las enfermedades y muertes producido por la contaminación del agua.

Por otra parte, otros de los objetivos que se alinean a esta investigación es el objetivo 9 “industria, innovación e infraestructura”, ya que se debe contar con infraestructuras resilientes y de calidad que aporte al desarrollo económico y operativo del tren de tratamiento. La innovación y un correcto dimensionamiento para el análisis preliminar y las etapas es de suma importancia para la correcta generación de presupuestos e implantación de obra en la comunidad.

Adicionalmente, se debe considerar el objetivo 11 “ciudades y comunidades sostenibles”, ya que se debe asegurar el acceso a servicios de calidad, seguros y asequibles para garantizar la correcta gestión de desechos y manejo de agua residual. El desarrollo sostenible en comunidades rurales reducidas genera un impacto positivo en la plusvalía de la comunidad o sector de implantación. Además, la generación de empleo beneficia a la comunidad de manera más activa y directa, siendo atractiva para nuevos moradores.

Dicho esto, el análisis de impacto ambiental para este proyecto se enfoca en la recopilación de los parámetros que afectan al medio ambiente, estrategias de operación y mantenimiento y materiales como hormigón, acero y geomembrana. Asimismo, la maquinaria para el movimiento de tierras y los escombros generados en la implantación deben ser previamente gestionados y anticipados para reducir el impacto ambiental. Cabe resaltar que la zona de implantación del proyecto no forma parte de las áreas protegidas del Ecuador, según el sistema nacional de áreas protegidas. Sin embargo, se requiere de licencia ambiental del sistema único de información ambiental para iniciar la implantación de obra.

## Figura 22

### *Objetivos de Desarrollo Sostenible*



Nota: Obtenido de la página de las naciones unidas (ONU, 2024), objetivos de desarrollo sostenible (ODS) alineados al proyecto.

## 4.2 Línea base ambiental

Al tratar un proyecto desde cero la condición actual es impoluta, es decir que en las áreas propuestas en el apartado 2.4.6 en la figura 5, no presentan ningún tipo de manipulación por el hombre. Por ello, su flora y fauna puede verse perjudicada al momento de implantar el sistema de tratamiento. El retiro de vegetación o también llamado desmoste es inevitable debido a procesos de nivelación e implantación de infraestructura. En base al planteamiento de López Vázquez (2013) para el estudio medioambiental, se desarrolló la tabla 68 con los

factores de afectación en referente al medio actuante y componente involucrado. Por otra parte, la parte social no debe verse afectado por los procesos implícitos de la construcción se debe priorizar el bienestar y reducir al mínimo las molestias generadas.

**Tabla 68**

*Árbol de factores para el diseño de planta de depuración de agua residual*

Medio	Componente	Factor(es)
Fisicoquímico Inerte	Suelo y Subsuelo	Cambio en la forma del suelo
		Erosión del suelo
		Contaminación generada por actividades constructivas
		Riego de infiltración
Físico - Biótico	Aire	Emisiones de contaminantes por actividades de maquinaria
	Flora	Ecosistema de la flora perjudicado
		Remoción de cobertura vegeta
	Fauna	Fauna desplazada
Humana	Social	Incremento de la productividad
	Económico	Generación directa e indirecta de empleo
		Desarrollo en el área comercial y turística
	Calidad de vida	Mejora en la salud de la comunidad y demás comunidades
		Estándares de higiene

Nota: obtenido de López Vázquez (2013)

### 4.3 Actividades del proyecto

Las fases del tren de tratamiento tienen como función depurar el agua, para que esta sea apta al desalajo en medios hídricos como ríos o quebradas. La construcción y operación involucran actividades que pueden generar impactos negativos al medio ambiente, por ello, se han desglosado de la siguiente manera:

- Fase constructiva o de implantación
  - Nivelación y desmonte: Modificar el perfil del terreno adaptándolo a la implantación de la planta de depuración. Esto implica la remoción de la fauna y flora, además de porciones de suelo superficial y subsuperficial, mediante



maquinaria apta para excavaciones lo cual no solo afecta el suelo sino el aire por las emisiones de dióxido de carbono.

- Encofrado y hormigonado: Implica en la fabricación de los moldes que confinan al hormigón para el pretratamiento y tratamiento primario. Aquello requiere de estructuras para el canal de entrada que recepta y pretrata las aguas residuales y el tanque de Imhoff que funde como un sedimentador primario. Asimismo, esta actividad genera una excesiva cantidad de residuos, que bien pueden ser reutilizados dependiendo del estado. Por otro lado, el transporte de materiales y la fabricación de los elementos para la infraestructura también generan emisiones de dióxido de carbono que contribuye a la huella de carbono.
- Impermeabilización: El empleo de pintura y aditivos dispone de químicos que, además de contaminar el aire, también contaminan el suelo si entran en contacto. Asimismo, se incluye geomembrana para el humedal artificial superficial.
- Fase de operación y mantenimiento
  - Recepción de agua residual: Al ser un canal de recepción abierto ciertos solidos volatiles pueden afectar a las cercanías.
  - Control y mantenimiento de las fases del tren de tratamiento: La limpieza manual periódica es estrictamente requerida, ya que una ineficiencia de este aspecto podría generar fallos en el sistema afecto la infraestructura, el ambiente y la salud de los moradores.
- Fase de abandono o cierre:
  - Demolición y desmantelamiento del tren de tratamiento: La generación de desperdicios por el hormigón, al estar en contacto con aguas residuales no

puede ser reutilizado, lo cual genera escombros y contaminación visual. Al mismo tiempo que la maquinaria involucrada genera contaminación al aire y auditiva.

#### 4.4 Identificación de impactos ambientales

Los impactos al medio ambiente pueden ser evaluados a partir de una lista de revisión. Según Garmendia et al. (2005), menciona que consiste en plantear una lista donde se encuentran posibles impactos o factores que afectan de manera ambiental. Al mismo tiempo se analiza si estos repercuten de manera mínima o notable.

A partir de juicios de valor se analiza la afectación ambiental efectuado por el proyecto, de los cuales se los puede describir de la siguiente forma:

- **Compatible:** Implica una recuperación rápida del impacto generado, que no presenta o requiere de medidas de corrección.
- **Moderado:** Implica una recuperación moderada con respecto al tiempo, además no requiere de medidas correctoras.
- **Severo:** La recuperación requiere de mucho tiempo, además de requerir medidas correctoras complejas.
- **Critico:** El impacto no es recuperable temporalmente, las medidas correctoras sobrepasan los límites de diseño.

**Tabla 69**

*Lista de revisión para sistema de depuración*

Carácter		Duración	Espacio		Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Juicios
Beneficioso	Negativo	Temporal	Permanente	Local					

Contaminación del aire	X	X		X		X	X	Moderado	
Erosión del suelo	X			X		X	X	Severo	
Contaminación del agua/ Mal majeño el agua	X	X		X		X	X	Moderado	
Perdida de hábitats	X			X	X		X	X	Moderado
Perdida de vegetación	X			X	X		X	X	Moderado
Empleo	X			X		X	X	Positivo	
Nivel de ruido	X	X		X		X	X	Compatible	

Nota: Inspirado de Garmendía et al. (2005)

#### 4.5 Valoración de impactos ambientales

Para el caso de estudio se plantea una valoración cualitativa de los diversos aspectos de impacto ambiental. Esto repercute en cuan perjudicial son para el medio ambiente. Según Boris (2020), plantea la siguiente ecuación, que considera ciertas características de impacto ambiental con factores de importancia. Esto con la finalidad de obtener el índice de impacto ambiental.

$$Imp = We \times E + Wd \times D + Wr \times R \quad (4.1)$$

$$IA = \pm \sqrt{Imp \times |Mag|} \quad (4.2)$$

Donde cada variable se define como:

*Imp*= Valor de la importancia del impacto ambiental

*E*= Valor de criterio de extensión

*We*= Peso de criterio de extensión

*D*= Valor de criterio de duración

*Wd*= Peso de criterio de duración

*R*= Valor de criterio de reversibilidad

*Wr*= Peso de criterio de reversibilidad

IA= Impacto ambiental

Mag= Magnitud o también el grado de incidencia sobre el factor ambiental, la cual presenta una escala de puntuación del 1 al 10 presente en la tabla 71.

**Tabla 70**

*Escala de valoración cualitativa*

Característica	Puntaje				
	1	2.5	5	7.5	10
<b>Extensión</b>	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
<b>Duración</b>	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
<b>Reversibilidad</b>	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente reversible	Medianamente irreversible	Completamente irreversible
<b>Magnitud (incidencia sobre el factor)</b>	Poca incidencia		Mediana incidencia	Alta incidencia	

Nota: Obtenido de Boris (2020)

**Tabla 71**

*Valoración cualitativa de impacto ambiental*

	Características			We	Wd	Wr	Valor de importancia	Magnitud	Impacto ambiental (IA)
	Extensión	Duración	Reversibilidad						
<b>Contaminación del aire</b>	5	2.5	2.5	0.3	0.4	0.3	3.25	-2.5	-2.85
<b>Erosión del suelo</b>	1	10	10	0.2	0.3	0.5	8.20	-5	-6.40
<b>Contaminación del agua/Mal manejo del agua</b>	5	2.5	1	0.35	0.4	0.25	3.00	-1	-1.73

<b>Perdida de hábitats</b>	5	10	7.5	0.5	0.2	0.3	6.75	-5	-5.81
<b>Perdida de vegetación</b>	5	10	5	0.3	0.35	0.35	6.75	-7.5	-7.12
<b>Empleo</b>	5	2.5	1	0.3	0.5	0.2	2.95	2.5	2.72
<b>Nivel de ruido</b>	2.5	5	2.5	0.45	0.45	0.1	3.63	-1	-1.90
<b>Generación de polvo</b>	5	2.5	7.5	0.3	0.35	0.35	5.00	-5	-5.00

Nota: inspirada en Boris (2020)

La tabla 71 desglosa el cálculo del impacto ambiental para cada factor involucrado.

Asimismo Boris (2020), plantea una escala de valoración para el impacto ambiental, la cual se presenta a continuación:

**Tabla 72**

*Escala de valoración de impacto ambiental*

<b>Calificación de impacto ambiental</b>	<b>Valor del índice del impacto ambiental</b>
Altamente significativo	$ IA  \geq 6.5$
Significativo	$6.5 >  IA  \geq 4.5$
Despreciable	$ IA  < 4.5$
Beneficioso	$IA > 0$

Nota: Obtenido de Boris (2020)

En base a la tabla 71 y escalando el impacto con la tabla 72, el factor con un impacto altamente significativo es la pérdida de vegetación con -7.12, por cual es necesario precautelar la prevención y manejo de la vegetación del entorno del proyecto. Por otro lado, otro factor con un alto impacto negativo es la erosión del suelo, seguido por las pérdidas de hábitats y contaminación del aire, lo cual requiere de atención y control por la cuadrilla de operaciones y diseñadores. En cambio, el nivel de ruido se lo considera despreciable, ya que es temporal al momento del desarrollo y operación del proyecto. En comparación, con el empleo que presenta un impacto positivo, beneficiando a los moradores incrementando su nivel socioeconómico y calidad de vida. La generación de polvo es de importancia, ya que

puede afectar la salud de los moradores, por ello se debe implementar medidas de prevención para este impacto.

#### 4.6 Medidas de prevención/mitigación

Después de valorar e identificar los posibles impactos ambientales producidos por las etapas del proyecto en cuestión, se plantea medidas de prevención que permita manejar los impactos generados. Por ello, se requiere de un plan de manejo ambiental (PMA), que en base a los resultados obtenidos se pueda construir medias preventivas, correctoras y compensatorias para cada impacto.

Factores ambientales como el suelo, aire, agua, empleo y generación de ruidos, son considerados dentro del proyecto, los cuales actúan en fase de implementación del proyecto que pueden ser temporales o permanentes. Para los factores negativos es necesario aplacar y brindar soluciones para su control y operación a largo y corto plazo.

Dicho esto, se plantea la siguiente tabla con las medidas alineadas al plan de manejo ambiental:

**Tabla 73**

*Medidas de prevención*

<b>Impactos negativos</b>	<b>Medidas preventivas</b>	<b>Medidas correctivas</b>	<b>Medidas compensatorias</b>
Emisiones de Dióxido de carbono	Implementar cronograma para el empleo de la maquinaria en los horarios específicos.	Mejorar el empleo de la maquinaria en las actividades específicas.	Aportar con la reforestación del sector.
Erosión del suelo	Identificar un terreno en condiciones de erosión, pero adecuado para la construcción.	Recuperar la capa erosionada.	Plantar plantas ornamentales del sector, en zonas no afectadas.

Contaminación del agua/ mal manejo del agua	Prevenir extender la contaminación a las fuentes hídricas. Al mismo tiempo en ejecución del proyecto gestionar un correcto uso del agua disponible.	Controlar el afluente y efluente del agua residual. Llevar control del personal en relación con el uso del agua.	Diseñar adecuadamente el sistema para evitar infiltraciones. Planificar la cantidad de agua requerida.
Perdida de vegetación	Elegir zonas libres de vegetación.	Controlar la cantidad de área afectada.	En las proximidades plantar especies nativas.
Escombros	Implementar especificaciones para cada proceso.	Reciclar los escombros.	Reutilizar los escombros.
Generación de polvo	Emplear un carro cisterna que rocié agua periódicamente y se asiente el polvo.	Disponer desde el primer día un carro cisterna.	Reducción del polvo generado, preservando la salud de los moradores.

#### 4.7 Conclusiones.

- Los factores ambientales intrínsecos del proyecto generan un considerable impacto en las fases de implantación, por ello se debe gestionar y controlar los parámetros para así reducir y controlar el impacto ambiental a corto y largo plazo.
- La pérdida de hábitats y flora generan problemas de erosión en el suelo, ya que se podría perder de manera permanente las propiedades naturales del suelo, que generaría una tierra no apta para la vegetación.
- Preservar la salud y mitigar los inconvenientes generados por el proyecto, es de suma importancia para el convivio con la comunidad.
- Dado al alto impacto ambiental implícito en el proyecto se requiere obtener la licencia ambiental para su ejecución, registrando y constatando los pagos respectivos de emisión.

# Capítulo 5



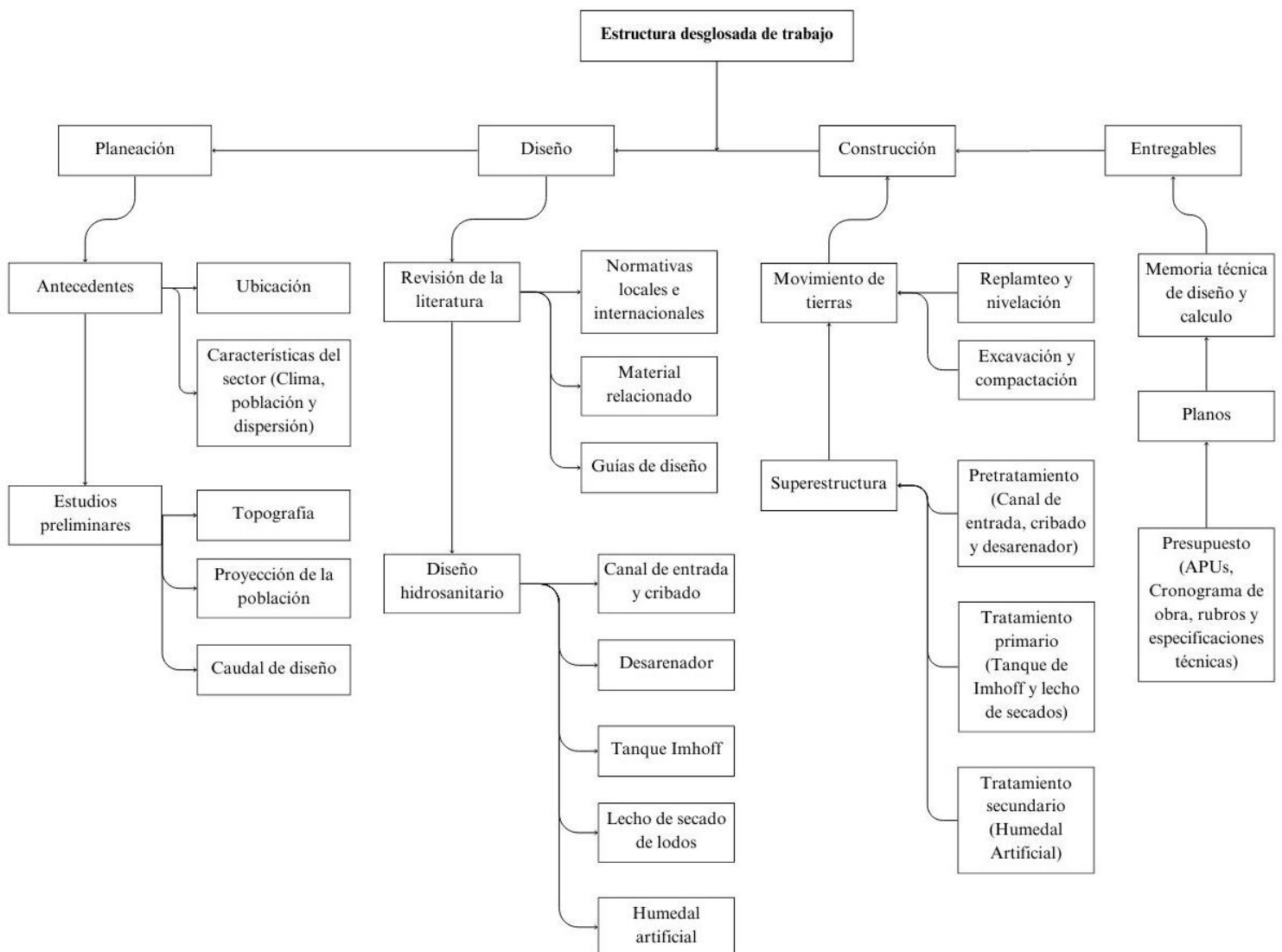
## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

Para el desarrollo de cada etapa del tren de tratamiento se empleó el modelo de Work Breakdown Structure (WBS). Este consta en el desglose jerárquico de todas las actividades implícitas en el proyecto. La composición del proyecto involucra 4 ejes que engloban al plan de trabajo los cuales se visualiza a continuación:

**Figura 23**

*Flujo de trabajo*



Nota: Fuente propia

La primera fase de planeación involucra lo previo al proyecto, es decir, el pre-proyecto que permite revisar las características del sector de estudio y aspectos preliminares al proyecto definitivo. La segunda fase de diseño corresponde a la investigación de las normativas vigente y guías necesarias para la realización del cálculo de cada etapa del tren de tratamiento que afiance su dimensionalidad. Asimismo, la caracterización del agua residual del afluente que ingresa a la planta en base a la revisión bibliográfica. Dentro de la tercera fase se detalla el desarrollo y aplicación de los diseños incluyendo los materiales, equipos, maquinarias y personal. Estos detallados dentro de los rubros de obra. Y finalmente la etapa de entregables, donde se entrega al cliente lo realizado a largo del proyecto integrador.

## 5.2 Análisis de precios unitarios (fusión)

A continuación, se presenta un resumen de los rubros y precios unitarios empleados. Cabe resaltar que los precios son referenciales, ya que se empleó paginas como Insucons (2024) , de la Contraloría General del Estado (2024) e inspirado en Córdova & Salazar (2022).

**Tabla 74**

*Resumen de análisis de precio unitario*

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>		
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.	
<b>Resumen del análisis de precio unitario</b>		
<b>#</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>
<b>1</b>	Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico	\$ 1.61
<b>2</b>	Excavación H=3 a 4m a máquina (excavadora)	\$ 7.48
<b>3</b>	Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0 - 2m	\$ 12.67
<b>4</b>	Relleno compactado con suelo natural	\$ 7.96
<b>5</b>	Válvula de compuerta H.F. D=160mm (inc. accesorios)	\$ 343.69
<b>6</b>	Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374	\$ 19.45

7	Hormigón simple f'c: 140 kg/cm <sup>2</sup> , Replanteo e=5cm	\$	8.27
8	Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm <sup>2</sup> (inc. bomba)	\$	158.76
9	Encofrado y desencofrado recto	\$	36.11
10	Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm <sup>2</sup> (inc. corte y figurado)	\$	3.26
11	Suministro e instalación de rejillas para cribado de gruesos	\$	54.21
12	Suministro e instalación de rejillas para cribado de finos	\$	48.36
13	Enlucido vertical con impermeabilizante	\$	8.84
14	Compuerta de acero inoxidable AISI 316l	\$	389.86
15	Excavación H>6m a máquina (excavadora)	\$	10.14
16	Hormigón premezclado f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> (inc. bomba)	\$	138.55
17	Caja de revisión de ladrillo mambro 110x110x100 m con tapa de Hormigón armado	\$	76.86
18	Codo PVC 90°D=160mm desagüe	\$	16.88
19	Tubería PVC D=200mm desagüe NTE INEN 1374	\$	33.45
20	Tee PVC D=160mm desagüe	\$	5.42
21	Yee PVC D=200mm desagüe	\$	32.14
22	Válvula de compuerta H.F. D=200mm (inc. accesorios)	\$	324.08
23	Impermeabilización con geomembrana e=1.5mm	\$	6.69
24	Implantación de vegetación (Totora)	\$	2.14
25	Relleno con grava 128 mm	\$	28.46
26	Relleno con grava 32 mm	\$	25.05
27	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	\$	4.82
28	Cama de arena H=10cm	\$	2.48
29	Tubería perforada anillada D=160mm	\$	9.77
30	Relleno con grava 3/4"	\$	23.10
31	Equipo de seguridad industrial para trabajadores	\$	793.26
32	Cintas de demarcación de áreas de trabajo	\$	1.01
33	Letrero (0.6X1.2M), H=2m	\$	142.26
34	Plancha de acero de e=1mm	\$	130.13
35	Control de polvo	\$	2.77
36	Capacitación a personal y fiscalizadores	\$	398.85

Nota: Fuente propia

### 5.3 Descripción de cantidades de obra

Se empleo Civil 3D como soporte para el cálculo y extracción de cantidades de obra. Esto, en referente la extracción del volumen del hormigón, áreas de encofrado y demás variables presentadas en las siguientes tablas.

**Tabla 75**

*Replanteo y nivelación*

<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
<b>Replanteo y nivelación</b>		
<b>Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico</b>	7428.83	m2
<b>Excavación H= 3 a 4m a máquina/(excavadora)</b>	13616.313	m3

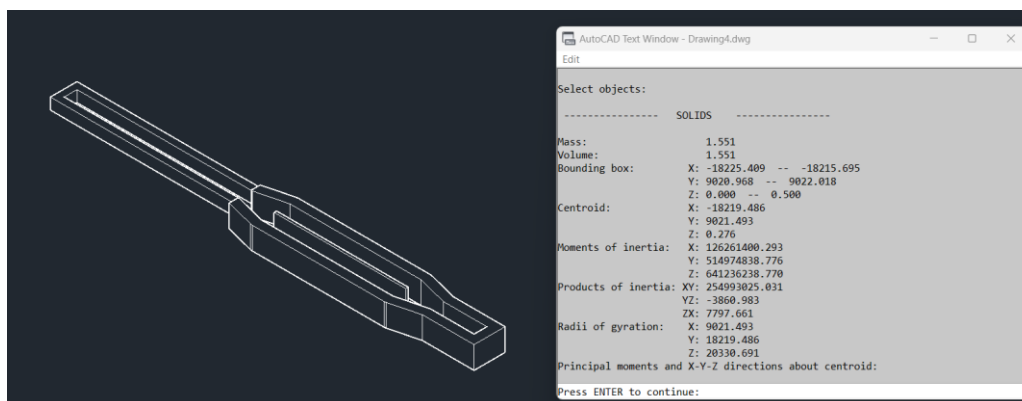
Nota: Fuente propia

#### **Canal de entrada, cribado y desarenador**

Para este apartado se generó un sólido o alzado para el análisis de volumen y demás elementos. En la siguiente figura se visualiza la estación del volumen.

**Figura 24**

*Modelado de pretratamiento*



Nota: Fuente propia

Tabla 76

*Cantidad de obra para el pretratamiento*

<b>CANAL DE ENTRADA, CRIBADO Y DESARENADOR</b>		
<b>Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico</b>	7.69	m2
<b>Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0 - 2m</b>	1.30	m3
<b>Relleno compactado con suelo natural</b>	1.49	m3
<b>Válvula de compuerta H.F. D=160mm (inc. accesorios)</b>	7.69	m2
<b>Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374</b>	1	u
<b>Hormigón simple f'c: 140 kg/cm2, Replanteo e=5cm</b>	27.43	m
<b>Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm2 (inc. bomba)</b>	1.55	m3
<b>Encofrado y desencofrado recto</b>	6.63	m2
<b>Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm2 (inc. corte y figurado)</b>	64.83	kg
<b>Suministro e instalación de rejillas para cribado de gruesos</b>	1	u
<b>Suministro e instalación de rejillas para cribado de finos</b>	1	u
<b>Enlucido vertical con impermeabilizante</b>	6.63	m2
<b>Compuerta de paso</b>	2	u
<b>Codo PVC 90°D=160mm desagüe</b>	3	u
<b>Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora</b>	5.49	m3
<b>Cama de arena H=10cm</b>	1.10	m2
<b>Vertedor triangular</b>	2.00	u

Nota: Fuente propia

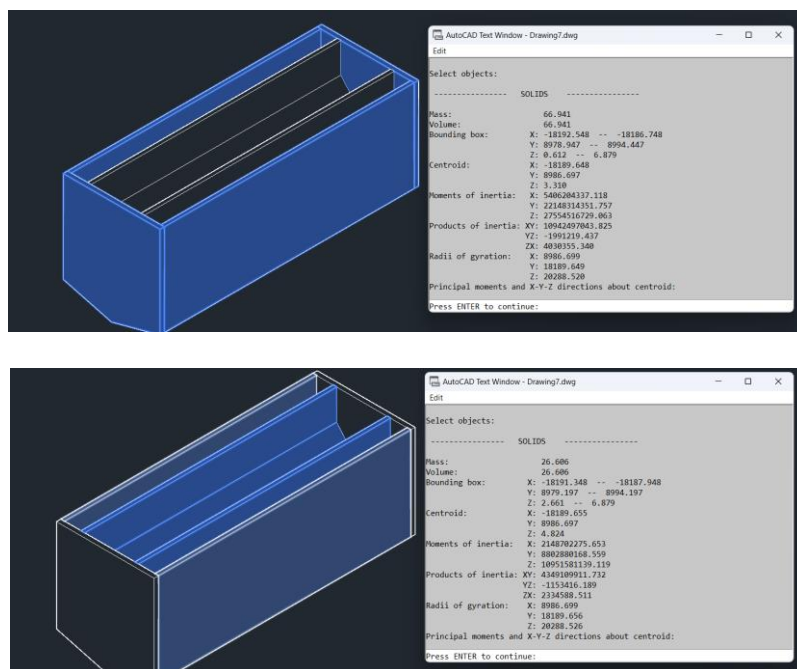
### **Tratamiento primario**

#### **Tanque Imhoff**

Se generó un sólido para el tanque de Imhoff y lecho de secados en civil 3D y se empleó la herramienta VOLUMEN.

Figura 25

Modelado de tanque Imhoff



Nota: Fuente propia

Tabla 77

Cantidad de obra para el tanque Imhoff

TANQUE IMHOOF		
Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico	87.00	m2
Excavación H>6m a máquina (excavadora)	130.55	m3
Relleno compactado con suelo natural	21.76	m2
Hormigón simple f'c: 140 kg/cm <sup>2</sup> , Replanteo e=5cm	4.35	m2
Hormigón premezclado f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> (inc. bomba)	26.606	m3
Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm <sup>2</sup> (inc. bomba)	66.941	m3
Encofrado y desencofrado recto	244.8	m2
Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm <sup>2</sup> (inc. corte y figurado)	5479.12	kg
Enlucido vertical con impermeabilizante	244.8	m2
Válvula de compuerta H.F. D=160mm (inc. accesorios)	1	u
Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374	3.5	m
Tubería PVC D=200mm desagüe NTE INEN 1374	6	m
Yee PVC D=200mm desagüe	2	u
Válvula de compuerta H.F. D=200mm (inc. accesorios)	1	u
Caja de revisión de ladrillo 110x110x100 m con tapa de H.A.	2	u

<b>Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora</b>	0.7	m <sup>3</sup>
<b>Cama de arena H=10cm</b>	0.03	m <sup>2</sup>

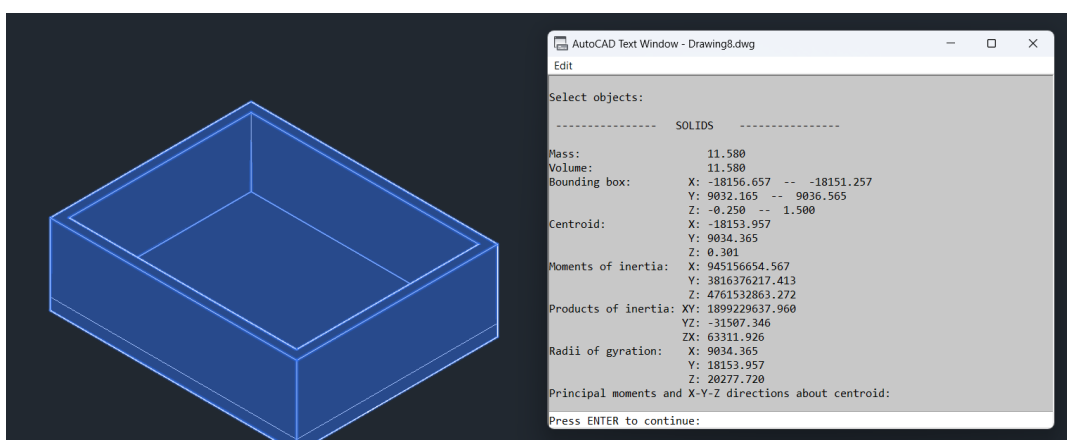
Nota: Fuente propia

### Lecho de secado de lodos

De igual manera se generó un sólido para la aproximación de volumen de hormigón.

**Figura 26**

*Modelado de lecho de secado*



Nota: Fuente propia

**Tabla 78**

*Cantidad de obra para el lecho de secado*

<b>LECHOS DE SECADO DE LODOS</b>		
<b>Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico</b>	23.76	m <sup>2</sup>
<b>Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0 - 2m</b>	30.00	m <sup>3</sup>
<b>Relleno compactado con suelo natural</b>	12.28	m <sup>2</sup>
<b>Hormigón simple f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>, Replanteo e=5cm</b>	1.188	m <sup>2</sup>
<b>Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm<sup>2</sup> (inc. bomba)</b>	11.58	m <sup>3</sup>
<b>Encofrado y desencofrado recto</b>	31.5	m <sup>2</sup>
<b>Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm<sup>2</sup> (inc. corte y figurado)</b>	526.50	kg
<b>Enlucido vertical con impermeabilizante</b>	31.5	m <sup>2</sup>
<b>Relleno con grava 3/4"</b>	1.2	m <sup>3</sup>
<b>Cama de arena H=10cm</b>	2.64	m <sup>2</sup>
<b>Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora</b>	2.27	m <sup>3</sup>
<b>Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374</b>	16.95	m <sup>2</sup>
<b>Tubería perforada anillada D=160mm</b>	4	m

<b>Codo PVC 90°D=160mm desagüe</b>	1	u
<b>Tee PVC D=160mm desagüe</b>	1	u

Nota: Fuente propia

### **Humedales artificiales**

El cálculo de cantidad de obra para el humedal se empleó lo previo calculado en el capítulo 3 de diseño y Civil 3D.

**Tabla 79**

*Cantidad de obra para el humedal*

<b>HUMEDALES ARTIFICIALES</b>		
<b>Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico</b>	3969	m2
<b>Excavación de zanjas a máquina H=0-2.75m</b>	2579.85	m3
<b>Relleno compactado con suelo natural</b>	4365.90	m3
<b>Impermeabilización con geomembrana e=1.5mm</b>	3969.00	m2
<b>Implantación de vegetación (Totora)</b>	2736	u
<b>Relleno con grava D=128mm</b>	188.1	m3
<b>Relleno con grava D=32mm</b>	1955.85	m3
<b>Cama de arena H=10cm</b>	1003.00	m3
<b>Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374</b>	139.5	m
<b>Tubería perforada anillada D=160mm</b>	120	m
<b>Tee PVC D=160mm desagüe</b>	10	u
<b>Codo PVC 90°D=160 mm desagüe</b>	5	u
<b>Caja de revisión de ladrillo 110x110x100 m con tapa de H.A.</b>	6	u

Nota: Fuente propia

Se puede constatar en los planos cada elemento agregado a este apartado.

## **5.4 Valoración integral del costo del proyecto**

En la siguiente tabla se da a conocer el presupuesto general de obra planteado.

**Tabla 80**

*Presupuesto referencial general de obra*

<b>Proyecto</b>	<b>Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.</b>
<b>Ubicación</b>	San Cristóbal, cantón Paute, provincia del Azuay

### **PRESUPUESTO REFERENCIAL GENERAL**



Código	Descripción de rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
A0001	Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico	m2	7428.83	1.52	\$ 11,960.41
A0002	Excavación H= 3 a 4m a máquina/(excavadora)	m2	13616.31	7.32	\$ 101,850.02
				Suma	\$ 110,963.23
	<b>PLANTA DE TRATAMIENTO</b>				
<b>2</b>	<b>CANAL DE ENTRADA, CRIBADO Y DESARENADOR</b>				
A0001	Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico	m2	7.69	1.52	\$ 12.38
A0003	Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0-2m	m3	1.30	12.06	\$ 16.42
A0004	Relleno compactado con suelo natural	m3	1.49	7.72	\$ 11.86
A0005	Válvula de compuerta H.F. D=160mm (inc. accesorios)	m2	1.00	342.26	\$ 343.69
A0006	Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374	u	27.43	18.93	\$ 533.51
A0007	Hormigón simple f'c: 140 kg/cm2, Replanteo e=5cm	m	7.69	8.04	\$ 63.61
A0008	Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm2 (inc. bomba)	m3	1.55	157.18	\$ 246.24
A0009	Encofrado y desencofrado recto	m2	6.63	34.95	\$ 239.41
A0010	Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm2 (inc. corte y figurado)	kg	64.83	3.11	\$ 211.33
A0011	Suministro e instalación de rejillas para cribado de gruesos	u	1.00	53.55	\$ 54.21
A0012	Suministro e instalación de rejillas para cribado de finos	u	1.00	47.7	\$ 48.36
A0013	Enlucido vertical con impermeabilizante	m2	6.63	8.34	\$ 58.61
A0014	Compuerta de paso	u	2.00	389.58	\$ 779.72
A0018	Codo PVC 90°D=160mm desagüe	u	3.00	16.65	\$ 50.64
A0027	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	m3	5.49	4.71	\$ 26.44
A0028	Cama de arena H=10cm	m2	1.10	2.47	\$ 2.72
A0034	Vertedor triangular	u	2.00	129.78	\$ 260.26
				Suma	\$ 2,913.05
<b>3</b>	<b>TANQUE IMHOOF</b>				
A0001	Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico	m2	87	1.52	\$ 140.07
A0015	Excavación H>6m a máquina (excavadora)	m3	130.55024	10	\$ 1,323.78
A0004	Relleno compactado con suelo natural	m2	21.758374	7.72	\$ 173.20
A0007	Hormigón simple f'c: 140 kg/cm2, Replanteo e=5cm	m2	4.35	8.04	\$ 35.97

<b>A0016</b>	Hormigón premezclado f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> (inc. bomba)	m <sup>3</sup>	26.606	138.04	\$	3,686.26
<b>A0008</b>	Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm <sup>2</sup> (inc. bomba)	m <sup>3</sup>	66.941	157.18	\$	10,627.55
<b>A0009</b>	Encofrado y desencofrado recto	m <sup>2</sup>	244.8	34.95	\$	8,839.73
<b>A0010</b>	Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm <sup>2</sup> (inc. corte y figurado)	kg	5479.12	3.11	\$	17,861.93
<b>A0013</b>	Enlucido vertical con impermeabilizante	m <sup>2</sup>	244.8	8.34	\$	2,164.03
<b>A0005</b>	Válvula de compuerta H.F. D=160mm (inc. accesorios)	u	1	342.26	\$	343.69
<b>A0006</b>	Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374	m	3.5	18.93	\$	68.08
<b>A0019</b>	Tubería PVC D=200mm desagüe NTE INEN 1374	m	6	33.37	\$	200.70
<b>A0021</b>	Yee PVC D=200mm desagüe	u	2	32.07	\$	64.28
<b>A0022</b>	Válvula de compuerta H.F. D=200mm (inc. accesorios)	u	1	322.65	\$	324.08
<b>A0017</b>	Caja de revisión de ladrillo mambron 110x110x100 m con tapa de Hormigón armado.	u	2	76.37	\$	153.72
<b>A0027</b>	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	m <sup>3</sup>	0.7	4.71	\$	3.37
<b>A0028</b>	Cama de arena H=10cm	m <sup>2</sup>	0.03	2.47	\$	0.07
				Suma	\$	44,624.26
<b>4</b>	<b>LECHOS DE SECADO DE LODOS</b>					
<b>A0001</b>	Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico	m <sup>2</sup>	23.76	1.52	\$	38.25
<b>A0003</b>	Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0-2m	m <sup>3</sup>	30	12.06	\$	380.10
<b>A0004</b>	Relleno compactado con suelo natural	m <sup>2</sup>	12.28	7.72	\$	97.75
<b>A0007</b>	Hormigón simple f'c: 140 kg/cm <sup>2</sup> , Replanteo e=5cm	m <sup>2</sup>	1.188	8.04	\$	9.82
<b>A0008</b>	Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm <sup>2</sup> (inc. bomba)	m <sup>3</sup>	11.58	157.18	\$	1,838.44
<b>A0009</b>	Encofrado y desencofrado recto	m <sup>2</sup>	31.5	34.95	\$	1,137.47
<b>A0010</b>	Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm <sup>2</sup> (inc. corte y figurado)	kg	526.50	3.11	\$	1,716.38
<b>A0013</b>	Enlucido vertical con impermeabilizante	m <sup>2</sup>	31.5	8.34	\$	278.46
<b>A0030</b>	Relleno con grava 3/4"	m <sup>3</sup>	1.2	22.94	\$	27.72
<b>A0028</b>	Cama de arena H=10cm	m <sup>2</sup>	2.64	2.47	\$	6.55
<b>A0027</b>	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	m <sup>3</sup>	2.27	4.71	\$	10.94
<b>A0019</b>	Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374	m <sup>2</sup>	16.95	33.37	\$	566.98

<b>A0029</b>	Tubería perforada anillada D=160mm	m	4	9.22	\$	39.08
<b>A0018</b>	Codo PVC 90°D=160mm desagüe	u	1	16.65	\$	16.88
<b>A0020</b>	Tee PVC D=160mm desagüe	u	1	5.34	\$	5.34
				Suma	\$	6,170.24
<b>HUMEDALES ARTIFICIALES</b>						
<b>A0001</b>	Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico	m2	3969	1.52	\$	6,390.09
<b>A0027</b>	Excavación de zanjas a máquina H=0-2.75m	m3	2579.85	4.71	\$	12,434.88
<b>A0004</b>	Relleno compactado con suelo natural	m3	4365.90	7.72	\$	34,752.56
<b>A0023</b>	Impermeabilización con geomembrana e=1.5mm	m2	3969.00	6.63	\$	26,552.61
<b>A0024</b>	Implantación de vegetación (Totora)	u	2736.00	2.09	\$	5,855.04
<b>A0025</b>	Relleno con grava D=128mm	m3	188.10	28.16	\$	5,353.33
<b>A0026</b>	Relleno con grava D=32mm	m3	1955.85	24.65	\$	48,994.04
<b>A0028</b>	Cama de arena H=10cm	m3	1003.00	2.47	\$	2,487.44
<b>A0020</b>	Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374	m	139.5	5.34	\$	756.09
<b>A0019</b>	Tubería perforada anillada D=160mm	m	120	33.37	\$	4,014.00
<b>A0020</b>	Tee PVC D=160mm desagüe	u	10	5.34	\$	54.20
<b>A0018</b>	Codo PVC 90°D=110mm desagüe	u	5	16.65	\$	84.40
<b>A0017</b>	Caja de revisión de ladrillo mambron 110x110x100 m con tapa de Hormigón armado	u	6	76.37	\$	461.16
				Suma	\$	145,251.64
<b>7</b>	<b>MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES</b>					
<b>A0035</b>	Control de polvo	m3	27.23	2.77	\$	75.43
<b>A0036</b>	Capacitación a personal y fiscalizadores	u	1	398.85	\$	398.85
				Suma	\$	474.28
<b>6</b>	<b>SEGURIDAD LABORAL</b>					
<b>A0031</b>	Equipo de seguridad industrial para trabajadores	u	1	793.26	\$	793.26
<b>A0032</b>	Cintas de demarcación de áreas de trabajo	m	300	1.01	\$	303.00
<b>A0033</b>	Letrero (0.6X1.2M), H=2m	u	1	142.11	\$	142.26
				Suma	\$	1,238.37
				Subtotal	\$	318,853.26
				IVA 15%	\$	47,827.99
				<b>TOTAL</b>	\$	<b>366,681.25</b>

Nota: Fuente propia

Cada planta de tratamiento presenta el mismo presupuesto elaborado en este apartado. Una vez implantado la planta de tratamiento se requiere estimar un costo operaciones (CO) para la ejecución. Se a planteado la siguiente expresión que relaciona el caudal de diseño y el presupuesto total en un año de ejecución:

$$CO = \frac{\textit{Presupuesto}}{\textit{Caudal de diseño} * \textit{1 año}} = 0.92 \frac{\textit{USD}}{\textit{m}^3}$$

Este costo será requerido para insumos internos, personal de trabajo, disposición de residuos y mantenimiento general de la planta de tratamiento.

## 5.5 Cronograma de obra

Se presenta un cronograma valorado tentativo de obra para la ejecución del proyecto inspirado Córdova & Salazar (2022), el cual tiene como duración estimada de 7 meses (28 semanas).











Implantación de vegetación (Totora)	5855.04																						35%	35%	30%
																							2,049.26	2,049.26	1,756.51
Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374	756.09													25%	25%	50%									
														189.02	189.02	378.05									
Tubería perforada anillada D=160mm	4014.00																					35%	35%	30%	
																						1,404.90	1,404.90	1,204.20	
Tee PVC D=160mm desagüe	54.20																					33%	33%	33%	
																						18.07	18.07	18.07	
Codo PVC 90°D=110mm desagüe	84.40																					33%	33%	33%	
																						28.13	28.13	28.13	
Caja de revisión de ladrillo mambon 110x110x100 m con tapa de Hormigon armado	461.16																					50%	50%		
																						230.58	230.58		
MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES																									
Control de polvo	75.43							20%					20%				20%				20%				
								15.09					15.09				15.09				15.09				
Capacitación a personal y fiscalizadores	398.85	100%																							
		398.85																							
SEGURIDAD LABORAL																									
Equipo de seguridad industrial para trabajadores	793.26	100%																							
		793.26																							
Cintas de demarcación de áreas de trabajo	303.00	100%																							
		303																							
Letrero (0.6X1.2M), H=2m	142.26	100%																							
		142.26																							
Inversion semanal	\$318,651.57	7617.58	5980.21	20370.00	20370.00	20841.02	20925.75	21071.36	2264.92	4265.08	8703.14	20804.20	21861.68	6741.68	11735.02	10601.61	12706.22	7110.77	9447.82	9320.68	30183.09	21573.86	20350.11	2049.26	1756.51
% Avance		2.39%	1.88%	6.39%	6.39%	6.54%	6.57%	6.61%	0.71%	1.34%	2.73%	6.53%	6.86%	2.12%	3.68%	3.33%	3.99%	2.23%	2.96%	2.93%	9.47%	6.77%	6.39%	0.64%	0.55%
Inversion acumulada		7617.58	13597.78	33967.79	54337.79	75178.81	96104.56	117175.92	119440.84	123705.92	132409.06	153213.26	175074.94	181816.62	193551.64	204153.26	216859.47	223970.24	233418.06	242738.74	272921.839	294495.69	314845.80	316895.06	318651.57
Avance acumulado		2.39%	4.27%	10.66%	17.05%	23.59%	30.16%	36.77%	37.48%	38.82%	41.55%	48.08%	54.94%	57.06%	60.74%	64.07%	68.06%	70.29%	73.25%	76.18%	85.65%	92.42%	98.81%	99.45%	100.00%

Nota: Fuente propia

# Capítulo 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Se realizó el diseño hidrosanitario de un sistema sostenible de depuración de agua residual mediante humedales artificiales para la comunidad de San Cristóbal, cantón Paute, provincia del Azuay. Se generó un tren de tratamiento que incorpora tratamiento preliminar, primario y secundario, con la finalidad de remover los contaminantes de las aguas residuales generados por los habitantes acorde a su sector, extensión territorial y población. Con un coste de operacional de 0.92 USD/m<sup>3</sup> para actividades e insumos internos de la planta de tratamiento.

Empleando el código práctico de la construcción para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CPE INEN 5 parte 9-1) y la normativa para el diseño de alcantarillado (EMAAP-Q), se obtuvo el caudal de diseño de 12.61 L/s, teniendo en cuenta el caudal máximo diario y de infiltración.

Se analizaron tres diferentes propuestas relacionadas al tratamiento biológico, donde la ganadora resultó el humedal artificial subsuperficial. La cual trabaja principalmente en la remoción de nutrientes y otros parámetros contaminantes. Asimismo, por las ventajas operativa y de mantenimiento que presenta su implementación en comunidades pequeñas a largo plazo.

Se diseñaron los humedales como tratamiento secundario para las aguas residuales mediante parámetros hidráulicos y biológicos de primer orden, donde el nitrógeno controló el diseño del sistema. Asimismo, se aplicaron modelos teóricos esperados de remoción para este tipo de tratamiento en base a los autores Alarcón et al. (2018) y Lara-Borrero (1999), obteniendo el cumplimiento de los contaminantes tratados según los límites establecidos de la

TULSMA. Por lo cual, el efluente del agua tratada no requiere de ningún tipo de desinfección o tratamiento terciario.

Se calculo el tiempo de vida útil del humedal artificial a 21 años de funcionamiento y operatividad, que implica que terminado este tiempo se debe cambiar el material pétreo y plantas. Esto por la acumulación de solidos que generarían estancamientos en el paso del agua a tratar.

En el análisis de impacto ambiental se evidencio que la implantación de la planta de tratamiento de agua residual beneficiara a la comunidad, tanto como medio de empleo como servicio básico esencial. Asimismo, se propuso medidas para contrarrestar los impactos y no generar conflictos con los moradores.

Finalmente, se elaboró un presupuesto tentativo de construcción para cada planta de tratamiento, con un desarrollo estimado de 7 meses y se realizó un cronograma valorado para el tiempo de ejecución generado.

## **6.2 Recomendaciones**

Esta memoria técnica presenta los cálculos para la adecuada operación y funcionamiento de las estructuras hidrosanitarias el tren de tratamiento. Sin embargo, el diseño estructural de las etapas de pretratamiento y tratamiento primario y geotécnico de la implantación, no entran en el alcance de este proyecto integrador. Por ello, para el desarrollo de la propuesta planteada se recomienda realizar comprobaciones de deformación y resistencia de las estructuras de hormigón armado con software especializado. Asimismo, de estudios y caracterización del suelo de las plantas de tratamiento.

Referente al mantenimiento, se recomienda la revisión y limpieza periódica de los elementos como rejillas y poda de las macrófitas de los humedales. Cada operación y proceso interno tiene un tiempo de vida útil de 21 años, por lo cual, posteriormente, se requiere una

reevaluación de las condiciones de la planta de tratamiento. Por otro lado, las macrófitas pueden ser empleadas para la creación de artesanías, sombreros, esteras, etc. Que se han realizado a lo largo de la historia de la sierra ecuatoriana.

El tren planteado funciona a gravedad dado a las características escarpadas de las ubicaciones de cada planta. Sin embargo, se requiere o se puede requerir de un sistema de bombeo o un cárcamo de bombeo previo a los humedales para reducir los volúmenes de excavaciones y así reducir en parte costo final de este rubro. Además, se pueden usar los lodos estabilizados como compostaje de abonos ricos en nutrientes para el desarrollo agrícola a bajo costo. El agua del efluente se puede verter directo a los cuerpos de agua dulce o almacenarlos para el riego agrícola, forestal, entre otras actividades.

Es importante destacar que el diseño se basó en consideraciones y datos de referenciales, debido a la limitada de información inicial. Esta falta de datos incluye aspectos como las cotas de diseño del sistema de alcantarillado y la composición de las aguas residuales. También se requiere gestionar los permisos ambientales pertinentes para la ejecución del proyecto.

Finalmente, para la fase constructiva, al presentar excavaciones de más de 2 metros es recomendando el empleo de tablestacados a las paredes de las zanjas para evitar el colapso.

## Referencias

- Acero, P., & Morocho, S. (2021). *Estudio y propuesta de desinfección natural del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Churuguzo, Cantón Cuenca, Ecuador* [Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35990>
- Alarcón, M., Zurita, F., Hadad, H., García, A., & Vidal, G. (2018). Humedales de tratamiento : alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina. In *Humedales de tratamiento...* (Issue June). <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/34519>
- Andrade, M. L., Borja, D. F., & García, M. J. (2021). Diseño y cotización de una planta de tratamiento de aguas residuales para parroquias rurales del Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo-Ecuador. *ConcienciaDigital*, 4(2), 198–214. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.1659>
- ASTM C 33-03. (2003). *Especificación estándar para AGREGADOS PARA CONCRETO*. 1–15.
- Bayas, L. (2018). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en poblaciones rurales de la sierra norte del Ecuador; aplicación a la Parroquia Lita. *Zaragoza*, 1–69.
- Boris, T. (2020). *Matriz de Leopold Modificada Impacto Ambiental 2024*. <https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/>
- Cabrera, E., Hernández, L., Gómez, H., & Cañizares, M. del P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de La Sociedad Química de México*, 47(1), 88–92. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0583-76932003000100014&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0583-76932003000100014&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Carrasco, F., & Menéndez, J. Á. (2010). Nuevos materiales y tecnologías para el tratamiento del agua. *Nuevos Materiales y Tecnologías Para El Tratamiento Del Agua, January 2010*, 1–314. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=436728&info=resumen&idioma=SPA>
- CEE. (1991). *DIRECTIVA 91/271/CEE SOBRE EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS Manual de interpretación y elaboración de informes*. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/publicaciones/03\\_Manual\\_Direc](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/publicaciones/03_Manual_Direc)

tiva\_91\_271\_CEE\_tcm30-214069.pdf

Compras publicas. (2024). *ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES*.

<https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=RhGdtFENWKXWili4zTc5HDG7STwHITA36jKOVp97pSU>,

CONAGUA. (2019). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario 26* (pp. 1–60).

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CONAGUA\\_2015\\_Manual\\_Pretratamiento\\_y\\_Tratamiento\\_primario..pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA_2015_Manual_Pretratamiento_y_Tratamiento_primario..pdf)

Contraloría General del Estado. (2024). Salarios de Mano de Obra. *Contraloría General Del Estado*, 2. <https://www.contraloria.gob.ec/Informativo/SalariosManoObra>

Córdova, K., & Salazar, D. (2022). *Estudio y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para proyecto 'Construcción de viviendas de interés social para Guaranda EP-MVISG [ESPOL]*. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35990>

EMAAP. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*. [https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO\\_LA\\_MERCED/ANEXO\\_2\\_NORMAS\\_ALCANTARILLADO\\_EMAAP.pdf](https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO_LA_MERCED/ANEXO_2_NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf)

Farras, L. P. (2005). *Velocidad de Limpieza vs Esfuerzo Tractivo*.

[https://cms.fi.uba.ar/uploads/Esf\\_Tractivo\\_vs\\_Autolimpieza\\_6c0f27073a.pdf](https://cms.fi.uba.ar/uploads/Esf_Tractivo_vs_Autolimpieza_6c0f27073a.pdf)

GAD Municipal de Cuenca, anexo 3. (2024). *Especificaciones tecnicas de obra civil*.

[https://www.cuenca.gob.ec/system/files/4.16\\_ESP\\_TEC\\_6\\_-\\_ANEXO\\_3.-\\_OBRA\\_CIVIL\\_0.pdf](https://www.cuenca.gob.ec/system/files/4.16_ESP_TEC_6_-_ANEXO_3.-_OBRA_CIVIL_0.pdf)

GAD San Cristobal. (2023). *GAD parroquial de San Cristobal*.

<https://gobiernoparroquialsancristobal.gob.ec/azuay/datos-generales/>

García Serrano, J., & Corzo Hernández, A. (2008). *Depuración con Humedales Construidos*.

*Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial*. 1–108. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/2474>

Garmendia, A., Alcaide, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson.

Huertas, R., & Marcos, C. (2013). *Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. <https://www.chduero.es/guia-depuracion-aguas-residuales>

Humanante, J. J., Moreno, L., Grijalva-Endara, A., Saldoya, R. W., & Suárez, J. A. (2022).

Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del

- sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena. *Manglar*, 19(2), 177–187.  
<https://doi.org/10.17268/MANGLAR>
- INEN 9-1, 5. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.
- Insucons. (2024). *Análisis de precios unitarios*. <https://www.insucons.com/ec/analisis-precio-unitario>
- Jiménez, E., & Ramos, B. (2019). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA FITORREMIADORA DE *Lupinus pubescens*, *Plantago major* y *Scirpus californicus* EN SUELOS CONTAMINADOS CON ARSÉNICO*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Lara-Borrero, J. (1999). *Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales*.  
[https://www.researchgate.net/publication/230887937\\_Depuracion\\_de\\_Aguas\\_Residuales\\_Municipales\\_con\\_Humedales\\_Artificiales](https://www.researchgate.net/publication/230887937_Depuracion_de_Aguas_Residuales_Municipales_con_Humedales_Artificiales)
- Lara Borrero, J. A. (1999). *Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales*. July, 122.
- Llagas, W., & Guadalupe, E. (2006). *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM*. 9(17), 85–96.  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/699>
- López, C. M., Buitrón, G., García, H. A., & Cervantes, F. J. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño. *Water Intelligence Online*, 16, 9781780409146. <https://doi.org/10.2166/9781780409146>
- Lopez, R. (2000). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (Quinta edi).  
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1892>
- López Vázquez, L. B. (2013). *Estudio y evaluación de impacto ambiental en ingeniería Civil* (1st ed.). Alicante.
- Lozano Rivas, W. A. (2012). *FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE PLANTAS DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES*. 196.  
[https://www.researchgate.net/publication/298354134\\_Disenio\\_de\\_Plantas\\_de\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas\\_Residuales?enrichId=rgreq-0b5d5b98281e312cce6df8355ae4228f-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI5ODM1NDEzNDtBUzozNDAwNDM0MD](https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales?enrichId=rgreq-0b5d5b98281e312cce6df8355ae4228f-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI5ODM1NDEzNDtBUzozNDAwNDM0MD)



QyMDE5ODVAMTQ1ODA4NDA3MzU2Nw%3D%3D&el=1\_x\_3&

Marín-Muñiz, J., Carlos Sandoval Herazo, L., Zamora-Castro, S. A., Del, M., & Celis-Pérez, C. (2022). Humedales con plantas ornamentales y relleno de plástico reutilizado como tratamiento sustentable de aguas residuales. *Emerging Trends in Education, ISSN-e 2594-2840, Vol. 8, N° 23, 2022, Págs. 146-153*, 8(23), 146–153.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9493688&info=resumen&idioma=SPA>

Merchan, B., Ullauri, P., Amaya, F., Dender, L., Carrión, P., & Berrezueta, E. (2021). *DESIGN OF A SEWAGE AND WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FOR POLLUTION MITIGATION IN EL ROSARIO, EL EMPALME, ECUADOR*.  
<https://doi.org/10.2495/WS210081>

Metcalf & Eddy. (1998). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACION*.

MOP -001-F, 2002. (2002). Publicas Y Comunicaciones Mop - 001-F 2002. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 772. [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013\\_ConcursoPublico\\_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf)

Mora-Orozco, C. D. La, Saucedo-Terán, R. A., González-Acuña, I. J., Gómez-Rosales, S., Flores-López, H. E., Mora-Orozco, C. D. La, Saucedo-Terán, R. A., González-Acuña, I. J., Gómez-Rosales, S., & Flores-López, H. E. (2020). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de los contaminantes en un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11, 1–17. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V11S2.4681>

Municipio de Shushufindi, compras publicas. (2020). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS “MANTENIMIENTO Y CONSTRUCCIÓN OTRO POZO SISTEMA DE AGUA POTABLE TIERRAS ORIENTALES.”*  
<https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=J-Yq8AIMS18DD3aOBLi6XnWpsgVFFIqbfneqgvfauMU>,

NEC-SE-HM. (2015). *NEC-SE-HM Estructuras de hormigón armado*.

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/8.-NEC-SE-HM-Hormigon-Armado.pdf>

ONU. (2024). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible*.

- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/OPS/CEPIS/05.158>. (2005). Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. *Revista*, 1, 34. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS\\_2005b\\_Guía\\_desarenadores\\_y\\_sedimentadores.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS_2005b_Guía_desarenadores_y_sedimentadores.pdf)
- OPS/CEPIS/05.163. (2005). Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización. *Publicaciones Estadísticas y Geográficas. SINA*, 130(November), 92. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/299/1/UNESUM-ECU-CIVIL-2011-23.pdf>
- Ortega, E., Ferrer, Y., Salas, J. J., Aragon, C., & Alvaro, R. (2011). *Manual para la Implantación de Sistemas de Depuración en Pequeñas Poblaciones*.
- OS.090, N. tecnica. (2016). *Norma tecnica OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619690-os-090-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-ds-n-022-2009>
- Osorio, M. A., Carrillo, W. E., Negrete, J. H., Loor, X. A., & Riera, 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>
- Ramalho, R. S. (2015). *Tratamiento de aguas residuales* (D. Jiménez, F. de L. Soria, & R. S. Ramalho (eds.); Primera ed). Reverté.
- RAS. (2000). RAS 2000, Título A - Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Colombia. *Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Basico*, 1–119.
- RAS. (2017). *Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)*. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>
- Rivas, M. (1987). *Tratamiento de agua residual* (segunda ed).
- Romero, J. A. (2010). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - TEORIA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO* (tercera ed).
- Sotelo Avila, G. (1997). Hidraulica general. In *Hidráulica general* (pp. 1–559). <https://www.ingenierosciviles.com.mx/Biblioteca/files/original/0ff57d95965bc22731468bf37b0c594f.pdf>

- Sperling, M. (2015). Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal. In *Water Intelligence Online* (Vol. 6, Issue 0). <https://doi.org/10.2166/9781780402086>
- TULSMA. (2015). *ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA NORMA*. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC155128/>
- UNAN. (2011). *Capítulo 6. Vegetación de los humedales artificiales*. 32–38. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/472/A9.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- UNESCO. (2017). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017: Aguas residuales: el recurso no explotado. *A Latin American Journal of Applied Economics*, 8(18), 137–138. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647?posInSet=6&queryId=e72e4b51-5fe5-4ab0-b368-8962e771ad08>
- Zambrano, C., & Saltos, X. (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*.

## **PLANOS Y ANEXOS**

## Anexos

### Cálculos preliminares de proyecto

#### Estimaciones de distribución preliminares

<b>Estimación de población futura</b>			
Población Proyectada 20 años			
<b>Año</b>	<b>MA</b>	<b>MG</b>	<b>ME</b>
2001	2203	2203	2203
2010	2377	2377	2377
2022	2819	2819	2819

CENSO

1413

<b>NORTE</b>			
<b>Estimación de población futura</b>			
Población Proyectada 20 años			
<b>Año</b>	<b>MA</b>	<b>MG</b>	<b>ME</b>
2001	1104	1104	1104
2010	1191	1191	1191
2022	1413	1413	1413

<b>SUR</b>			
<b>Estimación de población futura</b>			
Población Proyectada 20 años			
<b>Año</b>	<b>MA</b>	<b>MG</b>	<b>ME</b>
2001	1099	1099	1099
2010	1186	1186	1186
2022	1406	1406	1406

<b>AREAS DE APORTE (HA)</b>		
<b>NORTE</b>	46.2	Ha
<b>SUR</b>	46	Ha
<b>Total</b>	92.2	Ha

<b>Densidad poblacional y habitantes 2022</b>		
<b>TOTAL</b>	31	Hab/Ha
<b>NORTE</b>	1413	Hab
<b>SUR</b>	1406	Hab

<b>Densidad poblacional y habitantes 2001</b>		
<b>TOTAL</b>	24	Hab/Ha
<b>NORTE</b>	1104	Hab
<b>SUR</b>	1099	Hab

<b>Densidad poblacional y habitantes 2010</b>		
<b>TOTAL</b>	26	Hab/Ha
<b>NORTE</b>	1191	Hab
<b>SUR</b>	1186	Hab
	2377	

Análisis de sensibilidad y aplicación de métodos

<b>Estimación de población futura NORTE</b>			
Población Proyectada 20 años			
<b>Año</b>	<b>MA</b>	<b>MG</b>	<b>ME</b>
2001	1104	1104	1104
2010	1191	1191	1191
2020	1288	1296	1369
2021	1298	1307	1385
2022	1413	1413	1413
2023	1427	1429	1416
2024	1442	1446	1432
2025	1457	1463	1449
2026	1471	1480	1465
2027	1486	1498	1482
2028	1501	1516	1499
2029	1515	1534	1516
2030	1530	1552	1533
2031	1545	1570	1551
2032	1560	1589	1568
2033	1574	1607	1586
2034	1589	1626	1604
2035	1604	1645	1623
2036	1618	1665	1641
2037	1633	1685	1660
2038	1648	1704	1679
2039	1662	1725	1698
2040	1677	1745	1717
2041	1692	1766	1737
2042	1707	1786	1757
2043	1721	1808	1777
<b>2044</b>	<b>1736</b>	<b>1829</b>	<b>1797</b>
2045	1751	1850	1104
2046	1765	1872	1104
2047	1780	1894	1104
2048	1795	1917	1104
2049	1809	1939	1104

Estimaciones de distribución preliminares

Dot Infil	0.1	<b>L/s ha</b>
Pob Miles	1.44	Miles

Crecimiento	1.42%	Sierra
Retorno	80.00%	%
D comercial	0.4	<b>L/s ha</b>

KMD	1.5
KMH	3.69
Kmin	0.5

Ec. Harmon

<b>Estimación de población futura SUR</b>			
Población Proyectada 20 años			
<b>Año</b>	<b>MA</b>	<b>MG</b>	<b>ME</b>
2001	1099	1099	1099
2010	1186	1186	1186
2020	1282	1290	1363
2021	1292	1301	1379
2022	1406	1406	1406
2023	1421	1423	1410
2024	1436	1440	1426
2025	1450	1457	1443
2026	1465	1474	1459
2027	1480	1491	1476
2028	1494	1509	1492
2029	1509	1527	1509
2030	1524	1545	1527
2031	1538	1563	1544
2032	1553	1582	1562
2033	1567	1600	1579
2034	1582	1619	1597
2035	1597	1638	1616
2036	1611	1658	1634
2037	1626	1677	1653
2038	1641	1697	1671
2039	1655	1717	1690
2040	1670	1737	1710
2041	1685	1758	1729
2042	1699	1779	1749
2043	1714	1800	1769
<b>2044</b>	<b>1728</b>	<b>1821</b>	<b>1789</b>
2045	1743	1842	1099
2046	1758	1864	1099
2047	1772	1886	1099
2048	1787	1909	1099
2049	1802	1931	1099

### Estimaciones de distribución preliminares

Dot Infil	0.1	L/s ha	Crecimiento	1.42%	Sierra	KMD	1.5
Pob Miles	1.44	Miles	Retorno	80.00%	%	KMH	3.69
			D comercial	0.4	L/s ha	Kmin	0.5

Ec. Harmon

**Cálculo de caudal de diseño para planta norte**

#	Año	Hab	L/Hab día	L/s	Ha	Ha	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s
		MG/ M. elección	Dotación	Qdom	AreaAporte	Area INFI	Q infiltración	Qmed Diario	Qmin	QmaxD	QmaxH+inf
0	2024	1446	130	1.741	46.20	13.86	1.39	3.13	1.56	4.69	11.54
1	2025	1463	132	1.786	46.86	14.06	1.41	3.19	1.60	4.79	11.78
2	2026	1480	134	1.833	47.52	14.26	1.43	3.26	1.63	4.89	12.03
3	2027	1498	136	1.881	48.20	14.46	1.45	3.33	1.66	4.99	12.28
4	2028	1516	138	1.930	48.88	14.66	1.47	3.40	1.70	5.10	12.54
5	2029	1534	139	1.981	49.57	14.87	1.49	3.47	1.73	5.20	12.80
6	2030	1552	141	2.033	50.28	15.08	1.51	3.54	1.77	5.31	13.07
7	2031	1570	143	2.086	50.99	15.30	1.53	3.62	1.81	5.42	13.35
8	2032	1589	146	2.140	51.72	15.52	1.55	3.69	1.85	5.54	13.63
9	2033	1607	148	2.196	52.45	15.74	1.57	3.77	1.89	5.66	13.92
10	2034	1626	150	2.254	53.20	15.96	1.60	3.85	1.92	5.77	14.21
11	2035	1645	152	2.313	53.95	16.19	1.62	3.93	1.97	5.90	14.51
12	2036	1665	154	2.374	54.72	16.42	1.64	4.02	2.01	6.02	14.82
13	2037	1685	156	2.436	55.49	16.65	1.66	4.10	2.05	6.15	15.14
14	2038	1704	158	2.499	56.28	16.88	1.69	4.19	2.09	6.28	15.46
15	2039	1725	161	2.565	57.08	17.12	1.71	4.28	2.14	6.42	15.79
16	2040	1745	163	2.632	57.89	17.37	1.74	4.37	2.18	6.55	16.13
17	2041	1766	165	2.701	58.71	17.61	1.76	4.46	2.23	6.69	16.47
18	2042	1786	168	2.772	59.55	17.86	1.79	4.56	2.28	6.84	16.83
19	2043	1808	170	2.844	60.39	18.12	1.81	4.66	2.33	6.98	17.19
20	2044	1829	172	2.919	61.25	18.38	1.838	2.92	1.46	4.38	12.61
21	2045	1850	175	2.995	62.12	18.64	1.86	4.86	2.43	7.29	17.94
22	2046	1872	177	3.073	63.00	18.90	1.89	4.96	2.48	7.45	18.32
23	2047	1894	180	3.154	63.90	19.17	1.92	5.07	2.54	7.61	18.72
24	2048	1917	182	3.236	64.81	19.44	1.94	5.18	2.59	7.77	19.13
25	2049	1939	185	3.321	65.73	19.72	1.97	5.29	2.65	7.94	19.54



**Cálculo de caudal de diseño para planta sur**

#	Año	Hab	L/Hab día	L/s	Ha	Ha	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s
		MG/ M. elección	Dotación	Qdom	AreaAporte	Area INFI	Q infiltración	Qmed Diario	Qmin	QmaxDiario	QmaxH+inf
0	2024	1440	130	1.733	46.00	13.80	1.38	7.25	3.63	10.88	26.79
1	2025	1457	132	1.779	46.65	14.00	1.40	7.38	3.69	11.07	27.24
2	2026	1474	134	1.825	47.32	14.19	1.42	7.50	3.75	11.25	27.71
3	2027	1491	136	1.873	47.99	14.40	1.44	7.63	3.82	11.45	28.18
4	2028	1509	138	1.922	48.67	14.60	1.46	7.76	3.88	11.64	28.67
5	2029	1527	139	1.972	49.36	14.81	1.48	7.90	3.95	11.84	29.16
6	2030	1545	141	2.024	50.06	15.02	1.50	8.03	4.02	12.05	29.66
7	2031	1563	143	2.077	50.77	15.23	1.52	8.17	4.08	12.25	30.17
8	2032	1582	146	2.131	51.49	15.45	1.54	8.31	4.16	12.47	30.69
9	2033	1600	148	2.187	52.22	15.67	1.57	8.45	4.23	12.68	31.22
10	2034	1619	150	2.244	52.97	15.89	1.59	8.60	4.30	12.90	31.76
11	2035	1638	152	2.303	53.72	16.12	1.61	8.75	4.37	13.12	32.31
12	2036	1658	154	2.363	54.48	16.34	1.63	8.90	4.45	13.35	32.87
13	2037	1677	156	2.425	55.25	16.58	1.66	9.06	4.53	13.58	33.44
14	2038	1697	158	2.489	56.04	16.81	1.68	9.21	4.61	13.82	34.03
15	2039	1717	161	2.554	56.83	17.05	1.71	9.37	4.69	14.06	34.62
16	2040	1737	163	2.621	57.64	17.29	1.73	9.54	4.77	14.31	35.22
17	2041	1758	165	2.689	58.46	17.54	1.75	9.70	4.85	14.56	35.84
18	2042	1779	168	2.760	59.29	17.79	1.78	9.87	4.94	14.81	36.47
19	2043	1800	170	2.832	60.13	18.04	1.80	10.05	5.02	15.07	37.11
20	2044	1821	172	2.906	60.99	18.30	1.83	2.91	1.45	4.36	12.56
21	2045	1842	175	2.982	61.85	18.56	1.86	10.40	5.20	15.61	38.43
22	2046	1864	177	3.060	62.73	18.82	1.88	10.59	5.29	15.88	39.10
23	2047	1886	180	3.140	63.62	19.09	1.91	10.77	5.39	16.16	39.79
24	2048	1909	182	3.222	64.52	19.36	1.94	10.97	5.48	16.45	40.50
25	2049	1931	185	3.307	65.44	19.63	1.96	<b>11.16</b>	5.58	16.74	41.22

## Cotas preliminares de proyecto

### PTAR

Cota inicio	Porcentaje	Dis. Horizontal	Dv	Cota final	
2478.31	0.50%	4.00	0.02	2478.29	Pretratamiento
2478.29	0.50%	0.70	0.00	2478.29	
2478.29	2.00%	3.00	0.06	2478.23	
2478.23	5.00%	1.70	0.09	2478.14	

Cota inicio	Porcentaje	Dis. Horizontal	Dv	Cota final	
2478.14	2.00%	1.00	0.02	2478.12	Tubería
2478.12	2.00%	3.03	0.06	2478.06	

Cota inicio	Porcentaje	Dis. Horizontal	Dv	Cota final	
2478.06	2.00%	1.00	0.02	2478.04	Tubería previo humedal
2478.04	2.00%	1.39	0.03	2478.01	
2478.01	2.00%	3.38	0.07	2477.95	

Cota inicio	Porcentaje	Dis. Horizontal	Dv	Cota final	
2477.95	2.00%	63.00	1.26	2476.69	Humedal

## Distancia recomendada para la implantación de plantas de tratamiento tomada de la

(RAS, 2017)

Tabla 28. Distancias mínimas para la localización de sistemas de tratamiento de aguas residuales con relación a otra Infraestructura

Tecnología	Con respecto a	Distancia (metros)
PTAR	Fuentes de agua para consumo humano diferente a la descarga	50
PTAR con reactor aeróbico y aireación difusa	Centros poblados	75
PTAR con reactor aeróbico y aireación superficial (aerosoles)	Centros poblados	100
PTAR con reactor anaerobio	Centros poblados	200
PTAR	Plantas potabilizadoras y tanques de agua	150
Lagunas anaerobias	Centros poblados	500
Lagunas facultativas	Centros poblados	200
Lagunas aireadas	Centros poblados	100
Filtros percoladores de baja tasa (problemas con moscas)	Centros poblados	200
Filtros percoladores de media y alta tasa	Centros poblados	100

**Tablas de análisis de precios unitario**

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>	A0001		
Replanteo y nivelación de terreno con equipo topográfico		<b>UNIDAD:</b>	m2		
		<b>FECHA:</b>	2024 1S		
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Equipo de topografía	0.08000	3.75000	0.30000	1.00000	0.30000
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.04413
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.34413</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.01000	4.65000	0.04650	0.50000	0.02325
Topógrafo (Est. Oc. C1)	0.08000	4.65000	0.37200	0.75000	0.27900
Cadenero (Est. Oc. D2)	0.24000	4.19000	1.00560	0.65000	0.65364
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.95589</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tiras plásticas (2.5x2.5x250)	u	0.20000	0.38000	0.07600	
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.07600</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>				1.37968	
<b>COSTO INDIRECTO</b>			7%	0.09658	
<b>UTILIDADES</b>			10%	0.13797	
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>				1.61423	
<b>VALOR PROPUESTO</b>				1.61000	

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.

<b>RUBRO:</b> Excavación H=3 a 4m a máquina (excavadora)	<b>CODIGO:</b> A0002
	<b>UNIDAD:</b> m3
	<b>FECHA:</b> 2024 1S

<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Excavadora tipo oruga	1.00000	47.00000	47.00000	0.10000	4.70000
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>4.70000</b>

<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	0.12500	0.05813
Operador de retroexcavadora (Est. Oc. C1)	1.00000	4.65000	4.65000	0.12500	0.58125
Ayudante de maquinaria (Est. Oc. D2)	1.00000	4.26000	4.26000	0.12500	0.53250
Peón (Est. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.12500	0.51750
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>1.68938</b>

<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO	
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.00000</b>

<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO	
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>				6.38938	
<b>COSTO INDIRECTO</b>			7%	0.44726	
<b>UTILIDADES</b>			10%	0.63894	
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>				7.47557	
<b>VALOR PROPUESTO</b>				<b>7.48000</b>	

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>				<b>CODIGO:</b>	A0003
Excavación a mano en suelo sin clasificar				<b>UNIDAD:</b>	m3
H=0 - 2m				<b>FECHA:</b>	2024 1S
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	9.57500	0.47875	1.00000	0.47875
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.47875</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (Est. Oc. E2)	2.00000	4.14000	8.28000	1.25000	10.35000
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>10.35000</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			10.82875		10.30375
			0.75801	7%	0.72126
			1.08288	10%	1.03038
			12.66964		12.05539
			12.67000		<b>12.06000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Relleno compactado con suelo natural		<b>CODIGO:</b>		A0004	
		<b>UNIDAD:</b>		m3	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Plancha vibro apisonadora	1.00000	6.00000	6.00000	0.35000	2.10000
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>2.10000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	0.70000	0.32550
Peón (Est. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.70000	2.89800
Operador de equipo liviano (Est. Oc. D2)	0.50000	4.19000	2.09500	0.70000	1.46650
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>4.69000</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Agua		m3	0.03000	0.50000	0.01500
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.01500</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					6.80500
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	0.47635
<b>UTILIDADES</b>				10%	0.68050
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					7.96185
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>7.96000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Válvula de compuerta H.F. D=160mm (inc. accesorios)		<b>CODIGO:</b>	A0005		
		<b>UNIDAD:</b>	u		
		<b>FECHA:</b>	2024 1S		
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.00000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (Est. Oc. B3)	0.10000	4.65000	0.46500	1.25000	0.58125
Plomero (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	1.25000	5.23750
Ayudante de plomero (Est. Oc. E2)	2.00000	4.14000	8.28000	1.25000	10.35000
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>16.16875</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Válvula de compuerta H.F. D=110mm (inc. accesorios)		u	1.00000	276.76000	276.76000
Teflón		u	0.70000	0.41250	0.28875
Permatex (tubo peq.)		u	0.40000	1.33500	0.53400
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>277.58275</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		293.75150
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	20.56261
			<b>UTILIDADES</b>	10%	29.37515
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		343.68926
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>343.69000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Tubería PVC D=160mm desagüe NTE INEN 1374		<b>CODIGO:</b>		A0006	
		<b>UNIDAD:</b>		m2	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.00000
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.00000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	0.67000	0.31155
Plomero (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.67000	2.80730
Peón (Est. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.67000	2.77380
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>5.89265</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Tubo PVC 160 mm x 3 mts. de desagüe					
Plastigama		u	0.33300	32.00000	10.65600
Soldadura P/TUB PVC 3.785cc		litro	0.00500	15.20000	0.07600
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>10.73200</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		16.62465
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	1.16373
			<b>UTILIDADES</b>	10%	1.66247
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		19.45084
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>19.45000</b>



<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		<b>A0007</b>	
Hormigón simple f'c: 140 kg/cm2, Replanteo e=5cm		<b>UNIDAD:</b>		<b>m2</b>	
		<b>FECHA:</b>		<b>2024 1S</b>	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Equipo de topografía	0.05000	2.60000	0.13000	0.10000	0.01300
Concretera 1 saco	1.00000	4.48000	4.48000	0.10000	0.44800
Vibrador de manguera	1.00000	4.06000	4.06000	0.10000	0.40600
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.86700</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	0.10000	0.04650
Albañil (Est. Oc. E2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.10000	0.41900
Peón (Est. Oc. E2)	5.00000	4.14000	20.70000	0.10000	2.07000
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>2.53550</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Cemento portland		saco	0.30900	7.68000	2.37312
Arena gruesa		m2	0.03250	13.75000	0.44688
Ripio triturado		m2	0.04750	17.50000	0.83125
Agua		m2	0.01200	0.90179	0.01082
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>3.66207</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		<b>7.06457</b>
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	<b>0.49452</b>
			<b>UTILIDADES</b>	10%	<b>0.70646</b>
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		<b>8.26554</b>
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>8.27000</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm2 (inc. bomba)				<b>CODIGO:</b>	A0008
				<b>UNIDAD:</b>	m3
				<b>FECHA:</b>	2024 1S
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.78945
Vibrador de manguera	1.00000	4.06000	4.06000	1.00000	4.06000
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>4.84945</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	1.00000	0.46500
Albañil (Est. Oc. E2)	1.00000	4.19000	4.19000	1.00000	4.19000
Peón (Est. Oc. E2)	3.00000	4.14000	12.42000	1.00000	12.42000
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>17.07500</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
H. premezclado 240 kg/cm2-13cm-28d HOLCIM		m3	1.05000	98.26000	103.17300
100N Plastificante reductor de agua		kg	0.30000	1.77000	0.53100
Bomba estacionaria (45m tubería) HOLCIM		u	1	10.00000	10.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>113.70400</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		135.69275
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	9.49849
			<b>UTILIDADES</b>	10%	13.56928
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		158.76052
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>158.76000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Encofrado y desencofrado recto		<b>CODIGO:</b>		A0009	
		<b>UNIDAD:</b>		m2	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.58136
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.58136</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	0.25000	0.11625
Carpintero (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.75000	3.14250
Peón (Est. Oc. E2)	3.00000	4.14000	12.42000	0.75000	9.31500
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>12.57375</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Desmoldante de hormigones o aceite quemado		galon	0.30000	0.50000	0.15000
Tabla dura de encofrado 0.3 m seca y cepillada		u	3.00000	5.50000	16.50000
Alambre galvanizado #16 - 18		kg	0.10000	1.77000	0.17700
Alfajía de eucalipto 3x7x250 cm		u	1.00000	0.80000	0.80000
Clavos		kg	0.01000	1.00000	0.01000
Piola		rollo	0.02000	1.33000	0.02660
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>17.66360</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					30.86604
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	2.16062
<b>UTILIDADES</b>				10%	3.08660
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					36.11326
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>36.11000</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>				<b>CODIGO:</b>	A0010
Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm2 (inc. corte y figurado)				<b>UNIDAD:</b>	Kg
				<b>FECHA:</b>	2024 1S
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.07068
Cortadora dobladora de hierro	0.03000	0.51000	0.01530	1.00000	0.01530
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.08598</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.30000	4.65000	1.39500	0.50000	0.69750
Fierrero (Est. Oc. D2)	0.10000	4.19000	0.41900	1.00000	0.41900
Ayudante de fierrero (Est. Oc. E2)	0.10000	4.14000	0.41400	1.00000	0.41400
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>1.53050</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2		kg	1.05000	1.09000	1.14450
Alambre galvanizado #18		kg	0.01000	1.60000	0.01600
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>1.16050</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					2.78283
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	0.19480
<b>UTILIDADES</b>				10%	0.27828
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					3.25591
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>3.26000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0011	
Suministro e instalación de rejillas para cribado de gruesos		<b>UNIDAD:</b>		u	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.32250
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.32250</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Instalador general (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	1.50000	6.28500
Inspector de obra (Est. Oc. B3)	0.10000	4.65000	0.46500	1.50000	0.69750
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>6.98250</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Rejilla de gruesos		u	1.00000	39.00000	39.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>39.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		46.33163
			<b>COSTO INDIRECTO</b>		7% 3.24321
			<b>UTILIDADES</b>		10% 4.63316
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		54.20800
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>54.21000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0012	
Suministro e instalación de rejillas para cribado de finos		<b>UNIDAD:</b>		m2	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.32250
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.32250</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Instalador general (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	1.50000	6.28500
Inspector de obra (Est. Oc. B3)	0.10000	4.65000	0.46500	1.50000	0.69750
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>6.98250</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO
Rejilla de finos		u	1.00000	34.00000	34.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>34.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					41.33163
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	2.89321
<b>UTILIDADES</b>				10%	4.13316
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					48.35800
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>48.36000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>				<b>CODIGO:</b>	A0013
Enlucido vertical con impermeabilizante				<b>UNIDAD:</b>	m2
				<b>FECHA:</b>	2024 1S
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.24967
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.24967</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra (Est. Oc. C1)	0.18000	4.65000	0.83700	0.70000	0.58590
Albañil (Est. Oc. E2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.70000	2.93300
Peón (Est. Oc. E2)	0.65000	4.14000	2.69100	0.70000	1.88370
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>5.40260</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Cemento portland		saco	0.15000	7.68000	1.15200
Arena gruesa		m3	0.02000	13.75000	0.27500
Aditivo impermeabilizante		kg	0.50000	0.90000	0.45000
Agua		m3	0.01000	0.90000	0.00900
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>1.88600</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					7.55873
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	0.52911
<b>UTILIDADES</b>				10%	0.75587
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					8.84371
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>8.84000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		<b>A0014</b>	
Compuerta de acero inoxidable aisi 316l		<b>UNIDAD:</b>		<b>u</b>	
		<b>FECHA:</b>		<b>2024 1S</b>	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.14147
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.14147</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	2.35000	1.09275
Albañil (Est. Oc. E2)	0.20000	4.19000	0.83800	2.35000	1.96930
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>3.06205</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Compuerta 0,4 x 0,3 m		u	2.00000	165.00000	330.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>330.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					<b>333.21515</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	<b>23.32506</b>
<b>UTILIDADES</b>				10%	<b>33.32152</b>
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					<b>389.86173</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>389.86000</b>



<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0015	
Excavación H>6m a máquina (excavadora)		<b>UNIDAD:</b>		m2	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Excavadora tipo oruga	1.00000	47.00000	47.00000	0.15000	7.05000
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.07111
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>7.12111</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.05000	4.65000	0.23250	0.16500	0.03836
Peón (Est. Oc. E2)	0.15000	4.14000	0.62100	0.16500	0.10247
Operador de retroexcavadora (Est. Oc. C1)	1.00000	4.65000	4.65000	0.15000	0.69750
Ayudante de maquinaria (Est. Oc. D2)	1.00000	4.26000	4.26000	0.16500	0.70290
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>1.54123</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		8.66829
			<b>COSTO INDIRECTO</b>		7% 0.60678
			<b>UTILIDADES</b>		10% 0.86683
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		10.14190
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>10.14000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		<b>A0016</b>	
Hormigón premezclado f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> (inc. bomba)		<b>UNIDAD:</b>		<b>m<sup>3</sup></b>	
		<b>FECHA:</b>		<b>2024 1S</b>	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.25356
Vibrador de manguera	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>1.25356</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.05000	4.65000	0.23250	0.05000	0.01163
Albañil (Est. Oc. E2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.12000	0.50280
Peón (Est. Oc. E2)	4.00000	4.14000	16.56000	0.30000	4.96800
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>5.48243</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
H. Premezclado 210 Kg/cm <sup>2</sup> -19mm-13cm-28d HOLCIM		m <sup>3</sup>	1.00000	111.12000	111.12000
100N Plastificante reductor de agua		kg	0.30000	1.80000	0.54000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>111.66000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					118.41655
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	8.28916
<b>UTILIDADES</b>				10%	11.84165
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					138.54736
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>138.55000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>					
<b>PROYECTO:</b>					
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0017	
Caja de revisión de ladrillo manbrón 110x110x100 m con tapa de Hormigón armado		<b>UNIDAD:</b>		u	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.24416
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.24416</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.20000	4.65000	0.93000	0.05000	0.04650
Albañil (Est. Oc. E2)	3.00000	4.19000	12.57000	0.12000	1.50840
Peón (Est. Oc. E2)	3.00000	4.14000	12.42000	0.30000	3.72600
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>5.28090</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO	
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	0.50000	7.68000	3.84000	
Arena	m3	0.05000	13.50000	0.67500	
Agua	m3	0.06000	0.95000	0.05700	
Acero de refuerzo	kg	8.20000	1.09000	8.93800	
Ladrillo mambón 13x07x29cm	u	115.00000	0.35000	40.25000	
Ángulo 25x4mm, peso= 8.67kg	m	11.00000	0.45000	4.95000	
Ripio	m3	0.08000	18.00000	1.44000	
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>60.15000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO	
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>				65.69495	
<b>COSTO INDIRECTO</b>			7%	4.59865	
<b>UTILIDADES</b>			10%	6.56949	
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>				76.86309	
<b>VALOR PROPUESTO</b>				<b>76.86000</b>	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0018	
Codo PVC		<b>UNIDAD:</b>		u	
90°D=160mm desagüe		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.11165
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.11165</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (Est. Oc. E2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.29000	1.21510
Peón (Est. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.29000	1.20060
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>2.41570</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Codo PVC 160mm. X 90 grados desagüe PLASTIGAMA		u	1.00000	11.82000	11.82000
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA		3,785cc	0.00100	25.29000	0.02529
Soldadura P/TUB PVC 3.785cc PLASTIGAMA		3,785cc	0.00100	43.43000	0.04343
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>11.88872</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					14.42521
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	1.00976
<b>UTILIDADES</b>				10%	1.44252
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					16.87749
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>16.88000</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		<b>A0019</b>	
Tubería PVC D=200mm desagüe NTE INEN 1374				<b>UNIDAD:</b> ml	
				<b>FECHA:</b> 2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.03570
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.03570</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.05000	4.65000	0.23250	0.20000	0.04650
Albañil (Est. Oc. E2)	0.40000	4.19000	1.67600	0.29000	0.48604
Peón (Est. Oc. E2)	0.20000	4.14000	0.82800	0.29000	0.24012
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.77266</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Tubo PVC 200 mm x 6 mts. de desagüe Plastigama		u	0.33000	83.96000	27.70680
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA		3,785cc	0.00100	25.29000	0.02529
Soldadura P/TUB PVC 3.785cc PLASTIGAMA		3,785cc	0.00100	43.43000	0.04343
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>27.77552</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					28.58681
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	2.00108
<b>UTILIDADES</b>				10%	2.85868
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					33.44657
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>33.45000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Tee PVC D=160mm desagüe		<b>CODIGO:</b>		A0020	
		<b>UNIDAD:</b>		u	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.03570
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.03570</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.05000	4.65000	0.23250	0.20000	0.04650
Albañil (Est. Oc. E2)	0.40000	4.19000	1.67600	0.29000	0.48604
Peón (Est. Oc. E2)	0.20000	4.14000	0.82800	0.29000	0.24012
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.77266</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO	
Tee PVC 160mm desagüe	u	1.00000	3.73000	3.73000	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3,785cc	0.00100	33.14000	0.03314	
Soldadura P/TUB PVC PLASTIGAMA	3,785cc	0.00100	54.82000	0.05482	
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>3.81796</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO	
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		4.62925
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	0.32405
			<b>UTILIDADES</b>	10%	0.46293
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		5.41623
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>5.42000</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Yee PVC D=200mm desagüe		<b>CODIGO:</b>		A0021	
		<b>UNIDAD:</b>		u	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.04218
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.04218</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.05000	4.65000	0.23250	0.20000	0.04650
Albañil (Est. Oc. E2)	0.33000	4.19000	1.38270	0.29000	0.40098
Peón (Est. Oc. E2)	0.33000	4.14000	1.36620	0.29000	0.39620
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.84368</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Yee PVC 200mm desagüe PLASTIDOR		u	1.00000	26.50000	26.50000
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA		3,785cc	0.00100	33.14000	0.03314
Tee PVC 160mm desagüe PLASTIGAMA		3,785cc	0.00100	54.82000	0.05482
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>26.58796</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					27.47383
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	1.92317
<b>UTILIDADES</b>				10%	2.74738
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					32.14438
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>32.14000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Válvula de compuerta H.F. D=200mm (inc. accesorios)		<b>CODIGO:</b>		A0022	
		<b>UNIDAD:</b>		u	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.00000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (Est. Oc. B3)	0.10000	4.65000	0.46500	1.25000	0.58125
Plomero (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	1.25000	5.23750
Peón (Est. Oc. E2)	2.00000	4.14000	8.28000	1.25000	10.35000
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>16.16875</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Válvula de compuerta H.F. D=200mm (inc. accesorios)		u	1.00000	260.00000	260.00000
Teflón		u	0.70000	0.41250	0.28875
Permatex (tubo peq.)		u	0.40000	1.33500	0.53400
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>260.82275</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		276.99150
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	19.38941
			<b>UTILIDADES</b>	10%	27.69915
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		324.08006
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>324.08000</b>



<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Impermeabilización con geomembrana e=1.5mm		<b>CODIGO:</b>		A0023	
		<b>UNIDAD:</b>		m2	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.12710
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.12710</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (Est. Oc. B3)	0.40000	4.65000	1.86000	0.50000	0.93000
Peón (Est. Oc. E2)	0.40000	4.14000	1.65600	1.00000	1.65600
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>2.58600</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Geomalla polietileno 1.5mm		m2	1.00000	3.00000	3.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>3.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		5.71530
			<b>COSTO INDIRECTO</b>		7% 0.40007
			<b>UTILIDADES</b>		10% 0.57153
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		6.68690
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>6.69000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Implantación de vegetación (Totora)		<b>CODIGO:</b>		A0024	
		<b>UNIDAD:</b>		u	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	0.51333	0.02567	0.50000	0.01283
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.01283</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (Est. Oc. E2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.06667	0.27935
Peón (Est. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.06667	0.27601
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.55536</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Agua		m3	0.01000	0.85000	0.00850
Planta Totora (Scirpus californicus)		u	1.00000	1.25000	1.25000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>1.25850</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					1.82669
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	0.12787
<b>UTILIDADES</b>				10%	0.18267
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					2.13723
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>2.14000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Relleno con grava 128 mm		<b>CODIGO:</b>		A0025	
		<b>UNIDAD:</b>		m3	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.00000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.60000	2.48400
Albañil (E. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.20000	0.83800
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>3.32200</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Piedra bola D128 mm		m3	1.00000	21.00000	21.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>21.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					24.32200
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	1.70254
<b>UTILIDADES</b>				10%	2.43220
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					28.45674
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>28.46000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Relleno con grava 32 mm		<b>CODIGO:</b>		A0026	
		<b>UNIDAD:</b>		m3	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.00000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (Est. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.60000	2.48400
Topógrafo (Est. Oc. C1)	1.00000	4.65000	4.65000	0.20000	0.93000
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>3.07200</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Piedra #4 (D32 mm)		m3	1.00000	18.00000	18.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>18.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		21.41400
			<b>COSTO INDIRECTO</b>		7% 1.49898
			<b>UTILIDADES</b>		10% 2.14140
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		25.05438
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>25.05000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		<b>A0027</b>	
Excavación de zanjas a máquina H=0-2.75m		<b>UNIDAD:</b>		<b>m3</b>	
		<b>FECHA:</b>		<b>2024 1S</b>	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Retroexcavadora 75 HP	0.08000	25.00000	2.00000	1.00000	2.00000
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.09651
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>2.09651</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	0.12500	0.05813
Operador de retroexcavadora (Est. Oc. C1)	1.00000	4.65000	4.65000	0.15000	0.69750
Ayudante de maquinaria (Est. Oc. D2)	1.00000	4.26000	4.26000	0.15000	0.63900
Peón (Est. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.15000	0.62100
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>2.01563</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		<b>4.11641</b>
			<b>COSTO INDIRECTO</b>		<b>7% 0.28815</b>
			<b>UTILIDADES</b>		<b>10% 0.41164</b>
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		<b>4.81620</b>
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>4.82000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0028	
Cama de arena H=10cm		<b>UNIDAD:</b>		m2	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Compactador mecánico	1.00000	6.50000	6.50000	0.10000	0.65000
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.00339
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.65339</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	0.07000	0.03255
Albañil (Est. Oc. D2)	0.07000	4.19000	0.29330	0.07000	0.02053
Peón (Est. Oc. E2)	0.07000	4.14000	0.28980	0.07000	0.02029
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.07337</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Arena		m3	0.10300	13.50000	1.39050
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>1.39050</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		2.11754
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	0.14823
			<b>UTILIDADES</b>	10%	0.21175
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		2.47752
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>2.48000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Tubería perforada anillada D=160mm		<b>CODIGO:</b>		A0029	
		<b>UNIDAD:</b>		ml	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.27097
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.27097</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Est. Oc. C1)	0.10000	4.65000	0.46500	0.66667	0.31000
Plomero (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.66667	2.79335
Peón (Est. Oc. E2)	1.00000	4.14000	4.14000	0.66667	2.76001
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>5.86336</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Tubo perforado 160 mm x 3 mts NOVAFORT		u	0.33300	6.35000	2.11455
Polipega		litro	0.00500	15.20000	0.07600
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>2.19055</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		8.34708
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	0.58430
			<b>UTILIDADES</b>	10%	0.83471
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		9.76608
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>9.77000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b> Relleno con grava 3/4"		<b>CODIGO:</b>		A0030	
		<b>UNIDAD:</b>		m3	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.07668
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.07668</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (Est. Oc. E2)	0.60000	4.14000	2.48400	0.60000	1.49040
Albañil (Est. Oc. D2)	0.20000	4.19000	0.83800	0.20000	0.16760
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>1.65800</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Piedra 3/4"		m3	1.00000	18.00000	18.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>18.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					19.74090
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	1.38186
<b>UTILIDADES</b>				10%	1.97409
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					23.09685
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>23.10000</b>



<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		<b>A0031</b>	
Equipo de seguridad industrial para trabajadores		<b>UNIDAD:</b>		<b>u</b>	
		<b>FECHA:</b>		<b>2024 1S</b>	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.00000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.00000</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
EPP para personal		u	1.00000	678.00000	678.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>678.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		<b>678.00000</b>
			<b>COSTO INDIRECTO</b>		<b>7% 47.46000</b>
			<b>UTILIDADES</b>		<b>10% 67.80000</b>
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		<b>793.26000</b>
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>793.26000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0032	
Cintas de demarcación de áreas de trabajo		<b>UNIDAD:</b>		m	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.00000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Personal de seguridad	1.00000	3.83000	3.83000	0.12000	0.45960
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.45960</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Cinta de peligro color amarillo		m	1.00000	0.20000	0.20000
Cinta de peligro color rojo		m	1.00000	0.20000	0.20000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.40000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					0.85960
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	0.06017
<b>UTILIDADES</b>				10%	0.08596
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					1.00573
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>1.01000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0033	
Letrero (0.6X1.2M), H=2m		<b>UNIDAD:</b>		u	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.06971
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.06971</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra (Est. Oc. C1)	0.50000	4.65000	2.32500	0.65000	1.51125
Ayudante de perforador (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.00000	0.00000
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>1.51125</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Letrero (0.6X1.2m), H=2m		u	1.00000	120.00000	120.00000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>120.00000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		121.58681
			<b>COSTO INDIRECTO</b>	7%	8.51108
			<b>UTILIDADES</b>	10%	12.15868
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		142.25657
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>142.26000</b>

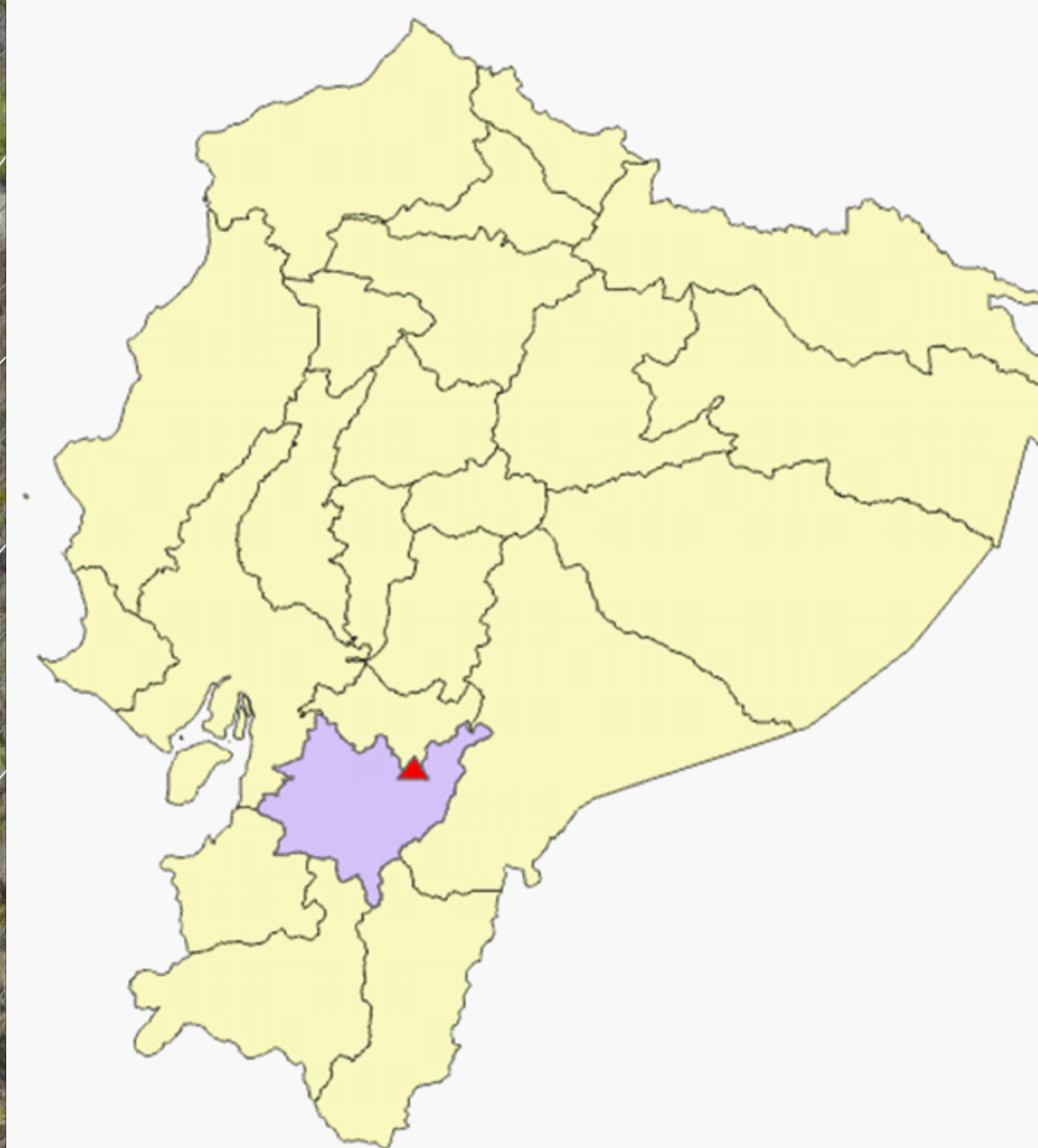
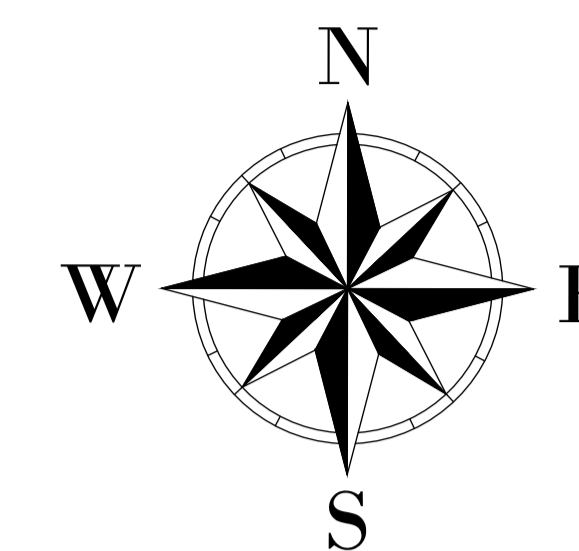
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>		<b>CODIGO:</b>		A0034	
Plancha de acero de e=1mm		<b>UNIDAD:</b>		u	
		<b>FECHA:</b>		2024 1S	
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (M/O)	0.05000				0.17574
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>0.17574</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra (Est. Oc. C1)	0.15000	4.65000	0.69750	0.35000	0.24413
Fierrero (Est. Oc. D2)	1.00000	4.19000	4.19000	0.85000	3.56150
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>3.80563</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Plancha de acero (1.220x2.440) Dipac		u	1.00000	107.23000	107.23000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>107.23000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					111.22591
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	7.78581
<b>UTILIDADES</b>				10%	11.12259
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					130.13431
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>130.13000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>					
<b>RUBRO:</b>				<b>CODIGO:</b>	A0035
Control de polvo				<b>UNIDAD:</b>	m3
				<b>FECHA:</b>	2024 1S
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Camión cisterna 8 m3	1.00000	26.00000	26.00000	0.05000	1.30000
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>1.30000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Chofer (Est. Oc. C2)	1.00000	4.42000	4.42000	0.05000	0.22100
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>0.22100</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Agua		u	1.00000	0.85000	0.85000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.85000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
			<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>		2.37100
			<b>COSTO INDIRECTO</b>		7% 0.16597
			<b>UTILIDADES</b>		10% 0.23710
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		2.77407
			<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>2.77000</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY.</b>			
<b>RUBRO:</b>				<b>CODIGO:</b>	A0036
Capacitación a personal y fiscalizadores				<b>UNIDAD:</b>	u
				<b>FECHA:</b>	2024 1S
<b>A.- EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Laptop	1.00000	40.00000	40.00000	1.00000	40.00000
<b>SUBTOTAL A</b>					<b>40.00000</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Capacitador	1.00000	300.00000	300.00000	1.00000	300.00000
<b>SUBTOTAL B</b>					<b>300.00000</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
Reglamento de seguridad actualizado		u	1.00000	0.90000	0.90000
<b>SUBTOTAL C</b>					<b>0.90000</b>
<b>D.- TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO
<b>SUBTOTAL D</b>					<b>0.00000</b>
<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>					340.90000
<b>COSTO INDIRECTO</b>				7%	23.86300
<b>UTILIDADES</b>				10%	34.09000
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					398.85300
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>398.85000</b>



## UBICACIÓN DE PROYECTO



### Leyenda:

- Planta de tratamiento
- Curvas principales
- Curvas secundarias

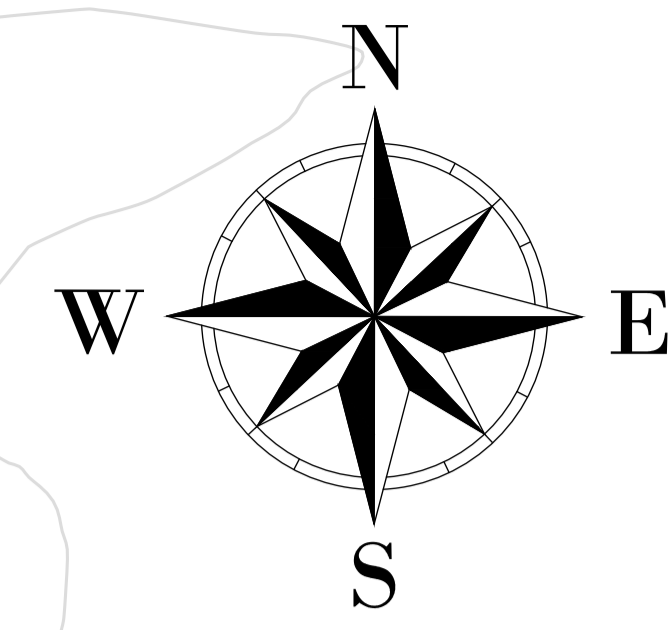
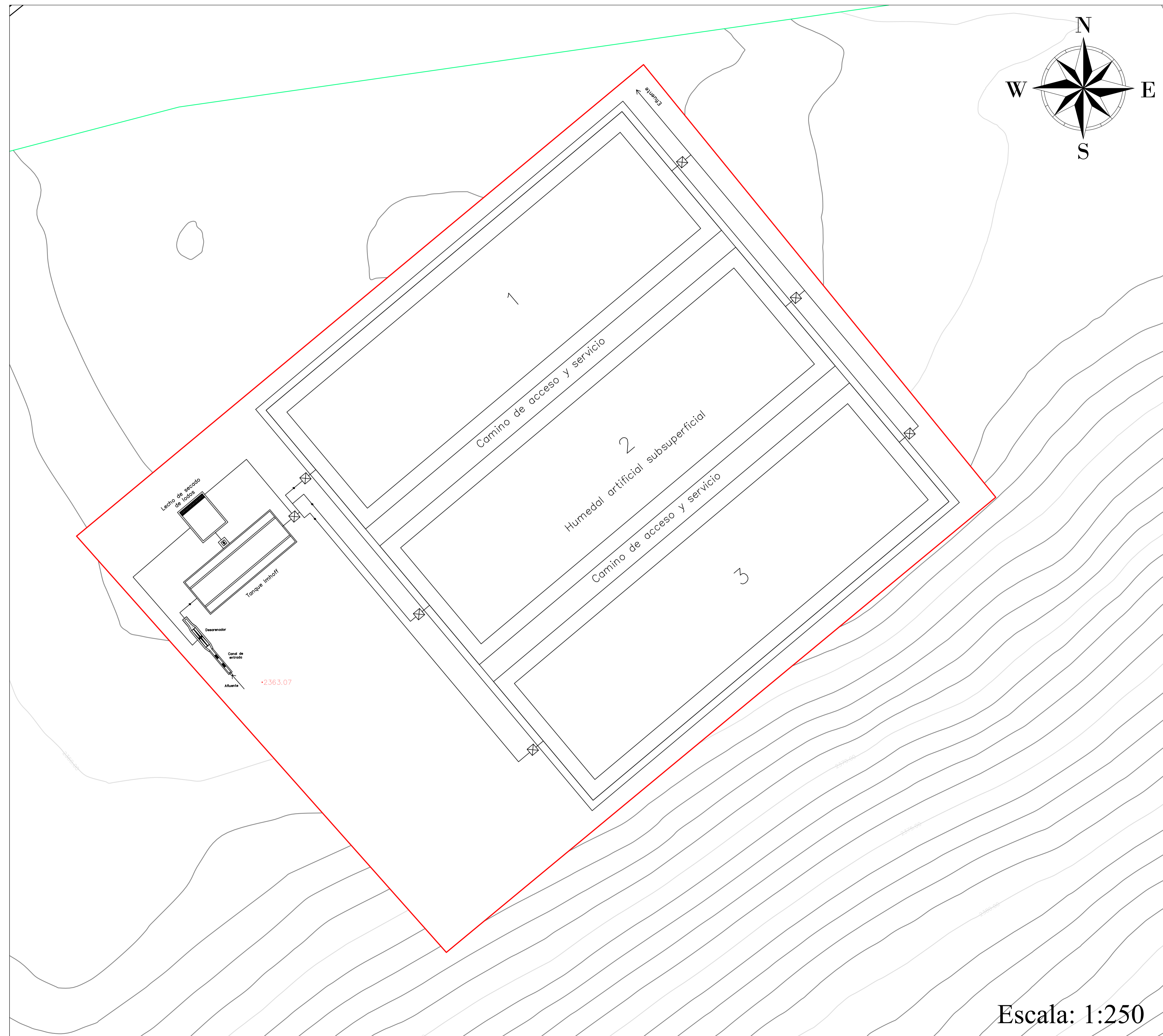
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Proyecto:**  
Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

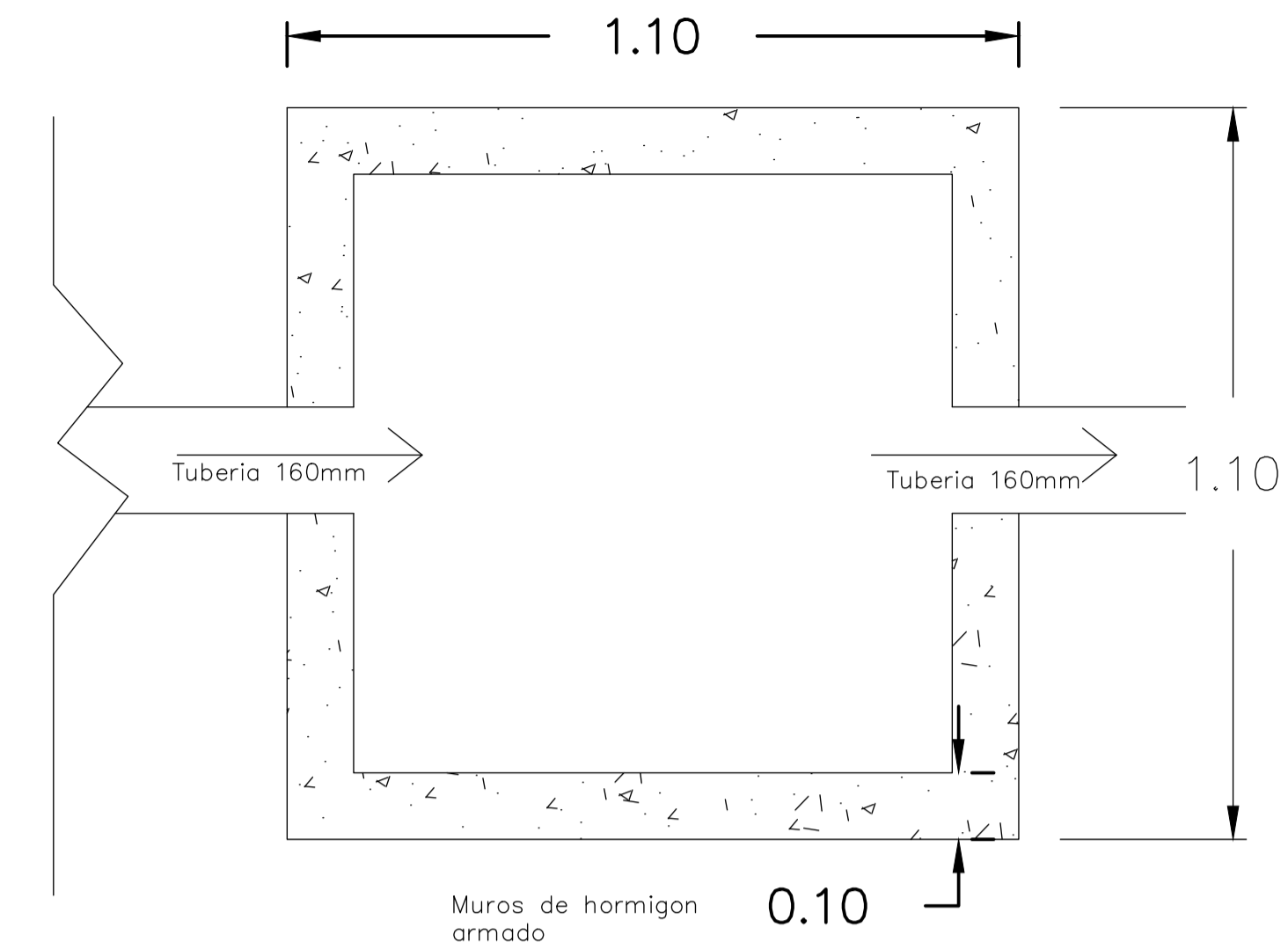
**Contenido:**  
Plano de topografía PTAR SUR

<b>Coordinador de MI:</b> Ing. Andres Velastegui	<b>Profesor de MI:</b> Ing. Ingrid Orta	<b>Estudiante:</b> Ruben Eduardo Zea Urgiles	<b>Fecha de entrega:</b> 2024-1S
<b>Tutor de MI:</b> Ing. Cristian Salas			<b>Lamina:</b> 1/9
			<b>Escala:</b> En plano

Escala: 1:500

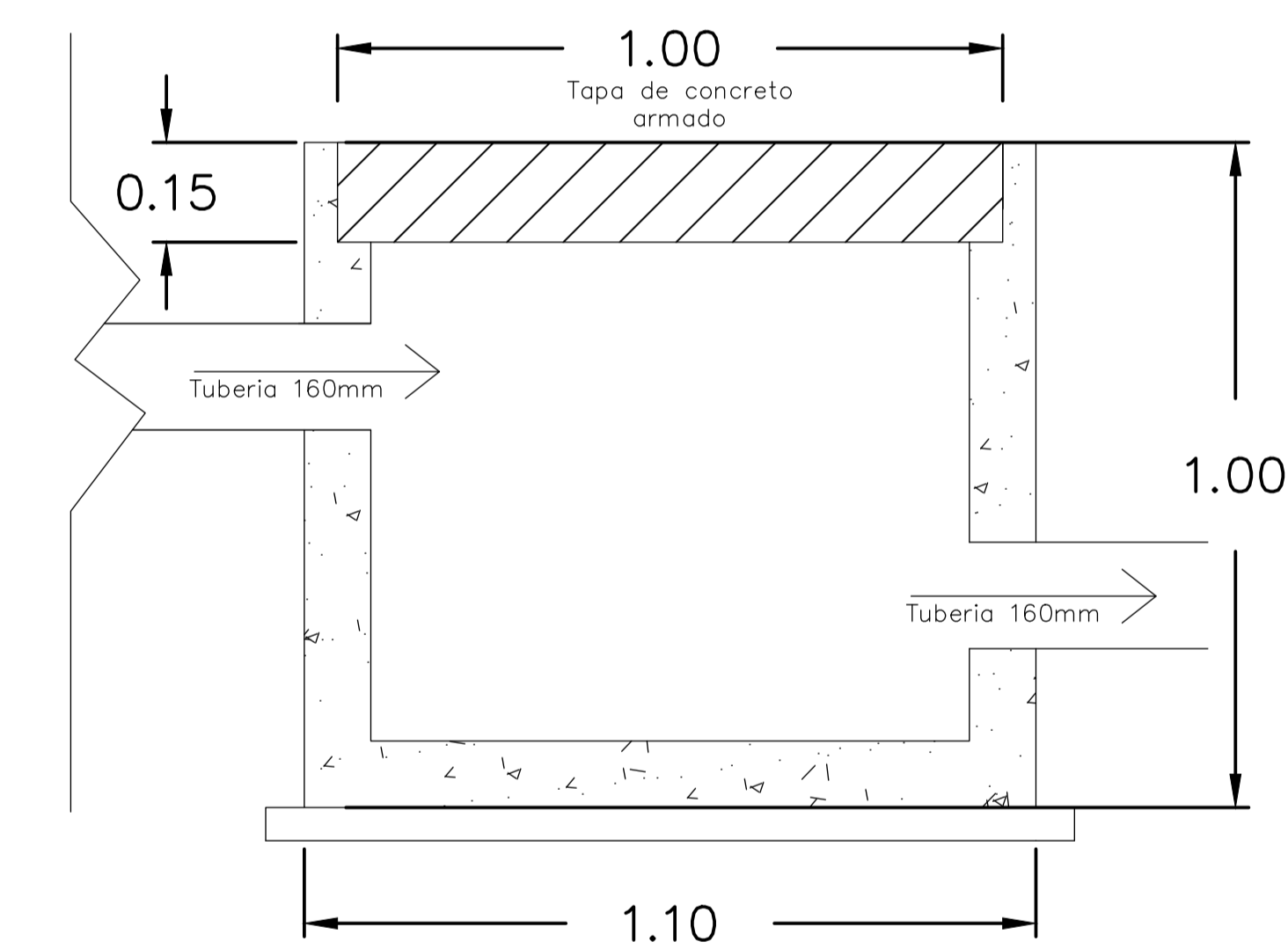


**Vista en planta  
Pozo de inspección**



Escala: 1:10

**Vista en Alzado  
Pozo de inspección**



Escala: 1:10

**Leyenda:**

- Tuberías 160mm o 6"
- Válvulas
- Pozos de inspección

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Proyecto:**  
Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

**Contenido:**  
Plano implantación PTAR SUR

<b>Coordinador de MI:</b> Ing. Andres Velastegui	<b>Profesor de MI:</b> Ing. Ingrid Orta	<b>Estudiante:</b> Ruben Eduardo Zea Urgiles	<b>Fecha de entrega:</b> 2024-1S
<b>Tutor de MI:</b> Ing. Cristian Salas			<b>Lamina:</b> 2/9
			<b>Escala:</b> En plano

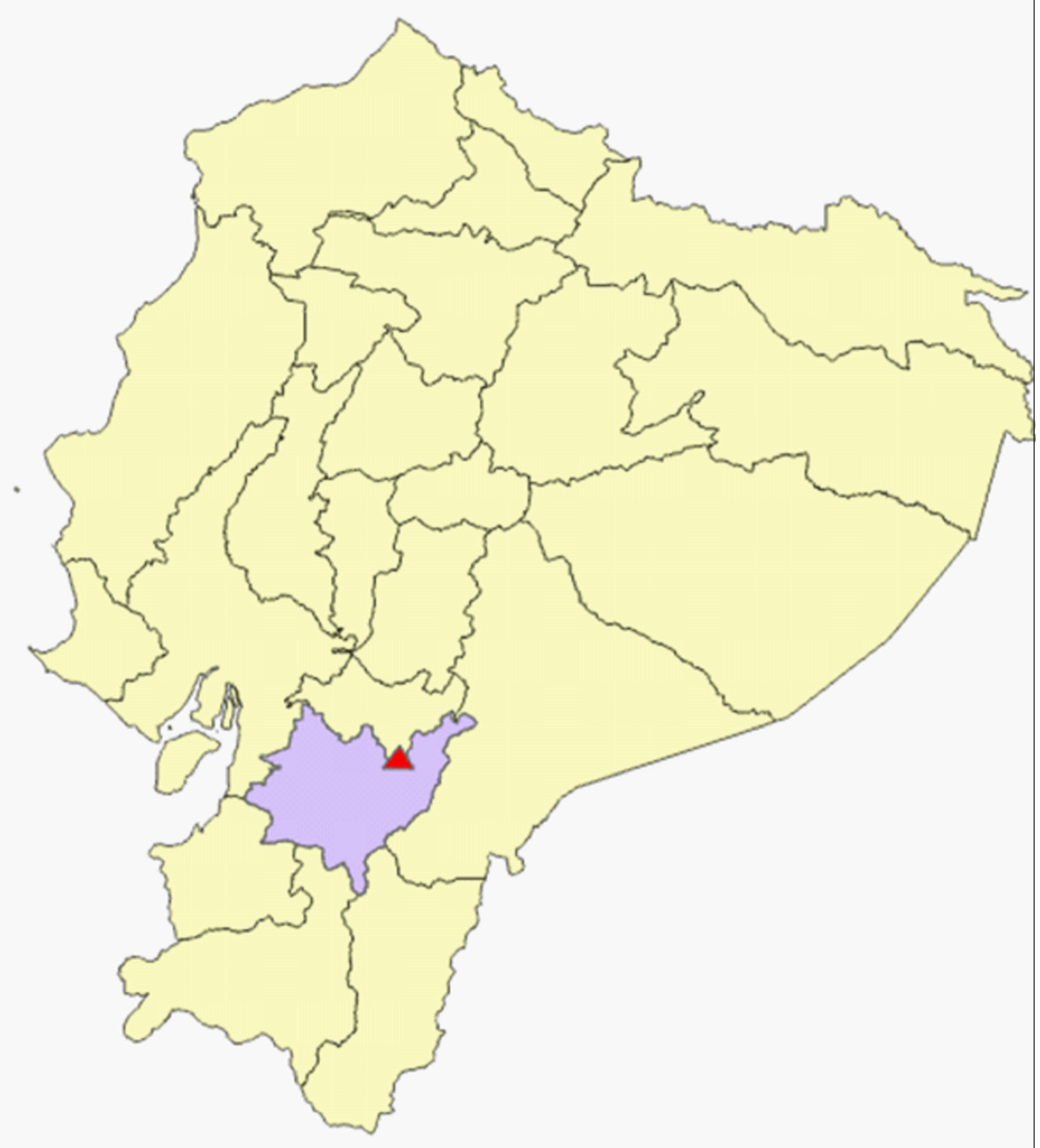
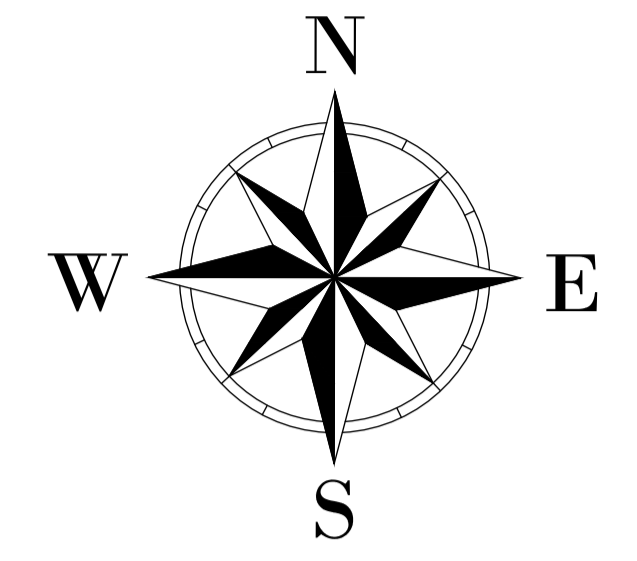
Escala: 1:250





Escala: 1:500

## UBICACIÓN DE PROYECTO



### Leyenda:

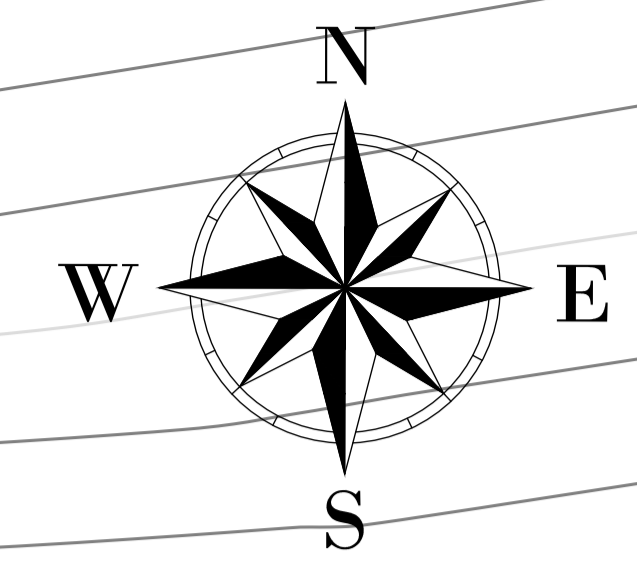
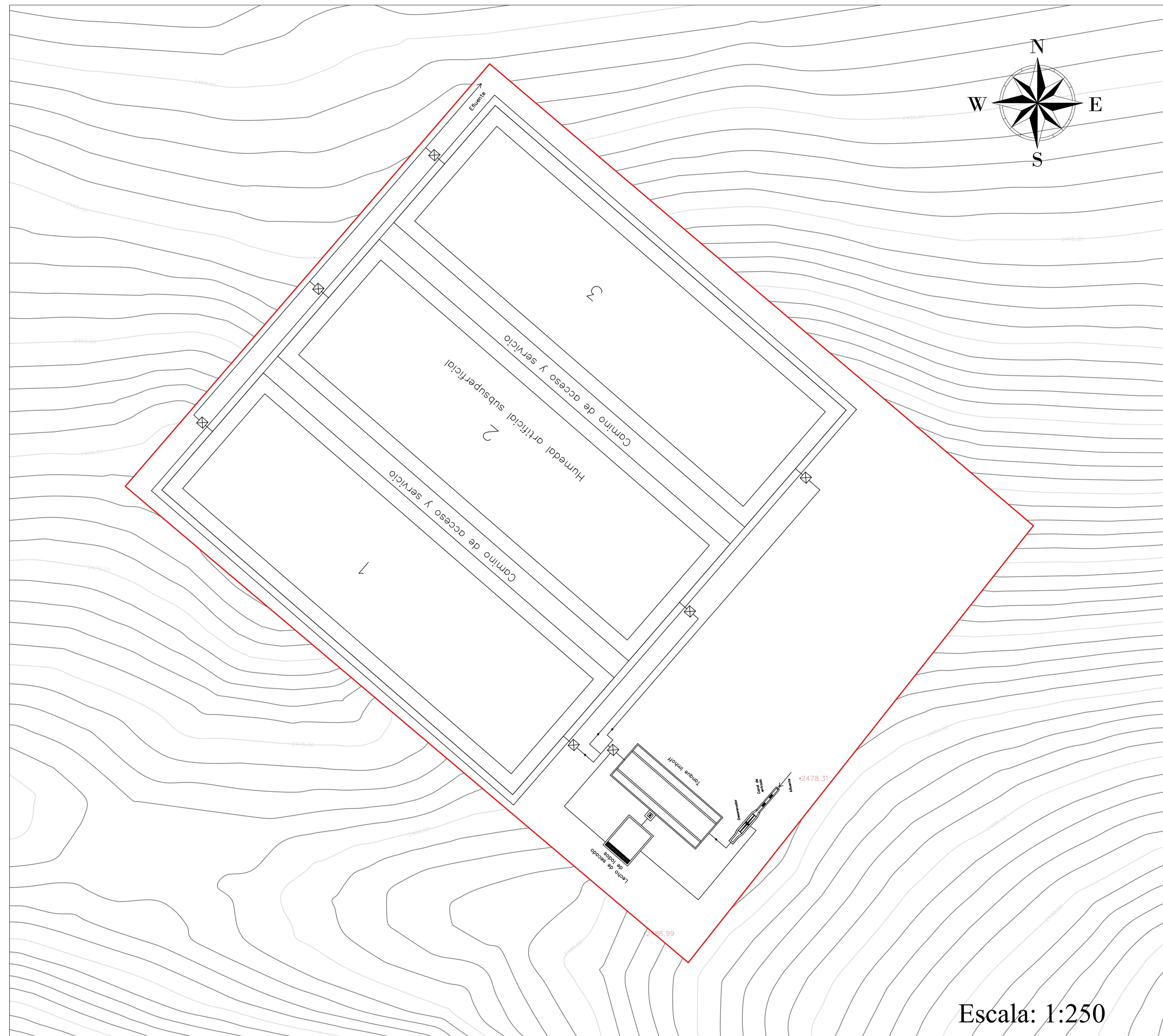
- Planta de tratamiento
- Curvas principales
- Curvas secundarias

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Proyecto:**  
Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

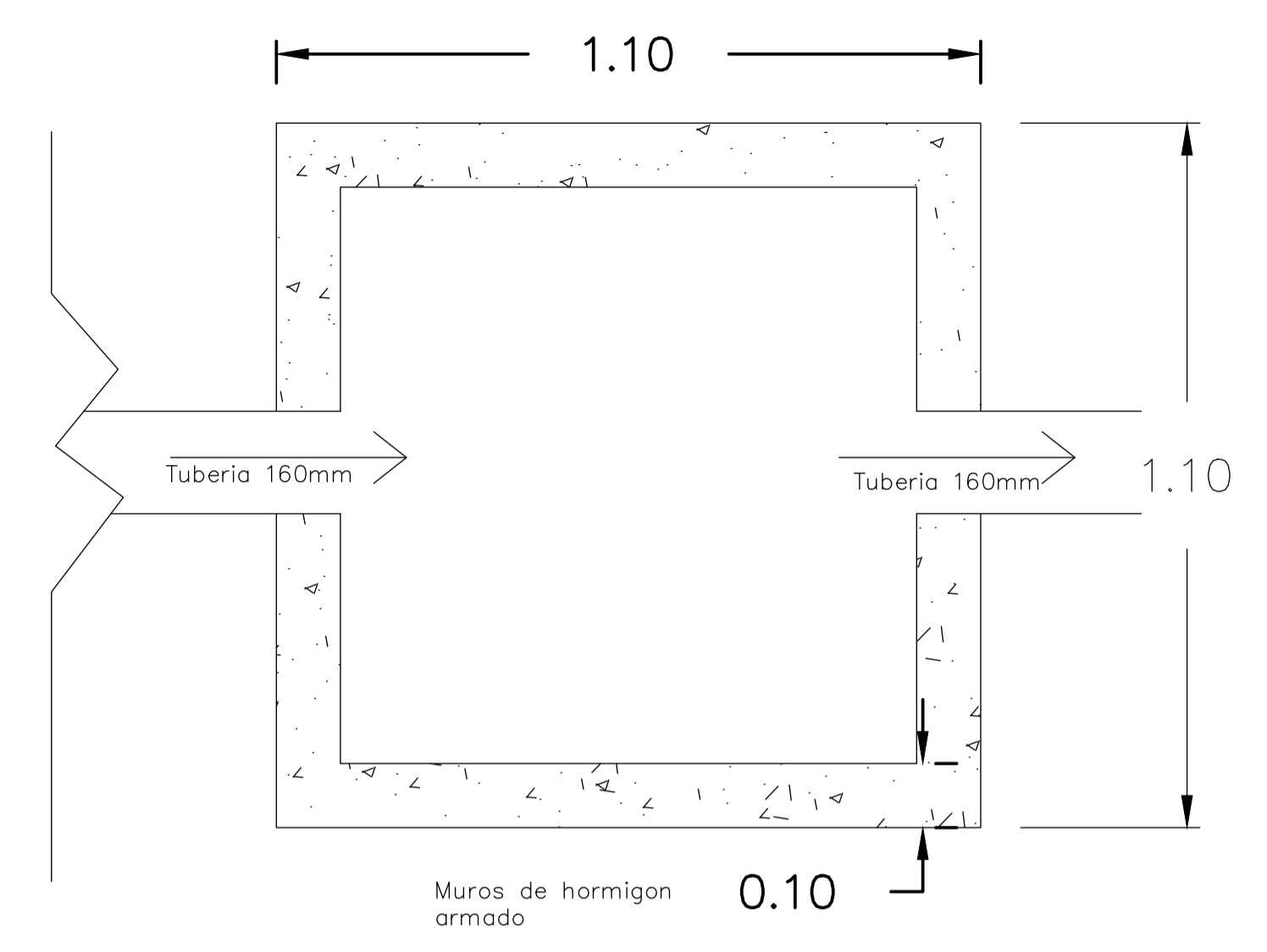
**Contenido:**  
Plano implantación PTAR NORTE

<b>Coordinador de MI:</b> Ing. Andres Velastegui	<b>Profesor de MI:</b> Ing. Ingrid Orta	<b>Estudiante:</b> Ruben Eduardo Zea Urgiles	<b>Fecha de entrega:</b> 2024-1S
<b>Tutor de MI:</b> Ing. Cristian Salas			<b>Lamina:</b> 3/9
			<b>Escala:</b> En plano



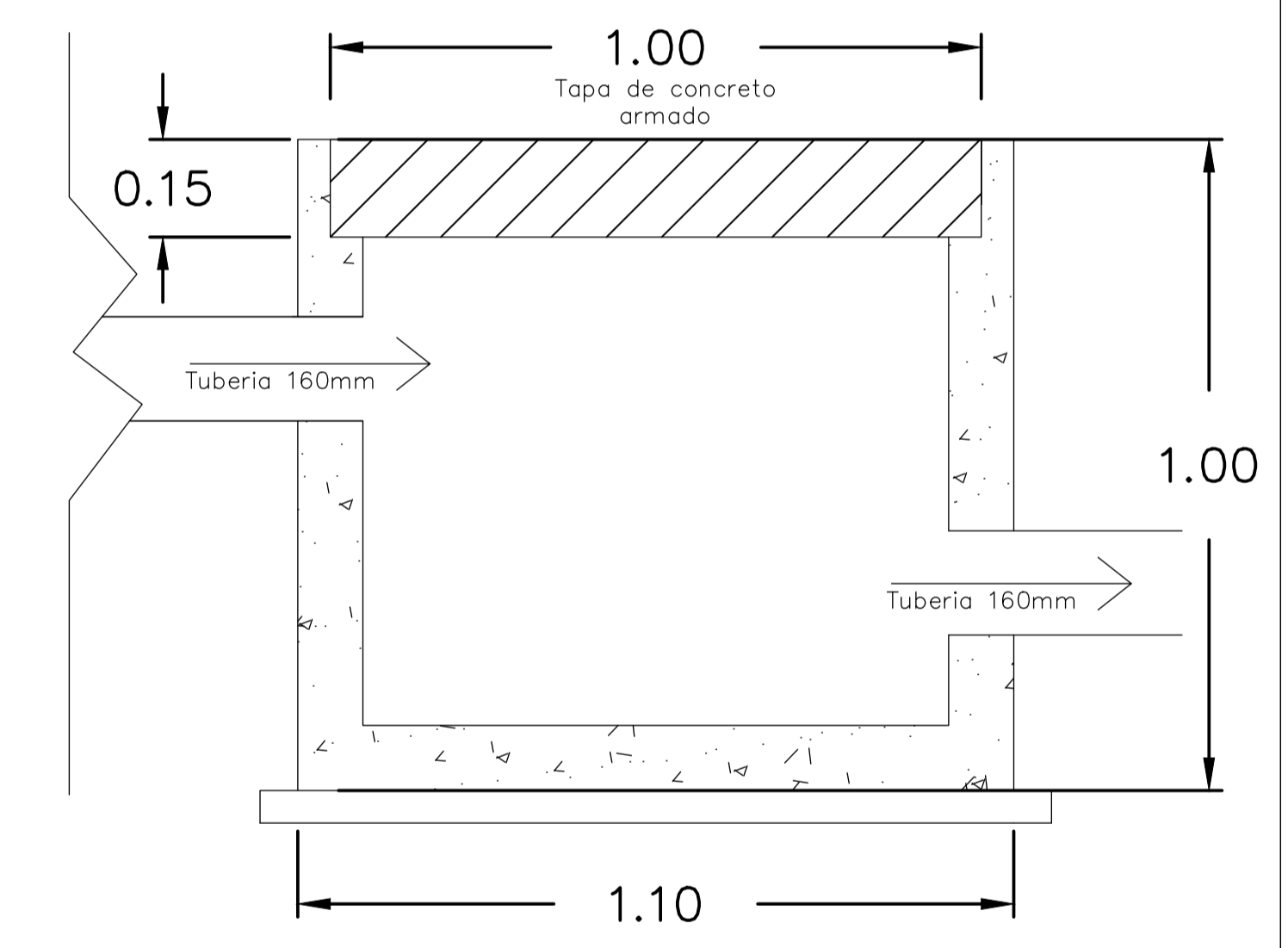
Escala: 1:250

**Vista en planta  
Pozo de inspección**



Escala: 1:10

**Vista en Alzado  
Pozo de inspección**



Escala: 1:10

- Leyenda:**
- Tuberias 160mm o 6"
  - Válvulas
  - Pozos de inspección

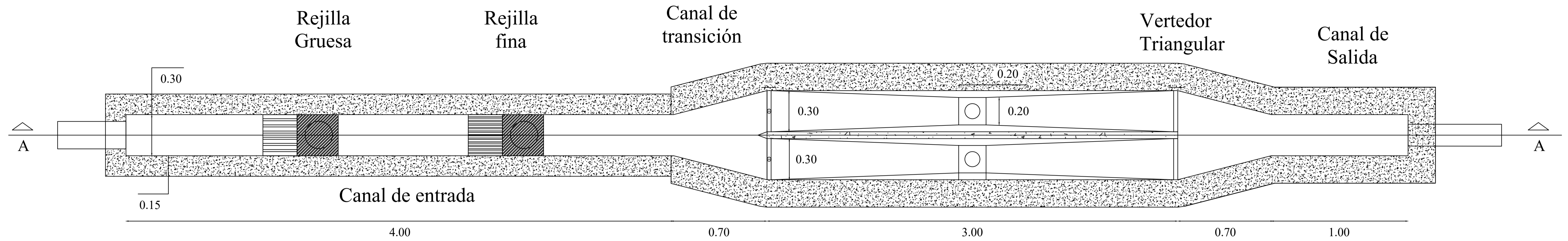
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Proyecto:**  
Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

**Contenido:**  
Plano implantación PTAR NORTE

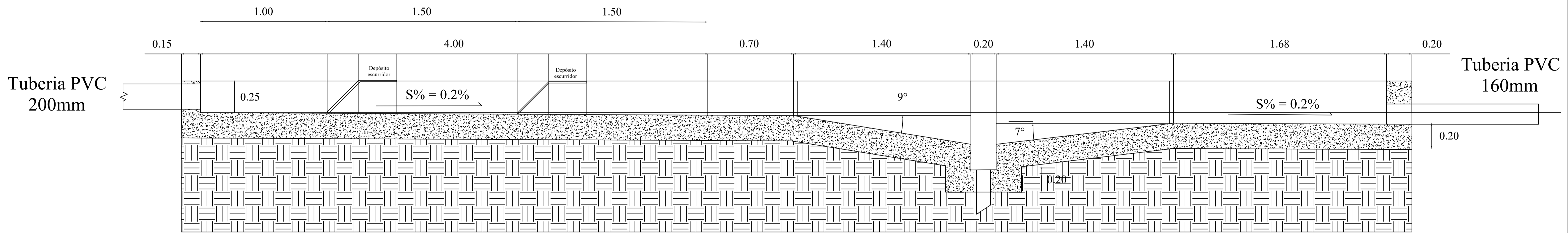
<b>Coordinador de MI:</b> Ing. Andres Velastegui	<b>Profesor de MI:</b> Ing. Ingrid Orta	<b>Estudiante:</b> Ruben Eduardo Zea Urgiles	<b>Fecha de entrega:</b> 2024-1S
<b>Tutor de MI:</b> Ing. Cristian Salas			<b>Lamina:</b> 4/9
			<b>Escala:</b> En plano

# Vista en planta pretratamiento



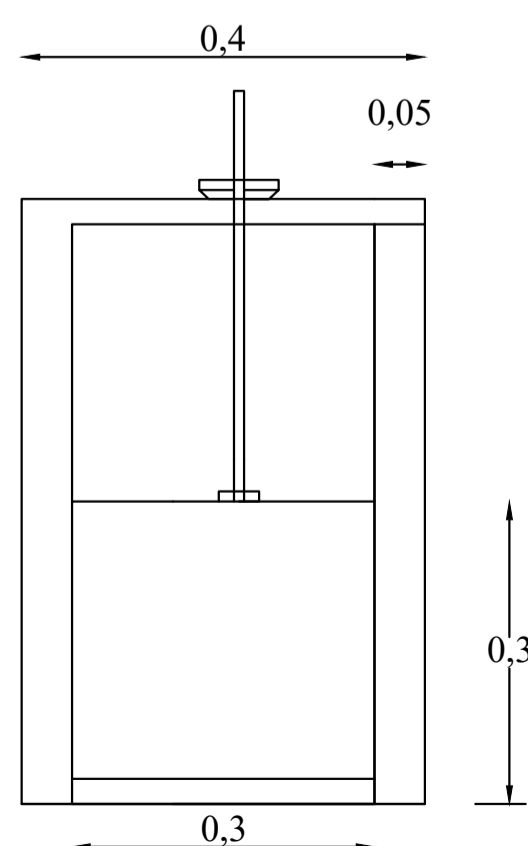
Escala: 1:15

# Corte A-A

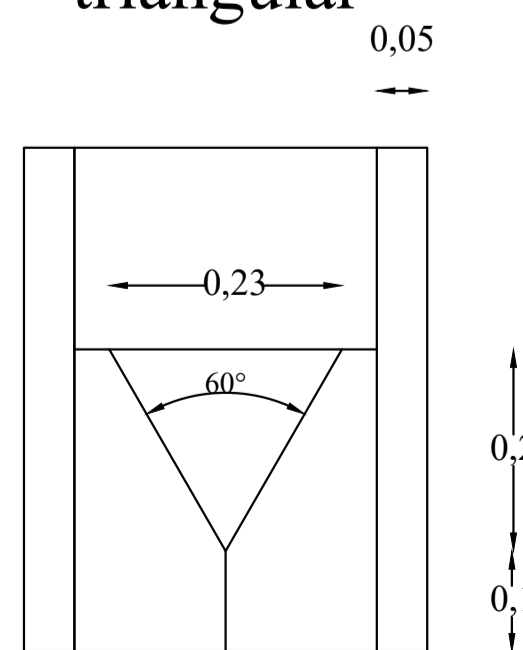


Escala: 1:15

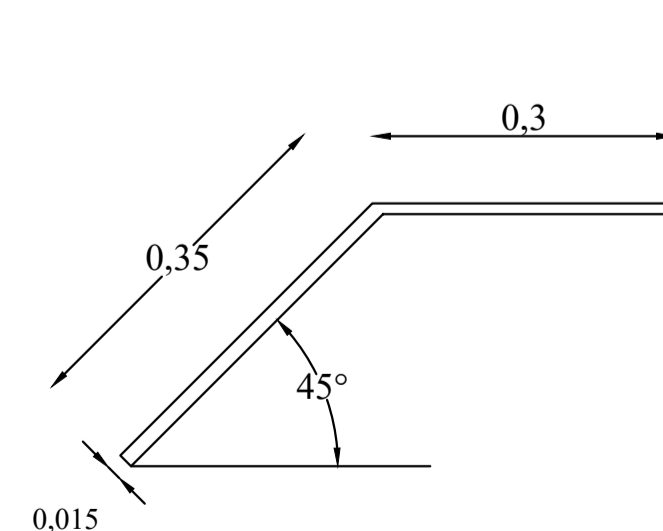
Compuerta de entrada de acero inoxidable AISI 316L



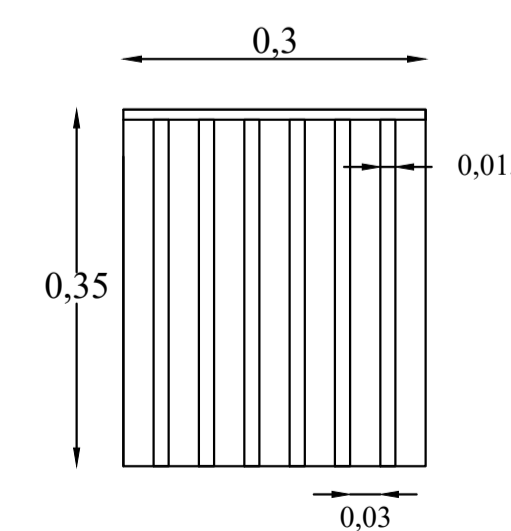
Detalle del vertedor triangular



Detalle de rejilla gruesa Ø15mm c/30mm

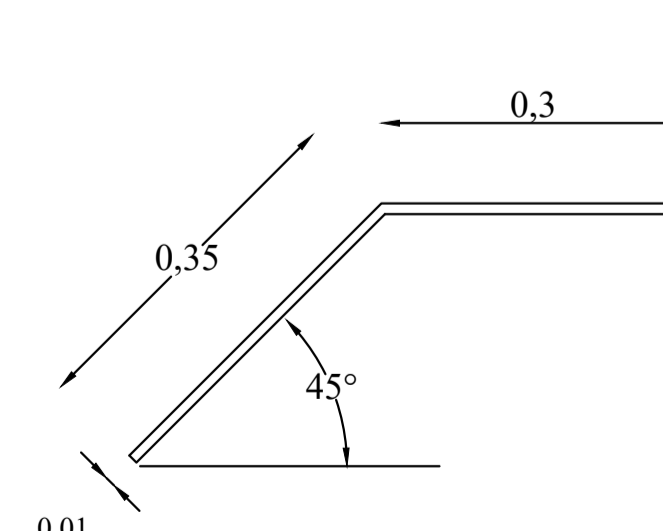


Vista lateral

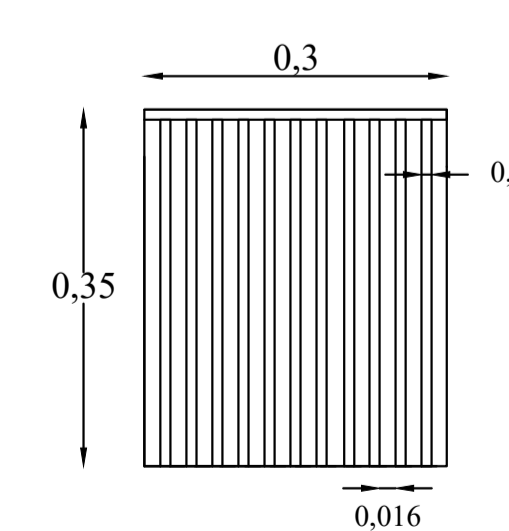


Vista frontal

Detalle de rejilla fina Ø10mm c/16mm



Vista lateral



Vista frontal

Escala: 1:7.5

Notas:

A.- La medidas planteadas estan en metros.

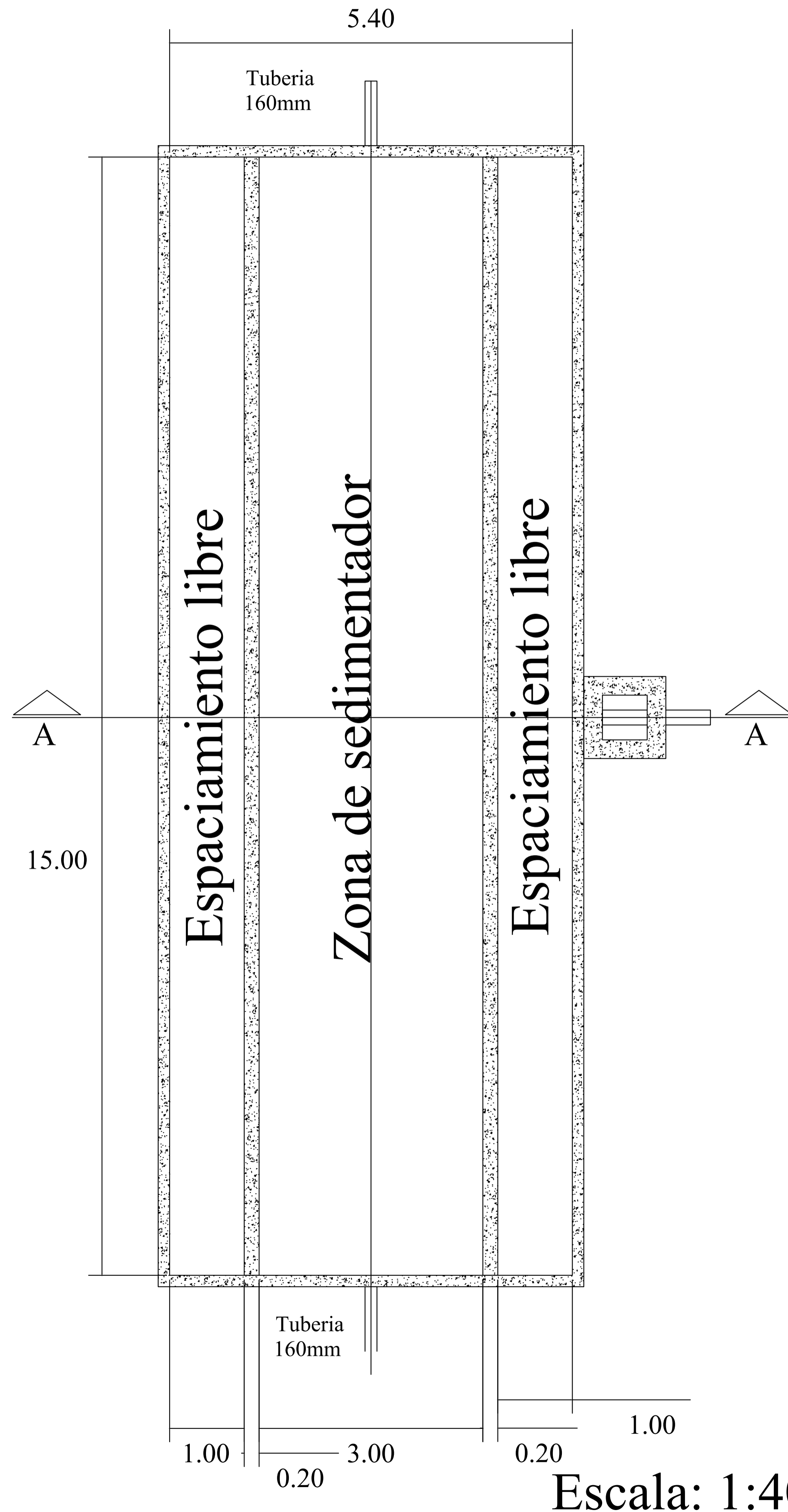
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Proyecto:** Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

**Contenido:** Planos de la etapa de pretratamiento

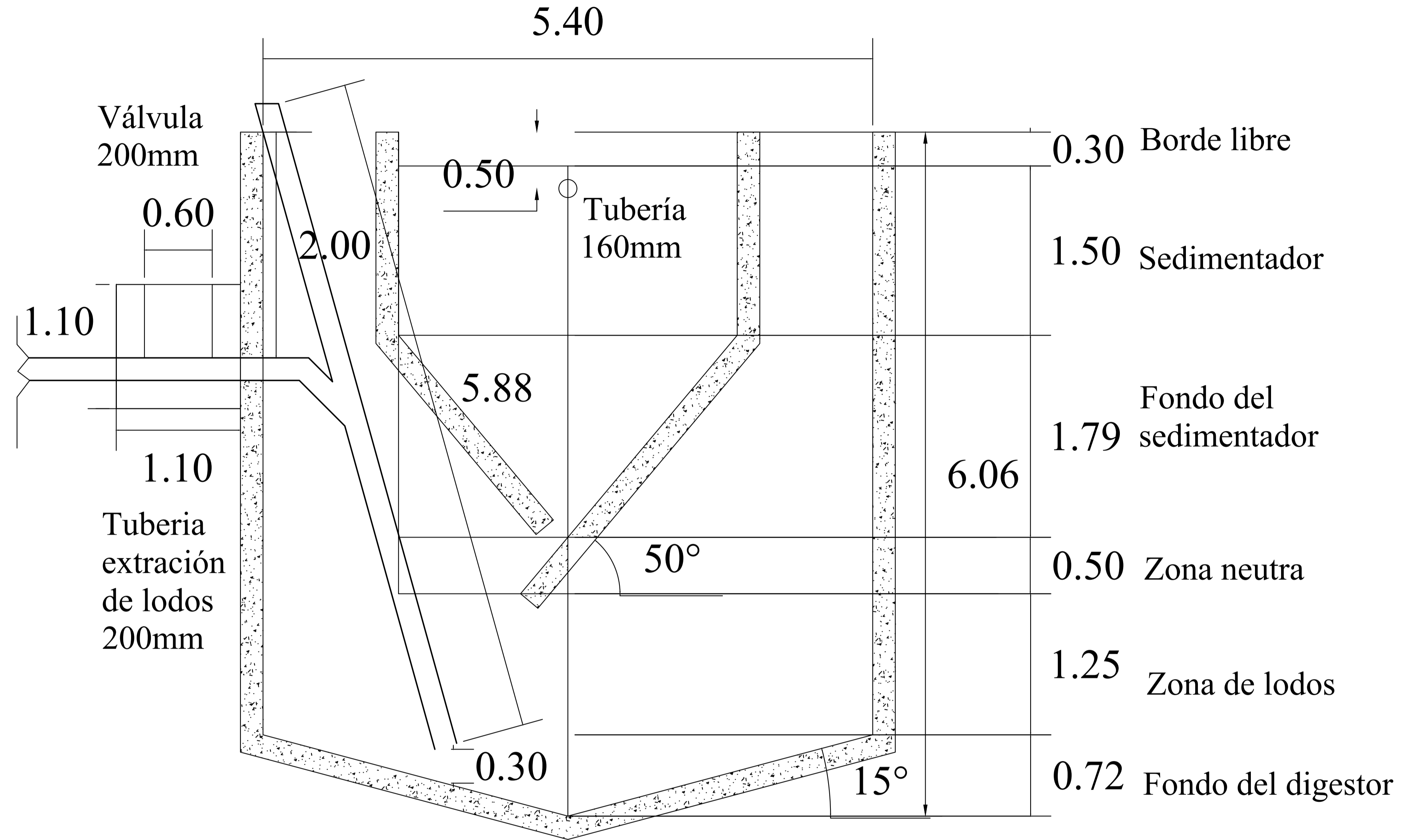
<b>Coordinador de MI:</b> Ing. Andres Velastegui	<b>Profesor de MI:</b> Ingrid Orta	<b>Estudiante:</b> Ruben Eduaro Zea Urgiles	<b>Fecha de entrega:</b> 2024-1S
<b>Tutor de MI:</b> Ing. Cristian Salas			<b>Lamina:</b> 5/9
			<b>Escala:</b> En plano

# Vista en planta Tanque Imhoff



Escala: 1:40

# Corte A-A



Escala: 1:25

## Notas:

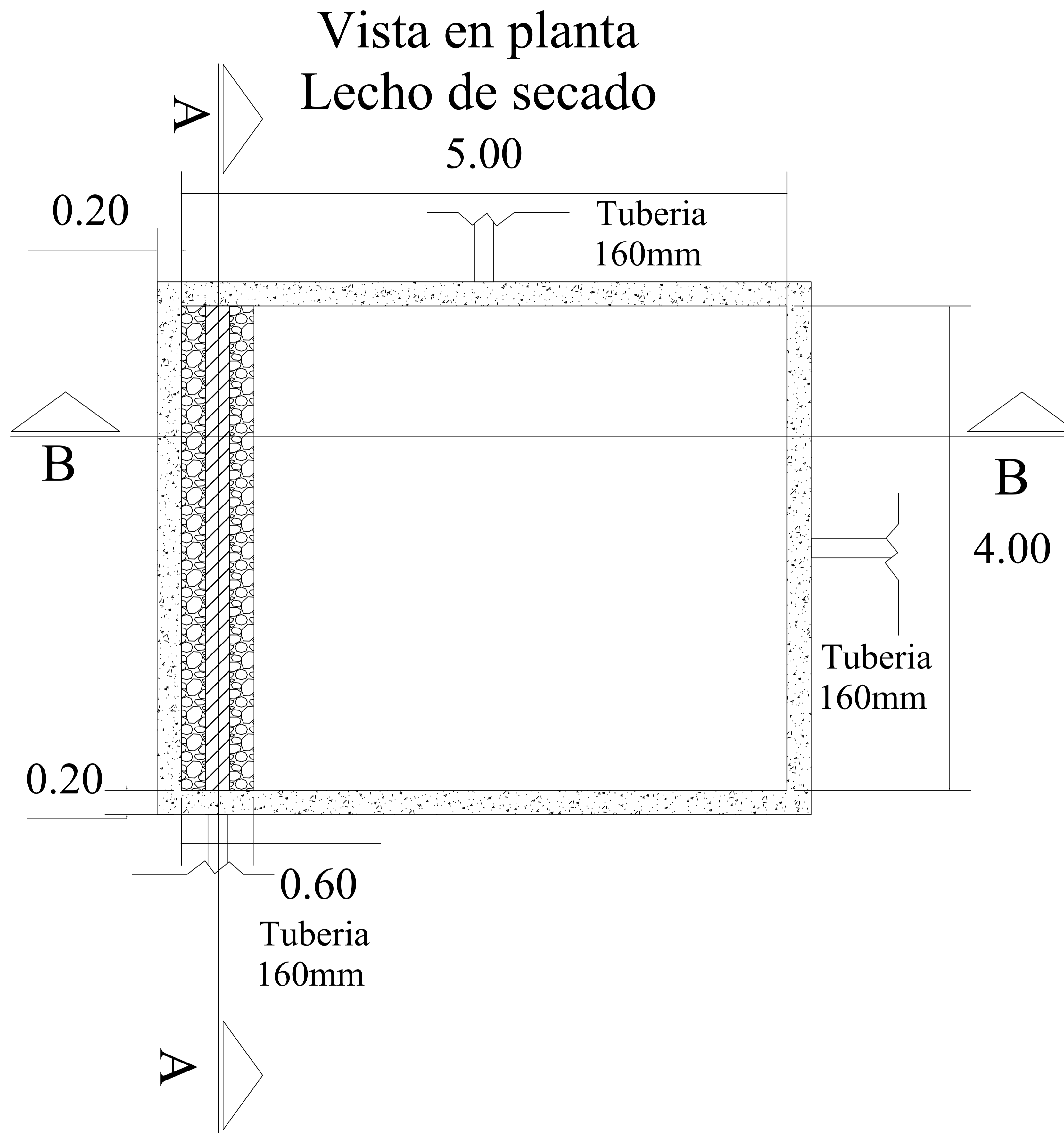
A.- La medidas planteadas estan en metros.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Proyecto:  
Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

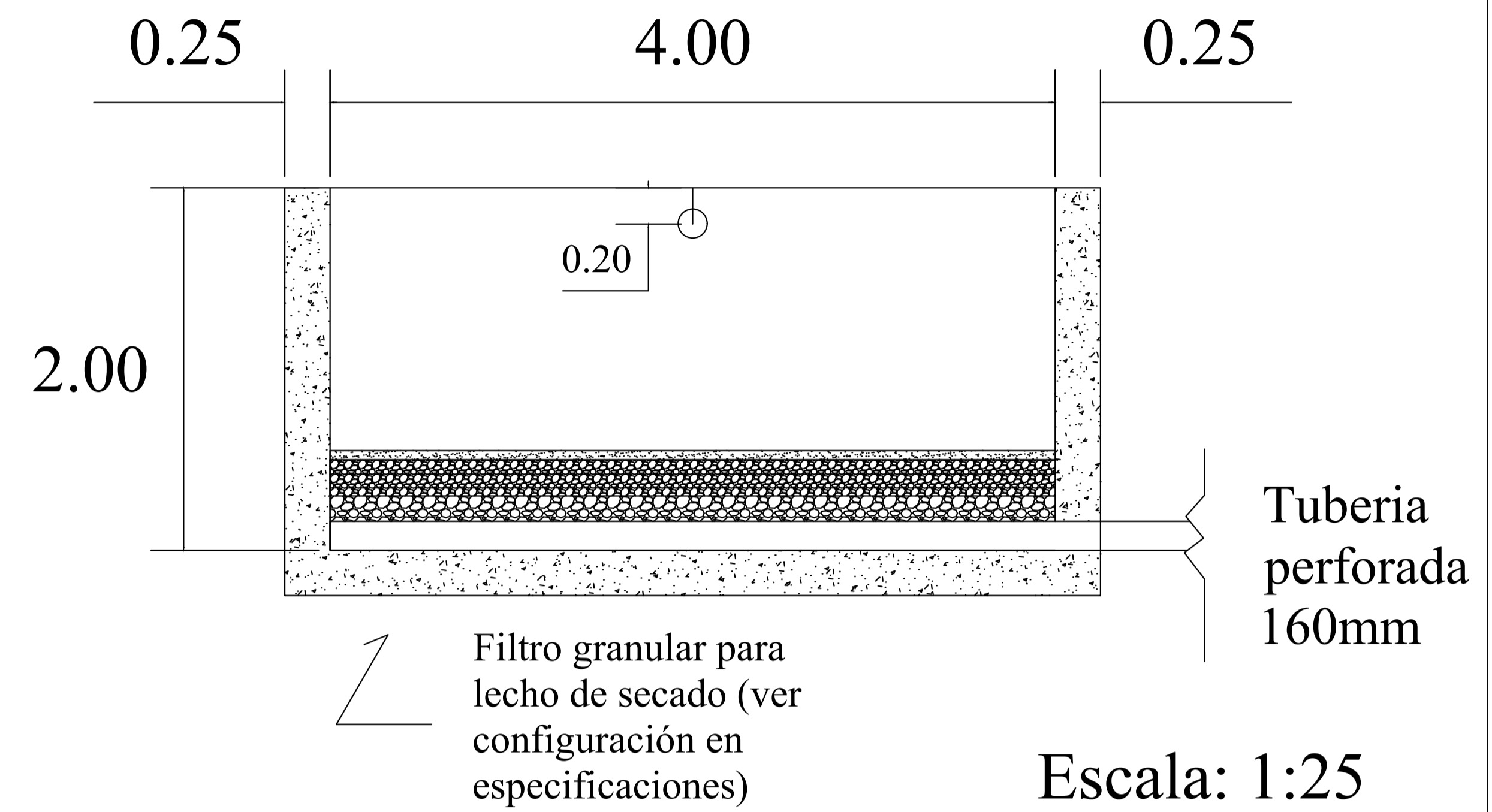
Contenido:  
Tanque de Imhoff

Coordinador de MI: Ing. Andres Velastegui	Profesor de MI: Ingrid Orta	Estudiante: Ruben Eduaro Zea Urgiles	Fecha de entrega: 2024-1S
Tutor de MI: Ing. Cristian Salas			Lamina: 6/9
			Escala: En plano

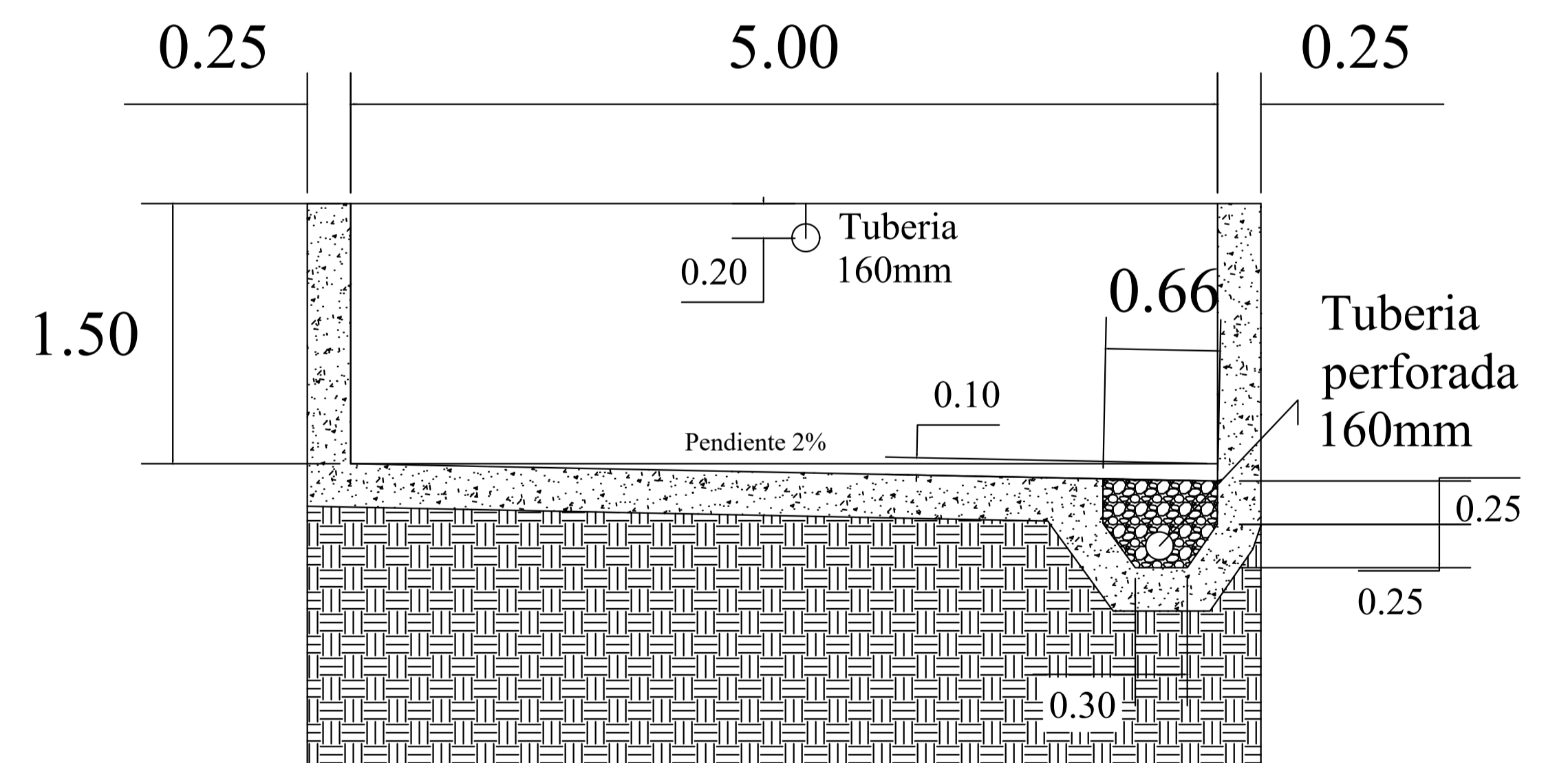


Escala: 1:20

### Corte A-A



### Corte B-B



#### Notas:

- A.- La medidas planteadas estan en metros.  
 B.- Configuracion del material filtante:
- Capa superior (10cm): Grava fina (D10mm) + 5cm de arena (D15mm)
  - Capa media (15cm): Grava fina (D20mm).
  - Capa inferior (15cm): Grava gruesa (D40mm)

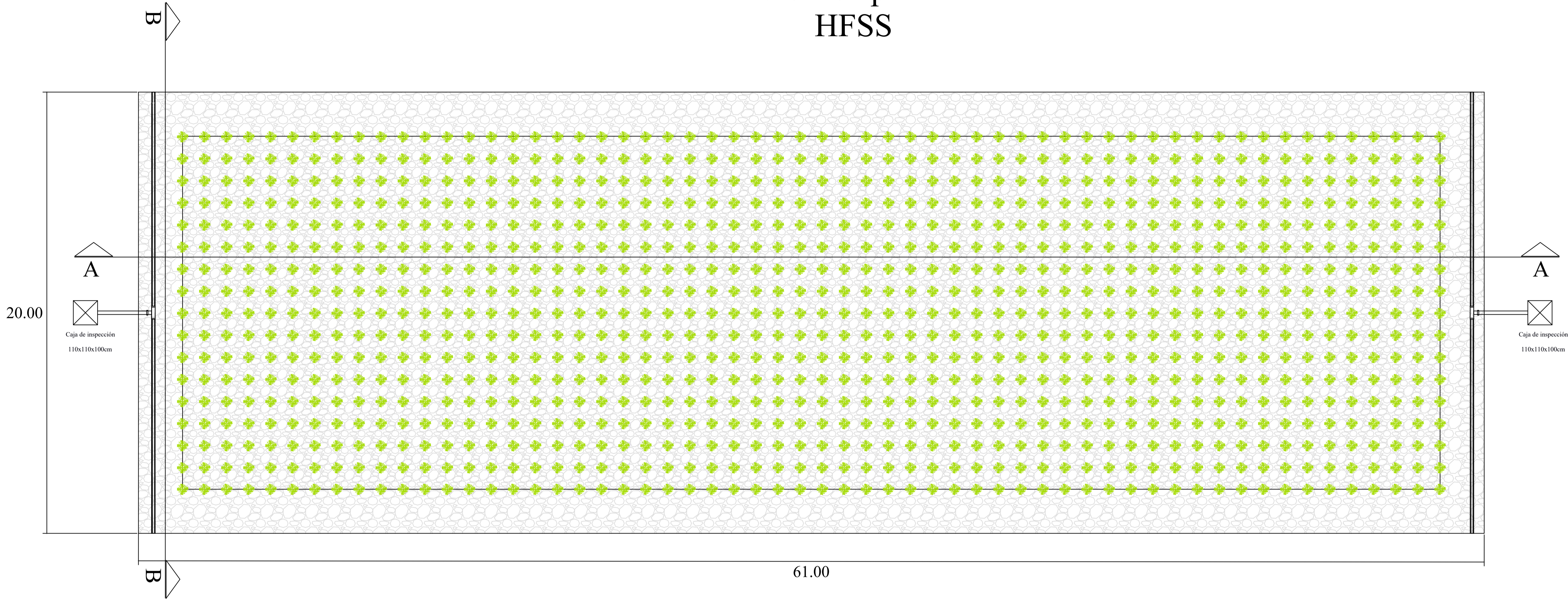
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Proyecto:  
 Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

Contenido:  
 Lecho de secado de lodos

Coordinador de MI: Ing. Andres Velastegui	Profesor de MI: Ingrid Orta	Estudiante: Ruben Eduaro Zea Urgiles	Fecha de entrega: 2024-1S
Tutor de MI: Ing. Cristian Salas			Lamina: 7/9
			Escala: En plano

# Vista en planta HFSS



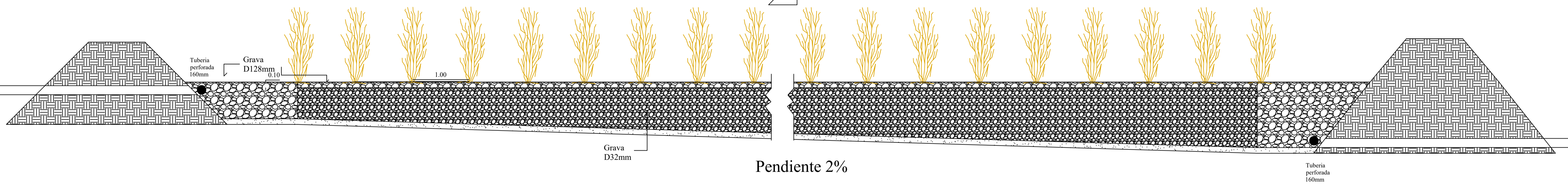
### Notas:

- A.- La medidas planteadas estan en metros.
- B.- Se requieren de 912 plantas por cada humedal.
- C.- La geomembrana es de 1.5cm de espesor con proteccion a ataques quimicos y resistencia mecanica

Escala: 1:100

## Corte A-A

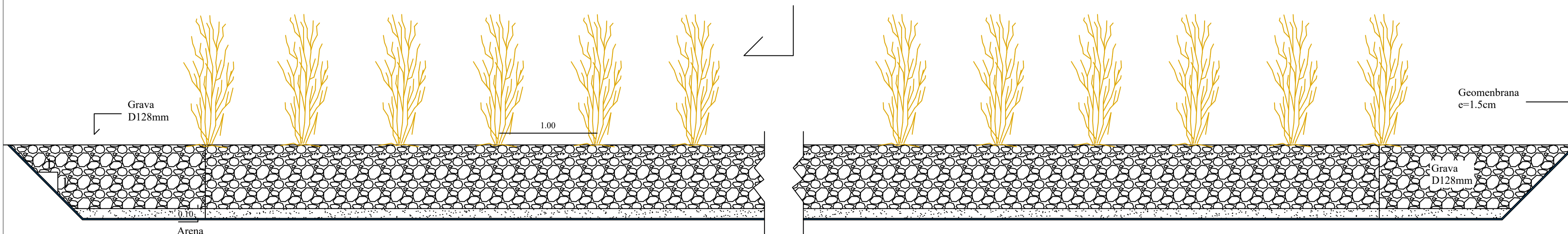
Totora (*Scirpus californicus*) @1m



Escala: 1:35

## Corte B-B

Totora (*Scirpus californicus*) @1m



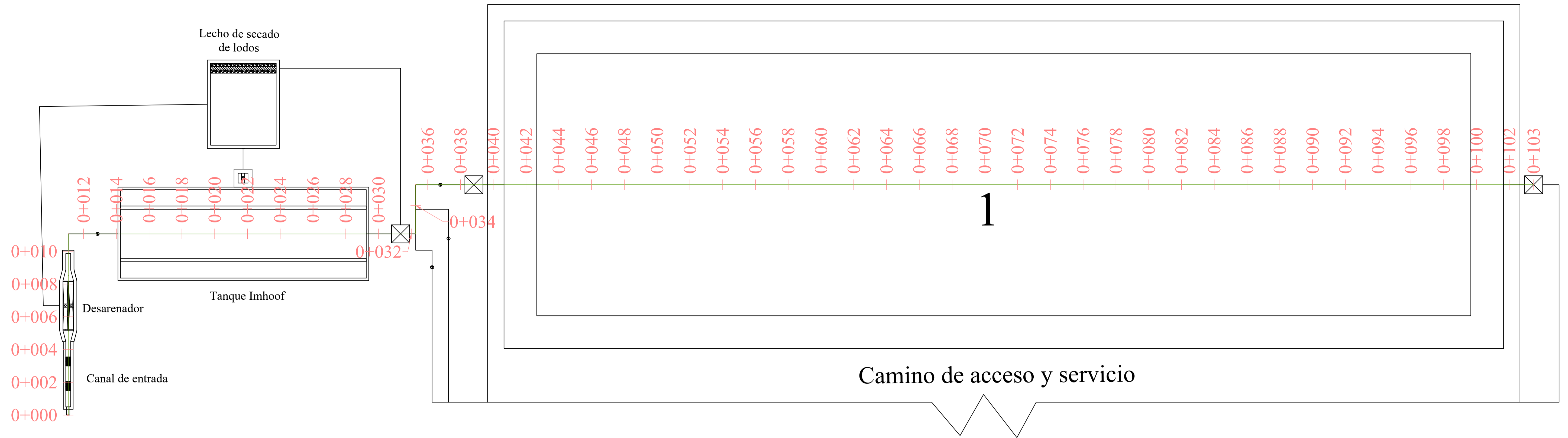
Escala: 1:30

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Proyecto:  
Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

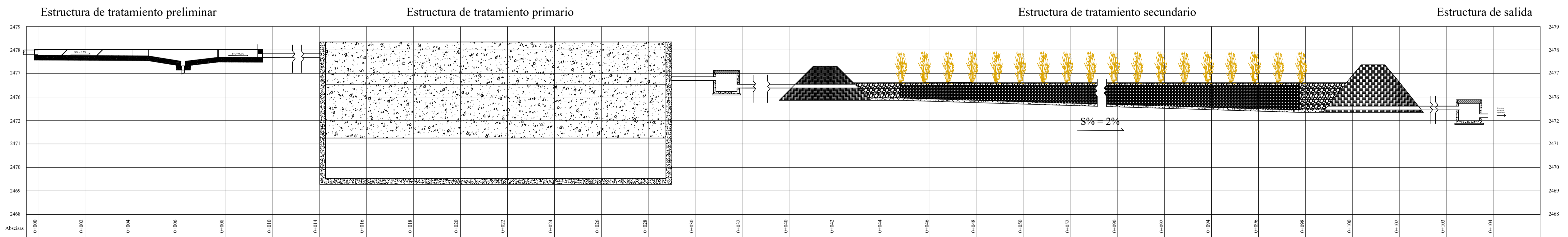
Contenido:  
Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal

Coordinador de MI: Ing. Andres Velastegui	Profesor de MI: Ingrid Orta	Estudiante: Ruben Eduaro Zea Urgiles	Fecha de entrega: 2024-1S
Tutor de MI: Ing. Cristian Salas			Lamina: 8/9
			Escala: En plano



Escala: 1:125

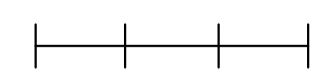
### Perfil longitudinal del tren de tratamiento



**Notas:**



Plantas de Totora



Aliniamiento de abscisas

La medidas planteadas estan en metros.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Proyecto:**  
Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

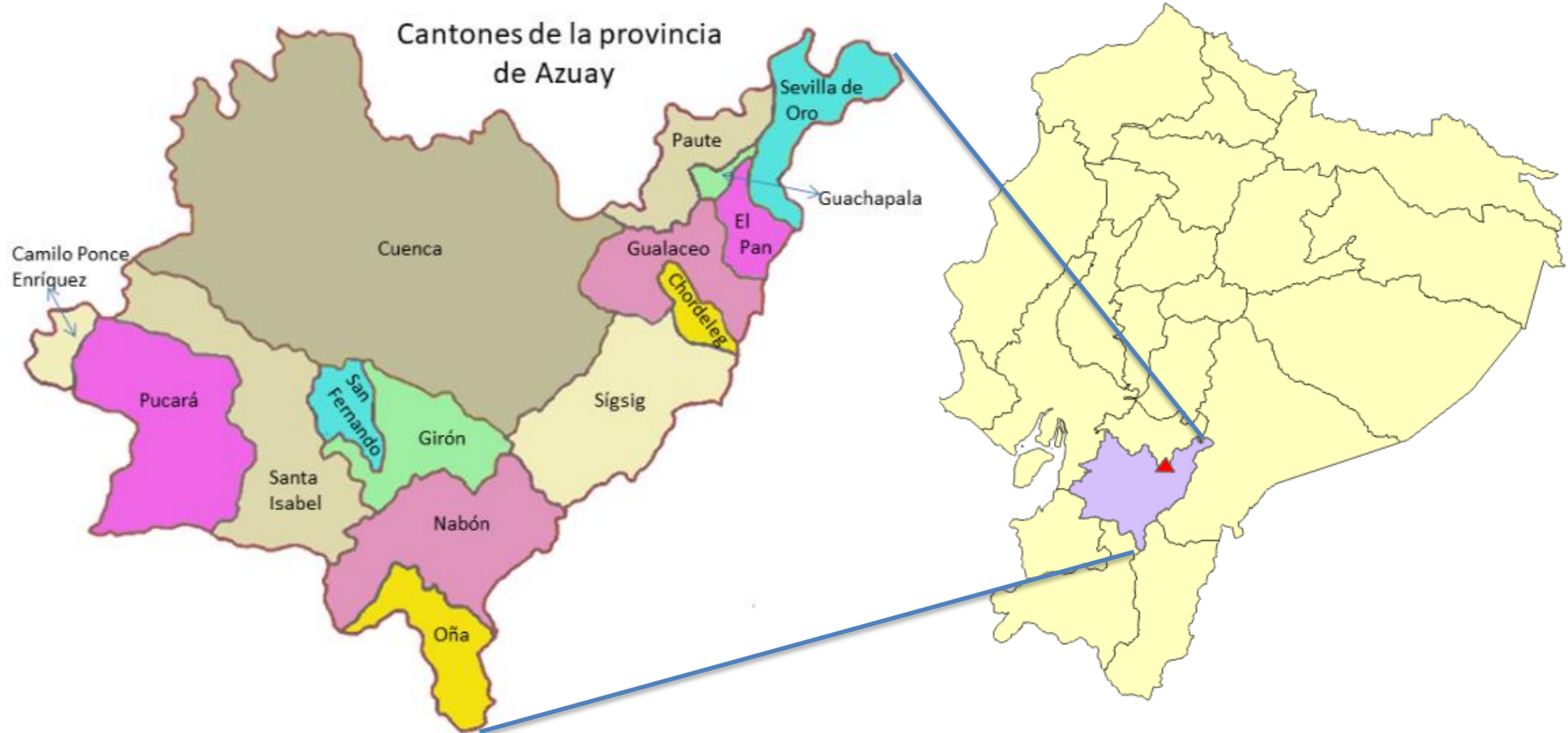
**Contenido:**  
Perfil longitudinal PTAR

<b>Coordinador de MI:</b> Ing. Andres Velastegui	<b>Profesor de MI:</b> Ing. Ingrid Orta	<b>Estudiante:</b> Ruben Eduardo Zea Urgiles	<b>Fecha de entrega:</b> 2024-1S
<b>Tutor de MI:</b> Ing. Cristian Salas			<b>Lamina:</b> 9/9
			<b>Escala:</b> En plano

# Diseño de un sistema sostenible de depuración de aguas residuales para la comunidad de San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay.

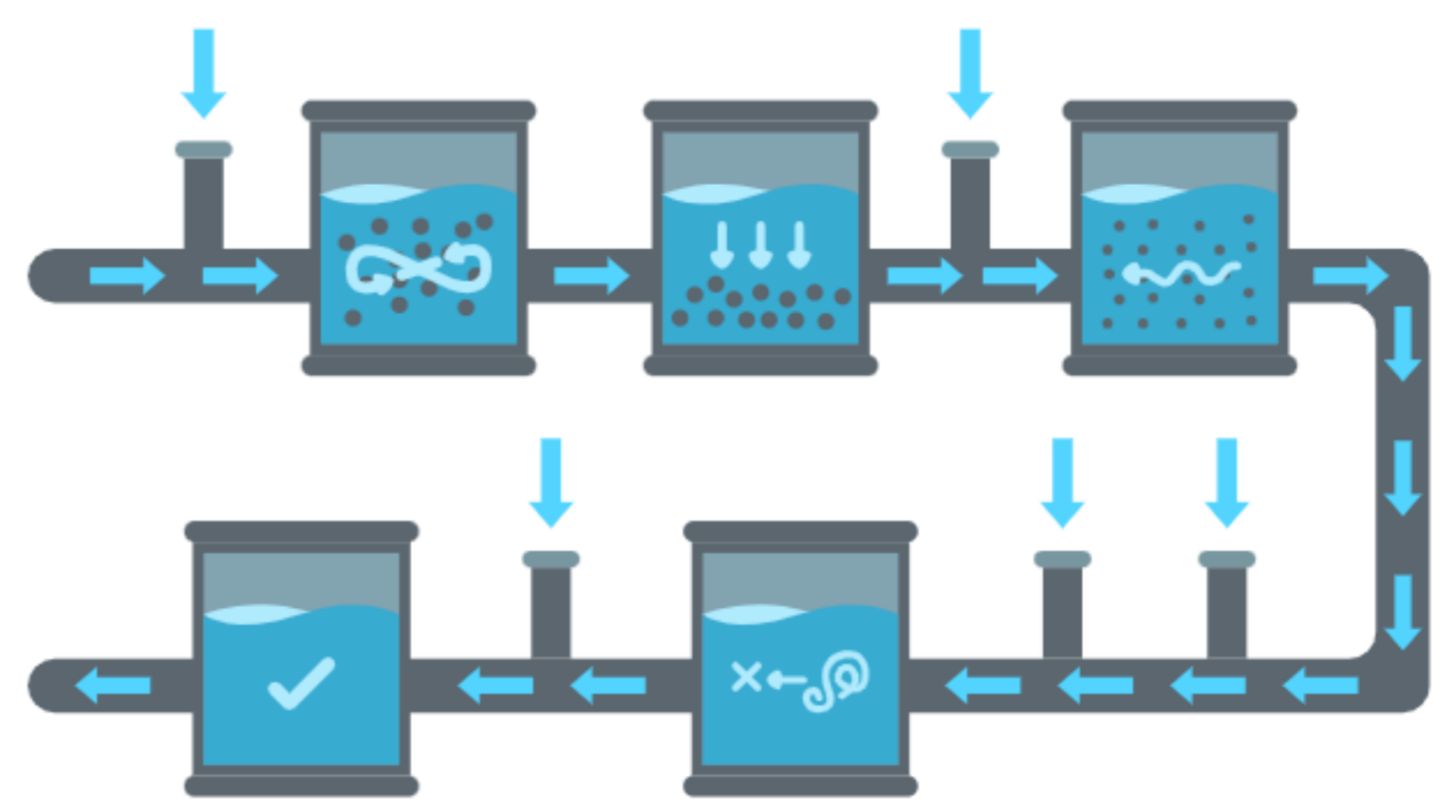
## PROBLEMA

Actualmente, la comunidad de San Cristóbal enfrenta una grave problemática sanitaria y ambiental que amenaza su desarrollo y la salud de sus habitantes. Al no disponer de un sistema de alcantarillado y por consiguiente una planta de tratamiento de agua residual, existe el riesgo de infiltración y contaminación a otras fuentes hídricas.



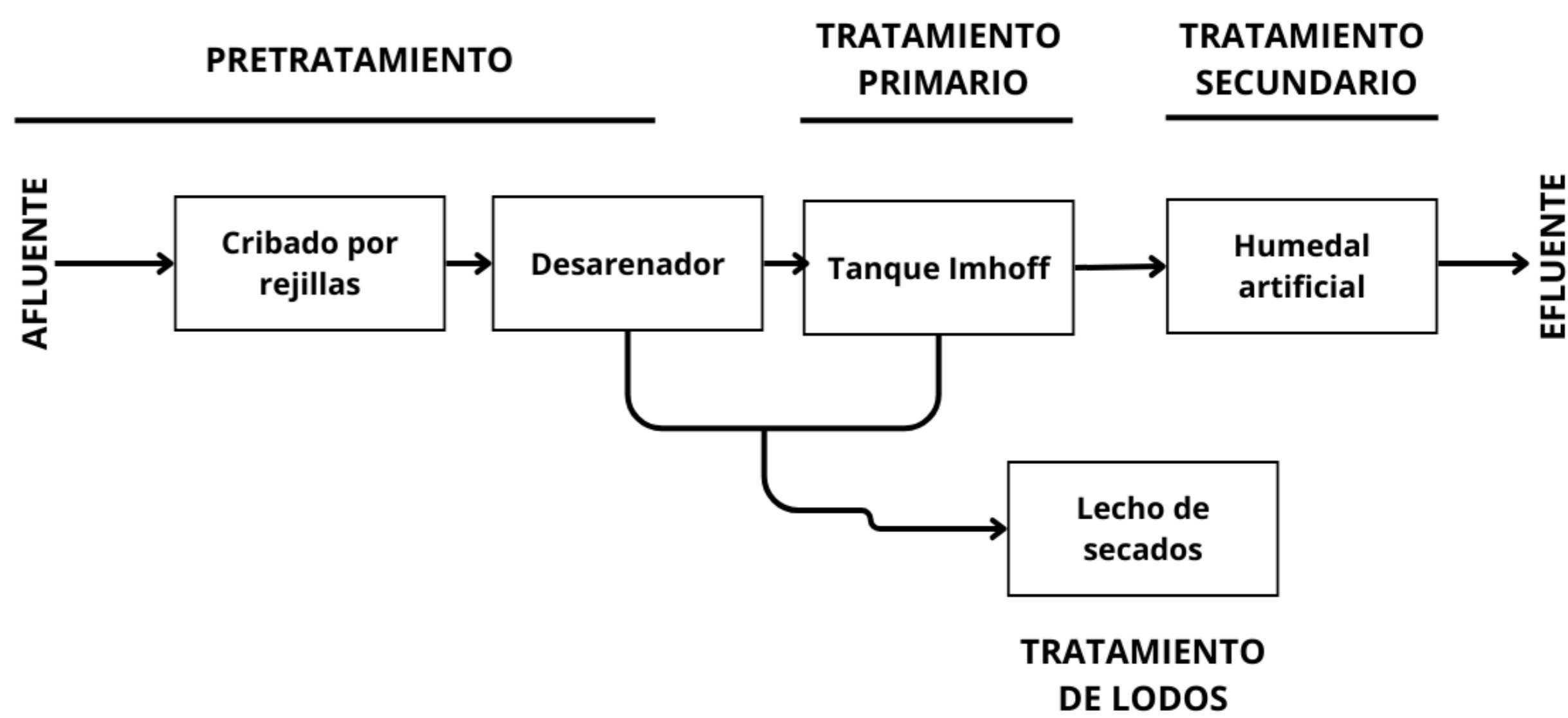
## OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema sostenible para el tratamiento de las aguas residuales de la comunidad de San Cristóbal, cantón Paute, Provincia del Azuay, a través de un análisis sanitario y ambiental que permita mitigar de la contaminación y proteger los recursos hídricos de la zona de estudio.



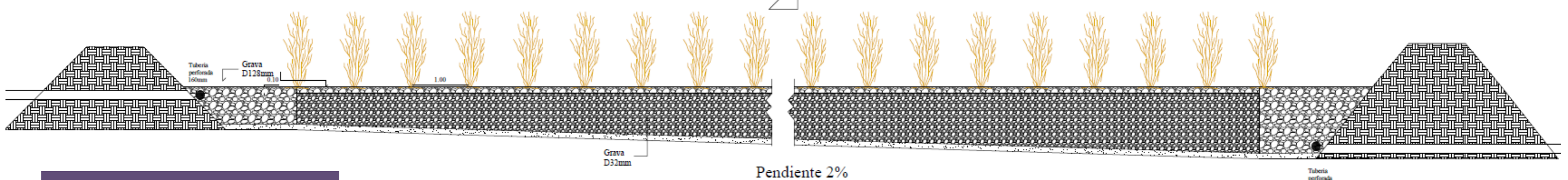
## PROPUESTA

Se ha planteado la implementación de un tren de tratamiento con humedales artificiales subsuperficiales de flujo horizontal. Mediante diseño biológico e hidráulico se establecieron las dimensiones y remociones de los contaminantes establecidos.



Parámetro	Concentración de Afluente	Unidad
Sólidos en suspensión (SST)	220	mg/L
Demanda química de oxígeno (DQO)	500	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5 a 20C)	250	mg/L
Coliformes fecales totales	1.00E+07	mg/L
Nitrógeno total	60	mg/L
Fosforo (P)	15	mg/L

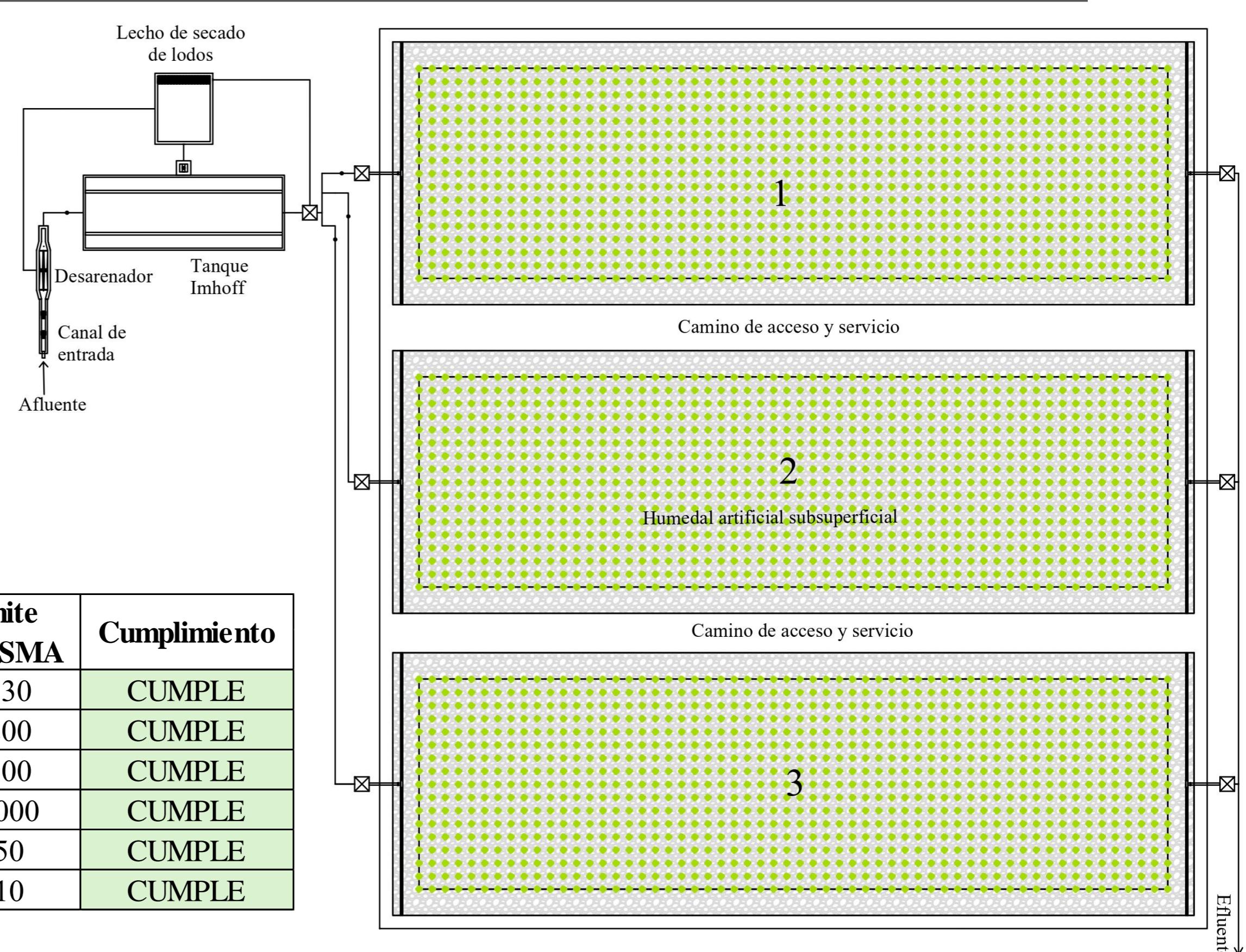
Nota: Obtenido de TULSMA (2015)



## RESULTADOS

Los modelos teóricos planteados demuestran el cumplimiento de los límites de la TULSMA. Las dimensiones calculadas para cada etapa del tren de tratamiento están afianzadas en las guías del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS) e investigaciones hidrosanitarias.

Nivel de tratamiento	Contaminantes removidos	Afluente (mg/l)	Efluente Estructura	Porcentaje de remoción	Límite TULSMA	Cumplimiento
Tratamiento secundario (HFSS)	SST	83.6	13.07	84%	≤130	CUMPLE
	DQO	332.50	57.10	83%	≤200	CUMPLE
	DBO	146.25	16.13	89%	≤100	CUMPLE
	Coliformes*	6.00E+06	5.00E+02	100%	≤2000	CUMPLE
	NTK	54	26.1	52%	≤50	CUMPLE
	P	13.5	6.2	54%	≤10	CUMPLE



## CONCLUSIONES

- Se calculó un estimado de vida útil de 21 años de operación y funcionamiento de los humedales.
- Se planteó un tiempo de ejecución de obra a 7 meses (28 semanas) en un cronograma valorado.
- Se estimó un presupuesto referencial de obra de 366,681.25 para cada planta de tratamiento.
- Las remociones estimadas cumplen con los límites establecidos por la TULSMA.
- Impacto positivo en la comunidad por la generación de empleo y acceso al servicio básico accesible y de calidad.
- Diseño hidrosanitario acorde a la comunidad y al sector de estudio brindado rehusó del agua, lodos y macrófitas.

