

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**Estudio y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para
proyecto ‘Construcción de viviendas de interés social para Guaranda
EP-MVISG’**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniera/o Civil

Presentado por:

Karen Verónica Córdova Albarracín

Daniel Alexander Salazar Plúa

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a los amigos que conocí en la universidad y, en especial a mi mejor amiga y compañera de proyecto, Karen Córdova, quién ha sido confidente, guía y un apoyo incondicional para mí en todos los sentidos durante los últimos cinco años que llevamos conociéndonos.

A mi mejor amigo, Kevin Ortiz, por confiar en mí en todos mis proyectos, por brindarme su apoyo en todo momento y por siempre sacarme una sonrisa.

Daniel Salazar Plúa

El presente proyecto se lo dedico a mis padres Verónica y Victor por su apoyo durante toda mi vida estudiantil y por enseñarme la importancia de la responsabilidad y el esfuerzo académico. A mis abuelitas Elsa y María Victoria por su apoyo incondicional y por siempre creer en mí.

A mi hermano Victor, por estar presente en cada momento importante y brindarme su cariño.

A mi enamorado Miguel y a mis amigos por ser mi apoyo emocional y alegrarme cada día.

Karen Córdova Albarracín

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi abuelita Olga Plúa y a mi madre Teresa Plúa, por ser los pilares de mi educación y formación como persona. A mi familia en general por siempre apoyarme en todo momento.

Y a mis amigos por siempre estar conmigo en los mejores y peores momentos de mi vida, no lo hubiese logrado sin su apoyo.

Daniel Salazar Plúa

Quiero agradecer a mis maestros de secundaria y universidad por brindarme los conocimientos que me permitieron llegar a este punto, y por sus consejos que me ayudaron a crecer como persona. Agradezco a mis familiares y amigos que siempre creyeron en mí y me impulsaron a seguir con mis estudios.

Agradezco además a mi compañero de tesis Daniel, que desde el primer semestre de la carrera fue un amigo incondicional.

Karen Córdova Albarracín

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Karen Verónica Córdova Albarracín y Daniel Alexander Salazar Plúa damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Karen Verónica
Córdova Albarracín



Daniel Alexander
Salazar Plúa

EVALUADORES

Dr. Miguel Chávez

Msc. Esther Vásquez

RESUMEN

Actualmente en la ciudad de Guaranda el proyecto “Plan de Viviendas de Interés Social del sector Negro Yaco” se encuentra en fase de prefactibilidad por lo cual es necesario especificar el manejo que tendrán las aguas residuales. Los lotes privados que están habitados descargan el efluente de sus aguas negras directamente a la quebrada Negro Yaco. Por esta razón, en este documento se presenta el diseño hidrosanitario de la planta de tratamiento de aguas residuales para la urbanización con caudal máximo de 292.9 m³/d y una población máxima futura de 1600 habitantes.

Para realizar el diseño se utilizó como guía para los valores límites de descarga de efluentes en cuerpos de agua dulce del Anexo1, Libro VI, TULSMA, de la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes. Y se realizaron estudios de caracterización del agua de la quebrada Negro Yaco y estudios de suelo del área de implantación de la planta de tratamiento.

Como resultado se dispone de un canal de desbaste y desarenador para el pretratamiento, dos tanques Imhoff para el tratamiento primario, cuatro humedales artificiales como tratamiento secundario. Mientras tanto, para el tratamiento de lodos se diseñaron dos lechos de secado.

La materialización del proyecto se considera de carácter prioritario de acuerdo con el estudio de ambiental el cual concluye que se tendrían en promedio más afectaciones positivas que negativas para la comunidad, justificando así su área de ocupación y costo de construcción.

Palabras clave: Guaranda, Viviendas de Interés Social, Negro Yaco, Humedales artificiales

ABSTRACT

Currently in the city of Guaranda, the "Plan de Viviendas de Interés Social del sector Negro Yaco" project is in the pre-feasibility phase, consequently it is necessary to define how wastewater will be managed. The private lots that are inhabited discharge their sewage effluent directly into the Negro Yaco gorge. Accordingly, this document describes the hydrosanitary design of the wastewater treatment plant for the urban development with a maximum flow of 292.9 m³/d and a maximum future population of 1600 inhabitants. The effluent discharge limit values in freshwater bodies of Annex 1, Book VI, TULSMA, of the Environmental Quality Standard for Effluent Discharge, was use as basis for the design of the wastewater treatment plant. Water characterization studies of Negro Yaco gorge and soil studies of the area where the treatment plant will be located were carried out too.

As a result, there is a screening and grit removal for pretreatment, two Imhoff tanks for primary treatment, and four artificial wetlands for secondary treatment. Meanwhile, two sludge-drying beds were designed for sludge treatment.

The implementation of the project is of a high priority according to the environmental study, which concludes that it would have on average more positive than negative effects on the community, thereby justifying its area of influence and construction investment cost.

Keywords: *Guaranda, Affordable housing, Negro Yaco, Artificial wetlands*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	12
1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Antecedentes.....	12
1.2 Localización.....	12
1.3 Plan de Trabajo.....	13
1.4 Línea base del proyecto.....	14
1.4.1 Ubicación Geográfica, Sectorización y Superficie.....	14
1.4.2 Aspecto Demográfico.....	15
1.4.3 Hidrología y clima.....	15
1.4.4 Relieve y Geología.....	16
1.4.5 Uso del Suelo.....	17
1.4.6 Calidad del Agua e Infraestructura Hidrosanitaria.....	18
1.4.7 Aseo Urbano.....	19
1.4.8 Acceso a la educación, telecomunicaciones y salud.....	19
1.4.9 Actividades Económicas y Producción.....	19
1.5 Objetivos.....	19
1.5.1 Objetivo General.....	19
1.5.2 Objetivos Específicos.....	20
1.6 Justificación.....	20
CAPÍTULO 2.....	22
2. METODOLOGÍA.....	22
2.1 Fundamento teórico.....	22
2.1.1 Las aguas residuales.....	22
2.1.2 Características de las aguas residuales.....	22
2.1.2.1 Características físicas.....	22
2.1.2.2 Características químicas.....	23
2.1.3 Sistema de evacuación de aguas residuales.....	24

2.1.3.1	Sistema de alcantarillado	24
2.1.4	Tratamiento de aguas residuales.....	25
2.1.5	Tipos de tratamiento	25
2.1.5.1	Pretratamiento.....	25
2.1.5.2	Tratamiento primario	25
2.1.5.3	Tratamiento secundario.....	25
2.1.5.4	Tratamiento terciario	26
2.1.6	Métodos de tratamiento de aguas residuales	26
2.1.7	Disposición de lodos	29
2.1.8	Disposición del efluente	29
2.2	Sustento legal	32
2.2.1	Normas	32
2.2.1.1	Normas Nacionales para el Tratamiento de Aguas Residuales	32
2.2.1.2	Guías Internacionales para el Tratamiento de Aguas Residuales.....	32
2.2.1.3	Norma para Caracterización del Agua Residual y Calidad del Efluente	33
2.3	Parámetros de diseño	33
2.3.1	Caracterización del tipo de suelo	33
2.3.1.1	Ensayo Proctor estándar.....	33
2.3.1.2	Granulometría	34
2.3.1.3	Límites de Atterberg.....	35
2.3.2	Caudal de diseño	35
2.3.2.1	Caudal medio de aguas residuales, <i>Q_{md}</i>	39
2.3.2.2	Caudal máximo instantáneo, <i>Q_{max_ins}</i>	39
2.3.2.3	Caudal de infiltración, <i>Q_{in}</i>	39
2.3.2.4	Caudal de diseño, <i>Q_{diseño}</i>	40
2.3.3	Caracterización de las aguas residuales de la zona	40
2.3.4	Parámetros del efluente.....	41
2.3.5	Área de implantación	41
2.4	Caracterización del cauce natural (Quebrada Negroyacu).....	41
2.4.1	Ensayo de DBO ₅	41
2.4.2	Ensayo de Sólidos Sedimentables.....	42
2.4.3	Ensayo de todos los sólidos.....	42
2.5	Restricciones del proyecto	42
2.5.1	Restricciones físicas	42

2.5.2	Restricciones económicas	42
2.5.3	Restricciones sociales	42
2.5.4	Restricciones técnicas	43
2.6	Análisis de alternativas de tratamiento.....	43
2.6.1	Canal de desbaste	43
2.6.2	Desarenador	44
2.6.3	Tanque Imhoff.....	45
2.6.4	Lechos de secado.....	46
2.6.5	Proceso de Lodos Activados	46
2.6.6	Filtros Percoladores	48
2.6.7	Reactor Anaerobio de Lecho de Lodos con Flujo Ascendente	49
2.6.8	Sistema de Pantano Seco o “Wetland”	50
2.7	Selección de alternativas de tratamiento.....	51
CAPÍTULO 3.....		53
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	53
3.1	Diseño hidrosanitario.....	53
3.1.1	Pretratamiento	53
3.1.2	Tratamiento primario	62
3.1.3	Tratamiento de lodos	68
3.1.4	Tratamiento secundario	70
3.1.4.1	Diseño de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal	74
Dimensionamiento biológico.....		74
3.1.5	Diseños auxiliares.....	88
3.1.5.1	Diámetro de tuberías	88
3.1.5.2	Niveles de implantación de la planta	90
3.1.5.3	Cárcamo de bombeo	91
3.2	Diseño geotécnico.....	99
3.2.1.1	Capacidad de carga del suelo	101
3.2.1.2	Asentamientos.....	103
3.2.1.3	Estabilidad de taludes	109
CAPÍTULO 4.....		112
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	112
4.1	Objetivos	112
4.2	Descripción del proyecto	112
4.2.1	Marco legal	112

4.2.2	Autorización ambiental.....	114
4.3	Línea base ambiental.....	115
4.3.1	Medio natural.....	115
4.3.1.1	Medio fisicoquímico inerte.....	115
4.3.1.2	Medio físico-biótico (biológico).....	116
4.3.2	Medio humano.....	117
4.4	Actividades del proyecto.....	118
4.4.1	Fase de construcción.....	118
4.4.2	Fase de operación.....	120
4.4.3	Fase de abandono.....	121
4.5	Identificación de impactos ambientales.....	122
4.5.1	Impactos sobre el medio inerte.....	122
4.5.1.1	Suelo.....	122
4.5.1.2	Geomorfología.....	122
4.5.1.3	Cuerpos superficiales.....	122
4.5.1.4	Calidad del agua.....	122
4.5.1.5	Olores.....	122
4.5.1.6	Ruidos.....	122
4.5.1.7	Polvo.....	122
4.5.2	Impacto sobre el medio biótico.....	123
4.5.2.1	Árboles.....	123
4.5.2.2	Vegetación.....	123
4.5.2.3	Microflora.....	123
4.5.3	Impactos socioeconómicos.....	123
4.5.3.1	Cultivos.....	123
4.5.3.2	Paisajes.....	123
4.5.3.3	Empleo.....	123
4.5.3.4	Servicios básicos.....	124
4.5.4	Evaluación de impactos.....	124
4.6	Medidas de prevención/mitigación.....	126
4.6.1	Equipo básico de seguridad.....	126
4.6.2	Señalización.....	126
4.6.3	Reglas básicas de comportamiento.....	127
4.6.4	Prevención de accidentes por caídas.....	127
4.6.5	Organización de productos de alto riesgo.....	127

4.6.6	Mantenimientos.....	127
4.6.7	Capacitaciones	127
4.6.8	Plan ambiental	127
4.6.9	Sistema eléctrico.....	128
4.6.10	Manejo de equipos especializados	128
4.7	Conclusiones.....	128
CAPÍTULO 5.....		130
5.	PRESUPUESTO	130
5.1	Descripción de rubros	130
5.2	Análisis de costos unitarios	136
5.3	Descripción de cantidades de obra	185
5.3.1	Obras preliminares.....	185
5.3.2	Canal de desbaste y desarenador	186
5.3.3	Tanque Imhoff.....	188
5.3.4	Cárcamo de bombeo	190
5.3.5	Humedales artificiales.....	191
5.3.6	Lechos de secado.....	194
5.3.7	Rubros de mitigación de impactos ambientales.....	195
5.4	Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental.....	195
5.5	Cronograma valorado.....	197
CAPÍTULO 6.....		200
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	200
BIBLIOGRAFÍA.....		203
PLANOS Y ANEXOS.....		208

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Implantación de la planta de tratamiento en el terreno de la urbanización..	13
Figura 1.2. Cronograma de actividades.....	14
Figura 1.3. Mapa político del cantón Guaranda, provincia de Bolívar	15
Figura 1.4. Mapa de la geología del cantón Guaranda.....	17
Figura 1.5 Mapa de cobertura y uso de suelo del cantón Guaranda	18
Figura 2.1. Lecho de infiltración.....	30
Figura 2.2. Sistema de riego por goteo.	31
Figura 2.3. Ensayo Proctor realizado en muestra de suelo #1 del lugar de estudio.....	34
Figura 2.4. Ensayo Proctor realizado en muestra de suelo #2 del lugar de estudio.....	34
Figura 2.5. Resultados del ensayo granulométrico de las dos muestras tomadas en sitio.	35
Figura 2.6. Rejilla de cribado manual.	44
Figura 2.7. Canales desarenadores con limpieza mecánica.	45
Figura 2.8. Vista transversal de un tanque Imhoff.	45
Figura 2.9. Lechos de secado EDAR Almudaina – España.....	46
Figura 2.10. Diagrama de flujo típico del sistema convencional de lodos activos	47
Figura 2.11. Esquema de un típico filtro percolador de alto rendimiento.....	49
Figura 2.12. Reactor UASB.	50
Figura 2.13. Esquema típico de pantano seco.	51
Figura 3.1. Sección transversal de la cámara de sedimentación.....	63
Figura 3.2. Vista en planta de un tanque Imhoff.	65
Figura 3.3. Vista transversal de la cámara de digestión.	66
Figura 3.4. Humedal Artificial de Flujo Superficial.	70
Figura 3.5. Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial.	71
Figura 3.6. Thypha Spp o Espadaña.	72
Figura 3.7. Phragmites australis o Carrizo.....	73
Figura 3.8. Scirpus Sp o Juncos.....	73
Figura 3.9. Dimensiones finales de los humedales artificiales.....	82
Figura 3.10. Perfil longitudinal de cada celda de humedal artificial.	82
Figura 3.11. Niveles de elevación y profundidad del agua en el perfil de humedal artificial.	85
Figura 3.12. Elevación del sustrato en el perfil de humedal artificial.	85
Figura 3.13. Curva característica de la bomba y operación del sistema.	96
Figura 3.14. Dimensiones de la cimentación para el tanque Imhoff en metros.	100
Figura 3.15. Resistencia de arcillas obtenidas del ensayo SPT.	100
Figura 3.16. Áreas consideradas para el factor de influencia de transferencia de esfuerzos.	105
Figura 3.17. Perfil del suelo en estudio.	106
Figura 3.18. Factor de influencia para calcular el incremento de esfuerzo vertical debajo de la esquina de un rectángulo.....	107
Figura 3.19. Análisis de la estabilidad de taludes de la sección 1 con “Slide”.....	110
Figura 3.20. Análisis de la estabilidad de taludes de la sección 2 con “Slide”.....	111
Figura 4.1. Consulta del tipo de autorización ambiental por medio de SUIA.....	115
Figura 4.2. Perfil del suelo en el sector Negroyacu.	116

Figura 4.3. Paisaje.....	117
Figura 4.4. Matriz de identificación y valoración de impactos ambientales.	125
Figura A.1. Toma de muestras de agua de la quebrada Negroyacu.	208
Figura A.2. Medición en sitio de los parámetros de las muestras.....	208
Figura A.3. Medición del pH de la muestra 1.....	209
Figura A.4. Ensayo de cono Imhoff: Sólidos Sedimentables.	209
Figura A.5. Daniel Salazar midiendo la temperatura de la muestra para el ensayo de DBO.....	210
Figura A.6. Ensayo para la DBO5.	210
Figura A.7. Karen Córdova limpiando el filtro para el ensayo de sólidos totales.	211
Figura A.8. Daniel Salazar secando el filtro para el ensayo de sólidos totales.....	211

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Composición típica del agua residual doméstica cruda.....	24
Tabla 2.2. Ventajas y Desventajas de los procesos anaerobios en comparación con los aerobios.....	29
Tabla 2.3. Resultados de ensayo Proctor.....	33
Tabla 2.4. Rango de valores de dotación doméstica.....	36
Tabla 2.5. Dotaciones recomendadas.....	36
Tabla 2.6. Parámetros del afluente para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	40
Tabla 2.7. Caracterización de la quebrada Negroyacu.....	41
Tabla 3.1. Coeficientes de rugosidad para la fórmula de Manning.....	53
Tabla 3.2. Dimensiones finales del canal de desbaste.....	55
Tabla 3.3. Factores de forma para distintas formas de barras.....	55
Tabla 3.4. Dimensiones finales de las rejillas para gruesos y finos.....	57
Tabla 3.5. Densidad y viscosidad dinámica del agua.....	58
Tabla 3.6. Ecuaciones para el cálculo de la velocidad de sedimentación de una partícula.....	58
Tabla 3.7. Dimensiones finales del desarenador.....	62
Tabla 3.8. Dimensiones finales de la cámara de sedimentación del tanque Imhoff.....	64
Tabla 3.9. Factor de capacidad relativa.....	65
Tabla 3.10. Dimensiones finales del tanque Imhoff.....	68
Tabla 3.11. Tiempo de digestión de lodos dependiendo de la temperatura.....	68
Tabla 3.12. Dimensiones finales de los lechos de secado.....	69
Tabla 3.13. Eficiencia de remoción de contaminantes del tratamiento primario.....	76
Tabla 3.14. Resumen de parámetros finales del efluente.....	81
Tabla 3.15. Materiales empleados en el diseño y construcción de humedales artificiales.....	83
Tabla 3.16. Niveles de implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	90
Tabla 3.17. Velocidad máxima en la tubería de succión.....	92
Tabla 3.18. Valores del coeficiente C de Hazen Williams.....	93
Tabla 3.19. Valores característicos de caudales vs altura manométrica de la bomba HCI-100 T.....	95
Tabla 3.20. Valores de caudales vs altura dinámica de diseño.....	96
Tabla 3.21. Determinación de los factores para la capacidad de carga última de la cimentación.....	102
Tabla 3.22. Volúmenes y pesos específicos de los materiales que componen el tanque Imhoff.....	103
Tabla 3.23. Cálculo del incremento de esfuerzos.....	105
Tabla 4.1. Actividades productivas realizadas en el sector Negroyacu.....	118
Tabla 5.1. Presupuesto General.....	197

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Plano topográfico
- PLANO 2 Implantación
- PLANO 3 Implantación planta de tratamiento de aguas residuales
- PLANO 4 Cárcamo de bombeo
- PLANO 5 Canal de entrada y desbaste
- PLANO 6 Desarenador
- PLANO 7 Tanque Imhoff
- PLANO 8 Lechos de secado
- PLANO 9 Celda del humedal artificial tipo

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En Ecuador, en el año 2015, solo el 61.86% de los GAD municipales realizaron tratamientos de sus aguas residuales. La región que tiene el mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales es la Sierra. Sin embargo, según el plan de ordenamiento territorial de Guaranda (2020), la ciudad en estudio dispone sus excretas directamente a los cuerpos de agua superficial hasta la actualidad.

Según las proyecciones del INEC, Guaranda en 2020 llegó a poseer una población de 108763 habitantes. Esto supone un problema por la inevitable expansión urbana.

En 2016, según datos de la alcaldía de Guaranda, había un déficit de 7 mil viviendas, por ello, se busca implementar soluciones mediante proyectos de construcción de viviendas de interés social. La Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda está desarrollando planes habitacionales integrales dentro de la ciudad, para hacer frente a las deficientes condiciones sanitarias del área urbana del cantón. (EP-EMAPAG, 2021; GADCG, 2017)

El proyecto “Plan de Vivienda en el sector Negro Yaco” busca ser parte de la solución uno de los problemas más complejos dentro del Cantón Guaranda que es la falta de viviendas. Por lo que, el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda junto con la Empresa Pública Municipal de viviendas de interés social “EP-MVISG” desean ejecutar la construcción de 209 casas unifamiliares de una planta, con la finalidad de proporcionar una vivienda con condiciones sanitarias dignas, a la población de escasos recursos económicos.

Con estos antecedentes, se constata el requerimiento de la construcción de una planta de tratamiento que tenga capacidad para tratar las aguas residuales domésticas correspondientes a 209 viviendas de interés social y a 72 casas correspondientes a lotes privados que se encuentran ubicadas en el mismo sector.

1.2 Localización

El proyecto se ubica en el sector Negroyaco, ciudad de Guaranda. En la Figura 1 se muestra el mapa de implantación de la ciudadela “Plan de Viviendas de Interés

Social”. El área delimitada de color azul indica la ubicación prevista para la planta de tratamiento de aguas residuales.

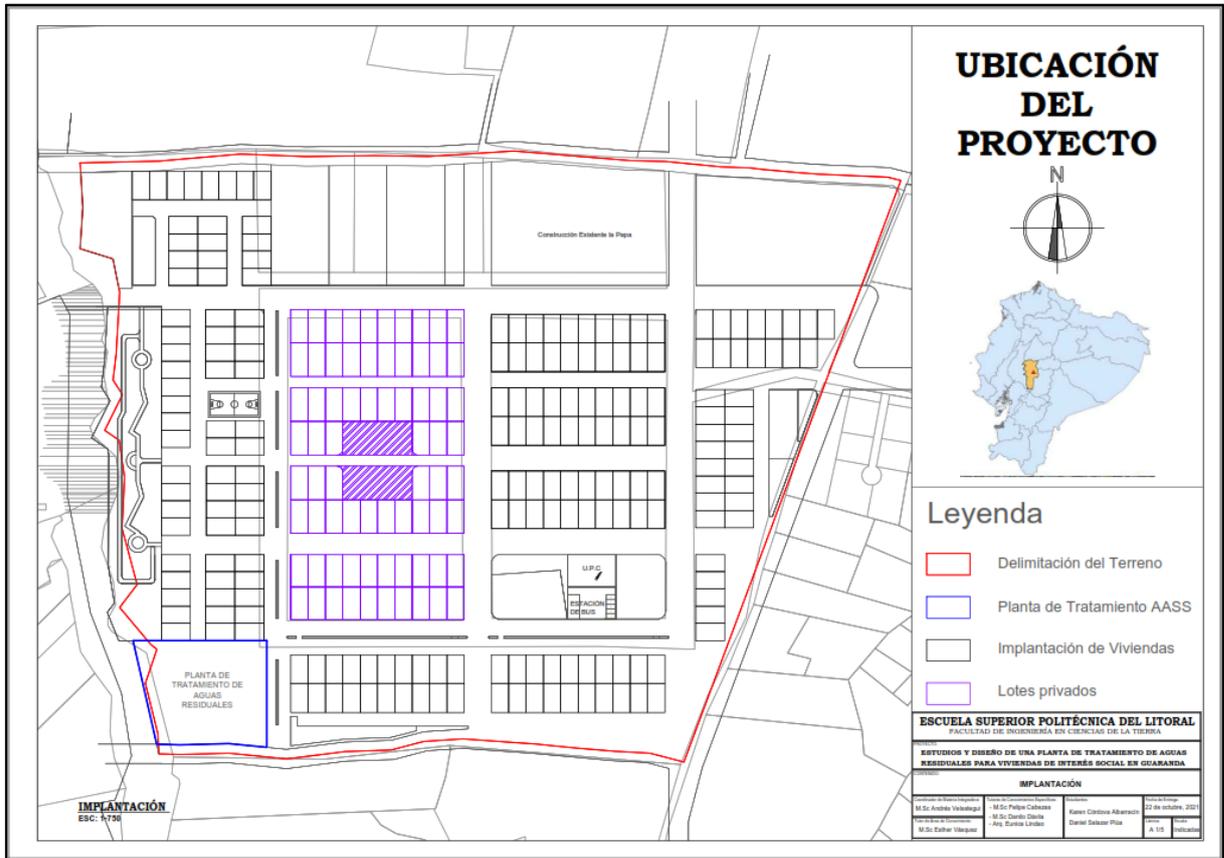


Figura 1.1. Implantación de la planta de tratamiento en el terreno de la urbanización

Fuente: EP-MVISG, 2021

Elaborado por: Autoría propia

1.3 Plan de Trabajo

A continuación, se detalla el plan de trabajo a seguir durante la ejecución del proyecto, y los tiempos correspondientes.

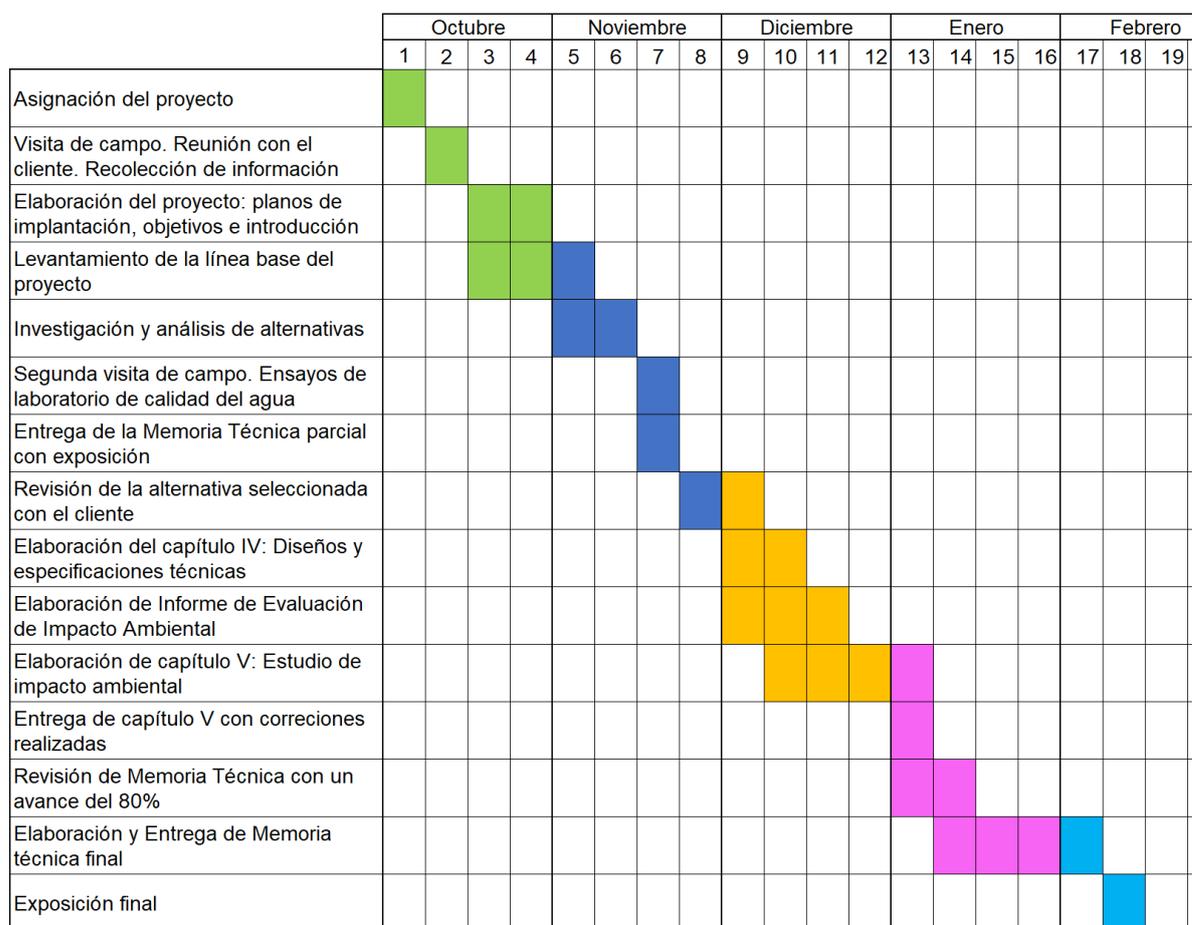


Figura 1.2. Cronograma de actividades.
Elaborado por: Autoría propia

1.4 Línea base del proyecto

1.4.1 Ubicación Geográfica, Sectorización y Superficie

El cantón Guaranda, ubicado en la provincia de Bolívar, Ecuador, se divide políticamente en las parroquias rurales de: Guaranda, San Luis de Pambil, Facundo Vela, Simatug, Salinas, Julio E. Moreno, Santa Fe, San Simón y San Lorenzo, las cuales componen los 1.897,8 Km² de superficie del cantón. (Figura 1.2)

En la parroquia rural de Guaranda se ubica la ciudad San Pedro de Guaranda, capital de la provincia de Bolívar, que está ubicada en la Sierra ecuatoriana a 2668 m.s.n.m., entre las coordenadas: 1° 34' 8" Latitud Sur y 78° 58' 1" Latitud Oeste. En ella, se ubica el área de estudio, el sector denominado Negroyaco, con un número de personas aproximado de 692 y 173 predios, lugar donde se pretende construir el proyecto "Plan de Viviendas de Interés Social".



Figura 1.3. Mapa político del cantón Guaranda, provincia de Bolívar
Fuente: Geoportal Instituto Geográfico Militar.
Elaborado por: Autoría propia.

1.4.2 Aspecto Demográfico

En 2010, San Pedro de Guaranda estaba constituida de 26684 habitantes según el censo poblacional. El crecimiento de personas que migran de sectores rurales a sectores urbanos en el cantón Guaranda se ha intensificado en los últimos años debido a que no han existido medidas necesarias para regular el crecimiento de la población urbana en el cantón. Según proyecciones del Gobierno Autónomo Descentralizado de Guaranda, con una tasa de crecimiento de 1.68%, la población para el año 2025 será de 44829 habitantes. A medida que las personas de sectores rurales migran hacia la ciudad en cuestión, la expansión urbana y la disponibilidad de viviendas se vuelve un problema más evidente.

1.4.3 Hidrología y clima

La red hidrográfica del cantón Guaranda está conformada por las cuencas del río Guayas y del río Chimbo, de las cuales nacen 4 subcuencas, entre las más

importantes están: la subcuenca del río Babahoyo y del río Yaguachi. (SENAGUA, 2015)

Debido a la convergencia de importantes subcuencas y microcuencas, el cantón tiene una gran capacidad de aprovechamiento de los recursos hídricos, sin embargo, la creciente población demográfica y la necesidad de construcción de viviendas han propiciado la deforestación en las zonas altas del cantón, poniendo en riesgo el volumen de agua que se obtiene de los recursos naturales. Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2020), Guaranda presenta un déficit hídrico total anual de 87.56282 mm, siendo septiembre el mes con mayor escasez de agua en la región.

Por su ubicación, Guaranda posee las características climáticas propias de la Sierra ecuatoriana. Con un amplio rango de variación de la temperatura a lo largo de su extensión, en el páramo se registra anualmente una temperatura media de 7°C y precipitaciones entre 600 a 2000 mm, mientras que en la región subtropical la temperatura media es de 22°C y la precipitación desde los 2000 a 2700 mm. Por otra parte, la época lluviosa corresponde a los meses de noviembre a abril, y la época seca comprende entre los meses de mayo a octubre. (PDOT GAD Guaranda, 2015)

1.4.4 Relieve y Geología

El cantón se ubica entre la Cordillera de Los Andes y el ramal de la Cordillera de Chimbo, debido a esto, su relieve es muy variable. Comprende alturas desde los 4100 m.s.n.m. en la zona del Arenal, hasta los 180 m.s.n.m. en la zona de San Luis de Pambil.

En su mayoría, se compone de la formación geológica Unidad Macuchi, la cual contiene rocas de tipo andesita, limolita, arenisca volcánica, lava diferenciada, etc., con un área de 82886 Ha, esta ocupa el 52% del cantón y su tipo de permeabilidad es la fisuración.

Por otra parte, los suelos que se encuentran en mayor proporción distribuidos en el territorio del cantón son los de tipo inceptisol, estos son característicos por ser típicamente forestales, de textura uniforme y clasificación franco arenoso arcilloso. Solo el 5% de la superficie corresponde a suelos molisoles, los cuales tienen mayor productividad para la agricultura, ricos en nutrientes y materia orgánica, son plásticos en estado húmedo y se clasifican en suelos limosos o arcillosos profundos.

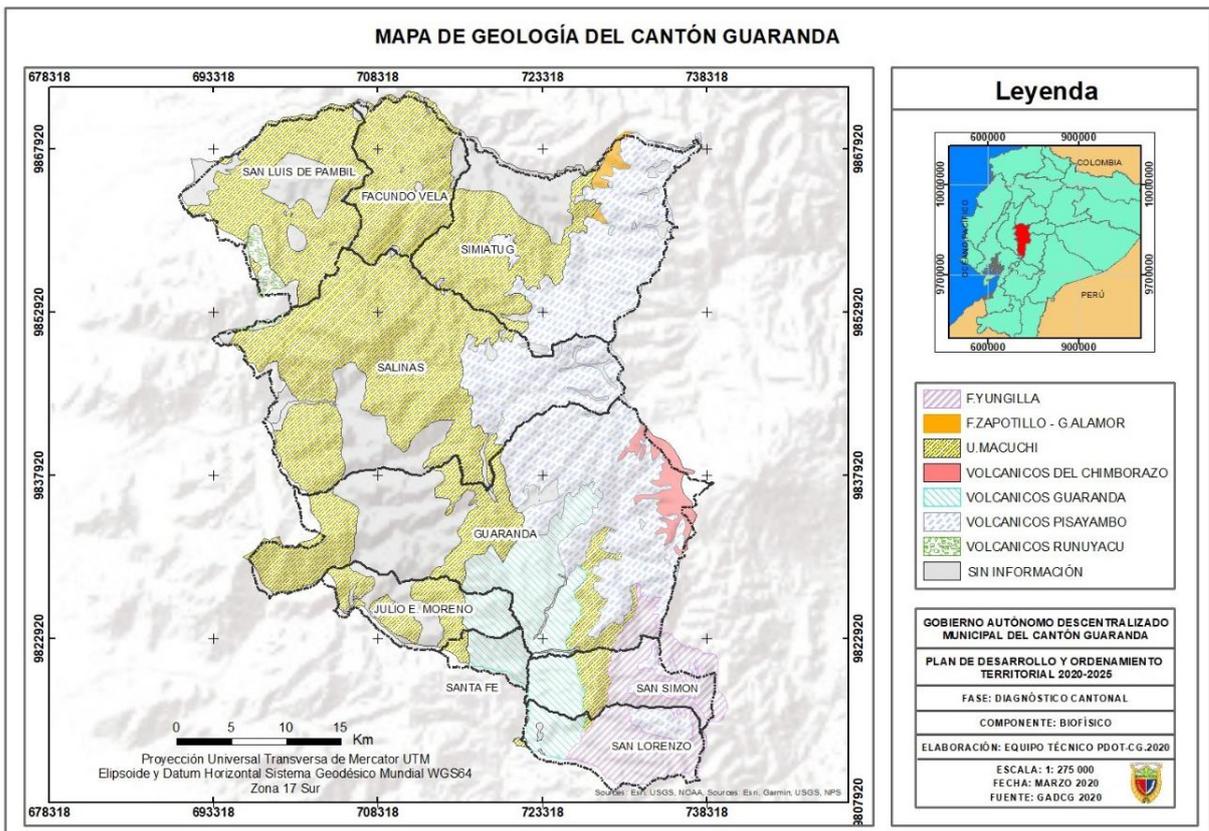


Figura 1.4. Mapa de la geología del cantón Guaranda
Fuente: GAD de Guaranda, 2020

1.4.5 Uso del Suelo

Para Guaranda, como para la mayoría de los cantones de la Sierra ecuatoriana, la agricultura y la ganadería, son las principales fuentes de actividad económica. Por lo tanto, el principal uso del suelo son cultivos y pastos de uso ganadero, constituyendo un 30% y 21% de la superficie total respectivamente. Seguido de esto, se encuentran las áreas destinadas para el desarrollo de la vegetación y algunas especies de oleaginosas, bosques intervenidos, naturales y protectores, etc. Por último, las zonas urbanas constituyen solo un 0.1% de la extensión del cantón.

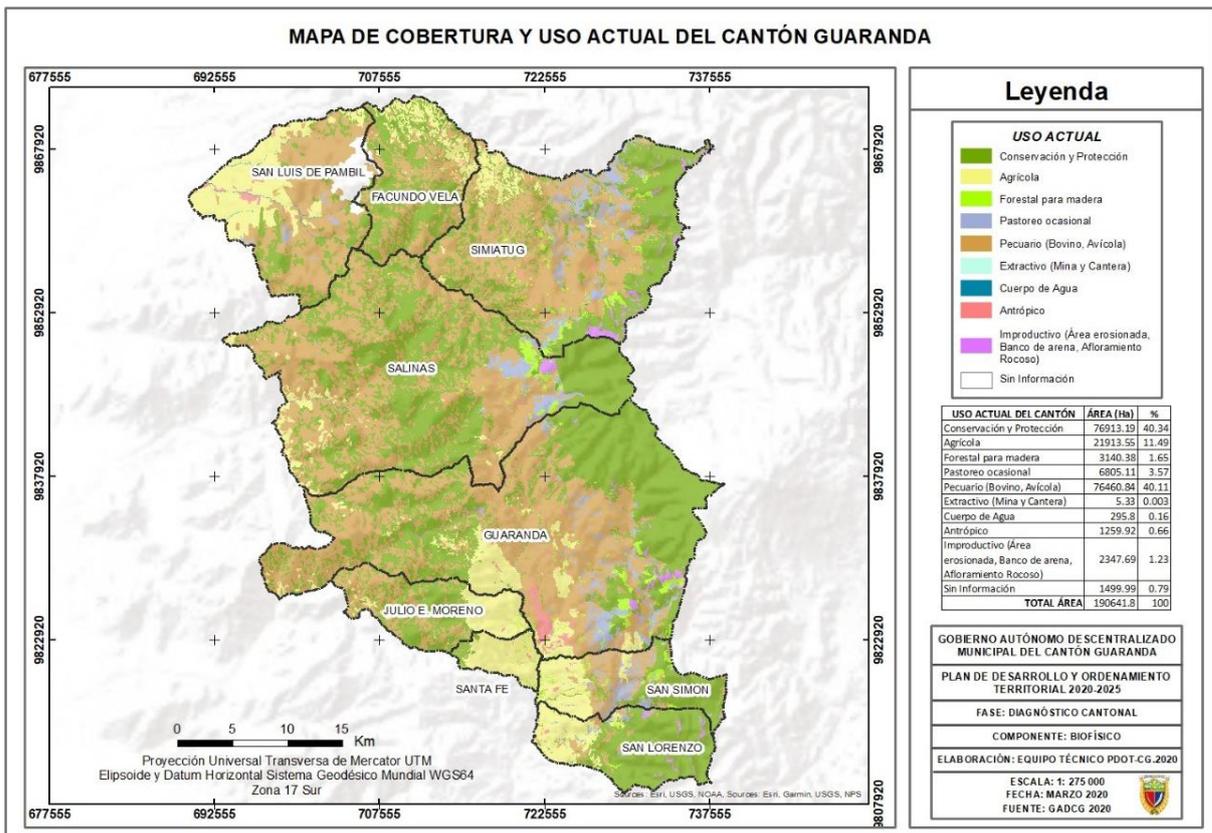


Figura 1.5 Mapa de cobertura y uso de suelo del cantón Guaranda
Fuente: GAD de Guaranda, 2020

1.4.6 Calidad del Agua e Infraestructura Hidrosanitaria

El 75% de la población de la cabecera cantonal es suministrada de agua potable mediante un sistema que funciona a gravedad. Este sistema se abastece por aguas superficiales que surgen en distintos sectores de Arenal en las faldas del volcán Chimborazo, que luego son llevadas a la planta de Chaquishca para su posterior tratamiento. Asegurando un 98% de calidad del agua, el tratamiento comprende los procesos de: aireación, sedimentación y desinfección. No obstante, las zonas rurales y periféricas al cantón no cuentan con el servicio de agua potable ni alcantarillado. (PDOT GAD Guaranda, 2020)

La infraestructura del alcantarillado público consta de un sistema combinado, en el cual las aguas lluvias y servidas se conducen por la misma red de tuberías de cemento. Estas tuberías están construidas en el centro de las vías a una profundidad de 80 centímetros, conectadas a los colectores principales, los cuales conducen las aguas hacia los cuerpos de agua natural (ríos y quebradas). La cobertura del servicio de alcantarillado de la zona urbana del cantón, proporcionado por EMAPA-G es del 90%. Mientras tanto, en el sector rural solo existe un 16.78% de cobertura de estos servicios y se encuentra en malas condiciones. Las aguas superficiales que utilizan

estas comunidades no presentan contaminantes peligrosos como metales. No obstante, son contaminadas por orgánica debido a los vertidos sin tratamiento.

1.4.7 Aseo Urbano

Los desechos sólidos que se producen en el cantón de Guaranda tienen como lugar de disposición final al botadero a cielo abierto localizado en Curgua. Según la Dirección de Gestión Ambiental GAD-CG (2019), mensualmente se registran 668 Ton de desechos sólidos, de las cuales 8 corresponden a desechos orgánicos. Para los habitantes de la zona circundante al botadero, ha sido un gran problema la sanidad de sus cultivos debido a la invasión de estos residuos.

1.4.8 Acceso a la educación, telecomunicaciones y salud

Según cifras del año 2013, el mayor nivel de instrucción en la sociedad es el de la educación general básica con un 72.20%, le sigue el bachillerato con un 21.8%, y por último tenemos a la educación inicial y a la educación flexible para jóvenes y adultos con un 4.40% y un 1.7% respectivamente.

A propósito de las conexiones de telecomunicaciones, estas están integradas por redes que facilitan el enlazamiento y dinamismo de los demás sistemas. Sin embargo, se tienen problemas de conectividad debido a la mala cobertura de telefonía fija y móvil, un servicio deficiente de acceso a internet, además de que el acceso a televisión abierta y televisión por satélite es limitado.

El acceso al sistema de salud en el cantón está protegido debido a la gran densidad poblacional. Las principales afecciones de la comunidad son la desnutrición infantil, el embarazo adolescente, mortalidad materna, entre otros.

1.4.9 Actividades Económicas y Producción

Según el censo del INEC (2010), la población económicamente activa del cantón Guaranda correspondía al 42% representado por personas de entre 18 a 64 años. Mientras que el 58% restante se denomina la población económicamente inactiva.

Las actividades del cantón se centran en la obtención y producción de alimentos, es decir en el sector primario. El comercio al por mayor y menor de los productos del sector primario es la principal actividad económica de la población. Seguido de la administración pública y defensa, enseñanza y el sector agropecuario. (INEC, 2010)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Realizar el diseño hidrosanitario de la planta de tratamiento de las aguas residuales para la urbanización “Plan de Viviendas de Interés

Social en el sector Negro Yaco” ubicada en la ciudad de Guaranda, para un caudal máximo instantáneo (Q_{mi}) estimado de 292.9 m³/d. La cual prestará el servicio a una población futura aproximada de 1600 hab, y cuya descarga final al sistema de drenaje natural existente, conformado por la quebrada denominada Negro Yaco, cumplirá con los criterios de calidad del agua de la normativa ambiental vigente.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar la población y sus caudales de aportación hacia la PTAR de tal manera que se consideren todos los tipos de consumos de acuerdo con la clasificación del uso.
- Estimar correctamente el caudal de descarga de aguas residuales que garantice el correcto funcionamiento de la planta durante un periodo de diseño mínimo de 20 años.
- Realizar la factibilidad para el diseño de tratamiento de aguas residuales domésticas, considerando los aspectos ambientales y que priorice los factores: funcionalidad y economía, obteniendo una adecuada relación calidad/precio.
- Realizar los estudios de suelo en 2 puntos específicos, en el área de implantación de la planta de tratamiento, con el fin de conocer las características del tipo de suelo y que sirva de referencia para el estudio de detalle estructural.

1.6 Justificación

Evidentemente, el tratamiento de las aguas residuales es de vital importancia, ya que, al ser vertidas en aguas superficiales, contaminan los cuerpos de abastecimiento de agua de muchas ciudades y pueblos. Según (Reynolds, 2002) las aguas negras contienen una serie de microorganismos que ocasionan impactos negativos en la salud de los seres humanos, como: virus, protozoos y bacteria. En aquellos sectores donde las políticas de saneamiento aún poseen muchas deficiencias, los habitantes sufren de enfermedades como: la cólera, la hepatitis, la disentería, la gastroenterocolitis, etc. (Larios-Meño, González Taranco, & Morales Olivares, 2015)

El Objetivo #6 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) busca “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el

saneamiento para todos”, actualmente más del 80% de las aguas residuales que el ser humano produce, son directamente vertidas a los cuerpos de agua natural, sin contar con un proceso de tratamiento. (ONU, 2016)

Por lo antes expuesto, las plantas de tratamiento de aguas residuales cumplen un papel fundamental dentro de las políticas necesarias para un saneamiento básico dentro de una comunidad.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Fundamento teórico

2.1.1 Las aguas residuales

Son aquellas que se han utilizado para un consumo específico, ya sea doméstico, industrial, institucional o comercial, y luego se transportan mediante un sistema de alcantarillado hacia plantas de tratamiento o disposición final. (Romero Rojas, 2004)

Se define como agua residual doméstica a los líquidos que provienen de descargas domésticas: de productos de fontanería, electrodomésticos, aparatos sanitarios como inodoros, lavavajillas, lavandería, etc. (Bahadori & Smith, 2016)

2.1.2 Características de las aguas residuales

2.1.2.1 Características físicas

- Sólidos totales

Los sólidos totales se pueden dividir en dos categorías: los sólidos en suspensión y los sólidos filtrables. Los sólidos suspendidos son partículas orgánicas e inorgánicas, así también, líquidos inmiscibles que se encuentran en el agua. Dentro de este conjunto se pueden encontrar fibras de plantas, bacterias, sólidos biológicos y arcillas. Los sólidos filtrables se componen de sólidos coloidales y disueltos, los coloidales son partículas con diámetro de 10^{-3} a $1 \mu\text{m}$ y, los disueltos son iones y moléculas que se encuentran diluidos en el agua, un ejemplo común son las sales. (Gómez, 2000; Jiménez, 2001)

- Color

Esta característica se utiliza para estimar la condición general del agua residual. Puede ser de color café claro, gris claro, gris oscuro o negro. El color es causado por los sólidos en suspensión, partículas coloidales y sustancias en solución. Mientras que el cambio de color café claro a gris oscuro o negro se debe a la reacción entre los sulfuros liberados en condiciones anaerobias y metales presentes en el agua residual. (Delgadillo et al., 2010; Metcalf & Eddy, 2003)

- Olor

Importante de determinar cuando la planta de tratamiento de agua residual se encuentra cerca de poblados. El olor de un agua residual bien tratada es inofensivo, similar al olor del moho. Existe un olor desagradable cuando la materia orgánica se degrada liberando gases como el metano, debido a que se encuentra en condiciones anaeróbicas. Se deben controlar los olores debido a que en seres humanos se pueden

producir náuseas, vómitos, disminución del apetito y desequilibrio respiratorio. (Delgadillo et al., 2010; Metcalf & Eddy, 2003)

- Temperatura

La temperatura del agua de abastecimiento es menor que la temperatura del agua residual, el agua que se usa en industrias y en hogares generalmente se calienta. Esto se debe tomar en cuenta debido a que determinados procesos biológicos que ocurren en las aguas residuales dependen de la temperatura. Si la temperatura se encuentra por debajo de los 5 °C la actividad bacteriana se inhibe, mientras que si la temperatura está por encima de los 50 °C la actividad bacteriana se detiene. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está dentro del rango de 25 °C a 35 °C. (Delgadillo et al., 2010)

2.1.2.2 Características químicas

- Materia orgánica

Son sustancias que tienen átomos de carbono enlazados con otros elementos en su estructura química, provienen de fuentes animales o vegetales. Estos compuestos químicos son volátiles, combustibles y, a veces, biodegradables. Principalmente las sustancias orgánicas que se encuentran en las aguas residuales son los carbohidratos, las proteínas, las grasas y los aceites. (Bahadori & Smith, 2016)

La materia orgánica se puede caracterizar mediante ensayos de determinación indirecta como:

- La DBO₅ o Demanda Bioquímica de Oxígeno, mide la velocidad a la que los organismos utilizan el oxígeno en el agua, mientras estabilizan la materia orgánica descomponible en condiciones aeróbicas. Normalmente el ensayo dura 5 días y las muestras tienen que estar a una temperatura de 20 °C. (Bahadori & Smith, 2016; Sperling, 2007b)
- La DQO o Demanda Química de Oxígeno, mide la concentración de materia orgánica en las aguas residuales. La cantidad de oxígeno que se mide es la necesaria para oxidar químicamente todos los componentes orgánicos de las aguas residuales a dióxido de carbono y agua. Este ensayo utiliza fuertes agentes oxidantes en condiciones ácidas. (Hopcroft, 2015; Sperling, 2007b)

Y, ensayos de determinación directa como:

- El COT o Carbono Orgánico Total, mide la cantidad de carbono procedente solamente de la materia orgánica, eliminando previamente formas

inorgánicas de carbono de la muestra. Como todos los compuestos orgánicos tienen el carbono como elemento en común, las mediciones de carbono orgánico total proporcionan un parámetro para evaluar el grado de contaminación orgánica. (Bahadori & Smith, 2016; Sperling, 2007b)

- **Materia inorgánica**

Las sustancias inorgánicas son de origen mineral y no contienen carbono orgánico. Alguno de los ejemplos más comunes es la arena, la sal, el hierro, las sales de calcio y otros materiales minerales. (Bahadori & Smith, 2016)

En la tabla 1 se muestran los rangos de valores típicos de características típicas de las aguas residuales de origen doméstico.

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos Totales (ST)	mg/l	350	720	1200
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en Suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Sólidos Sedimentables	mg/l	5	10	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅ ,20°C)	mg/l	110	220	400
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de Oxígeno(DQO)	mg/l	250	500	1000
Nitrógeno (Total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros	mg/l	30	50	100
Sulfato	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes Totales	n°/100ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)	µg/l	<100	100-400	>400

Tabla 2.1. Composición típica del agua residual doméstica cruda.
Fuente: Sampedro, 2011.

2.1.3 Sistema de evacuación de aguas residuales

2.1.3.1 Sistema de alcantarillado

El alcantarillado es el conjunto de obras diseñadas para recoger aguas residuales o fecales. El transporte de estas aguas se realiza a través de tubería, conductos y obras

auxiliares a una planta de tratamiento u otro lugar de depuración, antes de ser devueltas al medio ambiente y cumpliendo condiciones definidas por los entes reguladores de cada país. (Read, 2004)

2.1.4 Tratamiento de aguas residuales

Mientras mayor sea la concentración de materia orgánica en un agua residual se dice que está más contaminada, y se puede juzgar por parámetros como la DBO₅ y la DQO. La contaminación de aguas residuales de una comunidad se rige especialmente por el consumo de agua de la misma comunidad. (Mara, 2004)

El tratamiento de las aguas residuales tiene como fin remover los contaminantes de estas para que puedan ser retornadas al medio ambiente o ser reutilizadas de manera segura. Los diseñadores de estos sistemas necesitan saber que va a pasar con el efluente de agua (reutilización o vertido) antes de diseñar la planta debido a que los requisitos de calidad de estas aguas varían según sea su fin. (Mara, 2004; Metcalf & Eddy, 2003)

2.1.5 Tipos de tratamiento

2.1.5.1 Pretratamiento

Busca eliminar componentes que podrían interferir en los procesos de tratamiento siguientes o en los equipos mecánicos utilizados en los mismos. Estos componentes comúnmente son sólidos flotantes y en suspensión, algunos de tamaños considerables, materiales como harapos, trozos de madera, metal, plástico, caucho, fragmentos de mampostería, etc. (Steel & McGhee, 1979)

2.1.5.2 Tratamiento primario

El tratamiento primario es el primer proceso en el tratamiento de aguas residuales que remueve una cantidad significativa partículas orgánicas (sólidos en suspensión). A su vez, retiene partículas inertes que no se eliminaron en el pretratamiento, tales como grasa, aceite, plástico, trapos, pelo, etc. (Davis, 2010)

2.1.5.3 Tratamiento secundario

Los sistemas de tratamiento secundario tienen como objetivo remover la materia orgánica que quedó luego del tratamiento primario. Se enfoca en la materia orgánica disuelta que no se elimina por operaciones netamente físicas como la sedimentación, y la materia orgánica en suspensión, cuyos sólidos son de lenta sedimentación y se quedan en la masa líquida. (Sperling, 2007b; Steel & McGhee, 1979)

Los procesos de tratamiento secundario están pensados para acelerar los mecanismos de descomposición que se producen de forma natural. La

descomposición de contaminantes orgánicos degradables se consigue en condiciones controlados y en intervalos menores de tiempo a los de los sistemas naturales. La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante reacciones bioquímicas, causadas por microorganismos.

2.1.5.4 Tratamiento terciario

El objetivo del tratamiento terciario es eliminar contaminantes específicos, normalmente compuestos tóxicos o no biodegradables, que no se han eliminado en el tratamiento secundario. Este tipo de tratamiento no es comúnmente empleado en países en vías de desarrollo. (Hopcroft, 2015; Sperling, 2007b)

El tratamiento terciario es necesario cuando se presenta una o más de las siguientes situaciones:

- El aumento de la densidad de la población que da lugar a un incremento de las cargas de materia orgánica y sólidos en suspensión a los ríos, arroyos y lagos.
- La necesidad de eliminar los nutrientes para limitar la eutrofización de masas de agua sensibles.
- La necesidad de aumentar la eliminación de sólidos en suspensión para proporcionar una desinfección más eficiente.
- La necesidad de eliminar los componentes que impiden o inhiben la recuperación del agua.

2.1.6 Métodos de tratamiento de aguas residuales

2.1.6.1 Operaciones Físicas Unitarias

Los primeros procesos de tratamiento de aguas residuales fueron las operaciones físicas, las cuales se basaban en la observación y análisis del mundo que nos rodea. Este tipo de procesos son utilizados en el tratamiento preliminar y primario, en donde se remueven los sólidos por medios físicos. (Metcalf & Eddy, 2003)

Se pueden encontrar los procesos:

- Cribado: remoción de objetos como ramas de árboles, escombros, trapos, animales muertos, etc.
- Desarenado: retiene partículas más pequeñas como materiales inertes (arenas), algas, etc.
- Sedimentación primaria: mediante un equipo denominado clarificador, se remueve los sólidos sedimentables cuya densidad es mayor a la densidad del agua.

- Flotación: remoción de sólidos suspendidos y partículas con densidad cercana a la del agua, por ejemplo: grasas y aceites.
- Filtración: remoción de sólidos suspendidos mediante operaciones de filtración superficial, profunda y membranas.

2.1.6.2 Operaciones Químicas Unitarias

Forman parte del tratamiento secundario de las aguas residuales y consisten en la adición de compuestos químicos para la remoción de contaminantes. Se suelen combinar con los procesos físicos para un mejor tratamiento. Se observan los procesos:

- Precipitación: remoción de sólidos suspendidos totales y tratamiento primario de DBO. Remoción de nutrientes como: fósforo, amonio, metales pesados. Control de corrosión por sulfuro de hidrógeno.
- Coagulación-Floculación: mediante la adición de floculantes, las partículas pequeñas con densidad menor a la del agua, se unen a partículas más grandes, provocando una sedimentación por gravedad.
- Adsorción: remoción de sustancias orgánicas disueltas mediante la adhesión de moléculas a la superficie de otros sólidos o líquidos.
- Intercambio iónico: remoción de amonio, metales pesados y sólidos disueltos totales.
- Desinfección: remoción de patógenos y sustancias orgánicas no deseadas. La sustancia química más común utilizada para desinfección del agua es el cloro.

2.1.6.3 Operaciones Biológicas

Tiene como objetivo la remoción y transformación de contaminantes como sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas mediante la acción biológica de microorganismos. Estos microorganismos convierten la materia de su forma orgánica mediante la oxidación biológica (catabolismo) a su forma inorgánica, en dos principales productos: gases y biomasa.

Existen dos principales tipos de operaciones biológicas que son altamente utilizadas para el tratamiento de aguas residuales:

- **Aerobios:** proceso en el cual el oxígeno es reducido y el carbono (principal elemento de la materia orgánica) es oxidado. Los microorganismos que poseen la mayor capacidad de degradación de la materia orgánica son las bacterias, por ejemplo: *zooglea ramigera*, *pesudomonas*, *flavobacterium* y *alcaligenes*. (Romero Rojas, 2004)

Algunas alternativas de tratamiento con procesos aerobios son: lodos activados, lagunas aireadas, digestión aerobia, filtros percoladores y reactores de lecho fijo.

- **Anaerobios:** Es la descomposición de las sustancias orgánicas que se encuentran en las aguas residuales en un medio con ausencia de oxígeno, en donde se produce alimento y energía requerida para el crecimiento de organismos anaerobios. (Romero Rojas, 2004)

En términos energéticos, el proceso anaerobio es menos eficiente que el aerobio, ya que en sus productos gaseosos se retienen la mayoría de la energía que se libera de la reacción química. Los principales productos gaseosos de este sistema son: dióxido de carbono CO_2 , metano CH_4 , sulfuro de hidrógeno H_2S , hidrógeno H_2 y una sustancia conocida como digestato. (Akunna, 2019)

Debido a esta transferencia de masa, la cantidad de biomasa (lodos) generada en los procesos anaerobios es menor que en los procesos aerobios, aproximadamente de 8 a 10 veces menos. Con el paso de los años, las tecnologías de tratamiento de aguas con procesos anaerobios han evolucionado brindando mejorías en la capacidad de carga orgánica soportada y permitiendo construir plantas de tratamiento más compactas. (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013)

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren menor energía que los procesos aerobios. A su vez, son productores de gases que pueden aprovecharse como fuente de energía. • Producen menor cantidad de biomasa, por lo que disminuyen los costos de procesamiento y disposición final de lodos. • Pueden soportar una mayor carga orgánica volumétrica para reactores de menor volumen. Una clara ventaja en lugares con poco espacio disponible para el tratamiento.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren un mayor tiempo para lograr las condiciones de óptimas de operación permanente. Mientras que los procesos aerobios necesitan días para lograr estas condiciones, los procesos anaerobios pueden requerir meses para producir la cantidad de biomasa necesaria. • Son más sensibles a posibles componentes tóxicos, producción de malos olores, corrosión del gas digestor, etc. • El proceso anaerobio necesita de al menos 2000 a 3000 mg/L de concentración de sustancias alcalinas para mantener un pH aceptable. Si el agua residual no posee estas características o no se logra producir mediante la degradación de proteínas y aminoácidos, puede

	<p>incrementarse el costo de operación por tener que adicionar este tipo de sustancias constantemente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La concentración de DBO₅ del efluente de los procesos anaerobios está en un rango de 50 a 150 mg/L. Según la norma ambiental ecuatoriana, el límite máximo de DBO₅ para descargas a cuerpos de agua dulce es de 100 mg/L, por lo que este tratamiento puede requerir de un post tratamiento aerobio, dependiendo de la disposición final del efluente.
--	---

Tabla 2.2. Ventajas y Desventajas de los procesos anaerobios en comparación con los aerobios.
Fuente: Metcalf & Eddy, 2003.

Algunos procesos anaerobios utilizados para el tratamiento de aguas son: filtro anaerobio, lecho expandido, lagunas anaerobias y flujo ascensional o UASB.

2.1.7 Disposición de lodos

El manejo de los lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales es complejo y costoso. Independientemente si se utiliza un proceso de tratamiento biológico de película fija o de crecimiento suspendido, siempre se genera una cantidad significativa de lodos que deben ser tratados. (Andreoli et al., 2007; Hopcroft, 2015)

En la mayoría de sus etapas de manejo, los lodos están constituidos por agua en más del 95%, por convención se le llama fase sólida para poder distinguirlos del agua residual o el flujo líquido que se trata. La cantidad de lodos generados está en función del sistema de tratamiento utilizado para la fase líquida. Los procesos que reciben agua residual cruda en los tanques de decantación primaria generan los lodos primarios, que se componen de sólidos sedimentables del agua residual cruda. (Sperling, 2007b)

En los procesos de tratamiento biológico, parte de la materia orgánica es absorbida y convertida en biomasa microbiana, llamada genéricamente lodo biológico o lodos secundarios. Dependiendo del sistema de tratamiento, los lodos primarios pueden enviarse para su tratamiento con los lodos secundarios, resultando en una mezcla que se denomina lodo mixto. Por último, se denomina lodo químico al proveniente de sistemas que incorporan una etapa fisicoquímica para mejorar el rendimiento de tanque de sedimentación. (Andreoli et al., 2007)

2.1.8 Disposición del efluente

El efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales es el producto final obtenido, el cual puede ser: agua tratada, lodos, biosólidos o biogás. Según (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013) el principal producto de una planta de tratamiento de aguas residuales municipal son las aguas tratadas, cuya calidad debe

cumplir con los límites impuestos por la normativa de descarga vigente. Dependiendo de la calidad de las aguas tratadas, estas pueden ser reutilizadas o descargadas a un cuerpo de agua natural.

- **Disposición in situ:** consiste en la infiltración del efluente en el suelo, cuyas propiedades inherentes mejoran la calidad del agua tratada. (Romero Rojas, 2004)
 - Campos de infiltración: se utiliza para efluentes de tanques sépticos. El suelo debe cumplir dos condiciones: 1) el nivel freático debe ubicarse a partir de 1 metro más abajo del fondo de la zanja y 2) poseer una adecuada capacidad de infiltración determinada mediante ensayos en campo. Un tipo de campo de infiltración son los lechos. Son un conjunto de tuberías perforadas de 10 cm de diámetro que distribuyen el efluente uniformemente en el área de la zanja. Se debe excavar al menos 60 cm de profundidad y colocar un material aislante en la base. La ventaja de este sistema es el bajo costo de construcción.

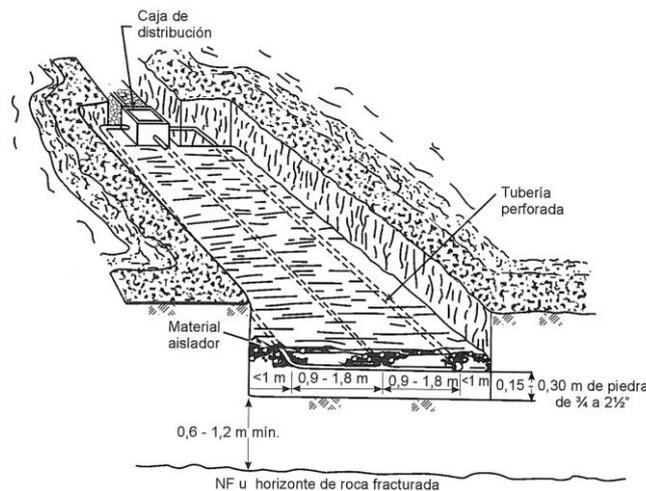


Figura 2.1. Lecho de infiltración.
Fuente: Romero Rojas, 2004.

- Sistemas de evapotranspiración: se constituyen de una capa de arena fina de profundidad de 45 cm y se recubre con tierra orgánica donde se plantará abundante vegetación. Al infiltrarse, se mejora la calidad del efluente y la humedad superficial se evapora a la atmósfera. (Gómez Rendón, 2013)
- **Reutilización de efluentes:** el reúso de las aguas residuales sin duda es una necesidad actual para la humanidad. Una alternativa que avanza con los años

es la utilización del efluente en el riego de campos agrícolas. Se puede realizar este sistema por: goteo o aspersión.

- Riego por goteo: por la presencia de sólidos suspendidos en las aguas residuales, estos sistemas se diseñan bajo un flujo turbulento, de modo que se eviten atascos y taponamiento en las tuberías. (Gómez Rendón, 2013)

Se constituye por un equipo hidroneumático conectado a una red de distribución de tuberías. El espaciamiento de las tuberías está en función del tipo de suelo. En suelos margosos o arenosos, el espaciamiento utilizado es cada 60 cm, mientras que en suelos arcillosos se emplean espaciamientos menores.

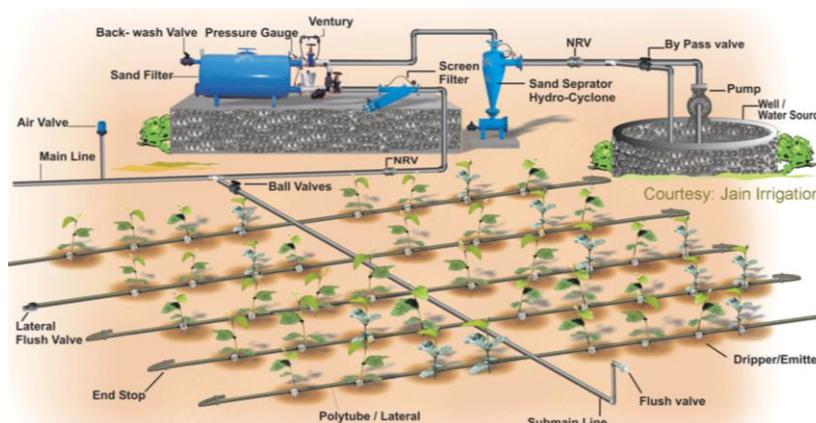


Figura 2.2. Sistema de riego por goteo.

Obtenido de: https://www.flordeplanta.com.ar/wp-content/uploads/2010/04/sistema_de_riego_por_goteo.gif?x46261

- Riego por aspersión: en este mecanismo el agua se conduce por tuberías a presión, impulsada por una bomba centrífuga o bien, mediante el aprovechamiento de diferencias de nivel, para luego ser esparcida en forma de llovizna hacia los cultivos. Sus ventajas son la eficiencia en la uniformidad de distribución y penetración del agua, adaptación a grandes desniveles y tipos de suelos, disminución en costos de preparación de la tierra, etc. (López , 1972)
- **Autopurificación:** los cuerpos de agua dulce tienen la característica de asimilar una cantidad de contaminantes sin que se alteren perjudicialmente las condiciones naturales de estos. Sin embargo, depende directamente de la composición de las aguas residuales a verter para analizar los resultados de una descarga específica. Es de vital importancia estudiar las características como: compuestos tóxicos que afectan la actividad biológica en el agua,

sustancias que demandan oxígeno disuelto, sustancias que impiden la disolución de oxígeno atmosférico, las altas temperaturas, altas concentraciones de sólidos inertes, etc. (Romero Rojas, 2004)

2.2 Sustento legal

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (R.O.305, 6 ago. 2014) establece que el agua es patrimonio natural del Estado Ecuatoriano y su competencia es exclusiva de las entidades gubernamentales y municipales.

En el Ecuador, la entidad gubernamental que rige el manejo y gestión del recurso hídrico es la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), que de la mano de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y las Empresas Municipales de Agua Potable y Alcantarillado de distintos cantones del Ecuador, brindan y gestionan los servicios básicos de agua potable y alcantarillado para los habitantes del país.

Para asegurar la calidad de las aguas utilizadas para el consumo humano y la preservación de los ecosistemas naturales, las descargas de agua residual deben cumplir con límites de concentración de contaminantes, que se encuentran establecidos en la normativa nacional o municipal de la región de estudio.

2.2.1 Normas

2.2.1.1 Normas Nacionales para el Tratamiento de Aguas Residuales

- Norma para estudio y diseño de Sistemas de Aguas Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, CPE INEN 1992. Décima Parte: Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Proyecto de Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias. Abastecimiento de Agua Potable y Eliminación de Aguas Residuales en el Área Rural (SSA).

2.2.1.2 Guías Internacionales para el Tratamiento de Aguas Residuales

- Tratamiento de Aguas Residuales, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000 (Colombia).
- Guía para el Diseño de Plantas de Tratamiento para Aguas Residuales, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS / OPS (Perú).
- Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales, Estado Plurinacional de Bolivia, Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

2.2.1.3 Norma para Caracterización del Agua Residual y Calidad del Efluente

- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Sistema Único de Manejo Ambiental, Decreto Ejecutivo 3516, 2017. Anexo 1, Libro VI, TULSMA, Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes (4 nov. del 2015)

2.3 Parámetros de diseño

2.3.1 Caracterización del tipo de suelo

Con la colaboración del personal técnico de la Empresa Municipal EP-MVISG se realizaron dos calicatas en la zona de estudio, a un metro de profundidad del terreno natural. Las muestras fueron analizadas en laboratorio con los ensayos: granulometría, ensayo Proctor y límites de Atterberg.

2.3.1.1 Ensayo Proctor estándar

En este ensayo, la masa de suelo analizada se somete a una compactación uniforme dentro de un molde cilíndrico de 943.3 cm³ de volumen y diámetro de 101.6 mm. (Das, 2015)

Distintas cantidades de agua son adicionadas a la masa de suelo y es compactado en tres capas, cada una se somete a 25 golpes de martillo. Los resultados del ensayo arrojan dos parámetros importantes: el peso unitario seco máximo y el contenido de humedad óptimo.

Cuando todos los vacíos de la masa de suelo se han llenado con agua al 100%, es decir se encuentra saturada, se dice que se tiene un contenido de humedad óptimo para el cual el peso unitario es el seco máximo.

De las dos muestras ensayadas, se obtuvieron los siguientes resultados de laboratorio.

	Peso unitario seco máximo $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$	Contenido de humedad óptimo $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$
Muestra 1	1378	25.5
Muestra 2	1144	38.8

Tabla 2.3. Resultados de ensayo Proctor.
Fuente: Laboratorio de suelos LEMCO.

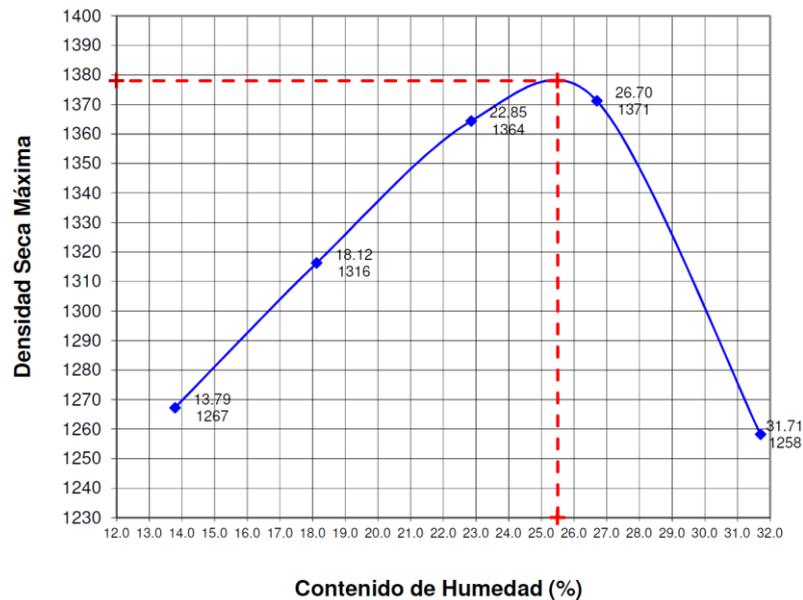


Figura 2.3. Ensayo Proctor realizado en muestra de suelo #1 del lugar de estudio
Fuente: Laboratorio de suelos LEMCO.

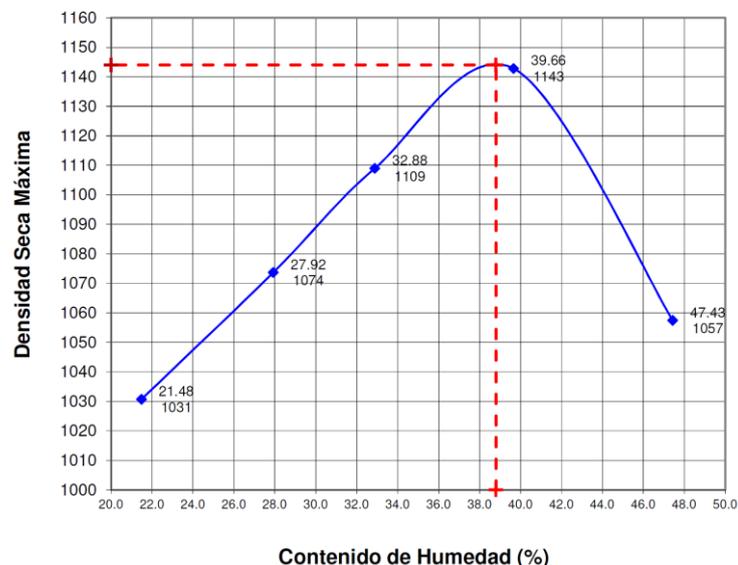


Figura 2.4. Ensayo Proctor realizado en muestra de suelo #2 del lugar de estudio.
Fuente: Laboratorio de suelos LEMCO.

2.3.1.2 Granulometría

Existen algunos métodos para determinar la granulometría de un suelo, entre ellos tenemos: textura al tacto, tamizado, método de la pipeta, método del hidrómetro, etc. De estos, el tamizado es el ensayo granulométrico que generalmente se utiliza para clasificar los suelos según el tamaño de sus partículas.

Con la muestra en seco, se toma las mediciones del peso retenido en cada tamiz. Según el porcentaje de masa de suelo pasante de cada uno de estos, se le puede determinar una clasificación ya sea SUCS o AASHTO.

En la Figura 10 se muestran las curvas granulométricas que se obtuvieron de las dos muestras ensayadas. Como se puede observar, más del 50% de las partículas del suelo pasan el tamiz No. 200 con una abertura de 0.075 mm, por lo que según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se trata de un suelo fino: limo o arcilla. En este caso, limo arcilloso de baja plasticidad.

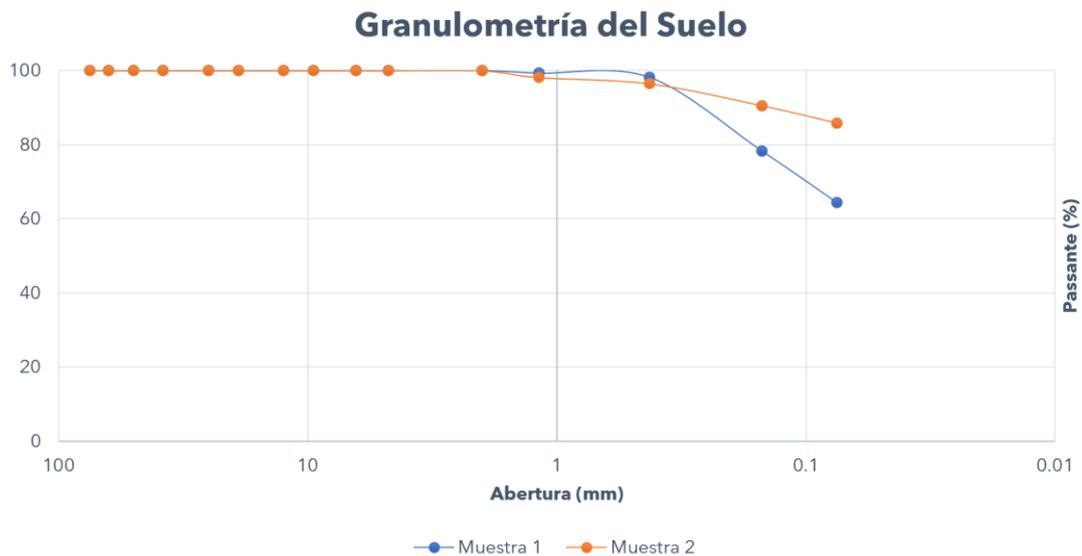


Figura 2.5. Resultados del ensayo granulométrico de las dos muestras tomadas in situ. Fuente: Laboratorio de suelos LEMCO.

2.3.1.3 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg de las muestras no pudieron ser determinados en laboratorio, debido a que el suelo tenía características no plásticas.

2.3.2 Caudal de diseño

El caudal medio de aguas residuales corresponde a “la suma del caudal medio de aguas servidas doméstico más el caudal de efluentes industriales en el sistema de alcantarillado y el caudal medio de infiltración”. (CPE INEN, 1992)

- **Caudal de aguas residuales domésticas, (Q_D)**

Se calcula a partir del consumo individual de agua por habitante y la población futura al año horizonte y el coeficiente de retorno de las aguas residuales.

$$Q_D = \frac{Poblacion * Dotacion * C_r}{86400} \quad (2.1)$$

Donde,

Q_D = caudal medio doméstico de aguas servidas (L/s)

$Poblacion$ = número de habitantes para el año del periodo de diseño (hab)

Dotacion = consumo de agua por habitante (L/hab·día)

C_r = coeficiente de retorno

Dotación

Se refiere al volumen de agua utilizado efectivamente por cada habitante de una comunidad de origen doméstico. (López Cualla, 1995)

Existen valores referenciales que son empleados comúnmente para estudios a nivel de factibilidad. A continuación, se presentan rangos referenciales de dos normativas distintas.

Población	Consumo mínimo (L/hab.día)	Consumo máximo (L/hab.día)
< 2500 habitantes	100	150
2500 – 12500 habitantes	120	180
12500 – 60000 habitantes	130	-
> 60000 habitantes	150	-

Tabla 2.4. Rango de valores de dotación doméstica.
Fuente: Norma RAS, Colombia, 2000.

Población	Clima	Consumo medio futuro (L/hab.día)
Hasta 5000 habitantes	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 – 50000 habitantes	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000 habitantes	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Tabla 2.5. Dotaciones recomendadas.
Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992.

Según datos de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EMAPAG, en la zona urbana del cantón, el consumo de agua potable semanal promedio para

una vivienda de 5 habitantes es de 4 m³, lo cual nos arroja una dotación aproximada de 114 L/hab·día. En base a este dato y a la bibliografía revisada, se empleará un consumo residencial aproximado de 120 L/hab·día.

$$Dotacion = 120 \frac{L}{hab \cdot dia}$$

En todo sistema de distribución de agua existen pérdidas, las cuales pueden ser provocadas por fugas, error en la aproximación del consumo neto, entre otros. Las pérdidas se definen como el porcentaje correspondiente a la diferencia entre el agua suministrada en la red y el agua finalmente utilizada por el usuario. En ciudades con sistemas recientes y alta capacidad técnica se consideran pérdidas del 20%, mientras que en comunidades pequeña con sistemas poco eficientes se consideran pérdidas de máximo 40%. Sin embargo, los organismos reguladores del agua tienen el compromiso de disminuir este porcentaje al 15 – 10% con el pasar de los años. (López Cualla, 1995)

Considerando que el sistema de abastecimiento de agua potable de Guaranda fue construido entre los años 1966-1968 (EP-EMAPAG, 2019), y el período de diseño mínimo de una planta de tratamiento de aguas residuales es de 20 años, se considerará un porcentaje de pérdidas del 20%.

$$Dotacion_f = \frac{Dotacion}{1 - \%P} \quad (2.2)$$

$$Dotacion_f = \frac{120}{1 - 20\%}$$

$$Dotacion_f = 150 \frac{L}{hab \cdot día}$$

Población de diseño

La urbanización “Plan de Viviendas del Sector Negroyaco” cuenta con la implantación de 209 viviendas unifamiliares de 3 dormitorios. Además, se prevé que los 72 lotes privados ubicados en la urbanización también formarán parte del mismo sistema de descarga hacia la planta de tratamiento. Esto da un total de 281 viviendas, no obstante, con el objetivo de ser conservadores en el diseño y garantizar el buen funcionamiento de la planta en años posteriores, se considerarán 320 viviendas de 5 habitantes cada una, obteniendo a futuro una población fija de 1600 habitantes, cuando la comunidad sea habitada al 100%.

$$Poblacion_f = 1600 \text{ habitantes}$$

Coefficiente de retorno

Es la diferencia entre el agua residual producida y el agua potable consumida. El coeficiente de retorno se debe establecer mediante mediciones en zonas residenciales típicas del área de estudio. De no poseer sistemas de alcantarillado, se debe justificar la elección del coeficiente mediante revisión bibliográfica.

El coeficiente de retorno varía entre el 60% al 80% del consumo neto de agua potable. Valores fuera de este rango deberán ser debidamente justificados por el diseñador. Por lo tanto, se toma un coeficiente de retorno $C_r = 0.8$.

Finalmente, reemplazando en la Ecuación 2.1, el caudal medio doméstico de aguas servidas es:

$$Q_D = \frac{1600 \text{ hab} * 150 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}} * 0.8}{86400}$$

$$Q_D = 2.22 \frac{L}{s}$$

- **Caudal de aguas residuales institucionales, (Q_{inst})**

Para pequeñas instituciones que se ubiquen en zonas residenciales, el caudal institucional se estima a partir del área institucional y un coeficiente cuyo valor comprende entre $0.4 - 0.5 \frac{L}{s \cdot ha}$ para cualquier nivel de complejidad. (RAS, 2000)

Una Unidad de Policía Comunitaria (UPC) se ubica dentro de la urbanización, con un área $A_{inst} = 0.09 \text{ ha}$. Por lo tanto, el caudal institucional es:

$$Q_{inst} = 0.4 \frac{L}{s * ha} * 0.09 \text{ ha}$$

$$Q_{inst} = 0.03 \frac{L}{s}$$

- **Caudal de aguas residuales industriales, (Q_i)**

El área de estudio es de tipo residencial, no hay presencia de industrias. Por lo que no se considera este caudal en el cálculo.

- **Caudal de aguas residuales comerciales, (Q_c)**

Del mismo modo, el área comercial es nula, ya que, en la implantación proporcionada por el cliente, solo se visualizan lotes de tipo residencial.

2.3.2.1 Caudal medio de aguas residuales, (Q_{md})

El caudal medio diario corresponde a la suma de los distintos caudales calculados:

$$Q_{md} = Q_D + Q_{inst} + Q_i + Q_c \quad (2.3)$$

$$Q_{md} = 2.22 \frac{L}{s} + 0.03 \frac{L}{s} + 0 \frac{L}{s} + 0 \frac{L}{s}$$

$$Q_{md} = 2.25 \frac{L}{s}$$

2.3.2.2 Caudal máximo instantáneo, (Q_{max_ins})

Es la mayoración del caudal medio diario con el coeficiente de Harmon (M), el cual se encuentra en función de la población de diseño. Según (López Cualla, 1995), la fórmula para el cálculo del coeficiente de Harmon es:

$$M = 1.8 \quad \text{para } P \geq 182250 \text{ habitantes} \quad (2.4)$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad \text{para } P < 182250 \text{ habitantes} \quad (2.5)$$

Donde,

P = población en miles de habitantes

M = coeficiente de Harmon

Dado que la población corresponde a 1600 habitantes, se usa la Ecuación 2.5. Obteniendo como resultado:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1600}} = 1.32$$

El caudal máximo instantáneo o máximo horario de aguas residuales es igual a:

$$Q_{max_ins} = M * Q_{md} \quad (2.6)$$

$$Q_{max_ins} = 1.32 * 2.25 \frac{L}{s}$$

$$Q_{max_ins} = 2.97 \frac{L}{s}$$

2.3.2.3 Caudal de infiltración, (Q_{in})

Según el Manual de Redes de Alcantarillado de Interagua, el caudal de infiltración se calcula multiplicando el área sujeta a infiltraciones por un coeficiente que como máximo puede tomar un valor de $0.15 \frac{L}{s*ha}$. (Interagua, 2015)

Se calcularon según el plano de implantación de la urbanización, las áreas sujetas a infiltración dando como resultado $A_{in} = 3.48 \text{ ha}$. Se escoge un coeficiente igual a $0.12 \frac{L}{s \cdot ha}$, por tratarse de una infiltración media.

$$Q_{in} = 0.12 \frac{L}{s \cdot ha} * 3.48 \text{ ha}$$

$$Q_{in} = 0.42 \frac{L}{s}$$

2.3.2.4 **Caudal de diseño, ($Q_{diseño}$)**

Según (López Cualla, 1995) el caudal de diseño corresponde a “la suma del caudal máximo instantáneo (aporte doméstico, industrial, comercial e institucional) más el caudal de infiltración”. Por lo tanto, el gasto de diseño es igual a:

$$Q_{diseño} = Q_{max_ins} + Q_{in} \tag{2.7}$$

$$Q_{diseño} = 2.97 \frac{L}{s} + 0.42 \frac{L}{s}$$

$$Q_{diseño} = 3.39 \frac{L}{s}$$

2.3.3 **Caracterización de las aguas residuales de la zona**

Los parámetros de concentración de aguas residuales se estimaron con valores referenciales debido a las limitaciones durante el proceso de levantamiento de información. De la Figura 2.1 se toman los siguientes valores para el dimensionamiento biológico del sistema de tratamiento.

Parámetro	Concentración del afluente de la PTAR (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días, DBO_5	200
Nitrógeno Total Kjeldahl, NTK	30
Fósforo, P	12
Sólidos Suspendidos, SS	220

Tabla 2.6. Parámetros del afluente para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Fuente: Sampedro, 2011.

2.3.4 Parámetros del efluente

El Anexo 1 del Libro VI de la TULSMA, indica la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes. Se pretende descargar las aguas tratadas directamente al cauce natural (Quebrada Negroyacu). La tabla de límites de descarga a utilizar es la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Algunos parámetros esenciales para el diseño corresponden a:

$$DBO_5 \leq 100 \frac{mg}{L} \quad \text{Límite de concentración de } DBO_5 \text{ para la descarga}$$

$$NTK \leq 15 \frac{mg}{L} \quad \text{Límite de concentración de NTK para la descarga}$$

$$P \leq 10 \frac{mg}{L} \quad \text{Límite de concentración de P para la descarga}$$

2.3.5 Área de implantación

Dentro de la distribución interna del terreno, ya existe un área destinada a la implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales. La superficie de esta zona es de 3422.65 m² y según el plano topográfico su extensión comprende curvas de nivel desde los 2815 hasta los 2823 m.s.n.m., como se muestra en la Figura 1.1.

2.4 Caracterización del cauce natural (Quebrada Negroyacu)

Se recolectaron 2 muestras de las aguas superficiales de la quebrada Negroyacu, para la caracterización de los parámetros DBO₅, DQO, sólidos sedimentables y sólidos totales. Los parámetros obtenidos en sitio fueron los siguientes:

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2
Temperatura (°C)	14.2	13.7
Turbiedad (NTU)	19.4	10.5
pH	7.10	7.83
Sólidos disueltos totales (mg/L)	186	154.7
Conductividad eléctrica (μS/cm)	391	323
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.66	6.21

Tabla 2.7. Caracterización de la quebrada Negroyacu.
Elaborado por: Autoría propia.

Se transportaron las muestras de agua al laboratorio de sanitaria de la ESPOL y se analizaron mediante los ensayos: determinación de la DBO₅, sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables. (Ver Anexos)

2.4.1 Ensayo de DBO₅

El ensayo para medir la demanda bioquímica de oxígeno se realiza llevando la muestra a una temperatura de 20°C y se mide a los 5 días de agitación.

- Muestra #1: $19 \frac{mg}{L}$

- Muestra #2: $12 \frac{mg}{L}$

2.4.2 Ensayo de Sólidos Sedimentables

Se obtuvo los sólidos sedimentables usando el cono Imhoff. Se debe tomar la medida de asentamiento de los sólidos a los 10 minutos y luego a los 60 minutos.

- A los 10 min $SS = 0.05 \frac{mL}{m}$
- A los 60 min $SS = 0.3 \frac{mL}{m}$

2.4.3 Ensayo de todos los sólidos

Se obtuvo los sólidos totales contenidos en la muestra, de los cuales podemos separar sólidos fijos y volátiles.

- $SST = 35 \frac{mg}{L}$
- $SSF = 21 \frac{mg}{L}$
- $SSV = 14 \frac{mg}{L}$

2.5 Restricciones del proyecto

2.5.1 Restricciones físicas

El proyecto urbanístico en estudio aún se encuentra en la etapa de factibilidad. No se cuenta con estudios de suelo definitivos, ni información sobre las cotas del proyecto. Por ello, para efectos de diseño, se considerará la cota más baja del área de implantación para poder establecer la ubicación de las estructuras necesarias y los volúmenes de excavación respectivos.

2.5.2 Restricciones económicas

El representante de la Empresa Pública Municipal de Viviendas de Interés Social de Guaranda EP-MVISG ha precisado en varias ocasiones que el factor económico sea uno de los principales ejes determinantes dentro del diseño y construcción de la planta de tratamiento para el conjunto de viviendas. La urbanización está destinada a abarcar un mercado de habitantes de bajos recursos económicos y cualquier gasto adicional al presupuesto de cada villa será sumado a la misma. Por estos motivos, las restricciones económicas serán tomadas en cuenta durante todo el proceso de diseño.

2.5.3 Restricciones sociales

En la Figura 1.1, se puede observar que la planta de tratamiento se ubicará muy cerca de las viviendas de la urbanización. Esta condición puede ser un problema debido a los posibles malos olores y contaminación de ruido ambiental. Sin embargo, se buscará minimizar al máximo los efectos negativos de la construcción de la obra y brindar la mayor comodidad a los habitantes de la zona.

2.5.4 Restricciones técnicas

Los parámetros de diseño de la línea base del proyecto se han obtenido mediante estimados y ensayos de laboratorio: población, consumo de agua, descargas al sistema de alcantarillado, tipo de suelo, calidad del agua, etc. Es de vital importancia que, para la implementación de las propuestas detalladas en este documento, se realicen estudios de mayor rigor de la mano de profesionales de diversos campos de la ingeniería.

2.6 Análisis de alternativas de tratamiento

Para la etapa pretratamiento se eligió un canal de entrada con rejillas de desbaste y un tanque desarenador. Para el tratamiento primario se eligió un tanque Imhoff. Y, para el tratamiento de lodos se eligieron los lechos de secado. Todos los anteriores se describen a continuación.

2.6.1 Canal de desbaste

El objetivo de los canales de desbaste es remover los objetos flotantes más largos, objetos como: “trapos, mazorcas de maíz, pedazos de madera, partículas minerales pesadas como la arena”. Esto con la finalidad de que el material flotante no se acumule en la superficie de las fases posteriores de tratamiento.

Los sólidos gruesos se eliminan mediante barras de acero colocadas en serie. La separación de las barras suele ser de entre 15 y 25 mm, y las barras suelen ser de sección rectangular, comúnmente de 10 x 50 mm. En plantas de tratamiento pequeñas, las cribas se rastrillan a mano con un rastrillo metálico, para facilitar la limpieza manual, las barras se inclinan generalmente 60° con respecto a la horizontal. Para caudales mayores a 1000 m³/día, se prefieren las cribas de rastrillo mecánico debido a que se llena de objetos en un menor tiempo y, estas pueden limpiarse con una mayor frecuencia (cada 10 a 30 minutos). (Mara, 2004)

Los residuos que se quedan en las cribas generalmente son desagradables, debido a su aspecto y su contenido, por esto deben ser eliminados lo antes posibles. Los residuos del cribado suelen deshacerse en una prensa hidráulica para luego ser enterrados en sitio si se tiene un lugar asignado para esta tarea, si no es el caso, entonces se los debe llevar al vertedero más cercano.(Lozano-Rivas, 2012)



Figura 2.6. Rejilla de cribado manual.
Fuente: Synertech, 2021

2.6.2 Desarenador

Los desarenadores, como su nombre lo indica, se utilizan para eliminar la materia inorgánica del agua residual, en este caso la arena. Usan el proceso de sedimentación aprovechando las diferencias de pesos específicos entre las partículas sólidas y el líquido en donde se encuentran. (Ramalho, 1990)

La eliminación de las arenas (arena, gravilla, cristales rotos, cascarillas, etc.) evita que se produzcan sedimentos en canales y conducciones, protege bombas y otros equipos contra la abrasión, y reduce la frecuencia de limpieza de varios equipos como, por ejemplo, los digestores anaerobios. El desarenado suele ir luego de la operación de desbaste. (Díaz, 2019)

Dentro de los tipos de desarenadores se tiene al desarenador de flujo horizontal, es el tipo más antiguo de desarenador. Pero están diseñados para que se mantenga una velocidad del orden de 0.3 m/s, con el objetivo de proporcionar tiempo suficiente para que las partículas de arena puedan asentarse en el fondo del canal. Las partículas orgánicas pasarán a través de la cámara mientras las partículas de arena más pesada se estabilicen. (CONAGUA, 2015)



Figura 2.7. Canales desarenadores con limpieza mecánica.
Fuente: CONAGUA, 2015

2.6.3 Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es un sistema de tratamiento anaerobio considerado de dos pisos, consta con 2 compartimientos, uno inferior y otro superior. La cámara superior se conoce como cámara de sedimentación, los sólidos que se sedimentan en esta cámara pasan a través de una abertura, por lo general de 15 a 20 cm, hacia la cámara de digestión. El gas producido en la digestión escapa a través de la zona de ventilación o aeración.

Sus ventajas están en su fácil operación, ya que no requieren de un personal técnico especializado para manejarlo. Su operación consiste en remover diariamente la espuma y en descargarla sobre la zona de ventilación, y extraer periódicamente los lodos hacia los lechos de secado. (Romero, 2004)

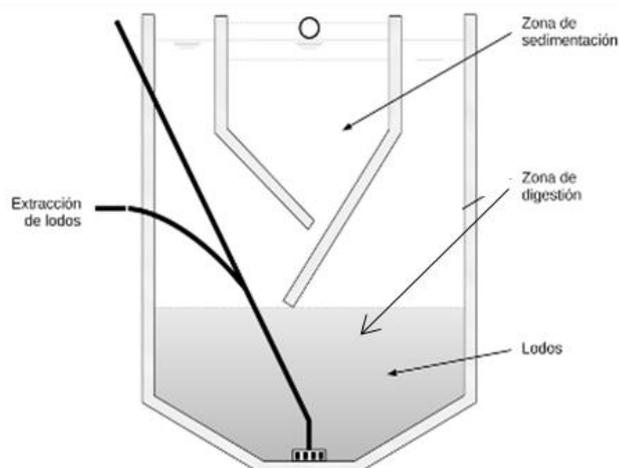


Figura 2.8. Vista transversal de un tanque Imhoff.
Fuente: Salas, 2020

2.6.4 Lechos de secado

El secado al aire de los lodos en lechos de secado es uno de los métodos más económicos de tratamiento de lodos y eliminación de agua. Se usa generalmente en planta de tratamiento pequeñas y medias de efluentes domésticos e industriales. Consta de 2 mecanismos, la percolación la cual elimina el agua entre un 20 y 55% en los primeros 3 días de secados y, la evaporación del agua que funciona a través de los mecanismos de radiación y convección. La velocidad de evaporización se demora más días que la percolación y depende de la temperatura, humedad relativa y velocidad del aire. (Ramalho, 1990)

El lecho de secado típico es de forma rectangular poco profundo. El lodo usualmente se aplica en capas de 20 a 30 cm y se deja secar. Sus ventajas vienen por el costo cuando hay suficiente terreno disponible, no requiere operación especial y su consumo de energía es bajo. La disposición de lodos por lo general es un relleno sanitario. (Romero, 2004)



Figura 2.9. Lechos de secado EDAR Almudaina – España.
Fuente: Silva, 2019

Mientras que para el tratamiento secundario se seleccionaron 4 alternativas que serán descritas a continuación.

2.6.5 Proceso de Lodos Activados

El lodo activado está formado de una masa de microorganismos, materia orgánica muerta y materiales inorgánicos. Tiene una superficie altamente activa para la absorción de materiales coloidales y suspendidos, a esta propiedad se debe su nombre. La mayor aplicación del proceso de lodos activados ha sido el tratamiento directo de efluentes domésticos o industriales, en situaciones en las que es necesaria una alta calidad del efluente y la disponibilidad de espacio es limitada. El sistema de lodos activados está más mecanizado que otros sistemas de tratamiento, por lo que

su funcionamiento es más sofisticado, sin embargo, una de sus desventajas es el alto consumo de energía eléctrica para la aireación. (Romero, 2004)

Las partes más esenciales de un flujo continuo de un sistema de lodos activados son el tanque de aireación (reactor), el tanque de sedimentación (tanque de sedimentación secundaria), la recirculación de lodos y la remoción de los excesos de lodos. Las reacciones bioquímicas que eliminan la materia orgánica y, en determinadas condiciones, la materia nitrogenada, tienen lugar en el tanque de aireación. La sedimentación de los sólidos se produce en el tanque de sedimentación secundario. Una parte del lodo que se asienta en el fondo del tanque de sedimentación se recircula al reactor con el objetivo de mantener una gran concentración de biomasa en el mismo, para que el sistema puede tener una alta eficiencia. El resto de los sólidos (llamado lodo secundario, lodo biológico o lodo de desecho) se retira del sistema y se dirige a la etapa de tratamiento de lodos. (Sperling, 2007a)

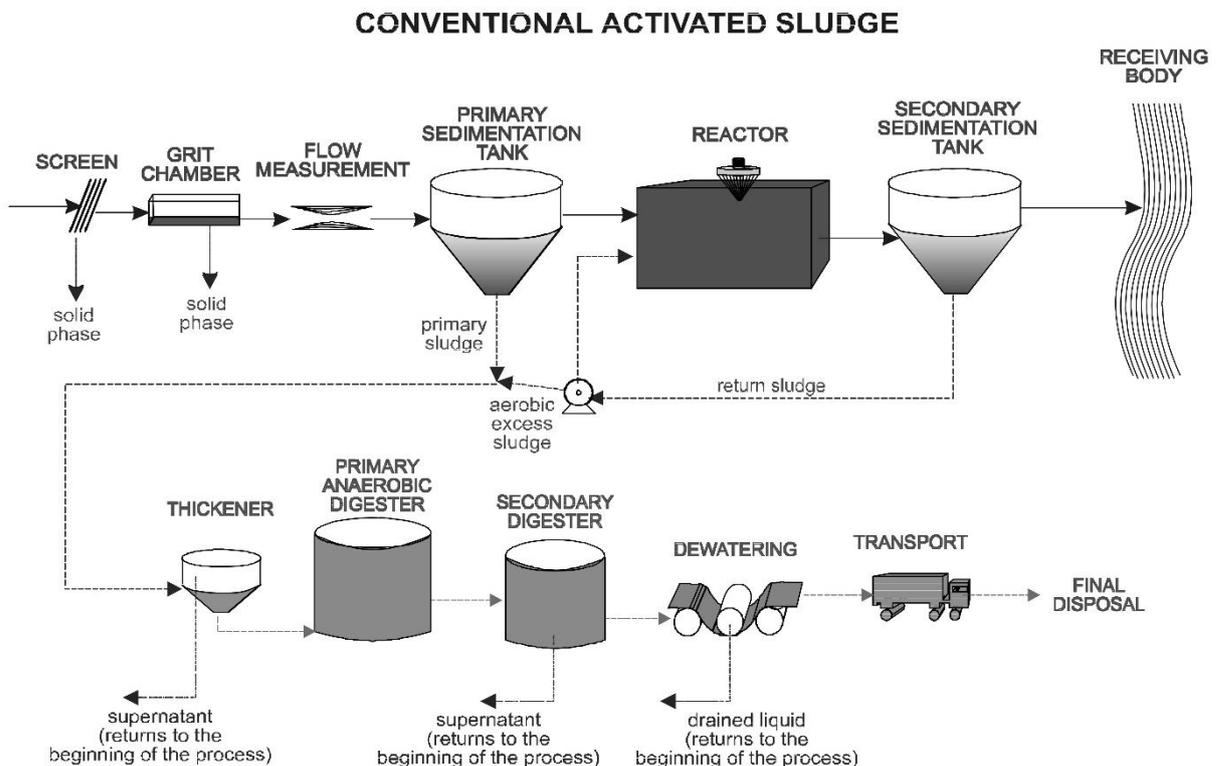


Figura 2.10. Diagrama de flujo típico del sistema convencional de lodos activados
Fuente: Sperling, 2007a

El sistema convencional de lodos activados provee efluentes de DBO soluble menor a 15 mg/L y DBO total menor de 20 mg/L. Además, tiene pocos problemas de inestabilidad siempre y cuando los caudales de aguas residuales sean mayores a 2000 m³/d, por esto no es recomendable usar en ciudades pequeñas debido a las

variaciones horarias del caudal porque se podría presentar inestabilidad biológica. (Romero, 2004; Varila Quiroga & Díaz López, 2008)

2.6.6 Filtros Percoladores

Dentro de los tipos de reactores de crecimiento biológico se tienen los suspendidos y los asistidos, en este último se utiliza algún tipo de soporte del crecimiento biológico que se mantiene fijo en el reactor. Los filtros percoladores pertenecen a este tipo de reactores, estos son rellenos recubiertos de limo biológico con el cuál se percola el agua residual. Generalmente el agua residual se distribuye en forma de pulverización uniforme sobre el lecho del relleno mediante un distribuidor rotativo del flujo. El agua residual se impregna en forma descendente a través del relleno y el efluente se recoge en el fondo. (Ramalho, 1990)

Este proceso permite que las bacterias crezcan en la superficie del relleno en forma de una película fija denominada biopelícula. El agua residual pasa por encima de la biopelícula, promoviendo el contacto entre microorganismos y materia orgánica. (Sperling, 2007a). Los filtros percoladores se clasifican generalmente según la superficie o la tasa de carga orgánica a la que están sometidos, dentro de esta clasificación se tiene:

- Filtro percolador de tasa baja: Su eficiencia en la eliminación de la DBO es comparable con la de los sistemas convencionales de lodos activados. Estos tienen una menor capacidad de ajuste a las variaciones de caudal del afluente y requieren una superficie mayor. Su consumo de energía es mucho menor en comparación con los sistemas de lodos activados. Una de las consecuencias de usar este tipo de percolador es la estabilización parcial de los lodos y una mayor eficiencia en la remoción de DBO y la nitrificación.
- Filtro percolador de tasa intermedia: Están diseñados con tasas de carga más altas que la de los filtros de baja velocidad. El más común es el de flujo continuo, se suele recircular el efluente tratado con la finalidad de controlar la biopelícula y mejorar la eficiencia del sistema.
- Filtro percolador de tasa alta: Al tener una carga mucho más alta, las tasas de carga orgánica son mayores también y a su vez se requiere una menor área del reactor. A esto se suma que, se produce una pequeña reducción de la eficacia de eliminación de la materia orgánica y la no estabilización de los lodos en el filtro.

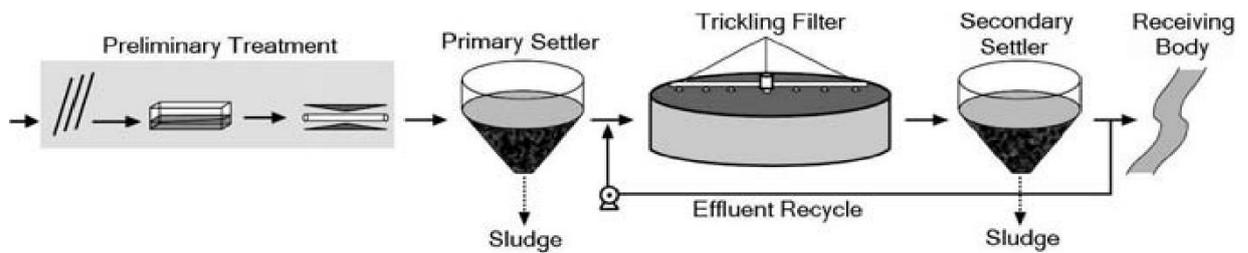


Figura 2.11. Esquema de un típico filtro percolador de alto rendimiento.
Fuente: Sperling, 2007a

2.6.7 Reactor Anaerobio de Lecho de Lodos con Flujo Ascendente

Por sus siglas en inglés el UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) es un sistema de tratamiento de tipo anaerobio utilizado para procesar aguas residuales con alto contenido de materia orgánica. En comparación con los reactores aerobios, el UASB genera seis veces menos cantidad de biomasa, lo cual es un beneficio para la disposición final de lodos, y requiere mucho menos energía para su funcionamiento. El sistema consiste en un tanque también llamado reactor en el cual el afluente ingresa mediante una red de tuberías ubicadas en el fondo de este y fluye ascendentemente atravesando un manto de lodo denso (partículas de microorganismos). Las bacterias en el manto de lodo oxidan la materia orgánica liberando biogás. El biogás libre y el adherido a otras partículas se eleva en el reactor hasta llegar a las pantallas desgasificadoras, por medio de las cuales el gas se libera y los granos desgasificados retornan al manto de lodos. Luego, el flujo líquido pasa a un sedimentador donde realiza una nueva separación del agua tratada y los sólidos remanentes. Los lodos sedimentados en el reactor pueden permanecer por prolongado tiempo. La temperatura óptima para el correcto funcionamiento del sistema es de 20 a 30°C. (Romero Rojas, 2004)

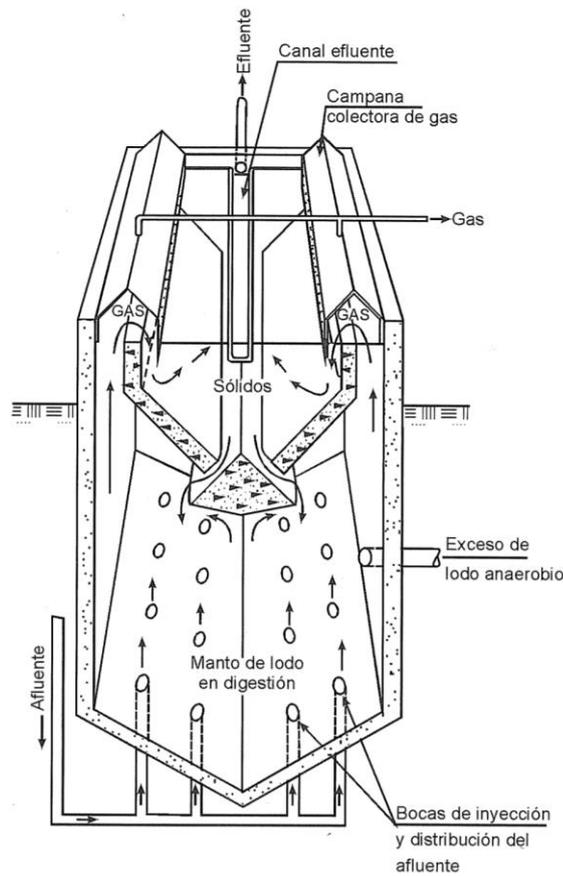


Figura 2.12. Reactor UASB.
Fuente: Romero, 2004.

La ventaja de este tipo de reactor es que no necesita un material de empaque y a su vez soporta una alta concentración de carga orgánica. (Márquez Vásquez & Martínez González, 2011)

En el factor económico, poseen bajos costes de construcción y operación. Además de ser sistemas ventajosamente compactos. Algunas desventajas, son el gran tiempo que demora en poner en marcha el reactor (4-6 meses), y la necesidad de un postratamiento. (Veiga Barbazán, 2015)

2.6.8 Sistema de Pantano Seco o “Wetland”

Es un tipo de tratamiento biológico mixto que consiste en un humedal artificial con material granular filtrante y raíces de plantas típicamente del género *phragmites* y *thypha*. El proceso simula artificialmente un ecosistema natural conocido como rizósfera, el cual es la zona del suelo donde ocurre la actividad de interacción entre raíces de plantas y microorganismos, sustancias orgánicas, nutrientes, y agua.

El agua residual se conduce directamente hacia este medio. El tratamiento es de tipo aerobio por parte de las raíces que captan el oxígeno atmosférico y lo conducen a la rizosfera, y de tipo anaerobio por medio de los microorganismos anaerobios que se

encuentran en el lecho de material granular. Además, posee una gran capacidad de remoción de la DBO₅, con efluentes promedio de 25 mg/L. (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013)

En comparación con otras tecnologías tradicionales, los pantanos secos utilizan fuentes de energía natural como el sol y la gravedad, para la realización de actividades de tratamiento del agua. (Sampedro Ruiz, 2011)

Ventajas

- Costos de construcción, operación y mantenimiento bajos. Aproximadamente el 2% en comparación a otras tecnologías convencionales.
- Tiene una vida útil de 30 años.
- Alta remoción de contaminantes y calidad del efluente.
- Beneficio de las comunidades aledañas debido a un ecosistema natural disponible para recreación.

Desventajas

- Requiere de una extensión grande para su funcionamiento.

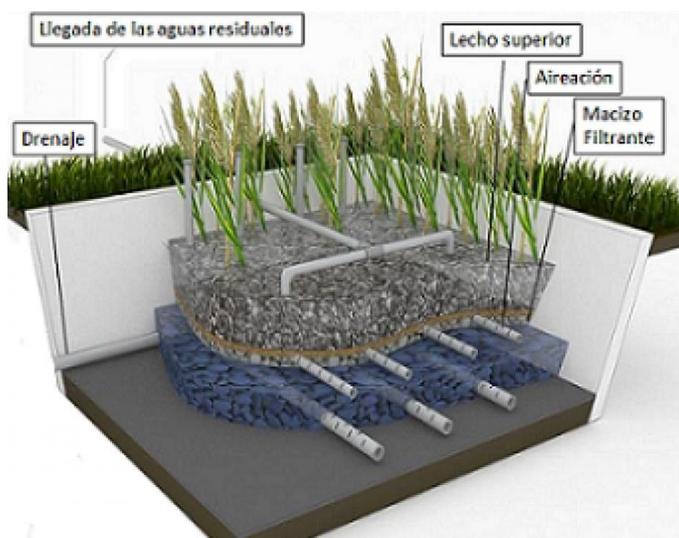


Figura 2.13. Esquema típico de pantano seco.
Obtenido de: <https://construyored.com/>

2.7 Selección de alternativas de tratamiento

Una vez revisado la bibliografía y analizado las alternativas de tratamiento secundario, entre ellas de tipo: aerobio, anaerobio y mixto. Se ha decidido optar por la alternativa con mayor optimización de recursos económicos y amigable con el medio ambiente. Por ello, se selecciona el método de pantano seco o humedal artificial como sistema de tratamiento de las aguas residuales de esta comunidad. Además, para el

tratamiento preliminar se utilizarán las operaciones unitarias de: canal de desbaste, desarenador, tanque Imhoff y lechos de secado.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseño hidrosanitario

3.1.1 Pretratamiento

Las aguas negras conducidas por la red de recolección llegarán hacia la planta a un canal de entrada de hormigón. En el canal se realizará la operación unitaria del cribado media dos rejillas, una para sólidos gruesos y otra para finos. Luego el agua se transportará hacia el tanque desarenador.

Canal de desbaste

Se diseña un canal abierto de hormigón de sección rectangular con una base asumida de 20 cm, y una pendiente del 3%.

Revestimientos de hormigón	Coeficiente de n de Manning		
	Mínimo	Medio	Máximo
Hormigón ordinario	0.015	0.016	0.018
Hormigón pulido	0.013	0.014	0.015
Tuberías de hormigón		0.013	

Tabla 3.1. Coeficientes de rugosidad para la fórmula de Manning.
Fuente: CEC, 1992

Parámetros de diseño:

$$Q = 3.39 \frac{L}{s} \quad \text{Caudal de diseño}$$

$$n = 0.015 \quad \text{Coeficiente de Manning (Hormigón)}$$

$$S = 3\% = 0.03 \quad \text{Pendiente del canal de entrada}$$

$$b = 20 \text{ cm} \quad \text{Ancho del canal}$$

- Velocidad de entrada

La velocidad de entrada al canal se la obtiene con la velocidad de salida del colector. Asumiendo una tubería de PVC de 200 mm con un coeficiente de Manning igual a 0.013 debido a la mucosidad en las paredes causadas por el paso del agua residual y una pendiente del 0.5%, utilizando la fórmula de Manning (Ecuación 3.1), se obtiene la velocidad de salida.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (3.1)$$

Donde,

V = Velocidad de la tubería colectora (m/s)

$n = 0.013$, Coeficiente de Manning (Hormigón)

R = Radio hidráulico de la tubería (m)

$S = 0.005$, Pendiente

Calculando los parámetros geométricos de la tubería de entrada y reemplazando en la Ecuación 3.1, se obtiene:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (200 \text{ mm})^2}{4} = 0.031 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{A}{\pi \cdot D} = 0.05 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.013} \cdot (0.05 \text{ m})^{\frac{2}{3}} \cdot (0.005)^{\frac{1}{2}} = 0.74 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Relacionando el caudal con la velocidad de entrada al canal se tiene un área de:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{3.39 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.74 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.005 \text{ m}^2$$

Altura efectiva del canal, He

$$He = \frac{A}{b} = \frac{0.005 \text{ m}^2}{20 \times 10^{-2} \text{ m}} = 0.023 \text{ m} = 2.3 \text{ cm}$$

Borde libre, BL

Se debe dejar una distancia de borde libre para evitar que se rebose el canal. Generalmente dicha distancia corresponde a la tercera parte de la altura efectiva del canal.

$$BL = \frac{He}{3} = \frac{0.023 \text{ m}}{3} = 0.008 \text{ m}$$

Altura total del canal, Ht

Corresponde a la suma de la altura efectiva y el borde libre, por ende, la altura final del canal es:

$$Ht = He + BL = 0.023 \text{ m} + 0.008 \text{ m} = 0.031 \text{ m} = 3.1 \text{ cm}$$

Se toma finalmente una altura total de:

$$Ht = 20 \text{ cm}$$

- Verificación de la velocidad en el canal

Con los datos obtenidos se vuelve a calcular la velocidad con la ecuación de Manning. Verificando que cumpla con las velocidades máximas y mínimas.

Perímetro mojado, P

$$P = 2 \cdot He + b = 2 \cdot 2.3 \text{ cm} + 20 \text{ cm} = 24.6 \text{ cm} = 0.246 \text{ m}$$

Área del canal, A

$$A = 0.005 \text{ m}^2$$

Radio hidráulico del canal, R

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.005 \text{ m}^2}{0.246 \text{ m}} = 0.019 \text{ m}$$

Reemplazando en la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.015} \cdot (0.019 \text{ m})^{\frac{2}{3}} \cdot (0.03)^{\frac{1}{2}} = 0.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Según Lozano-Rivas (2012), la velocidad de entrada no debe ser tan baja que los sólidos se puedan sedimentar en el canal ni tan alta que se genere un arrastre de estos. Por esto recomiendan que la velocidad esté en un rango de 0.6 m/s a 1 m/s. Por lo tanto, la velocidad obtenida cumple con la condición.

Dimensiones finales del canal de entrada	
Ancho (b)	20 cm
Profundidad (Ht)	20 cm
Altura efectiva (He)	2.3 cm
Pendiente (S)	3% = 0.03

Tabla 3.2. Dimensiones finales del canal de desbaste.
Elaborado por: Autoría propia

Cribado

Para el cribado se utilizarán rejillas con barras circulares de distinto espesor para la rejilla de gruesos y para la rejilla de finos, con una inclinación de 60° con respecto a la horizontal.

Forma	Factor de forma (β)
Barras rectangulares	2.42
Barras circulares	1.79
Barras de diseño especial	0.84

Tabla 3.3. Factores de forma para distintas formas de barras.
Fuente: Metcalf & Eddy, 2003

- Dimensionamiento de la rejilla de gruesos

Parámetros de diseño:

$b = 20 \text{ cm}$	Ancho del canal
$S = 20 \text{ mm}$	Separación entre barras
$a = 12 \text{ mm}$	Ancho de las barras
$\alpha = 60^\circ$	Ángulo de inclinación

Suma de separación entre barras, bg

$$bg = \left(\frac{b - S}{a + S}\right) \cdot S = \left(\frac{200 \text{ mm} - 20 \text{ mm}}{12 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}\right) \cdot 20 \text{ mm} = 11.25 \text{ cm}$$

Área libre, A_L

$$A_L = bg \cdot He = 11.25 \text{ cm} \cdot 2.3 \text{ cm} = 0.003 \text{ m}^2$$

Velocidad a través de la rejilla de gruesos, V

$$V = \frac{Q}{A_L} = 1.31 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Número de barras para la rejilla de gruesos, $\#b$

$$\#b = \frac{bg}{S} = -1 = 4.63 \text{ Barras}$$

$$\#b = 4 \text{ Barras}$$

Pérdida de carga en la rejilla de gruesos, h_v

$$h_v = \beta \cdot \left(\frac{a}{S}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{V_{\text{canal}}}{2 \cdot g}\right) \cdot \text{sen}(\alpha) \quad (3.2)$$
$$h_v = 1.79 \cdot \left(\frac{12 \text{ mm}}{20 \text{ mm}}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{0.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}\right) \cdot \text{sen}(60^\circ) = 2.64 \text{ cm}$$

- Dimensionamiento de la rejilla de finos

Parámetros de diseño:

$b = 20 \text{ cm}$	Ancho del canal
$S = 10 \text{ mm}$	Separación entre barras
$a = 8 \text{ mm}$	Ancho de las barras
$\alpha = 60^\circ$	Ángulo de inclinación

Suma de separación entre barras, bg

$$bg = \left(\frac{b - S}{a + S}\right) \cdot S = \left(\frac{200 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}{8 \text{ mm} + 10 \text{ mm}}\right) \cdot 10 \text{ mm} = 10.56 \text{ cm}$$

Área libre, A_L

$$A_L = bg \cdot He = 10.56 \text{ cm} \cdot 2.3 \text{ cm} = 0.002 \text{ m}^2$$

Velocidad a través de la rejilla de finos, V

$$V = \frac{Q}{A_L} = 1.40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Número de barras para la rejilla de finos, #b

$$\#b = \frac{bg}{S} = -1 = 9.56 \text{ Barras}$$

$$\#b = 9 \text{ Barras}$$

Pérdida de carga en la rejilla de finos, hv

Reemplazando los parámetros de diseño de la rejilla de finos en la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$hv = 1.79 \cdot \left(\frac{8 \text{ mm}}{10 \text{ mm}}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{\left(0.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}\right) \cdot \text{sen}(60^\circ) = 3.88 \text{ cm}$$

Según Metcalf & Eddy (1995), la velocidad a través de las rejillas debe ser mayor a 1 m/s, y la pérdida de carga (hv) debe ser menor a 5 cm. Por lo tanto, las rejillas diseñadas cumplen las condiciones necesarias.

Rejilla de gruesos	
Ancho de las barras (a)	12 mm
Separación entre las barras (S)	20 mm
Ángulo de inclinación (α)	60°
Número de barras (#b)	4
Rejilla de finos	
Ancho de las barras (a)	8 mm
Separación entre las barras (S)	10 mm
Ángulo de inclinación (α)	60°
Número de barras (#b)	9

Tabla 3.4. Dimensiones finales de las rejillas para gruesos y finos.
Elaborador por: Autoría Propia

Desarenador

Según la OPS (2015), el tiempo de retención hidráulica en un desarenador está en un rango de 2 a 5 minutos. Por lo tanto, para este caso se escogerá un tiempo de retención (TRH) de 5 minutos.

$$TRH = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

Volumen del desarenador, V

$$V = Q * TRH = \frac{3.39 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}} \cdot 300 \text{ s} = 1.02 \text{ m}^3$$

Profundidad del desarenador, H

$$H = 0.5 \text{ m}$$

Ancho del desarenador, B

Se toma una relación ancho – profundidad recomendada correspondiente a (1.5 : 1).

$$B = 1.5 \cdot H = 1.5 \cdot 0.5 \text{ m} = 0.75 \text{ m}$$

Longitud de transición, $L_{transicion}$

Se recomienda un ángulo de divergencia de $\beta = 12.5^\circ$ para disminuir la turbulencia con la que el agua ingresa al desarenador.

$$L_{transicion} = \frac{B - b}{2 \cdot \tan(\beta)} = \frac{75 \text{ cm} - 20 \text{ cm}}{2 \cdot \tan(12.5^\circ)} = 1.24 \text{ m}$$

Longitud del desarenador, L

$$L = \frac{V}{B \cdot H} = \frac{1.02 \text{ m}^3}{0.75 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m}} = 2.71 \text{ m}$$

Se debe cumplir que la longitud de transición sea menor a la longitud del desarenador dividida para 3.

$$L_{transicion} = 1.24 \text{ m} > \frac{L}{3} = 0.90 \text{ m}$$

Entonces, para que se cumpla la condición se asume que la longitud del desarenador debe ser igual a: $L = 4 \text{ m}$.

$$L_{transicion} = 1.24 \text{ m} < \frac{L}{3} = 1.33 \text{ m}$$

- Verificación de la velocidad de sedimentación

Temperatura (°C)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad dinámica (mPa/m*s)
10	0.99973	1.3101
11	0.99963	1.2740
12	0.99952	1.2396
13	0.99940	1.2068
14	0.99927	1.1756
15	0.99913	1.1457

Tabla 3.5. Densidad y viscosidad dinámica del agua.
Fuente: Rivas Mijares, 1978.

Régimen	Ley aplicable	Ecuación
Turbulento	Newton	$V_s = \sqrt{2.66 \cdot g \cdot d \cdot \frac{\rho_{arena} - \rho_{agua}}{\rho_{agua}}}$
Transición	Allen	$V_s = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua}) \cdot d}{3 \cdot \rho_{agua} \cdot C_d}}$ $C_d = \frac{24 \cdot \mu_{agua}}{V_s \cdot d \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua})} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\mu_{agua}}{V_s \cdot d \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua})}} + 0.34$
Laminar	Stokes	$V_s = \frac{g}{18} \cdot \left(\frac{\rho_{arena} - \rho_{agua}}{\mu_{agua}} \right) \cdot d^2$

Tabla 3.6. Ecuaciones para el cálculo de la velocidad de sedimentación de una partícula.
Fuente: Linsley et al., 1992

Parámetros de diseño:

$\rho_{arena} = 2.65 \frac{g}{cm^3}$	Densidad de la arena
$d = 0.04 \text{ cm}$	Diámetro de la partícula
$T_{agua} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura del agua
$\mu_{agua} = 1.1756 \times 10^{-2} \frac{g}{cm \cdot s}$	Viscosidad dinámica del agua (14 °C)
$\rho_{agua} = 0.99927 \frac{g}{cm^3}$	Densidad del agua

Para identificar cuando una partícula esté dentro de un régimen se utiliza el número de Reynolds. Si el número de Reynolds es menor a 1 está en régimen laminar, si es mayor de 2000 está en régimen turbulento, y si se encuentra entre 1 y 2000 entonces está en régimen en transición.

$$Re = \frac{(\rho_{arena} - \rho_{agua}) \cdot V_s \cdot d}{\mu_{agua}} \quad (3.3)$$

Se asume régimen laminar ($Re < 1$):

$$V_s = \frac{g}{18} \cdot \left(\frac{\rho_{arena} - \rho_{agua}}{\mu_{agua}} \right) \cdot d^2 \quad (3.4)$$

$$V_s = \frac{981 \frac{cm}{s^2}}{18} \cdot \left(\frac{2.65 \frac{g}{cm^3} - 0.99927 \frac{g}{cm^3}}{1.1756 \times 10^{-2} \frac{g}{cm \cdot s}} \right) \cdot (0.04 \text{ cm})^2 = 12.24 \frac{cm}{s}$$

Se verifica el tipo de régimen con el número de Reynolds (Ecuación 3.3):

$$Re = \frac{\left(2.65 \frac{g}{cm^3} - 0.99927 \frac{g}{cm^3} \right) \cdot 12.24 \frac{cm}{s} \cdot 0.04 \text{ cm}}{1.1756 \times 10^{-2} \frac{g}{cm \cdot s}} = 68.77$$

Como el número de Reynolds es mayor a 1, entonces no se encuentra en régimen laminar. Se asume régimen turbulento ($Re > 2000$):

$$V_s = \sqrt{2.66 \cdot g \cdot d \cdot \frac{\rho_{arena} - \rho_{agua}}{\rho_{agua}}} \quad (3.5)$$

$$V_s = \sqrt{2.66 \cdot 981 \frac{cm}{s^2} \cdot 0.04 \text{ cm} \cdot \frac{2.65 \frac{g}{cm^3} - 0.99927 \frac{g}{cm^3}}{0.99927 \frac{g}{cm^3}}} = 13.13 \frac{cm}{s}$$

Se verifica el tipo de régimen con el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\left(2.65 \frac{g}{cm^3} - 0.99927 \frac{g}{cm^3}\right) \cdot 13.13 \frac{cm}{s} \cdot 0.04 cm}{1.1756 \times 10^{-2} \frac{g}{cm \cdot s}} = 73.75$$

Como el número de Reynolds es menor a 2000, entonces no se encuentra en régimen turbulento. Por lo tanto, se concluye que el régimen predominante en el desarenador es el régimen en transición.

La Ecuación 3.6 describe la velocidad de sedimentación para un régimen en transición ($1 < Re < 2000$):

$$V_s = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua}) \cdot d}{3 \cdot \rho_{agua} \cdot C_d}} \quad (3.6)$$

El coeficiente de resistencia de las partículas en función de la velocidad de sedimentación es:

$$C_d = \frac{24 \cdot \mu_{agua}}{V_s \cdot d \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua})} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\mu_{agua}}{V_s \cdot d \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua})}} + 0.34 \quad (3.7)$$

Reemplazando (3.7) en (3.6) se obtiene:

$$V_s = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua}) \cdot d}{3 \cdot \rho_{agua} \cdot \left(\frac{24 \cdot \mu_{agua}}{V_s \cdot d \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua})} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\mu_{agua}}{V_s \cdot d \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua})}} + 0.34 \right)}}$$

Reordenando la ecuación en la forma $F(x) = 0$:

$$V_s - \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua}) \cdot d}{3 \cdot \rho_{agua} \cdot \left(\frac{24 \cdot \mu_{agua}}{V_s \cdot d \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua})} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\mu_{agua}}{V_s \cdot d \cdot (\rho_{arena} - \rho_{agua})}} + 0.34 \right)}} = 0$$

Para la resolución de la ecuación se utilizarán un método numérico. Específicamente el método de la bisección, obteniendo una velocidad de sedimentación igual a:

$$V_s = 5.76 \frac{cm}{s}$$

Verificando el tipo de régimen con el número de Reynolds (Ecuación 3.3):

$$Re = \frac{\left(2.65 \frac{g}{cm^3} - 0.99927 \frac{g}{cm^3}\right) \cdot 5.76 \frac{cm}{s} \cdot 0.04 cm}{1.1756 \times 10^{-2} \frac{g}{cm \cdot s}} = 32.55$$

Como el número de Reynolds se encuentra entre 1 y 2000, se asegura que las partículas dentro del desarenador están en régimen de transición.

- Velocidad de desplazamiento

Parámetros de diseño:

$k = 0.04$ Factor de forma arena unigranulares no adheribles (OPS, 2015)

$n = 0.015$ Factor de rugosidad de Manning de la cámara

Se utilizarán ecuaciones dadas por la OPS (2015) para el diseño de desarenadores.

$$V_d = \sqrt{\frac{8 \cdot k}{n} \cdot g \cdot \frac{\rho_{arena} - \rho_{agua}}{\rho_{agua}} \cdot d} \quad (3.8)$$

$$V_d = \sqrt{\frac{8 \cdot 0.04}{0.015} \cdot 981 \frac{cm}{s^2} \cdot \frac{2.65 \frac{g}{cm^3} - 0.99927 \frac{g}{cm^3}}{0.99927 \frac{g}{cm^3}} \cdot 0.04 cm} = 37.19 \frac{cm}{s}$$

- Velocidad de horizontal

Área del desarenador, A

$$A = H \cdot B = 0.5 m \cdot 0.75 m = 0.375 m^2$$

Velocidad horizontal, V_h

$$V_h = \frac{Q}{A} = \frac{0.003 \frac{m^3}{s}}{0.375 m^2} = 0.904 \frac{cm}{s}$$

Por lo tanto, no se producirá resuspensión debido a que la velocidad de desplazamiento es mayor que la velocidad horizontal.

Además, se tiene que cumplir que el tiempo de desplazamiento sea mayor al tiempo de sedimentación.

Tiempo de sedimentación, T_s

$$T_s = \frac{H}{V_s} = \frac{50 cm}{5.76 \frac{cm}{s}} = 8.63 s$$

Tiempo de desplazamiento, T_d

$$T_d = \frac{L}{V_d} = \frac{400 cm}{37.16 \frac{cm}{s}} = 10.76 s$$

Se cumple la condición, por lo tanto, se puede aprobar el diseño del desarenador. En Tabla 3.7 se resumen las dimensiones finales del tanque desarenador.

Ancho (B)	75 cm
Profundidad (H)	50 cm
Largo (L)	4 m
Longitud de transición ($L_{transicion}$)	1.24 m
Angulo de divergencia (β)	12.5°

Tabla 3.7. Dimensiones finales del desarenador.
Elaborado por: Autoría propia

3.1.2 Tratamiento primario

Para el tratamiento primario se diseñó un Tanque Imhoff tomando los criterios de diseño que se presentan en la Norma Boliviana NB 689 desarrollada por el IBNORCA, en el año 2004. Se trabajará con el caudal de diseño al 50%, ya que, se desarrollaron 2 tanques Imhoff en paralelo.

$$Q = 0.5 \cdot 3.39 \frac{L}{s} = 1.695 \frac{L}{s} = 146.45 \frac{m^3}{día}$$

Cámara de sedimentación del tanque Imhoff

Área de la cámara de sedimentación, A_s

El área se determina con base en una carga superficial ($C_s \leq 25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$), según la norma, generalmente se utiliza un valor de C_s igual a $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$.

$$A_s = \frac{Q}{C_s} = \frac{146.45 \frac{m^3}{día}}{24 \frac{m^3}{m^2 \cdot día}} = 6.1 \text{ m}^2$$

Volumen de la cámara de sedimentación, V_s

Generalmente el tiempo de retención hidráulica está dentro del rango de 2 a 3 horas. En este caso se eligió por recomendación de la norma se eligió:

$$TRH = 2 \text{ horas} = 7200 \text{ s}$$

$$V_s = Q \cdot TRH = \frac{1.695 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}} \cdot 7200 \text{ s} = 12.2 \text{ m}^3$$

La sección transversal del fondo del tanque será en forma de "V", se recomienda una pendiente en sus lados de 50° a 60°, por lo cual se eligió:

$$\alpha = 60^\circ$$

Adicional a lo anterior, en la arista central se debe dejar una abertura de entre 15 a 20 cm para el paso de los sólidos removidos hacia la cámara de digestión.

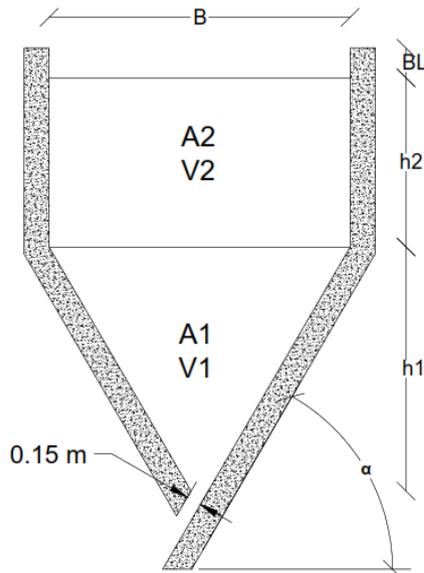


Figura 3.1. Sección transversal de la cámara de sedimentación.
Elaborador por: Autoría propia

Dimensiones de la cámara de sedimentación

La Norma Boliviana recomienda una relación de largo – ancho de 4 ($L/B = 4$).

Ancho de la cámara de sedimentación, B

$$\frac{L}{B} = 4$$

$$L = 4 \cdot B$$

El área de la cámara de sedimentación también debe ser el largo por el ancho, se utiliza el área previamente obtenida para obtener el ancho de la cámara.

$$A_S = L \cdot B = 4 \cdot B^2$$

$$B = \sqrt{\frac{A_S}{4}} = \sqrt{\frac{6.1 \text{ m}^2}{4}} = 1.235 \text{ m}$$

Largo de la cámara de sedimentación, L

Utilizando la relación de largo – ancho, se obtiene el largo de la cámara de sedimentación.

$$L = 4 \cdot B = 4 \cdot 1.235 \text{ m} = 4.94 \text{ m}$$

Altura de la cámara de sedimentación, h_1

Se obtiene la altura h_1 utilizando la mitad del ancho de la cámara y el ángulo de apertura.

$$h_1 = \frac{B}{2} \cdot \tan(\alpha) = \frac{1.235 \text{ m}}{2} \cdot \tan(60^\circ) = 1.07 \text{ m}$$

Con la altura h_1 podemos calcular el volumen que ocupa la primera sección (V_1).

$$V_1 = \frac{B \cdot h_1}{2} \cdot 2 \cdot L = \frac{1.235 \text{ m} \cdot 1.07 \text{ m}}{2} \cdot 2 \cdot 4.94 \text{ m} = 3.26 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, para obtener la altura h_2 , debemos restar el volumen contenido en la primera sección del volumen total de la cámara de sedimentación y obtener su relación con el área ocupada.

$$h_2 = \frac{V_S - V_1}{B \cdot L} = \frac{12.2 \text{ m}^3 - 3.26 \text{ m}^3}{1.235 \text{ m} \cdot 4.94 \text{ m}} = 1.465 \text{ m}$$

Luego, se obtiene el volumen que está contenido en la segunda sección (V_2).

$$V_2 = B \cdot h_2 \cdot L = 1.235 \text{ m} \cdot 1.465 \text{ m} \cdot 4.94 \text{ m} = 8.94 \text{ m}^3$$

Y se verifica que el volumen de la primera y la segunda sección sean iguales al volumen de la cámara de sedimentación previamente obtenido.

$$V_1 + V_2 = 3.26 \text{ m}^3 + 8.94 \text{ m}^3 = 12.20 \text{ m}^3$$

Finalmente, las dimensiones de la cámara de sedimentación son:

$$h_1 = 1 \text{ m}$$

$$h_2 = 1.5 \text{ m}$$

$$B = 1.25 \text{ m}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

Se calcula el borde libre, por recomendación debe ser la altura total de la cámara de sedimentación entre 5.

$$BL = \frac{h_1 + h_2}{5} = \frac{1 \text{ m} + 1.5 \text{ m}}{5} = 0.5 \text{ m}$$

Con las dimensiones finales se vuelve a obtener el ángulo de abertura y verificamos que se encuentre entre 50° y 60° .

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{h_1}{\frac{B}{2}}\right) = \text{atan}\left(\frac{1 \text{ m}}{\frac{1.25 \text{ m}}{2}}\right) = 57.99^\circ \quad (3.9)$$

$$Ht = h_1 + h_2 + BL = 1 \text{ m} + 1.5 \text{ m} + 0.5 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

Ancho (B)	1.25 m						
Profundidad (Ht)	3 m	h1	1 m	h2	1.5 m	BL	0.5 m
Longitud (L)	5 m						
Ángulo de abertura (α)	57.99°						

Tabla 3.8. Dimensiones finales de la cámara de sedimentación del tanque Imhoff.
Elaborador por: Autoría propia

Cámara de digestión del tanque Imhoff

Volumen de la cámara de digestión, V_d

Según el CEC (1992), la contribución de lodos es de 70 L/hab cuando la temperatura media es igual a 14 °C. Y este se debe multiplicar por un factor de capacidad relativa que también depende de la temperatura.

$$V_d = C_l \cdot P \cdot Fcr \quad (3.10)$$

Donde,

V_d = Volumen de la cámara de digestión del tanque Imhoff

$C_l = 70 \frac{L}{hab}$, Contribución de lodos a T=14 °C

$P = 1600 hab$, Población futura

$Fcr = 1.08$, Factor de capacidad relativa

Temperatura (°C)	Factor de capacidad relativa
5	2
10	1.4
15	1
20	0.7
≥ 25	0.5

Tabla 3.9. Factor de capacidad relativa.
Fuente: Ayala & Gonzales, 2008

Reemplazando en (3.10) se obtiene:

$$V_d = 70 \frac{L}{hab} \cdot P \cdot Fcr = 70 \frac{L}{hab} \cdot 1600 hab \cdot 1.08 = 120.96 m^3$$

Se divide el volumen para 2 porque serán 2 tanques Imhoff en paralelo.

$$V_d = \frac{V_d}{2} = \frac{120.96 m^3}{2} = 60.48 m^3$$

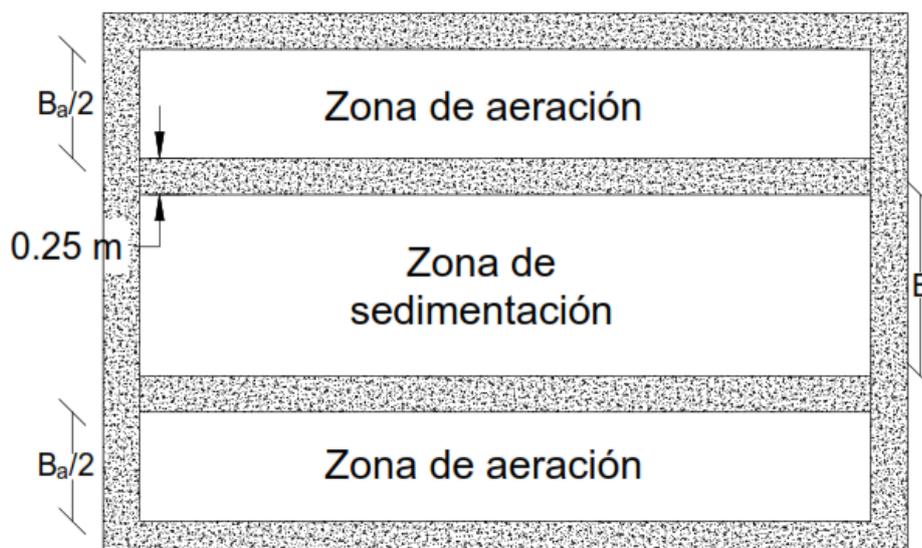


Figura 3.2. Vista en planta de un tanque Imhoff.
Elaborado por: Autoría propia

La Norma Boliviana recomienda que el ancho que ocupa el área de aireación sea por lo menos un 10% más grande que el ancho de la zona de sedimentación.

$$B_a = 1.10 \cdot B = 1.10 \cdot 1.25 \text{ m} = 1.375 \text{ m}$$

$$B_a = 1.5 \text{ m}$$

$$\frac{B_a}{2} = 0.75 \text{ m}$$

$$B_{total} = B + B_a + 0.25 \text{ m} \cdot 2 = 1.25 \text{ m} + 1.5 \text{ m} + 0.5 \text{ m} = 3.25 \text{ m}$$

$$A_{total} = B_{total} \cdot L = 3.25 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} = 16.25 \text{ m}^2$$

El área de aeración debe ser más del 30% del área total del tanque.

Área de aeración, A_a

$$A_a = B_a \cdot L = 1.5 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} = 7.5 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_a}{A_{total}} \times 100\% = \frac{7.5 \text{ m}^2}{16.25 \text{ m}^2} \times 100\% = 46.15\% > 30\%$$

\therefore Sí cumple

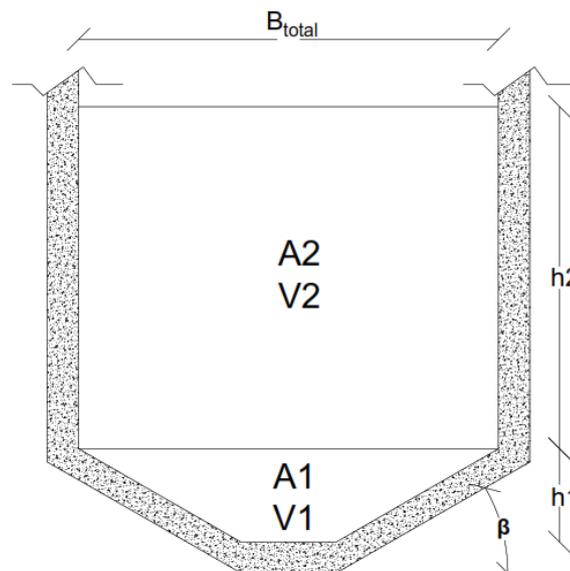


Figura 3.3. Vista transversal de la cámara de digestión.
Elaborado por: Autoría propia

- Alturas dentro del digestor

Fondo de la cámara de digestión, h_1

Se recomienda que las paredes de la tolva tengan una inclinación de entre 15° y 30° con respecto a la horizontal. Por lo cual se elige una inclinación de:

$$\beta = 28^\circ$$

$$h_1 = \frac{B_{total}}{2} \cdot \tan(\beta) = \frac{3.25 \text{ m}}{2} \cdot \tan(28^\circ) = 0.864 \text{ m}$$

Por lo que, se escoge una altura de:

$$h_1 = 0.9 \text{ m}$$

Se obtiene el ángulo de inclinación con la nueva altura h_1 , para verificar que se encuentre en el rango de 15° a 30° .

$$\beta = \text{atan}\left(\frac{h_1}{\frac{B_{total}}{2}}\right) = \text{atan}\left(\frac{0.9 \text{ m}}{\frac{3.25 \text{ m}}{2}}\right) = 28.98^\circ$$

- Volumen del fondo de la cámara de digestión

Son 2 bases truncadas para los lodos.

Área superior de la pirámide truncada, A_{sup}

$$A_{sup} = \frac{B_{total} \cdot L}{2} = \frac{3.25 \text{ m} \cdot 5 \text{ m}}{2} = 8.125 \text{ m}^2$$

Área inferior de la pirámide truncada, A_{inf}

Se valores para la base inferior de la primera sección (V_1) de la cámara de digestión.

$$a = 0.7 \text{ m}$$

$$b = 0.9 \text{ m}$$

$$A_{inf} = a \cdot b = 0.7 \text{ m} \cdot 0.9 \text{ m} = 0.63 \text{ m}^2$$

Se obtiene el volumen de la pirámide (fondo de la cámara de digestión) con la ecuación 3.11, V_p

$$V_p = \frac{h_1}{3} \cdot \left(A_{sup} + A_{inf} + \sqrt{A_{sup} \cdot A_{inf}} \right) \quad (3.11)$$

$$V_p = \frac{0.9 \text{ m}}{3} \cdot \left(8.125 \text{ m}^2 + 0.63 \text{ m}^2 + \sqrt{8.125 \text{ m}^2 \cdot 0.63 \text{ m}^2} \right) = 3.305 \text{ m}^3$$

Se multiplica por 2 porque son 2 pirámides.

$$V_1 = 2 \cdot V_p = 2 \cdot 3.305 \text{ m}^3 = 6.61 \text{ m}^3$$

Entonces el volumen de la segunda sección (V_2) de la cámara de digestión es:

$$V_d = V_1 + V_2$$

$$V_2 = V_d - V_1 = 60.48 \text{ m}^3 - 6.61 \text{ m}^3 = 53.87 \text{ m}^3$$

Y se calcula la altura de la segunda sección de la cámara relacionando el volumen que ocupa con su área.

$$h_2 = \frac{V_2}{B_{total} \cdot L} = \frac{53.87 \text{ m}^3}{3.25 \text{ m} \cdot 5 \text{ m}} = 3.315 \text{ m}$$

Finalmente, la altura es:

$$h_2 = 3.35 \text{ m}$$

Cámara de sedimentación							
Profundidad	3 m	h1	1 m	h2	1.5 m	BL	0.5 m
Ancho (B)	1.25 m						
Longitud (L)	5 m						
Ángulo de abertura (α)	57.99°						
Cámara de digestión							
Profundidad	4.25 m	h1	0.9 m	h2	3.35 m		
Ancho (Ba)	3.25 m						
Longitud (L)	5 m						
Inclinación tolva (β)	28.98°						

Tabla 3.10. Dimensiones finales del tanque Imhoff.
Elaborado por: Autoría propia

3.1.3 Tratamiento de lodos

Para el tratamiento de lodos se diseñará un lecho de secados de lodos con los criterios desarrollados por la OPS (2015). Según la temperatura se tiene un tiempo de digestión de lodos, lo cual determina cuanto volumen se va a necesitar para almacenar estos lodos dentro de los lechos de secado.

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

Tabla 3.11. Tiempo de digestión de lodos dependiendo de la temperatura.
Fuente: OPS, 2015

Interpolando para una temperatura media de 14 °C:

$$T_d = 59.2 \text{ días}$$

$$T_d = 60 \text{ días}$$

Según la OPS (2015), para localidades de hasta 5000 habitantes se puede considerar una contribución promedio de 90 g.SS/(hab*día). La carga de sólidos que ingresa es igual a:

$$C = 90 \frac{\text{gSS}}{\text{hab} \cdot \text{día}} \cdot 1600 \text{ hab} = 144 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

La masa de sólidos que conforman los lodos:

$$Msd = 0.5 \cdot 0.7 \cdot 0.5 \cdot C + 0.5 \cdot 0.3 \cdot C$$

$$Msd = 0.5 \cdot 0.7 \cdot 0.5 \cdot 144 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 0.5 \cdot 0.3 \cdot 144 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 46.8 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Volumen diario de lodos digeridos

$$V_{\text{lodos}} = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodos}} \cdot S} \quad (3.12)$$

Donde,

V_{lodos} = Volumen diario de lodos digeridos

$\rho_{lodos} = 1.04 \frac{kg}{L}$, Densidad de lodos

$S = 12\% = 0.12$, Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo (8% a 12%) (OPS, 2015)

Reemplazando en (3.12)

$$V_{lodos} = \frac{Msd}{\rho_{lodos} \cdot S} = \frac{46.8 \frac{kg}{día}}{1.04 \frac{kg}{L} \cdot 0.12} = 375 \frac{L}{día}$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque, V_e

$$V_e = V_{lodos} \cdot T_d = \frac{375 m^3}{1000 día} \cdot 60 días = 22.5 m^3$$

- Área del lecho de secado

Se asume una altura de:

$$H = 1.2 m$$

$$A_{ls} = \frac{V_e}{H} = \frac{22.5 m^3}{1.2 m} = 18.75 m^2$$

Se asume una relación de largo-ancho de 1.5:

$$L = 1.5 \cdot B$$

$$A_{ls} = B \cdot L$$

$$A_{ls} = 1.5 \cdot B^2$$

$$B = \sqrt{\frac{A_{ls}}{1.5}} = \sqrt{\frac{18.75 m^2}{1.5}} = 3.536 m$$

$$L = 1.5 \cdot B = 1.5 \cdot 3.536 m = 5.303 m$$

Como dimensiones finales se tienen:

$$B = 3.5 m$$

$$L = 5.5 m$$

$$H = 1.2 m$$

$$BL = 0.3 m$$

Ancho (B)	3.5 m
Longitud (L)	5.5 m
Profundidad (H)	1.2 m
Borde libre (BL)	0.3 m

Tabla 3.12. Dimensiones finales de los lechos de secado.
Elaborado por: Autoría propia

Además, se detallan las especificaciones para la capa de material filtrante de la tubería de salida de los lechos de secado recomendados por Strande, Rondeltap y Brdjanovic en 2014.

- Capa inferior (20 cm): Grava gruesa (D: 40 mm)
- Capa intermedia (15 cm): Grava fina (D: 20 mm)
- Capa superior (15 cm): Grava fina (D: 10 mm)
- Cubrir la capa superior con 5 cm de arena gruesa (D: 1.5 mm)

3.1.4 Tratamiento secundario

El tratamiento secundario de las aguas residuales de la comunidad se realizará mediante celdas de humedales artificiales.

Humedales Artificiales Construidos o “Wetlands”

Se diseñan de dos tipos:

- **Humedales de flujo superficial:** en estos sistemas la superficie del flujo se encuentra expuesta a la atmósfera y tienen una profundidad entre 0.3 a 0.4 m. (García & Corzo, 2008)

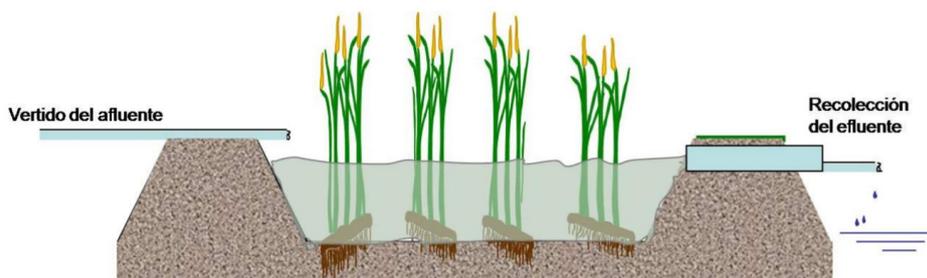


Figura 3.4. Humedal Artificial de Flujo Superficial.
Fuente: García & Corzo, 2008.

- **Humedales de flujo subsuperficial:** contienen un medio granular por donde el agua circula y poseen una profundidad entre 0.3 a 0.7 m. La vegetación se planta directamente sobre el medio granular y entra en contacto con el agua residual para proporcionar oxígeno necesario para la degradación de la materia orgánica. (CONAGUA, 2015)

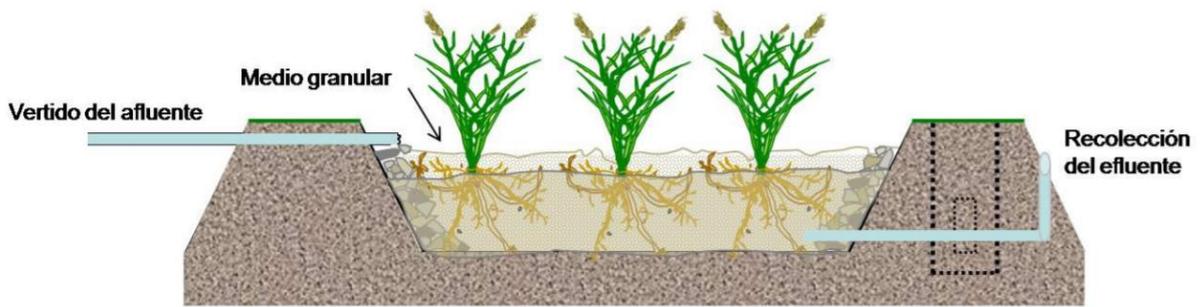


Figura 3.5. Humedal Artificial de Flujo Subs superficial.
Fuente: García & Corzo, 2008.

Dado que la planta de tratamiento se ubicará dentro de la urbanización, se escoge los humedales artificiales de flujo subsuperficial para evitar la emisión de malos olores que pueden provocar los humedales de flujo superficial.

Tipos de humedales artificiales de flujo subsuperficial

Se pueden diseñar de dos tipos:

- **Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal:** el agua ingresa al humedal en la parte superior de un extremo, luego fluye horizontalmente y de manera constante por el material de sustrato para finalmente ser recogida por una tubería de drenaje ubicada en la parte inferior del otro extremo del humedal. (Alarcón, Zurita, Vidal, & Lara, 2018)
- **Humedal artificial de flujo subsuperficial vertical:** a diferencia de los humedales de flujo horizontal, estos se cargan intermitentemente, es decir, poseen tiempos de llenado, reacción y vaciado. Lo que les permite una mayor transferencia de oxígeno y, por ende, mayor remoción de contaminantes del agua. Un inconveniente con estos sistemas es que tienen un periodo de colmatación más rápido y presentan una mayor pérdida de carga. Por consecuencia, pueden requerir un sistema de bombeo. (García & Corzo, 2008)

A pesar de que los humedales de flujo subsuperficial vertical requieren menos área para el tratamiento de una misma concentración de contaminante que los humedales de flujo subsuperficial horizontal, estos necesitan mayor inversión en trabajos de mantenimiento por la colmatación del sustrato. Además, su diseño es más complejo y requiere de un especialista con años de práctica. Debido a las condiciones actuales del proyecto, se escogen los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal.

Macrófitas

Las especies utilizadas en los humedales artificiales son las macrófitas. Se denomina así a las plantas que tienen la capacidad de desarrollarse en terrenos inundados o encharcados. La elección del tipo de macrófita a utilizar se realiza en base a la profundidad de sus raíces. Mientras más profundo penetren las raíces de la planta en el humedal, se tiene una mejor transferencia de oxígeno y por ende, mayor remoción de contaminantes. Debido a que se ha seleccionado un humedal de flujo subsuperficial, se deben adoptar macrófitas de tipo emergente.

Se pueden encontrar las siguientes especies de macrófitas emergentes:

- Espadañas o eneas

Nombre científico: Typha Spp

Pertenecen a la familia de las tifáceas y son una especie de plantas que se distribuyen por todo el mundo. Se adaptan a un rango de condiciones ambientales muy amplio, entre 10 – 30°C. (Alarcón, Zurita, Vidal, & Lara, 2018)

Se desarrollan entre un pH óptimo de 4 a 10. La profundidad de sus raíces es de 30 cm por lo que poseen un potencial pequeño de remoción de nitrógeno. Se deben sembrar cada 60 cm.



Figura 3.6. Typha Spp o Espadaña.
Obtenido de: <https://archewild.com/cattail-use-in-the-landscape/>

- Carrizos

Nombre científico: Phragmites Australis

Pertenecen a la familia de las gramíneas. Estas plantas poseen una gran resistencia a los periodos de sequía. Tiene un crecimiento rápido y es poco atractiva para las aves, por lo que no la predan. (Guillem, 2016)

Se desarrollan entre un pH óptimo de 2 a 8. La profundidad de sus raíces es mayor de 60 cm y se deben sembrar cada 60 cm.



Figura 3.7. *Phragmites australis* o Carrizo.
Fuente: Guillem, 2016.

- Juncos

Nombre científico: *Scirpus* Spp

Pertenecen a la familia de las ciperáceas, crecen en aguas costeras y en humedales naturales y artificiales. Tienen una excelente remoción de nitrógeno ya que sus raíces pueden llegar a penetrar hasta los 3 metros de profundidad. (Alarcón, Zurita, Vidal, & Lara, 2018)

Se desarrollan en un pH óptimo de 4 a 9. Crece rápidamente y es poco atractiva para las aves, además desarrolla una supervivencia alta.



Figura 3.8. *Scirpus* Sp o Juncos.
Obtenido de: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/47160-Schoenoplectus>

Se escoge la macrófita con mayor penetración de las raíces (*Scirpus* Sp – Juncos) debido a que el área es limitada para la remoción del nitrógeno.

3.1.4.1 Diseño de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal

El modelo de diseño de un sistema de humedal artificial se describe mediante un flujo en condiciones uniformes y de tipo pistón, es decir, las propiedades en un punto determinado son constantes con el tiempo. Para garantizar el flujo pistón es de suma importancia el correcto dimensionamiento hidráulico de cada celda de humedal.

Según (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010), se deben cumplir tres criterios para el diseño de un humedal artificial:

1. Se describe un modelo de reactor biológico.
2. Se considera un flujo de tipo pistón y en forma uniforme.
3. El flujo que pasa a través del medio poroso debe cumplir la ley de Darcy.

Existen dos fases para el dimensionamiento de los humedales de flujo horizontal, que comprenden:

1. Dimensionamiento biológico: cálculo del área necesaria para el tratamiento de los contaminantes.
2. Dimensionamiento hidráulico: cálculo de las dimensiones geométricas del humedal.

Dimensionamiento biológico

Según (García & Corzo, 2008), en un humedal artificial “los contaminantes se degradan siguiendo modelos cinéticos de primer orden”. La ecuación que describe la variación de la masa del contaminante en función del tiempo es:

$$\frac{dC}{dt} = -K_T * C \quad (3.13)$$

Donde,

C = concentración del contaminante en estudio (mg/L)

K_T = constante cinética de primer orden (días⁻¹)

Se despeja e integra la Ecuación 3.13, entre la concentración del afluente y el efluente del humedal C_0 y C_1 respectivamente, con tiempos de retención de $t_0 = 0$ y $t_1 = t$.

$$\frac{dC}{C} = -K_T * dt$$

$$\frac{1}{C} \int_{C_0}^{C_1} dC = \int_{t_0}^{t_1} -K_T * dt$$

$$\ln C_1 - \ln C_0 = -K_T * (t_1 - t_0)$$

$$\ln \frac{C_1}{C_0} = -K_T * t$$

$$e^{\ln \frac{C_1}{C_0}} = e^{-K_T * t}$$

$$\frac{C_1}{C_0} = e^{-K_T * t}$$

Por otra parte, se expresa el tiempo de retención hidráulico en términos de la porosidad, superficie y profundidad del humedal:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{n * A_s * d}{Q} \quad (3.14)$$

Donde,

t = tiempo medio de retención hidráulico (días)

Q = caudal del flujo (m³/día)

V = volumen del humedal (m³)

n = porosidad del sustrato

A_s = área superficial del humedal (m²)

d = profundidad media del humedal (m)

Reemplazando (3.14) en (3.13), y despejando A_s obtenemos la fórmula para calcular el área necesaria para la remoción de los contaminantes.

$$\frac{C_1}{C_0} = e^{-K_T * \left(\frac{n * A_s * d}{Q}\right)}$$

$$\ln \frac{C_1}{C_0} = -K_T * \left(\frac{n * A_s * d}{Q}\right)$$

$$-(\ln C_1 - \ln C_0) = K_T * \left(\frac{n * A_s * d}{Q}\right)$$

$$\ln \frac{C_0}{C_1} = K_T * \left(\frac{n * A_s * d}{Q}\right)$$

$$A_s = \frac{Q * \ln \left(\frac{C_0}{C_1}\right)}{K_T * d * n} \quad (3.15)$$

Diseño biológico

De la Tabla 2.6, las concentraciones de los contaminantes del afluente a la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales son:

- $DBO5_0 = 200 \frac{mg}{L}$

- $NTK_0 = 30 \frac{mg}{L}$
- $P_0 = 12 \frac{mg}{L}$

Luego del tratamiento primario se espera una concentración de contaminantes menor a la inicial. (Martín Monerris & Hernández Crespo, 2017) exponen porcentajes de remoción de contaminantes de 36% para la DBO₅ y 21% para el NTK y el P.

Parámetro	Concentración del contaminante (mg/L)	Eficiencia de remoción en tratamiento primario	Concentración del contaminante a la entrada del humedal
DBO ₅	200	36%	128
NTK	30	21%	23.7
P	12	21%	9.48

Tabla 3.13. Eficiencia de remoción de contaminantes del tratamiento primario.
Fuente: Martín & Hernández Crespo, 2017.

Parámetros de diseño

- $Q = 3.39 \frac{L}{s}$ Caudal de diseño en L/s
- $Q = 292.90 \frac{m^3}{dia}$ Caudal de diseño en m³/día
- $T = 15^\circ C$ Temperatura en el mes más frío
- $d = 0.55 m$ Profundidad de diseño del humedal
- $s = 2\%$ Pendiente del fondo del humedal

Parámetros del afluente de los humedales

- $DBO_{5_0} = 128 \frac{mg}{L}$ Concentración de DBO₅ inicial
- $NTK_0 = 23.7 \frac{mg}{L}$ Concentración de NTK inicial
- $P_0 = 9.48 \frac{mg}{L}$ Concentración de P inicial

Parámetros del efluente de los humedales

- $DBO_{5_1} = 90 \frac{mg}{L}$ Concentración de DBO₅ final $\leq 100 \frac{mg}{L}$
- $NTK_1 = 11.8 \frac{mg}{L}$ Concentración de NTK final $\leq 15 \frac{mg}{L}$
- $P_1 = 10 \frac{mg}{L}$ Concentración de P final $\leq 10 \frac{mg}{L}$

Medio filtrante (Sustrato)

- Material escogido Grava media
- $D_{10} = 32 mm$ Diámetro efectivo de la partícula

$$n = 0.4$$

Porosidad

$$K = 50000 \frac{m^3}{m^2 \cdot dia}$$

Conductividad hidráulica

Macrófita (Vegetación)

Tipo de planta

Scirpus Sp o Juncos

$$h_{raiz} = 0.6 m$$

Profundidad de penetración de las raíces

$$\%_{rizo} = \frac{h_{raiz}}{(d+0.1)} = 0.92$$

Porcentaje de penetración de las raíces

Dimensionamiento para la Remoción de DBO₅

La constante de cinética de primer orden tiene un valor distinto para cada tipo de contaminante, se calcula mediante la fórmula:

$$K_T = K_{20} * (1.06)^{T-20} \quad (3.16)$$

Donde,

K_T = constante cinética de primer orden para la DBO₅

$K_{20} = 1.104 d^{-1}$, constante del agua a los 20°C (Crites et. al, 2014)

T = temperatura del agua

Reemplazando se obtiene:

$$K_T = 1.104 * (1.06)^{15^\circ C - 20}$$

$$K_T = 0.825 d^{-1}$$

De la Ecuación 3.15, se obtiene un área para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno igual a:

$$A_s = \frac{292.90 \frac{m^3}{dia} * \ln\left(\frac{128 \frac{mg}{L}}{90 \frac{mg}{L}}\right)}{0.825 d^{-1} * 0.55 m * 0.4}$$
$$A_s = 569.42 m^2$$

Dimensionamiento para la Remoción de Nitrógeno Total

La remoción de nitrógeno del humedal depende de la profundidad de penetración de las raíces, ya que son las que comunican el oxígeno atmosférico hacia el agua, compuesto necesario para los procesos de desnitrificación. La constante cinética de primer orden para el nitrógeno depende directamente del porcentaje de penetración

de los rizomas. Según (Crites et. al, 2014), la constante de nitrificación se calcula mediante la Ecuación 3.17.

$$K_{NH} = 0.01854 + 0.3922 * (\%_{rizo})^{2.6077} = 0.337 \quad (3.17)$$

Donde,

K_{NH} = constante de nitrificación a los 20°C

$\%_{rizo}$ = 0.92, fracción de la cama del humedal que es ocupada por los rizomas

La constante K_T viene dada por las siguientes expresiones:

$$\text{Para } T = 0^\circ\text{C} \quad K_T = 0 \text{ d}^{-1}$$

$$\text{Para } T = 1^\circ\text{C} \quad K_T = K_{NH} * (0.4103)^{T-20} \text{ d}^{-1}$$

$$\text{Para } T > 1^\circ\text{C} \quad K_T = K_{NH} * (1.048)^{T-20} \text{ d}^{-1}$$

Dado que $T = 15^\circ\text{C}$, se reemplaza en la ecuación obteniendo:

$$K_T = 0.337 * (1.048)^{15-20}$$

$$K_T = 0.266 \text{ d}^{-1}$$

De la Ecuación 3.15, se determina el área para la eliminación del nitrógeno.

$$A_s = \frac{292.90 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \ln\left(\frac{23.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{11.8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}\right)}{0.266 \text{ d}^{-1} * 0.55 \text{ m} * 0.4}$$

$$A_s = 3484.33 \text{ m}^2$$

Se debe escoger la mayor área necesaria entre la DBO₅ y el Nitrógeno Total, por lo tanto, la remoción de nitrógeno controla el diseño.

Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{A_s * d * n}{Q} = \frac{3484.33 \text{ m}^2 * 0.55 \text{ m} * 0.4 \text{ m}}{292.90 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 2.62 \text{ días}$$

Procesos de nitrificación y desnitrificación

Según (Zamora & Silva, 2005), la remoción de nitrógeno total se realiza mediante dos procesos:

- **Nitrificación:** se asume que el amoníaco contenido en el agua residual se remueve mediante la nitrificación.
- **Desnitrificación:** dentro del área requerida para la nitrificación, se remueve además los nitratos contenidos en el humedal.

La concentración del nitrógeno total en el efluente corresponde a la suma del valor de amoníaco residual asumido (NTK_1) más la concentración de nitritos en el efluente.

Concentración de nitritos en el efluente

Para determinar la concentración de nitritos en el efluente, se toma como valor inicial a la concentración de nitratos en el humedal, la cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C_0 = NTK_0 - NTK_1 \quad (3.18)$$

Donde,

C_0 = concentración de nitratos en el humedal (mg/L)

NTK_0 = concentración de nitrógeno total en el afluyente (mg/L)

NTK_1 = concentración de nitrógeno total en el efluente (mg/L)

Por ende, la concentración inicial de nitritos es:

$$C_0 = 23.7 \frac{mg}{L} - 11.8 \frac{mg}{L}$$

$$C_0 = 11.9 \frac{mg}{L}$$

La concentración de nitritos final se calcula mediante la Ecuación 3.19.

$$C_e = C_0 * e^{-K_T * TRH} \quad (3.19)$$

Donde,

C_e = concentración de nitritos en el efluente (mg/L)

C_0 = concentración inicial de nitritos (mg/L)

$K_T = 1 * (1.15)^{T-20} = 1 * (1.15)^{15-20} = 0.497 d^{-1}$, constante de primer orden

TRH = tiempo de retención hidráulico (días)

Reemplazando se obtiene la concentración final de nitritos:

$$C_e = 11.9 \frac{mg}{L} * e^{-(0.497 d^{-1}) * (2.62 \text{ dias})}$$

$$C_e = 3.24 \frac{mg}{L}$$

Finalmente, la concentración de Nitrógeno Total Kjeldahl en el efluente es:

$$NTK = NTK_1 + C_e$$

$$NTK = 11.8 \frac{mg}{L} + 3.23 \frac{mg}{L}$$

$$NTK = 15.03 \frac{mg}{L} \approx 15 \frac{mg}{L}$$

\therefore Sí cumple

Remoción de DBO₅

Considerando el tiempo de retención hidráulico con el área necesaria para la remoción de NTK, se verifica nuevamente la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, mediante (3.19).

$$C_e = C_o * e^{-K_T * TRH}$$

Donde,

C_e = concentración de DBO₅ en el efluente (mg/L)

C_o = concentración inicial de DBO₅ (mg/L)

$K_T = 0.825 d^{-1}$, constante de primer orden

TRH = tiempo de retención hidráulico (días)

$$C_e = 128 \frac{mg}{L} * e^{-(0.825 d^{-1}) * (2.62 dias)}$$

$$C_e = 14.78 \frac{mg}{L} \leq 100 \frac{mg}{L}$$

∴ Sí cumple

Remoción de Fósforo

Carga hidráulica en el humedal

Se determina mediante la Ecuación 3.20.

$$CH = \frac{Q}{A_s} * 100 \quad (3.20)$$

Donde,

CH = carga hidráulica en el humedal (cm/día)

Q = caudal de diseño (m³/día)

A_s = área superficial (m²)

Reemplazando los parámetros de diseño se obtiene la carga hidráulica:

$$CH = \frac{292.90 \frac{m^3}{dia}}{3484.33 m^2} * 100$$

$$CH = 8.41 \frac{cm}{dia}$$

Concentración de fósforo en el efluente

Se determina mediante la siguiente expresión:

$$C_e = C_o * e^{-K_p / CH} \quad (3.21)$$

Donde,

C_e = concentración de fósforo en el efluente (mg/L)

C_0 = concentración inicial de fósforo (mg/L)

$K_p = 2.75 \frac{cm}{día}$, (Zamora & Silva, 2005)

CH = carga hidráulica en el humedal (cm/día)

Reemplazando los datos se obtiene:

$$C_e = 9.48 \frac{mg}{L} * e^{-\left(2.74 \frac{cm}{día}\right) / \left(8.41 \frac{cm}{día}\right)}$$

$$C_e = 6.84 \frac{mg}{L} \leq 10 \frac{mg}{L}$$

\therefore Sí cumple

Parámetros finales del efluente

En la Tabla 3.14, se resume las concentraciones finales obtenidas, verificando que cumplen con los límites de descarga impuestos por la normativa.

Parámetro	$C_0 \left(\frac{mg}{L}\right)$	$C_e \left(\frac{mg}{L}\right)$	Límite de descarga (TULSMA)	Eficiencia de remoción $E_{\%}$
DBO ₅	128	14.78	100	88%
NTK	23.7	15.04	15	37%
P	9.48	6.84	10	28%

Tabla 3.14. Resumen de parámetros finales del efluente.
Elaborado por: Autoría propia.

Dimensionamiento hidráulico

Se considerarán 4 celdas de humedales artificiales para facilitar los trabajos de mantenimiento y operación $N = 4$. Por ende, el caudal que ingrese a cada celda y el área de cada una corresponden a:

$$Q_{hum} = \frac{Q}{4} = \frac{292.90 \frac{m^3}{día}}{4} = 73.22 \frac{m^3}{día}$$

$$A_{hum} = \frac{A_s}{4} = \frac{3484.33 m^2}{4} = 871.08 m^2$$

Las relaciones largo:ancho de los humedales son muy importantes para el correcto funcionamiento hidráulico. Se recomienda que las relaciones entre ambas dimensiones entre dentro del rango de 1:0.25 a 1:4. (CONAGUA, 2015)

Se tomará una relación largo:ancho de 1:3, por lo que el ancho efectivo y la longitud de cada celda son:

$$W = \sqrt{\frac{A_{hum}}{2}} = 20.87 m$$

$$L = \frac{A_{hum}}{W} = 41.74 \text{ m}$$

Finalmente, las dimensiones de cada celda son:

$$W = 21 \text{ m} ; L = 42 \text{ m}$$

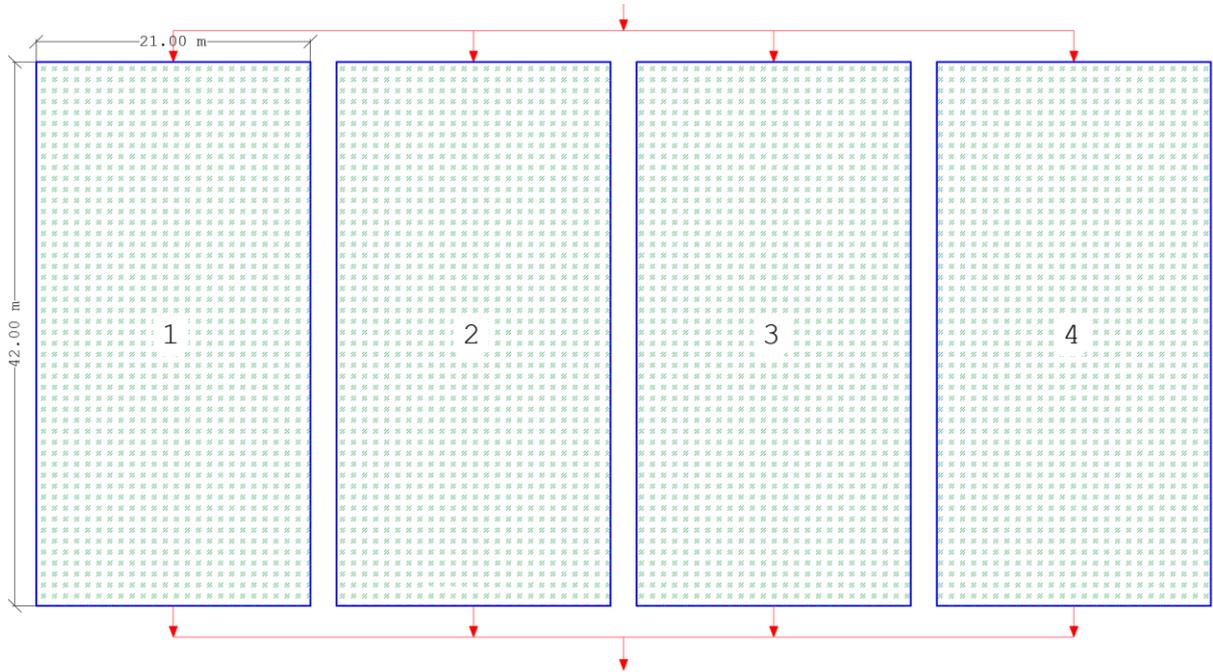


Figura 3.9. Dimensiones finales de los humedales artificiales.
Elaborado por: Autoría propia.

Niveles en el humedal

Las elevaciones de la superficie libre del agua en cada celda de humedal pueden ser determinada mediante la diferencia entre del nivel de energía total y las pérdidas de carga del flujo. El manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua en México (CONAGUA, 2015), propone las ecuaciones para el cálculo de pérdida de carga en un punto del sistema.

Para cada celda de humedal artificial, se tiene un perfil de aproximadamente 42 m de longitud como se observa en la Figura 3.10. El primer 30% de la longitud del perfil



Figura 3.10. Perfil longitudinal de cada celda de humedal artificial.
Fuente: Elaboración propia.

longitudinal corresponde a la zona inicial de tratamiento (L_i), mientras que el segundo 70% de la longitud se considera la zona final de tratamiento (L_f).

$$L_i = 30\% L = 0.3 * (41.74) = 12.52 \text{ m}$$

$$L_f = 70\% L = 0.7 * (41.74) = 29.22 \text{ m}$$

La pérdida de carga en el humedal se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$dh = \frac{Q * L}{K * W * d} \quad (3.22)$$

Donde,

dh = pérdida de carga en un punto (m)

Q = caudal del flujo ($\text{m}^3/\text{día}$)

W = ancho del humedal (m)

K = conductividad hidráulica del sustrato ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$)

d = profundidad de diseño del humedal (m)

Se seleccionaron gravas medias con un $D_{10} = 32 \text{ mm}$, se toma un valor de conductividad $K = 50000 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}$, (Ver Tabla 3.15).

Tipo de material	Tamaño efectivo D_{10} (mm)	Conductividad hidráulica, K_s ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$)
Arena gruesa	2	100 – 1000
Arena gravosa	8	500 – 5000
Grava fina	16	1000 – 10000
Grava media	32	10000 – 50000
Roca gruesa	128	50000 – 250000

Tabla 3.15. Materiales empleados en el diseño y construcción de humedales artificiales.
Fuente: Delgado & otros, 2010.

El manual de la CONAGUA indica que, para el cálculo de las pérdidas en la zona de tratamiento inicial, se recomienda tomar un valor de conductividad igual al 1% de la conductividad del sustrato. Mientras que, para la zona de tratamiento final, se recomienda utilizar el 10% de la conductividad.

La pérdida de carga en el punto 1 corresponde a:

$$dh_1 = \frac{Q_{hum} * L_i}{K_{s,1\%} * W * d}$$

$$dh_1 = \frac{73.22 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 12.52 \text{ m}}{\left(0.01 * 50000 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}\right) * (20.87 \text{ m}) * (0.55 \text{ m})} = 0.16 \text{ m}$$

La pérdida de carga en el punto 2 corresponde a:

$$dh_2 = \frac{Q_{hum} * L_f}{K_{s,10\%} * W * d}$$

$$dh_2 = \frac{73.22 \frac{m^3}{día} * 29.22 m}{\left(0.1 * 50000 \frac{m^3}{m^2 \cdot d}\right) * (20.87 m) * (0.55 m)} = 0.03 m$$

Determinación de las elevaciones de fondo

Se toma como nivel de referencia el fondo del humedal a la salida de efluente, considerando este como la cota donde el nivel es cero, $E_{s2} = 0 m$ (Elevación del suelo en el punto 2).

- Elevación del suelo en la entrada a la zona final de tratamiento (Punto 1):

$$E_{s1} = L_f * s = 29.22 * 0.02 = 0.58 m$$

- Elevación del suelo en la entrada a la zona inicial de tratamiento (Punto 0):

$$E_{s0} = (L_i * L_f) * s = 41.74 * 0.02 = 0.83 m$$

Determinación de las elevaciones de la superficie del agua

Como medida de protección de la geomalla, se añade una cama de arena base entre la tela y el agregado grueso, de espesor $e_s = 0.1 m$.

- Elevación del agua al inicio de la zona final de tratamiento (Punto 1):

$$E_{w1} = E_{s1} + e_s + d = 0.58 + 0.1 + 0.55 = 1.23 m$$

- Elevación del agua a la entrada (Punto 0):

$$E_{w0} = E_{w1} + e_s + dh_1 = 1.13 + 0.1 + 0.16 = 1.39 m$$

- Elevación del agua a la salida (Punto 2):

$$E_{w2} = E_{w0} - (dh_1 + dh_2) + e_s = 1.29 - (0.16 + 0.03) + 0.1 = 1.20 m$$

Determinación de la profundidad del agua

Es la diferencia entre la elevación de la superficie del agua y la elevación del fondo, restando además la capa de arena base.

- Profundidad del agua a la entrada (Punto 0):

$$D_{w0} = E_{w0} - E_{s0} - e_s = 1.39 - 0.83 - 0.1 = 0.46 m$$

- Profundidad del agua a la entrada de la zona final de tratamiento (Punto 1):

$$D_{w1} = E_{w1} - E_{s1} - e_s = 1.23 - 0.58 - 0.1 = 0.55 m$$

- Profundidad del agua a la salida del humedal (Punto 2):

$$D_{w2} = E_{w2} - E_{s2} - e_s = 1.20 - 0 - 0.1 = 1.10 \text{ m}$$

El esquema de los niveles calculados se puede observar en la siguiente imagen:

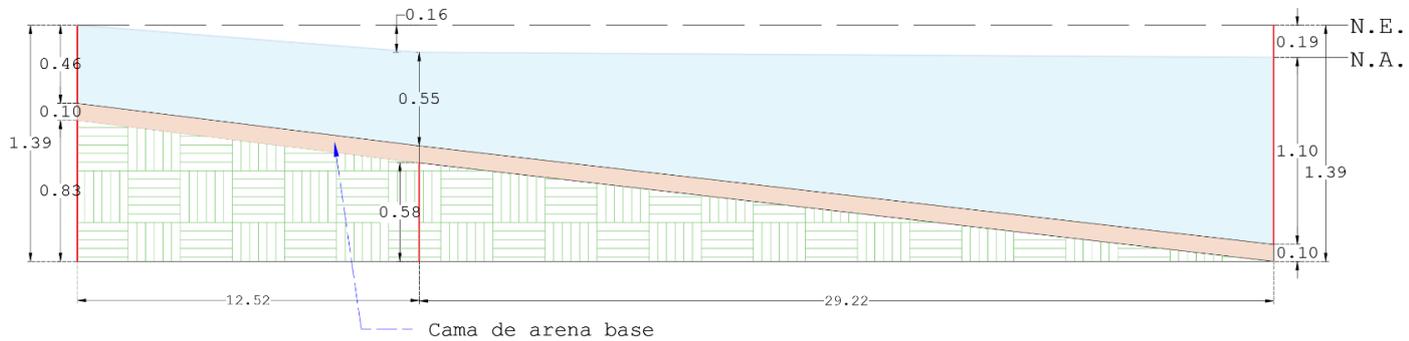


Figura 3.11. Niveles de elevación y profundidad del agua en el perfil de humedal artificial.
Elaborado por: Autoría propia.

Determinación de la profundidad del medio

Corresponde a la distancia propuesta entre la superficie del medio y la del agua, se tomará un valor $d_m = 0.1 \text{ m}$.

- Elevación de la superficie del medio al inicio de la zona de tratamiento final (Punto 1):

$$E_{m1} = E_{w1} + d_m = 1.23 + 0.1 = 1.33 \text{ m}$$

- Elevación de la superficie del medio a la entrada (Punto 0):

$$E_{m0} = E_{w0} + d_m = 1.39 + 0.1 = 1.49 \text{ m}$$

- Elevación de la superficie del medio a la salida (Punto 2):

$$E_{m2} = E_{w2} + d_m = 1.2 + 0.1 = 1.3 \text{ m}$$

Finalmente, las elevaciones del sustrato en cada punto se visualizan en la Figura 3.12:

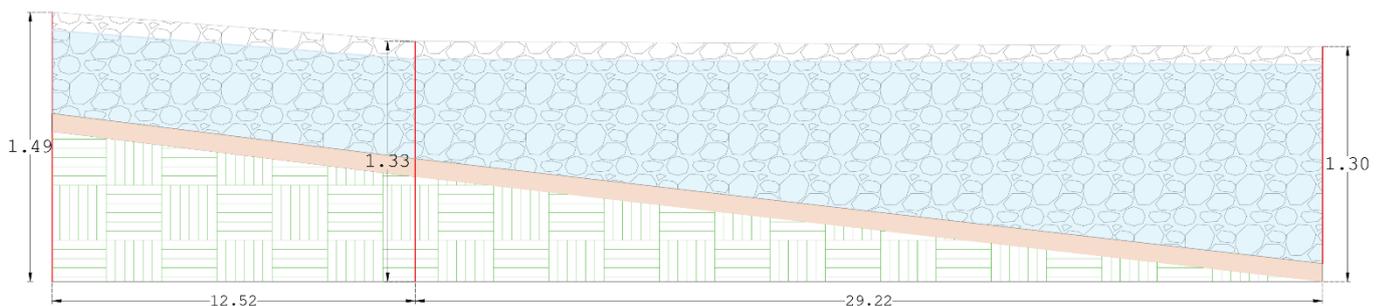


Figura 3.12. Elevación del sustrato en el perfil de humedal artificial.
Elaborado por: Autoría propia.

Determinación de la vida útil

El tiempo de vida útil del humedal artificial se encuentra en función del tiempo en que tarda en rellenarse los vacíos del sustrato. Se puede determinar con las características del medio y la concentración de los sólidos suspendidos totales que cada año ingresan al humedal. De la Tabla 2.6, la cantidad de sólidos suspendidos en el afluente es:

$$TSS_0 = 220 \frac{mg}{L}$$

Según Cuello (2004) la eficiencia de remoción de los TSS durante el tratamiento primario corresponde al 70%, por lo que, a los humedales ingresa una concentración de sólidos suspendidos totales correspondiente a:

$$C_0 = 30\% (TSS_0) = 30\% * 220 \frac{mg}{L} = 66 \frac{mg}{L}$$

En humedales artificiales de flujo subsuperficial, existe una correlación entre la remoción de TSS con la carga hidráulica superficial del sistema. (Crites, Middlebrooks, Bastian, & Reed, 2014)

$$C_e = C_0 * (0.1058 + 0.0011 * CH) \quad (3.23)$$

Donde,

C_e = concentración de TSS en el efluente del humedal (mg/L)

C_0 = concentración de TSS en el afluente del humedal (mg/L)

$CH = 8.41 \frac{cm}{dia}$; carga hidráulica superficial (cm/día)

La concentración de sólidos suspendidos totales a la salida del humedal es:

$$C_e = 220 \frac{mg}{L} * \left(0.1058 + 0.0011 * 8.41 \frac{cm}{dia} \right)$$

$$C_e = 7.59 \frac{mg}{L}$$

Por ende, la diferencia entre los sólidos presentes en el influente y los presentes en el efluente da como resultado la concentración de TSS que filtra cada celda de humedal Δ_C .

$$\Delta_C = C_0 - C_e \quad (3.24)$$

$$\Delta_C = 66 \frac{mg}{L} - 7.59 \frac{mg}{L} = 58.41 \frac{mg}{L}$$

La cantidad de sólidos que se acumulan cada año en el humedal se encuentra en función del caudal del flujo y la concentración de TSS.

$$T_{anual} = \frac{\Delta_c * Q * 365}{1000} = 6244.11 \frac{Kg}{año} \quad (3.25)$$

Donde,

T_{anual} = peso de los sólidos que se acumulan cada año en los humedales

Δ_c = concentración de TSS que filtran los humedales

Se obtuvo que al año los humedales filtrarán 6244 Kg de sólidos suspendidos aproximadamente. De los cuales, el 70% corresponde a sólidos suspendidos volátiles (SSV) y el 30% restante son sólidos suspendidos no volátiles (SSNV). (Bayas, 2018)

$$SSV = 70\% (Acum_{sólidos}) = 4370.88 \frac{Kg}{año}$$

$$SSNV = 30\% (Acum_{sólidos}) = 1873.23 \frac{Kg}{año}$$

Sin embargo, el 50% de los sólidos suspendidos volátiles se evaporan (Martín Monerris & Hernández Crespo, 2017), por lo cual, en el humedal solo permanecen:

$$SSV_{perm} = 50\% SSV = 2185.55 \frac{Kg}{año}$$

Entonces, la cantidad de sólidos acumulados cada año en los humedales es:

$$T_{anual,T} = SSNV + SSV_{perm} \quad (3.26)$$

$$T_{anual,T} = 1873.23 \frac{Kg}{año} + 2185.55 \frac{Kg}{año}$$

$$T_{anual,T} = 4058.67 \frac{Kg}{año}$$

Capacidad máxima de sólidos en el humedal

Corresponde a la cantidad máxima de sólidos que el humedal soporta al finalizar su periodo de vida útil, y se determina con la siguiente expresión:

$$C_r = \rho_s * A_s * d * n \quad (3.27)$$

Donde,

C_r = capacidad de retención de sólidos (Kg)

$\rho_s = 1200 \frac{Kg}{m^3}$; densidad húmeda del sólido recomendada (Martín Monerris & Hernández Crespo, 2017)

A_s = área superficial de los humedales (m^2)

d = profundidad del humedal (m)

n = porosidad del medio

Reemplazando los valores se obtiene el peso de sólidos húmedos que soporta el humedal. El porcentaje de humedad común del fango corresponde al 90%, por lo tanto, el peso de sólidos secos (C_{rs}) corresponde al 10% de C_r .

$$C_r = 1200 \frac{Kg}{m^3} * 3484.33 m^2 * 0.55 m * 0.4$$

$$C_r = 919863,81 Kg$$

$$C_{rs} = 10\% C_r = 91986,38 Kg$$

Finalmente, la vida útil de los humedales se obtiene mediante la relación entre la capacidad de retención de sólidos secos y la tasa anual de acumulación de sólidos suspendidos totales.

$$T_{VU} = \frac{C_{rs}}{T_{anual,T}} = \frac{91986,38 Kg}{4058.67 \frac{Kg}{año}} \quad (3.28)$$
$$T_{VU} = 22.66 años$$

Esto quiere decir que aproximadamente después de 22 años posterior a la construcción de los humedales, el material de filtro debe ser reemplazado.

3.1.5 Diseños auxiliares

3.1.5.1 Diámetro de tuberías

Para las conexiones de todos los componentes de la planta de tratamiento se utilizarán tuberías de PVC, con una pendiente del 2% y un coeficiente de Manning de 0.013 debido a la película que se puede crear alrededor de la tubería. Se procede a dimensionar la tubería con el método de relaciones hidráulicas.

Parámetros de diseño:

$$Q = 3.39 \frac{L}{s} \quad \text{Caudal de diseño}$$

$$n = 0.013 \quad \text{Coeficiente de Manning (PVC)}$$

$$S = 2\% = 0.02 \quad \text{Pendiente del canal de entrada}$$

Con la fórmula de Manning se calcula el diámetro de tubería teórico:

$$D = 1.548 \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (3.29)$$

$$D = 1.548 \cdot \left(\frac{0.013 \cdot \frac{3.39 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}}}{0.02^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.075 \text{ m}$$

$$D = 75 \text{ mm}$$

Se elige el diámetro de tubería comercial mayor y se calcula el caudal, la velocidad y el radio hidráulico de la tubería:

$$D_o = 4 \text{ in} = 110 \text{ mm}$$

$$Q_o = 0.312 \cdot \left(\frac{D_o^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \right) = 0.312 \cdot \left(\frac{(110 \text{ mm})^{\frac{8}{3}} \cdot 0.02^{\frac{1}{2}}}{0.013} \right) = 9.43 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$V_o = 0.397 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(D_o^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \right) = 0.397 \cdot \frac{1}{0.013} \cdot \left((110 \text{ mm})^{\frac{2}{3}} \cdot 0.02^{\frac{1}{2}} \right) = 0.99 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$R_o = \frac{D_o}{4} = 0.019 \text{ m}$$

Obteniendo la relación Q/Qo:

$$\frac{Q}{Q_o} = \frac{3.39 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{9.43 \frac{\text{L}}{\text{s}}} = 0.36$$

Entonces se cumple lo establecido por el Manual de Diseño de Redes de Alcantarillado de Interagua del año 2015, que establece que la relación Q/Qo debe ser menor a 0.85.

Obteniendo los valores de las relaciones hidráulicas de Manning dadas por López Cualla en 2003.

$$\frac{V}{V_o} = 0.768$$

$$\frac{d}{D_o} = 0.468$$

$$\frac{R}{R_o} = 0.962$$

$$\frac{H}{D_o} = 0.361$$

Calculando los valores reales dentro de la tubería:

$$V = 0.768 \cdot V_o = 0.768 \cdot 0.99 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.76 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = 0.468 \cdot D_o = 0.468 \cdot 110 \text{ mm} = 51.48 \text{ mm}$$

$$R = 0.962 \cdot R_o = 0.962 \cdot 0.019 \text{ m} = 18.03 \text{ mm}$$

$$H = 0.361 \cdot D_o = 0.361 \cdot 110 \text{ mm} = 39.71 \text{ mm}$$

Se debe comprobar también el esfuerzo tractivo (3.30):

Se utilizarán los criterios desarrollados en la Norma Bolivariana NB 688 del año 2007.

La fuerza tractiva está en función del líquido que escurre por la tubería, el radio hidráulico y la pendiente de esta.

Parámetros de diseño:

$$\gamma = 1.05 \frac{\text{kgf}}{\text{L}} = 1050 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \quad \text{Peso específico del agua residual}$$

$$R = 18.03 \text{ mm} \quad \text{Radio hidráulico}$$

$$S = 2\% = 0.02 \quad \text{Pendiente}$$

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S \quad (3.30)$$

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S = 1050 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \cdot \frac{18.03}{1000} \text{ m} \cdot 0.02 = 3.71 \text{ Pa}$$

La Norma Boliviana dice que la fuerza tractiva deber ser mayor a 1 Pa (0.1 kgf/m²) para evitar la resistencia del sedimento al movimiento, por lo tanto, el diámetro de tubería de 110 mm y pendiente de 2% cumple con la condición.

3.1.5.2 Niveles de implantación de la planta

Dependiendo del recorrido de la tubería de un elemento de la planta de tratamiento a otro su nivel va a bajar con respecto al anterior. A continuación, se indican los niveles a los que llega cada elemento de la planta de tratamiento.

Estructura	Nivel (m)
Canal de entrada (nivel más alto, muro)	2821.46
Desarenador	2821.34
Tanque Imhoff	2820.57
Lecho de secado (izq.)	2819.18
Lecho de secado (izq.)	2819.20

Tabla 3.16. Niveles de implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: Autoría propia

Para el paso del agua del tanque Imhoff hacia los humedales artificiales se había diseñado primero una arqueta de distribución que funcionaba a gravedad, sin embargo, debido a los niveles del terreno al implementar este sistema se tenían excavaciones excesivas y el desarrollo de taludes demasiado extensos, por lo cual se hubiese necesitado de una mayor área para implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

En cambio, para evitar este problema se decidió implementar un cárcamo de bombeo cuyo diseño se presenta a continuación.

3.1.5.3 Cárcamo de bombeo

El diseño del cárcamo de bombeo consta de 2 partes, el diseño de la bomba y el dimensionamiento del pozo de succión para el paso del agua. Para el primero se utilizarán criterios de diseños dados por López Cualla en 1995.

Bomba:

Diámetro de la tubería de impulsión, D_i

El cárcamo de bombeo va a contar con 2 bombas para su uso diario, una bomba en el primer periodo de 12 horas y otra en el 2 periodo de 12 horas. Además, se usarán tuberías y accesorios de acero galvanizado.

$$D_i = 1.3 \cdot X \cdot \sqrt{Q} \quad (3.31)$$

Donde,

X = Factor para instalaciones que no se operan de manera continua

Q = Caudal de diseño

Parámetros de diseño:

$N = 12 \text{ horas}$, Número de horas de bombeo por día

Para instalaciones que no se operan de manera continua el diámetro de impulsión es igual a:

$$X = \frac{N}{24 \text{ horas}} = \frac{12 \text{ horas}}{24 \text{ horas}} = 0.5$$

$$D_i = 1.3 \cdot 0.5 \cdot \sqrt{\frac{3.39 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}}} = 37.85 \text{ mm} = 1.5 \text{ in}$$

Se elige el diámetro comercial mayor y se verifica la velocidad de impulsión la cual debe estar entre 1 m/s y 3 m/s.

$$D_i = 2 \text{ in} = 50.8 \text{ mm}$$

$$A_{Ti} = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 50.8 \text{ mm}^2}{4} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$V_i = \frac{Q}{A_{Ti}} = \frac{3.39 \frac{m^3}{s}}{0.002 m^2} = 1.67 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto, la tubería de impulsión puede tener un diámetro de 2 in, ya que cumple la condición.

Diámetro de la tubería de succión, D_s

El diámetro de la tubería de succión no puede ser inferior al diámetro de la tubería de impulsión ni menor al diámetro de entrada de succión de la bomba. Lo recomendable es utilizar el diámetro comercial inmediatamente superior al diámetro de la tubería de impulsión. Además, la velocidad mínima de succión debe ser 0.45 m/s y la máxima se describe en la siguiente tabla.

Diámetro de la tubería de succión (mm)	Velocidad máxima (m/s)
50	6.75
75	1.00
100	1.30
150	1.45
200	1.60
250	1.60
300	1.70
Mayor a 400	1.80

Tabla 3.17. Velocidad máxima en la tubería de succión.
Fuente: López Cualla, 1995

$$D_s = 3 \text{ in} = 76.2 \text{ mm}$$

$$A_{Ts} = \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} = \frac{\pi \cdot 76.2 \text{ mm}^2}{4} = 0.005 \text{ m}^2$$

$$V_s = \frac{Q}{A_{Ts}} = \frac{3.39 \frac{m^3}{s}}{0.005 \text{ m}^2} = 0.74 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto, el diámetro de 3 in se puede usar como tubería de succión, ya que, es mayor que la velocidad mínima y es menor que la velocidad máxima (1 m/s) para su diámetro de tubería por lo cual se pueden reducir los riesgos de la cavitación.

Nivel mínimo de agua, ΔH

Para impedir el ingreso del acuerdo, el nivel mínimo de agua según el diámetro de la tubería de succión es:

$$\Delta H = 2.5 \cdot D_s + 0.10 \text{ m}$$

$$\Delta H = 2.5 \cdot 76.2 \text{ mm} + 0.10 \text{ m} = 29.05 \text{ cm}$$

Sin embargo, el nivel de agua mínimo es igual a:

$$\Delta H = 0.5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$$

- Altura estática, H_{est}

Altura estática de succión, H_s

$$H_s = 3 \text{ m}$$

Altura estática de impulsión, H_i

$$H_i = 0.1 \text{ m}$$

Altura estática total, H_{est}

$$H_{est} = H_s + H_i = 3.10 \text{ m}$$

- Altura dinámica, H_{dt}

Se determinan las longitudes equivalentes de los accesorios que formaran parte del ramal de succión y del ramal de impulsión.

Succión

Parámetros de diseño:

Válvula de pie con coladera	$LS_1 = 20 \text{ m}$
Codo de 90° de 3"	$LS_2 = 2.5 \text{ m}$
Reducción excéntrica (6*Ds)	$LS_3 = 6 \cdot D_s = 6 \cdot 76.2 \text{ mm} = 0.457 \text{ m}$
Entrada	$LS_4 = 2.2 \text{ m}$
Longitud tubería recta	$LS_5 = 3.75 \text{ m}$

Longitud equivalente total de succión:

$$Le_s = LS_1 + LS_2 + LS_3 + LS_4 + LS_5$$

$$Le_s = 20 \text{ m} + 2.5 \text{ m} + 0.457 \text{ m} + 2.2 \text{ m} + 3.75 \text{ m} = 28.91 \text{ m}$$

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams se debe calcular la carga total para el diámetro de la tubería:

$$Q = 0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot J^{0.54} \quad (3.32)$$

Donde $C = 125$ es el valor del coeficiente de Hazen-Williams.

Material	C
Acero galvanizado	125
Acero soldado, tubos nuevos	130
Acero soldado, tubos en uso	90
Fierro fundido, nuevos	130
Fierro fundido, después de 15 0 20 años	100
Fierro fundido, gastados	90
PVC	140
Concreto, con buena terminación	130
Concreto, con terminación común	120

Tabla 3.18. Valores del coeficiente C de Hazen Williams.
Fuente: Azevedo Netto & Fernández, 2015

Despejando la carga total de (3.32):

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785 \cdot C \cdot D_S^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

$$J = \left(\frac{\frac{3.39 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}}}{0.2785 \cdot 125 \cdot \left(\frac{76.2}{1000} \text{ m} \right)^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} = 0.008 \text{ m/m}$$

Se calculan las pérdidas en succión:

$$Sf_S = J \cdot Le_S = 0.008 \frac{\text{m}}{\text{m}} \cdot 28.91 \text{ m} = 0.243 \text{ m}$$

Impulsión

Parámetros de diseño:

Tee de 2"	$LS_1 = 6.4 \text{ m}$
Codo de 90° de 2"	$LS_2 = 1.7 \text{ m}$
Expansión concéntrica (12*Di)	$LS_3 = 12 \cdot Di = 12 \cdot 50.8 \text{ mm} = 0.61 \text{ m}$
Válvula de retención 4"	$LS_4 = 12.9 \text{ m}$
Tee de 4"	$LS_5 = 6.7 \text{ m}$
2 codos de 90° de 4"	$LS_6 = 2 \cdot 3.4 \text{ m} = 6.8 \text{ m}$
Longitud tubería recta	$LS_7 = 69.8 \text{ m}$

Longitud equivalente total de succión:

$$Li_S = LS_1 + LS_2 + LS_3 + LS_4 + LS_5 + LS_6 + LS_7$$

$$Le_i = 6.4 \text{ m} + 1.7 \text{ m} + 0.61 \text{ m} + 12.9 \text{ m} + 6.7 \text{ m} + 6.8 \text{ m} + 69.8 \text{ m} = 104.91 \text{ m}$$

Utilizando (3.32) se debe calcular la carga total para el diámetro de la tubería:

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785 \cdot C \cdot Di^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

$$J = \left(\frac{\frac{3.39 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}}}{0.2785 \cdot 125 \cdot \left(\frac{50.8}{1000} \text{ m} \right)^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} = 0.059 \text{ m/m}$$

Se calculan las pérdidas en impulsión:

$$Sf_i = J \cdot Le_i = 0.059 \frac{\text{m}}{\text{m}} \cdot 104.91 \text{ m} = 6.143 \text{ m}$$

Altura de velocidad en la descarga, Hvd

$$Hvd = \frac{V_i^2}{2 \cdot g} = \frac{\left(1.67 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.143 m$$

Altura dinámica total de elevación, Hdt

$$Hdt = Hvd + Hest + Sf_s + Sf_i$$

$$Hdt = 0.143 m + 3.10 m + 0.243 m + 6.143 m = 9.63 m$$

- Elección de la bomba

Se calcula la potencia necesaria si se requiere que esta tenga una eficiencia del 75%, con un caudal de 3.39 L/s y una altura dinámica total de 9.63 m.

Caudal (Q)	$Q = 3.39 \frac{L}{s}$
Altura dinámica total (Hdt)	$Hdt = 9.63 m$
Eficiencia (e)	$e = 75\% = 0.75$
Peso específico del agua (Y)	$\gamma_{agua} = 1000 \frac{kgf}{m^3}$

$$P = \frac{Q \cdot Hdt \cdot \gamma_{agua}}{e} \tag{3.33}$$

$$P = \frac{\frac{3.39}{1000} \frac{m^3}{s} \cdot 9.63 m \cdot 1000 \frac{kgf}{m^3}}{0.75} = 426.77 W$$

$$P = 0.43 kW$$

Por lo tanto, se tiene que encontrar una bomba con una potencia superior a 0.43 kW y que el caudal de diseño de 3.39 L/s esté dentro de la curva característica de esta. Se prueba con la bomba HCI-100 T del catálogo de bombas de "Bombas HASA". Esta bomba es de tipo centrífuga (2850 r.p.m.) horizontal en un solo bloque, construida de acero inoxidable, ideal para la conducción de líquidos químicamente no agresivos y de recirculación de agua fría y caliente (Hidráulica Alsina S.A., 2021).

Caudal (L/h)	Altura manométrica (m)
21000	4
18500	5
16000	6
12000	7
5000	8

Tabla 3.19. Valores característicos de caudales vs altura manométrica de la bomba HCI-100 T.
Fuente: (Hidráulica Alsina S.A., 2021)

Para poder evaluar la curva característica de la bomba con el caudal que va a recibir se necesita evaluar caudales que se encuentren alrededor al caudal de diseño y

obtener su altura dinámica mínima y altura dinámica máxima para cada uno de esos caudales. A continuación, se presenta una tabla con los cálculos respectivos.

$$Q = 3.39 \frac{L}{s} = 12204 \frac{L}{hora}$$

Caudal (L/h)	Altura estática (m)		Pérdidas por succión (m)	Pérdidas por impulsión (m)	Altura velocidad descarga (m)	Altura dinámica (m)	
	min	max				min	max
0	0	3.1	0	0	0	0	3.1
1000	0	3.1	0.003	0.075	0.001	0.08	3.18
2000	0	3.1	0.011	0.270	0.004	0.29	3.39
3000	0	3.1	0.023	0.573	0.009	0.60	3.70
4000	0	3.1	0.039	0.976	0.016	1.03	4.13
5000	0	3.1	0.058	1.476	0.025	1.56	4.66
6000	0	3.1	0.082	2.068	0.035	2.19	5.29
7000	0	3.1	0.109	2.752	0.048	2.91	6.01
8000	0	3.1	0.139	3.524	0.063	3.73	6.83
9000	0	3.1	0.173	4.383	0.080	4.64	7.74
10000	0	3.1	0.210	5.327	0.098	5.64	8.74
11000	0	3.1	0.251	6.355	0.119	6.73	9.83
12000	0	3.1	0.295	7.466	0.142	7.90	11.00
13000	0	3.1	0.342	8.659	0.166	9.17	12.27
14000	0	3.1	0.392	9.933	0.193	10.52	13.62
15000	0	3.1	0.446	11.287	0.221	11.95	15.05

Tabla 3.20. Valores de caudales vs altura dinámica de diseño.
Elaborado por: Autoría propia

Con los valores de diseño y la tabla se procede a realizar las gráficas de las curvas:

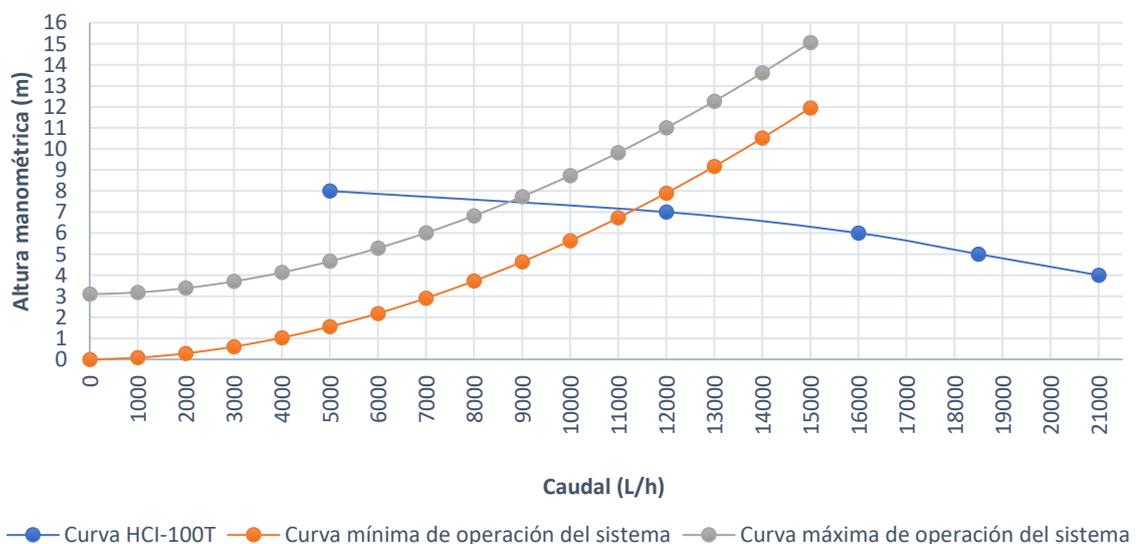


Figura 3.13. Curva característica de la bomba y operación del sistema.
Elaborado por: Autoría propia

Como la curva de operación y la curva característica de la bomba se intersecan, se puede concluir que la bomba HCI-100 T satisface el diseño.

- Cavitación

Se tiene que calcular la altura barométrica a los 2668 m.n.s.m. a los que está ubicada la ciudad de Guaranda:

$$H_{barometrica} = 10.33 \text{ m} - \frac{1.2 \cdot 2668 \text{ m}}{1000} = 7.13 \text{ m}$$

Perdidas por succión, Sf_s

$$Sf_s = 0.243 \text{ m}$$

Altura de velocidad dinámica, Hvd

$$Hvd = 0.143 \text{ m}$$

Presión de vapor a 15°C, P_{vapor}

$$P_{vapor} = 0.18 \text{ m}$$

Altura estática, $Hest$

$$Hest = 3.1 \text{ m}$$

Presión, $CNPS_d$

$$CNPS_d = (H_{barometrica} - (Hest + Sf_s + Hvd)) - P_{vapor}$$

$$CNPS_d = (7.43 \text{ m} - (3.1 \text{ m} + 0.243 \text{ m} + 0.143 \text{ m})) - 0.18 \text{ m} = 3.46 \text{ m}$$

Valor de presión dado por el proveedor de la bomba:

$$CNPS_r = 5 \text{ m}$$

$$|CNPS_r - CNPS_d| = 1.54 \text{ m}$$

La diferencia mínima de presión que debe haber es de 0.50 m, como la diferencia es de 1.54 m, entonces se puede concluir que los efectos de la cavitación son nulos.

Pozo de succión

De las intersecciones de la curva de operación del sistema con la curva característica de la bomba se pueden obtener los valores de los cuales de operación de la bomba con los cuales se tendrá que diseñar el pozo de succión.

$$\text{Caudal mínimo de operación (} Q_{\min} \text{)} \quad Q_{\min} = 8600 \frac{L}{h} = 2.39 \frac{L}{s}$$

Caudal máximo de operación (Q_{max}) $Q_{max} = 11400 \frac{L}{h} = 3.17 \frac{L}{s}$

Se utilizarán los criterios de diseño desarrollados por la SIAPA en 2014. Se recomienda un tiempo de retención de entre 3 y 5 minutos, para evitar la sedimentación de partículas en el fondo de pozo de succión. Se asume un tiempo de retención de:

$$Tf_{min} = 5 \text{ min}$$

$$m = \frac{Q_{min} + Q_{max}}{Q_{max}} \quad (3.34)$$

$$m = \frac{2.39 \frac{L}{s} + 3.17 \frac{L}{s}}{3.17 \frac{L}{s}} = 1.75$$

Caudal de bombeo, Q

$$Q = m \cdot Q_{max} = 1.75 \cdot 3.17 \frac{L}{s} = 5.55 \frac{L}{s}$$

$$n = \frac{Q_{min}}{Q_{max}} = \frac{2.39 \frac{L}{s}}{3.17 \frac{L}{s}} = 0.75$$

$$Tp_{min} = \frac{Tf_{min}}{m - n} = \frac{5 \text{ min}}{1.75 - 0.75} = 6.65 \text{ min}$$

Volumen del pozo de succión, V

$$V = Tf_{min} \cdot Q_{min} = 300 \text{ s} \cdot \frac{2.39 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}} = 0.95 \text{ m}^3$$

Tiempo del ciclo en flujo mínimo, Tc

$$Tc = Tf_{min} + Tp_{min} = 5 \text{ min} + 6.65 \text{ min} = 11.65 \text{ min}$$

Tiempo del paro en flujo máximo, Tp_{max}

$$Tp_{max} = Tp_{min} \cdot n = 6.65 \text{ min} \cdot 0.75 = 5 \text{ min}$$

Tiempo de funcionamiento en flujo máximo, Tf_{max}

$$Tf_{max} = \frac{Tp_{max}}{m - 1} = \frac{5 \text{ min}}{1.75 - 1} = 6.65 \text{ min}$$

Número de ciclos por hora, K

$$K = \frac{60 \text{ min} \cdot (m - 1)}{m \cdot Tp_{max}} = \frac{60 \text{ min} \cdot (1.75 - 1)}{1.75 \cdot 5 \text{ min}} = 5.2 \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}}$$

Volumen del pozo de succión, V

$$V = T p_{max} \cdot Q_{max} = 300 \text{ s} \cdot \frac{3.17 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}} = 0.95 \text{ m}^3$$

Se añade un 150% al volumen por si se llegaran a presentar fallos en el funcionamiento de la bomba.

$$V = V \cdot 2.50 = 2.375 \text{ m}^3$$

Se dimensiona el pozo para un volumen igual a:

$$V = 2.4 \text{ m}^3$$

Se asume una profundidad de:

$$H = 1 \text{ m}$$

Área del pozo, A

$$A = \frac{V}{H} = \frac{2.4 \text{ m}^3}{1 \text{ m}} = 2.4 \text{ m}^2$$

La relación largo-ancho igual a 1.5:

$$L = 1.5 \cdot B$$

$$A = L \cdot B$$

$$A = 1.5 \cdot B^2$$

Ancho, B

$$B = \sqrt{\frac{A}{1.5}} = \sqrt{\frac{2.4 \text{ m}^2}{1.5}} = 1.265 \text{ m}$$

Largo, L

$$L = 1.5 \cdot B = 1.5 \cdot 1.265 \text{ m} = 1.897 \text{ m}$$

Dimensiones finales del pozo de succión:

$$H = 1 \text{ m}$$

$$B = 1.3 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

3.2 Diseño geotécnico

Se realizó una breve comprobación del desempeño del suelo del sitio, de acuerdo al diseño de las estructuras hidrosanitarias proyectadas. Cabe recalcar que se presentaron limitaciones de la información. Los ensayos de suelo que se pudieron realizar permitieron conocer el tipo de suelo en estudio, y en base a esta clasificación, se han estimado las características y parámetros de resistencia del suelo. Con ello, se realizó el predimensionamiento de la cimentación, no obstante, para llevar a cabo

el proyecto, será necesario un diseño definitivo que contemple estudios de suelos más especializados.

Se consideró una losa de cimentación para el tanque Imhoff con las siguientes características: $B = 5.5 \text{ m}$, $L = 7.25 \text{ m}$, $h = 0.3 \text{ m}$.

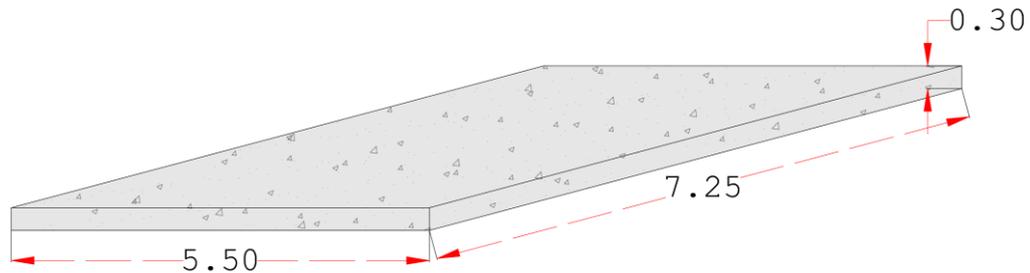


Figura 3.14. Dimensiones de la cimentación para el tanque Imhoff en metros.
Fuente: Elaboración propia.

Sabiendo que la profundidad entre la elevación del terreno natural y la cota más baja del tanque Imhoff es de 11.8 metros, la distancia de desplante corresponde la suma de esta más la altura de la cimentación.

$$D_f = 11.8 + 0.3 = 12.1 \text{ m}$$

Al momento de dimensionar la cimentación se revisaron la capacidad de carga admisible y los asentamientos permisibles.

Propiedades del suelo

De los ensayos de caracterización realizados, se obtuvo un suelo de tipo limo arcilloso de baja plasticidad. La resistencia al corte no drenada de este material depende de muchos factores, como la profundidad y su consistencia. Considerando que la cimentación se desplantará una profundidad de 12.1 m, se puede considerar una arcilla rígida (“*stiff*”) y aproximar su resistencia según la Figura 3.15.

Material	Description	SPT – N (blows/300 mm)	Strength
Clay	V. Soft	≤2	0–12 kPa
	Soft	2–5	12–25 kPa
	Firm	5–10	25–50 kPa
	Stiff	10–20	50–100 kPa
	V. Stiff	20–40	100–200 kPa
	Hard	>40	>200 kPa

Figura 3.15. Resistencia de arcillas obtenidas del ensayo SPT.
Fuente: Look, 2007.

Con base en lo anterior se considerará la resistencia al corte no drenada $S_u = 50kPa$ y el ángulo de fricción interna $\phi' = 0^\circ$. De la Tabla 2.3:

$$\text{Densidad seca, } \rho_{seca} = 1378 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Contenido de humedad, } w\% = 25.5$$

$$\text{Peso específico seco, } \gamma_{seco} = \rho_{seca} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 13.52 \frac{kN}{m^3}$$

$$\text{Peso específico saturado, } \gamma_{sat} = \gamma_{seco} * \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 16.97 \frac{kN}{m^3}$$

3.2.1.1 Capacidad de carga del suelo

Se calculó la capacidad de carga del suelo utilizando la ecuación de Meyerhoff (1963), la cual es una modificación de la ecuación originalmente propuesta por Terzaghi (1943) aplicable para cimentaciones poco profundas. (Das, 2015)

$$q_{ult} = c' N_c S_c d_c i_c + \sigma'_{zD} N_q S_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad (3.35)$$

Ecuación de capacidad última de carga por Meyerhoff (1963).

Donde:

c' = Cohesión

σ'_{zD} = Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

γ = Peso específico del suelo

B = Ancho de la cimentación

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga

S_c, S_q, S_γ = Factores de forma

S_c, S_q, S_γ = Factores de profundidad de carga

i_c, i_q, i_γ = Factores de inclinación de carga

- **Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación:**

El esfuerzo efectivo considera el esfuerzo total del suelo menos la presión de agua que se ejercen en los vacíos del suelo. Se consideró la ubicación del nivel freático justo por debajo de la profundidad de desplante, por lo que el esfuerzo efectivo se calculó en base al peso específico seco.

$$\sigma'_{zD} = D_f * \gamma_{seco} = 163.71 \text{ kPa}$$

- **Factores de la fórmula de Meyerhoff:**

Los factores influyentes en la capacidad de carga de Meyerhoff se encuentran en función del ángulo de fricción interna del suelo. Dado que la cimentación no se encuentra inclinada con respecto al eje horizontal, no aplican los factores de inclinación de carga.

Tipo de factor:	Capacidad de carga	Forma	Profundidad
Para $\phi' = 0^\circ$	$N_q = 1$ $N_c = 5.14$ $N_\gamma = 0$	$S_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L}\right) * \tan\left(45^\circ + \frac{\phi'}{2}\right)^2$ $S_c = 1.152$ $S_q = 1$ $S_\gamma = 1$	$d_c = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{B}\right) * \sqrt{\tan\left(45^\circ + \frac{\phi'}{2}\right)^2}$ $d_c = 1.44$ $d_q = 1$ $d_\gamma = 1$

Tabla 3.21. Determinación de los factores para la capacidad de carga última de la cimentación.
Elaborado por: Autoría propia.

- **Cálculo de la capacidad de carga última**

Con los datos obtenidos se reemplaza en la Ecuación 3.35, obteniendo así:

$$q_{ult} = (50 * 5.14 * 1.152 * 1.44 * 0) + (163.71 * 1 * 1 * 1 * 0) + \frac{1}{2}(13.52 * 5.5 * 0 * 1 * 1 * 0)$$

$$q_{ult} = 590.04 \text{ kPa}$$

- **Cálculo de la capacidad de carga admisible**

Según la NEC 2015, se debe considerar un factor de seguridad $FS = 3$ para estructuras sometidas a carga muerta y carga viva normal. Por lo que la capacidad de carga admisible es:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS} = 196.68 \text{ kPa}$$

- **Esfuerzo de contacto**

Es el esfuerzo transmitido por la superficie de contacto de la cimentación hacia el suelo. Corresponde a la suma del peso de la estructura más el de la cimentación sobre el área de contacto.

$$q_0 = \frac{P + W_f}{A_c} \quad (3.36)$$

q_0 = Esfuerzo de contacto

P = Carga aplicada

W_f = Peso propio de la cimentación

A_c = Área de contacto

Cálculo de la carga aplicada

Según el diseño del tanque Imhoff, se tiene volúmenes de hormigón, agua y lodos.

Material	Volumen	Peso específico
Hormigón	$V_h = 89.61 \text{ m}^3$	$\gamma_h = 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$
Agua	$V_w = 111.8 \text{ m}^3$	$\gamma_w = 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$
Lodo	$V_l = 131.5 \text{ m}^3$	$\gamma_l = 1400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$

Tabla 3.22. Volúmenes y pesos específicos de los materiales que componen el tanque Imhoff.
Elaborador por: Autoría propia.

La carga aplicada corresponde a:

$$P = V_h \gamma_h + V_w \gamma_w + V_l \gamma_l = 5010.73 \text{ kN}$$

Cálculo del peso propio de la cimentación

Se considera una losa de cimentación de hormigón. Por lo que el peso propio es:

$$W_f = B * L * 0.3 \text{ m} * \gamma_h = 281.55 \text{ kN}$$

Reemplazando en (3.36):

$$q_0 = \frac{P + W_f}{A_c} = 132.72 \text{ kPa}$$

Finalmente se verifica que la capacidad de carga admisible del suelo sea mayor o igual al esfuerzo de contacto que va a soportar.

$$q_{adm} = 196.68 \text{ kPa} > q_0 = 132.72 \text{ kPa}$$

\therefore Sí cumple

3.2.1.2 Asentamientos

El tipo de asentamiento que se desarrollará depende del tipo de suelo. Los suelos cohesivos sufren de asentamientos por consolidación, donde se produce un cambio de volumen luego de la aplicación de la carga, debido a la expulsión del agua intersticial. (Das, 2015)

Depende además de las presiones a las que se ha sometido el suelo a lo largo de la historia. Las arcillas normalmente consolidadas son las que han estado sometidas a

una presión igual que el esfuerzo actual, mientras que las arcillas sobreconsolidadas son las que han estado sometidas a esfuerzos mayores que el esfuerzo efectivo actual. El índice de sobreconsolidación (OCR) da una idea del grado de consolidación que tiene un suelo y se define como la relación entre el esfuerzo de preconsolidación y el esfuerzo vertical efectivo actual.

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_{v0}} \quad (3.37)$$

Donde:

σ'_c = Esfuerzo de preconsolidación

σ'_{v0} = Esfuerzo vertical efectivo actual

Dado que se tiene una profundidad de desplante significativa, se considerará un índice de sobreconsolidación $OCR = 2$.

Esfuerzo vertical efectivo inicial

El esfuerzo vertical efectivo inicial se debe calcular a la mitad del estrato compresible que se encuentre en el perfil del suelo. Dado que el perfil considerado es arcilla en su totalidad, se calcula la profundidad a la cual la transferencia de esfuerzos deja de ser significativa, y se toma una altura de estrato compresible que corresponde entre la base de la cimentación y la profundidad donde la transferencia de carga sea igual al 10% del esfuerzo de contacto.

El método de Boussinesq (1883) es el empleado para determinar el incremento de esfuerzo vertical en una masa de suelo. El método consiste en calcular el factor de influencia del esfuerzo vertical en la esquina de una superficie rectangular a una cierta profundidad. Debido a esto, se calcula el factor de influencia en el centro de la sección y luego se multiplica por 4 para hallar el factor del área total. Dicho factor se obtiene de la tabla de relaciones entre m' y n' desarrollada por Boussinesq (Figura 3.18). Se hallará la profundidad z para la cual el factor de influencia será igual al 10%.

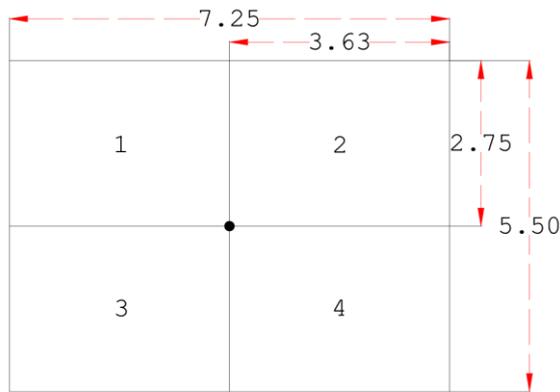


Figura 3.16. Áreas consideradas para el factor de influencia de transferencia de esfuerzos.
Fuente: Elaboración propia.

Con los datos: $B = \frac{5.5}{2} = 2.75 \text{ m}$ y $L = \frac{7.25}{2} = 3.63 \text{ m}$, se encontró que, a los 12 metros por debajo de la profundidad de desplante, el incremento de esfuerzos es del $10\% q_0 = 13.2 \text{ kPa}$

z (m)	m'	n'	lz	4*lz	Esfuerzo (kPa)
1.00	2.75	3.63	0.24	0.96	127.25
2.00	1.38	1.81	0.22	0.87	114.58
3.00	0.92	1.21	0.18	0.74	97.15
4.00	0.69	0.91	0.15	0.60	79.73
5.00	0.55	0.73	0.11	0.44	58.08
6.00	0.46	0.60	0.09	0.35	46.46
7.00	0.39	0.52	0.06	0.24	31.68
8.00	0.34	0.45	0.06	0.23	30.10
9.00	0.31	0.40	0.05	0.20	26.93
10.00	0.28	0.36	0.04	0.16	21.65
11.00	0.25	0.33	0.04	0.14	18.48
12.00	0.23	0.30	0.03	0.10	13.20

Tabla 3.23. Cálculo del incremento de esfuerzos.
Elaborador por: Autoría propia

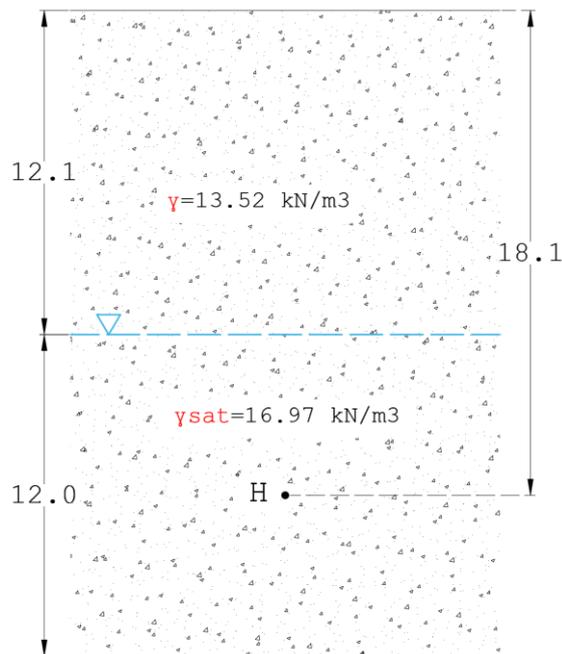


Figura 3.17. Perfil del suelo en estudio.
Elaborado por: Autoría propia

Por lo tanto, la profundidad del material involucrado para el cálculo es $Prof = D_f + 12 = 24.1 \text{ m}$. La profundidad a la cual debe ser calculado el esfuerzo efectivo es:

$$H = D_f + \frac{12}{2} = 18 \text{ m}$$

El esfuerzo vertical efectivo inicial corresponde a:

$$\begin{aligned} \sigma'_{VO(18m)} &= (12.1 \text{ m} * \gamma_{seco} + 6 \text{ m} * \gamma_{sat}) - (\gamma_w * 6 \text{ m}) \\ \sigma'_{VO(18m)} &= \left(12.1 \text{ m} * 13.52 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + 6 \text{ m} * 16.97 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) - \left(9.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 6 \text{ m} \right) \\ \sigma'_{VO(18m)} &= 206.55 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Esfuerzo vertical efectivo final

Corresponde a la suma del esfuerzo vertical inicial (σ'_{VO}) más el incremento de esfuerzo vertical ($\Delta\sigma_V$) la profundidad H . Mediante el método de Boussinesq:

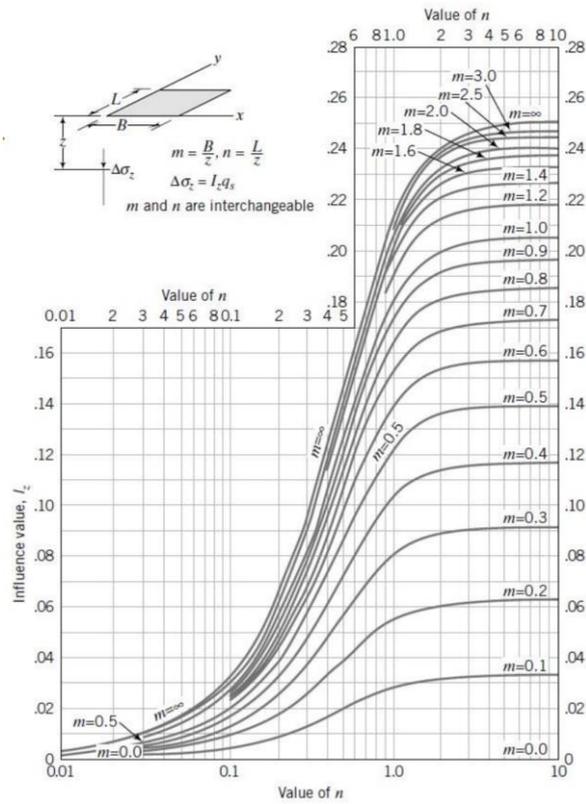


Figura 3.18. Factor de influencia para calcular el incremento de esfuerzo vertical debajo de la esquina de un rectángulo.
Fuente: Das, 2015.

Datos:

$$m' = \frac{B}{z} = \frac{2.75}{18} = 0.153$$

$$n' = \frac{L}{z} = \frac{3.73}{18} = 0.207$$

$$I'_z = 0.02$$

$$I'_{real} = 4 * 0.02 = 0.08$$

$$\Delta\sigma_V = q_0 * I'_{real} = 10.63 \text{ kPa}$$

Por lo que, el esfuerzo vertical efectivo final corresponde a:

$$\sigma_{VF} = \sigma'_{V0} + \Delta\sigma_V = 217.17 \text{ kPa}$$

Esfuerzo de preconsolidación

De la Ecuación 3.37 se obtiene que:

$$\sigma'_c = OCR * \sigma'_{V0} = 413.1 \text{ kPa}$$

Grado de consolidación de la arcilla

Comparando los resultados obtenidos de esfuerzos en la masa de suelo, podemos observar que la arcilla en estudio es sobreconsolidada de tipo I, dado que el esfuerzo efectivo vertical inicial es menor al esfuerzo efectivo vertical final y a su vez, es menor al esfuerzo de preconsolidación.

$$\sigma'_{VO} < \sigma_{VF} < \sigma'_c$$

$$206.55 < 217.17 < 413.1 \text{ (kPa)}$$

Para este tipo de arcillas, los asentamientos son calculados con la siguiente fórmula:

$$\delta = C_{RR} * H * \log\left(\frac{\sigma_{VF}}{\sigma'_{VO}}\right) \quad (3.38)$$

Donde:

δ = asentamiento

C_{RR} = índice de recompresión

H = Espesor de suelo compresible = 12 m

Los índices de recompresión C_{RR} y compresión C_{CR} dependen de los esfuerzos de la masa del suelo y la relación de vacíos que poseen. Existen correlaciones que se pueden utilizar cuando no se posee suficiente información sobre las propiedades del suelo. Según Mortensen (1961), el C_{CR} puede ser expresado como una función del contenido de humedad del suelo.

$$C_{CR} = 60 * \frac{w - 25}{w + 40}$$

De modo que, se obtiene un $C_{CR} = 0.458$. Debido a que existe una relación entre ambos índices: $C_{RR} = (10 - 20)\% C_{CR}$, se calcula el índice de recompresión. (Wong, 2015)

$$C_{RR} = 0.1 * C_{CR} = 0.046$$

Finalmente, los asentamientos que experimentará el suelo cuando se aplique la carga son:

$$\delta = C_{RR} * H * \log\left(\frac{\sigma_{VF}}{\sigma'_{VO}}\right) = 11.97 \text{ mm}$$

$$\delta = 17.95 \text{ mm} < \delta_{perm} = 50 \text{ mm}$$

\therefore Sí cumple

3.2.1.3 Estabilidad de taludes

Dentro del proceso de reconfiguración del terreno se tendrán que realizar taludes porque el terreno actualmente tiene muchas diferencias de nivel. Para esto se tiene que analizar la estabilidad de los taludes, generalmente la estabilidad se la analiza mediante el factor de seguridad del talud.

El factor de seguridad se define como la resistencia media del suelo al corte en relación con el esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla. Cuando el factor de seguridad es mayor a 1 entonces el talud se encuentra en condiciones estables, si el valor es menor a 1 entonces el talud se encuentra en condiciones inestables, mientras que cuando el factor de seguridad es igual a 1 el talud se encuentra en el punto de rotura. (Das, 2015). Existen diferentes métodos para calcular el factor de seguridad de un talud, entre estos se tiene el método de Bishop y el método de Janbu.

- **Método simplificado de Bishop:** En este método se supone la superficie de deslizamiento circular, utiliza dovelas o rebanadas como método de cálculo. Se supone la masa deslizante dividida en n franjas verticales. La simplificación asumida por Bishop hace que no se cumpla con el equilibrio de fuerzas horizontales. (Torres Toledo, 2018)
- **Método simplificado de Janbu:** El método de Janbu es un método extendido del método de Bishop, se aplica a superficies de deslizamiento de cualquier forma. Este método es muy confiable para taludes pocos inclinados. (Torres Toledo, 2018)

Se han desarrollado softwares los cuales se pueden utilizar para el cálculo de estabilidad de taludes, tanto en 2 como en 3 dimensiones. En este caso se ha elegido el software "Slide" para realizar el análisis de estabilidad. Slide es un software que utiliza métodos de equilibrio límite (método simplificado de Bishop y método simplificado de Janbu) para calcular la estabilidad de taludes en 2 dimensiones.

Se analizaron 2 secciones de taludes en "Slide", obteniendo como resultado:

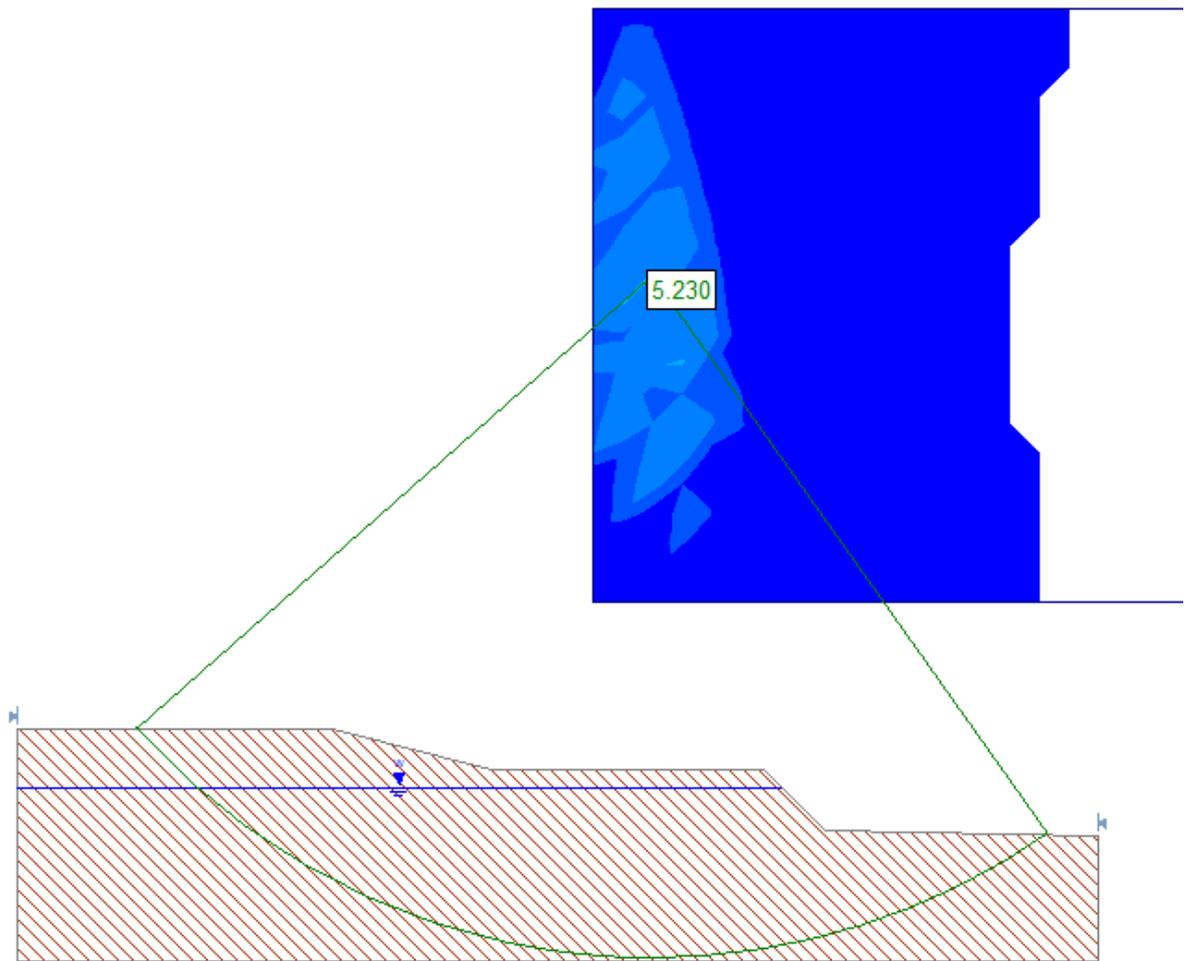


Figura 3.19. Análisis de la estabilidad de taludes de la sección 1 con "Slide".
Elaborado por: Autoría propia

Con el método simplificado de Bishop se obtuvo un factor de seguridad de 5.23, mientras que con el método simplificado de Janbu se obtuvo un factor de seguridad igual a 4.83. Por lo tanto, se puede concluir que los taludes son estables en esta sección.

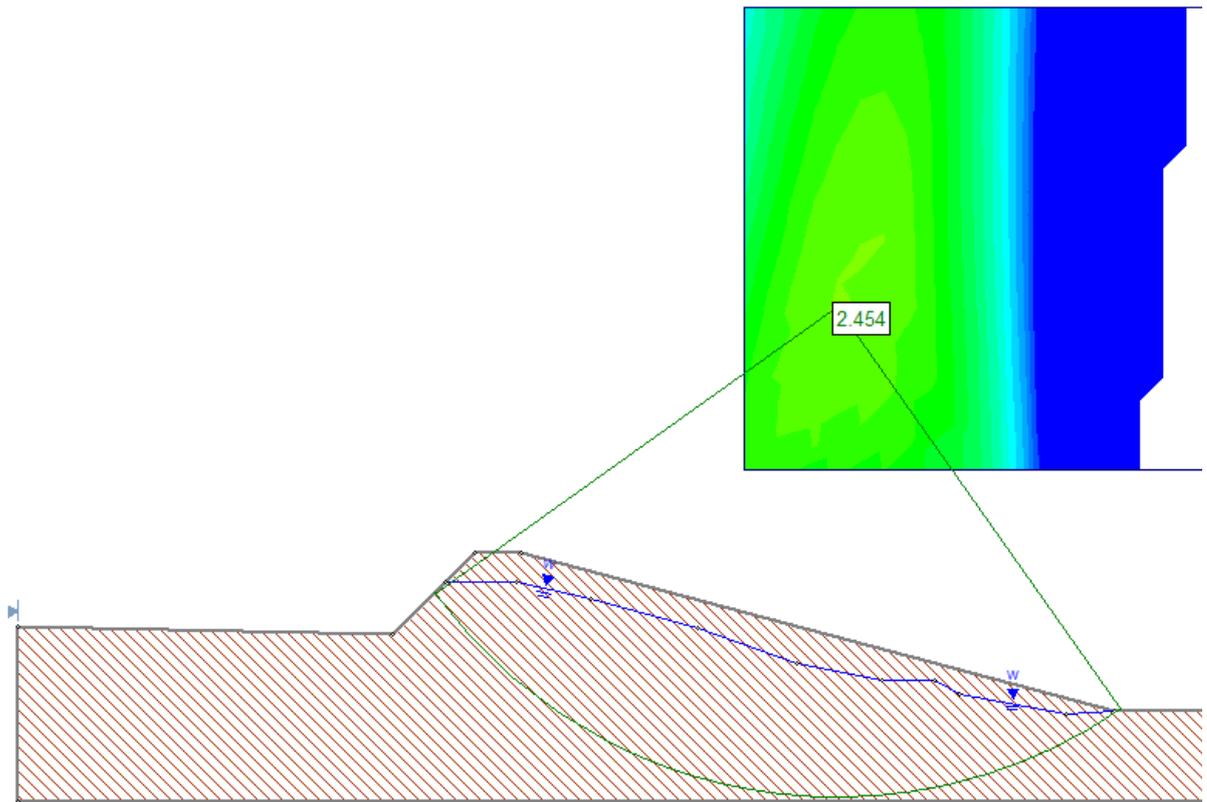


Figura 3.20. Análisis de la estabilidad de taludes de la sección 2 con "Slide".
Elaborado por: Autoría propia

Con el método simplificado de Bishop se obtuvo un factor de seguridad de 2.45, mientras que con el método simplificado de Janbu se obtuvo un factor de seguridad igual a 2.27. Por lo tanto, se puede concluir que los taludes son estables en esta sección.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Objetivos

- Identificar y evaluar el impacto de los efectos ambientales relacionados a la construcción, operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales en la urbanización “Viviendas de Interés Social” del sector Negroyacu, Guaranda, para proponer medidas que mitiguen los efectos negativos según la normativa correspondiente.
- Definir el nivel de licenciamiento ambiental necesario para la ejecución del proyecto para que no exista ningún problema legal al momento del desarrollo de este.
- Validar la alternativa de tratamiento escogida de modo que se cumpla con un impacto positivo para el medio ambiente y la población que lo conforma.

4.2 Descripción del proyecto

El anteproyecto plantea una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales producidas por la urbanización próxima a construirse denominada “Viviendas de Interés Social” del sector Negroyacu, Guaranda. Negroyacu se localiza en el sector nororiental de la parroquia urbana, y constituye una de las microcuencas de la red hidrográfica del cantón.

Al ser un proyecto de interés social, se busca que la alternativa seleccionada sea de bajo costo y además que genere la menor cantidad de impactos negativos en el medio ambiente. Se requiere una tecnología de tratamiento que no produzca malos olores debido a la cercanía de la planta con las viviendas circundantes.

La capacidad de la planta deberá contar el caudal proveniente de lotes privados localizados dentro de la urbanización, pero que no pertenecen al proyecto de interés social.

4.2.1 Marco legal

Según la Constitución de la República del Ecuador (Registro oficial No. 449, 20 de octubre del 2008), artículo 3 numeral 5 declara:

“Son deberes primordiales del Estado planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir”.

Así como el artículo 14 declara:

“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

Además del artículo 395 declara en sus literales:

- 1. “Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”.*
- 2. “Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional”.*
- 3. “El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales”.*
- 4. “En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza”.*

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente TULSMA (Registro Oficial Especial 2, 31 de marzo del 2003), artículo 1 literal 2:

“Establézcanse las siguientes políticas básicas ambientales del Ecuador, reconociendo que el desarrollo sustentable sólo puede alcanzarse cuando sus tres elementos lo social, lo económico y lo ambiental son tratados armónica y equilibradamente en cada instante y para cada acción. Todo habitante en el Ecuador y sus instituciones y organizaciones públicas y privadas deberán realizar cada acción, en cada instante, de manera que propenda en forma simultánea a ser socialmente justa, económicamente rentable y ambientalmente sustentable”.

Código Orgánico del Ambiente COA (Registro Oficial 983, 12 de abril del 2017), artículo 5 literal 7:

“Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende la obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental”.

Así también, el artículo 434 declara que:

El “Contenido de los estudios de impacto ambiental.- Los estudios de impacto ambiental deberán contener, al menos, los siguientes elementos:

a) Alcance, ciclo de vida y descripción detallada del proyecto, incluyendo las actividades y tecnología a implementarse con la identificación de las áreas geográficas a ser intervenidas;

b) Análisis de alternativas de las actividades del proyecto;

c) Demanda de recursos naturales por parte del proyecto y de ser aplicable, las respectivas autorizaciones administrativas para la utilización de dichos recursos;

d) Diagnóstico ambiental de línea base, que contendrá el detalle de los componentes físicos, bióticos y los análisis socioeconómicos y culturales;

a) Inventario forestal, de ser aplicable;

e) Identificación y determinación de áreas de influencia y áreas sensibles;

f) Análisis de riesgos, incluyendo aquellos riesgos del ambiente al proyecto y del proyecto al ambiente;

h) Evaluación de impactos socioambientales;

i) Plan de manejo ambiental y sus respectivos sub-planes; y,

j) Los demás que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

El estudio de impacto ambiental deberá incorporar las opiniones y observaciones que sean técnica y económicamente viables, generadas en el proceso de participación ciudadana.

De igual forma se anexará al estudio de impacto ambiental la documentación que respalde lo detallado en el mismo.”

4.2.2 Autorización ambiental

Para la identificación de la autorización ambiental necesario se utilizó el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), por medio de su herramienta de “Consulta de Actividades Ambientales”. Para la construcción y operación de plantas de tratamiento

de aguas residuales se necesita de un “Registro Ambiental” con el fin de poder desarrollar la actividad.



Figura 4.1. Consulta del tipo de autorización ambiental por medio de SUIA

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2021

4.3 Línea base ambiental

4.3.1 Medio natural

4.3.1.1 Medio fisicoquímico inerte

- Clima

La zona posee un piso térmico templado, con una temperatura promedio de 22°C y con características húmedas. El período de mayor precipitación corresponde a los meses de noviembre, diciembre y enero, con lluvias que van desde los 2000 a 2700mm.

- Recurso Hídrico

Pertenece a la demarcación hidrográfica de la cuenca Guayas. En el sector se registra una velocidad de infiltración de lluvia moderada, que comprende un rango de (20 a 65 mm/h) característica adecuada para el riego de la superficie, actividad esencial para los moradores de la zona.

Ubicada a las orillas del proyecto, se localiza la quebrada Negroyacu, que comprende desde los sectores de Putucalle y Negroyacu hasta Humberdina. En ella se pretende verter el efluente de los humedales artificiales, cumpliendo los límites máximos de descarga establecidos en la TULSMA.

- Litósfera

Se ubica en una formación geológica de tipo volcánica con relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y una pendiente local suave (>5-12%).

El relieve varía en su extensión ya que puede ser desde ondulado a fuertemente disectado. Además, no se evidencia el nivel freático una vez que se llega a una

profundidad considerable. Se evidencia un suelo con textura franco arcillo-limoso con una capa vegetal de gran espesor.



Figura 4.2. Perfil del suelo en el sector Negroyacu.

Ficha: C3-100-0010.

Obtenido de: geoportal.agricultura.gob.ec

4.3.1.2 **Medio físico-biótico (biológico)**

- Vegetación

La zona se ubica en un sector intervenido por el ser humano, en su mayoría se evidencia pasto cultivado utilizado en la industria pecuaria. Se observa una vegetación natural de bosque siempreverde montano.

- Fauna

Hay una gran variedad de especies faunísticas como: guanta, guatusa, armadillo, ardilla, puerco saíno, oso hormiguero, tigrillo, etc.

Además, en la cobertura vegetal de la tierra podemos encontrar insectos como mariposas, escarabajos, cucarachas, mantis, etc. Así como especies de pájaros como loros, pavos, pericos y algunos reptiles. No se evidencian zonas de protección faunística.

- Espacios de interés ecológico

Según el Sistema Nacional de Área Protegida (SNAP), Negroyacu no forma parte de una reserva de área protegida.

- Paisaje

Se observa un paisaje perteneciente a las vertientes externas de la Cordillera Occidental, cadena montañosa perteneciente a la cordillera de los Andes.



Figura 4.3. Paisaje.
Fuente: Ficha C3-100-0010, <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

4.3.2 Medio humano

- Población actual y futura

El proyecto urbanístico para el cual se desarrollará la planta de tratamiento de aguas residuales, aún no se ha construido. Por lo tanto, la población actual es de 0 habitantes. Sin embargo, dentro del área de estudio existen 72 lotes privados en donde ya se evidencian residentes.

Se diseñó para una población futura de 2000 habitantes con un número estimado de 5 habitantes por cada vivienda. Sin contar expansiones debido a la delimitación establecida del proyecto.

- Medio socioeconómico

Dentro del área de influencia de la microcuenca Negroyacu, se han identificado diversas actividades productivas que contribuyen a la contaminación de los recursos naturales. Según un estudio publicado en la revista Ciencia Unemi (Taco Taco, Vistín Chacán, Rosero Orozco, López Bravo, & Fonseca Torres, 2017) en la zona de estudio se realizan actividades de siguientes sectores productivos. (Ver Tabla 4.1)

Sector Productivo	Actividades Productivas
Primario	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura • Ganadería • Silvicultura
Secundario	<ul style="list-style-type: none"> • Artesanal • Manufactura
Terciario	<ul style="list-style-type: none"> • Comercio • Servicios • Construcción

Cuaternario	<ul style="list-style-type: none"> • Educación pública • Recursos hídricos • Saneamiento
-------------	---

Tabla 4.1. Actividades productivas realizadas en el sector Negroyacu.
Fuente: Taco, Vistín, Rosero, López, & Fonseca, 2017.

En dicho estudio se evidenció que estos establecimientos productivos no realizan diferenciación de la basura generada y no existe medidas de prevención para la conservación de los recursos naturales.

- Uso de la tierra

Es una zona principalmente pecuaria, es decir, de uso ganadero. Por ello, hay una gran cantidad de pasto cultivado con presencia de árboles. Además, los cultivos que más se producen en el cantón son el maíz, la papa y una variedad de hortalizas.

- Calidad de vida

Se conoce que en el año 2005 el GAD de Guaranda construyó una planta de tratamiento para las aguas residuales del cantón, una semana posterior a su inauguración tuvo que suspenderse su funcionamiento por las constantes denuncias de los moradores por contaminación con olores desagradables. Durante el mismo año, se construyó una segunda PTAR que hoy en día no se encuentra en funcionamiento. Debido a esto, las aguas residuales no reciben tratamiento previo a su vertido en los cuerpos de agua superficial, por lo que se genera una gran contaminación de los recursos naturales como lo son el agua, el suelo y la biodiversidad, trayendo consigo problemas para los seres humanos como lo son las enfermedades.

- Patrimonio cultural

El centro urbano de la ciudad de Guaranda se cataloga como patrimonio cultural de la nación por el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. El Centro Histórico de Guaranda, que consiste en viviendas construidas entre finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, conserva la arquitectura de la época y se construyó con materiales autóctonos como el adobe, la teja, madera, etc.

4.4 Actividades del proyecto

Dentro del proyecto se desarrollarán tres principales fases:

4.4.1 Fase de construcción

En la fase de construcción de un humedal artificial se desarrollan las siguientes actividades:

- **Reconocimiento del terreno:** corresponde a la visita de evaluación técnica del lugar donde se construirá. Se debe identificar el acceso de maquinaria, la pendiente, uso del suelo, etc.
- **Estudios geotécnicos:** para determinar parámetros como la capacidad de carga del suelo, tipo de suelo, nivel freático, etc.
- **Desmonte:** limpieza de maleza, arbustos o árboles que se encuentren en el área de construcción.
- **Levantamiento topográfico y replanteo:** el plano topográfico es de vital importancia para determinar las cotas de nivel que inciden en el diseño. Luego de esto, se delimita el terreno y se marca las zonas donde se construirán las estructuras.
- **Toma de energía eléctrica:** la empresa que presta el servicio de energía eléctrica debe elaborar un informe donde se detalle la facilidad al acceso de energía eléctrica en la zona y posteriormente llevar a cabo los trámites correspondientes.
- **Construcción del dique de contención:** excavación de la fosa del humedal y nivelación de sus paredes. Esta actividad puede ser realizada manualmente o mediante maquinaria, según convenga.
- **Construcción de cámaras de registro:** se refiere a las cámaras de control a la entrada y la salida, las cuales deben ser de dimensiones que faciliten los trabajos de mantenimiento y operación.
- **Construcción de casetas de bombeo:** de ser necesario, se construirán casetas donde se alojarán los equipos de bombeo, además aquí se puede almacenar herramientas menores.
- **Impermeabilización del dique (fosa o embalse) de contención:** luego de nivelar la fosa a su pendiente óptima para el correcto drenaje, se procede al tendido de la geomembrana impermeabilizante, fijándola a la superficie de apoyo de la zanja. También se puede optar por la impermeabilización con revestimiento de cemento o con arcilla, sin embargo, son más susceptibles a fisuras y por lo tanto mal funcionamiento del humedal.
- **Ensamblado del sistema de drenaje o colección:** para los humedales de flujo subsuperficial horizontal, se debe utilizar tubería de 4" perforada de acuerdo con la gradación de la grava del sustrato.

- **Llenado de gravas:** se rellena de una capa inicial de arena de entre 5 a 10 cm de espesor para proteger la geomembrana. Luego se aplica el material gravoso en capas hasta alcanzar el grosor seleccionado.
- **Ensamblado del sistema de aplicación:** consiste en el sistema de ingreso del agua residual, que se realiza por medio de tuberías perforadas y distribuidas en toda el área de la zanja. Luego de esto se realiza la plantación.

Dado que en esta fase de construcción de la obra civil se requiere maquinaria y combustible para la excavación, las intervenciones al medio ambiente que se generarán son las siguientes:

- Contaminación atmosférica por la generación de ruido
- Vibraciones
- Emisión de gases por motores de maquinarias
- Desechos de construcción

4.4.2 Fase de operación

En la fase de operación se requiere energía eléctrica y de maquinarias, en las actividades que se describen a continuación:

- **Bombeo de aguas residuales:** Luego de que las aguas residuales hayan pasado por el tanque Imhoff estas llegan al cárcamo de bombeo. En el área seca del cárcamo se ubican 2 bombas de 0.75 kW de potencia, las cuales cumplen ciclos de uso de 12 diarias cada una, con el objetivo de llevar el agua almacenada en el área húmeda hacia los humedales.
- **Disposición de lodos secos:** Una vez que los lodos hayan cumplido su tiempo de secado en sus respectivos lechos, estos se deben llevar a un relleno sanitario. Por lo cual, se van a necesitar diferentes tipos de maquinarias como retroexcavadoras y volquetas.

Sin embargo, existen actividades en las cuales se deben involucrar directamente personal obrero para operar las distintas fases del tratamiento.

- **Limpieza de rejillas en el canal de desbaste:** La limpieza de las rejillas para finos y gruesos se deberá hacer manualmente con el uso de un rastrillo, llevando los materiales atrapados en las rejillas a sus respectivos depósitos escurridores para después desalojarlo en el servicio de limpieza público.
- **Manejo de válvulas:** Existen válvulas a la entrada y salida de las diferentes fases de la planta de tratamiento para dirigir a conveniencia el flujo de agua. En

la salida del desarenador para regular el paso de las arenas sedimentadas, en la entrada tanque Imhoff para utilizar el tanque de la izquierda o derecha, en la salida de lodos del tanque Imhoff para regular el paso de los lodos hacia los lechos de secado, en la tubería de impulsión de la bomba para controlar el paso del agua cuando una de las 2 bombas no está funcionando y en la tubería de impulsión de 4" para regular el caudal a cada uno de los humedales.

- **Revisión de cajas de registro:** Si existe algún problema en el flujo de las aguas residuales se debe revisar las cajas de registro para evaluar la causa de este.
- **Mantenimiento de frondosidad de la Tatora:** Para un correcto funcionamiento de los humedales artificiales es necesario que las plantas mantengan su separación definida, por esta razón, es necesario que se poden los laterales de las plantas a medida que van creciendo.

En resumen, en esta fase al utilizarse energía eléctrica, maquinarias y personal humano, se pueden identificar las siguientes intervenciones al medio ambiente:

- Contaminación de ruido por bombas y maquinarias
- Vibraciones causadas por las bombas
- Emisión de gases por motores de maquinarias
- Desechos de lodos en relleno sanitario
- Afectación de personal operativo por olor debido a emisiones de gases en los tanques
- Riesgo de contraer infecciones al estar en contacto directo con las aguas residuales

4.4.3 Fase de abandono

Aquí se presentan las actividades que conforman la fase de abandono:

- **Desmantelamiento de equipos e instalaciones:** Al finalizar su tiempo de vida, los equipos tales como las bombas se deben quitar para enviar a su disposición final.
- **Rehabilitación de espacios:** De ser necesario se debe reconformar el terreno luego de para que las instalaciones y tanques queden inutilizables.

Para realizar las actividades descritas se necesitará de recursos humanos y de maquinarias, lo que producirá afectaciones en el medio ambiente como:

- Contaminación de ruido por maquinarias
- Daño en la salud auditiva de los operadores de maquinarias
- Emisión de gases por motores de máquinas

4.5 Identificación de impactos ambientales

4.5.1 Impactos sobre el medio inerte

4.5.1.1 Suelo

El impacto en el suelo se puede producir por filtraciones de aguas residuales, ya que, estas poseen un alto contenido de sustancias orgánicas que pueden reaccionar negativamente con el suelo.

4.5.1.2 Geomorfología

Se tiene que reconformar la parte del suelo en donde van a estar ubicadas las distintas fases del proyecto, lo que puede afectar a florar y fauna, ya que, no se debe tener árboles arraizados en las áreas correspondientes para los humedales.

4.5.1.3 Cuerpos superficiales

Junto al área de implantación se encuentra la quebrada Negroyacu, en el proceso de construcción es probable que se desprenda material, cayendo dentro del quebrado, cambiando sus características.

4.5.1.4 Calidad del agua

Es probable que alguna fase de la planta de tratamiento de aguas residuales falle, en este caso no se satisfará los parámetros máximos que se indica en la TULSMA, contaminando el agua de quebrada.

4.5.1.5 Olores

Se generarán olores que no son amigables para el ser humano, en especial en la cámara de aeración de los tanques Imhoff. Sin embargo, se deberá respetar el retiro mínimo hacia viviendas.

4.5.1.6 Ruidos

Ya sea por las maquinarias o por las bombas, el ruido dentro de la planta de tratamiento es una constante a través de todas las fases del proyecto.

4.5.1.7 Polvo

En la etapa de construcción al momento de reconformar el suelo, se levantarán grandes cantidades de suelo, provocando que las partículas pequeñas se trasladen con el viento a los alrededores de la planta afectando a las personas que se ubican cerca de esta.

4.5.2 Impacto sobre el medio biótico

4.5.2.1 Árboles

En el área en el cual se pretende construir la planta de tratamiento existen arboladas en los perímetros, los cuales se deben talar debido a que los humedales pueden ser afectados por las raíces de los árboles más grandes.

4.5.2.2 Vegetación

Durante la fase de construcción se trabaja con maquinaria, se transportan materiales, y en general se ocupa un espacio adyacente al área definida para las diferentes fases de la planta de tratamiento, causando que la vegetación se vea afectada por estas actividades.

4.5.2.3 Microflora

En el proceso de reconfiguración del suelo se tendrá que quitar la capa vegetal que se extiende por toda el área de la planta de tratamiento, en la cual se encuentran microespecies del orden de los 100 micrómetros.

4.5.3 Impactos socioeconómicos

4.5.3.1 Cultivos

En las zonas adyacentes a la planta de tratamiento no existen zonas de cultivos, razón por la cual el impacto sobre estas es casi despreciable en las fases de construcción, operación y de abandono.

4.5.3.2 Paisajes

Debido a la implementación de humedales artificiales como tratamiento secundario, el cambio en el paisaje es muy notorio, 4 humedales de 42m x 21m cubren una gran parte del área destinada para la planta.

4.5.3.3 Empleo

Dentro de la fase de construcción se espera generar empleo tanto en la parte administrativa como en la parte de mano de obra del proyecto, a su vez se genera empleo indirectamente, un claro ejemplo son los transportistas de material y los operadores de maquinarias. En la fase de operación se necesita de personas especializadas y capacitadas en el manejo de los equipos que funcionarían dentro de la planta, además de personas que realicen trabajos de limpieza y revisión constante en las distintas fases del proyecto. Y, por último, en la fase de abandono, se generarán empleos en el sector de las maquinarias que reconfigurarán el terreno luego de que se cumplan los años de funcionamiento de la planta de tratamiento.

4.5.3.4 Servicios básicos

Este proyecto forma en sí parte de los servicios básicos que debe tener una comunidad, junto con el servicio de agua potable, electricidad y limpieza. Por lo tanto, afecta positivamente a las personas que residan dentro del él.

4.5.4 Evaluación de impactos

Para evaluar los impactos ambientales se utilizó la metodología de Leopold, esta metodología usa los impactos ambientales que han sido identificados, de acuerdo con el proyecto que se esté evaluando, y los evalúa con las acciones que se realicen en la construcción, operación y mantenimiento.

Por cada acción se identificarán los factores ambientales afectados, y a su vez se cuantificará en términos de magnitud e importancia. La magnitud se coloca en el lado izquierdo del casillero que tiene una línea diagonal y la importancia en el lado derecho de este.

Las magnitudes pueden medirse en rango de 1 a 5, o de 1 a 10. En este caso se utilizó el rango de 1 a 10, donde 1 es la magnitud de menor impacto y 10 la magnitud de mayor impacto. Además, se debe tener en consideración que si la magnitud del impacto es positiva se utiliza el signo más (+), y si la magnitud del impacto es negativa se utiliza el signo menos (-). Así mismo, para la importancia se usó el mismo rango de calificación (1 a 10), donde 1 se considera de menor importancia y 10 se considera de mayor importancia, en este caso los valores se toman siempre como positivos. Luego de llenar los casilleros con sus respectivos valores para cada acción y cada factor ambiental, se pueden calcular los promedios positivos y negativos, y se cuantificará la acción más beneficiosa y la más dañina.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES																			
ACCIONES PARÁMETROS AMBIENTALES	CONSTRUCCIÓN					OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					OTROS		EVALUACIÓN						
	Desbroce y limpieza	Excavación con máquina	Desalpo de material	Vibraciones	Ruido	Estructuras de concreto	Implantación de la vegetación	Bajo mantenimiento	Fallas operacionales	Integración del personal de mantenimiento	Buen mantenimiento	Descarga del efluente	Cambio del paisaje	Promedios positivos	Promedios negativos	Promedios aritméticos	Impacto por subcomponente	Impacto por componente	Impacto del proyecto
1) Impacto sobre el medio inerte																			
A.1 TIERRA																			
A.1.1 Suelo	-1	-6	-4	-3	-1	-2	-1	-6	9	6	-2	1	1	7	-11	-82			
A.1.2 Geomorfología	-1	-8	5	-2	1	-1	1	-6	8	4	-4	1	1	8	-71				
B.1 AGUA																			
B.1.1 Cuerpos superficiales	-6	7	-1	1	9	7	10	6	-7	8	-7	7	3	6	-37	-24			
B.1.2 Calidad	7	-1	1	1	9	7	10	6	-10	8	4	4	4	3	13				
C.1 AIRE																			
C.1.1 Olores	-2	1	-2	1	-5	4	-7	7	-7	7	5	7	1	4	-67	-215			
C.1.2 Ruidos	-8	-5	-6	3	-5	4	-7	7	-7	7	5	7	0	3	-78				
C.1.3 Polvo	-2	-8	6	3	-5	4	-7	7	-7	7	5	7	0	3	-70				
2) Impacto sobre el medio biótico																			
A.2 FLORA																			
A.2.1 Árboles	-4	-4	-3	-2	-2	1	-2	1	-8	3	-8	3	1	3	15	13			
A.2.2 Vegetación	-4	-1	1	-2	-2	1	7	6	-8	3	3	8	2	5	2				
A.2.3 Microflora	-4	-1	1	-8	-8	-2	1	7	6	-8	3	3	2	6	-4				
B.2 FAUNA																			
B.2.1 Aves	-4	-5	-2	1	-6	3	-2	7	6	-4	2	9	2	7	2	-61			
B.2.2 Animales terrestres	-4	-3	-6	-4	-2	1	-7	5	-3	-2	4	6	2	8	-55				
B.2.3 Microfauna	-4	-3	-6	-2	1	-7	5	-3	-2	4	6	-4	2	7	-8				
3) Impactos socioeconómicos																			
A.3 Cultivos	7	6	7	6	9	6	7	6	-2	3	-2	3	1	1	12	501	501		
B.3 Paisajes	7	6	7	6	9	6	7	6	-2	3	-2	3	2	2	36				
C.3 Empleo	7	6	7	6	9	6	7	6	-2	3	-2	3	6	2	270				
D.3 Servicios básicos	7	6	7	6	9	6	7	6	-2	3	-2	3	3	1	183				
Promedio positivos	1	1	1	0	0	4	10	0	0	3	6	0	33						
Promedios negativos	9	12	8	6	6	12	0	12	6	0	0	3	76						
Promedio aritméticos	-46	-224	10	-111	-91	122	434	-293	-227	130	273	-78	132						

Figura 4.4. Matriz de identificación y valoración de impactos ambientales.
Elaborado por: Autoría propia

Luego de llenar la matriz y obtener los promedios aritméticos de cada acción se pudo identificar la acción más negativa y la acción más positiva. Con una puntuación de 293 puntos negativos, el bajo mantenimiento resultó ser la acción más negativa debido a que esta acción produciría que los cuerpos superficiales de agua se vean afectados porque la calidad del agua tratada no sería la óptima para descargarlas en estos cuerpos.

Por otro lado, con una puntuación de 434 puntos positivos, la implantación de la vegetación resultó ser la acción más positiva debido a que esta forma una de las partes más importantes del tratamiento porque su presencia deriva en la remoción del nitrógeno y de la DBO₅. A su vez, tiene un valor agregado ya que el paisaje de la zona se ve afectado positivamente.

Sin embargo, es necesario que, para reducir los efectos negativos producidos durante la construcción, la operación y el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, existan medidas de prevención y mitigación.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

4.6.1 Equipo básico de seguridad

El personal que estará trabajando en las tres fases del proyecto (construcción, operación y abandono) deberá usar el equipo básico de seguridad según la función o trabajo que vaya a realizar. Dentro de los elementos básicos de seguridad se tiene:

- **Protectores de la cabeza:** Cascos de seguridad, prendas de protección para la cabeza (gorros, sombreros, etc.), cascos de usos especiales (reflectantes, térmicos, etc.).
- **Protectores auditivos:** Protectores auditivos de encerramiento (tipo cascos antirruído), protectores auditivos circumaurales (tipo orejeras acopladas a casco), protectores auditivos con circuitos electrónicos incorporados (del tipo dependientes del nivel y con aparatos de intercomunicación).
- **Protectores oculares y faciales:** Lentes de seguridad (gafas), pantallas faciales, pantallas para soldadores, lentes para usos especiales (agentes biológicos, químicos, etc.)
- **Protección de las vías respiratorias:** Equipos filtrantes de partículas, equipos respiratorios con máscara amovible para soldadura, equipos filtrantes combinados frente a gases y vapores.
- **Protectores de manos y brazos:** Guantes contra agresiones mecánicas, guantes contra agresiones químicas, guantes contra protección de agentes biológicos, guantes contra agresiones de origen eléctrico, guantes contra las agresiones de origen térmico.
- **Protectores de pies y piernas:** Calzado de seguridad (botas con punta de acero), calzado para riesgos especiales (eléctrico, químico, etc.), botas de goma o caucho.
- **Protección total del cuerpo:** Equipo de protección contra caídas (Tipo arnés, cinturones de posicionamiento), dispositivos de caídas de tipo deslizante, ropa de protección contra agentes biológicos, ropa y accesorios de señalización.

4.6.2 Señalización

Las áreas de trabajo deberán contar con señales y cintas informativas reflectivas (preventivas y de precaución), una buena iluminación. También se deben implementar señales de tráfico, precaución y prevención en el área de acceso y salida al trabajo, y a su vez a la entrada y salida de vehículos pesados.

4.6.3 Reglas básicas de comportamiento

No se permitirá fumar, ni hacer fuego, tampoco arrojar desperdicios dentro y fuera de la planta de tratamiento. Se arrojarán desechos en los espacios correspondientes.

4.6.4 Prevención de accidentes por caídas

Todas las escaleras que superen los tres escalones deberán contar con un barandal con el objetivo de mantener la seguridad del personal que hace uso de esta.

4.6.5 Organización de productos de alto riesgo

Se deben establecer áreas específicas que cumplan con las normativas de seguridad para almacenar combustibles, residuos y productos químicos. Por ningún motivo estos podrán ser arrojados a la planta directamente o a la quebrada.

4.6.6 Mantenimientos

Es necesario que se realicen inspecciones periódicas al desarenador, tanque Imhoff, lechos de secado, humedales artificiales, bombas, tuberías y accesorios, para prevenir un mal funcionamiento de estos. Además, se deberá presentar informes de inspección y mantenimiento de estos anualmente.

4.6.7 Capacitaciones

Se establecerán fechas en las cuales se instruya y se capacite al personal, subcontratistas, fiscalizadores, etc., sobre el proceso y manejo de máquinas en la planta de tratamiento, así también sobre los efectos potencias y riesgos ambientales a los que se puede estar expuesto, y a su vez acerca de las señales de seguridad de acuerdo con las normas de seguridad industrial.

4.6.8 Plan ambiental

- Monitoreo y medición de ruido

Es un tipo de medición acústica de vital importancia para el plan de gestión ambiental. La contaminación por ruido o exceso de sonido afecta las condiciones naturales de los ambientes. Cada mes se deberá medir el nivel del ruido ambiental, durante la fase de construcción.

- Monitoreo y medición de polvo

Consiste en la medición del polvo respirable en una obra de construcción. Se realiza mediante un dispositivo que realiza la medición de velocidad del viento, temperatura, humedad, etc. La medición de polvo se realiza en momentos de mayor producción de polvo, como lo son los movimientos de tierra. El control por rociado de agua es una de las medidas de mitigación más utilizadas. Se puede considerar un caudal de limpieza igual a 2 L/m².

- Monitoreo y medición de gases

Tiene como objetivo identificar si existe la emisión de gases tóxicos o volátiles durante la etapa de construcción u operación. Este monitoreo es muy importante para salvaguardar la seguridad de los trabajadores que operen la planta.

- Capacitación a fiscalizadores y personal

Se debe socializar tanto con el fiscalizador, el constructor y el personal, sobre las medidas que se implementarán para el plan de manejo ambiental.

- Instructivos ambientales

Sirven como una guía para los moradores del sector. Informan, socializan sobre las medidas de mitigación del plan de manejo ambiental.

4.6.9 Sistema eléctrico

Se prohíbe totalmente dirigir agua o vapor a presión sobre motores o equipos eléctricos para la limpieza de estos. Además, las carcasas de estos equipos eléctricos deberán estar conectadas a una toma a tierra. Los conductores que se usen en áreas de peligro deberán estar homologados para este tipo de riesgos. También, las instalaciones eléctricas requerirán estar protegidas por aislantes y provistas de sellos anti-exposición.

4.6.10 Manejo de equipos especializados

Los operadores están obligados a conocer y vigilar el equipo de trabajo con el objetivo de percatarse de algún problema que se pudiera suscitar. En bombas y en conexiones se debe inspeccionar cuidadosamente para detectar filtraciones. A su vez, es necesario que el personal conozca y cuente con los instructivos de los equipos, esto para evitar riesgos durante las etapas de operación.

4.7 Conclusiones

Mediante el Sistema Único de Información Ambiental se logró identificar el nivel de licenciamiento ambiental necesario para realizar las actividades necesarias que tienen como objetivo la ejecución del proyecto, dando como resultado que será preciso obtener un registro ambiental el cuál se deberá incluir dentro del costo total del proyecto general.

Además, se lograron identificar los parámetros ambientales y las actividades que los afectarán durante la construcción, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales para la urbanización. Entre los cuales los parámetros más negativamente afectados fueron los que se transmiten mediante el aire como lo

son: los olores, el ruido y el polvo, los cuales serán podrían ser una molestia durante todo el proceso.

Sin embargo, se encontró que los impactos socioeconómicos se verán afectados positivamente debido que la población de la urbanización podrá contar de uno de los servicios básicos más cotizados por el resto de la población. Y a su vez, tendrán un medio paisajístico que no es muy común en la zona, como los son los humedales, debido a sus diferencias de elevación.

Igualmente, para los impactos negativos se incluyeron medidas de prevención y mitigación, con el objetivo de que el personal que laborara en la construcción del proyecto cuente con las medidas de protección necesarias y estén capacitados para que los procesos de operación y mantenimiento de la planta se lleven de una manera correcta y no ocurran fallos que conlleven a una afectación negativa.

Y, por último, se logró evaluar el impacto general de la construcción de la planta de tratamiento por medio de la matriz de Leopold. Se determinó que el impacto que implica la construcción, operación y mantenimiento de la planta tiene un puntaje de 132 puntos positivos, por lo cual se puede concluir que es beneficioso para el medio ambiente.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Descripción de rubros

- REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO

Definición

Consiste en el lugar de implantación del terreno, es decir, la ubicación exacta que se describe en los planos, y se realiza como trabajo preliminar para la construcción de las estructuras.

Especificaciones

Se realiza con un equipo de precisión, tal como teodolito o nivel, a cargo de personal altamente capacitado como: topógrafo y ayudantes (cadenero). Se deben colocar mínimo dos mojones de hormigón indicando la cota sobre el nivel del mar dado que el proyecto abarca grande áreas y sistemas de bombeo.

- EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN SUELO SIN CLASIFICAR

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, bulldoser, etc. Esta actividad se realiza en suelo común, ya sea, arcilla, limo o arena.

Especificaciones

Excavación en tierra

Se realizará conforme se indica en los planos y memoria técnica correspondiente. Sin embargo, si se presentan condiciones desfavorables o inconvenientes, se puede modificar en base a las decisiones que tome el ingeniero fiscalizador.

Para la excavación de zanjas, se debe incluir un sobrecancho de no menos $A = D + 0.5$.

Donde, A: Ancho del fondo de la zanja; y D: Diámetro exterior de la tubería. Los 50 centímetros adicionales son indispensables para permitir al trabajador los trabajos de colocación e instalación de las tuberías y encofrado.

Profundidades de excavación

Mientras más profunda sea la zanja de excavación, mayor debe ser el nivel de protección de las paredes para evitar problemas de inestabilidad. Por ello, hasta una profundidad de 2 metros se permiten paredes rectas con posibilidad de

implementación de sistemas como tablaestacado o entibamiento, según el criterio del ingeniero fiscalizador.

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:

- * 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 de agua

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.

- RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL

Definición

Es la acción de rellenar las zanjas y terraplenes que se han realizado en el desarrollo del proyecto.

Especificaciones

Para empezar con los trabajos de relleno se debe contar con la correspondiente caracterización del material que se utilizará, además éste debe ser aprobado por el ingeniero fiscalizador. Se debe tener en cuenta las pendientes y alineamiento necesario para el relleno, tomando en cuenta la seguridad de las tuberías y estructuras que podrían resultar con daños.

No se permitirá la colocación del relleno en condiciones de sobresaturación. El ingeniero fiscalizador deberá supervisar que antes de realizar el relleno, no existan zonas de socavación lateral debido a derrumbes, de ser ese el caso, se realizará una sobreexcavación para asegurar el plano vertical en las paredes de la zanja.

Las primeras capas de relleno se realizarán manualmente con una pala hasta alcanzarlos 30 cm por sobre la clave del tubo, utilizando un compactador de talón. Luego se esto se compactará sucesivamente en capas de 30 cm, dependiendo de la magnitud de la obra, con un compactador de rodillo, talón o rodillo pata de cabra.

- HORMIGÓN PREMEZCLADO

Definición

El hormigón es el producto resultante endurecido de la mezcla de agregados pétreos, agua y cemento Portland en proporciones que varían de acuerdo con una dosificación realizada para una resistencia a la compresión determinada, este también puede tener aditivos que tienen como objetivo darle cualidades especiales al hormigón.

Especificaciones

Los agregados que se utilizarán cumplirán los requisitos de la especificación ASTM-C33.

Arena:

Debe estar perfectamente limpia, dura, angulosa y áspera al tacto. No se podrán emplear arenas arcillosas, suaves y disgregables, a su vez, esta no puede contener material orgánico.

Piedra:

Serán duras, graníticas, limpias, no alteradas y de resistencia adecuada.

Cemento:

Se utilizará el cemento tipo Portland, debe cumplir con los requerimientos de las especificaciones ASTM-C150 o una norma equivalente. El proveedor está obligado a presentar los certificados de cumplimiento de estas.

Agua:

En el lavado de agregados, en la preparación de mezclas y curado del hormigón el agua debe ser fresca, libre de toda sustancia que interfiera con el proceso normal de hidratación del cemento.

Aditivos:

Se usarán aditivos en el hormigón cuando se tengan especificaciones de su uso y finalidad en cada uno de los diseños. Los aditivos serán usados siguiendo las especificaciones del fabricante. Sin embargo, el uso de aditivos se reglamenta por las especificaciones ACI y ASTM.

Colocación o vaciado del hormigón:

Se debe notificar con 24 horas de anticipación la fecha, hora y la ubicación de la obra en la que se realizará la colocación del hormigón. Se prohíbe proceder con el vaciado de hormigón cuando:

- * Se presenten lluvias fuertes o prolongadas, que rebasen la estabilidad del mortero.
- * No se tenga suficiente iluminación.
- * La temperatura del hormigón es mayor a 20 °C.

- * El equipo humano o el equipo mecánico es insuficiente.

- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

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.

Especificaciones

Codos, Yees y Tees:

Se usarán siempre que exista un cambio de dirección en la red de distribución, se unan 2 o más tuberías. Siempre teniendo en cuenta el diseño hidráulico considerando las respectivas pérdidas.

Válvulas de compuerta:

Cuando se tenga que controlar el flujo de agua o lodos, en la salida de una etapa de tratamiento de aguas residuales, o a la entrada de estos cuando se tengan más de un elemento por cada etapa de tratamiento.

Válvula de pie con coladera:

Se usan con el fin de filtrar la suciedad, en este caso arena residual del tanque Imhoff y los lechos de secado, en la instalación para evitar posibles obstrucciones en tuberías y accesorios.

Válvula de retención:

Cuando se necesiten cerrar el paso de un fluido en circulación, generalmente usadas en sistemas de bombeos con el objetivo de que las bombas no trabajen en vacío.

- ENCOFRADO DE MADERA

Definición

Se conforma por un armazón de piezas de madera que soporta el vaciado del hormigón fluido y lo moldea a una forma deseada mediante el proceso de endurecimiento.

Especificaciones

Se debe realizar un diseño de encofrado con suficiente rigidez para soportar las presiones del vaciado y vibrado del hormigón, sin presentar fallos (fisuras por donde se puede desperdiciar el material). El ingeniero constructor debe prever un correcto

armado de encofrado asegurando las dimensiones previstas de las estructuras, de modo contrario, los gastos involucrados en el arreglo de estas correrán a cargo contratista constructor. Antes de verter el hormigón se recubrirá el armazón por una capa de producto bituminoso, de modo que las tareas de desencofrado no realicen daños en la estructura fundida.

- ACERO DE REFUERZO FY:4200 KG/CM2

Definición

Comprende las distintas actividades como cortado, doblado, figurado de varillas de acero de refuerzo según el diseño del hormigón armado.

Especificaciones

Las varillas de acero al carbono utilizadas en el proyecto deberán seguir los criterios de calidad de la norma NTE INEN 2167. Además, el constructor deberá supervisar el correcto doblado y enderezado de las varillas, previo a su colocación en las estructuras.

- ENLUCIDO CON IMPERMEABILIZANTE

Definición

Es la conformación de una mezcla de cemento, arena y agua para recubrir una superficie, con el objetivo de mejorar su aspecto visual y dar mejor acabado.

Especificaciones

Los materiales indicados se deberán mezclar en seco e ir agregando cantidades pequeñas de agua hasta obtener una pasta homogénea que posea una correcta consistencia sin sobresaturación de agua, previo a su colocación.

Debido a que el mortero en cuestión estará en contacto con agua, debe poseer una dosificación de 1:3 y adicionar un impermeabilizante.

- CAJA PARA VÁLVULAS

Definición

Corresponde a la estructura donde se ubicará la válvula de un ramal y sirve para su protección.

Especificaciones

La estructura de la caja de válvulas se construirá de ladrillos con una tapa de hormigón armado y paredes con mortero impermeabilizante. Se debe colocar en donde indique el respectivo diseño hidrosanitario.

- CAJA DE REGISTRO

Definición

Son las estructuras utilizadas para poder acceder y realizar una revisión de las tuberías. También utilizadas para dar mantenimiento a las mismas.

Especificaciones

La ubicación de cada caja de registro será según indiquen los planos correspondientes, y guardarán las medidas indicadas por el diseñador. Las paredes pueden ser prefabricadas o montadas en sitio. En caso de utilizar cajas de registro prefabricadas, se deberá seguir al pie de la letra las recomendaciones del fabricante.

- GEOMEMBRANA DE POLIETILENO

Definición

Es una capa sintética que sirve como barrera para el paso de sustancias y materiales. Al ser fabricada por polietileno posee gran resistencia química.

Especificaciones

La capa de barrera sirve para que el agua residual no entre en contacto con las aguas subterráneas. Para su fijación, se deberá excavar una zanja perimetral la cual se rellenará con el material excavado de la misma, superficie que debe ser nivelada y compactada.

Es de vital importancia que antes de instalar la geomembrana, se verifique que la superficie de la zanja no posea materiales con esquinas puntiagudas como gravas que puedan fisurar o romper la malla.

- IMPLANTACIÓN DE JUNCOS

Definición

Consiste en la plantación de la especie escogida para el tratamiento del agua residual. Cuyo nombre científico es Scirpus Sp, o comúnmente llamada Junco.

Especificaciones

Una vez realizado el relleno con el material pétreo, se debe recomendar llenar con agua hasta alcanzar una profundidad entre 0.3 a 0.4 metros necesarios para el desarrollo de las especies vegetales. Los Juncos se plantan individualmente sobre la grava de relleno. La siembra de las semillas de estas macrófitas puede realizarse en cualquier momento del año, sin embargo, se recomienda la primavera. Posterior a esto, se debe monitorear constantemente las macrófitas y reemplazarlas en caso de que se encuentren algunas muertas.

5.2 Análisis de costos unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Replanteo y nivelación con equipo topográfico		CODIGO:		C001	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		m2	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Equipo de topografía	1.00000	4.50000	4.50000	0.08000	0.36000
SUBTOTAL M:					0.36000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.21000	0.09009
Topógrafo (E. Oc. C1)	1.00000	4.29000	4.29000	0.08000	0.34320
Cadenero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.21000	0.81270
SUBTOTAL N:					1.24599
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tiras 2.5X2.5X250	u	0.20000	0.50000	0.10000	
SUBTOTAL O:					0.10000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			1.70599
		COSTO INDIRECTO		12%	0.20472
		UTILIDADES		8%	0.13648
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			2.04719
		VALOR PROPUESTO			2.05000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C002
Excavación H=3 a 4m a máquina/(excavadora)				UNIDAD:	m3
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Excavadora de oruga	1.00000	47.00000	47.00000	0.10000	4.70000
SUBTOTAL M:					4.70000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.12500	0.05363
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.12500	0.47875
Operador de retroexcavadora (E. Oc. C1)	1.00000	4.29000	4.29000	0.12500	0.53625
Ayudante de maquinaria (E. Oc. D2)	1.00000	3.93000	3.93000	0.12500	0.49125
SUBTOTAL N:					1.55988
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
SUBTOTAL O:					
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			6.25988
		COSTO INDIRECTO		12%	0.75119
		UTILIDADES		8%	0.50079
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			7.51185
		VALOR PROPUESTO			7.51000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C003	
Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0 - 2m		UNIDAD:		m3	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	9.57500	0.47875	1.00000	0.47875
SUBTOTAL M:					0.47875
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (E. Oc. E2)	2.00000	3.83000	7.66000	1.25000	9.57500
SUBTOTAL N:					9.57500
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
SUBTOTAL O:					
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
TOTAL COSTO DIRECTO					10.05375
COSTO INDIRECTO			12%		1.20645
UTILIDADES			8%		0.80430
COSTO TOTAL DEL RUBRO					12.06450
VALOR PROPUESTO					12.06000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C004
Relleno compactado con suelo natural				UNIDAD:	m3
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Plancha vibroapisonadora	1.00000	6.00000	6.00000	0.35000	2.10000
SUBTOTAL M:					2.10000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.64516	0.27677
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.64516	2.47097
Operador de equipo liviano (E. Oc. D2)	0.50000	4.29000	2.14500	0.64516	1.38387
SUBTOTAL N:					4.13161
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Agua	m3	0.03000	0.85000	0.02550	
SUBTOTAL O:					0.02550
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		6.25711	
		COSTO INDIRECTO		12%	
		UTILIDADES		8%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		7.50854	
		VALOR PROPUESTO		7.51000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C005
Válvula de compuerta H.F. D=110mm (inc. accesorios)				UNIDAD:	u
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.30000	0.43000	1.25000	0.53750
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	1.25000	4.83750
Ayudante de plomero (E. Oc. E2)	2.00000	3.83000	7.66000	1.25000	9.57500
SUBTOTAL N:					14.95000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Válvula de compuerta H.F. D=110mm (inc. accesorios)	u	1.00000	114.50000	114.50000	
Teflón	u	0.70000	0.41250	0.28875	
Permatex (tubo peq.)	u	0.40000	1.33500	0.53400	
SUBTOTAL O:					115.32275
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		130.27275
			COSTO INDIRECTO %	12%	15.63273
			UTILIDADES %	8%	10.42182
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		156.32730
			VALOR PROPUESTO		156.33000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C006
Tubería PVC D=110mm desagüe NTE INEN 1374				UNIDAD:	ml
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	5.41933	0.27097	1.00000	0.27097
SUBTOTAL M:					0.27097
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.66667	0.28600
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.66667	2.58000
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.66667	2.55333
SUBTOTAL N:					5.41933
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tubo PVC 110 mm x 3 mts. de desagüe Plastigama	u	0.33300	14.99000	4.99167	
Polipega	litro	0.00500	15.17000	0.07585	
SUBTOTAL O:					5.06752
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		10.75782	
		COSTO INDIRECTO %		12%	1.29094
		UTILIDADES %		8%	0.86063
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		12.90938	
		VALOR PROPUESTO		12.91000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C007
Hormigón simple f'c: 140 kg/cm2, Replanteo e=5cm				UNIDAD:	m2
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	2.60544	0.13027	0.11111	0.01447
Concretera 1 saco	1.00000	4.48000	4.48000	0.11111	0.49778
Vibrador de manguera	1.00000	4.06000	4.06000	0.11111	0.45111
SUBTOTAL M:					0.96336
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.11111	0.04767
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.11111	0.43000
Peón (E. Oc. E2)	5.00000	3.83000	19.15000	0.11111	2.12778
SUBTOTAL N:					2.60544
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Cemento portland I Q	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	
SUBTOTAL O:					3.66207
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		7.23087	
		COSTO INDIRECTO		12%	0.86770
		UTILIDADES		8%	0.57847
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		8.67705	
		VALOR PROPUESTO		8.68000	

PROYECTO:

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA**

RUBRO:
Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm2 (inc. bomba)

CODIGO: C008
UNIDAD: m3
FECHA: ene-21

ESPECIFICACION:

A.- EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5%	0.05000	15.78900	0.78945	1.00000	0.78945
Vibrador de manguera	1.00000	4.06000	4.06000	1.00000	4.06000

SUBTOTAL M: 4.84945

B.- MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	1.00000	0.42900
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	1.00000	3.87000
Peón (E. Oc. E2)	3.00000	3.83000	11.49000	1.00000	11.49000

SUBTOTAL N: 15.78900

C.- MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	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	1.00000	10.00000	10.00000

SUBTOTAL O: 113.70400

D.- TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL P:

	TOTAL COSTO DIRECTO		134.34245
	COSTO INDIRECTO	12%	16.12109
	UTILIDADES	8%	10.74740
	COSTO TOTAL DEL RUBRO		161.21094
	VALOR PROPUESTO		161.21000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Encofrado y desencofrado recto		CODIGO: C009		UNIDAD: m2	
ESPECIFICACION:		FECHA: ene-21			
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5%	0.05000	10.52600	0.52630	1.00000	0.52630
SUBTOTAL M:					0.52630
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.66667	0.28600
Carpintero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.66667	2.58000
Peón (E. Oc. E2)	3.00000	3.83000	11.49000	0.66667	7.66000
SUBTOTAL N:					10.52600
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Desmoldante de hormigones o aceite quemado	gln	0.30000	0.50000	0.15000	
Tabla dura de encofrado 0.3 m seca y cepillada	u	3.00000	5.50000	16.50000	
Clavos	kg	0.20000	1.33000	0.26600	
Alambre galvanizado #16 - 18	kg	0.10000	1.77000	0.17700	
Alfajía de eucalipto 3x7x250 cm	u	1.00000	0.80000	0.80000	
Piola	rollo	0.01000	1.00000	0.01000	
SUBTOTAL O:					17.90300
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		28.95530
			COSTO INDIRECTO	12%	3.47464
			UTILIDADES	8%	2.31642
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		34.74636
			VALOR PROPUESTO		34.75000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS					
RUBRO: Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm2 (inc. corte y figurado)			CODIGO: C010		
ESPECIFICACION:			UNIDAD: Kg		
			FECHA: ene-21		
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	0.42276	0.02114	1.00000	0.02114
Cizalla para hierro redondo	0.60000	0.20000	0.12000	1.00000	0.12000
SUBTOTAL M:					0.14114
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Fierrero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.05200	0.20124
Ayudante de fierrero (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.05200	0.19916
Inspector de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.30000	0.43000	0.05200	0.02236
SUBTOTAL N:					0.42276
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	1.0500	1.09000	1.14450	
Alambre recocido #18	kg	0.0100	1.60000	0.01600	
SUBTOTAL O:					1.16050
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		1.72440	
		COSTO INDIRECTO		12%	0.20693
		UTILIDADES		8%	0.13795
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		2.06928	
		VALOR PROPUESTO		2.07000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C011
Suministro e intalación de rejillas para desbaste de gruesos				UNIDAD:	u
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1.00000	6.45000	6.45000	1.00000	6.45000
SUBTOTAL M:					6.45000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Instalador general (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	1.50000	5.80500
Inspector de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.30000	0.43000	1.50000	0.64500
SUBTOTAL N:					6.45000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Rejilla de gruesos	u	1.00000	37.10000	37.10000	
SUBTOTAL O:					37.10000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
TOTAL COSTO DIRECTO					50.00000
COSTO INDIRECTO			12%		6.00000
UTILIDADES			8%		4.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					60.00000
VALOR PROPUESTO					60.00000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C012
Suministro e intalación de rejillas para desbaste de finos				UNIDAD:	u
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1.00000	6.45000	6.45000	1.00000	6.45000
SUBTOTAL M:					6.45000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Instalador general (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	1.50000	5.80500
Inspector de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.30000	0.43000	1.50000	0.64500
SUBTOTAL N:					6.45000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Rejilla de finos	u	1.00000	32.10000	32.10000	
SUBTOTAL O:					32.10000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		45.00000
			COSTO INDIRECTO	12%	5.40000
			UTILIDADES	8%	3.60000
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		54.00000
			VALOR PROPUESTO		54.00000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C013
Enlucido vertical liso interior, Mortero 1:3 con impermeabilizante				UNIDAD:	m2
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	5.69100	0.28455	1.00000	0.28455
SUBTOTAL M:					0.28455
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra (E. Oc. C1)	0.10000	4.30000	0.43000	0.70000	0.30100
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.70000	2.70900
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.70000	2.68100
SUBTOTAL N:					5.69100
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Cemento portland I Q	saco	0.26000	7.08804	1.84289	
Arena gruesa	m3	0.03000	13.75000	0.41250	
Agua	m3	0.01500	0.90179	0.01353	
Aditivo impermeabilizante	kg	0.30000	0.90000	0.27000	
SUBTOTAL O:					2.53892
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			8.51447
		COSTO INDIRECTO	12%		1.02174
		UTILIDADES	8%		0.68116
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			10.21736
		VALOR PROPUESTO			10.22000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Caja de revisión de ladrillo mambrón 60x60x60 m con tapa de H.A.		CODIGO:		C014	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		u	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	19.10315	0.95516	1.00000	0.95516
SUBTOTAL M:					0.95516
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	2.35000	1.00815
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	2.35000	9.09450
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	2.35000	9.00050
SUBTOTAL N:					19.10315
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Cemento 50 Kg	saco	0.50000	7.02000	3.51000	
Arena	m3	0.05000	13.50000	0.67500	
Agua	m3	0.06000	0.95000	0.05700	
Acero de refuerzo	kg	7.00000	1.09000	7.63000	
Ladrillo mambrón (29X13X07)	u	85.00000	0.35000	29.75000	
Ripio	m3	0.04000	18.00000	0.72000	
Ángulo 25x4mm, peso=8.74 kg	6 m	1.25000	11.31000	14.13750	
SUBTOTAL O:					56.47950
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		76.53781
			COSTO INDIRECTO	12%	9.18454
			UTILIDADES	8%	6.12302
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		91.84537
			VALOR PROPUESTO		91.85000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C015
Excavación H>6m a máquina (excavadora)				UNIDAD:	m3
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Excavadora de oruga	1.00000	45.00000	45.00000	0.15000	6.75000
Herramienta menor 5% MO	0.05000	2.05904	0.10295	1.00000	0.10295
SUBTOTAL M:					6.85295
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.16500	0.07079
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.16500	0.63195
Operador de retroexcavadora (E. Oc. C1)	1.00000	4.29000	4.29000	0.16500	0.70785
Ayudante de maquinaria (E. Oc. D2)	1.00000	3.93000	3.93000	0.16500	0.64845
SUBTOTAL N:					2.05904
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
SUBTOTAL O:					
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		8.91199
			COSTO INDIRECTO	12%	1.06944
			UTILIDADES	8%	0.71296
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		10.69438
			VALOR PROPUESTO		10.69000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Hormigón premezclado f'c: 210 kg/cm2 (inc. bomba)		CODIGO:	C016		
ESPECIFICACION:		UNIDAD:	m3		
		FECHA:	ene-21		
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5%	0.05000	15.78900	0.78945	1.00000	0.78945
Vibrador de manguera	1.00000	4.06000	4.06000	1.00000	4.06000
SUBTOTAL M:					4.84945
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	1.00000	0.42900
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	1.00000	3.87000
Peón (E. Oc. E2)	3.00000	3.83000	11.49000	1.00000	11.49000
SUBTOTAL N:					15.78900
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
H. premezclado 210 kg/cm2-13cm-28d HOLCIM	m3	1.05000	84.78000	89.01900	
100N Plastificante reductor de agua	kg	0.30000	1.77000	0.53100	
Bomba estacionaria (45m tubería) HOLCIM	u	1.00000	10.00000	10.00000	
SUBTOTAL O:					99.55000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		120.18845	
		COSTO INDIRECTO		12%	14.42261
		UTILIDADES		8%	9.61508
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		144.22614	
		VALOR PROPUESTO		144.23000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C017
Caja de revisión de ladrillo mamparrón 110x110x100 m con tapa de H.A.				UNIDAD:	u
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	20.32250	1.01613	1.00000	1.01613
SUBTOTAL M:					1.01613
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	2.50000	1.07250
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	2.50000	9.67500
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	2.50000	9.57500
SUBTOTAL N:					20.32250
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Cemento 50 Kg	saco	0.80000	7.02000	5.61600	
Arena	m3	0.05850	13.50000	0.78975	
Agua	m3	0.07020	0.95000	0.06669	
Acero de refuerzo	kg	8.19000	1.09000	8.92710	
Ladrillo mamparrón (29X13X07)	u	114.00000	0.35000	39.90000	
Ripio	m3	0.08000	18.00000	1.44000	
Ángulo 25x4mm, peso=8.74 kg	6 m	1.46250	11.31000	16.54088	
SUBTOTAL O:					73.28042
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		94.61904	
		COSTO INDIRECTO		12%	11.35428
		UTILIDADES		8%	7.56952
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		113.54285	
		VALOR PROPUESTO		113.54000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Codo PVC 90°D=110mm desagüe		CODIGO: C018		UNIDAD: u	
ESPECIFICACION:		FECHA: ene-21			
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	2.23300	0.11165	0.15000	0.01675
SUBTOTAL M:					0.01675
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.29000	1.12230
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.29000	1.11070
SUBTOTAL N:					2.23300
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Codo PVC 110mm. X 90 grados desagüe PLASTIGAMA	u	1.00000	4.22000	4.22000	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	33.14000	0.03314	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	54.82000	0.05482	
SUBTOTAL O:					4.30796
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			6.55771
		COSTO INDIRECTO		12%	0.78692
		UTILIDADES		8%	0.52462
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			7.86925
		VALOR PROPUESTO			7.87000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Codo PVC 45°D=110mm desagüe		CODIGO: C019		UNIDAD: u	
ESPECIFICACION:		FECHA: ene-21			
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	2.23300	0.11165	0.15000	0.01675
SUBTOTAL M:					0.01675
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.29000	1.12230
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.29000	1.11070
SUBTOTAL N:					2.23300
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Codo PVC 110mm. X 45 grados desagüe PLASTIGAMA	u	1.00000	5.73000	5.73000	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	33.14000	0.03314	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	54.82000	0.05482	
SUBTOTAL O:					5.81796
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			8.06771
		COSTO INDIRECTO		12%	0.96812
		UTILIDADES		8%	0.64542
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			9.68125
		VALOR PROPUESTO			9.68000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Tee PVC D=110mm desagüe		CODIGO:		C020	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		u	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	2.23300	0.11165	0.15000	0.01675
SUBTOTAL M:					0.01675
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.29000	1.12230
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.29000	1.11070
SUBTOTAL N:					2.23300
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tee PVC 110mm desagüe PLASTIDOR	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 Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	54.82000	0.05482	
SUBTOTAL O:					3.81796
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			6.06771
		COSTO INDIRECTO		12%	0.72812
		UTILIDADES		8%	0.48542
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			7.28125
		VALOR PROPUESTO			7.28000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C021	
Tubería PVC D=200mm desagüe NTE INEN 1374		UNIDAD:		ml	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	1.62580	0.08129	1.00000	0.08129
SUBTOTAL M:					0.08129
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.20000	0.08580
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.20000	0.77400
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.20000	0.76600
SUBTOTAL N:					1.62580
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tubo PVC 200 mm x 6 mts. de desagüe Plastigama	u	0.16667	94.21000	15.70167	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3.785cc	0.00220	33.14000	0.07291	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3.785cc	0.00220	54.82000	0.12060	
SUBTOTAL O:					15.89518
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		17.60227	
		COSTO INDIRECTO %		12%	2.11227
		UTILIDADES %		8%	1.40818
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		21.12272	
		VALOR PROPUESTO		21.12000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Codo PVC 90°D=200mm desagüe		CODIGO: C022		UNIDAD: u	
ESPECIFICACION:		FECHA: ene-21			
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	2.23300	0.11165	0.15000	0.01675
SUBTOTAL M:					0.01675
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.29000	1.12230
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.29000	1.11070
SUBTOTAL N:					2.23300
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Codo PVC 200mm. X 90 grados desagüe PLASTIGAMA	u	1.00000	17.36000	17.36000	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	33.14000	0.03314	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	54.82000	0.05482	
SUBTOTAL O:					17.44796
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			19.69771
		COSTO INDIRECTO		12%	2.36372
		UTILIDADES		8%	1.57582
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			23.63725
		VALOR PROPUESTO			23.64000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Codo PVC 45°D=200mm desagüe		CODIGO: C023		UNIDAD: u	
ESPECIFICACION:		FECHA: ene-21			
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	2.23300	0.11165	0.15000	0.01675
SUBTOTAL M:					0.01675
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.29000	1.12230
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.29000	1.11070
SUBTOTAL N:					2.23300
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Codo PVC 200mm. X 45 grados desagüe PLASTIGAMA	u	1.00000	21.87400	21.87400	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	33.14000	0.03314	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	54.82000	0.05482	
SUBTOTAL O:					21.96196
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		24.21171
			COSTO INDIRECTO	12%	2.90540
			UTILIDADES	8%	1.93694
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		29.05405
			VALOR PROPUESTO		29.05000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Tee PVC D=200mm desagüe		CODIGO:		C024	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		u	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	2.23300	0.11165	0.15000	0.01675
SUBTOTAL M:					0.01675
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.29000	1.12230
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.29000	1.11070
SUBTOTAL N:					2.23300
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tee PVC 200mm desagüe PLASTIDOR	u	1.00000	39.20000	39.20000	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	33.14000	0.03314	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	54.82000	0.05482	
SUBTOTAL O:					39.28796
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		41.53771	
		COSTO INDIRECTO		12%	4.98452
		UTILIDADES		8%	3.32302
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		49.84525	
		VALOR PROPUESTO		49.85000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C025	
Yee PVC D=200mm desagüe		UNIDAD:		u	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	2.23300	0.11165	0.15000	0.01675
SUBTOTAL M:					0.01675
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.29000	1.12230
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.29000	1.11070
SUBTOTAL N:					2.23300
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	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	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3.785cc	0.00100	54.82000	0.05482	
SUBTOTAL O:					26.58796
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		28.83771	
		COSTO INDIRECTO		12%	
		UTILIDADES		8%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		34.60525	
		VALOR PROPUESTO		34.61000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C026
Válvula de compuerta H.F. D=200mm (inc. accesorios)				UNIDAD:	u
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.30000	0.43000	1.25000	0.53750
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	1.25000	4.83750
Ayudante de plomero (E. Oc. E2)	2.00000	3.83000	7.66000	1.25000	9.57500
SUBTOTAL N:					14.95000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	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	
SUBTOTAL O:					260.82275
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO	275.77275	
			COSTO INDIRECTO %	12%	33.09273
			UTILIDADES %	8%	22.06182
			COSTO TOTAL DEL RUBRO	330.92730	
			VALOR PROPUESTO	330.93000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C027
Tubería HG 3" hasta H=3m (inc. accesorios)				UNIDAD:	ml
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	4.06450	0.20323	1.00000	0.20323
SUBTOTAL M:					0.20323
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.50000	0.21450
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.50000	1.93500
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.50000	1.91500
SUBTOTAL N:					4.06450
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tubo HG ASTM A-53 3"x6m	u	0.16667	161.46000	26.91000	
Codo HG 45° 3"	u	0.10000	21.21000	2.12100	
Unión HG 3"	u	0.10000	11.37000	1.13700	
Anclaje para tubería 3"	u	0.10000	1.50000	0.15000	
Tee HG 3"	u	0.10000	26.67000	2.66700	
Permatex 11 onz	tbo	0.05000	4.89000	0.24450	
Cinta 1 teflón 12 mm x 10 m C/carrete PLASTIGAMA	u	0.50000	0.42000	0.21000	
SUBTOTAL O:					33.43950
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		37.70723	
		COSTO INDIRECTO %		12%	4.52487
		UTILIDADES %		8%	3.01658
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		45.24867	
		VALOR PROPUESTO		45.25000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Válvula de pie con coladera 3"		CODIGO:		C028	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		u	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.30000	0.43000	1.25000	0.53750
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	1.25000	4.83750
Ayudante de plomero (E. Oc. E2)	2.00000	3.83000	7.66000	1.25000	9.57500
SUBTOTAL N:					14.95000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Válvula de pie con coladera 3" bronce	u	1.00000	39.00000	39.00000	
Teflón	u	0.70000	0.41250	0.28875	
Permatex (tubo peq.)	u	0.40000	1.33500	0.53400	
SUBTOTAL O:					39.82275
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO	54.77275	
			COSTO INDIRECTO %	12%	6.57273
			UTILIDADES %	8%	4.38182
			COSTO TOTAL DEL RUBRO	65.72730	
			VALOR PROPUESTO	65.73000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C029
Tubería HG 2" hasta H=3m (inc. accesorios)				UNIDAD:	ml
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	2.03225	0.10161	1.00000	0.10161
SUBTOTAL M:					0.10161
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.25000	0.10725
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.25000	0.96750
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.25000	0.95750
SUBTOTAL N:					2.03225
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tubo HG ASTM A-53 2"x6m	u	0.18000	71.16000	12.80880	
Codo HG 90° 2"	u	0.10000	5.41000	0.54100	
Unión HG 2"	u	0.10000	3.86000	0.38600	
Tee HG 2"	u	0.10000	10.82000	1.08200	
Cinta 1 teflón 12 mm x 10 m C/carrete PLASTIGAMA	u	0.10000	0.42000	0.04200	
SUBTOTAL O:					14.85980
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		16.99366	
		COSTO INDIRECTO %		12%	2.03924
		UTILIDADES %		8%	1.35949
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		20.39240	
		VALOR PROPUESTO		20.39000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C030	
Válvula de retención 2"		UNIDAD:		u	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.30000	0.43000	1.25000	0.53750
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	1.25000	4.83750
Ayudante de plomero (E. Oc. E2)	2.00000	3.83000	7.66000	1.25000	9.57500
SUBTOTAL N:					14.95000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Válvula de retención 2"	u	1.00000	38.00000	38.00000	
Teflón	u	0.70000	0.41250	0.28875	
Permatex (tubo peq.)	u	0.40000	1.33500	0.53400	
SUBTOTAL O:					38.82275
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		53.77275
			COSTO INDIRECTO %	12%	6.45273
			UTILIDADES %	8%	4.30182
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		64.52730
			VALOR PROPUESTO		64.53000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C031	
Bomba HCl.100T HASA		UNIDAD:		u	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	34.40325	1.72016	1.00000	1.72016
SUBTOTAL M:					1.72016
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.29000	0.42900	1.75000	0.75075
Plomero (E. Oc. D2)	2.00000	3.87000	7.74000	1.75000	13.54500
Ayudante de plomero (E. Oc. E2)	3.00000	3.83000	11.49000	1.75000	20.10750
SUBTOTAL N:					34.40325
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Bomba HCl.100T HASA @0.7 HP 110/220V 60Hz	u	1.00000	220.00000	220.00000	
SUBTOTAL O:					20.00000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		256.12341	
		COSTO INDIRECTO %		12%	
		UTILIDADES %		8%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		307.3481	
		VALOR PROPUESTO		307.35	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C032
Impermeabilización con geomembrana e=1.5mm				UNIDAD:	m2
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	3.23600	0.16180	1.00000	0.16180
SUBTOTAL M:					0.16180
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (E. Oc. B3)	0.10000	4.30000	0.43000	0.40000	0.17200
Peón (E. Oc. E2)	2.00000	3.83000	7.66000	0.40000	3.06400
SUBTOTAL N:					3.23600
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Geomalla polietileno 1.5mm	m2	1.05000	3.00000	3.15000	
SUBTOTAL O:					3.15000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
TOTAL COSTO DIRECTO					6.54780
COSTO INDIRECTO			12%		0.78574
UTILIDADES			8%		0.52382
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7.85736
VALOR PROPUESTO					7.86000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C033	
Implantación de vegetación (Juncos)		UNIDAD:		u	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	0.51333	0.02567	0.50000	0.01283
SUBTOTAL M:					0.01283
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil (E. Oc. E2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.06667	0.25800
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.06667	0.25533
SUBTOTAL N:					0.51333
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Agua	m3	0.01000	0.85000	0.00850	
Planta Juncos (Scirpus Sp)	u	1.00000	1.85000	1.85000	
SUBTOTAL O:					1.85850
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		2.38467
			COSTO INDIRECTO	12%	0.28616
			UTILIDADES	8%	0.19077
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		2.86160
			VALOR PROPUESTO		2.86000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C034	
Relleno con grava 128 mm		UNIDAD:		m3	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.60000	2.29800
Albañil (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.20000	0.77400
SUBTOTAL N:					3.07200
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Piedra bola 128 mm	m3	1.00000	20.50000	20.50000	
SUBTOTAL O:					20.50000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
TOTAL COSTO DIRECTO					23.57200
COSTO INDIRECTO			12%		2.82864
UTILIDADES			8%		1.88576
COSTO TOTAL DEL RUBRO					28.28640
VALOR PROPUESTO					28.29000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C035	
Relleno con grava 32 mm		UNIDAD:		m3	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.60000	2.29800
Albañil (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.20000	0.77400
SUBTOTAL N:					3.07200
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Piedra #4 (32 mm)	m3	1.00000	17.00000	17.00000	
SUBTOTAL O:					17.00000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
TOTAL COSTO DIRECTO					20.07200
COSTO INDIRECTO			12%		2.40864
UTILIDADES			8%		1.60576
COSTO TOTAL DEL RUBRO					24.08640
VALOR PROPUESTO					24.09000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C036
Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora				UNIDAD:	m3
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Excavadora de oruga	1.00000	47.00000	47.00000	0.05700	2.67900
Herramienta menor 5% MO	0.05000	0.81737	0.04087	1.00000	0.04087
SUBTOTAL M:					2.71987
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO U./H	COSTO T./H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.06550	0.02810
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.06550	0.25087
Operador de retroexcavadora (E. Oc. C1)	1.00000	4.29000	4.29000	0.06550	0.28100
Ayudante de maquinaria (E. Oc. D2)	1.00000	3.93000	3.93000	0.06550	0.25742
SUBTOTAL N:					0.81737
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
SUBTOTAL O:					
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			3.53724
		COSTO INDIRECTO		12%	0.42447
		UTILIDADES		8%	0.28298
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			4.24469
		VALOR PROPUESTO			4.24000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Cama de arena H=10cm		CODIGO:		C037	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		m2	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Compactador mecánico	1.00000	6.25000	6.25000	0.07000	0.43750
Herramienta menor 5% MO	0.05000	0.56903	0.02845	1.00000	0.02845
SUBTOTAL M:					0.46595
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.07000	0.03003
Albañil (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.07000	0.27090
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.07000	0.26810
SUBTOTAL N:					0.56903
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Arena	m3	0.10300	13.50000	1.39050	
SUBTOTAL O:					1.39050
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		2.42548	
		COSTO INDIRECTO		12%	
		UTILIDADES		8%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		2.91058	
		VALOR PROPUESTO		2.91000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Tubería perforada anillada D=110mm		CODIGO: C038		UNIDAD: ml	
ESPECIFICACION:		FECHA: ene-21			
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0.05000	5.41933	0.27097	1.00000	0.27097
SUBTOTAL M:					0.27097
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Ec. Oc. C1)	0.10000	4.29000	0.42900	0.66667	0.28600
Plomero (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.66667	2.58000
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.66667	2.55333
SUBTOTAL N:					5.41933
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Tubo perforado 110 mm x 3 mts NOVAFORT	u	0.33300	6.05000	2.01465	
Polipega	litro	0.00500	15.17000	0.07585	
SUBTOTAL O:					2.09050
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		7.78080	
		COSTO INDIRECTO %		12%	
		UTILIDADES %		8%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		9.33696	
		VALOR PROPUESTO		9.34000	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C039	
Relleno con grava 3/4"		UNIDAD:		m3	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón (E. Oc. E2)	1.00000	3.83000	3.83000	0.60000	2.29800
Albañil (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.20000	0.77400
SUBTOTAL N:					3.07200
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Piedra 3/4"	m3	1.00000	17.50000	17.50000	
SUBTOTAL O:					17.50000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		20.57200
			COSTO INDIRECTO	12%	2.46864
			UTILIDADES	8%	1.64576
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		24.68640
			VALOR PROPUESTO		24.69000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Monitoreo y medición de ruido		CODIGO:		C040	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		u	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Equipo para monitoreo (ruido)	1.00000	58.33000	58.33000	1.00000	58.33000
SUBTOTAL M:					58.33000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (E. Oc. B3)	1.00000	4.30000	4.30000	1.00000	4.30000
SUBTOTAL N:					4.30000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
SUBTOTAL O:					
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		62.63000
			COSTO INDIRECTO	12%	7.51560
			UTILIDADES	8%	5.01040
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		75.15600
			VALOR PROPUESTO		75.16000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Monitoreo y medición de polvo		CODIGO:		C041	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		u	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Equipo para monitoreo (polvo)	1.00000	289.42000	289.42000	1.00000	289.42000
SUBTOTAL M:					289.42000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (E. Oc. B3)	1.00000	4.30000	4.30000	1.00000	4.30000
SUBTOTAL N:					4.30000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
SUBTOTAL O:					
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		293.72000
			COSTO INDIRECTO	12%	35.24640
			UTILIDADES	8%	23.49760
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		352.46400
			VALOR PROPUESTO		352.46000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Monitoreo y medición de gases		CODIGO:		C042	
ESPECIFICACION:		UNIDAD:		u	
		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Equipo para monitoreo (gases)	1.00000	331.44000	331.44000	1.00000	331.44000
SUBTOTAL M:					331.44000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra (E. Oc. B3)	1.00000	4.30000	4.30000	1.00000	4.30000
SUBTOTAL N:					4.30000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
SUBTOTAL O:					
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		335.74000
			COSTO INDIRECTO	12%	40.28880
			UTILIDADES	8%	26.85920
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		402.88800
			VALOR PROPUESTO		402.89000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C043	
Control de polvo		UNIDAD:		m3	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Camión cisterna 8 m3, 250 HP	1.00000	25.00000	25.00000	0.05000	1.25000
SUBTOTAL M:					1.25000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Chofer (E. Oc. C2)	1.00000	4.29000	4.29000	0.05000	0.21450
SUBTOTAL N:					0.21450
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Agua	m3	1.00000	0.90000	0.90000	
SUBTOTAL O:					0.90000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
TOTAL COSTO DIRECTO					2.36450
COSTO INDIRECTO			12%		0.28374
UTILIDADES			8%		0.18916
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.83740
VALOR PROPUESTO					2.84000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C044
Capacitación a fiscalizadores y personal				UNIDAD:	u
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Computadora	1.00000	45.00000	45.00000	1.00000	45.00000
SUBTOTAL M:					45.00000
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Capacitador	1.00000	293.66000	293.66000	1.00000	293.66000
SUBTOTAL N:					293.66000
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Reglamento de seguridad actualizado	u	1.00000	0.84000	0.84000	
SUBTOTAL O:					0.84000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO			339.50000
		COSTO INDIRECTO	12%	40.74000	
		UTILIDADES	8%	27.16000	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			407.40000
		VALOR PROPUESTO			407.40000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Instructivos ambientales		CODIGO: C045		UNIDAD: u	
ESPECIFICACION:		FECHA: ene-21			
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL N:					
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO
Hojas volantes	1.00000	u	1.00000	0.21000	0.21000
SUBTOTAL O:					0.21000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		0.21000
			COSTO INDIRECTO	12%	0.02520
			UTILIDADES	8%	0.01680
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		0.25200
			VALOR PROPUESTO		0.25000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:		CODIGO:		C046	
Equipo de seguridad industrial para trabajadores		UNIDAD:		gbl	
ESPECIFICACION:		FECHA:		ene-21	
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL N:					
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
EPP para personal	u	1.00000	677.84000	677.84000	
SUBTOTAL O:				677.84000	
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
TOTAL COSTO DIRECTO					677.84000
COSTO INDIRECTO			12%		81.34080
UTILIDADES			8%		54.22720
COSTO TOTAL DEL RUBRO					813.40800
VALOR PROPUESTO					813.41000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO:				CODIGO:	C047
Cintas de demarcación de áreas de trabajo				UNIDAD:	m
ESPECIFICACION:				FECHA:	ene-21
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL M:					
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Personal de seguridad	1.00000	3.83000	3.83000	0.12000	0.45960
SUBTOTAL N:					0.45960
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Cinta de peligro color amarillo	m	1.00000	0.15000	0.15000	
Cinta de peligro color rojo	m	1.00000	0.15000	0.15000	
SUBTOTAL O:					0.30000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
			TOTAL COSTO DIRECTO		0.75960
			COSTO INDIRECTO	12%	0.09115
			UTILIDADES	8%	0.06077
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		0.91152
			VALOR PROPUESTO		0.91000

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:		ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
RUBRO: Letrero (0.6X1.2M), H=2m		CODIGO: C048		UNIDAD: u	
ESPECIFICACION:		FECHA: ene-21			
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% MO	0.05000	7.75200	0.38760	1.00000	0.38760
SUBTOTAL M:					0.38760
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra (E. Oc. C1)	1.00000	4.29000	4.29000	0.95000	4.07550
Ayudante de perforador (E. Oc. D2)	1.00000	3.87000	3.87000	0.95000	3.67650
SUBTOTAL N:					7.75200
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Letrero (0.6X1.2M), H=2m	u	1.00000	120.00000	120.00000	
SUBTOTAL O:					120.00000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					
		TOTAL COSTO DIRECTO		128.13960	
		COSTO INDIRECTO		12%	15.37675
		UTILIDADES		8%	10.25117
		COSTO TOTAL DEL RUBRO		153.76752	
		VALOR PROPUESTO		153.77000	

5.3 Descripción de cantidades de obra

Las cantidades de obra se las clasifica de acuerdo con las etapas de trabajo a realizarse.

5.3.1 Obras preliminares

Replanteo y nivelación:

Se utilizó el software AutoCAD para obtener el área en la cual se tendrá que replantear y nivelar el terreno:

$$A = 5992.07 \text{ m}^2$$

Excavación:

Se utilizó el método de prismoides para obtener el volumen.

$$V = \frac{d}{6} \cdot (A_1 + 4 \cdot A_m + A_2) \quad (5.1)$$

Siendo:

V = Volumen

d = distancia entre áreas

A_1 = área número 1

A_m = área intermedia

A_2 = área número 2

Se obtuvieron 5 áreas de excavación por medio de AutoCAD, con sus respectivas separaciones entre áreas indicadas a continuación:

$$A_1 = 115.52 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 101.41 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 95.75 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 87.75 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 119.44 \text{ m}^2$$

$$L_{1-2} = 23.88 \text{ m}$$

$$L_{2-3} = 22.62 \text{ m}$$

$$L_{3-4} = 22.50 \text{ m}$$

$$L_{4-5} = 22.00 \text{ m}$$

$$L_{1-3} = L_{1-2} + L_{2-3} = 23.88 \text{ m} + 22.62 \text{ m} = 46.50 \text{ m}$$

$$L_{3-5} = L_{3-4} + L_{4-5} = 22.50 \text{ m} + 22.00 \text{ m} = 44.50 \text{ m}$$

$$V_1 = \frac{L_{1-3}}{6} \cdot (A_1 + 4 \cdot A_2 + A_3) = \frac{46.50 \text{ m}}{6} \cdot (115.52 \text{ m}^2 + 4 \cdot 101.41 \text{ m}^2 + 95.75 \text{ m}^2)$$

<u>Desarenador</u> $A_1 = 2.10 \text{ m}^2$ $A_2 = 7.87 \text{ m}^2$ Volumen del fondo: $V_1 = A_1 \cdot 1.15 \text{ m} = 2.42 \text{ m}^3$ Volumen de paredes: $V_2 = A_2 \cdot 0.20 \text{ m} = 3.15 \text{ m}^3$	$V_d = V_1 + V_2 = 5.56 \text{ m}^3$
Encofrado	$A = A_c + A_d = 44.84 \text{ m}^2$
<u>Canal de desbaste</u> $A_1 = 2.45 \text{ m}^2 \cdot 2 = 4.9 \text{ m}^2$ $A_2 = 0.35 \text{ m} \cdot 0.50 \text{ m} = 0.18 \text{ m}^2$ $A_3 = 0.15 \text{ m} \cdot 6.5 \text{ m} \cdot 2 = 1.95 \text{ m}^2$	$A_c = A_1 + A_2 + A_3 = 7.03 \text{ m}^2$
<u>Desarenador</u> $A_1 = 9.97 \text{ m}^2 \cdot 2 = 19.94 \text{ m}^2$ $A_2 = 1.20 \text{ m} \cdot 1.15 \text{ m} = 1.38 \text{ m}^2$ $A_3 = 7.87 \text{ m}^2 \cdot 2 = 15.74 \text{ m}^2$ $A_4 = 1 \text{ m} \cdot 0.75 \text{ m} = 0.75 \text{ m}^2$	$A_d = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 37.81 \text{ m}^2$
Acero de refuerzo $Cuantía = 41.796 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $Acero = V_{\text{Hormigón}} \cdot Cuantía$ $Acero = 6.44 \text{ m}^3 \cdot 41.796 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$Acero = 269.17 \text{ kg}$
Rejilla para desbaste de gruesos	1
Rejilla para desbaste de finos	1
Enlucido	$A = A_c + A_d = 48.39 \text{ m}^2$
<u>Canal de desbaste</u> $A_1 = 2.45 \text{ m}^2 \cdot 2 = 4.9 \text{ m}^2$ $A_2 = 0.20 \text{ m} \cdot 6.50 \text{ m} \cdot 2 = 2.6 \text{ m}^2$ $A_3 = 0.15 \text{ m} \cdot 6.5 \text{ m} \cdot 2 = 1.95 \text{ m}^2$ $A_4 = 1.13 \text{ m}^2$	$A_c = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 10.58 \text{ m}^2$

<u>Desarenador</u> $A_1 = 9.97 \text{ m}^2 \cdot 2 = 19.94 \text{ m}^2$ $A_2 = 1.20 \text{ m} \cdot 1.15 \text{ m} = 1.38 \text{ m}^2$ $A_3 = 7.87 \text{ m}^2 \cdot 2 = 15.74 \text{ m}^2$ $A_4 = 1 \text{ m} \cdot 0.75 \text{ m} = 0.75 \text{ m}^2$ $A_5 = 5.17 \text{ m}^2$	$A_d = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$ $= 37.81 \text{ m}^2$
Caja de revisión (60cmx60cmx60cm)	1
Codo PVC 90° (D = 110mm)	5
Excavación de zanjas para tubería	$V = 3.06 \text{ m}^3$
Cama de arena H=10cm	$A = 10.21 \text{ m}^2$

5.3.3 Tanque Imhoff

Para obtener las cantidades se utilizó el software AutoCAD utilizando las especificaciones y dimensiones que se encuentran en los planos A3 y A7. A su vez se realizaron cálculos auxiliares para algunos rubros los cuales se presentan a continuación:

Rubro	Cantidad
Replanteo y nivelación	$A = 39.88 \text{ m}^2$
Excavación H>6 m	$V = 7.65 \text{ m} \cdot 5.9 \text{ m} \cdot 6.4 \text{ m} = 288.86 \text{ m}^3$
Relleno compactado	$V = 5.26 \text{ m}^2 \cdot 6.4 \text{ m} = 33.66 \text{ m}^3$
Hormigón f'c=140 kg/cm ² , Replanteo e=5cm	$A = 39.88 \text{ m}^2$
Hormigón f'c=210 kg/cm ²	$V = 7.25 \text{ m} \cdot 5.5 \text{ m} \cdot 0.3 \text{ m} = 11.96 \text{ m}^3$
Hormigón f'c=240 kg/cm ² $A_1 = 6.85 \text{ m}^2$ $A_2 = 1.84 \text{ m}^2$ $A_3 = 541.38 \text{ m}^2$ Volumen de paredes y fondo de cámara de digestión: $V_1 = A_1 \cdot 5.5 \text{ m} = 37.68 \text{ m}^3$ Volumen de paredes de cámara de sedimentación: $V_2 = A_2 \cdot 5.5 \text{ m} = 10.12 \text{ m}^3$ Volumen de paredes laterales:	$V = V_1 + V_2 + V_3 = 47.79 \text{ m}^3$

$V_3 = A_3 \cdot 0.25 \text{ m} \cdot 2 = 25.69 \text{ m}^3$	
<p>Encofrado</p> $A_1 = 51.86 \text{ m}^2 \cdot 2 = 103.72 \text{ m}^2$ $A_2 = 6.35 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 4 = 127 \text{ m}^2$ $A_3 = 7.25 \text{ m} \cdot 5.5 \text{ m} \cdot 2 = 79.75 \text{ m}^2$ $A_4 = 7.20 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 2 = 71.9 \text{ m}^2$ $A_5 = 8.2 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 2 = 82 \text{ m}^2$	$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$ $= 464.37 \text{ m}^2$
<p>Acero de refuerzo</p> $Cuantía = 81.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $Acero = V_{\text{Hormigón}} \cdot Cuantía$ $Acero = 47.79 \text{ m}^3 \cdot 81.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$Acero = 3912.02 \text{ kg}$
<p>Enlucido</p> $A_1 = 51.38 \text{ m}^2 \cdot 2 = 102.76 \text{ m}^2$ $A_2 = 27.54 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 2 = 275.4 \text{ m}^2$ $A_3 = 7.2 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 2 = 71.9 \text{ m}^2$ $A_4 = 8.20 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 2 = 82 \text{ m}^2$	$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 532.06 \text{ m}^2$
Válvula de compuerta (D = 110mm)	2
Tubería PVC (D = 110mm)	$L = 21.99 \text{ m}$
Codo PVC 90° (D = 110mm)	5
Codo PVC 45° (D = 110mm)	2
Tee PVC (D = 110mm)	1
Tubería PVC (D = 200mm)	$L = 67.16 \text{ m}$
Codo PVC 90° (D = 200mm)	12
Codo PVC 45° (D = 200mm)	4
Tee PVC (D = 200mm)	4
Yee PVC (D = 200mm)	4
Válvula de compuerta (D = 200mm)	4
Caja de revisión (60cmx60cmx60cm)	6
Caja de revisión (110cmx110cmx110cm)	1

Excavación de zanjas para tubería	$V = 6.73 \text{ m}^3$
Cama de arena	$A = 22.43 \text{ m}^2$

5.3.4 Cárcamo de bombeo

Para obtener las cantidades se utilizó el software AutoCAD utilizando las especificaciones y dimensiones que se encuentran en los planos A3 y A4. A su vez se realizaron cálculos auxiliares para algunos rubros los cuales se presentan a continuación:

Rubro	Cantidad
Replanteo y nivelación	$A = 4 \text{ m}^2$
Excavación H=0-2 m	$V = 2.8 \text{ m} \cdot 2.8 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 23.52 \text{ m}^3$
Relleno compactado	$V = 1.46 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} = 3.48 \text{ m}^3$
Hormigón f'c=140 kg/cm ² , Replanteo e=5cm	$A = 5.76 \text{ m}^2$
Hormigón f'c=240 kg/cm ² $A_1 = 7.95 \text{ m}^2 \cdot 2 = 15.90 \text{ m}^2$ $A_2 = 1.77 \text{ m}^2$ Volumen de paredes laterales: $V_1 = A_1 \cdot 0.15 \text{ m} = 2.39 \text{ m}^3$ Volumen de paredes laterales y fondo de cárcamo: $V_2 = A_2 \cdot 2.4 \text{ m} = 4.24 \text{ m}^3$	$V = V_1 + V_2 = 6.63 \text{ m}^3$
Encofrado $A_1 = 4.17 \text{ m} \cdot 2.4 \text{ m} \cdot 2 = 20.02 \text{ m}^2$ $A_2 = 7.25 \text{ m}^2 \cdot 2 = 14.5 \text{ m}^2$ $A_3 = 5.48 \text{ m}^2 \cdot 2 = 10.96 \text{ m}^2$ $A_4 = 4 \text{ m} \cdot 2.2 \text{ m} \cdot 2 = 17.6 \text{ m}^2$	$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 63.08 \text{ m}^2$
Acero de refuerzo $Cuantía = 41.796 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $Acero = V_{\text{Hormigón}} \cdot Cuantía$ $Acero = 6.63 \text{ m}^3 \cdot 81.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$Acero = 277.23 \text{ kg}$
Enlucido	$A = A_1 + A_2 = 38.35 \text{ m}^2$

$A_1 = 11.54 \text{ m} \cdot 2.2 \text{ m} = 25.39 \text{ m}^2$ $A_2 = 5.48 \text{ m}^2 \cdot 2 = 10.96 \text{ m}^2$	
Tubería de Hierro Galvanizado 3"	$L = 6 \text{ m}$
Válvula de pie con coladera 3"	2
Tubería de Hierro Galvanizado 2"	$L = 145.70 \text{ m}$
Válvula de retención 2"	6
Bomba HCI-100T HASA	3
Excavación de zanjas para tubería	$V = 4.94 \text{ m}^3$
Cama de arena H=10cm	$A = 16.46 \text{ m}^2$

5.3.5 Humedales artificiales

Para obtener las cantidades se utilizó el software AutoCAD utilizando las especificaciones y dimensiones que se encuentran en los planos A3 y A9. A su vez se realizaron cálculos auxiliares para algunos rubros los cuales se presentan a continuación:

Rubro	Cantidad
Replanteo y nivelación	$A = 3913 \text{ m}^2$
<u>Excavación H=0-2 m</u>	
Se utilizó el método de prismoides para obtener el volumen utilizando la ecuación 5.1. Se obtuvieron 5 áreas de excavación por medio de AutoCAD, con sus respectivas separaciones entre áreas indicadas a continuación:	
	$A_1 = 31.10 \text{ m}^2$
	$A_2 = 19.88 \text{ m}^2$
	$A_3 = 17.64 \text{ m}^2$
	$A_4 = 19.47 \text{ m}^2$
	$A_5 = 53.53 \text{ m}^2$
	$L_{1-2} = 23.88 \text{ m}$
	$L_{2-3} = 22.62 \text{ m}$
	$L_{3-4} = 22.50 \text{ m}$
	$L_{4-5} = 22.00 \text{ m}$
	$L_{1-3} = L_{1-2} + L_{2-3} = 23.88 \text{ m} + 22.62 \text{ m} = 46.50 \text{ m}$
	$L_{3-5} = L_{3-4} + L_{4-5} = 22.50 \text{ m} + 22.00 \text{ m} = 44.50 \text{ m}$

$$V_1 = \frac{L_{1-3}}{6} \cdot (A_1 + 4 \cdot A_2 + A_3) = \frac{46.50 \text{ m}}{6} \cdot (31.10 \text{ m}^2 + 4 \cdot 19.88 \text{ m}^2 + 17.64 \text{ m}^2)$$

$$V_1 = 994.02 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{L_{3-5}}{6} \cdot (A_3 + 4 \cdot A_4 + A_5) = \frac{44.50 \text{ m}}{6} \cdot (17.64 \text{ m}^2 + 4 \cdot 19.47 \text{ m}^2 + 53.53 \text{ m}^2)$$

$$V_2 = 1105.45 \text{ m}^3$$

$$V = V_1 + V_2 = 994.02 \text{ m}^3 + 1105.45 \text{ m}^3 = 2088.47 \text{ m}^3$$

Utilizando un coeficiente de esponjamiento igual a 0.8:

$$V = \frac{2088.47 \text{ m}^3}{0.8} = 2624.34 \text{ m}^3$$

Relleno compactado

Se utilizó el método de prismoides para obtener el volumen utilizando la ecuación 5.1. Se obtuvieron 5 áreas de excavación por medio de AutoCAD, con sus respectivas separaciones entre áreas indicadas a continuación:

$$A_1 = 15.47 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 39.39 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 55.94 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 50.12 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 3.91 \text{ m}^2$$

$$L_{1-2} = 23.88 \text{ m}$$

$$L_{2-3} = 22.62 \text{ m}$$

$$L_{3-4} = 22.50 \text{ m}$$

$$L_{4-5} = 22.00 \text{ m}$$

$$L_{1-3} = L_{1-2} + L_{2-3} = 23.88 \text{ m} + 22.62 \text{ m} = 46.50 \text{ m}$$

$$L_{3-5} = L_{3-4} + L_{4-5} = 22.50 \text{ m} + 22.00 \text{ m} = 44.50 \text{ m}$$

$$V_1 = \frac{L_{1-3}}{6} \cdot (A_1 + 4 \cdot A_2 + A_3) = \frac{46.50 \text{ m}}{6} \cdot (15.47 \text{ m}^2 + 4 \cdot 39.39 \text{ m}^2 + 55.94 \text{ m}^2)$$

$$V_1 = 1774.52 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{L_{3-5}}{6} \cdot (A_3 + 4 \cdot A_4 + A_5) = \frac{44.50 \text{ m}}{6} \cdot (55.94 \text{ m}^2 + 4 \cdot 50.12 \text{ m}^2 + 3.91 \text{ m}^2)$$

$$V_2 = 1930.78 \text{ m}^3$$

$$V = V_1 + V_2 = 1774.52 \text{ m}^3 + 1930.78 \text{ m}^3 = 3705.29 \text{ m}^3$$

Utilizando un coeficiente de compactación igual a 1.1:

$$V = 3705.29 \text{ m}^3 \cdot 1.1 = 4075.83 \text{ m}^3$$

Impermeabilización con membrana

$$A = 4379.76 \text{ m}^2$$

<p><u>Vegetación (juncos)</u></p> <p>Del plano A9 se observa que por humedal se deben plantar 722 juncos.</p>	$Juncos = 722 * 4 = 2888 u$
<p><u>Relleno con grava (D = 128mm)</u></p> <p>De un humedal se obtiene un área en planta:</p> $A_p = (2 * 21 * 0.75) + (2 * 40.5 * 0.75)$ $A_p = 92.25 m^2$ <p>Volumen en un humedal:</p> $V_{hum} = A_p * 0.55 m = 50.74 m^3$ <p>Volumen total:</p> $V_t = V_{hum} * 4$	$V_t = 202.95 m^3$
<p><u>Relleno con grava (D = 32mm)</u></p> <p>De un humedal se obtiene un área transversal $A_t = 20.9 m^2$</p> <p>Volumen en un humedal:</p> $V_{hum} = A_t * 19.5 m = 407.55 m^3$ <p>Volumen total:</p> $V_t = V_{hum} * 4$	$V_t = 1630.2 m^3$
<p><u>Excavación de zanjas</u></p> <p>Para colocación de tubería:</p> $V_1 = 11.86 m^3$ <p>Para zona de anclaje de membrana:</p> $V_2 = (2 * 22 * 0.5 * 0.5) + (2 * 43 * 0.5 * 0.5)$ $V_2 = 32.5 m^3$	$V = V_1 + V_2 = 44.36 m^3$
<p><u>Cama de arena H=10cm</u></p> <p>Para colocación de tubería:</p> $A_1 = 39.52 m^2$ <p>Para base de un humedal:</p> $A_{hum} = 39.26 m * 21 m = 824.46 m^2$ <p>Para base de los humedales en total:</p> $A_2 = A_{hum} * 4 = 3297.84$	$A = A_1 + A_2 = 3337.36 m^2$
<p>Tubería PVC (D = 110mm)</p>	$L = 84.24 m$

Tubería PVC perforada (D = 110mm)	$L = 168 \text{ m}$
Tee PVC (D = 110mm)	12

5.3.6 Lechos de secado

Para obtener las cantidades se utilizó el software AutoCAD utilizando las especificaciones y dimensiones que se encuentran en los planos A3 y A8. A su vez se realizaron cálculos auxiliares para algunos rubros los cuales se presentan a continuación:

Rubro	Cantidad
Replanteo y nivelación	$A = 48 \text{ m}^2$
Excavación H=0-2 m	$V = 4.4 \text{ m} \cdot 6.4 \text{ m} \cdot 2.3 \text{ m} \cdot 2$ $= 129.54 \text{ m}^3$
Relleno compactado	$V = 4.16 \text{ m}^2 \cdot 2.3 \text{ m} \cdot 2 = 24.96 \text{ m}^3$
Hormigón $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$, Replantillo e=5cm	$A = 46 \text{ m}^2$
Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ $A_1 = 2.55 \text{ m}^2$ $A_2 = 8.66 \text{ m}^2$ Volumen de paredes laterales y fondo: $V_1 = A_1 \cdot 4 \text{ m} = 10.2 \text{ m}^3$ Volumen de paredes laterales: $V_2 = A_2 \cdot 0.25 \text{ m} \cdot 2 = 4.33 \text{ m}^3$	$V = 2 \cdot (V_1 + V_2) = 29.06 \text{ m}^3$
Encofrado $A_1 = 8.68 \text{ m}^2 \cdot 2 = 17.36 \text{ m}^2$ $A_2 = 1.5 \text{ m} \cdot 3.5 \text{ m} = 5.25 \text{ m}^2$ $A_3 = 11.21 \text{ m}^2 \cdot 2 = 22.42 \text{ m}^2$ $A_4 = 1.75 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} \cdot 2 = 14 \text{ m}^2$	$A = 2 \cdot (A_1 + A_2 + A_3 + A_4)$ $= 118.06 \text{ m}^2$
Acero de refuerzo $Cuantía = 45.466 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $Acero = V_{\text{Hormigón}} \cdot Cuantía$ $Acero = 29.06 \text{ m}^3 \cdot 45.466 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$Acero = 1321.24 \text{ kg}$
Enlucido	$A = 2 \cdot (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) = 44.59 \text{ m}^2$

$A_1 = 8.68 \text{ m}^2 \cdot 2 = 17.36 \text{ m}^2$ $A_2 = 1.5 \text{ m} \cdot 3.5 \text{ m} = 5.25 \text{ m}^2$ $A_3 = 6.28 \text{ m} \cdot 3.5 \text{ m} = 21.98 \text{ m}^2$	
Relleno con grava	$V = 1.75 \text{ m}^3$
Cama de arena H=10cm	$A = 33.32 \text{ m}^2$
Excavación de zanjas para tubería	$V = 4.75 \text{ m}^3$
Tubería PVC (D = 110mm)	$L = 32.42 \text{ m}$
Tubería PVC perforada (D = 110mm)	$L = 7 \text{ m}$
Codo PVC 90° (D = 110mm)	2
Tee PVC (D = 110mm)	2

5.3.7 Rubros de mitigación de impactos ambientales

Las cantidades utilizadas en esta sección han sido consideradas de acuerdo con la bibliografía revisada en el capítulo 4.

Rubros	Cantidad
Monitorio y medición de ruido	3
Monitoreo y medición de polvo	3
Monitoreo y medición de gases	3
<u>Control de polvo</u> Usando un caudal de limpieza $Q = 2 \frac{L}{m^2}$, se obtiene un volumen para los rociadores de agua.	$V = 5992.07 \text{ m}^2 * 2 \frac{L}{m^2} = 11.98 \text{ m}^3$
<u>Instructivos ambientales</u> Se considerará realizar al menos 2 instructivos por el número de viviendas consideradas para el diseño.	$Cantidad = 2 * 320 = 640 \text{ u}$

5.4 Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental

PRESUPUESTO GENERAL					
COD.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio	Total
1	OBRAS PRELIMINARES				
C001	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	5,992.07	2.05	12,283.74
C002	Excavación H=3 a 4m a máquina/(excavadora)	m ³	11,225.37	7.51	84,302.53
				Suman	96,586.27
PLANTA DE TRATAMIENTO					
2	CANAL DE DESBASTE Y DESARENADOR				
C001	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	12.19	2.05	24.99
C003	Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0 - 2m	m ³	4.57	12.06	55.11
C004	Relleno compactado con suelo natural	m ³	1.49	7.51	11.19
C005	Válvula de compuerta H.F. D=110mm (inc. accesorios)	u	1.00	156.33	156.33
C006	Tubería PVC D=110mm desagüe NTE INEN 1374	ml	20.42	12.91	263.62
C007	Hormigón simple f'c: 140 kg/cm ² , Replanteo e=5cm	m ²	11.65	8.68	101.12
C008	Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm ² (inc. bomba)	m ³	6.44	161.21	1,038.19
C009	Encofrado y desencofrado recto	m ²	44.84	34.75	1,558.19
C010	Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm ² (inc. corte y figurado)	kg	269.17	2.07	557.18
C011	Suministro e instalación de rejillas para desbaste de gruesos	u	1.00	60.00	60.00
C012	Suministro e instalación de rejillas para desbaste de finos	u	1.00	54.00	54.00
C013	Enlucido vertical liso interior, Mortero 1:3 con impermeabilizante	m ²	48.39	10.22	494.55
C014	Caja de revisión de ladrillo mamporrón 60x60x60 m con tapa de H.A.	u	1.00	91.85	91.85
C018	Codo PVC 90°D=110mm desagüe	u	5.00	7.87	39.35
C036	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	m ³	3.06	4.24	12.97
C037	Cama de arena H=10cm	m ²	10.21	2.91	29.71
				Suman	4,548.36
3	TANQUE IMHOFF				
C001	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	39.88	2.05	81.75
C015	Excavación H>6m a máquina (excavadora)	m ³	288.86	10.69	3,087.91
C004	Relleno compactado con suelo natural	m ³	33.66	7.51	252.79
C007	Hormigón simple f'c: 140 kg/cm ² , Replanteo e=5cm	m ²	39.88	8.68	346.16
C016	Hormigón premezclado f'c: 210 kg/cm ² (inc. bomba)	m ³	11.96	144.23	1,724.99
C008	Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm ² (inc. bomba)	m ³	47.79	161.21	7,704.23
C009	Encofrado y desencofrado recto	m ²	464.37	34.75	16,136.86
C010	Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm ² (inc. corte y figurado)	kg	3,912.02	2.07	8,097.88
C013	Enlucido vertical liso interior, Mortero 1:3 con impermeabilizante	m ²	532.06	10.22	5,437.65
C005	Válvula de compuerta H.F. D=110mm (inc. accesorios)	u	2.00	156.33	312.66
C006	Tubería PVC D=110mm desagüe NTE INEN 1374	ml	21.99	12.91	283.89
C018	Codo PVC 90°D=110mm desagüe	u	5.00	7.87	39.35
C019	Codo PVC 45°D=110mm desagüe	u	2.00	9.68	19.36
C020	Tee PVC D=110mm desagüe	u	1.00	7.28	7.28
C021	Tubería PVC D=200mm desagüe NTE INEN 1374	ml	67.16	21.12	1,418.42
C022	Codo PVC 90°D=200mm desagüe	u	12.00	23.64	283.68
C023	Codo PVC 45°D=200mm desagüe	u	4.00	29.05	116.20
C024	Tee PVC D=200mm desagüe	u	4.00	49.85	199.40
C025	Yee PVC D=200mm desagüe	u	4.00	34.61	138.44
C026	Válvula de compuerta H.F. D=200mm (inc. accesorios)	u	4.00	330.93	1,323.72
C014	Caja de revisión de ladrillo mamporrón 60x60x60 m con tapa de H.A.	u	4.00	91.85	367.40
C017	Caja de revisión de ladrillo mamporrón 110x110x100 m con tapa de H.A.	u	1.00	113.54	113.54
C036	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	m ³	6.73	4.24	28.54
C037	Cama de arena H=10cm	m ²	22.43	2.91	65.27
				Suman	47,587.37
4	CÁRCAMO DE BOMBEO				
C001	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	4.00	2.05	8.20
C003	Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0 - 2m	m ³	23.52	12.06	283.65
C004	Relleno compactado con suelo natural	m ³	3.48	7.51	26.13
C007	Hormigón simple f'c: 140 kg/cm ² , Replanteo e=5cm	m ²	5.76	8.68	50.00
C008	Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm ² (inc. bomba)	m ³	6.63	161.21	1,068.82
C009	Encofrado y desencofrado recto	m ²	63.08	34.75	2,192.03
C010	Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm ² (inc. corte y figurado)	kg	277.23	2.07	573.87
C013	Enlucido vertical liso interior, Mortero 1:3 con impermeabilizante	m ²	38.35	10.22	391.94
C027	Tubería HG 3" hasta H=3m (inc. accesorios)	ml	6.00	45.25	271.50
C028	Válvula de pie con coladera 3"	u	2.00	65.73	131.46
C029	Tubería HG 2" hasta H=3m (inc. accesorios)	ml	145.70	20.39	2,970.82

C030	Válvula de retención 2"	u	6.00	64.53	387.18
C031	Bomba HCI.100T HASA	u	3.00	307.35	922.05
C036	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	m ³	4.94	4.24	20.95
C037	Cama de arena H=10cm	m ²	16.46	2.91	47.90
				Suman	8,727.54
5	HUMEDALES ARTIFICIALES				
C001	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	3,913.00	2.05	8,021.65
C003	Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0 - 2m	m ³	2,624.34	12.06	31,649.54
C004	Relleno compactado con suelo natural	m ³	4,075.83	7.51	30,609.48
C032	Impermeabilización con geomembrana e=1.5mm	m ²	4,379.76	7.86	34,424.91
C033	Implantación de vegetación (Juncos)	u	2,888.00	2.86	8,259.68
C034	Relleno con grava D=128mm	m ³	202.95	28.29	5,741.46
C035	Relleno con grava D=32mm	m ³	1,630.20	24.09	39,271.52
C036	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	m ³	44.36	4.24	188.09
C037	Cama de arena H=10cm	m ²	3,337.36	2.91	9,711.72
C021	Tubería PVC D=110mm desagüe NTE INEN 1374	ml	84.24	12.91	1,087.54
C038	Tubería perforada anillada D=110mm	ml	168.00	9.34	1,569.12
C020	Tee PVC D=110mm desagüe	u	12.00	7.28	87.36
				Suman	170,622.06
6	LECHOS DE SECADO				
C001	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	48.00	2.05	98.40
C003	Excavación a mano en suelo sin clasificar H=0 - 2m	m ³	129.54	12.06	1,562.25
C004	Relleno compactado con suelo natural	m ³	24.96	7.51	187.45
C007	Hormigón simple f'c: 140 kg/cm ² , Replanteo e=5cm	m ²	46.00	8.68	399.28
C008	Hormigón premezclado f'c: 240 kg/cm ² (inc. bomba)	m ³	29.06	161.21	4,684.76
C009	Encofrado y desencofrado recto	m ²	118.06	34.75	4,102.59
C010	Acero de refuerzo fy:4200 kg/cm ² (inc. corte y figurado)	kg	1,321.24	2.07	2,734.97
C013	Enlucido vertical liso interior, Mortero 1:3 con impermeabilizante	m ²	43.59	10.22	445.49
C039	Relleno con grava 3/4"	m ³	1.75	24.69	43.21
C037	Cama de arena H=10cm	m ²	33.32	2.91	96.96
C036	Excavación de zanjas a máquina. Equipo: excavadora	m ³	4.75	4.24	20.14
C021	Tubería PVC D=110mm desagüe NTE INEN 1374	ml	32.42	12.91	418.54
C038	Tubería perforada anillada D=110mm	ml	7.00	9.34	65.38
C018	Codo PVC 90°D=110mm desagüe	u	2.00	7.87	15.74
C020	Tee PVC D=110mm desagüe	u	2.00	7.28	14.56
				Suman	14,889.72
7	RUBROS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES				
C040	Monitoreo y medición de ruido	u	3.00	75.16	225.48
C041	Monitoreo y medición de polvo	u	3.00	352.46	1,057.38
C042	Monitoreo y medición de gases	u	3.00	402.89	1,208.67
C043	Control de polvo	m ³	11.98	2.84	34.02
C044	Capacitación a fiscalizadores y personal	u	1.00	407.40	407.40
C045	Instructivos ambientales	u	640.0	0.25	160.00
				Suman	3,092.95
8	SEGURIDAD LABORAL				
C046	Equipo de seguridad industrial para trabajadores	gbl	1.00	813.41	813.41
C047	Cintas de demarcación de áreas de trabajo	ml	312.00	0.91	283.92
C048	Letrero (0.6X1.2M), H=2m	u	1.00	153.77	153.77
				Suman	1,251.10
				SUBTOTAL	347,305.38
				IVA 12%	41,676.65
				TOTAL	388,982.02

Tabla 5.1. Presupuesto General.
Elaborado por: Karen Córdova y Daniel Salazar.

5.5 Cronograma valorado

CAPÍTULO 6

6. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se realizó el diseño hidrosanitario de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales para la urbanización “Plan de Viviendas de Interés Social en el sector Negro Yaco” ubicada en la ciudad de Guaranda. Se implementaron procesos de tratamiento preliminar, primario y secundario para remover los contaminantes de las aguas residuales que producirán 1600 habitantes acorde al número de viviendas total de la urbanización.

Siguiendo el código de práctica ecuatoriano que rige para el diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CPE INEN 5 Parte 9-1), se obtuvo un caudal máximo de diseño de 292.9 m³/d, tomando en cuenta los caudales de origen doméstico, institucional, industrial, comercial y de infiltración.

Se realizaron pruebas de laboratorio a muestras de agua del cauce natural donde se pretende descargar las aguas tratadas, obteniendo los valores de DBO, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, volátiles y fijos, de manera que se verifique el estado actual de la quebrada y la concentración de sus contaminantes.

Además, se diseñaron humedales artificiales para el tratamiento secundario de las aguas residuales y se verificó las concentraciones de distintos parámetros en el efluente, obteniendo como resultado valores menores al límite de descarga de agentes contaminantes para fuentes de agua dulce, que se establece en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA.

Conjuntamente, se realizaron estudios de suelo obteniendo una clasificación SUCS de suelo limo arcilloso para el material de sitio. Con ello, se tomaron parámetros de resistencia representativos para esta clasificación, que permitieron analizar el desempeño de una cimentación rectangular para la estructura de mayor magnitud (tanque Imhoff), cumpliendo con los criterios de carga última admisible y asentamientos máximos según la NEC 2015.

Se realizó un anteproyecto de un estudio de impacto ambiental para las fases de construcción, operación y desalojo de la planta de tratamiento. Mediante la matriz de Leopold se evidenció que la implementación de este proyecto afectaría positivamente a

la comunidad que se va a beneficiar del servicio básico, por lo tanto, se considera un proyecto de carácter prioritario, justificando su costo de construcción.

Finalmente, se elaboró el presupuesto referencial de construcción, tomando en cuenta los rubros correspondientes al plan de manejo ambiental, y se realizó el cronograma valorado de la obra el cual se desarrolla en un periodo estimado de 7 meses.

Recomendaciones

La presente memoria técnica establece los cálculos pertinentes para el correcto funcionamiento de las estructuras hidrosanitarias que componen la planta de tratamiento. Sin embargo, el diseño estructural de los tanques en cuestión no entra en el alcance de este proyecto, por lo que, para el desarrollo de esta alternativa se recomienda realizar las respectivas comprobaciones de resistencia y deformación de las estructuras de hormigón armado.

Cabe recalcar, que debido a la limitación de información de partida, como cotas de diseño del sistema de alcantarillado, caracterización de las aguas residuales y parámetros de resistencia del suelo, los diseños se realizaron en base a consideraciones y datos referenciales. Por lo que, se recomienda con énfasis, estudios de mayor rigor realizados por especialistas, que permitan verificar los resultados obtenidos, por ejemplo: ensayos de penetración estándar del suelo, análisis de estabilidad de taludes, caracterización de aguas residuales de poblaciones vecinales. Debido a esta incertidumbre, es posible que el costo del proyecto varíe dependiendo de la información obtenida de los estudios ya mencionados.

Se obtuvo un volumen de excavación de gran magnitud dado que el terreno es escarpado, por lo que se propone utilizar dicha excavación en la construcción de las viviendas y demás trabajos dentro de la urbanización. Esto es posible porque el material extraído es de buena calidad ya que se ubica a profundidades mayores de 2 metros.

Referente a los mantenimientos, se recomienda la limpieza periódica de los elementos como rejillas, poda de las macrófitas de los humedales, y verificación del funcionamiento correcto del equipo de bombeo. Cada operación y proceso unitario tiene un tiempo de vida útil de 20 años, por lo que posteriormente, se espera una reevaluación de las condiciones de la planta.

Finalmente, en el proceso constructivo, se recomienda el uso de tablaestacados para aquellas profundidades de excavación mayores a 2 metros, ya que al ser un suelo limo

arcilloso las paredes de la zanja son propensas al colapso en condiciones completamente verticales.

BIBLIOGRAFÍA

Akunna, J. C. (2019). *Anaerobic Waste-Water Treatment and Biogas Plants*. Boca Raton: Taylor and Francis Group.

Alarcón, M., Zurita, F., Vidal, G., & Lara, J. (2018). *Humedales de tratamiento: alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. doi:978-958-781-235-0

Andreoli, C. V., Sperling, M. von, & Fernandes, F. (2007). *Sludge Treatment and Disposal*. IWA Publishing.

Ayala, R., & Gonzales, G. (2008). *Apoyo didactico en la enseñanza - Aprendizaje de la asignatura de Plantas de tratamiento de Aguas Residuales*. Universidad Mayor de San Simón.

Azevedo Netto, J. M., & Fernández, M. (2015). *Manual de hidráulica (9na ed.)*. Editora Edgar Blücher Ltda.

Bahadori, A., & Smith, S. (2016). *Dictionary of Environmental Engineering and Wastewater Treatment*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26261-1>

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*. Valencia: Mihma.

CEC. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5 Parte_9-1.pdf

CONAGUA, C. (2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Humedales artificiales*. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario*. Comisión Nacional del Agua. <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS 2015/libros/SGAPDS-1-15-Libro26.pdf>

CPE INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito: Código de Práctica Ecuatoriano.

Crites, R., Middlebrooks, E., Bastian, R., & Reed, S. (2014). *Natural Wastewater Treatment Systems*. Boca Raton: CRC Press.

Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Ciudad de México: Cengage Learning Editores.

Davis, M. (2010). *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*. McGraw-Hill Education.

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua.

Díaz, M. (2019). *Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas*. Ediciones Paraninfo S.A.

EP-EMAPAG. (2021). *EP-EMAPAG: Quiénes somos*. Guaranda, Bolívar, Ecuador. <https://emapag.gob.ec/quienes-somos/>

GAD Guaranda. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2025*. Guaranda: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda.

GADCG, D. de C. del. (2017, August 14). *Alcalde Torres durante videoconferencia con el equipo técnico del MIDUVI, se refirió al proyecto de vivienda para Guaranda*. Guaranda, Bolívar, Ecuador. <http://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/alcalde-torres-videoconferencia-equipo-tecnico-del-miduvi-se-refirio-al-proyecto-vivienda-guaranda/>

García, J., & Corzo, A. (2008). *Depuración con Humedales Construidos. Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial*.

Gómez Rendón, C. P. (2013). *Manejo de aguas residuales en pequeñas comunidades*. Bogotá: Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.

Gómez, I. C. (2000). *Saneamiento Ambiental (Primera)*. Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Guillem, A. (2016). *Gestión de la vegetación para la mejora del hábitat y de la calidad del agua: Alternativas para la valorización de la biomasa vegetal de los humedales artificiales*. España: Fundación Global Nature.

Guzmán, V., Alvarado, N., & Alvarado, E. (2020). *Rasgos culturales de los Chimbus y Guarangas en la provincia de Bolívar*. *Uisrael*, 43-54.

Hidráulica Alsina S.A. (2021). *Catálogo general 2021/22 - Bombas HASA*. Hidráulica Alsina S.A.

Hopcroft, F. J. (2015). *Wastewater Treatment Concepts and Practices*. Momentum Press, LLC. <https://doi.org/10.5643/9781606504871>

IBNORCA. (2004). *Norma Boliviana NB 689 - Instalaciones de agua - Diseños para Sistemas de Agua Potable*. Ministerio Del Agua.

IBNORCA. (2007). *Norma Boliviana NB 688 - Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial*. Ministerio Del Agua.

INAMHI. (2013). *Anuario Meteorológico 2013*. Guaranda: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador.

Interagua. (2015). Manual de Diseño de Redes de Alcantarillado. Guayaquil: Interagua.

Jaramillo, R. (9 de mayo de 2018). Importancia de la gastronomía tradicional en el Carnaval y su valor en la identidad cultural de Guaranda. Quito, Pichincha, Ecuador: UDFQ.

Jiménez, B. E. (2001). La Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Editorial Limusa S.A.

Larios-Meño, J. F., González Taranco, C., & Morales Olivares, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL, 09-25.

Linsley, R., Franzini, J., Freyberg, D., & Tchobanoglous, G. (1992). Water Resources Engineering (4th ed.). McGraw-Hill.

Look, B. G. (2007). Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables. Londres: Taylor & Francis Group.

López, J. A. (1972). Riego por aspersión.

López Cualla, R. A. (1995). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Lozano-Rivas, W. (2012). Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Universidad Piloto de Colombia. https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales/citation/download

Mara, D. D. (2004). Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. Earthscan Publications.

Márquez Vásquez, M., & Martínez González, S. A. (2011). Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA'S o UASB) Antología. Ciudad de México: Centro Tecnológico de Aragón.

Martín Monerris, M., & Hernández Crespo, C. (2017). Estudio de los Humedales Artificiales de Flujo Superficial del Tancat de la Pipa como instrumentos para la restauración ambiental del lago de l'Albufera de València. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. doi:978-84-17098-22-3

Metcalf, & Eddy. (2003). Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery. New York: Mc Graw Hill.

Noyola, A., Morgan-Sagastume, J. M., & Güereca, L. P. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

ONU. (2016). Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

OPS. (2015). Guía para el diseño de tanque sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. COSUDE.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS_2005_Guía_para_el_diseño_de_tanques_sépticos.pdf

Ramalho, R. (1990). Tratamiento de Aguas Residuales. Reverté S.A.

RAS. (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico.

Read, G. F. (2004). Sewers: Replacement and New Construction. Elsevier Ltd.

Reynolds, K. A. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Lationamérica: Identificación del Problema. Agua Latinoamérica.

Rivas Mijares, G. (1978). Tratamiento de aguas Residuales. Ediciones Vega.

Romero, J. A. (2004). Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Salas, J. J. (2020). El modesto tanque Imhoff: fundamentos y diseño. Iagua.
<https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/modesto-tanque-imhoff-fundamentos-y-diseno>

Sampedro Ruiz, J. J. (2011). Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, tipo pantano seco artificial. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

SIAPA. (2014). Criterios y Lineamientos técnicos para factibilidades en la A.M.G. Sistema Intermunicipal de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado.
<https://www.siapa.gob.mx/transparencia/criterios-y-lineamientos-tecnicos-para-factibilidades-en-la-zmg>

Silva, L. (2019). Diseños de sistemas para el tratamiento de lodos mediante tecnologías de bajo coste para la EDAR Vall Dels Alcalans (Valencia) [Universidad Politécnica de Valencia]. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/134489/Silva - Diseño sistemas para el tratamiento de lodos mediante tecnologías de bajo coste para la E....pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/134489/Silva_-_Diseño_sistemas_para_el_tratamiento_de_lodos_mediante_tecnologías_de_bajo_coste_para_la_E....pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sperling, M. von. (2007a). Activated Sludge And Aerobic Biofilm Reactors. IWA Publishing.

Sperling, M. von. (2007b). Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal. IWA Publishing.

Steel, E. W., & McGhee, T. (1979). Water Supply and Sewerage. McGraw-Hill Education.

Strande, L., Ronteltap, M., & Brdjanovic, D. (2014). Manejo de lodos fecales. IWA Publishing.

Synertech. (2021). SYNERTECH Water Technologies. Reja de Gruesos Manual.
<https://www.nyfdecolombia.com/aguas-residuales/reja-manual>

Taco Taco, C., Vistín Chacán, G., Rosero Orozco, V., López Bravo, O., & Fonseca Torres, W. (2017). Las actividades productivas y su relación con la contaminación del agua de la Microcuenca Negroyacu, en Guaranda, Ecuador. *Ciencia Unemi*, 88-97.

Torres Toledo, A. A. (2018). *Estudio De Estabilidad De Taludes Para Una Cantera De Caliza Por Metodos Geomecanicos (Primera Ed)*. Club de autores.

Varila Quiroga, J. A., & Díaz López, F. E. (2008). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio. *Journal of Technology*, 7, 21–28. https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-01-27_02-59-21139703.pdf

Veiga Barbazán, M. D. (2015). Reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB) (FT-BIO-009). Universidade da Coruña.

Wong, P. (2015). *Application of Analytical Method for Preloading. Ground Improvement Case Histories: Embankments with Special Reference to Consolidation and Other Physical Methods*. Chatswood: Elsevier Geo-Engineering Book Series.

Zamora, D., & Silva, Á. (2005). *Humedales Artificiales*. Universidad Nacional de Colombia.

PLANOS Y ANEXOS



Figura A.1. Toma de muestras de agua de la quebrada Negroyacu.



Figura A.2. Medición en sitio de los parámetros de las muestras.



Figura A.3. Medición del pH de la muestra 1.

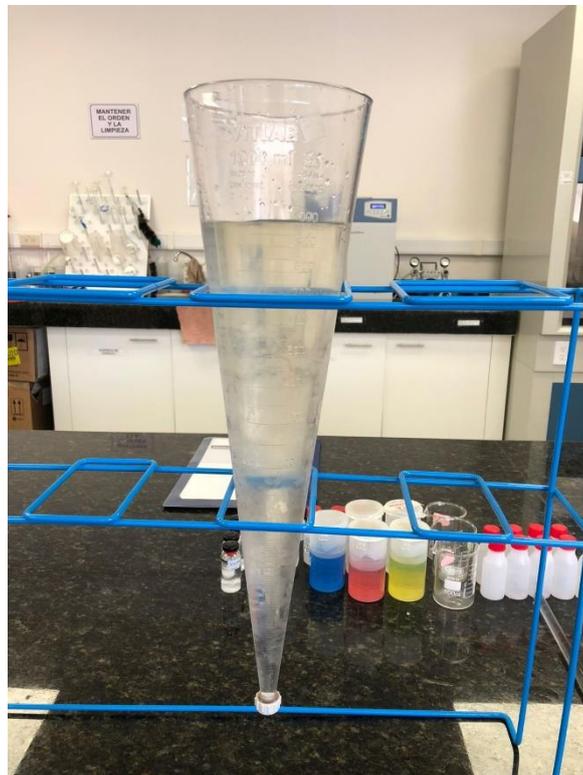


Figura A.4. Ensayo de cono Imhoff: Sólidos Sedimentables.

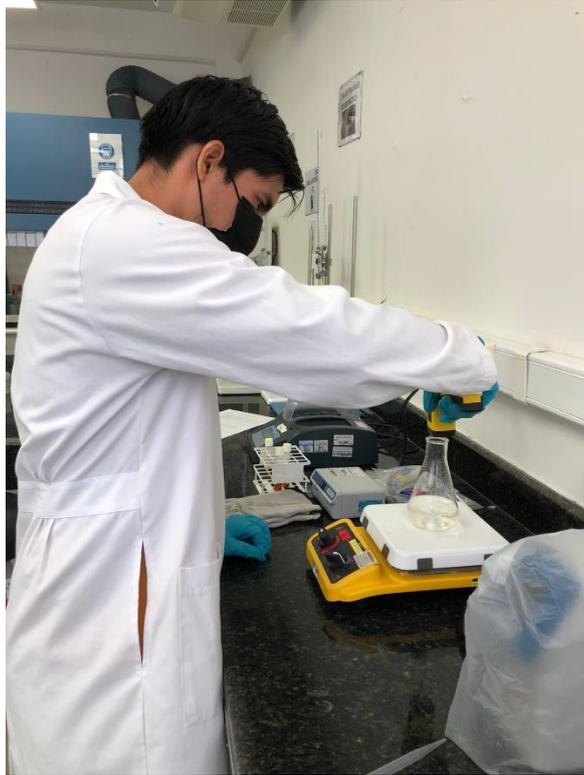


Figura A.5. Daniel Salazar midiendo la temperatura de la muestra para el ensayo de DBO.



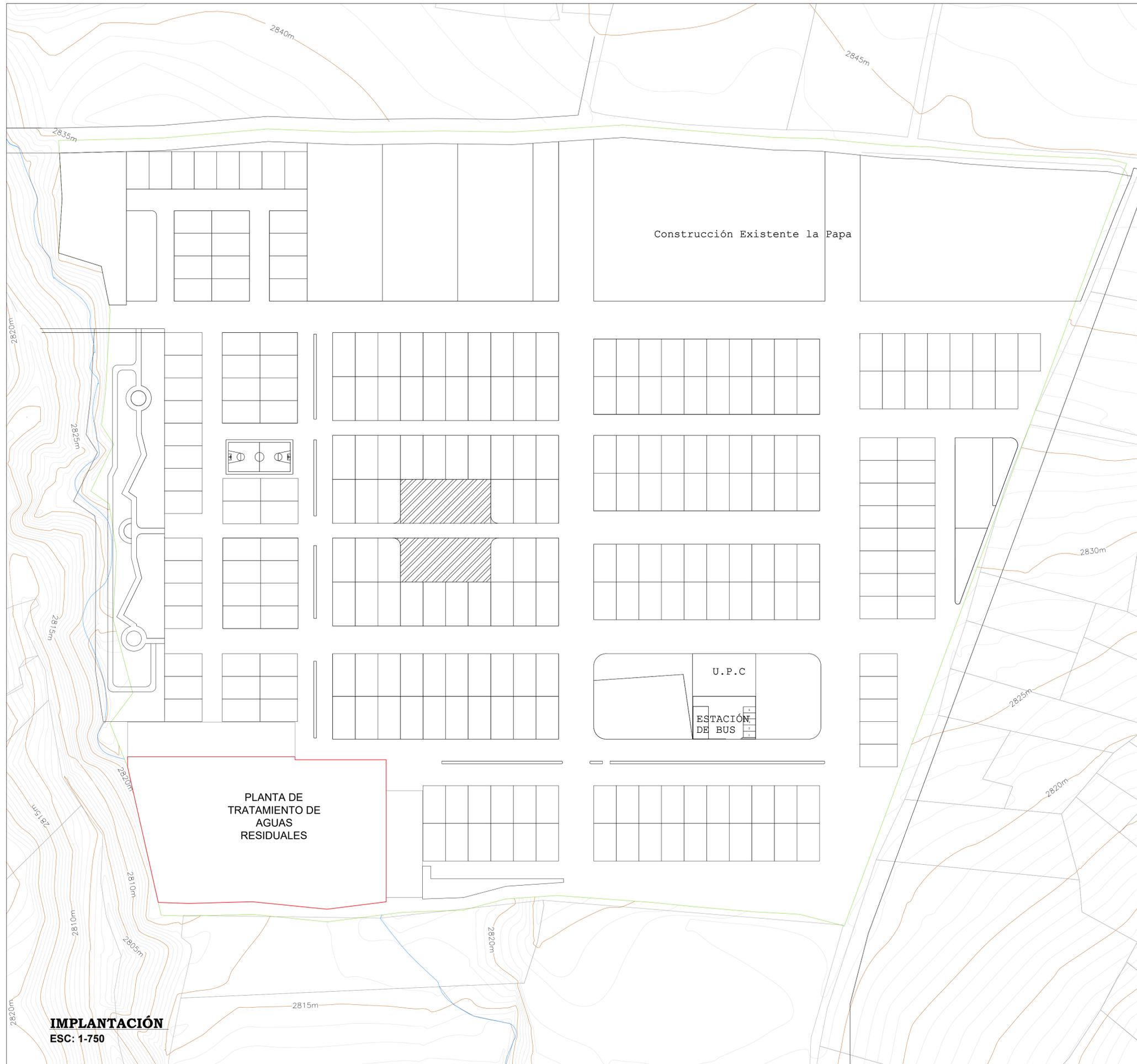
Figura A.6. Ensayo para la DBO5.



Figura A.7. Karen Córdova limpiando el filtro para el ensayo de sólidos totales.

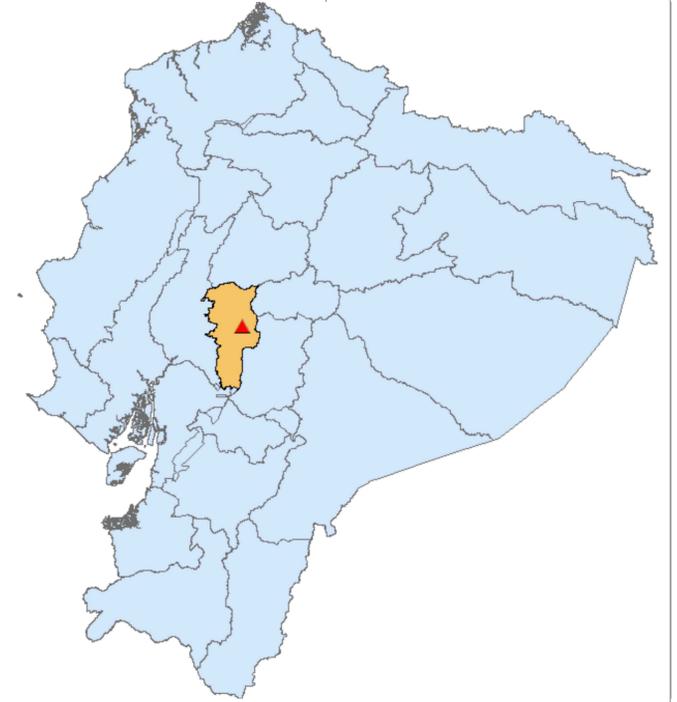
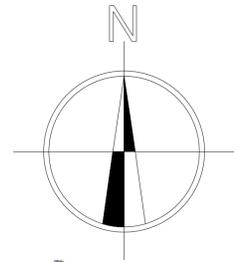


Figura A.8. Daniel Salazar secando el filtro para el ensayo de sólidos totales.



IMPLANTACIÓN
ESC: 1-750

UBICACIÓN DEL PROYECTO



LEYENDA

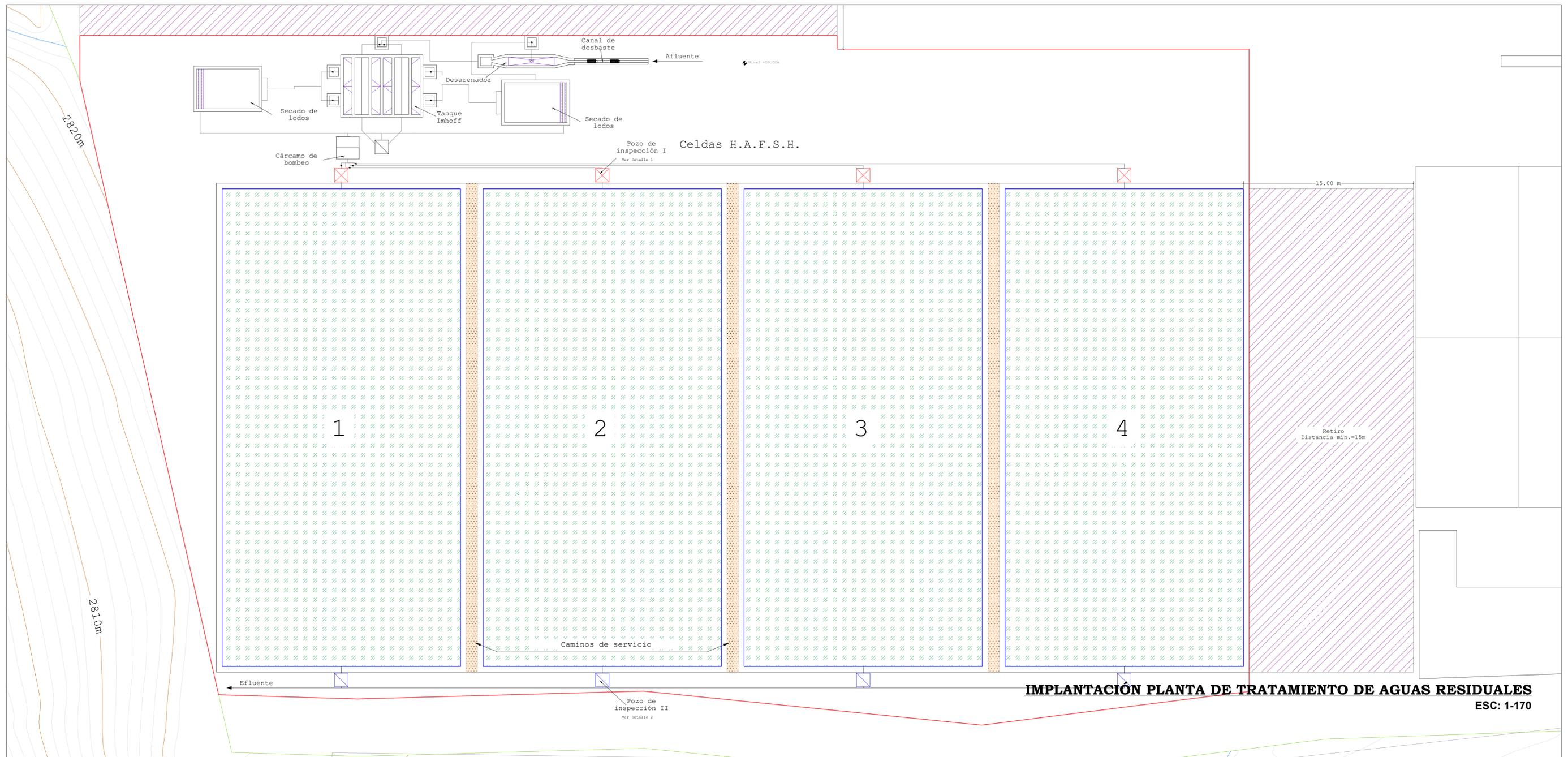
- Delimitación del Terreno
- Planta de Tratamiento de AASS
- Implantación de Viviendas
- Lotes privados
- Ríos
- Curvas de nivel principales
- Curvas de nivel secundarias

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

PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA

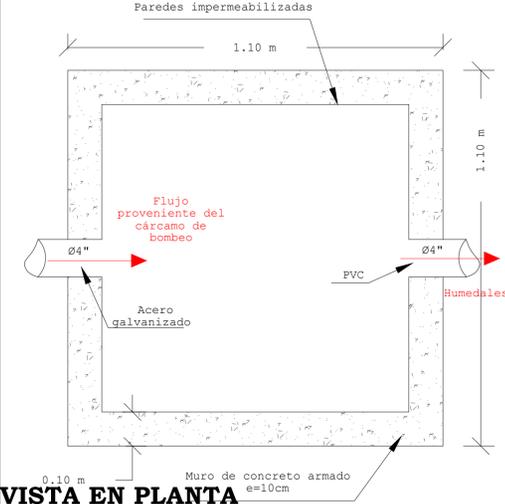
CONTENIDO:
IMPLANTACIÓN

Coordinador de Materia Integradora: M.Sc Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: - M.Sc Felipe Cabezas - M.Sc Danilo Dávila - Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: Karen Córdova Albarracín Daniel Salazar Plúa	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc Esther Vásquez		Lámina: A 2/9	Escala: 1-750



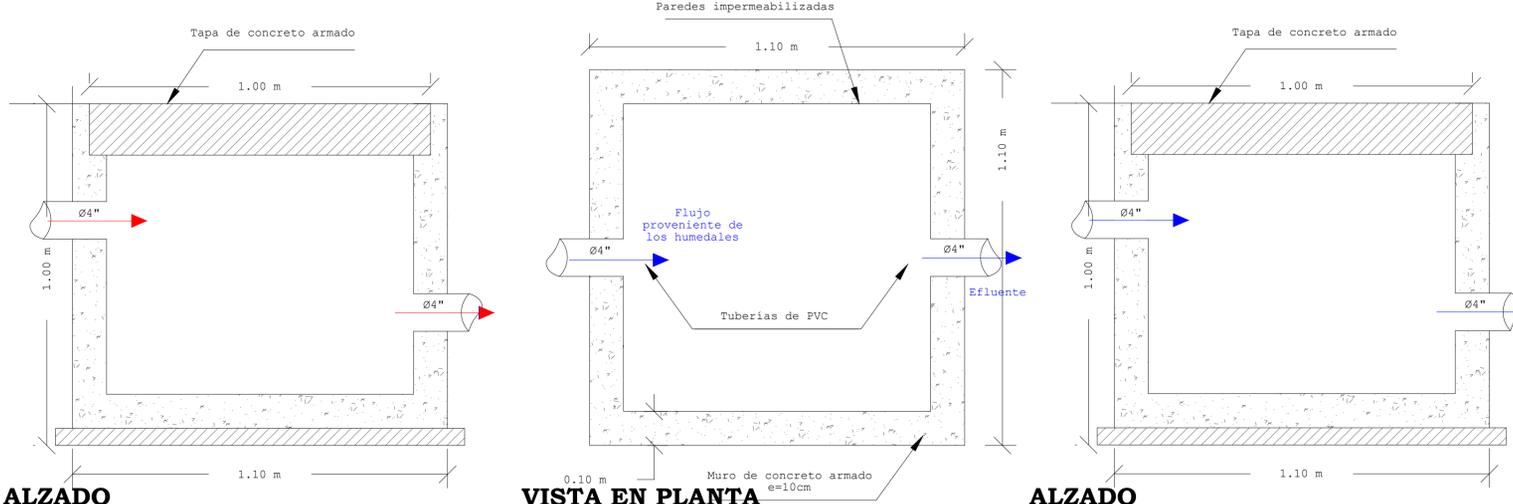
IMPLANTACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
ESC: 1-170

DETALLE 1: POZO DE INSPECCIÓN I



VISTA EN PLANTA
ESC: 1-10

DETALLE 2: POZO DE INSPECCIÓN II



VISTA EN PLANTA
ESC: 1-10

ALZADO
ESC: 1-10

ALZADO
ESC: 1-10

Simbología

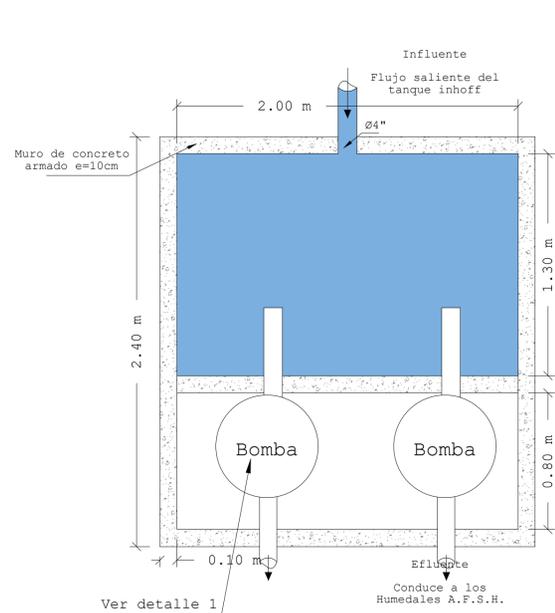
	Tubería		Pozo de inspección II
	Válvula		Humedal
	Pozo de inspección I		Retiro mínimo

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

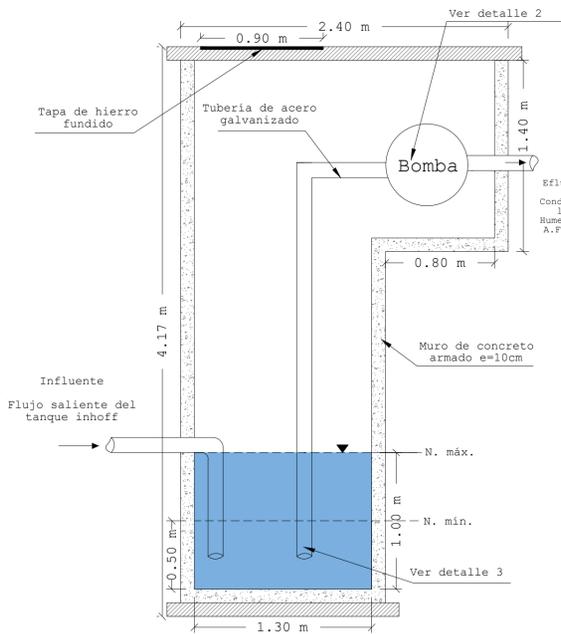
PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA

CONTENIDO:
IMPLANTACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

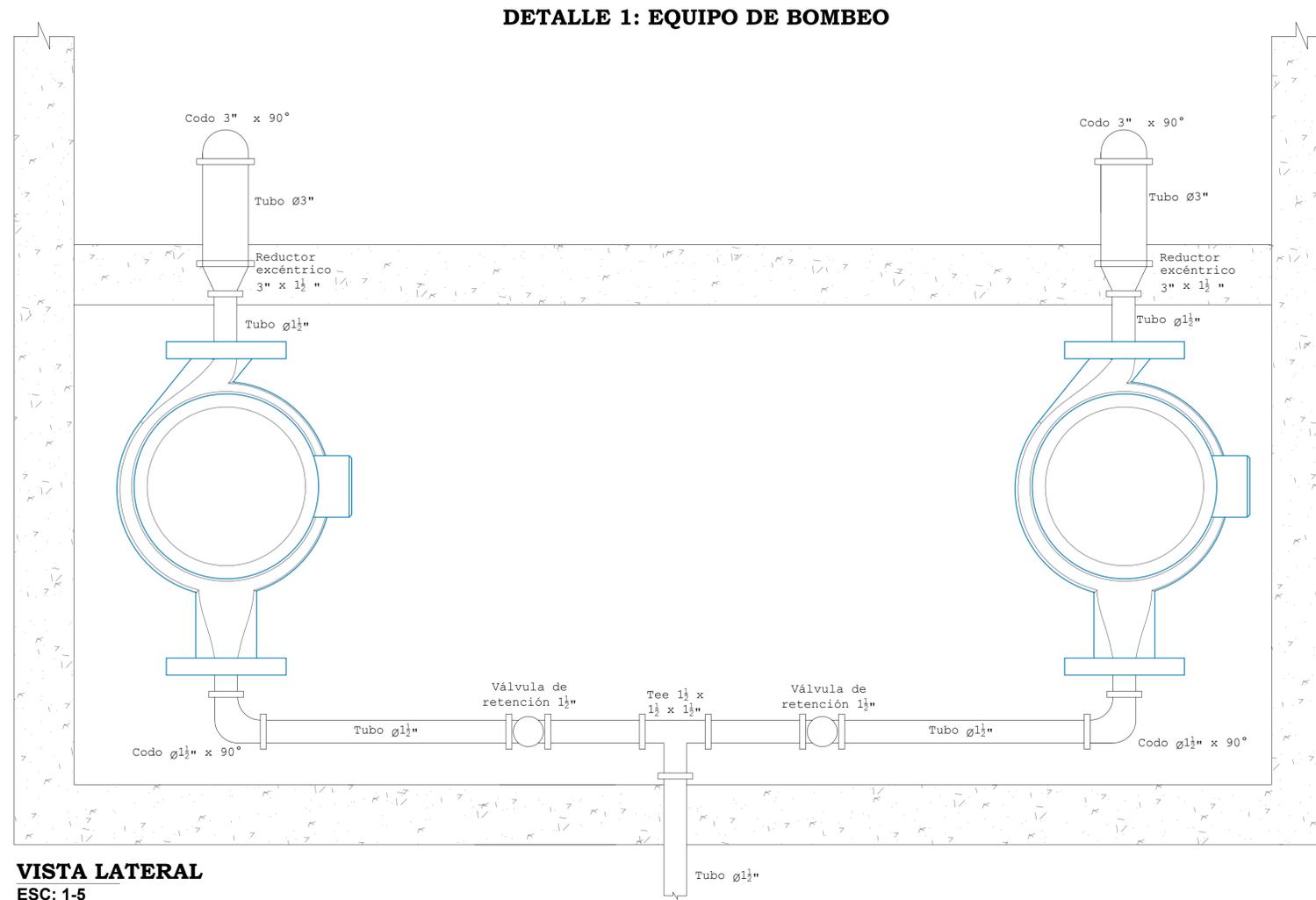
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: - M.Sc Felipe Cabezas - M.Sc Danilo Dávila - Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: Karen Córdova Albarracín Daniel Salazar Plúa	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc Esther Vásquez			Lámina: A 3/9
			Escala: Indicadas



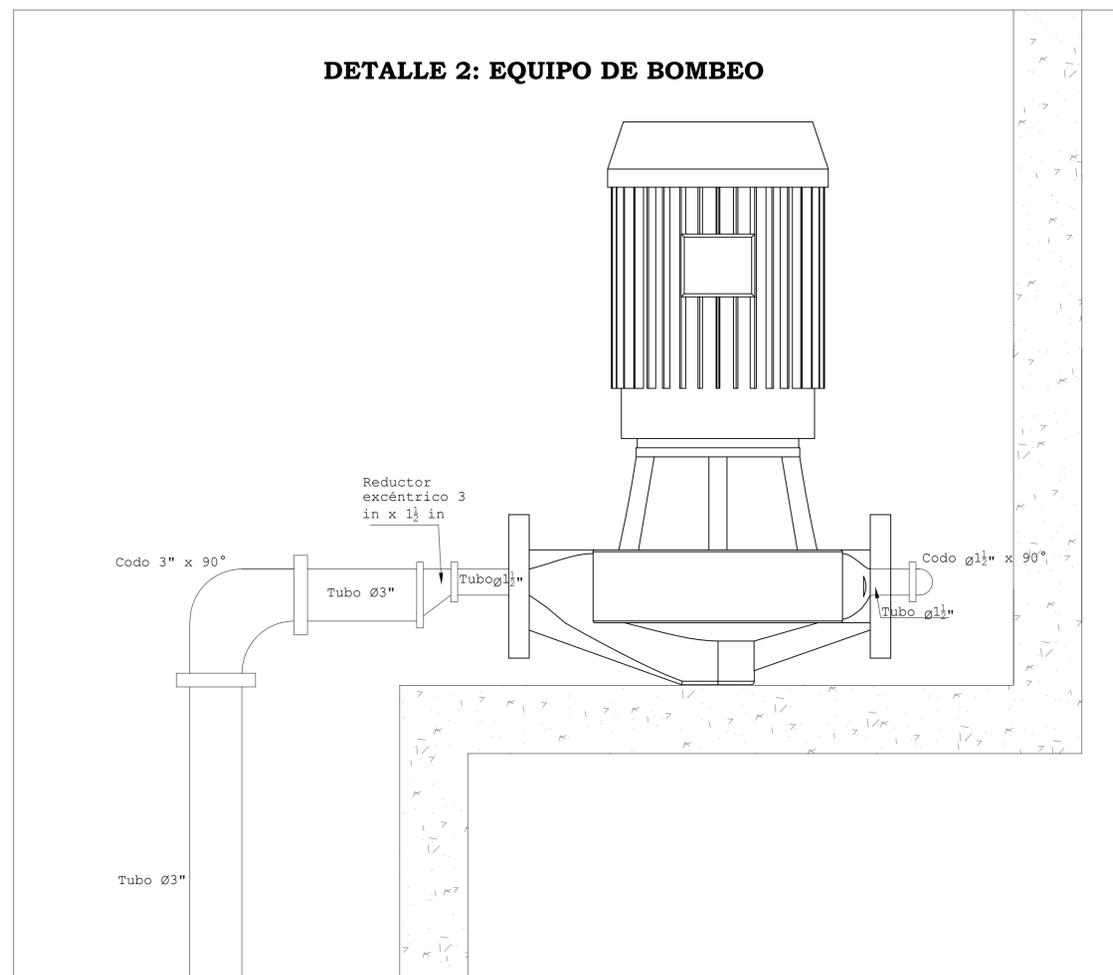
VISTA EN PLANTA
ESC: 1-20



ALZADO
ESC: 1-25

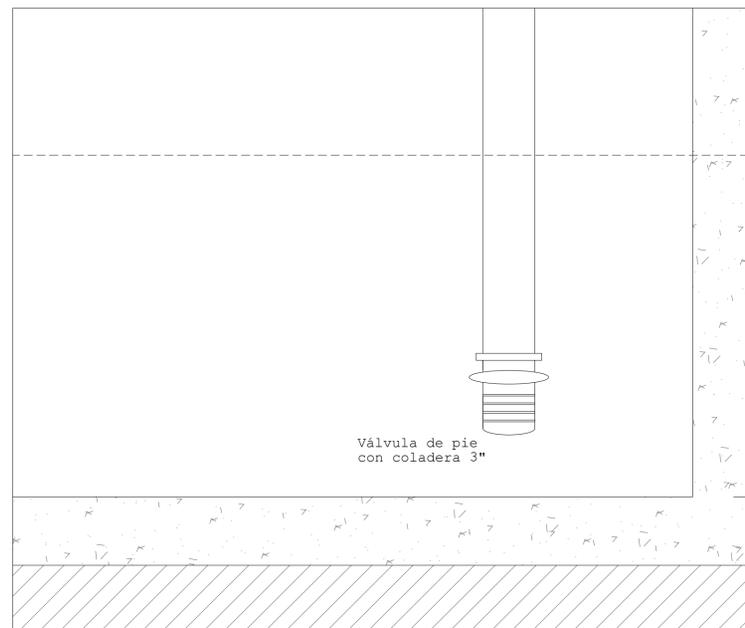


VISTA LATERAL
ESC: 1-5



VISTA LATERAL
ESC: 1-5

DETALLE 3: TUBERÍA DE ENTRADA DE LA BOMBA



VISTA LATERAL
ESC: 1-5

Especificaciones:

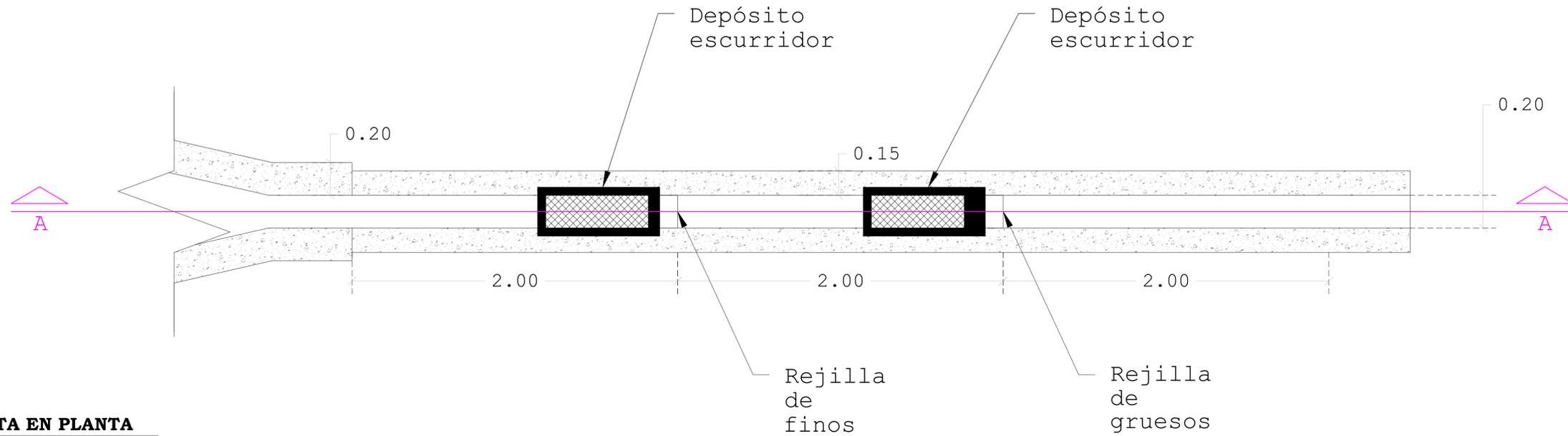
- Las medidas indicadas se encuentran en metros.
- Bomba centrífuga horizontal de acero inoxidable:
 - 2850 r.p.m.
 - Potencia: 0.75 kW
 - Diámetro de succión: 1 1/2"
 - Diámetro de impulsión: 1 1/2"

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

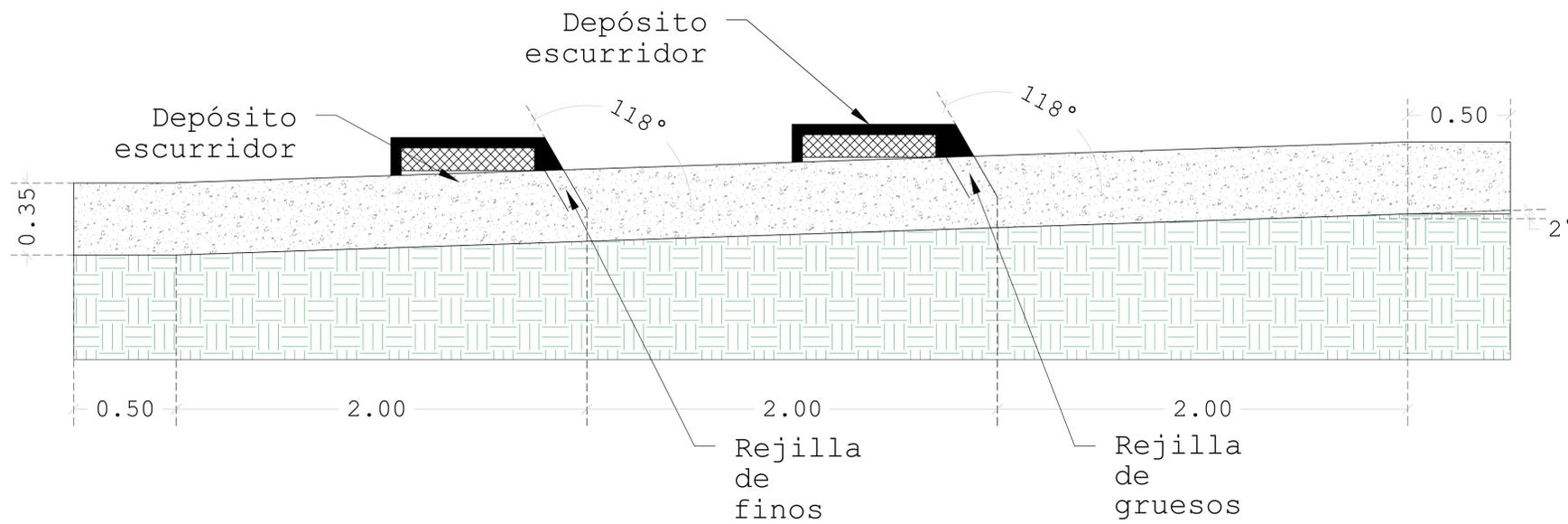
PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA

CONTENIDO:
CÁRCAMO DE BOMBEO

Coordinador de Materia Integradora: M.Sc Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: - M.Sc Felipe Cabezas - M.Sc Danilo Dávila - Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: Karen Córdova Albarracín Daniel Salazar Plúa	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc Esther Vásquez		Lámina: A 4/9	Escala: Indicadas

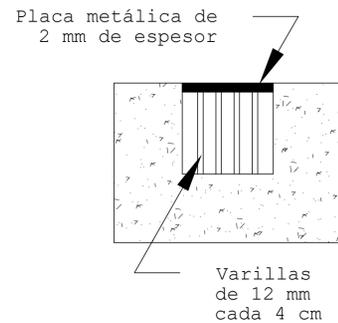


VISTA EN PLANTA
ESC: 1-15



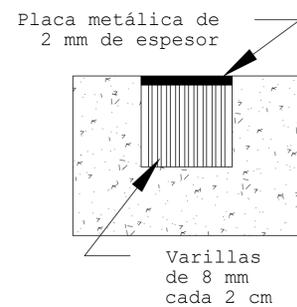
CORTE A-A
ESC: 1-15

DETALLE 1.1: REJILLA DE GRUESOS



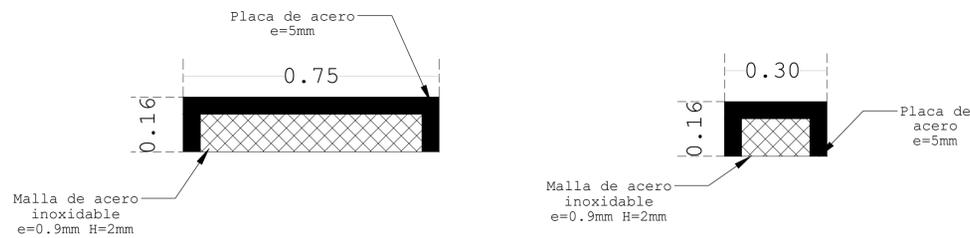
VISTA TRANSVERSAL
ESC: 1-7.5

DETALLE 1.2: REJILLA DE FINOS



VISTA TRANSVERSAL
ESC: 1-7.5

DETALLE 2: DEPÓSITO ESCURRIDOR METÁLICO



VISTA TRANSVERSAL
ESC: 1-10

VISTA FRONTAL
ESC: 1-10

Notas:

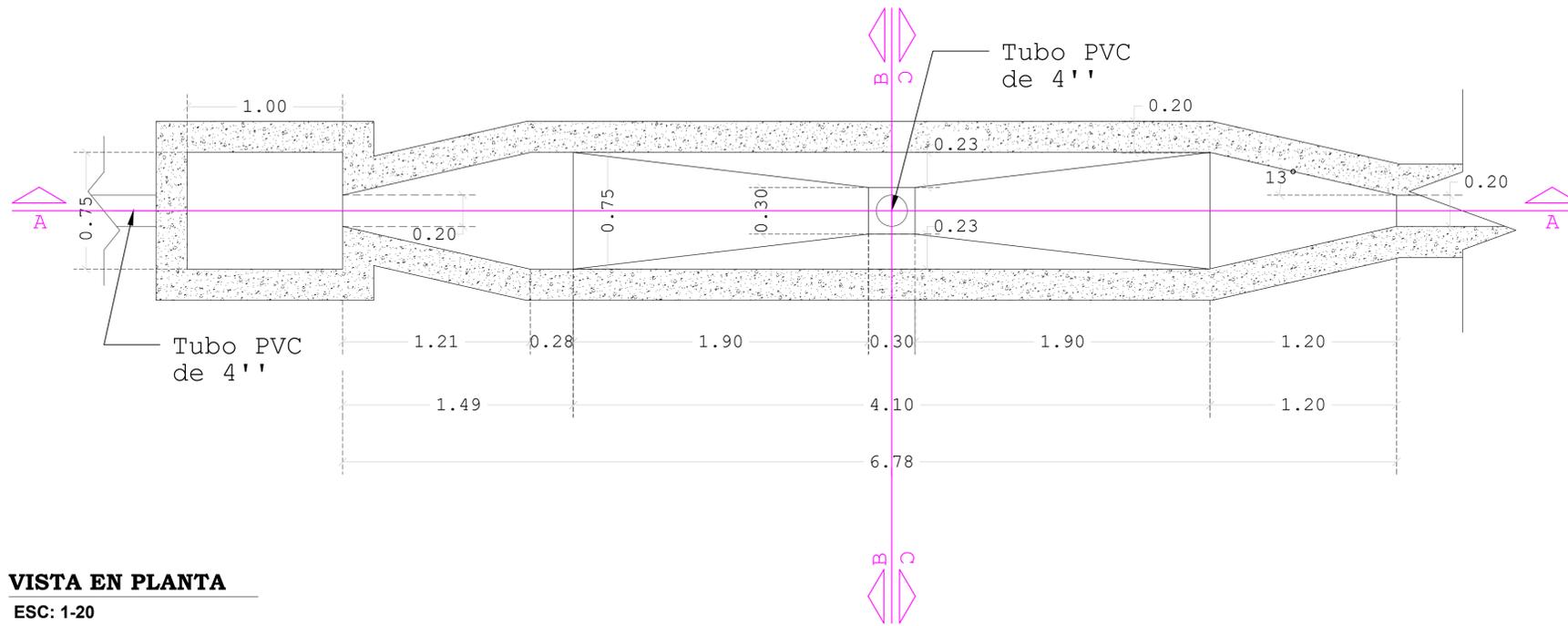
1. Las medidas indicadas se encuentran en metros.

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

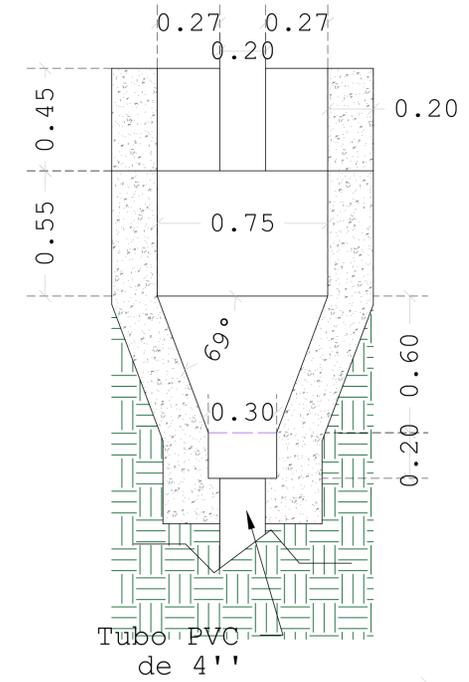
PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA

CONTENIDO:
CANAL DE ENTRADA Y DESBASTE

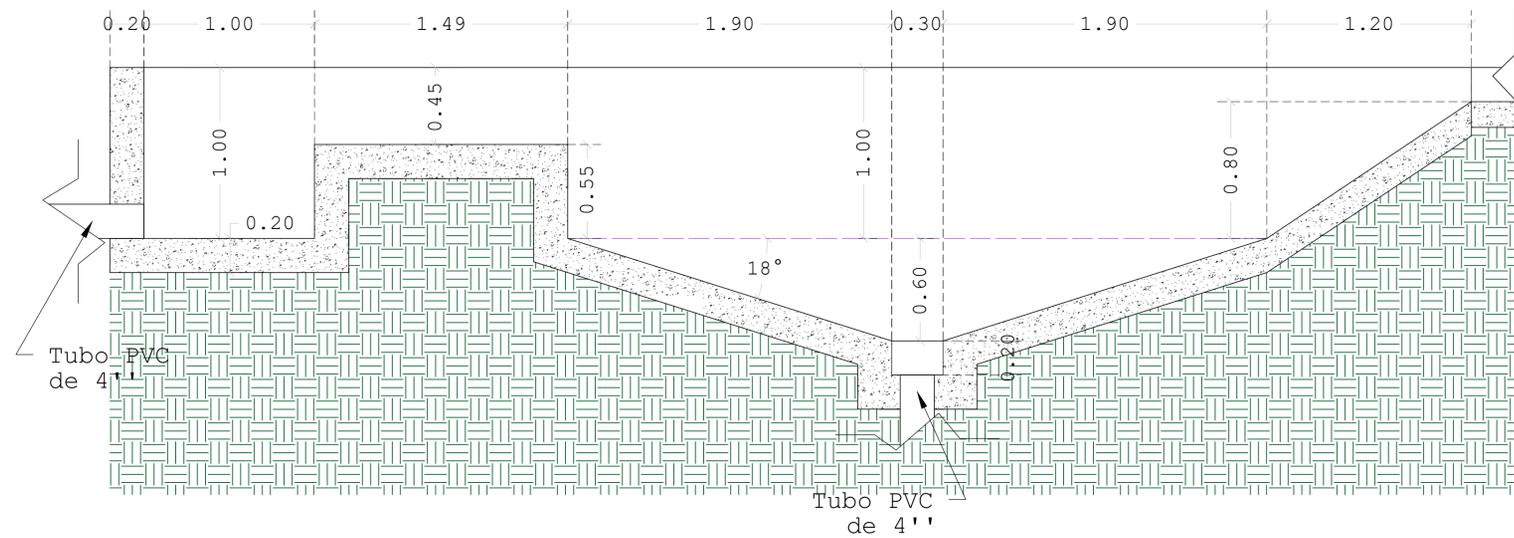
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: - M.Sc Felipe Cabezas - M.Sc Danilo Dávila - Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: Karen Córdova Albarracín Daniel Salazar Plúa	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc Esther Vásquez		Lámina: A 5/9	Escala: Indicadas



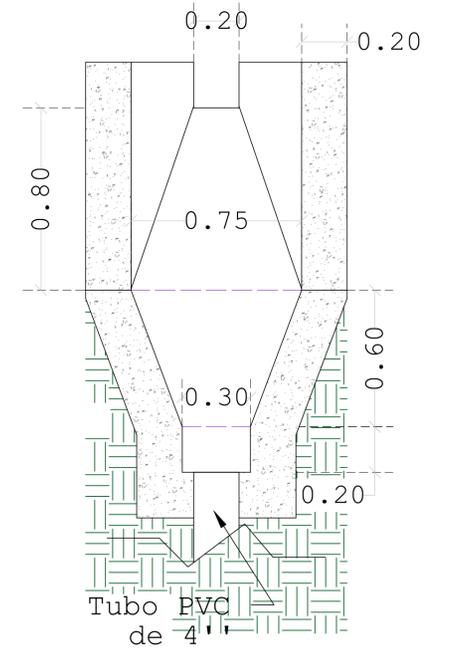
VISTA EN PLANTA
ESC: 1-20



CORTE B-B
ESC: 1-15



CORTE A-A
ESC: 1-20



CORTE C-C
ESC: 1-15

Nota:

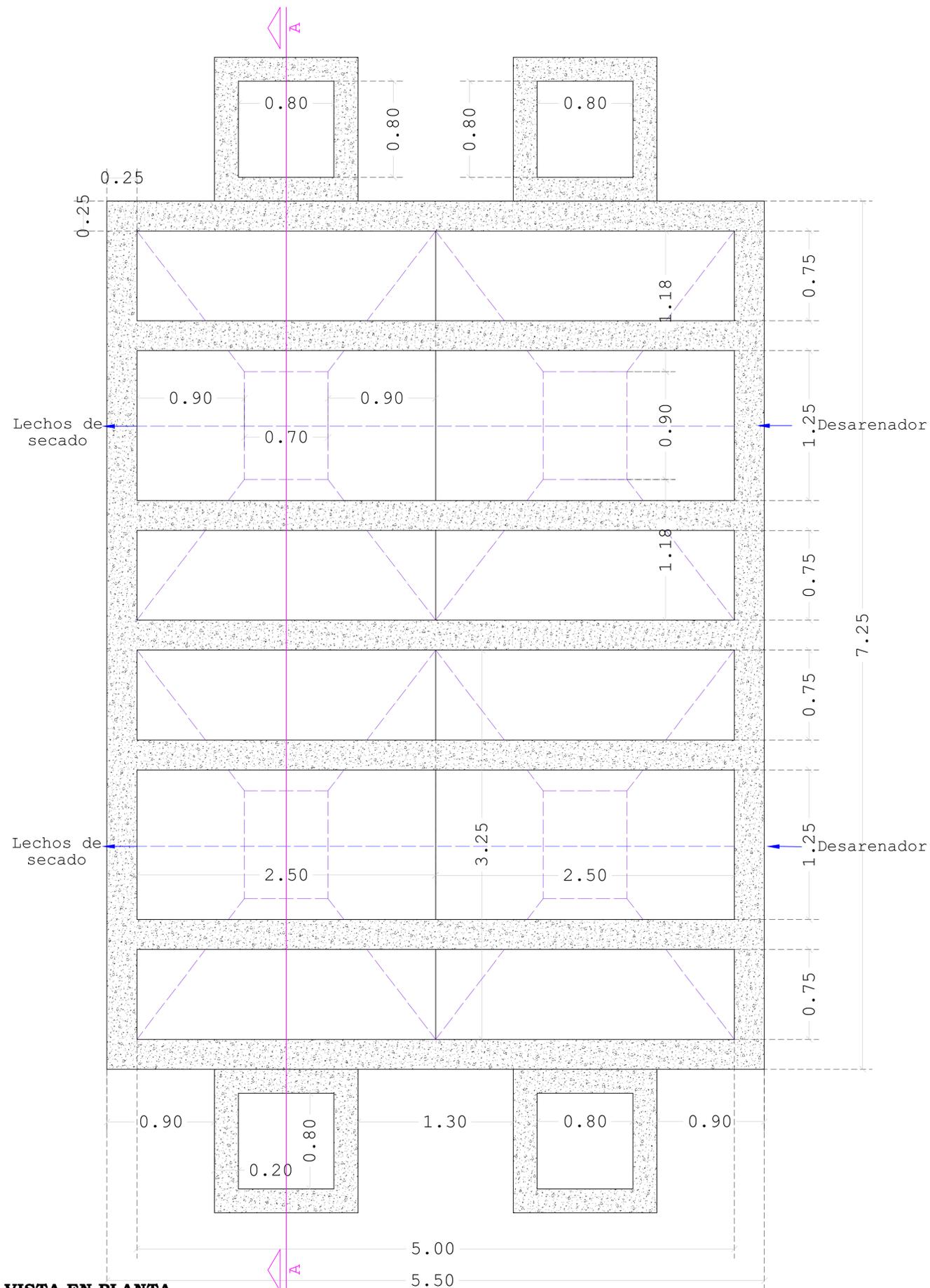
Las medidas indicadas se encuentran en metros.

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

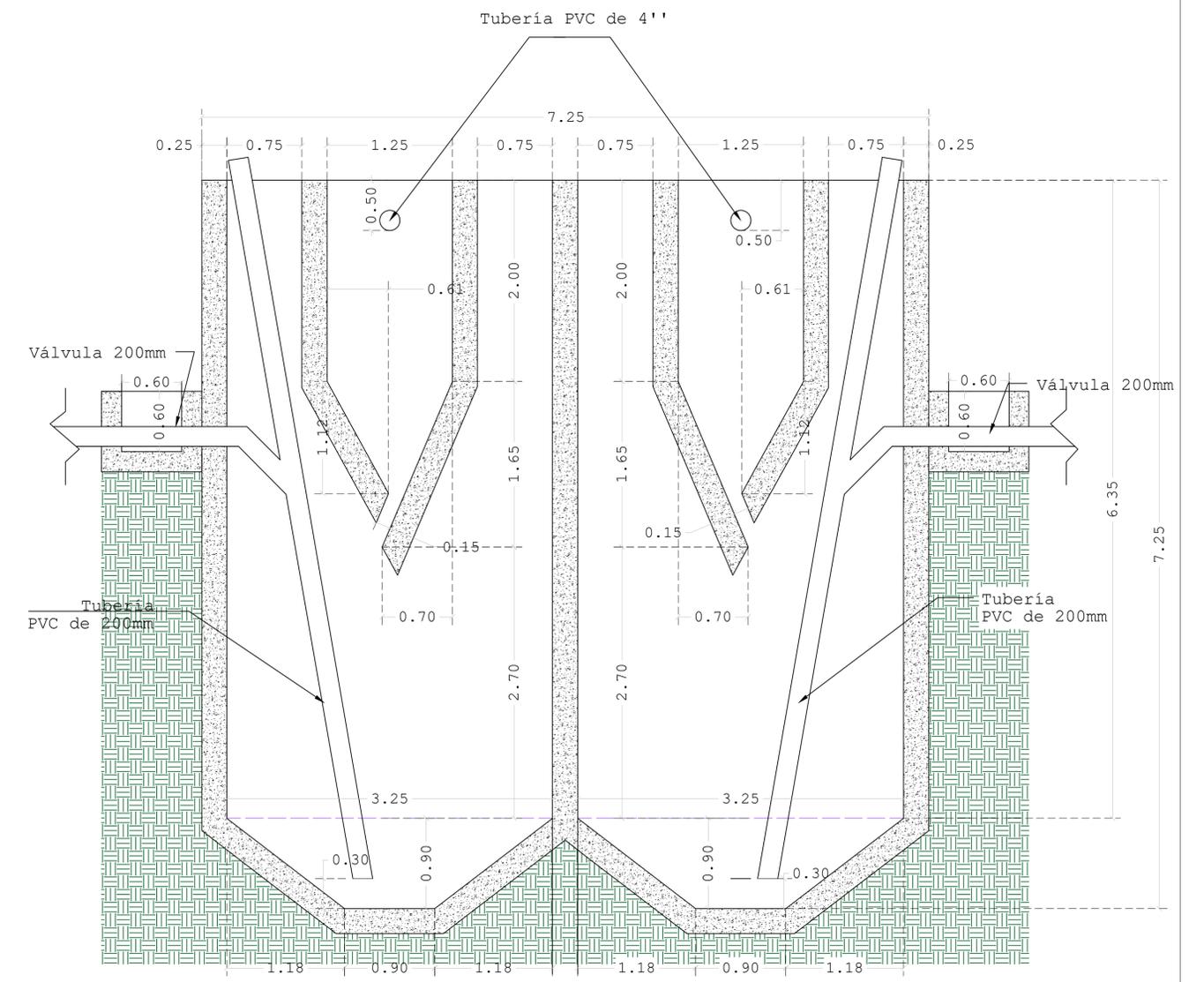
PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA

CONTENIDO:
DESARENADOR

Coordinador de Materia Integradora: M.Sc Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: - M.Sc Felipe Cabezas - M.Sc Danilo Dávila - Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: Karen Córdova Albarracín Daniel Salazar Plúa	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc Esther Vásquez		Lámina: A 6/9	Escala: Indicadas

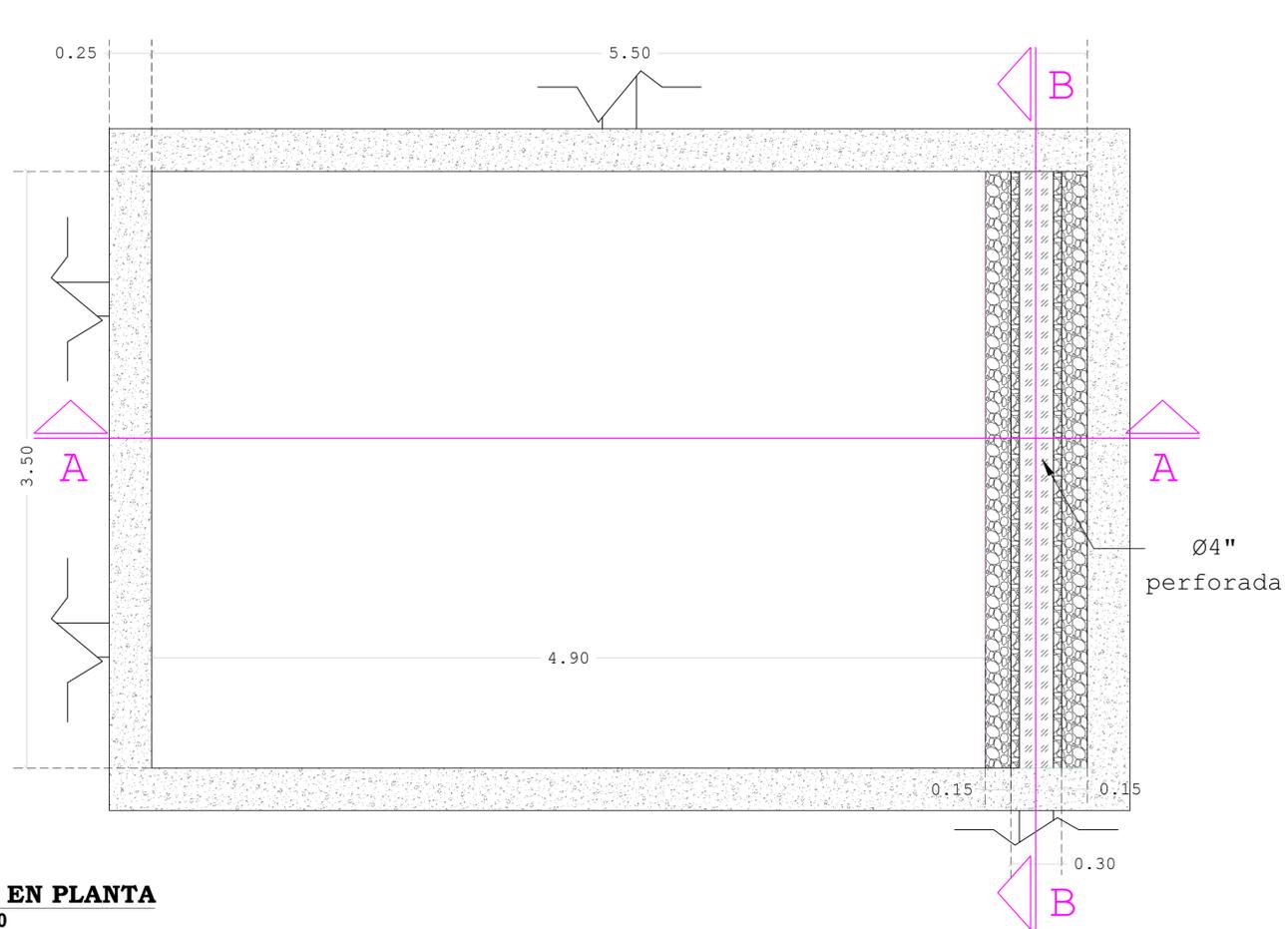


VISTA EN PLANTA
ESC: 1-20

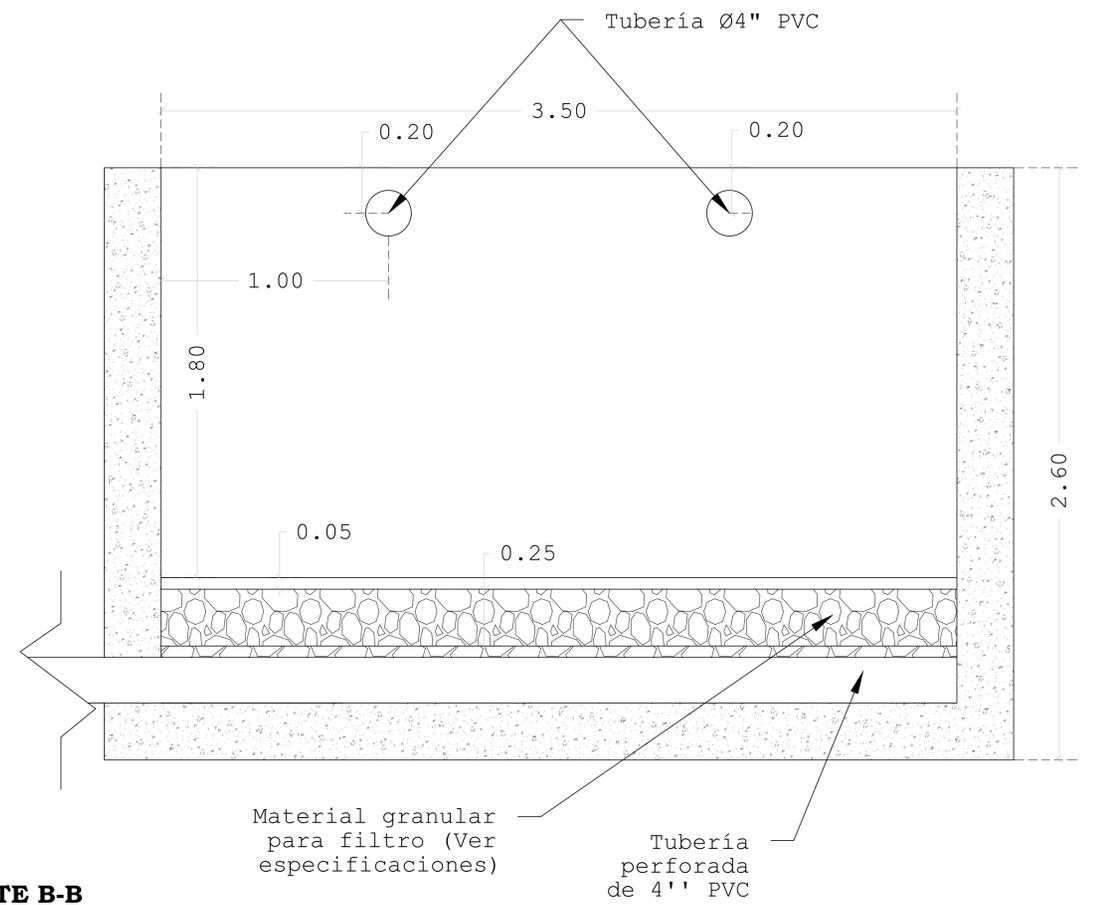


CORTE A-A
ESC: 1-30

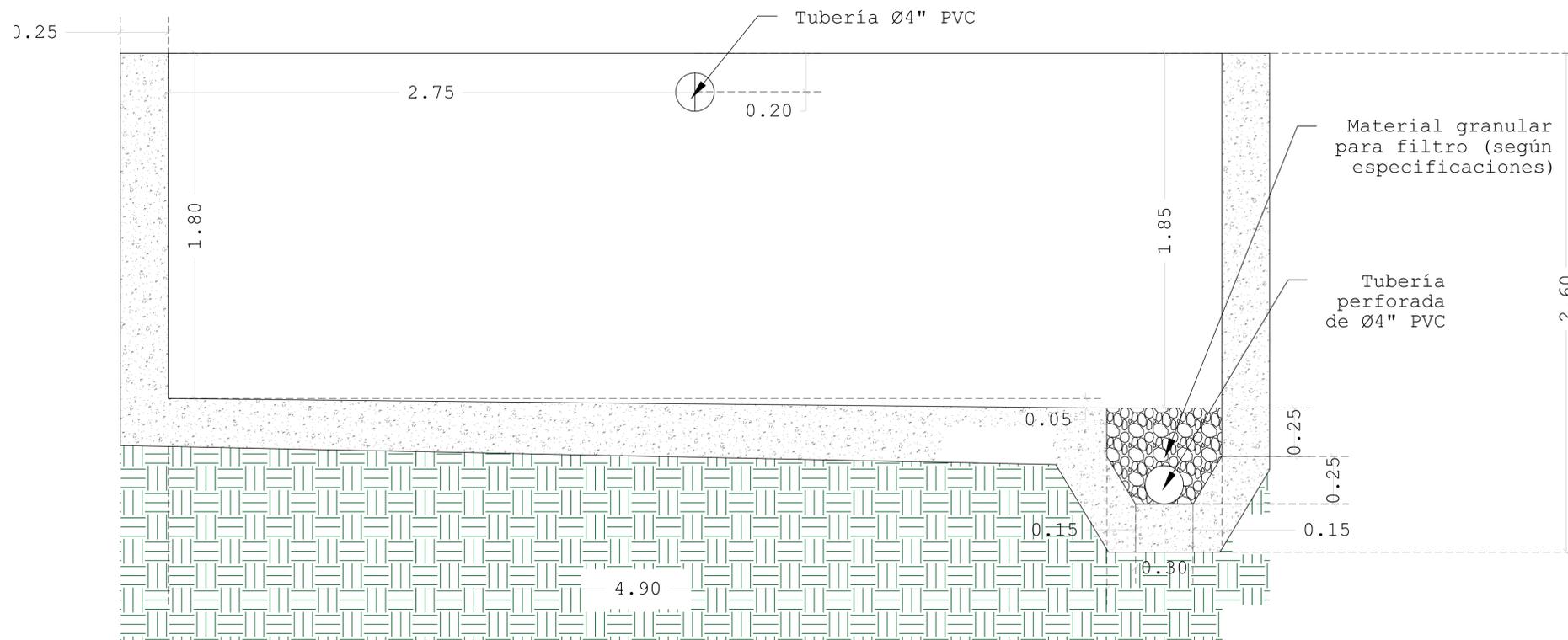
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
CONTENIDO: TANQUE IMHOFF			
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: - M.Sc Felipe Cabezas - M.Sc Danilo Dávila - Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: Karen Córdova Albarracín Daniel Salazar Plúa	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc Esther Vásquez		Lámina: A 7/9	Escala: Indicadas



VISTA EN PLANTA
ESC: 1-20



CORTE B-B
ESC: 1-15



CORTE A-A
ESC: 1-15

Notas:

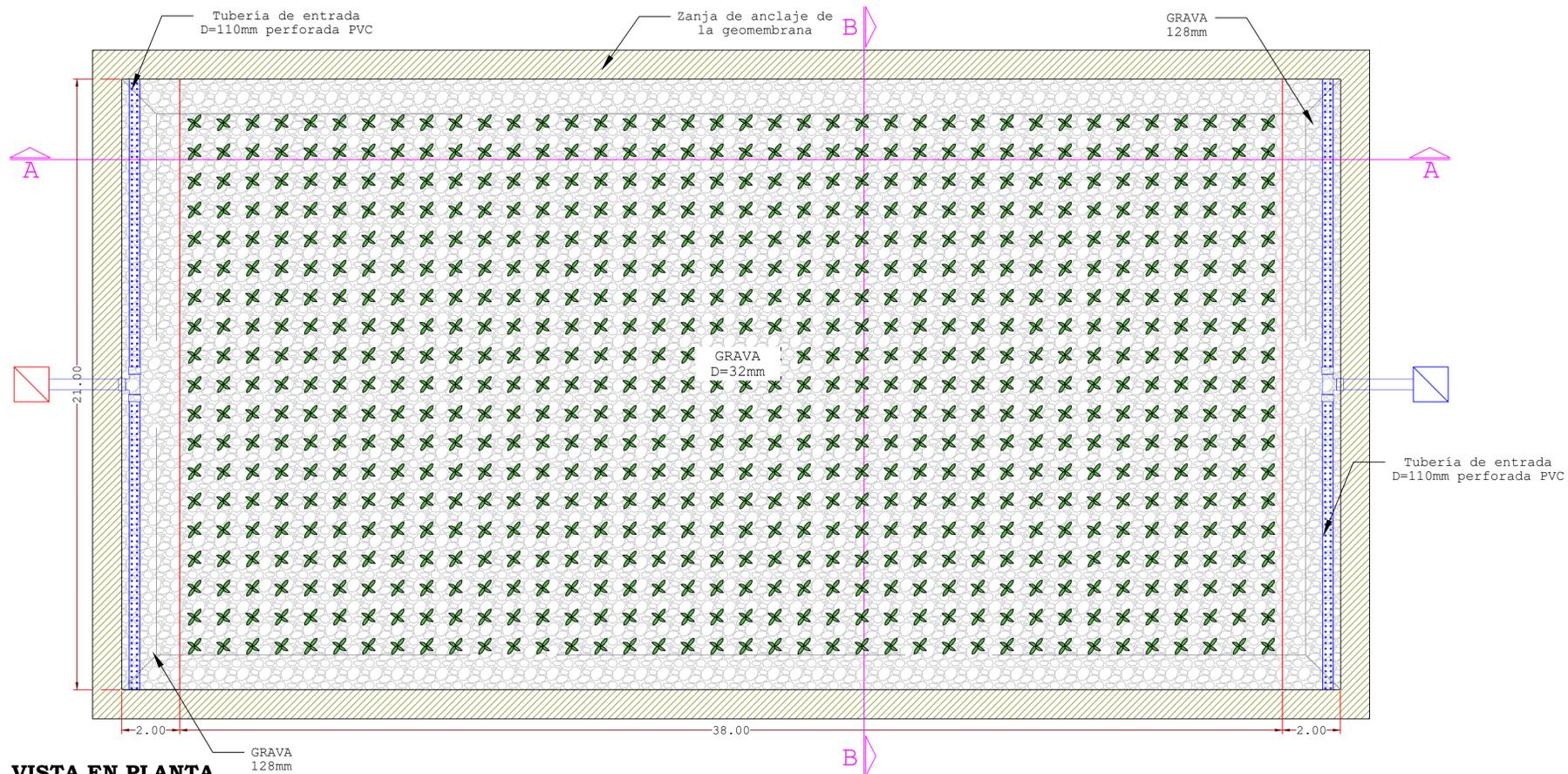
- Las medidas indicadas se encuentran en metros.
- Especificaciones de capa de material filtrante:
 - Capa inferior (20 cm): Grava gruesa (D: 40 mm)
 - Capa intermedia (15 cm): Grava fina (D: 20 mm)
 - Capa superior (15 cm): Grava fina (D: 10 mm)
 - Cubrir la capa superior con 5 cm de arena gruesa (D: 1.5 mm)

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

PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA

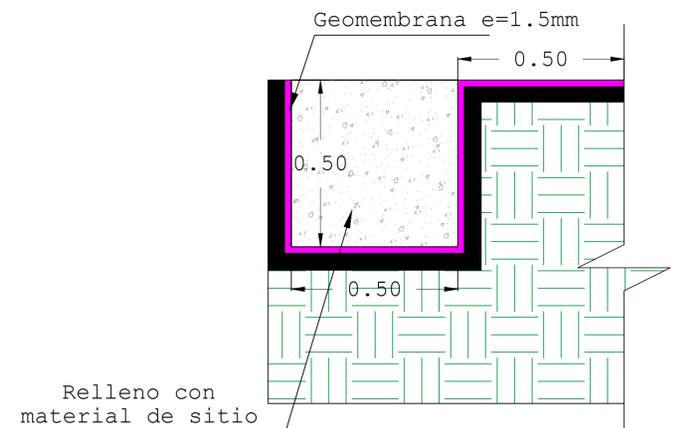
CONTENIDO:
LECHOS DE SECADO

Coordinador de Materia Integradora: M.Sc Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: - M.Sc Felipe Cabezas - M.Sc Danilo Dávila - Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: Karen Córdova Albarracín Daniel Salazar Plúa	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc Esther Vásquez		Lámina: A 8/9	Escala: Indicadas



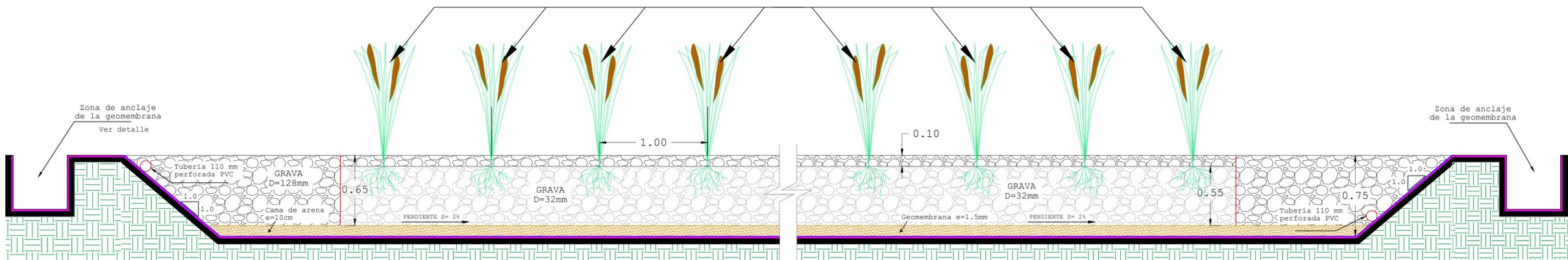
VISTA EN PLANTA
ESC: 1-100

DETALLE ZANJA DE ANCLAJE



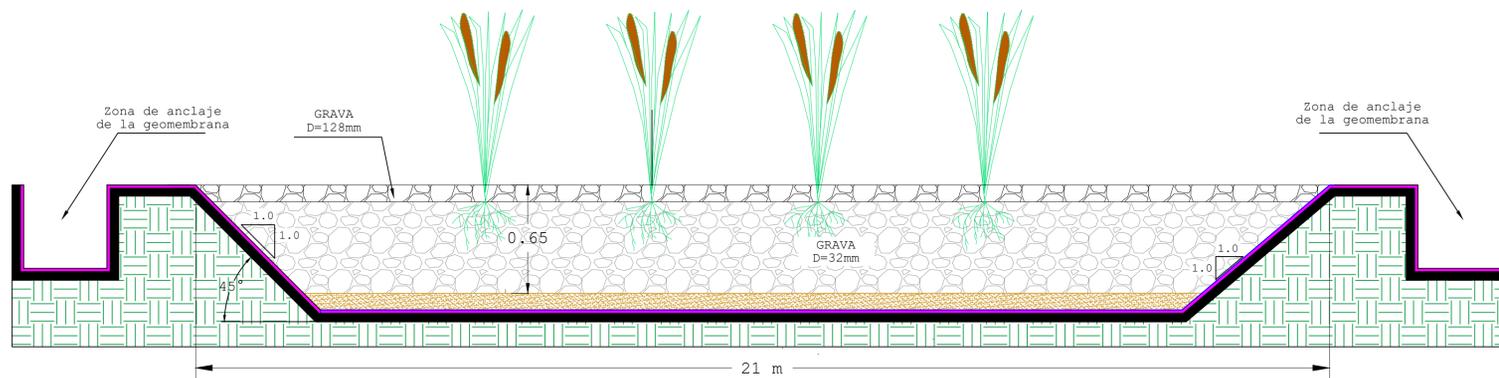
- Especificaciones técnicas:**
1. Todas las medidas se encuentran en metros.
 2. Geotextil de polietileno de alta densidad con características de resistencia a los ataques químicos, y resistencia mecánica.
 3. Colocar la geomembrana una vez se haya realizado correctamente los trabajos de nivelación y limpieza del terreno para evitar rasgaduras del material.
 4. Cada panel de geotextil se debe colocar traslapado al siguiente, por lo menos 10 cm.
 5. Tubería perforada de PVC Ø110mm. Perforaciones de Ø1/2" cada 850 cm.

SCIRPUS SP (JUNCO) @1m



CORTE A-A

Zona de entrada Zona de tratamiento Zona de salida



CORTE B-B

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN GUARANDA			
CONTENIDO: CELDA DE HUMEDAL ARTIFICIAL TIPO			
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: - M.Sc Felipe Cabezas - M.Sc Danilo Dávila - Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: Karen Córdova Albarracín Daniel Salazar Plúa	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc Esther Vásquez		Lámina: A 9/9	Escala: Indicadas