



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales
en el casco urbano del municipio de Estelí

Vindel, M; Hernández, M.

Asesor/Tutor

Dr. Kenny López Benavides

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Centro Universitario Regional Estelí
CUR-ESTELÍ
Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el casco urbano del municipio de Estelí

Tesis para optar al grado de
Ingeniero Ambiental

Autor/es

Madelyn Josmara Vindel Méndez
María José Hernández Huete

Asesor

Dr. Kenny López Benavides

Diciembre, 2024



Dedicatoria

A Dios, por ser nuestra guía y fortaleza en cada paso de este camino. Gracias por darnos sabiduría, el coraje y la perseverancia para alcanzar este logro, sin su amor y bendición, este sueño no hubiese sido posible. En los momentos más difíciles, nos brindó luz y esperanza, y en los de alegría, sentimos su presencia bendiciendo cada uno de nuestros esfuerzos.

A nuestros padres, Leonardo Vindel Vanegas y Ernestina Huete Espinoza, por su amor incondicional, por ser fuente de fortaleza y apoyo, por creer en nosotras, por sus sabios consejos y brindarnos la oportunidad para alcanzar nuestros sueños. Este logro también es suyo, pues sus enseñanzas y sacrificios han sido la base de todo lo que hemos logrado

A nuestros maestros de la universidad, quienes nos guiaron con su sabiduría y paciencia, y nos inspiraron a crecer no solo como profesionales, sino también como personas comprometidas con el cuidado del medio ambiente

Y, especialmente, dedicamos este trabajo a todos aquellos que luchan cada día por preservar y proteger nuestro planeta, con la esperanza de que este pequeño aporte contribuya a un futuro más sustentable y responsable con nuestro entorno.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecemos a Dios, por darnos la vida, la salud y la fortaleza necesaria para culminar esta etapa tan importante de nuestra vida. Su guía ha sido fundamental en todo este proceso.

A nuestros padres, quienes han sido nuestro pilar incondicional. Su amor, sacrificio y apoyo constante que nos han impulsado a alcanzar nuestras metas.

A nuestros profesores, quienes con su paciencia y conocimientos nos guiaron durante nuestra formación. Especialmente agradecemos a nuestro director de tesis, Dr. Kenny López Benavides, por su orientación y apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo. Su compromiso y dedicación han sido clave para el éxito de esta investigación.

A nuestros compañeros de estudio y amigos, por estar a nuestro lado en cada etapa de este recorrido. Gracias por las experiencias compartidas, el compañerismo y el ánimo en los momentos, más difíciles.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS Y SALUD

"2024: Universidad Gratuita y de Calidad para seguir en Victorias"

Estelí, 05/12/2024

CONSTANCIA

Por este medio estoy manifestando que la investigación: Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el casco urbano del municipio de Estelí, cumple con los requisitos académicos de la clase de Seminario de Graduación, para optar al título de Ingeniero Ambiental.

Los autores de este trabajo son las/os estudiantes: Madelyn Josmara Vindel Méndez (20510411) y María José Hernández Huete (20510510); y fue realizado en el II semestre de 2024, en el marco de la asignatura de Seminario de Graduación, cumpliendo con los objetivos generales y específicos establecidos, que consta en el artículo 9 de la normativa, y que contempla un total de 60 horas permanentes y 240 horas de trabajo independiente.

Considero que este estudio será de mucha utilidad para la gestión de aguas residuales, la comunidad estudiantil y las personas interesadas en esta temática.

Atentamente,

Dr. Kenny López Benavides

<https://orcid.org/0009-0003-6736-3244>

CUR-Estelí, UNAN-Managua

Cc/Archivo

Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENEL, Tel 27137734, Ext 7430

Cod. Postal 49 – Estelí, Nicaragua

dcts.curcestelo@unan.edu.ni

Resumen

En Nicaragua se presentan problemas de contaminación por aguas residuales, debido a muchos factores, gran parte de la población no cuenta con alcantarillado sanitario, y otro factor por considerar es el crecimiento poblacional. En el caso del municipio de Estelí se presentan problemáticas de contaminación debido a que el actual sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) no cumple con la población actual a la que se había previsto su diseño inicial en el año 2004, gracias al proyecto PRIESO-Ocotol. El propósito de la investigación es proponer un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, con un caudal adecuado y funcionamiento, gracias a las nuevas tecnologías que se aplicaran, remplazando las viejas tecnologías de la STAR. Para esto aplicamos encuestas a la población tomada como muestra, entrevista a los operadores de la STAR, análisis documental y observación directa tanto en la STAR como en los barrios. Se logro determinar que el diseño de la actual STAR no es capaz de cumplir con los tratamientos que se le deben de dar a las aguas residuales, a la vez no se le da un mantenimiento necesario a todas las instalaciones y el efluente no cumple con el decreto 21-2017, complicando más la contaminación que se presenta en el rio de Estelí. Fomentar la propuesta de diseño de planta de tratamiento de aguas residuales, servirá para minimizar la contaminación al medio ambiente y a la población en general, donde se incluirá un tratamiento adecuado a las aguas residuales.

Palabras clave: Aguas residuales, Biológico, Efluente, Pretratamiento, Reactor anaerobio.

Abstract

There are problems of wastewater contamination in Nicaragua due to many factors, one of them being that a large part of the population does not have a sewer system, and another factor to consider is population growth. In the case of the municipality of Estelí, there are problems of contamination because the current wastewater treatment system (STAR) does not meet the current population for which its initial design was planned in 2004, thanks to the PRIESO-Ocotol project. The purpose of this research is to propose a design for a wastewater treatment plant, with an adequate flow rate and operation, thanks to the new technologies that will be applied, replacing the old technologies of the STAR. For this we applied surveys to the population taken as a sample, interviews with the STAR operators, documentary analysis and direct observation both in the STAR and in the neighborhoods. It was determined that the current STAR design is not capable of complying with the treatments that must be given to wastewater, at the same time the necessary maintenance is not given to all the facilities and the effluent does not comply with decree 21-2017, further complicating the contamination that occurs in the Estelí River. Promoting the proposal for the design of a wastewater treatment plant will serve to minimize contamination to the environment and the general population, where adequate treatment of wastewater will be included.

Key words: Anaerobic reactor, Biological, Effluent, Pretreatment, Wastewater.

Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Planteamiento del Problema.....	5
3.1. Caracterización General del problema.....	5
3.2. Preguntas de investigación.....	6
4. Justificación.....	8
5. Objetivos	9
5.1. Objetivo General	9
5.2. Objetivos Específicos.....	9
6. Fundamentación Teórica.....	10
6.1. Impacto ambiental de las aguas residuales	10
6.1.1. Problemática de las aguas residuales.....	11
6.1.2. Marco Legal del Medio Ambiente.....	12
6.2. Tratamiento de las aguas residuales.....	24
6.2.1. Aguas Residuales	24
6.2.2. Origen de las aguas residuales	25
6.2.3. Tipos de aguas residuales.....	25
6.2.4. Características de las aguas residuales	26
6.2.5. Efluente	26
6.2.6. Características físicas, químicas y biológicas de un efluente para ser expulsado hacia una cuenca natural.	27
6.3. Planta de tratamiento de aguas Residuales	27
6.3.1. Tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales.....	27
6.3.2. Tipos de tratamiento que ejecuta una PTAR.....	28
6.3.3. diagrama de un flujo de una PTAR.....	28
6.3.4. Pretratamiento en una PTAR.....	29
6.3.5. Tratamiento primario.....	31
6.3.6. Tratamiento secundario	31
6.3.7. Tratamiento terciario	31
6.3.8. Desinfección.....	32
6.3.9. Usos del efluente tratado	32
6.3.10. Cómo se deben cuidar las PTAR.....	32
6.3.11. Problemáticas actuales con la STAR del municipio de Estelí	32

7.	Hipótesis.....	33
8.	Matriz de operacionalización de variables e indicadores (MOVI).	34
9.	Diseño metodológico.....	40
9.1	Tipo de investigación.....	40
9.2	Tipo de enfoque	40
9.2	Área de estudio	40
9.3	Población y muestra.....	41
9.4	Métodos, técnicas e instrumentos de recopilación de datos	41
9.5	Etapas de la investigación.....	42
9.7.1	Etapa I planificación y preparación.....	42
9.7.2.	Etapa II Ejecución	42
9.7.3.	Etapa III Procesamiento y análisis	42
10.	Análisis y Discusión de los resultados	43
10.1.	Ámbito socioeconómico y ambiental en los barrios Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba ubicados en la zona norte de la ciudad de Estelí.	43
10.1.1.	Ámbito social	43
10.1.2	Económico.....	47
10.1.3	Ambiental	49
10.2.	Tecnologías de tratamiento de aguas residuales adecuadas para una planta de tratamiento de aguas residuales.	54
10.2.1	Descripción general del sistema propuesto	109
10.3.	Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Estelí.....	112
10.3.1	Análisis de sitio	112
10.3.2	Análisis y Selección de alternativas	116
11.	Conclusiones.....	143
12.	Recomendaciones	144
13.	Referencias Bibliográficas.....	146
14.	Anexos	150

Índice de Figuras

Figura 1 Esta dispuesto a pagar tarifas adicionales para ayudar financiar una PTAR	44
Figura 2 Como se percibe el impacto de la PTAR en el desarrollo económico local.	45
Figura 3 Nivel de impacto tendrá la PTAR en el barrio.....	46
Figura 4 Efecto de la planta en la calidad del agua local	47
Figura 5 Nivel de impacto social que tendrá la planta en su barrio	48
Figura 6 Se considera que la construcción de una PTAR sea una oportunidad de empleo que beneficie económicamente a usted y su familia	49
Figura 7 Preocupaciones que se expresan sobre cómo esta planta podría afectar la vida de los residentes	50
Figura 8 Lo que hacen con las aguas servidas de su hogar	51
Figura 9 Se considera que es necesario implementar medidas adicionales para proteger el medioambiente durante la construcción y operación de la planta	52
Figura 10 Preocupaciones ambientales específicas tiene sobre el proyecto.....	53
Figura 11 Nivel de importancia a las iniciativas educativas relacionadas con la conservación del agua y el uso una PTAR	54
Figura 12 Terreno propuesto para diseño de PTAR junto a sus medidas	110
Figura 13 Topografía y relieve del sitio propuesto para diseño de PTAR	113
Figura 14 Accesibilidad al sitio de propuesta	114
Figura 15 Desarenador en la STAR - Estelí	115
Figura 16 Estelí Circulación de las aguas residuales en la STAR - Estelí	116
Figura 17 Salida de efluente final en STAR - Estelí	116
Figura 18. Planta de Conjunto de Planta de Tratamiento de aguas residuales en Estelí ...	120
Figura 19 Planta Arquitectónica de Laboratorio Físico - Químico y Biológico de Efluentes	121
Figura 20 Planta Arquitectónica de Cámara de Rejas y Isométrico	122
Figura 21 Planta Arquitectónica de Cámara de distribución e Isométricos	123
Figura 22 Planta de Conjunto de trampa de grasas e isométrico.....	124
Figura 23 Detalle de trampa de grasas e isométrico.....	125
Figura 24 Planos de cajas de inspección e isométricos	126
Figura 25 Plano de conjunto de desarenador e isométricos	127

Figura 26 Planta Arquitectónica de Sedimentador Primario e Isométrico	128
Figura 27 Planta Arquitectónica de filtro percolador e isométricos.....	129
Figura 28 Planta Arquitectónica Reactor UASB e isométrico	130
Figura 29 Planta Arquitectónica de módulo de reactor UASB	131
Figura 30 Isométricos de reactor UASB	132
Figura 31 Planta Arquitectónica de Sedimentador secundario e Isométricos	133
Figura 32 Planta Arquitectónica de espesador de lodos e isométrico	134
Figura 33 Plano de conjunto a color de Planta de tratamiento de aguas residuales en Estelí	135
Figura 34 Reactor UASB	136
Figura 35 Sedimentador Primario	137
Figura 36 Sedimentador Secundario (Decantador)	138
Figura 37 Canal de entrada y Cámara de rejillas	139
Figura 38 Desarenador	140
Figura 39 Espesador de lodos.....	141
Figura 40 Filtro percolador.....	142

Índice de tablas

Tabla 1 Características de la disposición de rejillas	59
Tabla 2 Datos acerca de la eliminación de partículas y su velocidad en desarenadores	72
Tabla 3 Dimensiones de canaleta parshall.....	75
Tabla 4 Límites de aplicación en medidores parshall.....	77
Tabla 5 Información típica de filtros percoladores.....	81
Tabla 6 Producción de lodos por persona según el tipo de tratamiento de agua residual .	104
Tabla 7 Tabla de temperaturas y tipos de digestión en digestores anaeróbicos	104

1. Introducción

En el presente trabajo se plantea una propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el casco urbano del municipio de Estelí, con la meta de minimizar la contaminación ambiental provocada por aguas residuales, el municipio de Estelí se ha visto afectado por el crecimiento poblacional y el desarrollo urbano ha incrementado en los últimos años siendo uno de tantos municipios donde se destaca lo que son las actividades industriales y comerciales, a la vez que estas mismas actividades hacen que las personas emigren por la demanda de trabajo que se ve en el municipio.

Esto provoca una demanda de consumo de agua y la generación de aguas residuales, las cuales la mayoría son enviadas al sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) y otras son expulsadas directamente al río Estelí, ya que la infraestructura existente para su tratamiento es deficiente, lo que ocasiona la descarga directa de las aguas residuales al medio ambiente, además las normativas ambientales y los estándares de calidad del agua no están siendo cumplidos debido a estas eficiencias.

“Las aguas residuales, juegan un papel crucial, ya que son aquellas que han sido alteradas en sus características físicas, químicas y microbiológicas por diferentes procesos antrópicos. Estas se pueden clasificar en aguas residuales de origen doméstico o aguas residuales no domésticas y que pueden provenir del sector industrial, eléctrico, pecuarios, agrícola, aguas pluviales entre otros”. (Felipe & Hoyos, 2020).

“Asegurar la calidad de nuestros recursos hídricos depende del monitoreo y control de las fuentes de contaminación y los vertimientos. Las masas hídricas contaminadas plantean riesgos para la salud humana y el funcionamiento de los ecosistemas. Los vertimientos no controlados pueden tener como resultado la contaminación de los recursos de agua potable, la sobrecarga de las masas de agua con materia orgánica (lo que causa eutrofización) y la acumulación de metales pesados u otros contaminantes” (ONU-Hábitat & OMS, 2021).

En este contexto la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales se presenta como una solución clave para mitigar el impacto ambiental y promover el uso eficiente de los recursos hídricos. Este tipo de infraestructura permite no solo la depuración

de las aguas residuales antes de su vertido o reutilización si no también la protección de la salud pública y la conservación de los ecosistemas.

El diseño de una planta de tratamiento eficiente y sostenible requiere de un análisis exhaustivo de las características del agua a tratar, la selección de tecnologías adecuadas y la integración de energías renovables que contribuyan a la reducción de costos operativos y a la mejora del rendimiento ambiental del proyecto. Con ello se busca a garantizar una gestión responsable del agua, fundamental para el desarrollo sostenible para el municipio de Estelí, y los nuevos barrios como lo son Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba.

El presente trabajo se encuentra estructurado de tal manera que se pueda comprender por qué se realizó la investigación, iniciando primeramente por la introducción, antecedentes, planteamiento del problema, justificación, seguidamente se encuentra la fundamentación teórica, la hipótesis, la matriz de operacionalización de variables, diseño metodológico, por último, el análisis y discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

2. Antecedentes

Se realizó búsqueda de diferentes fuentes de información nacional, e internacional donde la mayoría se obtuvieron de la biblioteca Urania Zelaya del centro universitario regional de Estelí (CUR – Estelí) donde se obtuvieron los siguientes antecedentes nacionales relacionados a una propuesta de diseño de planta de tratamiento de aguas residuales.

Blandón y colaboradores (2011) en su trabajo “Propuesta de Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en la Comunidad de San Pablo, Municipio de ' San Rafael del Sur, Managua, con un periodo de diseño de Enero 2010 -Enero 2030” demuestran la gran importancia que tiene el proyecto para la comunidad, ya que reduciría enfermedades, disminuiría la contaminación del río San Pablo, mejoraría la calidad de vida y las condiciones higiénicas, y embellecería la localidad al eliminar las aguas estancadas.

Báez Rita Sofía. & Martínez Espinoza Rut Mariela. (2015), elaboro un “diagnostico socio – ambiental de aguas residuales emitidas en el II semestre del año 2014 por la planta de tratamiento de aguas residuales. (PTAR-Boaco) Boaco”, lo que indago que la planta de tratamiento de aguas residual es no es la única que está generando contaminación, sino también las descargas directas de aguas residuales de las viviendas de los barrios Las Bombillas y paso de Lajas, el método utilizado en la investigación es del tipo cualitativo y cuantitativo a través de la aplicación de técnicas como la recolección de datos, análisis de laboratorio

Bendezú y Martínez (2017), exponen en su: “Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores-lodos anaeróbicos ecológicos para el distrito de Huancayo, provincia de Huancayo – Junín” que el distrito de Huancayo carece de una planta de tratamiento de aguas residuales generando contaminación y enfermedades por donde se irrigan estas aguas. Utilizaron como método aplicado cuantitativa y como técnica la Observación y recopilación de datos, ya que se observó que los agricultores utilizan estas aguas para el riego en sus sembríos, se concluye que este problema es realmente serio y es urgente la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Esquivel y Santiago (2018) en su trabajo: “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Cachicadán, Santiago de Chuco, La Libertad- 2018” concluyen que el proceso más apropiado para tratamiento de aguas residuales con una población media es lodos activos. Además, recomiendan el uso de PTAR mediante lodos activados en aguas servidas domesticas o municipales de grandes ciudades y alta densidad poblacional, con población superior a 15 mil habitantes.

Además, la autora Quintana (2016) demostró que el estudio, El filtro rocoso mostró una remoción eficiente de más del 93% de coliformes y 86.47% de *E. coli* cuando se operó adecuadamente. La estructura y material filtrante permitieron la formación de una película barrosa que protegió el filtro, aunque el sedimento causó estancamiento en las tuberías, subrayando la necesidad de mantenimiento regular. Este sistema es una solución económica y sostenible para la recuperación de recursos hídricos y mejora la salud de las comunidades.

3. Planteamiento del Problema

En el siguiente apartado se explicará el principal problema de estudio, para la investigación a realizar en los barrios Gerardo Brooks, Villa Cuba y Villa Sandino en el municipio de Estelí.

3.1. Caracterización General del problema

En las últimas décadas, el municipio de Estelí ha experimentado notable crecimiento poblacional, impulsado por nuevos asentamientos a sus alrededores barrios como Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba, ha traído consigo importantes desafíos en términos de infraestructura de saneamiento.

Estos barrios, carecen de sistemas adecuados para el tratamiento de aguas residuales, lo que ha resultado en la contaminación de cuerpos de agua cercanos, afectando tanto la salud pública como el medio ambiente local. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), un 80% de las aguas residuales urbanas en América Latina no reciben un tratamiento adecuado, lo que incrementa significativamente los riesgos para la salud pública, especialmente en áreas urbanas periféricas como los barrios mencionados (2017).

Actualmente el tratamiento de las aguas residuales en gran parte del municipio de Estelí no se realiza de manera adecuada o por falta de un sistema, realizándose los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento de manera directa a las fuentes de agua, provocando alteraciones al medio ambiente, contaminando la red hídrica superficial como subterránea.

El saneamiento deficiente contribuye a la transmisión de enfermedades poniendo en riesgo la salud de las personas, y la integridad de los ecosistemas. La producción de las aguas residuales en la ciudad está relacionada con el crecimiento poblacional, el desarrollo de las actividades agrícolas, la producción de residuos a diario, ha tenido como consecuencia el incremento de volúmenes descargados a los cuerpos de agua, como resultado la entrada de contaminantes.

La falta de tratamiento de las aguas residuales en los barrios Gerardo Brooks, Villa sandino y Villa Cuba ha ocasionado grandes problemas debido a que estas aguas no son tratadas de manera correcta, y al no contar con alcantarillado sanitario para poderlas trasportar a las

pilas sépticas que existen en la ciudad actualmente, son expuestas directamente a la intemperie, siendo descargadas en quebradas o ríos que están cerca de la ciudad generando un impacto negativo sobre la calidad de vida de las personas.

Al momento de la construcción de las pilas sépticas ubicadas en la salida norte de Estelí, la cual fueron instaladas en los años 1986 y 1990 al pasar del tiempo la población urbana creció, el sistema de tratamiento de aguas residuales comenzó a mostrar sus limitaciones al no cumplir con los estándares técnicos adecuados, lo que lleva a la fugas y filtraciones que contaminan el suelo y las aguas subterráneas.

Estas instalaciones se han visto sobrecargadas, lo que ha llevado a una serie de problemas ambientales, problemas a la salud pública. Actualmente, la cobertura de alcantarillado sanitario en Estelí es del 82%, lo que implica que una gran parte de la ciudad a un dependa de sistemas informales. Por lo que el sistema sigue presentando deficiencias, como la acumulación de residuos y la filtración de aguas contaminadas hacia el medio ambiente.

Por lo tanto, es fundamental una solución integral para mejorar el manejo de las aguas residuales en la ciudad, una opción viable sería la propuesta de un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que implicaría reducir las aguas a estudios como parámetros físico-químicos y biológicos con el fin de mejorar su calidad y determinar su idoneidad para distintos usos sin alterar el medio ambiente dándole un manejo adecuado.

3.2. Preguntas de investigación

Con respecto a lo anterior planteado surgen las preguntas:

Pregunta general

¿Es necesario contar con una planta de tratamiento de aguas residuales en los barrios Gerardo Brooks, Villa sandino y Villa Cuba barrios Gerardo la ciudad de Estelí?

Pregunta específica

¿Cuál es la problemática ambiental en los barrios Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba ubicados en la zona norte de la ciudad de Estelí?

¿Qué tecnologías de tratamiento de aguas residuales son más adecuadas para la planta considerando la cantidad del agua residual generadas en los barrios?

¿Qué criterios de diseño se deben considerar para asegurar la eficacia y sostenibilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales?

4. Justificación

Es necesario considerar que la contaminación hídrica es una de las principales causas de degradación ambiental, la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales, es esencial para mitigar los impactos negativos sobre los cuerpos de agua cercanos, como ríos y quebradas de la localidad, reduce la propagación de enfermedades transmitidas por el agua como la diarrea, el colera y otras infecciones, garantizando un manejo eficiente de los desechos contribuyendo a mejorar la calidad de vida y salud pública.

Existen regulaciones ambientales que exigen un manejo adecuado de los residuos líquidos, industriales y domésticos, esta planta permitiría cumplir con las leyes vigentes y evitar sanciones o multas cumpliendo las normativas. Con el fin de enfrentar la creciente escases de agua, la planta acepta tratar y reutilizar el agua residual como en la agricultura y uso recreativo contribuyendo al desarrollo sostenible, ya que promueve un uso racional de los recursos naturales y minimizar el impacto ambiental de las actividades humanas.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

- Diseñar una propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales que reduzca los niveles de contaminación en la ciudad de Estelí, durante el segundo semestre del año 2024.

5.2. Objetivos Específicos

- Analizar el ámbito socioeconómico y ambiental Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba ubicados en la zona norte de la ciudad de Estelí.
- Describir las tecnologías de tratamiento de aguas residuales adecuadas en base a los cálculos obtenidos en una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Proponer un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Estelí.

6. Fundamentación Teórica

En este capítulo se definen ejes teóricos fundamentales que son la base conceptual de esta investigación: impacto ambiental, tratamiento y diseño de planta de tratamiento de aguas residuales.

6.1. Impacto ambiental de las aguas residuales

A pesar de algunos avances en la última década, las aguas residuales no tratadas siguen siendo un importante desafío mundial. (..) La contaminación de las aguas residuales es uno de los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad y una importante amenaza para la salud humana, que afecta especialmente a las personas y los ecosistemas más vulnerables, incluidos los marinos y de agua dulce. (The United Nations Environment Assembly (UNEA), 2023).

Para la Escuela de Postgrado de Ingeniería y Arquitectura (2020):

El agua residual puede ser un foco de infección. Tanto en su curso como en caso de contactar con plantas o animales, estamos ante un potencial peligro. Si comemos alimentos contaminados por esas aguas, corremos el riesgo de que se transmitan enfermedades.

Según Alférez Rivas & Nieves Pimiento (2019):

Esta situación hace que la disponibilidad del recurso sea limitada en muchas regiones del país principalmente para consumo humano y recreativo. La sobresaturación de carga orgánica desequilibra los ecosistemas Acuáticos y genera condiciones anóxicas (sin oxígeno) de difícil recuperación que limitan la vida de las comunidades acuáticas y generan procesos de eutroficación de lagos y lagunas por sobreabundancia de nutrientes (nitrógeno y fósforo).

Aunque se han logrado ciertos avances en el manejo de aguas residuales en los últimos años, estas siguen representando un desafío global que afecta gravemente la biodiversidad, la salud humana y los ecosistemas más vulnerables. Las aguas sin tratar pueden convertirse en un foco de contaminación, propagando enfermedades a través de su contacto con alimentos,

plantas y animales. Asimismo, su impacto limita la disponibilidad de agua para consumo y recreación, desequilibra los ecosistemas acuáticos y genera condiciones de falta de oxígeno que dificultan su recuperación, además de provocar la acumulación excesiva de nutrientes que deterioran lagos y lagunas.

6.1.1. Problemática de las aguas residuales

Evidentemente la problemática de las aguas residuales y su manejo inadecuado generan una degradación al suelo, contaminación de ríos y arroyos siendo los más afectados en su calidad, alteración de los ecosistemas y la salud pública, están cargadas de químicos tóxicos y compuestos orgánicos persistentes, provocando efectos devastadores tanto al medio ambiente como a la salud pública.

El agua se contamina por residuos, fertilizantes y diferentes químicos que han sido vertidos en las aguas dulces, terminando por contaminar también las saladas. Algunas consecuencias dañinas al medio ambiente que resultan de la falta de tratamiento de aguas, son:

- Infiltración de acuíferos: las sustancias químicas y biológicas contaminan las reservas subterráneas, muchas veces de manera irreversible.
- Alteración climática: las aguas residuales liberan gases de efecto invernadero que contiene (metano y óxido nitroso).
- Eutrofización: exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo pueden causar un crecimiento excesivo de algas (floraciones algales), que reduce el oxígeno disponible en el agua, afectando la vida acuática.
- Infecciones: diferentes organismos patógenos son transmitidos a través del agua, que afectan a los organismos terrestres y marinos con los que entran en contacto.
- Contaminación térmica de las reservas que contienen el agua: los líquidos industriales pueden elevar la temperatura de las zonas donde se desechan.
- Malos olores: las bacterias y sustancias contenidas en aguas residuales generan gases, resultado de la descomposición.

Zuriel Ceja de la Cruz (2019) señala que las aguas residuales no tratadas contienen (bacterias, virus y parásitos) estas acarrean grandes cantidades de organismos patógenos, metales pesados y residuos de productos de aseo personal que generan problemas de

salud, así como de antibióticos, que contribuyen a aumentar la resistencia de las bacterias. En términos generales, las aguas sin tratamiento pueden provocar enfermedades humanas como cólera, diarreas, disentería, hepatitis a, fiebre tifoidea y poliomielitis.

6.1.2. Marco Legal del Medio Ambiente

Ley general del Medio Ambiente y los Recursos Naturales 217

Artículo 25.- Los Proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro al ambiente o a los recursos naturales, deberán obtener, previo a su ejecución, el Permiso Ambiental otorgado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. El Reglamento establecerá la lista específica de tipo de obras y proyectos. Los proyectos que no estuvieren contemplados en la lista específica, estarán obligados a presentar a la municipalidad correspondiente el formulario ambiental que el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales establezca como requisito para el permiso respectivo.

Artículo 26.- Las actividades, obras o proyectos públicos o privados de inversión nacional o extranjera, durante su fase de pre inversión, ejecución, ampliación, rehabilitación o reconversión, quedarán sujetos a la realización de estudios y evaluación de impacto ambiental, como requisito para el otorgamiento del Permiso Ambiental. Aquellos que no cumplan con las exigencias, recomendaciones o controles que se fijen serán sancionados por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. El costo del estudio del impacto ambiental estará a cargo del interesado en desarrollar la obra o proyecto.

Artículo 27.- El sistema de permisos y evaluación de impacto ambiental será administrado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, en coordinación con las instituciones que corresponda. El MARENA estará obligado a consultar el estudio con los organismos sectoriales competentes, así como con los Gobiernos Municipales. En el caso de las Regiones Autónomas de la Costa Atlántica el sistema será administrado por el Consejo Regional respectivo, y en coordinación con la autoridad que administra o autoriza la actividad, obra o proyecto en base a las disposiciones reglamentarias, respetándose la participación ciudadana y garantizándose la difusión correspondiente.

Artículo 28.- En los Permisos Ambientales se incluirán todas las obligaciones del propietario del proyecto o institución responsable del mismo estableciendo la forma de seguimiento y cumplimiento del permiso obtenido.

Artículo 29.- El permiso obliga a quien se le otorga:

- 1) Mantener los controles y recomendaciones establecidas para la ejecución o realización de la actividad.
- 2) Asumir las responsabilidades administrativas, civiles y penales de los daños que se causaren al ambiente.
- 3) Observar las disposiciones establecidas en las normas y reglamentos especiales vigentes.

Artículo 30.- El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales en base a la clasificación de las obras de inversión y el dimensionamiento de las mismas, emitirá las normas técnicas, disposiciones y guías metodológicas necesarias para la elaboración de los estudios de impacto ambiental.(Asamblea Nacional de la Republica DE Nicaragua, 1996)

Ley de las Agua Nacionales 620

Arto. 105 el MARENA previa verificación propia de sus funciones, o a propuesta de la ANA, podrá ordenar la suspensión de las actividades que den origen a los vertidos de aguas residuales, en el caso de que los mismos sobrepasen los límites permisibles.

Arto. 106 se deberá declarar la extinción del permiso de vertido de aguas residuales cuando se dejen de pagar los cánones de vertido por más de un año fiscal, sin haberse autorizado plazos para el pago. (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2007)

Norma Técnica Ambiental Para el Manejo y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos NTON 05 014 01

13.1 Los desechos sólidos no peligrosos debe ser procesados o tratados mediante la ejecución de métodos físicos, químicos y biológicos tales como: trituración y compactación, incineración, pirólisis, compostaje, vermicompostaje y rellenos sanitarios.

13.2 Todo tratamiento o procesamiento que se realice con los desechos sólidos no peligrosos, deben realizar una evaluación ambiental de los efectos que puedan generarse por dicho tratamiento en el medio ambiente, el cual debe ser revisado y autorizado por MARENA.

13.3 Los tratamientos o procesamientos deben realizarse con el fin de proteger la salud y el medio ambiente, así como reducir los volúmenes de los desechos, sin perjuicio de recuperar materiales reutilizables y generar subproductos:

13.3.1 Biogás.

13.3.2 Compost

13.3.3 Humus.

13.3.4 Energía.

13.3.5 Otros de interés.

13.4 El MARENA debe dar seguimiento y control para velar por el cumplimiento de los requisitos ambientales conforme a lo establecido por la legislación vigente, sin perjuicio de otros que surgieren en su efecto.

13.5 Los centros destinados al procesamiento o tratamiento de los desechos sólidos deben estar ubicados, como mínimo a 1000 metros de los asentamientos humanos, industrias de alimento, escuelas, hospitales, centros de desarrollo infantil, áreas de recreación y cualquier actividad que haya permanencia de personas.

13.6 La ubicación de los centros de tratamiento o procesamiento deben estar a una distancia mínima de 1000 mts. de las fuentes destinadas al abastecimiento de agua potable, sean aguas superficiales o pozos. La dirección predominante del viento, será a sotavento, es decir de las poblaciones al centro de procesamiento o tratamiento.

13.7 No se permite la ubicación de los centros de tratamiento en áreas protegidas como: Reservas Biológicas, Parques Nacionales y Reservas de Recursos genéticos; Patrimonio cultural, Sitios Históricos y áreas consideradas frágiles. Los desechos generados en estas áreas deberán llevarse fuera y ser tratados.

13.8 En las áreas protegidas que tengan Planes de Manejo (Planes Maestro), el sitio de los centros de tratamiento debe ubicarse según la zonificación y su normativa correspondiente. La ubicación de los centros de tratamiento en áreas protegidas que no tengan Planes de Manejo (Planes Maestro), deberá solicitar la autorización correspondiente a la Dirección General de Áreas Protegidas del MARENA.

13.9 Los centros de tratamiento o procesamiento no deben ubicarse a menos de 1000 metros de la línea limítrofe municipal. Se exceptúan las administraciones municipales mancomunadas.

15.1 La ubicación de los sitios de disposición final deberán cumplir con los requisitos establecidos en la normativa 05 013-01 para rellenos sanitarios, en lo que corresponda.

15.2 La utilización de incineradores para tratar los desechos sólidos no peligrosos, requieren del previo permiso del MARENA y MINSA.

15.3 La utilización de incineradores requieren del tratamiento y disposición final de los residuos y cenizas que se generen de este proceso.

15.4 La disposición final de los residuos y las cenizas producidas por la incineración de los desechos sólidos no peligrosos se deben realizar bajo los requisitos establecidos en la normativa 05 013 - 01 Norma Técnica para el control Ambiental de los rellenos sanitarios.

15.5 No se permite en los sitios de disposición final de desechos sólidos no peligrosos las cenizas provenientes de incineradores para desechos sólidos peligrosos, en lo que corresponda a la Norma Técnica para el Manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos.

15.6 Se debe destinar un área en el sitio de disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, cuando la municipalidad lo decida así, para realizar la separación, clasificación y almacenaje de los desechos a reciclar.

15.7 La presente normativa deberá ser evaluada cada quinquenio, analizando el método utilizado para la disposición final, introduciendo mejoras de acuerdo a los avances tecnológicos. Previamente se debe realizar un diagnóstico que indique los niveles de cumplimiento de la normativa, en función de su aplicación.

15.8 Cualquier mejoramiento a la técnica que se utilice para la disposición final de los desechos, debe ser evaluado por MARENA, MINSA, los cuales deberán emitir una autorización donde aceptan dicho mejoramiento o nuevo sistema, exigiendo la aplicación de un plan de gestión ambiental.(Asamblea Nacional de Nicaragua, 2002)

Norma técnica obligatoria nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su rehúso norma técnica NTON 05 027-05 61

La ubicación de los Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales debe cumplir con todos los criterios establecidos en el Acápite 6 de la presente normativa.

6.2 La ubicación de los STAR debe tomar en cuenta los planes de desarrollo urbano de la Municipalidad o Localidad.

6.3 El terreno donde se construya un STAR no debe ser un área inundable. No se permite la construcción en pantanales, humedales (swampoo), marisma y similares.

6.4 El área del terreno donde se ubique o se instale un STAR debe tener una pendiente menor de 5%.

6.5 La instalación o construcción de los STAR deben estar ubicados a sotavento de cualquier actividad donde haya permanencia de personas por más de 8 horas, de tal manera que el aire circule de las actividades hacia el sitio de la ubicación del STAR y no lo contrario.

6.6 La distancia de separación entre la instalación o construcción de cualquier STAR, y viviendas, fuente de abastecimiento y nivel freático se establece en el cuadro 1.

6.7 En el caso de nuevas actividades o proyectos que requieran instalarse cerca del área de influencia de un STAR en operación deben de regirse por los criterios establecidos en la presente normativa y los criterios técnicos que las autoridades competentes dictaminen.

6.8 La distancia mínima entre los STAR y campos de pozos de abastecimiento de agua potable debe ser en un radio de 1000 metros medidos desde el pozo más cercano.

6.9 Todo STAR que se ubique en áreas protegidas debe solicitar la autorización o permiso ambiental al MARENA según corresponda. En el caso de áreas protegidas con planes de

manejo, el sitio de ubicación de los STAR deberá registrarse según la zonificación y su normativa correspondiente.

6.10 La distancia mínima entre un STAR y esteros (estuarios), mar debe ser de 100 m de la línea máxima de crecida, en caso contrario el MARENA o INAA según su competencia establecerá su autorización en dependencia del tipo de sistema. 6.11 Cuando la descarga o disposición final del efluente de un STAR se requiera en Aguas superficiales, debe ser autorizada por el MARENA según el tipo de corriente, uso del recurso y actividades que se realicen en el punto de descarga. En el caso de los ríos y quebradas se debe tomar en cuenta el uso y las actividades que se realicen aguas abajo.

7. ESTUDIOS BÁSICOS

Para sitio seleccionado se debe realizar los estudios básicos necesarios para conocer las características del área donde se ubicarán los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, tales como:

7.1 Los estudios deben contener al menos la siguiente información:

- a) La formación y tipo de suelo; topografía, morfología del área, relieve, pendientes y perfil estratigráfico del suelo de la zona, capacidad de infiltración de los suelos.
- b) Considerar la información de las condiciones del sitio como: cortes litológicos de pozos de agua ya existentes.
- c) Información sobre el aprovechamiento de los cuerpos de agua en la zona.
- d) El plano de Conjunto del Proyecto, donde se incluya la ubicación del STAR, el sitio de disposición final y de las actividades colindantes.
- e) Los planos de diseños y la memoria de Cálculo del STAR.

7.2 En los casos que MARENA e INAA, de acuerdo a su competencia consideren convenientes, en dependencia de las características de las aguas residuales y volumen a tratar, debe presentar lo siguiente:

d) Realizar simulaciones o modelajes del comportamiento del acuífero y de la calidad del mismo, para definir la pluma de contaminación de éste, donde la importancia de acuífero y el tamaño del STAR lo amerite.

8. MANEJO DE LOS DESECHOS LÍQUIDOS

8.1 No se permite la descarga directa o indirecta de aguas residuales no tratadas ya sea doméstica, industrial y agropecuaria en cualquier cuerpo de agua superficial, suelo y subsuelo.

8.3 Los Generadores que instalen STAR deben presentar ante el MARENA e INAA según su competencia, un manual de operación y mantenimiento del sistema y su respectivo plan de monitoreo.

8.4 Es responsabilidad de los generadores, poner en práctica el manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales y su respectivo plan de monitoreo, revisado y aprobado por el MARENA e INAA según su competencia.

8.5 Todo prestador de servicio de evacuación de lodos y otros residuales provenientes de tanques sépticos, letrinas portátiles, trampas de grasa, sumideros y de otros medio de saneamiento, que se proponga utilizar el sistema de alcantarillado sanitario para disponer los desechos antes mencionados, deberá contar previamente con la autorización respectiva de la empresa operadora y de la administración del servicio de este sistema, si la disposición se propone había un cuerpo receptor el prestador del servicio debe cumplir con los parámetros establecidos en el Decreto N°. 33-95 “Disposiciones para el Control de la Contaminación proveniente de las Descargas de Aguas Domésticas, Industriales y Agropecuarias” y el permiso ambiental del MARENA.

9. PROCESOS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO

9.1 Para fines de la presente norma se consideran:

9.1.1 Tratamiento preliminar o pretratamiento: Rejas y tamices, trituradores de sólidos, desarenadores, tanques de compensación u homogenización, desengrasadores y flotadores.

9.1.2 Tratamientos primarios: Sedimentadores primarios, tanque séptico, tanque Imhoff y lagunas anaerobias.

9.1.3 Tratamientos secundarios: Lodos activados, zanjas de oxidación, filtros percoladores, Filtros anaerobios, reactor UASB, filtros biológicos, lagunas facultativas y aerobias, lagunas aireadas, lagunas de macrófitos (humedales artificiales), filtros verdes (infiltración a través de cultivos forestales) biofiltros, lechos de carbón y biofísicos.

9.1.4 Tratamientos terciarios: Procesos de nitrificación - desnitrificación, procesos de eliminación de fósforos, biodisco y lechos bacterianos, lagunas de maduración, lagunas de macrófitos (Humedales), filtros verdes, biofiltros y sistemas de aplicación al suelo en general, filtros, ultrafiltración, desinfección, precipitación y otros.

9.2 Todo generador debe considerar los criterios siguientes:

a. La selección de tecnología en base al origen de agua residual (domésticas, industriales y agropecuaria), el volumen a tratar, disponibilidad y vulnerabilidad de área y la disposición final de los efluentes.

b. En el manejo integrado de las aguas residuales domésticas industriales y agropecuarias deben incorporar, el análisis del reúso o reciclaje de las aguas residuales tratadas en dependencia de la calidad de los efluentes y los tipos de reúso establecidos en capítulo 11 de la presente norma, con el objetivo de mitigar, eliminar y reducir los impactos negativos al ambiente. MARENA, INAA, MINSA de acuerdo a su competencia aprobará el reúso o reciclaje de las aguas tratadas domésticas, industriales y agropecuaria en dependencia de la calidad de agua, el reúso, de la vulnerabilidad del sitio y volumen entre otros criterios.

c. En los sistemas de tratamientos de aguas residuales de tipo industrial, se debe identificar el origen de todos los residuos, los problemas operativos (producción, mantenimiento) y de otra naturaleza, asociados a los sistemas de producción y aquellas áreas donde pueden introducirse mejoras para minimizar y / o aprovechar el volumen y tipos de residuos generados.

d. No deben mezclarse las aguas de distinta naturaleza en un solo sistema de tratamiento, a menor que las características físicas, químicas, biológicos y tratabilidad así lo permitan, y deben contar con la autorización de MARENA e INAA autorizará según su competencia.

e. Informar al MARENA, INAA según su competencia, cuando se requiera alterar el volumen y características de sus efluentes, así como alterar la cantidad de materia prima, insumos y químicos usados en el proceso de producción industrial, cambios de los equipos y dispositivos destinados a prevenir la contaminación. 1.1 Se permite el reúso de aguas residuales cuando se cumpla con lo establecido en la presente normativa.

11.2 Los reúsos detallados y los no especificados en el inciso 11.3, además de cumplir con inciso 11.1 de la presente normativa, deben ser analizados y aprobados por el MARENA, INAA y MINSA de acuerdo a su competencia, si se demuestra que el reúso de las aguas residuales no afectarán la salud ni la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

12. MONITOREO DE LAS AGUAS RESIDUALES

12.1 Para la vigilancia y el control de efluentes de STAR que descarguen a cuerpos receptores se utilizarán las mismas frecuencias de muestreo y análisis establecidos en el Anexo 1. del Decreto 33-95 2 "Disposiciones para el Control de la Contaminación proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias" y lo establecido en el Decreto N°. 77-2003

"De Establecimiento de las Disposiciones que regulan las descargas de Aguas Residuales Domésticas provenientes de los sistemas de tratamientos en el Lago Xolotlán".

12.2 Para vigilancia y el control de efluentes de STAR que se reúsen, las frecuencias mínimas requeridas para la toma de muestra y la realización de los análisis de laboratorio respectivos, debe seguir el Cuadro 9.

12.3 Las muestras para la realización de los análisis en general deben ser tipo compuesta, como se describe en el Arto. 17 y Arto. 18 del Decreto 33-95 "Disposiciones para el Control de la Contaminación proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias".

12.4 El MARENA, MINSA, INAA según su competencia exigirán frecuencias y parámetros diferentes a los descritos en el Cuadro 9 de la presente Normativa y el Decreto 33-95 "Disposiciones para el Control de la Contaminación proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias", en dependencia del tipo del sistema

de tratamiento utilizado y en aquellos casos en que la protección de la salud pública y del ambiente, así lo requieren. 14.1 Los desechos sólidos generados por los STAR deben ser manejados, en base a lo establecido en la NTON 05-014-02 “Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para el manejo, Tratamiento y Disposición final de los Desechos Sólidos no Peligrosos y la NTON 05 015-02 “Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para el Manejo y Eliminación de Residuos Sólidos no Peligrosos.

14.2 Los desechos sólidos deben ser almacenados diariamente en sitios y recipientes adecuados y disponer al menos una vez a la semana en sitios autorizados, conforme lo establecido en las normas descritas e el inciso anterior.

14.3 El generador y prestador de los servicios de transporte de los desechos, debe cumplir con lo establecido en la Normas y leyes vigentes.

15. MANEJO DE LOS LODOS

15.1 Los generadores previos a la construcción de los STAR y el prestador del servicio deben presentar ante el MARENA o ante INAA según su competencia, para su aprobación, el plan de manejo de los lodos, que incluya al menos la caracterización, estimación de los volúmenes, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los mismos.

15.2 Todo generador y prestador del servicio deberá contar con un aval de las autoridades competente para la disposición final de los lodos.

15.3 El generador deberá llevar un registro de la cantidad y calidad del lodo generando en los sistemas de tratamiento, el cual deberá ser remitido cuando estas lo requieran a las autoridades correspondientes.

15.4 Los generadores deberán realizar la caracterización de los lodos antes y después del tratamiento, para su posterior disposición final ya sea como abono orgánico, material para rehabilitación de terrenos, depositados en rellenos sanitarios, incinerados, confinamiento controlado, de acuerdo a las características finales del lodo obtenido.

15.5 Toda persona natural, jurídica pública, privada de una obra, proyecto o actividad responsable o administrativa de sistemas de tratamientos que generen lodos deben de cumplir

con lo establecido en esta normativa, en el caso de existir instrumentos regulatorios específicos para el manejo de lodos prevalece la supremacía de los mismo.

16. CIERRE DE OPERACIONES DE LOS STAR

16.1 En caso de clausura de la operación de los STAR, los generadores deben notificar al MARENA o INAA según su competencia y a la Municipalidad su decisión de cierre con 60 días hábiles de anticipación y presentar un plan de clausura o abandono para su aprobación que debe de contar como mínimo lo siguiente:

- i) Antecedentes de su operación y descripción de la infraestructura existente.
- ii) Acciones correctivas.
- iii) Obras de Restauración con las medidas a realizar en las áreas de afectación directa e indirectamente.
- iv) Cronograma de ejecución las Obras de restauración y de las acciones correctivas y costos asociados.
- v) Planos correspondientes a las obras de restauración.
- Vi Usos Alternativos del sitio.
- vii) Plan de supervisión de la clausura.

17. CONTROL AMBIENTAL

17.1 La presente Normativa debe utilizarse como instrumento de control para verificar el cumplimiento en la calidad de los efluentes. La instancia responsable de la fiscalización es el MARENA y el INAA de acuerdo a su competencia.

17.2 Los responsables de los STAR deben presentar un informe inicial de operaciones a MARENA o a INAA según su competencia después de haber iniciado operaciones el sistema de tratamiento, el cual debe contener al menos lo siguiente:

- a) Nombre Jurídico/ Natural de los Generadores o Razón social del Generador.
- b) Dirección exacta del sitio de ubicación del STAR.

- c) Área de toda la Instalación.
- d) Cantidad de trabajadores.
- e) Caracterización y Volumen de aguas residuales.
- f) Productos usados para el mantenimiento de los STAR, así como insumos intermedios y aditivos utilizados durante el proceso.
- g) Descripción breve del tratamiento a ser implementado.
- h) Cantidad de desechos sólidos y Lodos producidos.
- i) Tipo de tratamiento de los Lodos, si se amerita y destino final de éstos.
- j) Disposición final de éstos.
- k) Datos provenientes del monitoreo en conformidad con la presente normativa.

17.3 El responsable de los STAR debe remitir un informe anual al MARENA, INAA, MINSA según su competencia o cuando las autoridades lo requieran, el cual debe contener lo siguiente:

- a) Volumen de agua producida por día.
- b) Registro de Aforos.
- c) Cantidad de Productos utilizados para el mantenimiento de los STAR, así como insumos intermedios y aditivos usados durante el proceso.
- d) Resultados del Plan de Monitoreo (Registro de análisis efectuados según la legislación pertinente).
- e) Cantidad de desechos sólidos y Lodos producidos y disposición final de éstos.
- f) Registros de daños a la infraestructura, causados por situaciones fortuitas o accidentes, manejo y funcionamiento del sistema.
- g) Situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y el funcionamiento del sistema, origen de descarga de aguas residuales con niveles de contaminantes que contravengan los límites permitidos por las normas técnicas respectivas.

h) Evaluación del estado actual del sistema.

i) Acciones correctivas y de control.(Asamblea Nacional De la República, 2006)

Código Penal de la República de Nicaragua 641

Art. 365 Contaminación del suelo y subsuelo

Quien, directa o indirectamente, sin la debida autorización de la autoridad competente, y en contravención de las normas técnicas respectivas, descargue, deposite o infiltre o permita el descargue, depósito o infiltración de aguas residuales, líquidos o materiales químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes tóxicos en los suelos o subsuelos, con peligro o daño para la salud, los recursos naturales, la biodiversidad, la calidad del agua o de los ecosistemas en general, será sancionado con pena de dos a cinco años de prisión y de cien a mil días multa.

Las penas establecidas en este artículo se reducirán en un tercio en sus extremos mínimo y máximo, cuando el delito se realice por imprudencia temeraria

Art. 366 Contaminación de aguas

Quien, directa o indirectamente, sin la debida autorización de la autoridad competente y en contravención de las normas técnicas respectivas, descargue, deposite o infiltre o permita el descargue, depósito o infiltración de aguas residuales, líquidos o materiales químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes tóxicos en aguas marinas, ríos, cuencas y demás depósitos o corrientes de agua con peligro o daño para la salud, los recursos naturales, la biodiversidad, la calidad del agua o de los ecosistemas en general. Se impondrá la pena de cuatro a siete años de prisión, cuando con el objeto de ocultar la contaminación del agua, se utilicen volúmenes de agua mayores que los que generan las descargas de aguas residuales, contraviniendo así las normas técnicas que en materia ambiental establecen las condiciones particulares de los vertidos.(Asamblea Nacional de Nicaragua, 2008)

6.2. Tratamiento de las aguas residuales

6.2.1. Aguas Residuales

Las aguas residuales también conocidas como aguas servidas, aguas negras, fecales o cloacales, son aquellas aguas que han sufrido variaciones en sus características naturales

debido al uso del ser humano en actividades para la satisfacción de sus necesidades básicas, provenientes de viviendas, industrias y lluvias. Estas al no ser tratadas carecen de valor inmediato debido a su baja calidad (Conde Anzola, Vega Godoy, & Pinilla Herrera, 2021).

La eliminación de los residuos ha constituido un problema primordial para las sociedades humanas, en las últimas décadas el mundo ha venido observando la inquietud, y tratando de resolver una serie de problemas que provocan los residuos.

Las aguas residuales de uso doméstico son aquellas que provienen de las actividades del hombre en su rutina diarias, son flujos de agua conformados por la combinación de las excretas eliminadas por la población incluyendo heces y orina (Osorio, Carrillo, Negrete, Loo, & Riera, 2021)

Por otra parte, no todas las aguas residuales son iguales mucho menos contienen la misma cantidad y calidad de contaminantes.

6.2.2. Origen de las aguas residuales

Las aguas residuales tienen su origen en los hogares, la industria, agricultura y el comercio producto por la actividad humana en diferentes ámbitos ya sea en el hogar de aquí se producen por lavar los platos, tirar la cadena del inodoro o bien lavar la ropa, las aguas residuales industriales estas son producidas por sus procesos productivos eliminando así químicos y otros desechos. Las aguas residuales agrícolas estas son utilizadas para el riego de y las comerciales estas tienen origen en restaurantes, hoteles, tiendas y su origen se da en la cocina o baños.

6.2.3. Tipos de aguas residuales

- Aguas residuales domesticas: Son aquellas que se utilizan en viviendas y departamentos, en su mayoría procedentes de la cocina, el baño y la lavandería.
- Aguas residuales industriales: Son todas aquellas aguas que se generan como consecuencia de la producción industrial.
- Aguas residuales agrícolas y pecuarias: Proviene de las actividades agrícolas y ganadera.
- Aguas residuales urbanas: Mezcla de aguas residuales domésticas, industriales y pluviales en áreas urbanas.

- Aguas pluviales contaminadas: Lluvia que arrastra contaminantes al caer en la superficies urbanas o industriales.

6.2.4. Características de las aguas residuales

1. Características Físicas:

- Temperatura
- Color
- Olor
- Turbidez
- Solidos suspendidos
- Características químicas:
- Potencial de hidrogeno (pH)
- Demanda química del oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Nutrientes
- Metales pesados y productos químicos tóxicos
- Compuestos orgánicos e inorgánicos
- Aceites
- Características biológicas:
- Animales
- Plantas
- Microorganismos
- Hongos
- Bacterias

6.2.5. Efluente

La Real Academia Española (RAE), en su diccionario, define un efluente como un fluido procedente de una instalación industrial (Porto, 2018).

Es decir, cualquier tipo de líquido que es descargado desde un sistema, generalmente como resultado de un proceso industrial, agrícola o de tratamiento de aguas residuales, después de haber sido procesada para reducir contaminantes. Dado que, este líquido tratado es liberado

al medio ambiente, como en ríos, lagos o mares o bien ser reutilizado para fines, dependiendo de su calidad.

6.2.6. Características físicas, químicas y biológicas de un efluente para ser expulsado hacia una cuenca natural.

Las características que debe cumplir un afluente antes de ser vertido a una cuenca naturales incluyen parámetros físicos, químicos y biológicos.

En primer lugar, entre las características físicas, destacan la temperatura controlada para evitar alteraciones en el ecosistema, la turbidez baja para permitir el intercambio de luz, y la reducción de sólidos suspendidos para mantener la calidad del agua. Por otro lado, las características químicas incluyen un pH neutral (entre 6.5 y 9), una demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅) inferior a 30 mg/L, una demanda química de oxígeno (DBO) menor a 120mg/L, y el control de nutrientes y metales pesados en concentraciones mínimas.

Además, en términos de características biológicas, es importante que la cantidad de coliformes fecales sea baja (menos de 1000NMP/100m/L), que el efluente este desinfectado para eliminar patógenos y que el nivel de oxígeno disuelto sea suficiente (superior a 5 mg/L).

6.3. Planta de tratamiento de aguas Residuales

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es un sistema que incluye distintos procesos físicos, químicos y biológicos para transformar el agua sucia y contaminada en agua limpia, siendo un conjunto de procesos y operaciones unitarias encaminadas a la depuración de las aguas residuales antes de su vertido al cuerpo receptor, mitigando el daño al medio acuático (Lozano Rivas , 2012).

Por otra parte, estas plantas de tratamiento son esenciales para garantizar la salud de las personas y cuidar el medio ambiente, eliminando los contaminantes que afectan la calidad del agua antes de ser liberadas al medio ambiente de manera segura.

6.3.1. Tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales

Existen diferentes plantas de tratamientos que realizan la limpieza de aguas sucias tales como

- Plantas de tratamiento Físico-Químico
- Planta de Tratamiento Biológico

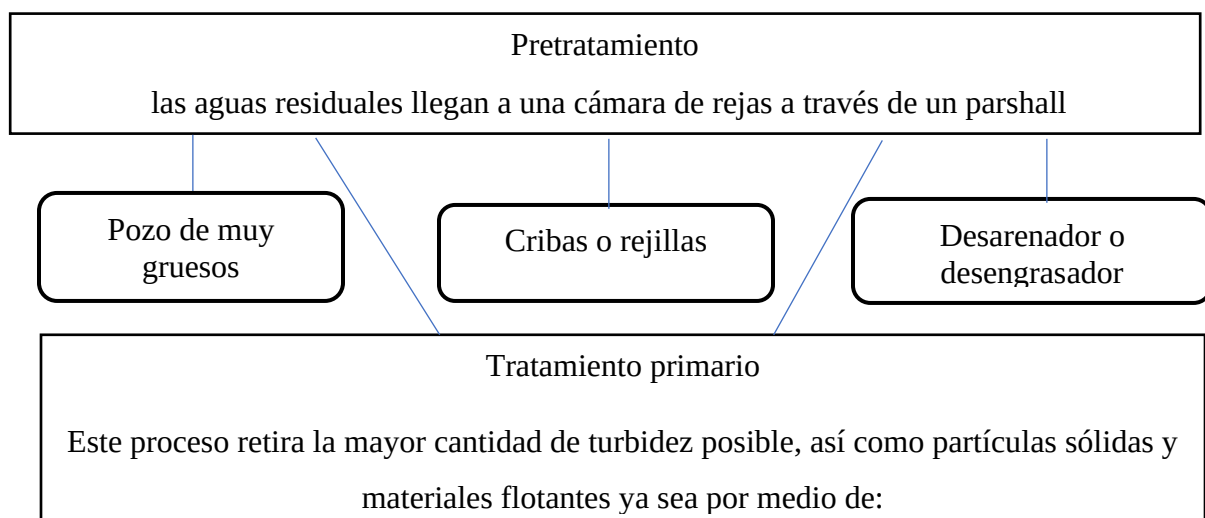
- Laguna de Estabilización
- Filtros Percoladores o Biofiltros
- Sistema de lodos activados
- Sistema de Tratamiento de Humedales Construidos
- Reactores de Membrana (MBR)

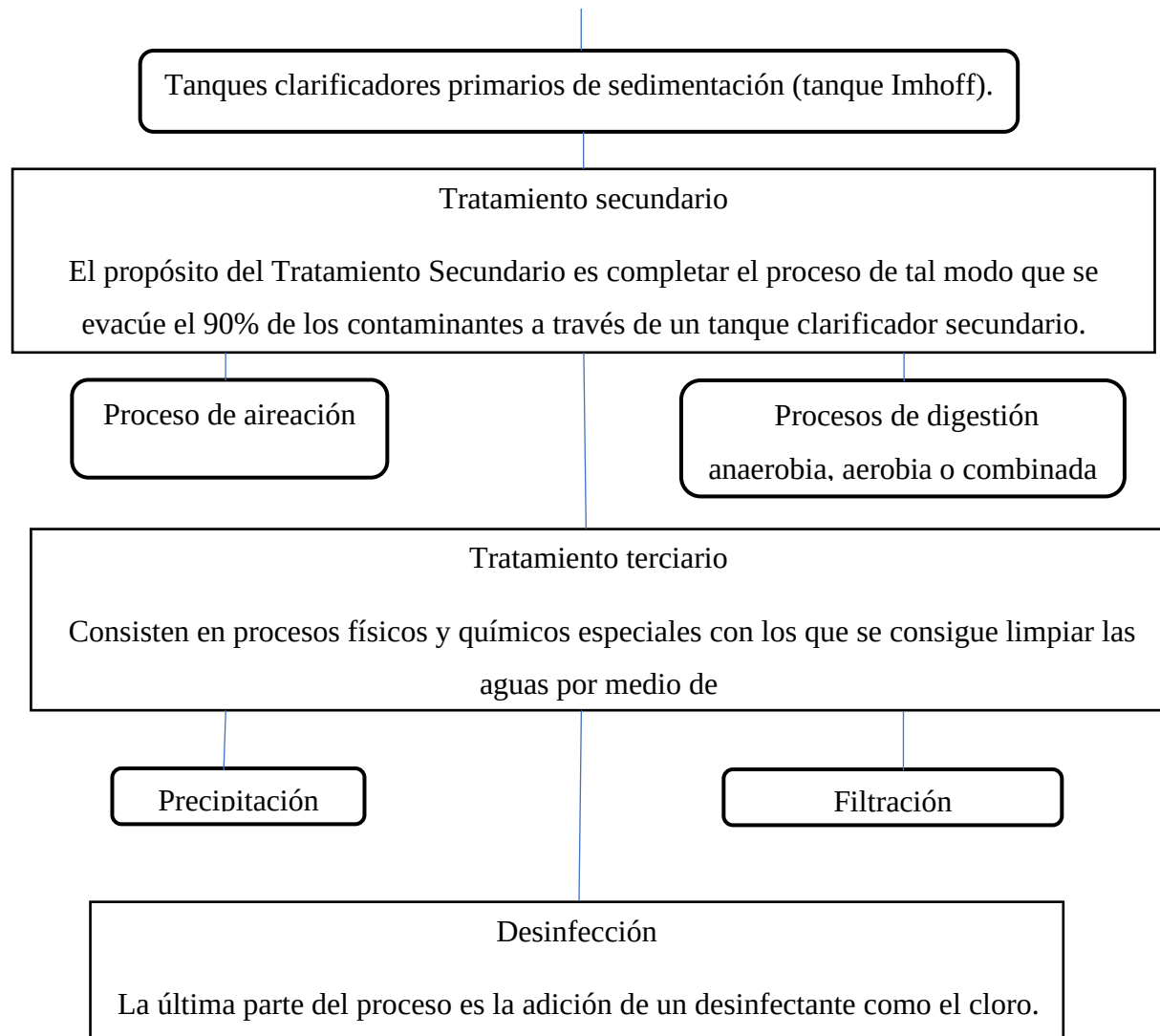
Cada tipo de planta tiene sus propias ventajas y limitaciones en términos de costo, eficiencia, mantenimiento y espacio requerido. Teniendo en cuenta que, estas plantas desempeñan un papel vital en la gestión sostenible del agua y la salud de las personas al ser purificadas estas aguas y reintegradas al medio ambiente.

6.3.2. Tipos de tratamiento que ejecuta una PTAR

- pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario
- Tratamiento de lodos

6.3.3. diagrama de un flujo de una PTAR





6.3.4. Pretratamiento en una PTAR

El pretratamiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es la primera etapa del proceso de tratamiento, diseñada para remover los sólidos gruesos y materiales flotantes presentes en el agua residual. Los procesos comunes en el pretratamiento:

Las rejillas o también llamadas cribas, se utilizan para eliminar los sólidos de gran tamaño presentes en el agua residual. La principal función es ser un elemento de protección de la planta, ayuda a preservar bombas, equipos mecánicos y prevenir la obstrucción de válvulas. Es por eso que es el primer proceso que se efectúa en un efluente de agua residual. Se consideran rejillas gruesas aquellas en que sus barrotes distan entre sí de 4 a 10 cm, rejillas medias entre 2 y menores de 4 cm, y rejillas finas entre 1 y menores de 2 cm (Amaya et. al. 2015).

La canaleta Parshall es utilizada generalmente para la medición del flujo de líquidos en canales abiertos. La textura lisa de su superficie interior evita obstrucciones al flujo por acumulación de sedimentos, lo que la hace más eficiente para las mediciones en comparación de otras estructuras, como los vertederos (Aponte Castillo, 2019).

Adicionalmente presenta gran eficiencia, pues se requiere una sola medida de carga para determinar el caudal.

Desarenador: tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm (OPS, 2005).

Los desarenadores consisten, en un ensanchamiento del canal de pretratamiento, en donde la velocidad del agua disminuye lo necesario para permitir la sedimentación de las partículas discretas, pero no lo suficiente para que se presente asentamiento de la materia orgánica. Su diseño está soportado, entonces, en las velocidades de sedimentación de las partículas que quieren removerse, las cuales son explicadas mediante las fórmulas de **Stokes (flujo laminar)**, **Newton (flujo turbulento)** y **Allen (régimen transitorio)** (Lozano Rivas, 2016).

este proceso implica rejas o tamices que se utilizan para eliminar sólidos grandes y objetos indeseables, el desarenador es el que se separan las partículas de arena y otros sólidos mediante sedimentación o procesos de flotación evitando la abrasión de los equipos, contando con un

El desengrasador es un equipo del pretratamiento que elimina aceites, grasas y sustancias flotantes del agua residual. Funciona separando estos materiales mediante flotación, permitiendo que se suban a la superficie, donde se retiran mecánicamente, mientras los sólidos sedimentados se eliminan del fondo (Hernández A, Hernández 2015).

El pretratamiento es crucial para preparar el agua antes de su tratamiento biológico y físico ayudando así a proteger los equipos principales.

6.3.5. Tratamiento primario

Separador de Partículas Sólidas: Es una cámara de sedimentación que es, esencialmente, un tanque grande. Esto disminuye el caudal del agua. Posteriormente, se deja que la arena, las partículas sólidas y otros sólidos pesados se asienten al fondo. Las partículas sólidas son luego arrastradas, secadas y se dispone de ellas, usualmente como relleno.

La sedimentación se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólidos en suspensión de las mismas.

La eliminación de las materias por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran, que acaba en el depósito de las materias en suspensión.

En algunos casos, la sedimentación es el único tratamiento al que se somete el agua residual. La sedimentación puede producirse en una o varias etapas o en varios de los puntos del proceso de tratamiento, involucra la evacuación de tanta materia sólida remanente como sea posible. El drenaje fluye hacia grandes tanques llamados Tanques de Sedimentación Primaria donde las partículas más pequeñas se asientan en el fondo. Un Lodo Primario o Lodo Crudo es barrido por rastreadores eléctricos hacia una tolva y luego es bombeado a la planta de asimilación de lodo (Ramalo, 2020).

6.3.6. Tratamiento secundario

El propósito del Tratamiento Secundario es completar el proceso de tal modo que se evacúe el 90% de los contaminantes. El equipo usado es un Tanque de Aireación que proporciona enormes cantidades de aire a una mezcla de aguas residuales, bacterias y otros microorganismos. El oxígeno en el aire acelera el crecimiento de microorganismos útiles que consumen la materia orgánica dañina en el agua residual (Kelli Herbert, 2010).

6.3.7. Tratamiento terciario

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias.

6.3.8. Desinfección

La última parte del proceso es la adición de un desinfectante como el cloro. Este se agrega usualmente al agua residual antes de que salga de la planta de tratamiento. El desinfectante mata los organismos causantes de enfermedades en el agua (Kelli Herbert, 2010).

6.3.9. Usos del efluente tratado

Una vez tratadas, las aguas residuales pueden utilizarse para riego así reemplazar el agua dulce, para procesos agroindustriales, el riego de zonas verdes o bien para generar energía.

6.3.10. Cómo se deben cuidar las PTAR

Cuidar una planta de tratamiento de aguas residuales es fundamental para garantizar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil, por lo tanto, es necesario saber el mantenimiento y cuido que se le tiene que dar.

- Darle un mantenimiento preventivo a las tuberías y tanques para evitar daños a la PTAR.
- Realizar inspecciones diarias para detectar anomalías en los equipos y sistema.
- Tener higiene y seguridad en todo momento.
- Revisar válvulas, tanques, bombas y otros componentes.
- Estar pendiente que la planta no reciba materiales de gran tamaño que puedan afectar el procedimiento al momento de darles tratamiento a las aguas.
- Reportar los problemas que pueda presentar una PTAR.

6.3.11. Problemáticas actuales con la STAR del municipio de Estelí

La planta de tratamiento de aguas residuales se localiza en la zona norte de la ciudad de Estelí, km 152 de la carretera panamericana Managua actualmente el sistema de tratamiento de agua residuales presenta eventos significativamente negativos por el mal uso técnico, la degradación de las pilas, ya que está en desperfectos algunas de los procesos. En los últimos años no se han hecho ningunas modificaciones lo cual está siendo afectado por los malos

olores, los procesos que corresponden los tratamientos, pudiendo llegar afectar la vida silvestre, así como también el manto acuífero y la salud humana en un futuro ya que evacua el destino del cuerpo receptor del efluente la quebrada La Limosa.

En el año 2005 se realizaron las ultimas redes de mejoramiento rehabilitación y ampliación al sistema de aguas residuales lo cual es un déficit al sistema por en los últimos años debido al aumento de la población. El descuido de esto se ha visto afectado por lo que en la entrevista hacia el operador nos brindó alguna de la información y nos relató que solamente se encuentran cuatro personas en el sistema de tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, esto estaría causando un impacto social negativo de igual manera al medio ambiente.

7. Hipótesis

Realizando una propuesta de diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Estelí, probablemente pueda reducir los niveles de contaminación ambiental y daños a la salud humana.

8. Matriz de operacionalización de variables e indicadores (MOVI).

• Objetivo General: Diseñar una propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales que reduzca los niveles de contaminación en la ciudad de Estelí, durante el segundo semestre del año 2024.								
Objetivos específicos	Variable conceptual	Subvariable s o dimensiones	Indicadore s	Unidad de medida	Técnicas de recolección de datos e información y actores responsables			
					Encuesta	entrevis ta	Observaci ón directa	Análisis documen tal
Objetivo específico 1: Caracteriza r el ámbito socioeconó mico y ambiental Gerardo	Ámbito socioeconó mico y ambiental.	Cantidad de pobladores con ingresos económicos Servicios de agua potable	Nivel de ingresos promedio de la población	Córdob as	✓			

Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba ubicados en la zona norte de la ciudad de Estelí.			Dotación diaria suministra da por consumo humano	l/p				
		Servicio de energía eléctrica	Horas disponible s del servicio de agua potable	Horas				
		Contaminac ión (Participaci ón ciudadana)	Horas disponible s de servicio de	Horas				

			electricidad					
			Porcentaje de contaminación del aire	%				
Objetivo específico 2: Describir las tecnologías de tratamiento de aguas residuales adecuadas en base a los cálculos	Tecnologías adecuadas para una planta de tratamiento	Tecnología del pretratamiento en una planta de tratamiento de aguas residuales.	Afluente de entrada en una planta de tratamiento de aguas residuales. Área destinada para un	m ³ /día			✓	✓

obtenidos en una planta de tratamiento de aguas residuales.			diseño de planta de tratamiento de aguas residuales.	m ²				
			Porcentaje de remoción de contaminantes según los tratamientos descritos.	%				

			Medidas en el diseño de las tecnología s de una PTAR	m				
Objetivos específicos 3: Proponer un	Diseño de planta	Especificaciones técnicas	Detalle del diseño	Categoría				

diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Estelí.		Tecnologías sostenibles Impacto ambiental	Uso de tecnología sostenibles	Categor ico Escala del (1- 5) Días meses				
---	--	--	-------------------------------------	--	--	--	--	--

9. Diseño metodológico

Este apartado se centrará en aspectos relacionados con el diseño metodológico, incluyendo el tipo de estudio, el área de análisis, la población objetivo, los instrumentos utilizados y las fases del proceso investigativo.

9.1 Tipo de investigación

En cuanto al tipo de investigación según, se considera que es analítica por que se analizan los ámbitos socioeconómico y ambiental de los barrios tomados como estudio, a la vez se tomó en cuenta un análisis del sistema de tratamiento de aguas residuales que nos permita realizar un diseño con base al estudio previo antes mencionado. Por la secuencia de tiempo se considera una investigación de corte transversal, por que comprende el periodo agosto-diciembre 2024.

9.2 Tipo de enfoque

El tipo de enfoque que se lleva a cabo en la investigación es de tipo cualitativo y cuantitativo por que, mediante análisis documental, encuestas y observación se lograra obtener la suficiente información y guía para la realización correcta de un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales.

(Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio , 2014), el enfoque cualitativo emplea la recolección, análisis, interpretación textual y elaboración de los resultados de los datos, se basa en métodos de datos no estandarizados ni completamente determinado, no se efectúa una medición numérica.

Explica que el enfoque cualitativo puede concebirse como un conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo “visible”, lo transforman y convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones grabaciones y documentos. Es naturalista (porque estudia los fenómenos y seres vivos en sus contextos o ambientes naturales y en su cotidianidad) e interpretativo pues intenta encontrar sentido a los fenómenos en función de los significados que las personas les otorguen).

9.2 Área de estudio

La actual investigación se ubica en el área de Ciencias Naturales y Exactas, en la línea de investigación;

CNE-1: Manejo y conservación de RRNN, Gestión Integral y Educación ambiental, específicamente encontrándose en la sublínea CNE-1.2 Gestión integral y educación ambiental aprobada en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua en Managua.

Dicha investigación se realizó en el distrito III en los barrios Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba ubicados en la zona Norte del Municipio de Estelí.

9.3 Población y muestra

Para (Artigas & Robles, 2010) una población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de investigación.

Partiendo de esto, la población total es de 5680 habitantes, del distrito III de los barrios Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba, ubicados en la zona norte de la ciudad de Estelí.

(Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio , 2014), manifiesta que la muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.

La población sujeta al estudio está conformada por los habitantes de los barrios en el que se tomó una muestra aleatoria de 150 personas, distribuyendo 50 en cada barrio. Esta estrategia permitirá obtener datos representativos que reflejen las características y las opiniones de los residentes de cada área.

9.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recopilación de datos

(Maya, 2014) afirma que los métodos y técnicas de investigación permiten descubrir procesos y adquirir nuevos conocimientos sobre ellos.

En el proceso de investigación de recopilación de datos dirigidas a los pobladores se hace uso de 4 técnicas, como la observación no estructurada, encuestas, revisión documental y entrevista que permitieron una exploración más profunda de las experiencias y opiniones de los participantes.

9.5 Etapas de la investigación

9.7.1 Etapa I planificación y preparación

En esta etapa se define el tema y posteriormente se efectúa la búsqueda de información con el fin de obtener respuestas, asimismo, el tema contara con desarrollo. Por otra parte, se realiza una breve introducción a la cual se le han ejecutado cambios, posteriormente un planteamiento de problema, justificación y objetivos que permitirá el desarrollo de investigación.

El la fundamentación teórica se realiza búsqueda de información analítica de varias fuentes primaria y secundarias en relación al tema de aguas residuales, planta de tratamiento y el impacto ambiental de acuerdo al marco legal relacionado con nuestro tema, por mencionar el decreto 21-2017 Ley de los vertidos de aguas residuales, Ley 217 Ley del medio ambiente y los recursos naturales.

9.7.2. Etapa II Ejecución

Se realizó búsqueda de información de fuentes primarias y secundaria confiables, paralelamente se efectuaron visitas de campo, utilizando encuestas a la población de los barrios, además, se llevó a cabo una entrevista a los operadores de la STAR con el fin de obtener información que nos beneficie.

9.7.3. Etapa III Procesamiento y análisis

Elaboración y depuración de la base de datos

Todos los datos obtenidos de la encuesta, entrevista, observación y documentación, se realizó un análisis estadístico de tablas y gráficos de pastel en Excel y Microsoft Word.

Análisis estadísticos de datos

Deducimos los datos por medio de tablas y gráficos de pastel elaborados en Excel, donde una vez obtenidos los resultados se procedió a iniciar con la propuesta de diseño de la planta de

tratamiento de aguas residuales, donde se utilizó programas de diseño como lo es Revit y MATLAB.

10. Análisis y Discusión de los resultados

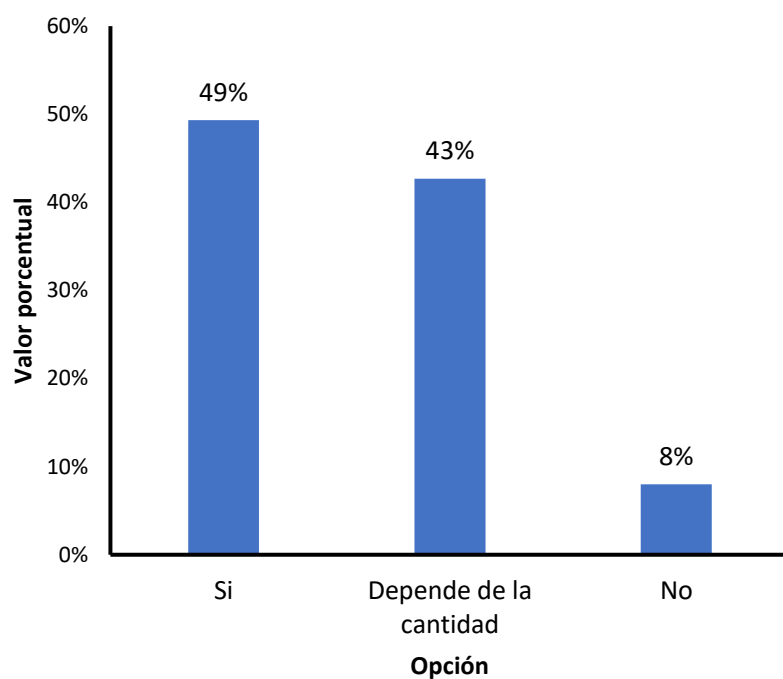
10.1. Ámbito socioeconómico y ambiental en los barrios Gerardo Brooks, Villa Sandino y Villa Cuba ubicados en la zona norte de la ciudad de Estelí.

10.1.1. Ámbito social

El 49% de los pobladores encuestados están de acuerdo en pagar posibles tarifas esto sugiere un apoyo considerable y un fuerte interés en mejorar el tratamiento de las aguas residuales en los barrios. El 43% esta cifra indica que la mayoría de las personas no están en contra, pero su disposición a pagar depende de la cantidad que se les cobre. Solo una pequeña proporción de los encuestados del 8% se opone a pagar tarifas adicionales. Mostrando que hay una aceptación general de la idea, aunque con ciertas reservas (Figura1).

Figura 1

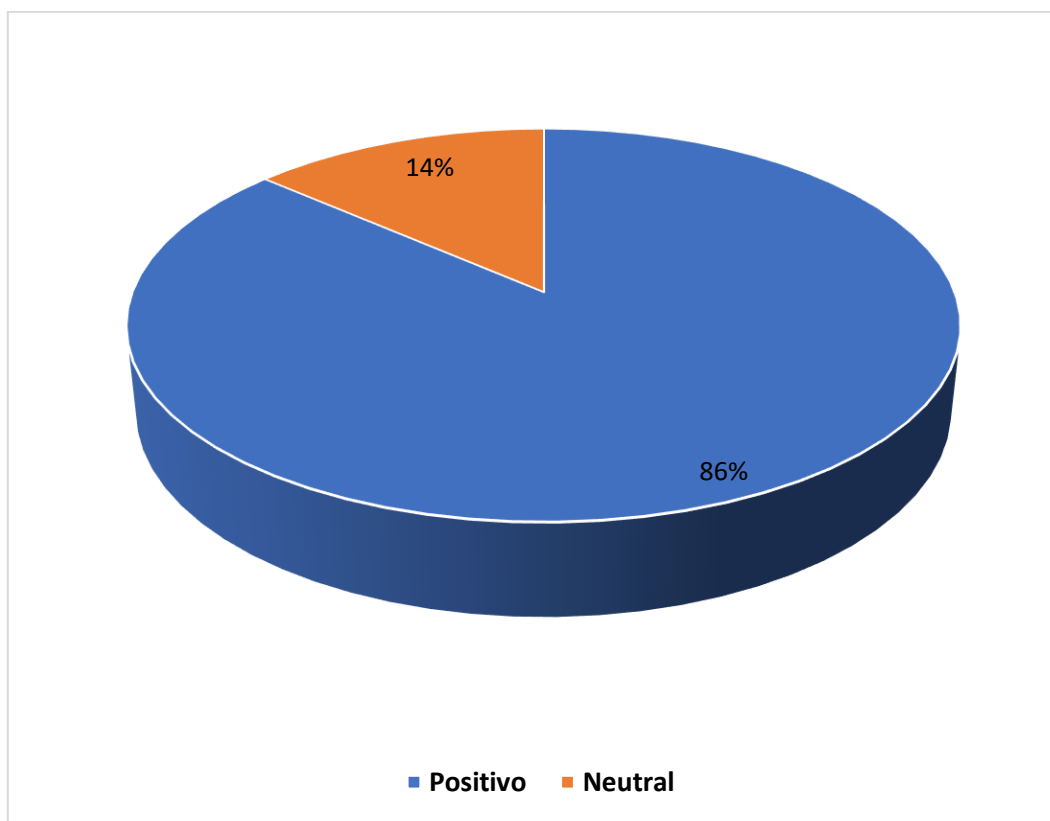
Esta dispuesto a pagar tarifas adicionales para ayudar financiar una PTAR



Con respecto a los encuestados el 86 % dio como positivo en el que la PTAR tendrá un impacto social muy beneficioso mejorando la calidad de vida, preservación del medio ambiente y el fortalecimiento de la cohesión comunitaria, por otra parte, el 14% representado por un pequeño grupo no tiene una opinión definida sobre el impacto social (Figura 2).

Figura 2

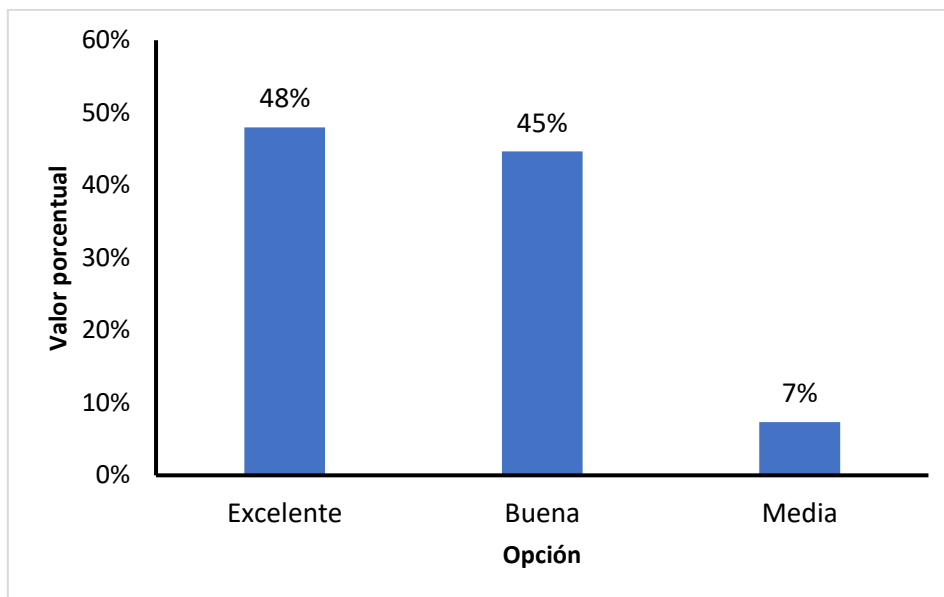
Como se percibe el impacto de la PTAR en el desarrollo económico local.



El 48% de los encuestados indicaron un alto nivel de satisfacción con el suministro de agua actual, así mismo el 45% de los pobladores opina que la calidad del agua es buena. Junto con los que la califican excelente esto refleja una percepción general positiva, mientras que el 7% calificaron el agua como media lo que sugiere que las opiniones negativas sobre la calidad del agua son muy limitadas (Figura 3).

Figura 3

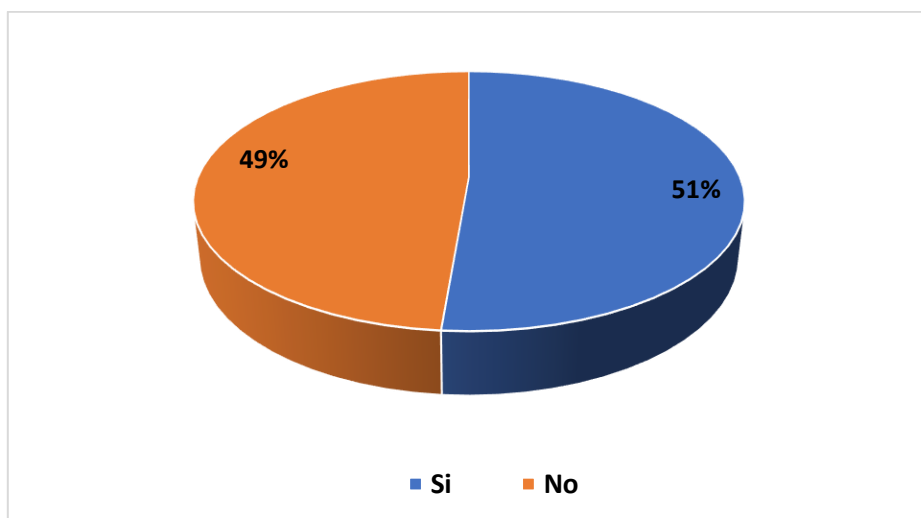
Nivel de impacto que tendrá la PTAR en el barrio



Los resultados obtenidos reflejan que la mayoría de personas conocen o tienen una pequeña idea de cómo funciona el tratamiento de aguas residuales, pero no podemos omitir el notable 49% que dice no conocer sobre este tema, lo que quiere decir que es de suma importancia llevar a cabo planes de educación ambiental para que así los habitantes de estos barrios conozcan el porqué de este proyecto y la importancia que tiene (Figura 4).

Figura 4

Efecto de la planta en la calidad del agua local

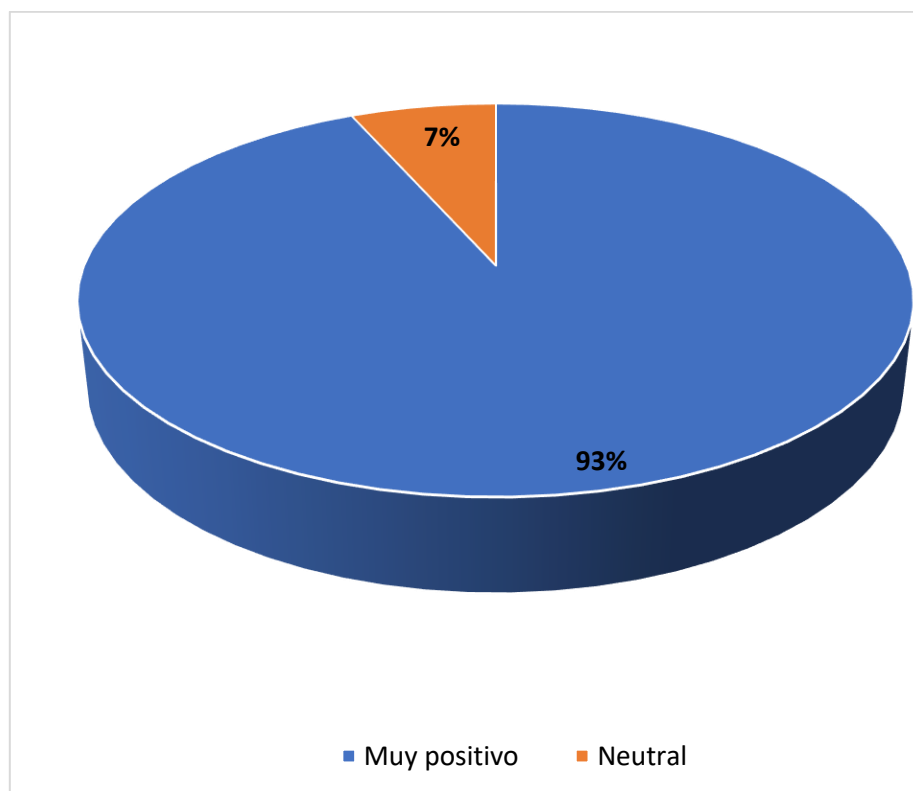


10.1.2 Económico

El 93% dio como positivo la mayoría de los encuestados cree que la PTAR tendrá un impacto beneficioso en la economía local. Esto podría deberse a mejoras de la Salud Publica, aumento de la calidad del agua, lo que a su vez podría generar empleo, crecimiento económico y atracción de inversiones, por otra parte, el 7% dio un porcentaje neutral al no tener una opinión clara sobre el impacto lo que posiblemente indica la falta de información (Figura 5).

Figura 5

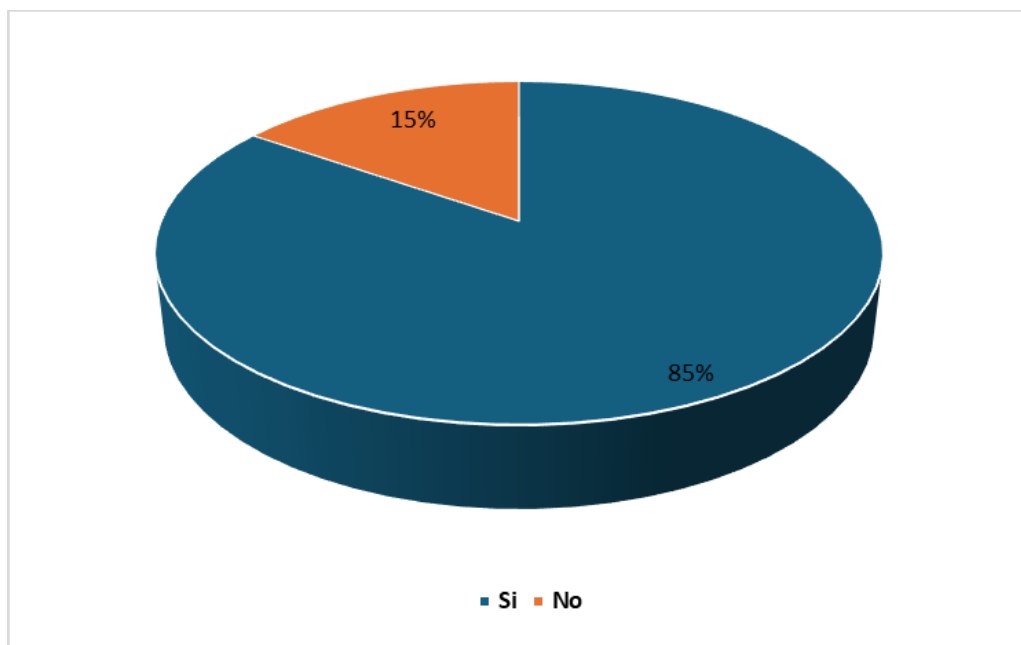
Nivel de impacto social que tendrá la planta en su barrio



La mayoría de los encuestados indicaron que el 85% ve la PTAR como una fuente de empleo que beneficiará a sus familias; esto revela una expectativa positiva sobre la generación de trabajos, durante la construcción como en la operación de la planta. Con respecto al 15% considera que no habrá beneficios laborales alguno reflejando preocupaciones sobre la naturaleza de los empleos, su accesibilidad o dudas sobre el impacto real en la economía local (Figura 6).

Figura 6

Se considera que la construcción de una PTAR sea una oportunidad de empleo que beneficie económicamente a usted y su familia

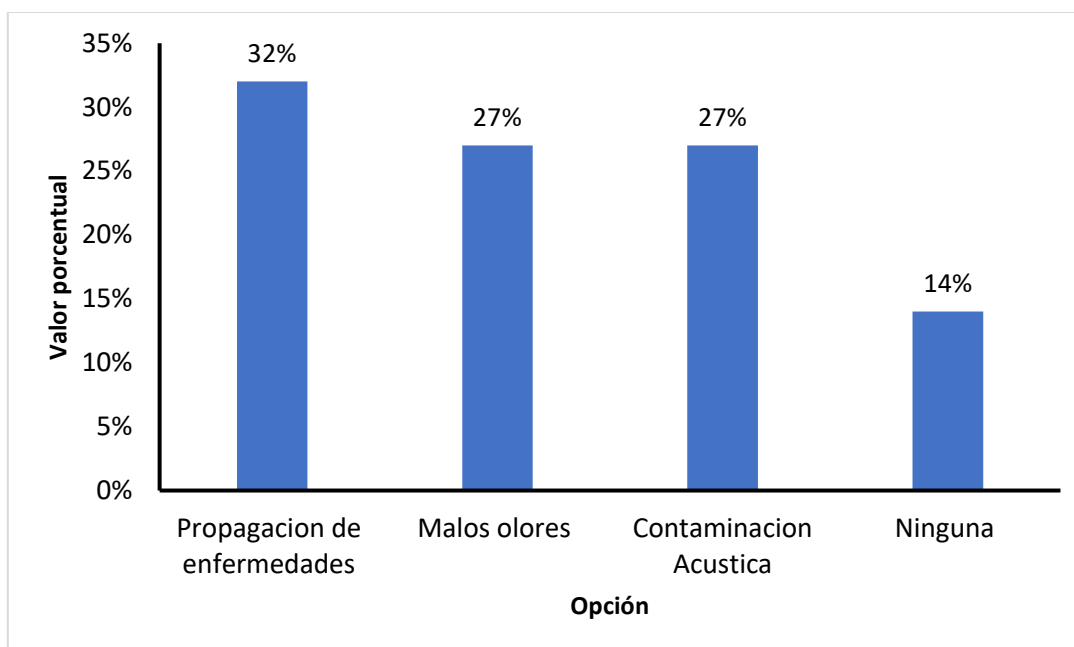


10.1.3 Ambiental

Las preocupaciones expresadas sobre como la planta de tratamiento de aguas residuales podría afectar la vida en la comunidad se puede interpretar de la siguiente manera: El 27% de los pobladores expresa preocupación que la planta genere malos olores desagradables, afectando su calidad de vida. Aparte de esto, el 32% está preocupada por posibles problemas de salud relacionados con la planta, lo que indica una necesidad de información sobre las medidas de seguridad y salud pública que se implementaran. Un 27% se preocupa por la contaminación acústica y un 14% dice que no tiene ninguna preocupación (Figura 7).

Figura 7

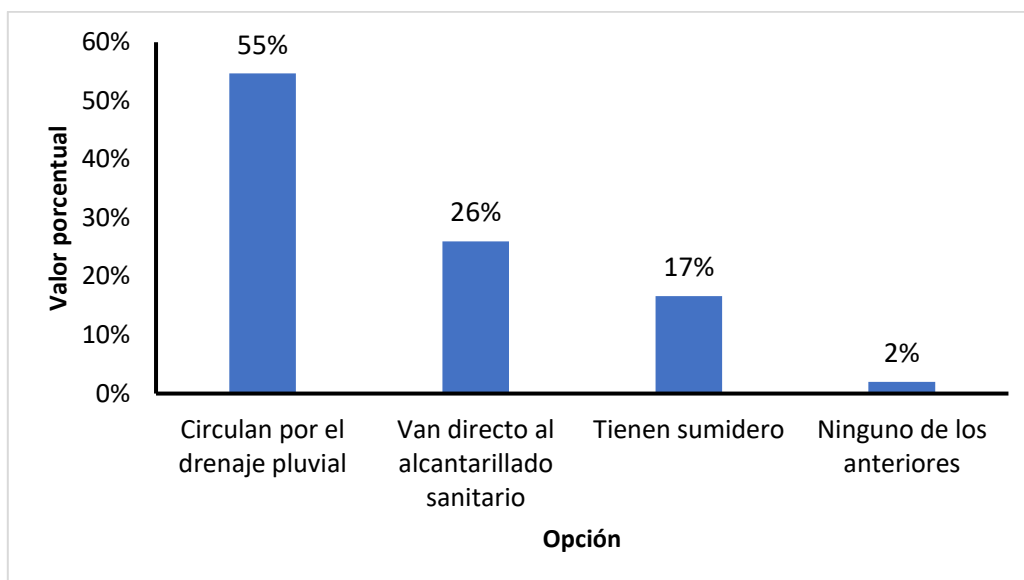
Preocupaciones que se expresan sobre cómo esta planta podría afectar la vida de los residentes



Más de la mitad de los encuestados siendo el 55% dejan que las aguas servidas circulen por el drenaje pluvial generando problemas de contaminación y salud pública, mientras que el 26% simplemente dejan que las aguas servidas fluyan, lo que también plantea preocupaciones sobre el manejo inadecuado de estas aguas y su impacto ambiental afectando el entorno urbano. El 17% un porcentaje mejor tienen su propio sistema de sumidero lo que sugiere que algunos hogares han tomado medidas para manejar el agua de manera más controlada se presentó que solo una pequeña fracción del 2% no utiliza ninguna de estas opciones, lo que podría indicar que tiene otro método no mencionado (Figura 8).

Figura 8

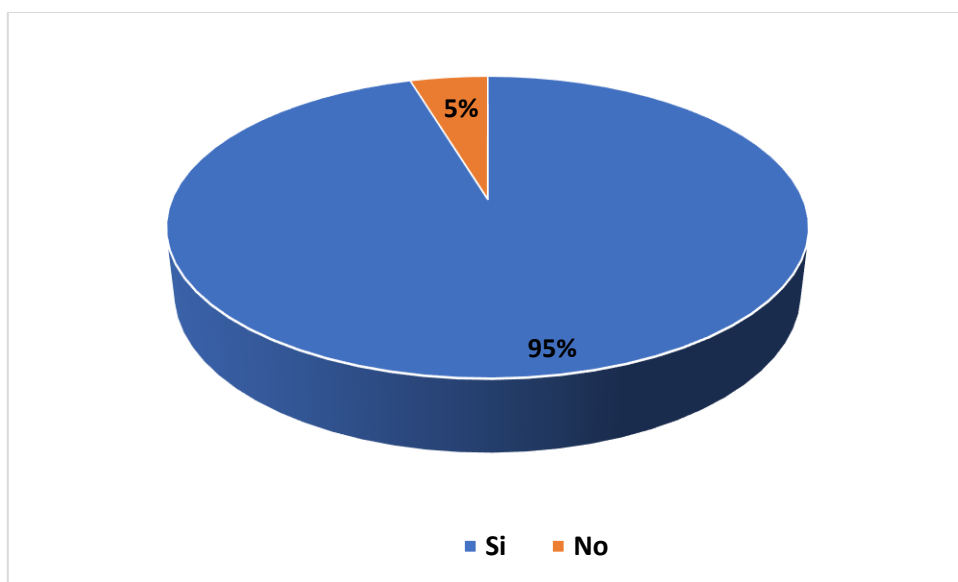
Lo que hacen con las aguas servidas de su hogar



La respuesta de la encuesta indica un fuerte consenso entre los encuestados sobre la importancia de implementar medidas adicionales para proteger el medio ambiente durante la construcción y operación de la planta. Con un 95% de los participantes a favor, se puede concluir que la mayoría de la comunidad está muy preocupada por el impacto ambiental y considera que es fundamental tomar acciones proactivas para mitigar cualquier daño potencial (Figura 9).

Figura 9

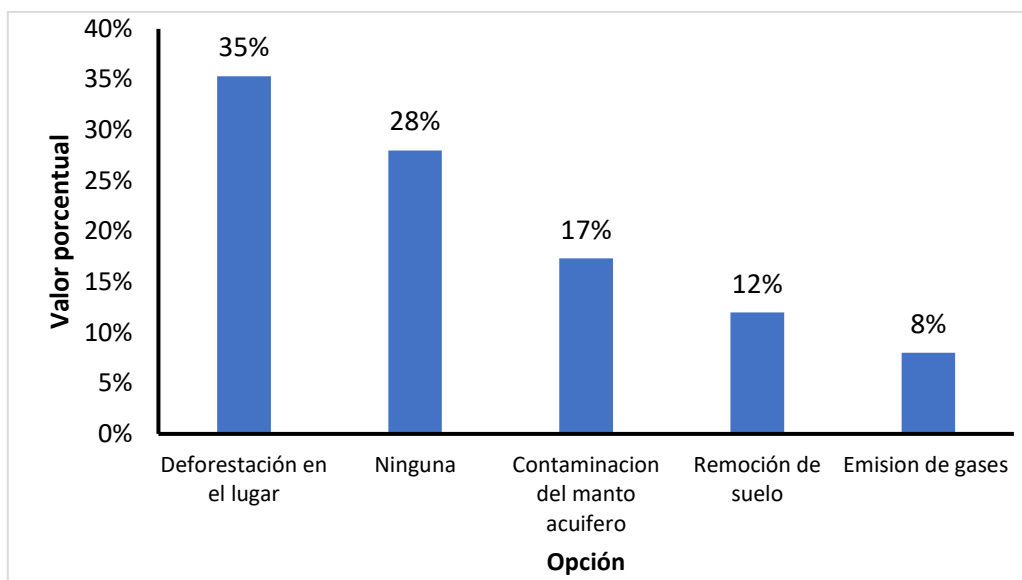
Se considera que es necesario implementar medidas adicionales para proteger el medioambiente durante la construcción y operación de la planta



Los resultados muestran que la deforestación es la principal preocupación ambiental, con un 35% de los encuestados señalándola como un problema. Esto sugiere que muchos ven un riesgo significativo en la pérdida de vegetación y biodiversidad que podría resultar del proyecto, lo que podría tener efectos negativos en el ecosistema local. En resumen, los resultados reflejan una variedad de preocupaciones ambientales, con la deforestación como la más prominente. Al mismo tiempo, la significativa proporción de personas sin preocupaciones sugiere que hay diferentes niveles de conciencia y percepción de riesgo dentro de la comunidad. Esto podría ser un punto de partida para fomentar un diálogo más amplio sobre las implicaciones ambientales del proyecto y cómo abordarlas (Figura 10).

Figura 10

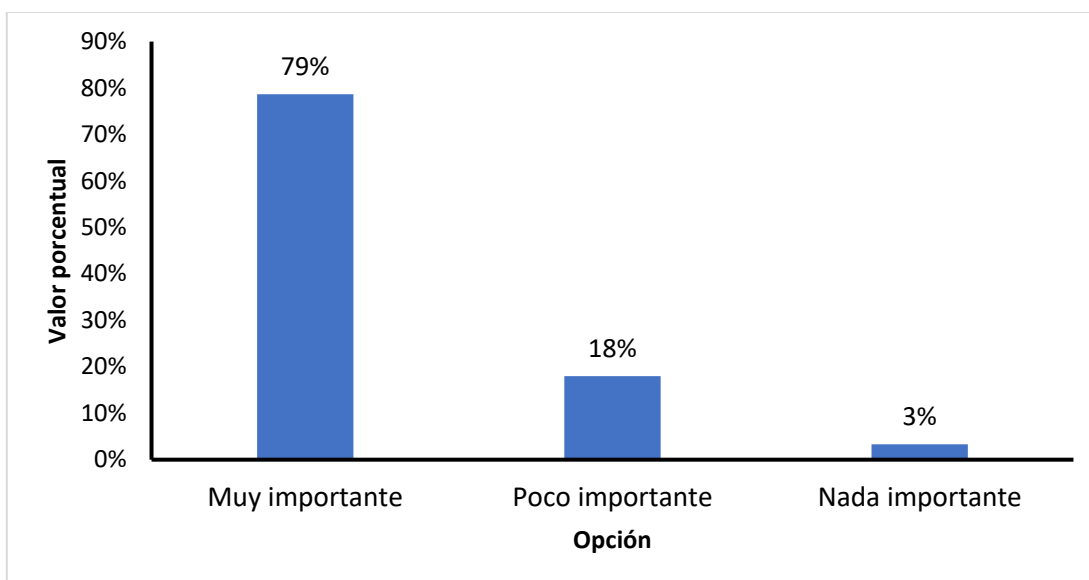
Preocupaciones ambientales específicas tiene sobre el proyecto



Los resultados de la pregunta indican que la gran mayoría de las personas, con un 79%, considera que las iniciativas educativas sobre la conservación del agua y el suelo en la planta de tratamiento son muy importantes. Esto sugiere un fuerte apoyo y reconocimiento de la relevancia de estas iniciativas para la comunidad. Por otro lado, un 18% opina que son poco importantes, lo que podría indicar una falta de interés o conocimiento sobre el tema. Finalmente, solo un 3% considera que estas iniciativas no son importantes en absoluto, lo que es un porcentaje bastante bajo (Figura11).

Figura 11

Nivel de importancia a las iniciativas educativas relacionadas con la conservación del agua y el uso una PTAR



10.2. Tecnologías de tratamiento de aguas residuales adecuadas para una planta de tratamiento de aguas residuales.

1. Dimensionamiento del sistema propuesto en base a los resultados de cálculos

1.1.1. Cálculo de población futura

Según el censo poblacional actual, establece que la población actual del municipio de Estelí es de 131,971 habitantes.

Entonces se usa una formula sencilla para la obtención de la posible población futura a la que la propuesta de diseño de PTAR podrá funcionar, con una estimación de 20 años, y un porcentaje de crecimiento del 2.5% equivalente a 0.025.

$$Pf = Pa * (1 + r * t)$$

$$Pf = 131,971 (1 + 0.025 * 20)$$

$$Pf = 197,961 \text{ hab}$$

Haciendo esa simple ecuación nos dice que, para 20 años, la población de los barrios del distrito III aumentara 65,990 habitantes más.

1.1.2. Caudal Medio (Q_m)

1.1.3.

Una vez obtenido ese dato, se procede a calcular los caudales característicos de aguas residuales, siguiendo la siguiente fórmula para calcular.

$$Q_m = \frac{Pf * DotDiaria * CRetorno}{segDía}$$

$$Q_m = \frac{197961 * 150 * 0.8}{86400}$$

$$Q_m = 274.9458333 \text{ lt/s}$$

1.1.4. Caudal Máximo (Q_{max})

$$Q_{max} = Constante * Q_{medio}$$

$$Q_{max} = 1.9 * 274.9458333 \text{ lt/s}$$

$$Q_{max} = 522.3970833 \text{ lt/s}$$

1.1.5. Caudal Mínimo (Q_{min})

$$Q_{min} = Constante * Q_{medio}$$

$$Q_{min} = 0.20 * 274.9458333 \text{ lt/s}$$

$$Q_{min} = 54.98916667 \text{ lt/s}$$

1.1.6. Caudal Máximo por día (Q_{maxd})

$$Q_{maxd} = Constante * Q_{medio}$$

$$Q_{maxd} = 1.3 * 274.9458333 \text{ lt/s}$$

$$Q_{maxd} = 357.4295833 \text{ lt/s}$$

1.1.7. Caudal de infiltración (Q_{inf})

$$Q_{inf} = Q_{medio} * \% \text{ de infiltración} * 0.10$$

$$Q_{inf} = 274.9458333 \text{ lt/s} * 30\% * 0.10$$

$$15.7 \text{ lt/s}$$

Se trabajo con un coeficiente de retorno equivalente al 80% Por lo general los coeficientes de retorno que se usan en el hogar (consumo de agua en actividades domésticas, que luego estás pasan a convertirse en aguas residuales) es equivalente al 70% o 80% (0.7 – 0.8)

1.1.8. Cálculo del caudal total del alcantarillado

1.1.8.1. Caudal medio del día

$$Q_{medio.día} = Q_{medio} + Q_{infiltración}$$

$$Q_{medio.día} = 274.9458333 \text{ lt/s} + 15.7 \text{ lt/s}$$

$$Q_{medio.día} = 290.6458333 \text{ lt/s}$$

1.1.8.2. Caudal máximo por hora

$$Q_{max.hora} = Q_{max} + Q_{infiltración}$$

$$Q_{max.hora} = 522.3970833 \text{ lt/s} + 15.7 \text{ lt/s}$$

$$Q_{max.hora} = 538.0970833 \text{ lt/s}$$

1.1.8.3. Caudal mínimo por hora

$$Q_{min.hora} = Q_{min} + Q_{infiltración}$$

$$Q_{min.hora} = 54.98916667 \text{ lt/s} + 15.7 \text{ lt/s}$$

$$Q_{min.hora} = 70.68916667 \text{ lt/s}$$

1.1.8.4. Caudal máximo del día

$$Q_{max. \text{ día}} = Q_{maxd} + Q_{infiltración}$$

$$Q_{max. \text{ día}} = 357.4295833 \text{ lt/s} + 15.7 \text{ lt/s}$$

$$Q_{max. \text{ día}} = 373.1295833 \text{ lt/s}$$

1.1.9. Pretratamiento

Cálculo del canal de entrada Ø = 39.3701 pulgadas = 134 cm.

Base = 134 cm

Velocidad = 0.30 - 0.60 m/s

$$Q_{max. \text{ hora}} = 522.3970833 \text{ lt/s}$$

Convertimos litros sobre segundos a metros cúbicos.

$$Q_{max. \text{ hora}} = \frac{522.3970833 \text{ lt/s}}{1000}$$

$$Q_{max. \text{ hora}} = 0.538097083 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = V * A$$

$$A = B * H$$

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

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

Q = caudal máximo

A = área

H = altura

B = base

V = velocidad

Entonces:

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

$$A = \frac{0.538097083 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$A = 0.896828472 \text{ m}^2$$

Despejando Y de la ecuación $A = Y * b$ obtenemos

$$Y = \frac{A}{b}$$

$$Y = \frac{0.896828472 \text{ m}^2}{1.34 \text{ m}}$$

$$Y = 0.669274979 \text{ m} \approx 0,70 \text{ m}$$

$Y = 0.30 \text{ m}$ y se consideran 15 cm para que el canal no trabaje a canal lleno

$$Y = 0.70 + 0.15 \approx 0,85 \text{ m}$$

Diseño de rejillas

Eugenia M & Ducci J & Plascencia V (2013), explican lo siguiente, técnicamente el primer paso para el pretratamiento de aguas residuales consiste en la separación de sólidos de gran tamaño, esta acción se realiza mediante una cámara de rejillas, donde el agua residual pasa, y las rejillas se encargan de separar estos sólidos, en ciertas ocasiones se utilizan trituradores para que los sólidos se trituren a partículas más diminutas, pero esta acción no los separa del agua.

Las rejillas se fabrican con barras de acero soldadas a un marco que se coloca transversalmente al Canal. Las barras están colocadas verticalmente o con una inclinación de 30 a 80° respecto a la horizontal. Las rejillas de barras pueden limpiarse a mano o mecánicamente. Las características en ambos casos se comparan en la siguiente tabla.

Tabla 1*Características de la disposición de rejas*

Concepto	Limpieza Manual	Limpieza Automática
Tamaño de la barra		
Anchura (cm)	0.6 – 1.5	0.6 – 1.5
Profundidad (cm)	2.5 – 7.5	2.5 – 7.5
Separación (cm)	2.5 – 5.0	1.6 – 7.5
Inclinación	30 - 45	0 - 30
Velocidad de aproximación (m/s)	0.3 – 0.6	0.6 – 0.9
Perdida de carga admisible	15	15

Criterios de diseño para rejas de cribado grueso

Para la cámara de rejas se emplearán barras.

Inclinación de las rejas = 45° con respecto a la vertical.

Espesor de barras propuestas $S = 0.02$ m.

Separación libre entre cada barra = $e = 1'' = 2.54\text{cms} = 0.0254$ m

Ancho de canal de entrada, $b = 1.34$ m.

Velocidad a través de reja limpia= 0.30 m/s

Velocidad a través de reja obstruida = 0.60 m/s

Cálculo del área libre

Se utiliza la siguiente formula

$$Al = \frac{Q_{max. hora}}{V_{ro}}$$

Donde:

Al = Área libre

Qmax.hora = Caudal máximo por hora

Vro = Velocidad de verja obstruida

$$Al = \frac{0.538097083 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$Al = 0.896828472 \text{ m}^2$$

Cálculo del tirante

$$A = b * h$$

Donde:

A = el área del canal de entrada en metros.

b = el ancho del canal de entrada

h = El tirante del flujo en el canal

Despejamos h, donde:

$$H = A/b$$

$$H = \frac{0.896828472 \text{ m}^2}{1.34 \text{ m}}$$

$$H = 0.669274979 \text{ m}$$

Cálculo de la suma de las separaciones entre barras (bg):

$$b = \left(\frac{bg}{e} - 1 \right) (s + e) + e$$

Donde:

b = ancho del canal en mm.

bg = suma de las separaciones entre barras, mm.

e = separación entre barras, mm.

S = espesor de las barras, mm.

Despejando bg

$$1340 \text{ mm} = \left(\frac{bg}{100 \text{ mm}} - 1 \right) (20 \text{ mm} + 100 \text{ mm}) + 100 \text{ mm}$$

$$1340 \text{ mm} = \left(\frac{bg}{100 \text{ mm}} - 1 \right) (120 \text{ mm}) + 100 \text{ mm}$$

$$\frac{1340 \text{ mm} - 100 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} = \frac{bg}{100 \text{ mm}} - 1$$

$$10.33333333 \text{ mm} = \frac{bg}{100 \text{ mm}} - 1$$

$$10.33333333 \text{ mm} + 1 = \frac{bg}{100 \text{ mm}}$$

$$bg = (10.33333333 \text{ mm} + 1) * 100 \text{ mm}$$

$$bg = 1133 \text{ mm}$$

Área libre de sección de barras

$$\text{Hipotenusa} = \frac{H}{\text{sen}0^\circ}$$

$$H = 0.85 \approx 0.85$$

$$H = \frac{0.85}{\text{Sen}45^\circ}$$

$$H = 1.202081528 \approx 1.20$$

Área de espacios

$$Ae = H * bg$$

$$Ae = 1.20 \text{ m} * 1.113 \text{ m}$$

$$Ae = 1.3596 \text{ m}^2$$

Velocidad que fluye el agua a través de las rejillas

$$V = \frac{Q}{Ae}$$

$$V = \frac{0.538097083 \text{ m}^3/\text{s}}{1.3596 \text{ m}^2}$$

$$V = 0.395776025 \text{ m/s}$$

Cálculo de numero de barras

$$n^\circ = \left(\frac{bg}{e} \right) - 1$$

Dichos valores se toman en mm

$$n^\circ = \left(\frac{1133}{100} \right) - 1$$

$$n^\circ = 10.33 = 11$$

Perdida de carga

Se utiliza la siguiente formula:

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{V^2 - v^2}{2g}$$

Donde:

Hf = Perdidas de cargas en metros

V = Velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de la reja, m/s.

v = Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja, m/s.

g = aceleración gravitacional (9.81 m/ seg²)

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{(0.395776025 \text{ m/s})^2 - (0.30)^2}{2 * 9.81^2}$$

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{0.156638662 \text{ m/s} - 0.09}{19.62}$$

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{(0.066638662)}{19.62}$$

$$Hf = 0.004852094 \text{ cms.}$$

Criterios de diseño para rejas de cribado fino

Para la cámara de rejas se emplearán barras.

Inclinación de las rejas = 45° con respecto a la vertical.

Espesor de barras propuestas S = 0.01 m.

Separación libre entre cada barra = e = 1" = 2.54cms = 0.0254 m

Ancho de canal de entrada, b= 1.34 m.

Velocidad a través de reja limpia= 0.30 m/s

Velocidad a través de reja obstruida = 0.60 m/s

Cálculo del área libre

Se utiliza la siguiente formula

$$Al = \frac{Q_{max.hora}}{V_{ro}}$$

Donde:

Al = Área libre

Qmax.hora = Caudal máximo por hora

Vro = Velocidad de verja obstruida

$$Al = \frac{0.538097083 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$Al = 0.896828472 \text{ m}^2$$

Cálculo del tirante

$$A = b * h$$

Donde:

A = el área del canal de entrada en metros.

b = el ancho del canal de entrada

h = El tirante del flujo en el canal

Despejamos h, donde:

$$H = A/b$$

$$H = \frac{0.896828472 \text{ m}^2}{1.34 \text{ m}}$$

$$H = 0.669274979 \text{ m}$$

Cálculo de la suma de las separaciones entre barras (bg):

$$b = \left(\frac{bg}{e} - 1 \right) (s + e) + e$$

Donde:

b = ancho del canal en mm.

bg = suma de las separaciones entre barras, mm.

e = separación entre barras, mm.

S = espesor de las barras, mm.

Despejando bg

$$1340 \text{ mm} = \left(\frac{bg}{50 \text{ mm}} - 1 \right) (10 \text{ mm} + 50 \text{ mm}) + 50 \text{ mm}$$

$$1340 \text{ mm} = \left(\frac{bg}{50 \text{ mm}} - 1 \right) (60 \text{ mm}) + 50 \text{ mm}$$

$$\frac{1340 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = \frac{bg}{50 \text{ mm}} - 1$$

$$21.5 \text{ mm} = \frac{bg}{50 \text{ mm}} - 1$$

$$21.5 \text{ mm} + 1 = \frac{bg}{50 \text{ mm}}$$

$$bg = (21.5 \text{ mm} + 1) * 50 \text{ mm}$$

$$bg = 1125 \text{ mm}$$

Área libre de sección de barras

$$\text{Hipotenusa} = \frac{H}{\text{sen}0^\circ}$$

$$H = 0.85 \approx 0.85$$

$$H = \frac{0.85}{\text{Sen}45^\circ}$$

$$H = 1.202081528 \approx 1.20$$

Área de espacios

$$Ae = H * bg$$

$$Ae = 1.20 \text{ m} * 1.125 \text{ m}$$

$$Ae = 1.35 \text{ m}^2$$

Velocidad que fluye el agua a través de las rejillas

$$V = \frac{Q}{Ae}$$

$$V = \frac{0.538097083 \text{ m}^3/\text{s}}{1.35 \text{ m}^2}$$

$$V = 0.398590432 \text{ m/s}$$

Cálculo de numero de barras

$$n^{\circ} = \left(\frac{bg}{e} \right) - 1$$

Dichos valores se toman en mm

$$n^{\circ} = \left(\frac{1125}{50} \right) - 1$$

$$n^{\circ} = 21.5 = 22$$

Perdida de carga

Se utiliza la siguiente formula:

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{V^2 - v^2}{2g}$$

Donde:

Hf = Perdidas de cargas en metros

V = Velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de la reja, m/s.

v = Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja, m/s.

g = aceleración gravitacional (9.81 m/ seg²)

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{(0.398590432 \text{ m/s})^2 - (0.30)^2}{2 * 9.81^2}$$

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{0.1588743325 \text{ m/s} - 0.09}{19.62}$$

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{(0.0688743325)}{19.62}$$

$$Hf = 0.005014878 \text{ cms.}$$

Criterios de diseño para rejas de cribado re-fino

Para la cámara de rejas se emplearán barras.

Inclinación de las rejas = 45° con respecto a la vertical.

Espesor de barras propuestas $S = 0.005$ m.

Separación libre entre cada barra = $e = 1'' = 2.54\text{cms} = 0.0254$ m

Ancho de canal de entrada, $b = 1.34$ m.

Velocidad a través de reja limpia = 0.30 m/s

Velocidad a través de reja obstruida = 0.60 m/s

Cálculo del área libre

Se utiliza la siguiente formula

$$Al = \frac{Q_{max. hora}}{V_{ro}}$$

Donde:

Al = Área libre

$Q_{max.hora}$ = Caudal máximo por hora

V_{ro} = Velocidad de verja obstruida

$$Al = \frac{0.538097083 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$Al = 0.896828472 \text{ m}^2$$

Cálculo del tirante

$$A = b * h$$

Donde:

A = el área del canal de entrada en metros.

b = el ancho del canal de entrada

h = El tirante del flujo en el canal

Despejamos h, donde:

$$H = A/b$$

$$H = \frac{0.896828472 \text{ m}^2}{1.34 \text{ m}}$$

$$H = 0.669274979 \text{ m}$$

Cálculo de la suma de las separaciones entre barras (bg):

$$b = \left(\frac{bg}{e} - 1 \right) (s + e) + e$$

Donde:

b = ancho del canal en mm.

bg = suma de las separaciones entre barras, mm.

e = separación entre barras, mm.

S = espesor de las barras, mm.

Despejando bg

$$1340 \text{ mm} = \left(\frac{bg}{25 \text{ mm}} - 1 \right) (10 \text{ mm} + 25 \text{ mm}) + 25 \text{ mm}$$

$$1340 \text{ mm} = \left(\frac{bg}{25 \text{ mm}} - 1 \right) (30 \text{ mm}) + 25 \text{ mm}$$

$$\frac{1340 \text{ mm} - 25 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = \frac{bg}{25 \text{ mm}} - 1$$

$$43.83333333 \text{ mm} = \frac{bg}{25 \text{ mm}} - 1$$

$$43.83333333 \text{ mm} + 1 = \frac{bg}{25 \text{ mm}}$$

$$bg = (43.83333333 \text{ mm} + 1) * 25 \text{ mm}$$

$$bg = 1121 \text{ mm}$$

Área libre de sección de barras

$$Hipotenusa = \frac{H}{\sin 0^\circ}$$

$$H = 0.85 \approx 0.85$$

$$H = \frac{0.85}{\sin 45^\circ}$$

$$H = 1.202081528 \approx 1.20$$

Área de espacios

$$Ae = H * bg$$

$$Ae = 1.20 \text{ m} * 1.121 \text{ m}$$

$$Ae = 1.3452 \text{ m}^2$$

Velocidad que fluye el agua a través de las rejillas

$$V = \frac{Q}{Ae}$$

$$V = \frac{0.538097083 \text{ m}^3/\text{s}}{1.3452 \text{ m}^2}$$

$$V = 0.400012699 \text{ m/s}$$

Cálculo de numero de barras

$$n^\circ = \left(\frac{bg}{e} \right) - 1$$

Dichos valores se toman en mm

$$n^\circ = \left(\frac{1121}{25} \right) - 1$$

$$n^\circ = 43.84 = 44$$

Perdida de carga

Se utiliza la siguiente formula:

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{V^2 - v^2}{2g}$$

Donde:

Hf = Perdidas de cargas en metros

V = Velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de la reja, m/s.

v = Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja, m/s.

g = aceleración gravitacional (9.81 m/ seg²)

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{(0.400012699 \text{ m/s})^2 - (0.30)^2}{2 * 9.81^2}$$

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{0.1600101594 \text{ m/s} - 0.09}{19.62}$$

$$Hf = \frac{1}{0.7} * \frac{(0.0700101594)}{19.62}$$

$$Hf = 0.00509758 \text{ cms.}$$

Diseño de trampa de grasas

Consideramos agregar una trampa de grasas para que retenga los aceites y las grasas de las aguas residuales que ingresen a los tratamientos posteriores y le causen daños a futuro.

Para empezar, se calculó el volumen total de la trampa de grasas con la siguiente formula:

$$V = Q * TRH * s$$

TRH: 30 minutos

Q: 0.5380971

Segundos: 60 s

$$V = 0.538097083 * 30 \text{ min} * 60 \text{ s}$$

$$V = 968.57475 \text{ m}^3$$

Posteriormente se dividió este volumen entre 4 ya que se diseñarán 4 compartimientos de trampas de grasas, debido a que la longitud en una trampa de grasas no debe ser muy exagerada.

$$V = \frac{968.57475 \text{ m}^3}{4}$$

$$V = 242.1436875 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento de la trampa de grasas

Se estableció una relación 2:1 esto quiere decir que la longitud debe ser 2 veces el ancho, entonces:

$$V = 242.1436875 \text{ m}^3$$

$$B = 10 \text{ m}$$

$$H = 1.5 \text{ m (Es la profundidad máxima que se le puede dar a una trampa de grasas)}$$

$$L = ?$$

$$A = B * H$$

$$A = 10 \text{ m} * 1.5 \text{ m}$$

$$A = 15 \text{ m}$$

Ahora calculamos la longitud

$$L = V/A$$

$$L = 242.1436875 \text{ m}^3 / 15 \text{ m}$$

$$L = 16.14 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

Diseño del desarenador

Según Eugenia M & Ducci J & Plascencia V (2013), para el diseño de desarenadores que por lo general se utiliza para remover partículas de gravedad específica de 2.65. Para el diseño del desarenador, con el objetivo conseguir una velocidad constante, es necesario que la sección de control sea rectangular y con pendiente uniforme.

En la práctica se pueden tomar como base los datos válidos en sedimentación libre para, partículas de arena de densidad 2,65, temperatura del agua de 15,5°C y eliminación del 90%

Tabla 2

Datos acerca de la eliminación de partículas y su velocidad en desarenadores

Diámetro de las partículas eliminadas	Velocidad de sedimentación
0.150 mm	40-50 m/h
0.200 mm	65-75 m/h
0.250 mm	85-95 m/h
0.300 mm	105-120 m/h

Si el peso de la arena es sustancialmente menor de 2,65 deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las expuestas en el cuadro anterior.

$$A = b (1.5 b) = 1.5 b^2$$

Calculando caudal máximo horario y velocidad de derrame de acuerdo con las unidades de diseño necesarias para calcular el área de la sección del desarenador:

$$Q_{maxh} = 0.5380971 \frac{m^3}{s} * \frac{60sg}{1min} * \frac{60min}{1hr} * \frac{24hrs}{1 día} = 46,491.588 \frac{m^3}{día}$$

$$V = 0.3 \frac{m^3}{s} * \frac{60sg}{1min} * \frac{60min}{1hr} * \frac{24hrs}{1 día} = 25,920 \frac{m}{día}$$

Ahora gracias a estos dos datos obtenidos podremos calcular el área del desarenador con la siguiente formula:

$$A = Q/V$$

$$A = \frac{46,491.588 \frac{m^3}{día}}{25,920 \frac{m}{día}}$$

$$A = 1.7936569 m^2$$

Asumiendo h: 1.20 calculamos b:

$$A = b * h$$

$$b = A/h$$

$$b = \frac{1.7936569 m^2}{1.20}$$

$$b = 1.49471412 = 1.5 m$$

Calculando el tiempo de retención con la siguiente formula:

$$tr = \frac{h}{v_{sd}}$$

Donde:

tr = tiempo de retención

h =

v_{sd} = velocidad de sedimentación de partícula

$$tr = \frac{1.20 m}{0.02 \frac{m}{s}}$$

$$tr = 60 segundos$$

Luego se calcula la distancia del desarenador utilizando la siguiente expresión:

$$L = tr * v$$

$$L = 60 \text{ s} * 0.30 \frac{m}{s}$$

$$L = 18 \approx 20 \text{ m}$$

Y debido a que se debe considerar un porcentaje adicional para evitar turbulencia en el desarenador se considera un 25% de la longitud utilizando la ecuación 6.9 obteniendo el resultado:

$$L = 20 * 1.25$$

$$L = 25 \text{ m}$$

Canaleta Parshall

En el caso de la planta de tratamiento se tomará en cuenta que es flujo o descarga libre, para determinar el caudal. En este caso basta con medir la carga H, utilizando la siguiente expresión:

$$Q = K H^n$$

Mediante la siguiente ecuación

$$T = 2W$$

$$W = \frac{T}{2}$$

$$W = \frac{1.34}{2}$$

$$W = 0.675 \approx 76.2 \text{ cm}$$

$$W = 76.2 \text{ cm}$$

$$W = 2.5'$$

Según de Azevedo Netto & Alvarez G (1976), Usando $w = 2.5'$ se utiliza como parámetro de entrada a la siguiente tabla en el cual se presenta dimensiones típicas de canaletas parshall para su diseño:

Tabla 3*Dimensiones de canaleta parshall*

Dimensiones Típicas de medidores Parshall (cm)										
(Manual de hidráulica de J.M de Azevedo Netto y Guillermo Acosta Álvarez 6 ^{ta} edición)										
W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
plg	cm									
1"	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	152.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1.5'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2.5'	76.2	114.3	121.92	114.3	182.88	121.92	60.96	152.4	1.62	30.48
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Los valores de la tabla anterior corresponden a las siguientes dimensiones de la canaleta:

W = Tamaño de la garganta

A = Longitud de la pared lateral de la sección convergente.

B = Longitud axial de la sección convergente.

C = Ancho del extremo de aguas debajo de la canaleta.

D = Ancho del extremo de aguas arriba de la canaleta.

E = Profundidad de la canaleta.

F = Longitud de la garganta.

G = Longitud de la sección divergente.

K = Diferencia de nivel entre el punto más bajo de la canaleta y la cresta.

N = Profundidad de la depresión en la garganta debajo de la cresta.

Para corroborar que el tamaño del medidor Parshall es correcto, Según de Azevedo Netto & Alvarez G (1976), se tiene que para un ancho de garganta de 2.5' tiene una capacidad mínima de caudal de 56.6 lts/seg. Y una máxima de 3950.4 lts/seg. Y como el caudal máximo horario es 538.09708 lts/seg., como podemos observar el valor del caudal máximo horario está dentro del rango.

Tabla 4

Límites de aplicación en medidores parshall

Límites de aplicación. Medidores Parshall con descarga libre (Manual de hidráulica de J.M de Azevedo Netto y Guillermo Acosta Álvarez 6ta edición)			
W (plg)	W (cm)	Capacidad (l/s)	
		Mínima	Máxima
3	7.6	0.85	53.8
6	15.2	1.52	110.4
9	22.9	2.55	251.9

1	30.5	3.11	455.6
1.5	45.7	4.25	696.2
2	61.0	11.89	936.7
2.5	72.2	56.6	3950.4
3	91.5	17.26	1426.3
4	122.0	36.79	1921.5
5	152.5	62.8	2422
6	183.0	74.4	2929
7	213.5	115.4	3440
8	244.0	130.7	3950
10	305.0	200.0	5660

1.1.10. Tratamiento Primario

Sedimentador Primario

Dimensionamiento del sedimentador primario

Se diseñará un tanque de sedimentación primario de forma rectangular, cuyo diseño se describe a continuación. Lo primero que se debe calcular es el área superficial necesaria. Dado el caudal medio diario 22.8041666667 lt/seg el cual usaremos la siguiente fórmula para convertirlo a m³

$$Q_{medio. día} = 22.8041666667 \text{ lt/s}$$

Conversión de unidades

$$290.64583 \frac{\text{lt}}{\text{s}} * \frac{0,001 \text{m}^3}{1 \text{ l}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 25,111.8 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Entonces el caudal medio del día de 290.64583 lt/seg equivale a 25,111.8 m³/día y proponiendo un valor de carga de superficie de 40 m³/m²*día, se calcula el área superficial necesaria de la siguiente manera:

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

$$A = \frac{(25,111.8 \frac{m^3}{día})}{(\frac{40m^3}{m^2 * día})}$$

$$A = 628 m^2$$

Proponemos un sedimentador primario circular y utilizamos la siguiente fórmula para obtener el diámetro de la circunferencia:

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

Donde:

$$D = \sqrt{\frac{4(628m^2)}{\pi}}$$

$$D = 28.5 m$$

Por lo tanto, el diámetro del sedimentador primario será de 28.5 m, e incluirá una altura de 4 metros, la cual es una altura típica de los sedimentadores primarios.

Cálculo del volumen del sedimentador

Calculamos el nuevo volumen del sedimentador con la siguiente ecuación:

$$Volumen = A * H$$

$$Volumen = 628 m^2 * 4.16 m$$

$$Volumen = 2,612.48 m^3$$

La nueva carga superficial será utilizando ecuación:

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

$$CS = \frac{(25,111.8 \frac{m^3}{día})}{(628 m^2)}$$

$$CS = 40.178 \frac{m^3}{m^2} * día$$

Cálculo del tiempo de retención

$$Tr = \frac{Vol}{Q}$$

$$Tr = \frac{2612.48 m^3}{25,111.8 \frac{m^3}{día}}$$

$$Tr = 0.1040339601$$

$$Tr = 0.1040339601 * \frac{24 horas}{1 día} = 2.5 horas$$

Cálculo de la velocidad de arrastre

se puede calcular la velocidad de arrastre usando los siguientes valores:

Constante de cohesión $k = 0.05$

Gravedad Especifica $s = 1.25$

Aceleración de la gravedad $g = 9.806 m/s^2$

Diámetro de partículas $d = 100 \mu m$

Factor de fricción de Darcy-Weisbach $f = 0.025$

Ecuación:

$$VH = \sqrt{\frac{8k(s-1)gd}{f}}$$

$$VH = \frac{\sqrt{8 * 0.05(0.25)(9.806)(100 \times 10^6)}}{0.025}$$

$$VH = 0.396 \frac{m}{s}$$

La velocidad de arrastre anterior se compara con la velocidad horizontal de la siguiente manera:

$$VH = Q/A$$

$$VH = \frac{25,111.8 \frac{m^3}{día}}{628 m^2}$$

$$39.9869 \frac{m}{día}$$

$$39.9869 \frac{m}{día} * \frac{1 día}{24 horas} * \frac{1 hora}{60 min} * \frac{1 min}{60 seg} = 0.0056 \frac{m}{s}$$

$$VH = 0.0056 m/s$$

Cálculo de la remoción de DBO y SST

Ecuación de Remoción de DBO:

$$\frac{t}{a + bt}$$

$$\frac{1.95}{0.018 + (0.020)(1.95)} = 34.2\%$$

Ecuación de Remoción de SST:

$$\frac{t}{a + bt}$$

$$\frac{1.95}{0.0075 + (0.014)(1.95)} = 56.03\%$$

1.1.11. Tratamiento Secundario

Dimensionamiento de los filtros biológicos.

Menéndez Gutiérrez & Dueñas-Moreno (2021), explica que los filtros percoladores, son sistemas de depuración biológica de aguas residuales, en los que la oxidación de la materia orgánica se produce al hacer pasar a través de un medio poroso cubierto de una película biológica, aire y agua residual. Y se clasifican de la siguiente manera: Filtros Biológicos de baja velocidad. Filtros biológicos de media velocidad. Filtros biológicos de alta velocidad. Filtros biológicos de súper alta velocidad. Filtros biológicos de desbaste.

Según la página web del NRC (National Research Council) hemos propuesto diseñar un filtro percolador de desbaste de carga hidráulica alta.

Tabla 5

Información típica de filtros percoladores

Información Típica de diseño para los filtros percoladores					
Elemento	Baja Carga	Carga Intermedia	Carga Alta	Muy alta carga	De desbaste
Medio filtrante	Piedra, escoria	Piedra, escoria	Piedra	Piedra	Plástico, madera
Carga hidráulica $M^3/m^2 \cdot día$	1.20 – 3.50	3.5 – 9.40	9.40 – 37.55	11.70 70.40	– 47 - 188
Carga orgánica Kg de DBO/ $m^3 \cdot día$	0.08 – 0.40	0.25 – 0.50	0.50 – 0.95	0.48 – 1.60	1.6 - 8
Profundidad m	1.80 – 2.40	1.80 – 2.40	0.90 – 1.80		

Relación de recirculación	0	0 - 1	1-2	1-2	1-4
Moscas en el filtro	Abundantes	Algunas	Escasas	Escasas o ninguna	Escasas o ninguna
Arrastre de solidos	Intermitentes	Intermitente	Continua	Continua	Continua
Eficiencia de eliminación de la DBO %	8-90	50-70	65-85	65-80	40-65

Para el dimensionamiento de los Filtros biológicos de desbaste los datos básicos son:

Medio filtrante = Piedra del río

Área específica A_v 40 – 80 m² m⁻³

Peso específico ρ (2 -3). 103 kg m⁻³

Espacio vacío 50% del volumen

- DBO = 492 mg/L – 36.8% = 311.1 mg/L

- Calidad deseada = 60 mg/L/s

- Recirculación 1 ($f = 1,37$) ya que se trata de un filtro biológico de carga alta.

- Q medio del día = 25,111.8 m³/día

Cálculo del filtro percolador

$$E = \frac{S_o + S_f}{S_o}$$

Donde:

E = Eficiencia del sistema $E_1 = E_2$

S_o = DBO afluente de entrada a filtro = 492 mg/ l – 36.8% = 311.1 mg/l

Sf = DBO efluente final o deseada = 60 mg/l según norma técnica salvadoreña.

$$E = \frac{311.1 \frac{mg}{l} + 60 \frac{mg}{l}}{311.1 \frac{mg}{l}} = 0.80$$

$$E = 80\%$$

$E_1 + E_2 (1 - E_1) = E$ Formula empírica según NRC de los Estados Unidos de América.

$E_1 + E_2 (1 - E_1) = 0.70$ como $E_1 = E_2$ entonces

$$E_1 + E_1 - E_1^2 = 0.70$$

$$2E_1 - E_1^2 = 0.70$$

$$E_1^2 - 2E_1 + 0.70 = 0$$

Utilizando la cuadrática:

$$E_1 = \frac{h \pm \sqrt{h^2 - 4ac}}{2a}$$

$$E_1 = \frac{-(-2) \pm \sqrt{(-2)^2 - 4(1)(0.70)}}{2} = 0.55$$

$$E_1 = 0.55$$

Y como $E_1 = E_2 = 0.55$

Factor de recirculación se calcula mediante la siguiente:

$$f = \frac{1 + R}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2}$$

$$f = \frac{1 + 1}{\left(1 + \frac{1}{10}\right)^2}$$

$$f = \frac{2}{1.21^2}$$

$$f = \frac{2}{1.4641}$$

Como R = 1, entonces f = 1.37

Cálculo de carga de la DBO del primer filtro

$$W = DBO\ inicial * Qm\ día$$

$$W = 311.1 \frac{mg}{L} * 290.6458333 \frac{lt}{s}$$

$$W = 90,390.85417 \frac{mg}{s} * \frac{60\ s}{1\ min} * \frac{60\ min}{1\ h} * \frac{24\ h}{1\ día} * \frac{1\ g}{1000\ mg} * \frac{1\ kg}{1000\ g}$$

$$W = 7,810 \frac{kg}{día}$$

Cálculo de volumen de carga de la primera etapa utilizando ecuación:

$$E1 = \frac{100}{(1 + 0.4425\sqrt{W/f})}$$

$$0.45 = \sqrt{W/f} = 100/E1 - 1$$

$$VF = \frac{W}{((\frac{100}{E1} - 1) * (\frac{1}{0.4425}))^2}$$

$$VF = \frac{7,810\ kg/día}{((\frac{100}{45} - 1) * (\frac{1}{0.4425}))^2}$$

$$VF = \frac{7810\ kg/día}{(1.22 * 2.26)^2}$$

$$VF = 1023.7\ m^3$$

Cálculo del área del primer filtro

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

$$A = \frac{1023.7 \text{ m}^3}{2.50 \text{ m}}$$

$$A = 409.5 \text{ m}^2$$

Cálculo del dimensionamiento del filtro percolador

Asumiremos un filtro percolador de forma circular, para ello calculamos el diametro de la siguiente forma:

$$A = \pi * D^2 / 4$$

$$A = \pi * D^2 / 4$$

Cálculo de la carga de DBO del primer filtro:

$$Carga \text{ de DBO} = \frac{w1}{v1}$$

$$Carga \text{ de DBO} = \frac{389 \frac{kg}{día}}{51.16 \text{ m}^3}$$

$$Carga \text{ de DBO} = 7.6035 \text{ kg} / \text{m}^3 / \text{día}$$

Cálculo de la carga hidráulica del primer filtro:

$$Carga \text{ de hidraulica} = \frac{Q_{medio. día}}{A1}$$

$$Carga \text{ de hidraulica} = \frac{1970.28 \text{ m}^3 / día}{20.5 \text{ m}^2}$$

$$Carga \text{ de hidraulica} = 96.11 \text{ m}^3 / \text{m}^3 / \text{día}$$

Tratamiento secundario – Filtro Anaerobio UASB

Carga orgánica del afluente

$$Q = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{DBO} = 7810 \text{ kg/día}$$

$$Lo = \frac{DBO}{Q}$$

$$Lo = \frac{7810 \text{ kg/día}}{25,111.8 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$Lo = 0.311 \text{ kg/m}^3$$

Volumen del reactor

$$Q = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{TRH} = 8 \text{ h}$$

$$\text{Día} = 24 \text{ h}$$

$$V = Q * \text{TRH} / \text{días}.$$

$$V = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día} * 8 \text{ h} / 24 \text{ h}$$

$$V = 8370.6 \text{ m}^3$$

Se realizarán 4 módulos del reactor UASB, entonces dividimos el volumen entre 4

$$V = 8370.6 \text{ m}^3$$

$$\text{Módulos} = 4$$

$$Vm = 8370.6 \text{ m}^3 / 4$$

$$Vm = 2092.65 \text{ m}^3$$

Área de cada módulo del reactor

$$Vm = 2092.65 \text{ m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

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

$$A = \frac{2092.65 \text{ m}^3}{4.5 \text{ m}}$$

$$A = 465.033333 \text{ m}^2$$

Dimensionamiento del reactor

$$Am = 465.033333 \text{ m}^2$$

$$L = 2W$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$Am = L * W = 2W * W = 2W^2$$

Entonces, despejamos:

$$W = \sqrt{\frac{Am}{2}}$$

$$W = \sqrt{\frac{465.033333 \text{ m}^2}{2}}$$

$$W = 15.25 \text{ m}$$

$$L = 2W$$

$$L = 2 * 15.25 \text{ m}$$

$$L = 30.5 \text{ m}$$

Verificación del área, volumen y TRH

Volumen Nuevo

$$Vm = L * W * H$$

$$W = 30.5 \, m * 15.25 \, m * 4.5 \, m$$

$$W = 2093.0625 \, m^3$$

TRH nuevo

$$TRH = V/Q$$

$$\text{Volumen} = 8372.25 \, m^3$$

$$Q \text{ en } m^3/\text{día} = 25,111.8 \, m^3/\text{día}$$

$$Q \text{ en } m^3/h = 1,046.325 \, m^3/h$$

Utilizando el caudal en $m^3/\text{día}$

$$TRH = 8372.25 \, m^3 / 25,111.8 \, m^3/\text{día}$$

$$TRH = 8 \, h$$

Utilizando el caudal en m^3/hora

$$TRH = 8372.25 \, m^3 / 1,046.325 \, m^3/h$$

$$TRH = 8 \, h$$

Carga Orgánica

$$\text{Volumen} = 8372.25 \, m^3$$

$$Q \text{ en } m^3/\text{día} = 25,111.8 \, m^3/\text{día}$$

$$VHL = \frac{Q}{V}$$

$$VHL = \frac{25,111.8 \, m^3/\text{día}}{8372.25 \, m^3}$$

$$VHL = 2.99940876 \, kg/m^3/\text{día}$$

Verificación de Carga volumétrica (Lv)

$$\text{Volumen} = 8372.25 \, m^3$$

$$S_o = 0.311 \text{ kg/m}^3$$

$$Q \text{ en m}^3/\text{día} = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Lv = \frac{Q * S_o}{V}$$

$$Lv = \frac{25,111.8 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.311 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{8,372.25 \text{ m}^3}$$

$$Lv = \frac{25,111.8 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.311 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{8,372.25 \text{ m}^3}$$

$$Lv = 0.93281612 \text{ kg/m}^3/\text{día}$$

Velocidad Ascensional

$$Q \text{ en m}^3/\text{h} = 1,046.325 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = 1,860.1333 \text{ m}^2$$

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

$$Va = \frac{1,046.325 \text{ m}^3/\text{h}}{1,860.1333 \text{ m}^2}$$

$$Va = 0.56 \text{ h}$$

Sistema de distribución del agua residual

$$A = 1,860.1333 \text{ m}^2$$

$$Ad = 3 \text{ m}^2$$

$$Sar = \frac{A}{Ad}$$

$$Sar = \frac{1860.1333 \text{ m}^2}{3 \text{ m}^2}$$

$$Sar = 620 \text{ tubos}$$

Estimación de la eficiencia de DQO y DBO

$$TRH = 8 \text{ h}$$

$$EDQO = 0.68$$

$$EDBO = 0.70$$

$$KDQO = -0.35$$

$$KDBO = -0.50$$

$$EDQO = 100 * (1 - EDQO * TRH^k)$$

$$EDQO = 100 * (1 - 0.68 * 8h^{-0.35})$$

$$EDQO = 100 * (1 - 0.68 * 0.48296816)$$

$$EDQO = 100 * (1 - 0.32841835)$$

$$EDQO = 100 * (0.671581648)$$

$$EDQO = 67.1581648 \approx 67.2 \%$$

$$EDBO = 100 * (1 - EDBO * TRH^k)$$

$$EDQO = 100 * (1 - 0.70 * 8h^{-0.50})$$

$$EDQO = 100 * (1 - 0.68 * 0.35355339)$$

$$EDQO = 100 * (1 - 0.247487373)$$

$$EDQO = 100 * (0.752512627)$$

$$EDQO = 75.25126266 \approx 75.2 \%$$

$$E1 = 67.2\%$$

$$E2 = 75.2\%$$

$$DBO = 311 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 416 \text{ mg/l}$$

$$Ceff = So - \frac{E * So}{100}$$

$$Ceff = 416 \text{ mg/l} - \frac{67.2 * 416 \text{ mg/l}}{100}$$

$$Ceff = 136.448 \text{ DQO/l}$$

$$Ceff = 311 \text{ mg/l} - \frac{75.2 * 311 \text{ mg/l}}{100}$$

$$Ceff = 77.128 \text{ DBO/l}$$

Producción de metano

$$Q = 25111.8 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$So = 416 \text{ mg/l} = 0.416 \text{ kg/m}^3$$

$$Yobs = 21 = 0.21 \text{ kg/m}^3$$

$$Ceff = 136.448 \text{ DQO/l}$$

$$DQOm = Q * ((So - Ceff) - (Yobs * So))$$

$$DQOm = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día} * \left(0.416 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 136.448 \frac{DQO}{l}\right) - \left(0.21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.416 \text{ kg}/\text{m}^3\right)$$

$$DQOm = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día} * (0.279552) - (0.08736)$$

$$DQOm = 4826.287066 \text{ kgDQO}/d$$

Producción volumétrica del metano

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$KDQO = 64 \text{ gDQO/mol}$$

$$R = 0.08206 \text{ atm L / mol K}$$

$$T = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$KT = \frac{P + KDQO}{R * 273 + T}$$

$$KT = \frac{1 \text{ atm} + 64 \frac{\text{gDQO}}{\text{mol}}}{0.08206 \text{ atm L / mol K} * 273 + 22^\circ\text{C}}$$

$$KT = \frac{65}{24.2077}$$

$$KT = 2.685096064 \text{ Kg DQO}/\text{m}^3$$

Caudal del metano

$$DQOm = 4826.287066 \text{ kgDQO}/d$$

$$KT = 2.685096064 \text{ Kg DQO}/\text{m}^3$$

$$Q_{met} = \frac{DQO_{met}}{KT}$$

$$Q_{met} = \frac{4826.287066 \text{ kgDQO/d}}{2.685096064 \text{ Kg DQO/m}^3}$$

$$Q_{met} = 1797.435529 \text{ m}^3/\text{día}$$

Caudal de biogás

$$Q_{met} = 1797.435529 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{bgs} = Q_{met} * 0.75$$

$$Q_{bgs} = 1797.435529 \text{ m}^3/\text{día} * 0.75$$

$$Q_{bgs} = 2396.580706 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dimensionamiento de los colectores de biogás

Cálculo del caudal volumétrico

Caudal de biogás: 2,396.58 m³/día.

Presión de operación (Po): 1 atm

Temperatura del biogás (TTT): 22°C

Vbiogas = 10 a 20 m/s para tuberías de gas.

$$Q_o \approx Q_{biogas} * \frac{P * (273 + 0)}{(P + P_v) * (273 + T)}$$

$$Q_o \approx Q_{biogas} * \frac{1 \text{ atm} * (273)}{(1 \text{ atm} + 0^\circ\text{C}) * (273 + 22^\circ\text{C})}$$

$$Q_o \approx Q_{biogas} * \frac{273}{295} = 2,396.58 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{273}{295}$$

$$Q_o \approx 2,215.43 \frac{m^3}{día}$$

Cálculo del diámetro del colector principal

$$A = \frac{Q_o}{v}$$

$$A = \frac{2,215.43 \text{ m}^3/día}{15 \text{ m/s}}$$

$$A = 0.00171 \text{ m}^2$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00171 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 0.0466 \text{ m} \approx 46.6 \text{ mm}$$

Verificación de la tasa de liberación de biogás

$$A_{\text{del reactor}} = 1,392.32 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{biogás}} = 2,396.58 \text{ m}^3/día$$

$$Rb = \frac{Q_{\text{biogas}}}{A_{\text{reactor}}}$$

$$Rb = \frac{2,396.58 \text{ m}^3/día}{1,392.32 \text{ m}^2}$$

$$Rb = 1.72 \frac{m^3}{m^2} \cdot día$$

Numero de colectores de biogás

$$\text{Área del reactor} = 1,392.32 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{biogás}} = 2,396.58 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Tasa de liberación del biogás} = 1.72 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$$

$$\text{Altura del reactor} = 4.5 \text{ m}$$

$$\text{Área de cada módulo} = 348.08 \text{ m}^2$$

Se suelen usar campanas con un área entre 25 y 15 m² entonces asumiremos un área de 20 m²

Calcular el número de campanas de biogás

$$N_{\text{campanas}} = \frac{A_{\text{modulo}}}{A_{\text{campana}}}$$

$$N_{\text{campanas}} = \frac{348.08 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2}$$

$$N_{\text{campanas}} = 18 \text{ campanas}$$

Campanas totales:

$$N_{\text{campanas}} = 18 \text{ campanas} * 4 = 70$$

Cálculos de la producción de lodos del reactor UASB

$$Q = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$S_o = 0.416 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{eff} = 0.1364 \text{ kg/m}^3$$

$$Y_{obs} = 0.21 \text{ kg DBO/kg DBO}$$

$$f_d = 0.15 \text{ (Valor típico de degradación de solidos inertes en reactores UASB)}$$

$$TS = 3\% \text{ (Porcentaje de solidos en el lodo final)}$$

DQO removida

$$DQO_{removida} = Q * (S_o - C_{eff})$$

$$DQO_{removida} = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día} * (0.416 \text{ kg/m}^3 - 0.1364 \text{ kg/m}^3)$$

$$DQO_{removida} = 25,111.8 \text{ m}^3/\text{día} * 0.2796 \approx 7,017.82 \text{ kg DQO/día}$$

Producción de lodos biológicos (biomasa)

$$Lodos_{biologico} = Y_{obs} * DBQ_{removida}$$

$$Lodos_{biologico} = 0.21 \text{ kg DBO/kg DBO} * 7,017.82 \text{ kg DQO/día}$$

$$Lodos_{biologico} = 1,473.74 \text{ kg lodo/día}$$

Producción de lodos inertes

$$Lodos_{inertes} = f_d * DBQ_{removida}$$

$$Lodos_{inertes} = 0.15 * 7,017.82 \text{ kg DQO/día}$$

$$Lodos_{inertes} = 1,052.67 \frac{\text{kg solidos}}{\text{día}}$$

Producción total de lodos

$$Lodos_{total} = Lodo_{biologico} + Lodo_{inertes}$$

$$Lodos_{total} = 1,473.74kg \frac{lodo}{día} * 1,052.67 \frac{kg \text{ solidos}}{día}$$

$$Lodos_{total} = 2,526.41kg/día$$

Conversión a volumen de lodo

$$Volumen_{lodos} = \frac{Lodo_{total}}{TS}$$

$$Volumen_{lodos} = \frac{2,526.41kg/día}{0.03}$$

$$Volumen_{lodos} = \frac{84,213.67 \text{ lt}/día}{1000}$$

$$Volumen_{lodos} = 84.21 \text{ m}^3/día$$

Espesador de lodos

Volumen de lodos: 84.21 m³/día

TS_{in} : 3% = 0.03 (Concentración de sólidos antes del espesado)

TS_{out} : 6% = 0.06 (Concentración de sólidos deseada después del espesado)

TRH: 24 h

H: 3 m (profundidad del espesador)

Factor de seguridad: 1.25 (considerado para variabilidad).

Cálculo del volumen requerido

$$V_{esperado} = Q_{lodos} * TRH$$

$$V_{esperado} = 84.21 \frac{m^3}{día} * \frac{24h}{1 día}$$

$$V_{esperado} = 2,021.04 \text{ m}^3$$

Multiplicando este resultado por el factor de seguridad nos dará el siguiente resultado.

$$V_{esperado} = 2,021.04 \text{ m}^3 * 1.5$$

$$V_{esperado} = 3,031.56 \text{ m}^3$$

Calculando el dimensionamiento del espesador en forma circular

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 3,031.56 \text{ m}^3}{\pi}}$$

$$D = 62.12 \text{ m}$$

Digestor Anaeróbico

Producción de lodos espesados: 84.21 m³

Tiempo de retención solida (TRS): 20 días

Reducción de solidos esperada: 40%

Concentración de solidos (TS) = 6% 0.06

Volumen del digestor

$$V_{dig} = Q_{lodos} * TRS$$

$$V_{dig} = 84.21 \text{ m}^3 * 20$$

$$V_{dig} = 1,684.2 \text{ m}^3$$

Producción de biogás esperada

$$P_{biogas} = 0.8 * \left(\frac{Lodo_{Total} * Reducción_{solidos}}{Y_{metano}} \right)$$

$$P_{biogas} = 0.8 * \left(\frac{Lodo_{Total} * Reducción_{solidos}}{Y_{metano}} \right)$$

Vamos a calcular los siguientes parámetros para lograr obtener el resultado esperado en cuanto a la producción de biogás

Producción de biogás en el digestor anaeróbico

Producción diaria de lodos espesados: 84.21 m³/día.

Concentración de sólidos (TS): 6% (0.06).

Reducción de sólidos volátiles (RSV): 40% (valor típico).

Conversión de sólidos a biogás: 0.8 m³ biogás/kg de sólidos eliminados (valor típico).

Contenido de sólidos volátiles (SV): 70% del total de sólidos.

Cálculo de los sólidos totales diarios:

$$Solidos_{totales} = Q_{lodos} * TS$$

$$Solidos_{totales} = 84.21 \text{ m}^3 * 0.06$$

$$Solidos_{totales} = 5.0526 \frac{\text{Toneladas}}{\text{dia}} = 5,052.6 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de los sólidos volátiles:

$$Solidos_{volatiles} = Solidos_{totales} * SV$$

$$S_{olidos}_{volatiles} = 5,052.6 \text{ kg/día} * 0.70$$

$$S_{olidos}_{volatiles} = 3,536.82 \text{ kg/día}$$

Cálculo de solidos eliminados:

$$S_{olidos}_{eliminados} = S_{olidos}_{volatiles} * RSV$$

$$S_{olidos}_{eliminados} = 3,536.82 \text{ kg/día} * 0.40$$

$$S_{olidos}_{eliminados} = 1,414.73 \text{ kg/día}$$

Producción diaria de biogás

$$Biogas = S_{olidos}_{eliminados} * 0.8$$

$$Biogas = 1,414.73 \text{ kg/día} * 0.8$$

$$Biogas = 1,131.78 \text{ m}^3/\text{día}$$

Diseño del digestor Anaeróbico

Volumen del digestor

$$V_{dig} = Q_{lodos} * TRS$$

$$V_{dig} = 84.21 \text{ m}^3 * 20$$

$$V_{dig} = 1,684.2 \text{ m}^3$$

Área del digestor

$$A_{dig} = V_{dig} / H$$

$$A_{dig} = 1,684.2 \text{ m}^3 / 6 \text{ m}$$

$$A_{dig} = 280.7 \text{ m}^2$$

Diámetro del digestor

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 280.7 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 18.9 \text{ m}$$

Dimensionamiento de los colectores de biogás

$$Q_{biogás} = 1,131.78 \text{ m}^3/\text{día}$$

Presión de diseño: 10 cm (separación de columna de agua, valor típico)

Factor de seguridad: 1.25

Numero de digestores: 1 previamente diseñado.

Cálculo del flujo máximo de biogás (ajustado por factor de seguridad):

$$Q_{biogas.max} = Q_{biogas} * FS$$

$$Q_{biogas.max} = 1,414.72 * 1.25$$

$$Q_{biogas.max} = 1,414.72 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dividimos el resultado entre 24, para convertir el caudal en m³/hora, obteniendo el resultado:

$$Q_{biogas.max} = 58.95 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Velocidad del biogás en el colector:

V = 10 m/s (velocidad típica)

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

$$A = \frac{58.95}{10}$$

$$A = 5.895 \text{ m}^2$$

Diámetro del colector principal

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 5.895 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 2.74 \text{ m}$$

Verificación de la tasa de liberación de biogás:

$$V_{tas} = \frac{Q_{biogas}}{A_{superior}}$$

$$V_{tas} = \frac{1,131.78}{280.7}$$

$$V_{tas} = 4.03 \text{ m/día}$$

1.1.12. Tratamiento de lodos del sedimentador primario

“El termino lodos se utiliza para designar a los sólidos que se sedimentan cuando las aguas negras pasan a través del tanque de sedimentación. El lodo producido por estos tanques está formado por los sólidos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua cruda, al momento de salir del tanque de sedimentación los lodos contienen un 5% de sólidos y un 95% de agua. El método común de disposición de lodos es la digestión”. (Eugenia M & Ducci J & Plascencia V 2013)

1.1.12.1. Digestor de lodos

Según Ángel Cajigas (1995), son tanques generalmente circulares que sirven para retener el lodo producido por los sedimentadores. La digestión de los lodos bajo condiciones anaerobias es producto de bacterias capaces de vivir en las mismas condiciones ambientales. Estas bacterias atacan las sustancias orgánicas complejas, las grasas, los carbohidratos y las proteínas convirtiéndolas en compuestos orgánicos simples y estables. En base a las condiciones ambientales en la zona una buena digestión se da en el periodo de 20 a 30 días en retención.

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

Tabla 6

Producción de lodos por persona según el tipo de tratamiento de agua residual

	Lodos nuevos (lts/p/día)	Lodos digeridos (lts/p/día)	Lodos secos (lts/p/día)
Sedimentación primaria	1.09	0.30	0.10
Filtros biológicos	1.50	0.50	0.15
Lodos activados	1.80	0.80	0.20

1.1.12.2. Dimensionamiento

Los datos básicos para el diseño son:

Población del diseño: 197,961 hab (año 2044)

Producción de lodos nuevos: 1.09 lts/p/día

Se consideran 0.15 p/día de lodos nuevos.

Periodo de retención: 30 días

Se propone el tiempo de retención de 30 días según lo indica la tabla siguiente, donde se considera una temperatura aproximada de 23°C en condiciones ambientales.

Tabla 7

Tabla de temperaturas y tipos de digestión en digestores anaeróbicos

Temperatura F°	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Temperatura C°	10.0	15.6	21.1	26.7	32.2	37.8	43	49	54	60
Periodo de digestión días	75	56	42	30	25	24	26	16	14	18
Tipo de digestión	Mesofílica						Termofílica			

1.1.12.3. Cálculo del volumen necesario de agua residual para el tanque digestor.

$$V_{nr} = N \text{ hab} * P_{ln} * Tr$$

Donde:

P_{ln} = Producción de lodos nuevos

Tr = tiempo de retención

Entonces:

$$V_{nr} = N \text{ hab} * P_{ln} * Tr$$

$$V_{nr} = (197,961 \text{ hab})(1.24 \text{ lts/p/día})(30 \text{ días})$$

$$V_{nr} = 7364149.2 \text{ lts}$$

$$V_{nr} = 7364.1492 \text{ m}^3$$

1.1.12.4. Cálculo de diámetro para el tanque digestor.

Se tomará en cuenta un tanque digestor circular, y para calcularlo se hará de la siguiente manera:

Siendo H : 6m

Volumen: 7364 m^3

$$D = \sqrt{\frac{4 * 7364 \text{ m}^3}{\pi * 6 \text{ m}}}$$

$$D = 40 \text{ m}$$

Entonces diseñaremos un segundo digestor de lodos anaeróbico con el diámetro de 40 m y una altura de 6 m.

1.1.12.5. Patio de secado de lodos del sedimentador primario

En el diseño los patios de secado son lechos de 15 a 30 cm de arena que descansan sobre capas de grava de diámetros de 3 a 6 mm en la parte superior y de 18 a 35 mm en la parte

inferior con un espesor total de grava de 30 cm. Las paredes laterales y divisorias de los patios de secado son de ladrillo colocados de trinchera y se elevan unos 35 cm por encima de la superficie de arena y el fondo tendrá una ligera pendiente hacia los tubos de drenaje. El funcionamiento de los patios de secado se distribuye los lodos en capas de 15 a 20 cm de espesor. Se produce una pérdida de agua por evaporación y la otra parte es conducida al cuerpo receptor. El lodo seco es inofensivo y puede utilizarse para rellenar depresiones de terreno o como fertilizante. (Fonfría, R & Sans, R & de Pablo R 1989)

Población: 197,961 hab (año 2044)

Producción de lodos secos = 0.10 lt/p/día

Se consideran 0.007 lt/p/día de lodos extra.

Periodo de retención = 30 días

Distribución de capas = 0.20 m

Cálculo del volumen necesario (Vn)

$$Vn = N^{\circ} hab * PLs * Tr$$

Donde:

PLs = producción de lodos secos

Tr = tiempo de retención

Entonces:

$$Vn = 197,961 * 0.107 \text{ lt/p/día} * 30 \text{ días}$$

$$Vn = 635454.81 \text{ lts}$$

$$Vn = 635.45481 \text{ m}^3$$

Calculando el área superficial necesaria.

$$An = Vn/ECL$$

Donde:

V_n = volumen necesario

ECL = espesor de capas de lodos

Entonces:

$$An = 635.45481 \text{ m}^3 / 0.20m$$

$$An = 3177.27405 \text{ m}^2$$

Se construirán patios de secado rectangulares con las siguientes dimensiones:

Ancho (W) = 27 m

Largo (L) = 54 m

La construcción de estos patios puede realizarse en dos etapas, el primer patio se construirá junto con los otros elementos de la planta y el segundo cuando sea necesario, es decir cuando la producción de lodos sea tal que supere la capacidad de almacenamiento del primero.

Para la evacuación del agua tratada se proponen 6 tubos para su desagüe de pvc de 150 mm.

Estabilización con cal de los lodos

Eugenia M & Ducci J & Plascencia V (2013), en los procesos de tratamiento primario avanzado, son posible mediante el proceso de pos-estabilización alcalina empleando cal viva como reactivo.

Las dosis requeridas para lograr la estabilización varían de acuerdo al contenido de agua presente en el lodo. En general para lodos con mayor contenido de sólidos la dosis de cal es menor que para lodos con bajas sequedades.

Para estabilizar los lodos crudos se añadirá cal en cantidades suficientes como para elevar el pH a 12 dosis necesaria para reducir la densidad de coliformes fecales, lo cual demuestra que el criterio de pH alto mata los microorganismos presentes en el lodo y, por consiguiente, estabiliza la materia orgánica según la norma de la US EPA.

1.1.12.6. Desinfección con cloro

“El cloro es el desinfectante más usado para el tratamiento del agua residual doméstica porque destruye los organismos a ser inactivados mediante la oxidación del material celular. El cloro puede ser suministrado en muchas formas que incluyen el gas de cloro, las soluciones de hipoclorito y otros compuestos clorinados en forma sólida o líquida. Algunas de las alternativas de desinfección incluyen la ozonización y la desinfección con radiación ultravioleta (UV)”. (Eugenia M & Ducci J & Plascencia V 2013)

1.1.12.6.1. Ventajas y Desventajas

Según Fonfría, R & Sans, R & de Pablo R (1989), el cloro es un desinfectante que tiene ciertas limitantes en términos de salubridad y seguridad, pero al mismo tiempo tiene un largo historial como un desinfectante efectivo. Antes de decidir si el cloro reúne las condiciones para su uso por parte de una municipalidad es necesario entender las ventajas y desventajas de este producto.

Ventajas

- La cloración es una tecnología bien establecida.
- El cloro residual que permanece en el efluente del agua residual puede prolongar el efecto de desinfección aún después del tratamiento inicial, y puede ser medido para evaluar su efectividad.
- La desinfección con cloro es confiable y efectiva para un amplio espectro de organismos patógenos.
- El cloro es efectivo en la oxidación de ciertos compuestos orgánicos e inorgánicos.
- El cloro puede eliminar ciertos olores molestos durante la desinfección.

Desventajas

- El cloro residual, aún a bajas concentraciones, es tóxico a los organismos acuáticos y por ello puede requerirse la descoloración.

- Todas las formas de cloro son muy corrosivas y tóxicas. Como consecuencia, el almacenamiento, el transporte y el manejo presentan riesgos cuya prevención requiere normas más exigentes de seguridad industrial.
- El cloro oxida ciertos tipos de materiales orgánicos del agua residual generando compuestos más peligrosos (tales como los metanos).
- El cloro residual es inestable en presencia de altas concentraciones de materiales con demanda de cloro, por lo cual pueden requerirse mayores dosis para lograr una desinfección adecuada.

10.2.1 Descripción general del sistema propuesto

De acuerdo a los resultados obtenidos en los cálculos de diseño, se propone diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales en el casco urbano del municipio de Estelí, teniendo como objetivo darle un tratamiento adecuado a las aguas residuales y estas puedan ser reincorporadas en el río Estelí nuevamente, a la vez gracias a los cálculos obtenidos del tratamiento de los lodos obtenidos en el tratamiento primario y secundario, se obtiene un fertilizante el cual puede ser utilizado en los cultivos, y se obtiene energías renovables mediante los digestores anaerobios los cuales producen biogás el cual será reutilizado en el manejo y trabajo de la planta.

Figura 12

Desarenador en la STAR - Estelí



Considerando que, en la visita de campo realizada al sistema de tratamiento de aguas residuales actual, durante el recorrido logramos apreciar que está a falta de mantenimiento y que las condiciones de operación de cada etapa de tratamiento son bajas, notando un resultado de efluente no satisfactorio y que no cumple con el decreto 21-2017. Este efluente al ser descargado en la quebrada la limonosa, y por consiguiente llegar al río Estelí a tan solo 500m provoca que el río se contamine y más teniendo en cuenta que la mayoría de la población hace sus descargas de aguas residuales a las calles y por consiguiente éstas terminan también llegando al río Estelí.

Esta propuesta de planta de tratamiento se realiza debido a que el actual sistema de tratamiento que se encuentra en la salida norte del municipio de Estelí, no tiene la capacidad de dar el tratamiento a las aguas residuales que ingresan a este, además tenemos en cuenta que no toda la población cuenta con conexión de alcantarillado sanitario aumentando más la problemática de contaminación del agua.

Figura 13

Circulación de las aguas residuales en la STAR - Estelí



Figura 14

Salida de efluente final en STAR - Estelí



10.3. Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Estelí.

10.3.1 Análisis de sitio

La propuesta de diseño se ubica geográficamente en las coordenadas UTM 13° 06' 40" N. 86° 21' 55" O. Específicamente en la salida norte de la ciudad de Estelí junto al actual sistema de tratamiento de aguas residuales.

El terreno cuenta con un área de 102,786 m² y cuenta con el paso del cauce natural “La Limonosa” que es donde la STAR arroja el efluente previamente tratado.

Figura 15

Terreno propuesto para diseño de PTAR junto a sus medidas



Asoleamiento

El asoleamiento es un factor muy importante dentro de cualquier propuesta de diseño, ya sea arquitectónico, agronómico, industrial, etc. Ya que de este factor se obtiene suficiente información para plantear bien las ubicaciones precisas de las estructuras a considerar. Sabemos muy bien que una planta de tratamiento de aguas residuales genera olores y comúnmente estos olores son generados en horas altas donde el sol está en su punto fijo.

Vientos

Según INETER, en esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Estelí tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 4.7 meses, del 19 de noviembre al 9 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 12.8 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 14 de enero, con una velocidad promedio del viento de 16.8 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 7.3 meses, del 9 de abril al 19 de noviembre. El día más calmado del año es el 2 de octubre, con una velocidad promedio del viento de 8.8 kilómetros por hora.

Los vientos provienen del noreste y terminan en el suroeste, tomando en cuenta que esto hace que la planta pueda generar olores a la población aledaña, como solución se tomara en cuenta la estrategia de sembrar árboles y plantas que serán cuidadas gracias a la obtención de fertilizante de los lechos de secado.

Precipitación

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Estelí tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 7.8 meses, del 9 de abril al 2 de diciembre, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 24 de septiembre, con una acumulación total promedio de 168 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 4.2 meses, del 2 de diciembre al 9 de abril. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 15 de enero, con una acumulación total promedio de 1 milímetros.

Flora y Fauna

En cuanto a la flora presente en el sitio de propuesta de diseño encontramos plantas como: acacia, mangual, vainilla, guásimo.

En cuanto a la fauna presente, se visualizó tortugas, **zopilotes, garrobo, serpientes, arañas.**

Temperatura

La temperatura de la ciudad de Estelí varía según las estaciones del año, en la temporada seca la temperatura más alta es de 36° C y la más baja 30° C, durante la temporada lluviosa la temperatura desciende entre los 22°C y 15°C

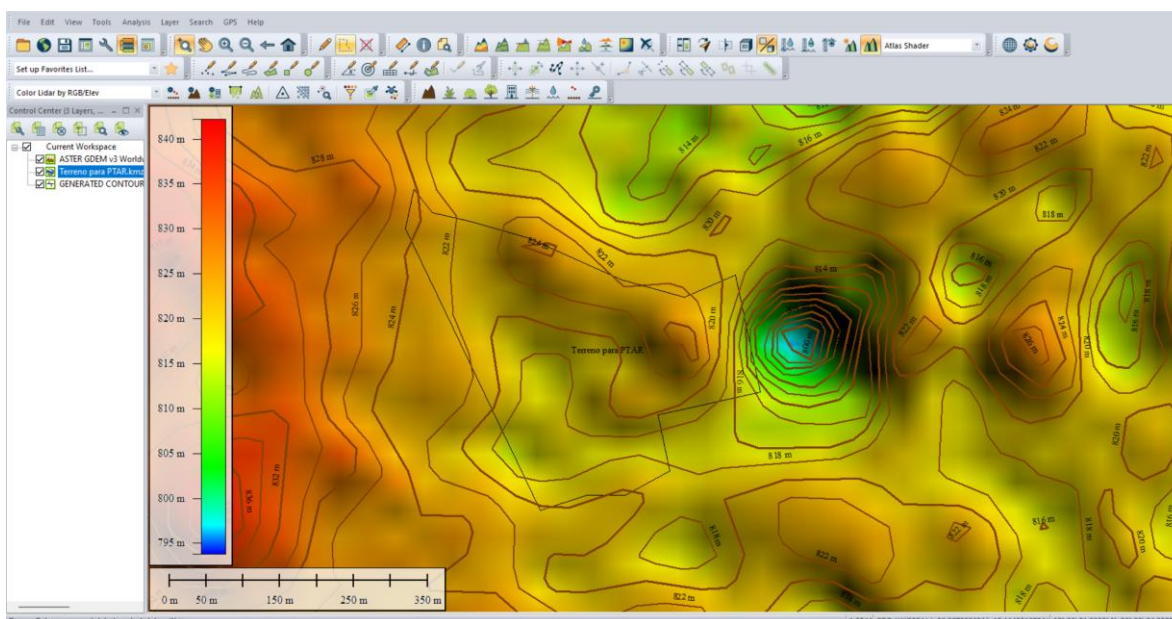
Topografía y Relieve

La ciudad de Estelí se caracteriza por tener una fisiografía constituida por lomeríos y planicies que forman el Valle Intramontano originado por depósitos y sedimentos, detritos aluvio-coluviales del cuaternario reciente, depósitos coluviales del cuaternario pleistocénico, o capas denudadas del terciario. También se conforma con una red de drenaje con el río Estelí y sus afluentes que son tributarios del río Coco-vertiente del Atlántico. El Valle de Estelí se distribuye en la sub cuenca del río Estelí localizado en elevaciones entre los 800- 900 m.s.n.m en una extensión territorial de 15,126 ha. El valle intramontano en donde se encuentra la ciudad de Estelí presenta una topografía plana a suavemente ondulada con pendientes menores del 8%. Su Topografía es de características uniformes en terrenos desde llanos a ondulados descendiendo ligeramente inclinado de sur a norte con pendiente promedio de 1.2% en una longitud de 5 km. En la dirección este oeste se observa pendientes entre los 2 y 5%. Los terrenos con mayores problemas para la urbanización son aquellos con pendientes de 0-2% terrenos planos y con el nivel freático alto. Existe la posibilidad de que el agua se acumule en la superficie. Otras áreas identificadas con problemas de inundación están

localizadas en la ribera del río Estelí, quebrada El Zapote y La Limonosa y el zanjón de Los Cedros. En los cerros con pendientes mayores al 30% y desprovistos de vegetación se están produciendo problemas principalmente en el Cerro Grande, Loma La Cruz y Cerro Las Animas, al ser explotados como banco de material.

Figura 16

Topografía y relieve del sitio propuesto para diseño de PTAR



Utilizamos el software Global Mapper, y mediante la poligonal sacada de Google Earth, se obtuvo las curvas de nivel, siendo la más alta 824 m.s.n.m y la más baja 812 m.s.n.m.

Uso de suelo

El uso de suelo del área seleccionada para proponer el diseño, está comprendida por viviendas aledañas, lotes vacíos y ciertos negocios.

Geomorfología

El valle de Estelí es parte de un gran complejo volcánico tipo fisura, que consta de diferentes respiraderos. Se cree que la última erupción de este complejo volcánico fue en el Holoceno.

Servicios básicos

El área seleccionada cuenta con los siguientes servicios sanitarios:

Agua potable

Alcantarillado sanitario

Energía eléctrica de media y alta tensión (entre 120V y 340V)

Internet y Cable

Accesibilidad

Las formas de acceder al terreno son mediante la carretera panamericana, de la entrada al rosario 4 cuadras al oeste y 3 cuadras al norte, junto al actual sistema de tratamiento de aguas residuales.

Figura 17

Accesibilidad al sitio de propuesta



10.3.2 Análisis y Selección de alternativas

Mediante la formulación e interpretación de los análisis de encuestas, entrevistas y visitas de campo optamos por la selección de alternativas de tratamiento de aguas residuales descritas

en los cálculos previstos, donde estas tecnologías propuestas están dentro de las mejores opciones en las ingenierías de los tratamientos de aguas residuales descrita por Ángel Cajigas (1995).

Empezamos primeramente mencionando el conjunto del proyecto el cual se puede lograr apreciar en la figura N°18 donde podemos apreciar las distintas distribuciones del proyecto, cuenta con los siguientes ambientes:

Casetas de vigilancia

Estacionamiento vehicular

Laboratorio físico-químico y biológico de efluentes

Invernadero de plantas

Canal de entrada de afluente

Cámara de distribución de caudales

Trampa de grasas

Caja de inspección 1

Desarenador

Canaleta parshall

Caja de inspección 2

Sedimentador primario circular

Filtro percolador circular

Reactor UASB

Sedimentador Secundario circular (Decantador)

Caja de inspección de efluente

Espesador de lodos

Digestor de lodos

Lechos de secado **(Ver Figura N°18)**

La propuesta de diseño incluirá las tecnologías previamente descritas en los cálculos de diseño desarrollados:

Pretratamiento: El cual se equipará de un canal de entrada lo suficientemente estrecho y que pueda circular el agua residual entrante, a la vez un sistema de cribado de 3 rejillas, las cuales se encargaran de la retención de sólidos de gran tamaño, posteriormente las aguas circularan a una cámara de distribución de caudales, las cuales dividirán el caudal de diseño en cuatro partes iguales, y pasen por 4 módulos de trampa de grasas. **(Ver Figura N°20, Figura N°21, Figura N°22, Figura N°23)**

El caudal de agua residual previamente ya con los sólidos y grasas retenidas, se volverá a reincorporar en uno solo mediante una caja de inspección la cual lo introducirá al desarenador, el cual es paralelo, y posteriormente hará paso por el medidor parshall el cual se encargará de medir el caudal de agua residual. **(Ver Figura N°24, Figura N°25)**

Tratamiento primario: Una vez las aguas residuales pasen por la canaleta parshall, se introducirán a una caja de inspección las cuales empujaran el agua residual al sedimentador primario circular, el cual se encargará de hacer la remoción de los sólidos mediante un sistema de lamelas de acero inoxidable las cuales se encargarán de remover los sólidos y posteriormente estas al tener lodo adherido, los sólidos y materia orgánica podrán ser conducidas al fondo del tanque de fangos. **(Ver Figura N°26)**

Tratamiento Secundario: El agua residual ya depurada por el proceso del sedimentador primario, pasara por una caja de inspección que llevara el efluente al filtro percolador, el cual es un filtro diseñado de desbaste de carga orgánica alta. Este filtro consiste en hacer gotear las aguas residuales por medio de un filtro en donde los microorganismos se encargan de descomponer los residuos y químicos presentes en las aguas residuales. Para ello se hace presencia de aire, el cual es suministrado naturalmente mediante orificios incluidos en el diámetro del filtro percolador. **(Ver Figura N°27)**

Una vez las aguas están depuradas por este medio filtrante, harán paso a una caja de inspección colocada al lado del filtro percolador y con una tubería serán empujadas al reactor UASB para recibir un tratamiento secundario extra, donde se hace presencia de un

tratamiento biológico donde hay lodos activados y por consiguiente una vez la materia orgánica es degradada se obtiene biogás. **(Ver Figura N°28, Figura N°29, Figura N°30)**

Por último, las aguas residuales harán paso por un sedimentador secundario circular el cual se encargará de remover alguno que otro solido que se haya introducido en los filtros y tanques anteriormente mencionados, el agua residual una vez clarificada, hará paso por una estación donde se le hará inspección y prueba para el cumplimiento del decreto 21-2017 y así pueda ser introducida al cuerpo receptor del rio Estelí. **(Ver Figura N°31)**

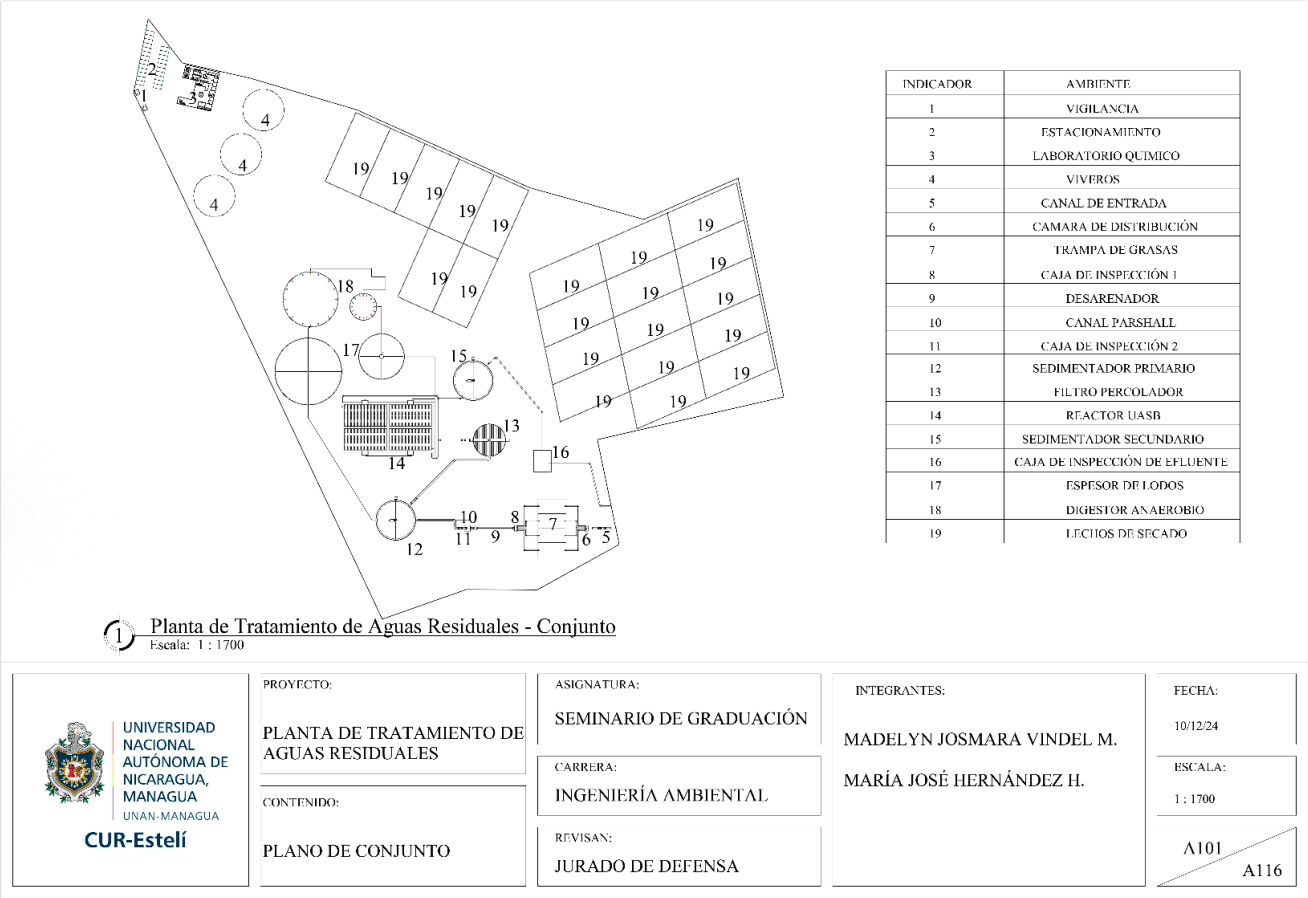
Las inspecciones y pruebas serán hechas desde el laboratorio físico-químico y biológico de efluentes que se encuentra en la misma planta de tratamiento de aguas residuales, este laboratorio estará equipado con suficiente tecnología para poder realizarle los análisis recomendados a los efluentes que la planta de tratamiento este dando día a día. **(Ver Figura N°2)**

Tratamiento de lodos: El tratamiento de los lodos provenientes del tratamiento primario y reactor UASB el cual trabaja mediante lodos activados, serán trasladados mediante una tubería de 140 mm hacia los espesadores de lodos para convertirlos más espesos, y por último pasaran por los digestores anaerobios, sin presencia de oxígeno durante un periodo de retención de 30 días, donde serán más concentrados, aquí se generará biogás, el cual será muy esencial para usarlo como energía renovable y así respaldar el uso y operando de la planta de tratamiento de aguas residuales. **(Ver Figura N°32)**

Por último, los lodos ya estabilizados serán trasladados a los lechos de secado donde cumplirán su última fase de tratamiento para luego ser usados en los cultivos como un fertilizante de calidad gracias al tratamiento que se le dio en los digestores anaeróbicos, este fertilizante será puesto a prueba desde los invernaderos donde se cultivaran gran variedad de plantas y especies de flora.

Figura 18

Planta de Conjunto de Planta de Tratamiento de aguas residuales en Estelí



Planta Arquitectónica de Laboratorio Físico - Químico y Biológico de Efluentes



Figura 20

Planta Arquitectónica de Cámara de Rejas y Isométrico

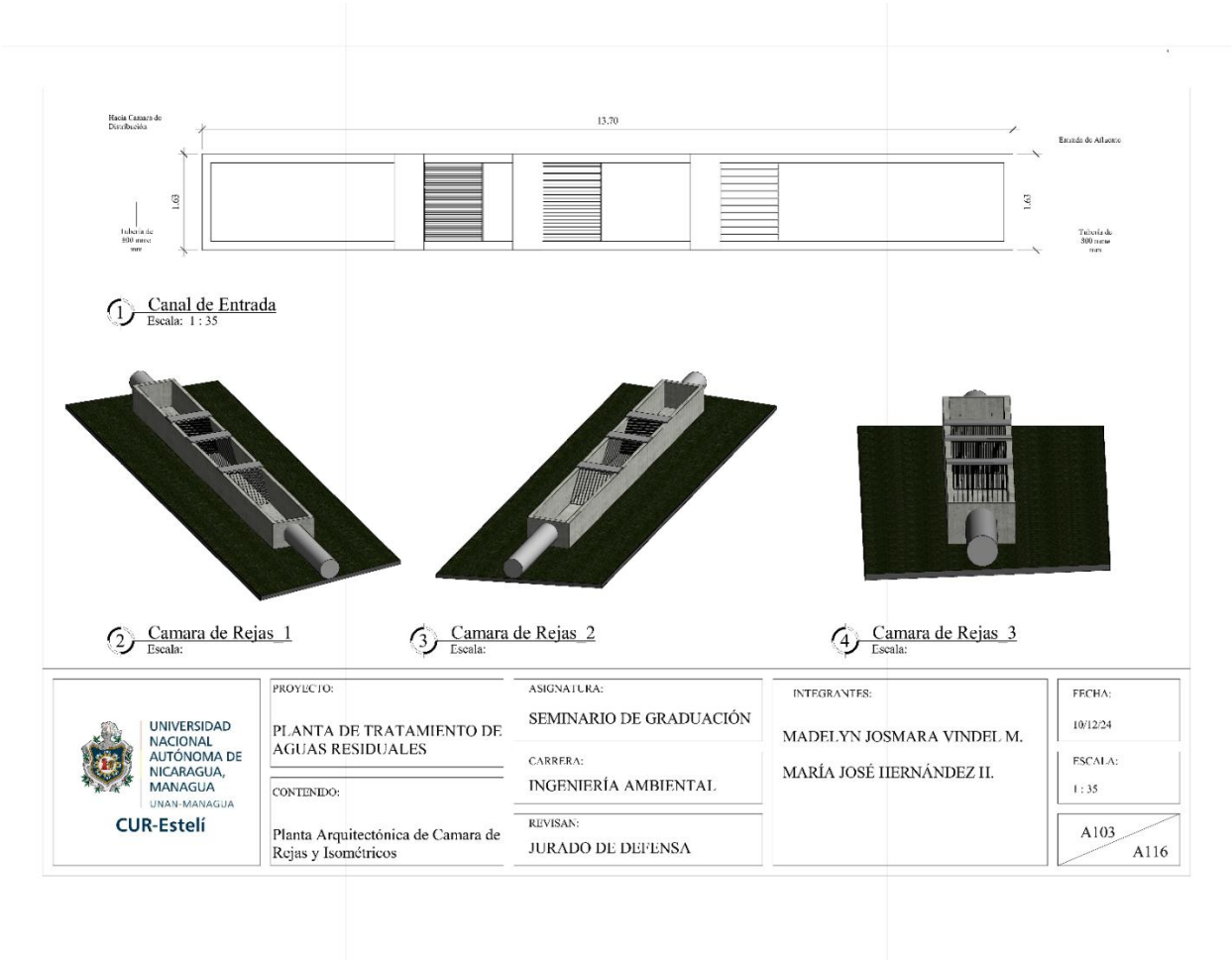


Figura 21

Planta Arquitectónica de Cámara de distribución e Isométricos

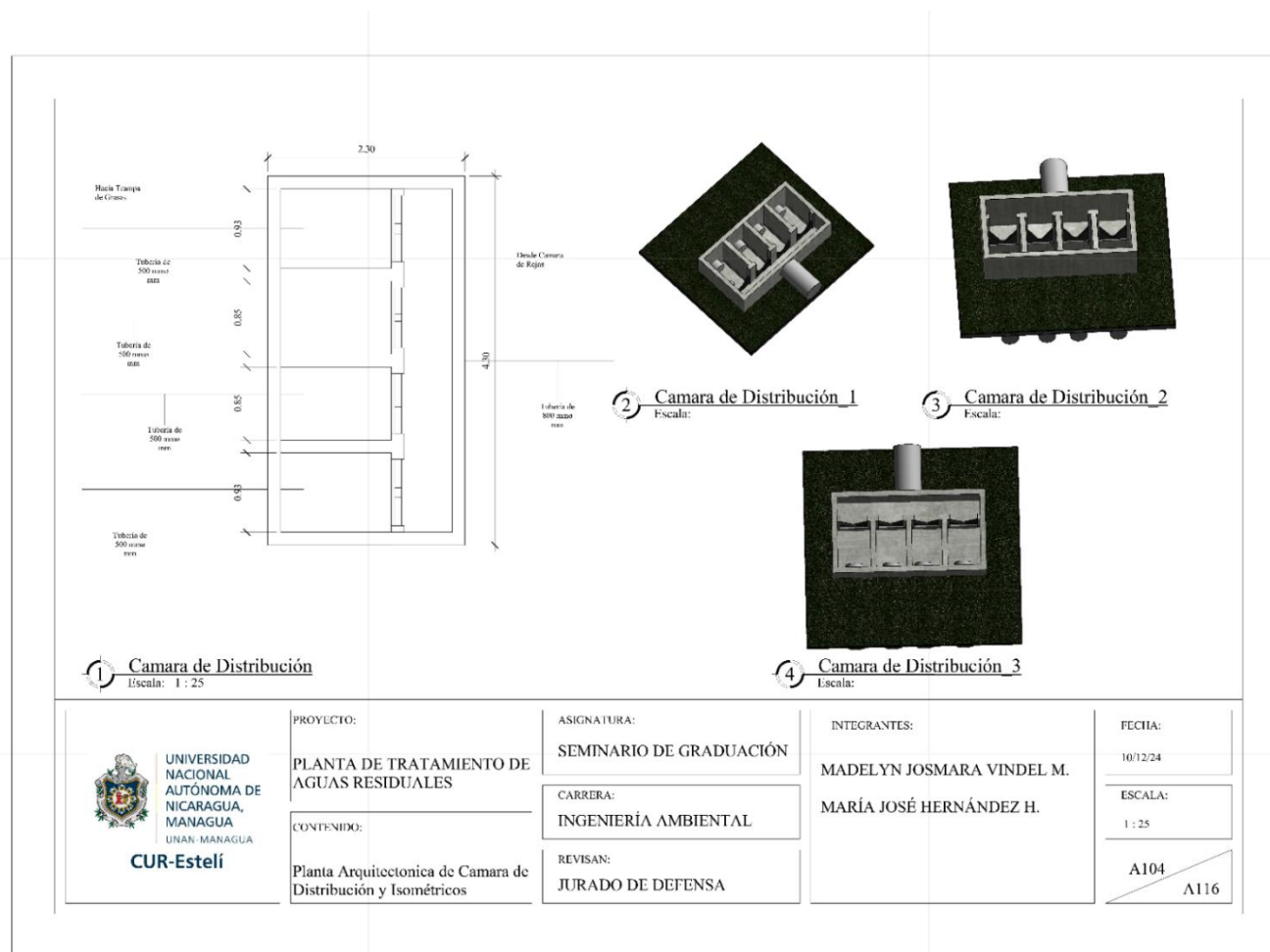


Figura 22

Planta de Conjunto de trampa de grasas e isométrico

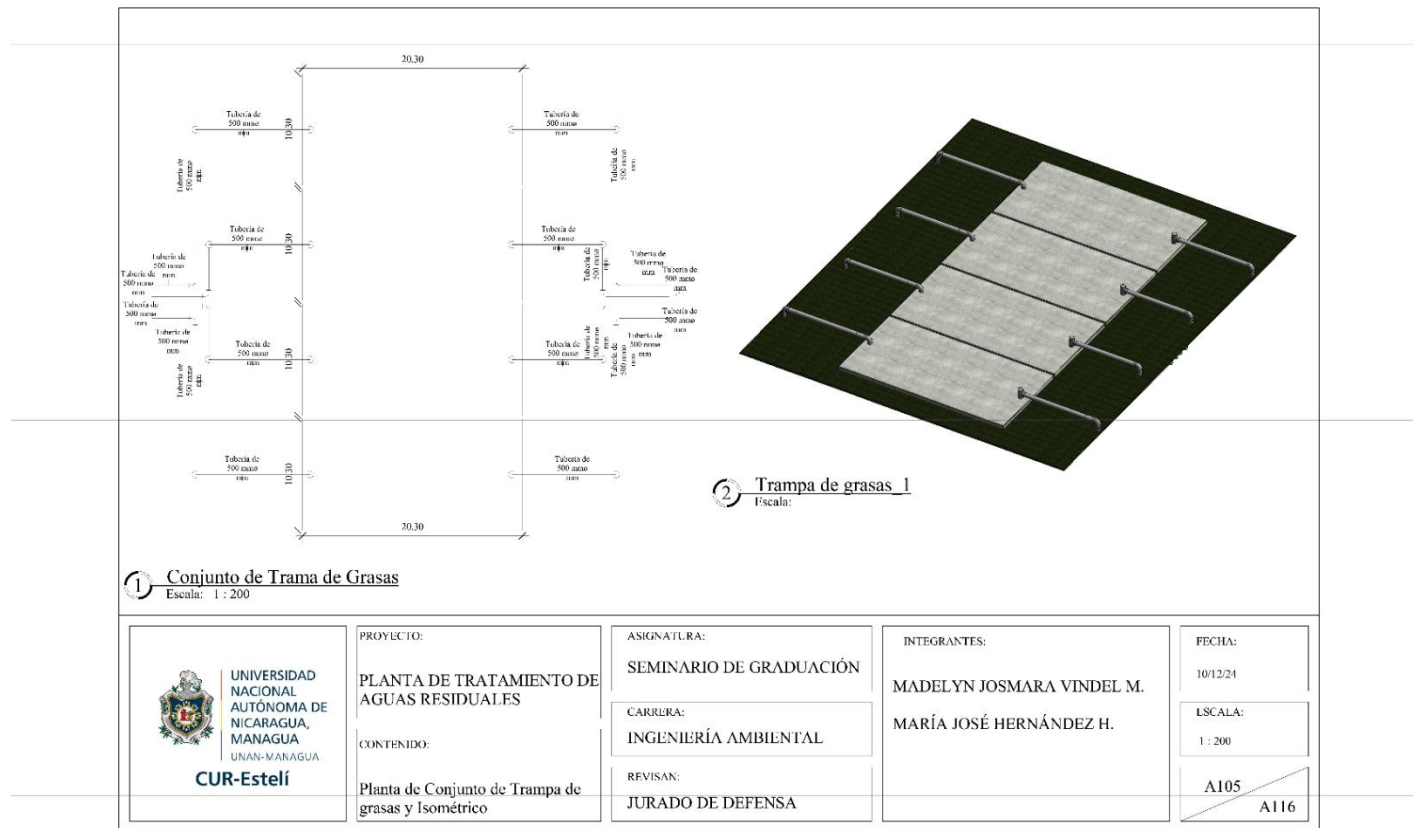


Figura 23

Detalle de trampa de grasas e isométrico

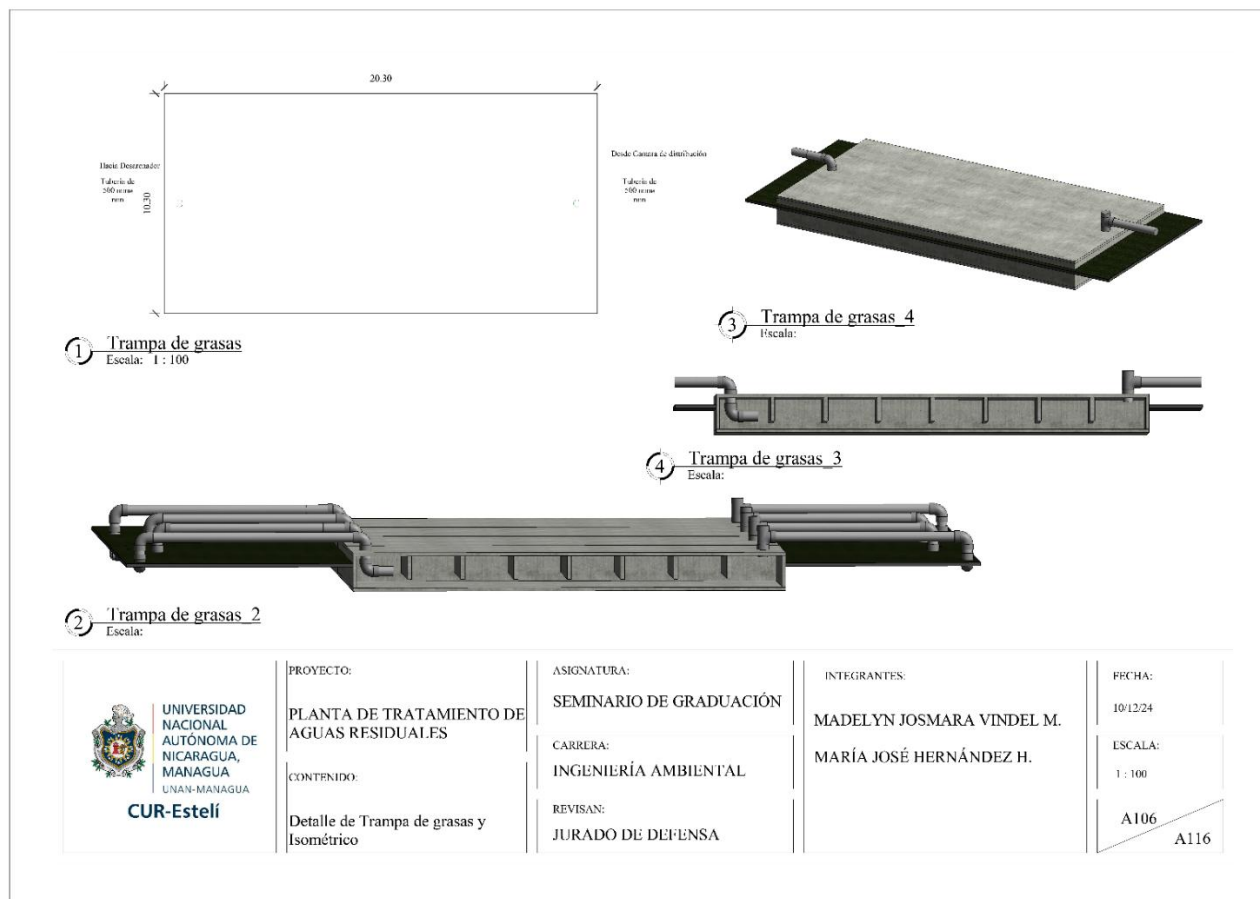


Figura 24

Planos de cajas de inspección e isométricos

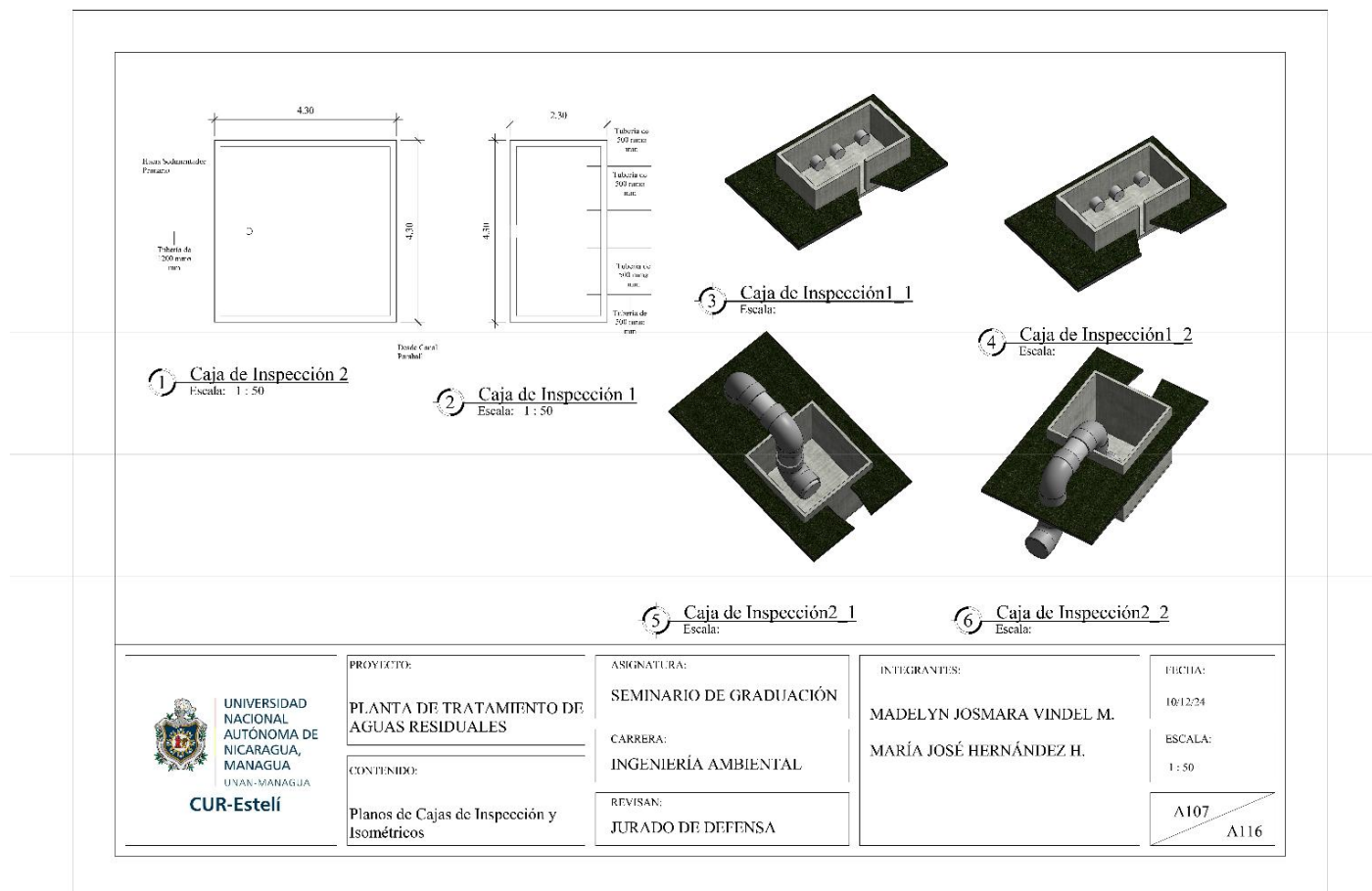


Figura 25

Plano de conjunto de desarenador e isométricos

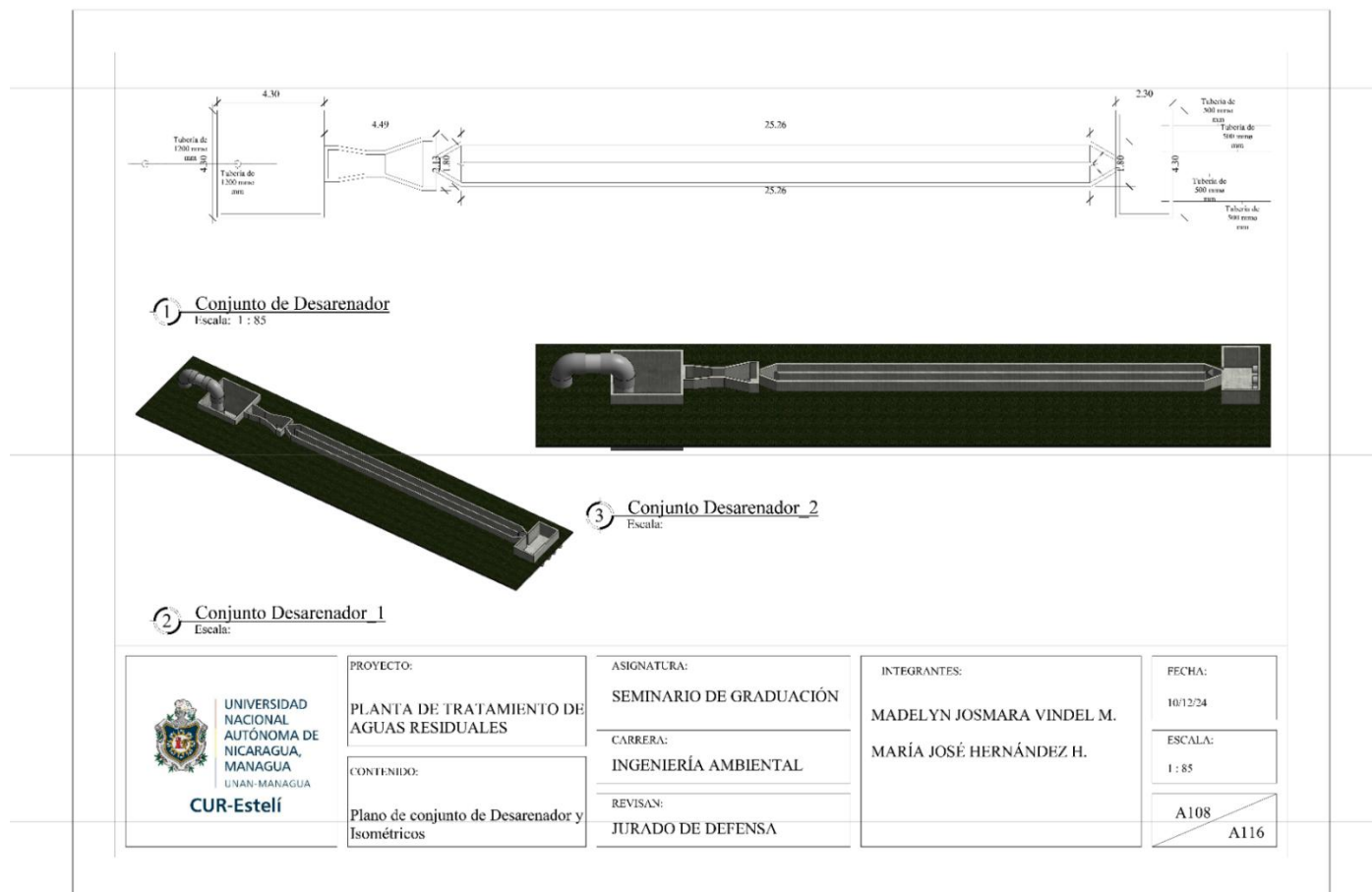


Figura 26

Planta Arquitectónica de Sedimentador Primario e Isométrico

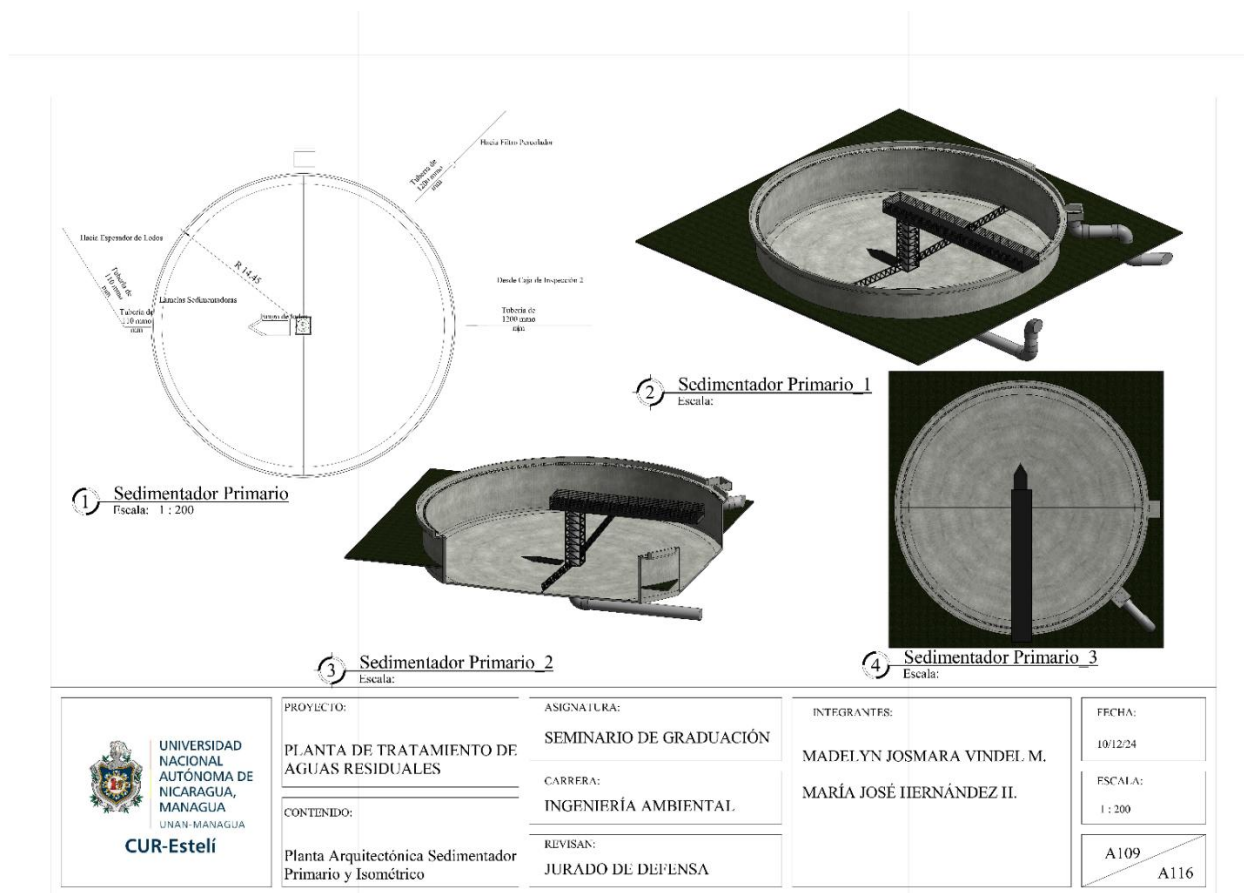
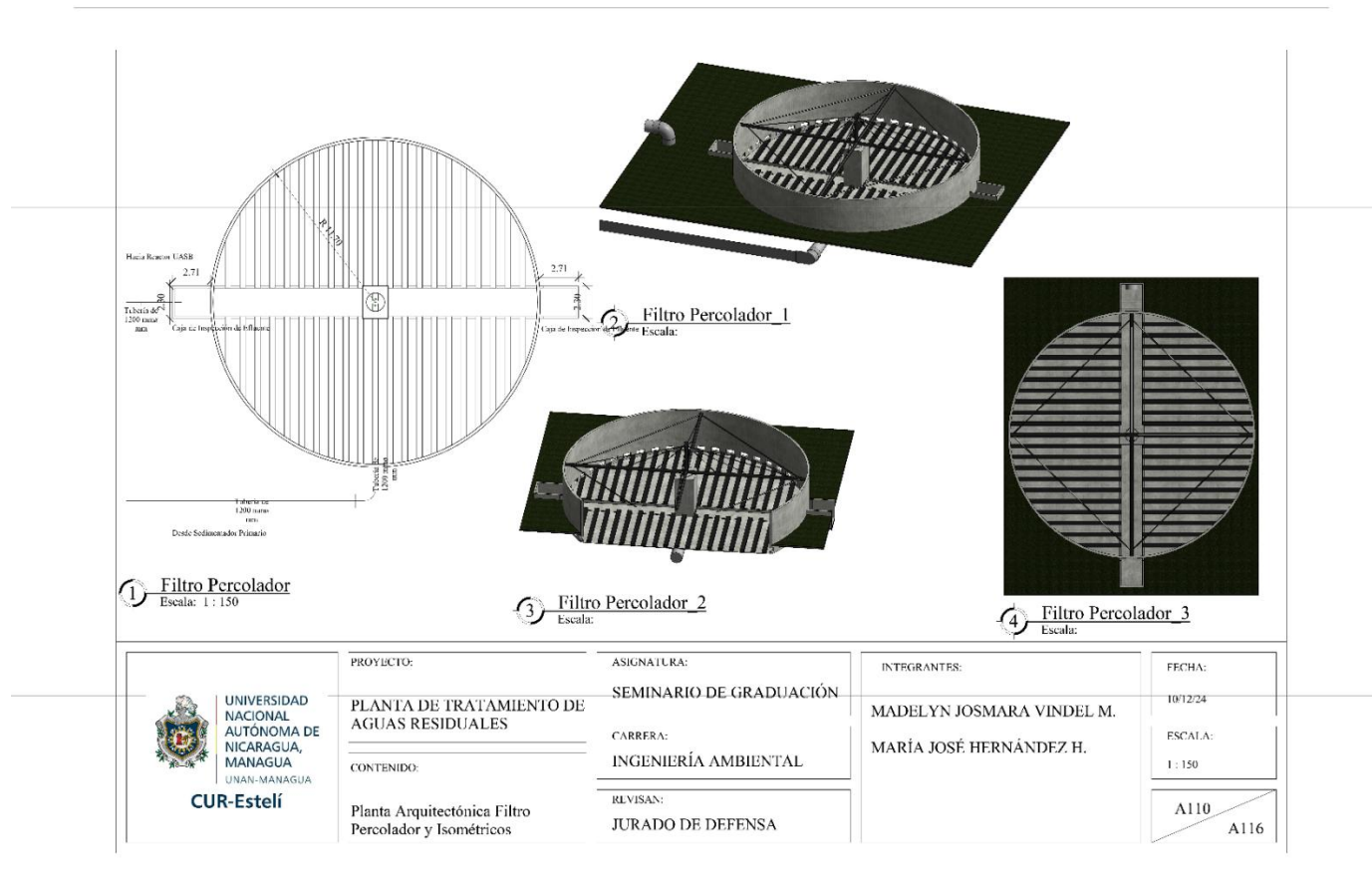


Figura 27

Planta Arquitectónica de filtro percolador e isométricos



Planta Arquitectónica Reactor UASB e isométrico



Figura 29

Planta Arquitectónica de módulo de reactor UASB

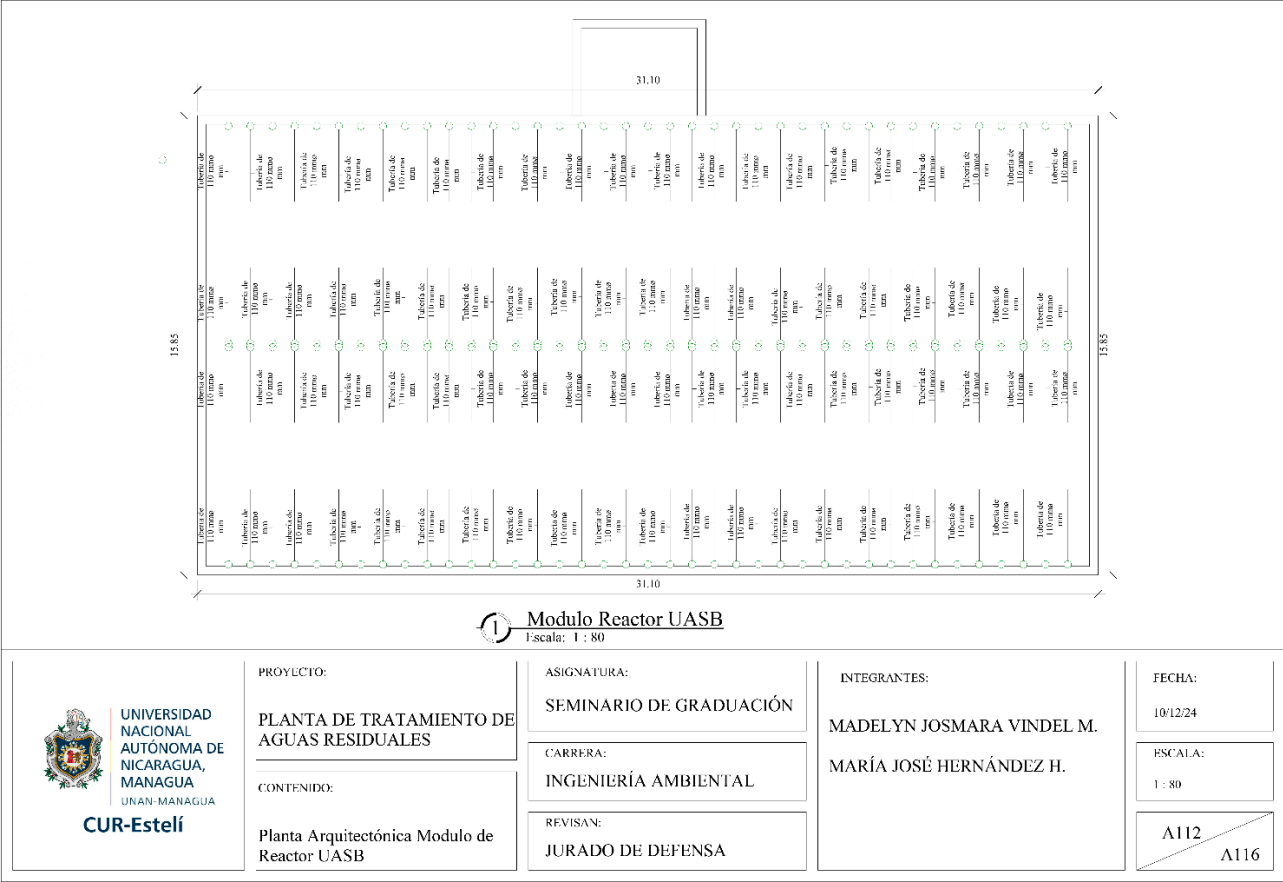


Figura 30

Isométricos de reactor UASB

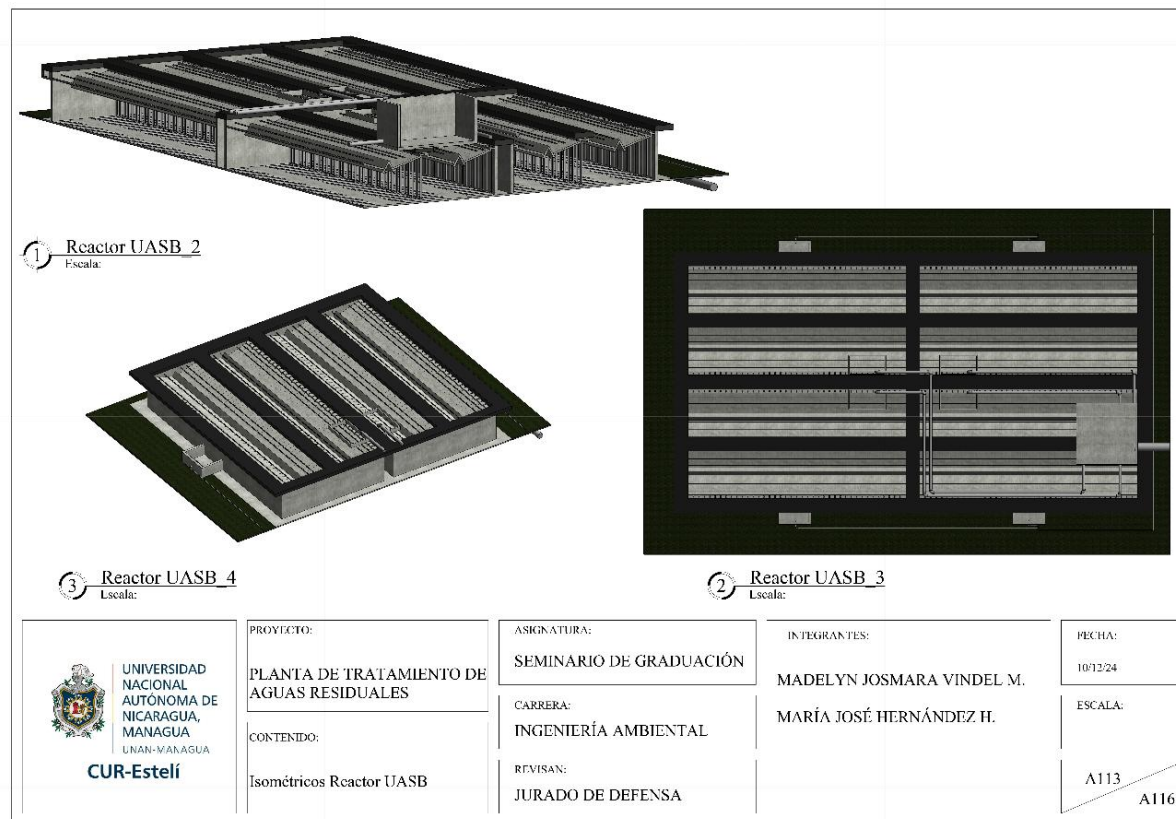


Figura 31

Planta Arquitectónica de Sedimentador secundario e Isométricos

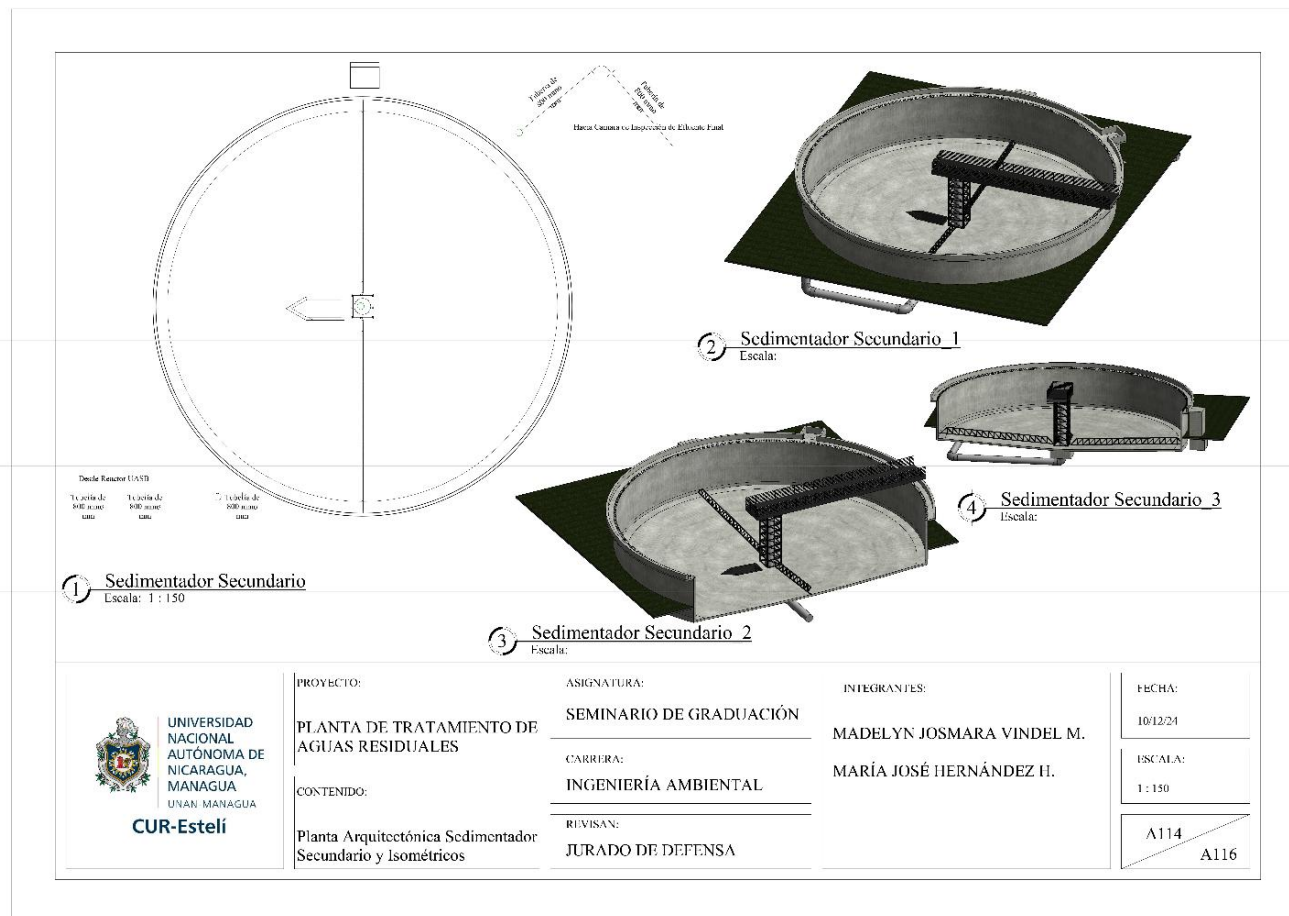


Figura 32

Planta Arquitectónica de espesador de lodos e isométrico

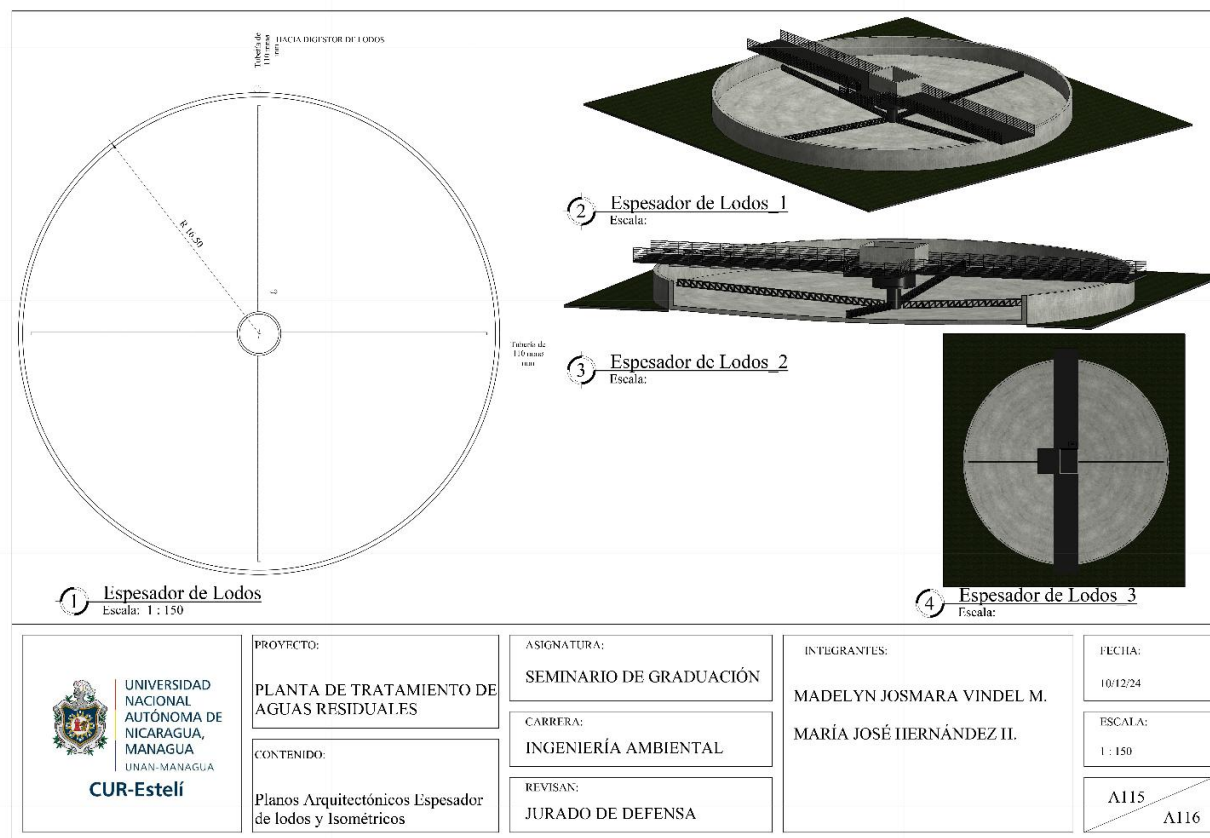


Figura 33

Plano de conjunto a color de Planta de tratamiento de aguas residuales en Estelí

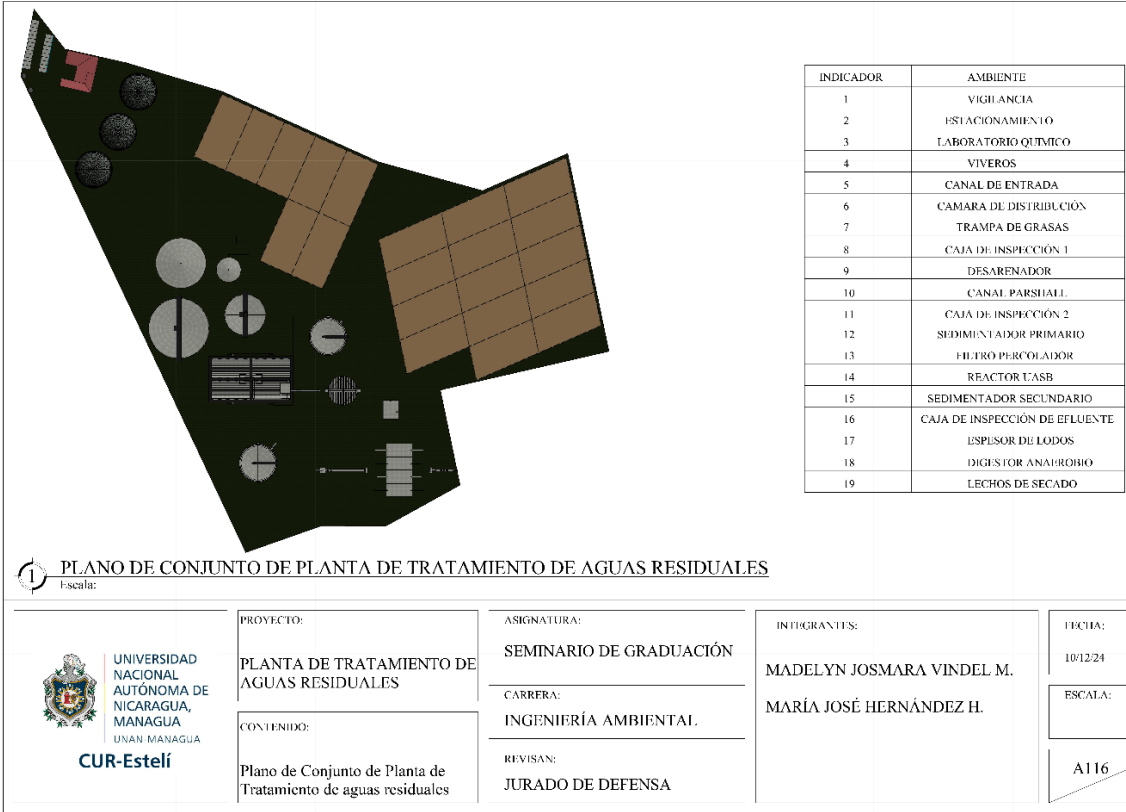


Figura 34

Reactor UASB

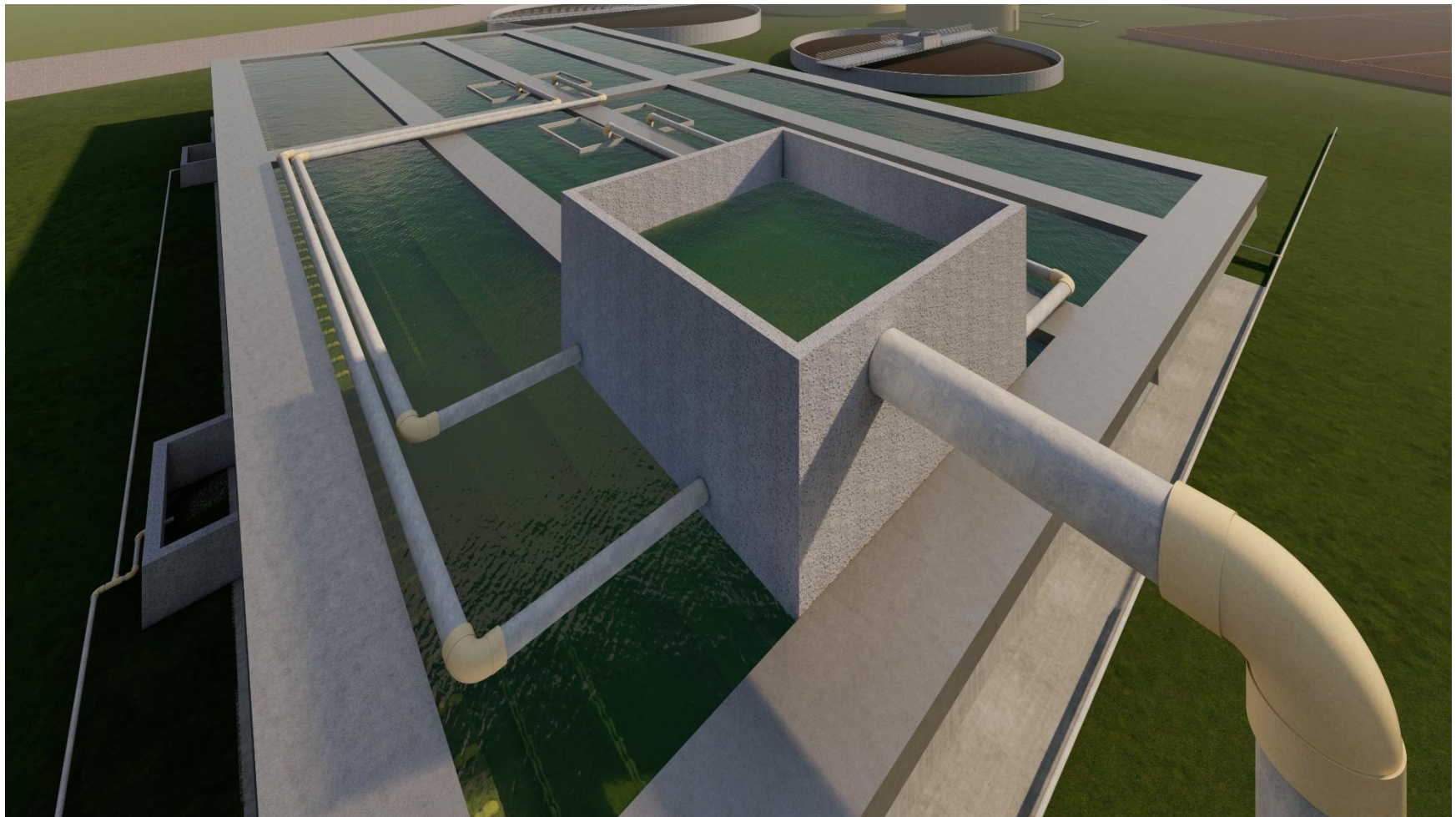


Figura 35

Sedimentador Primario

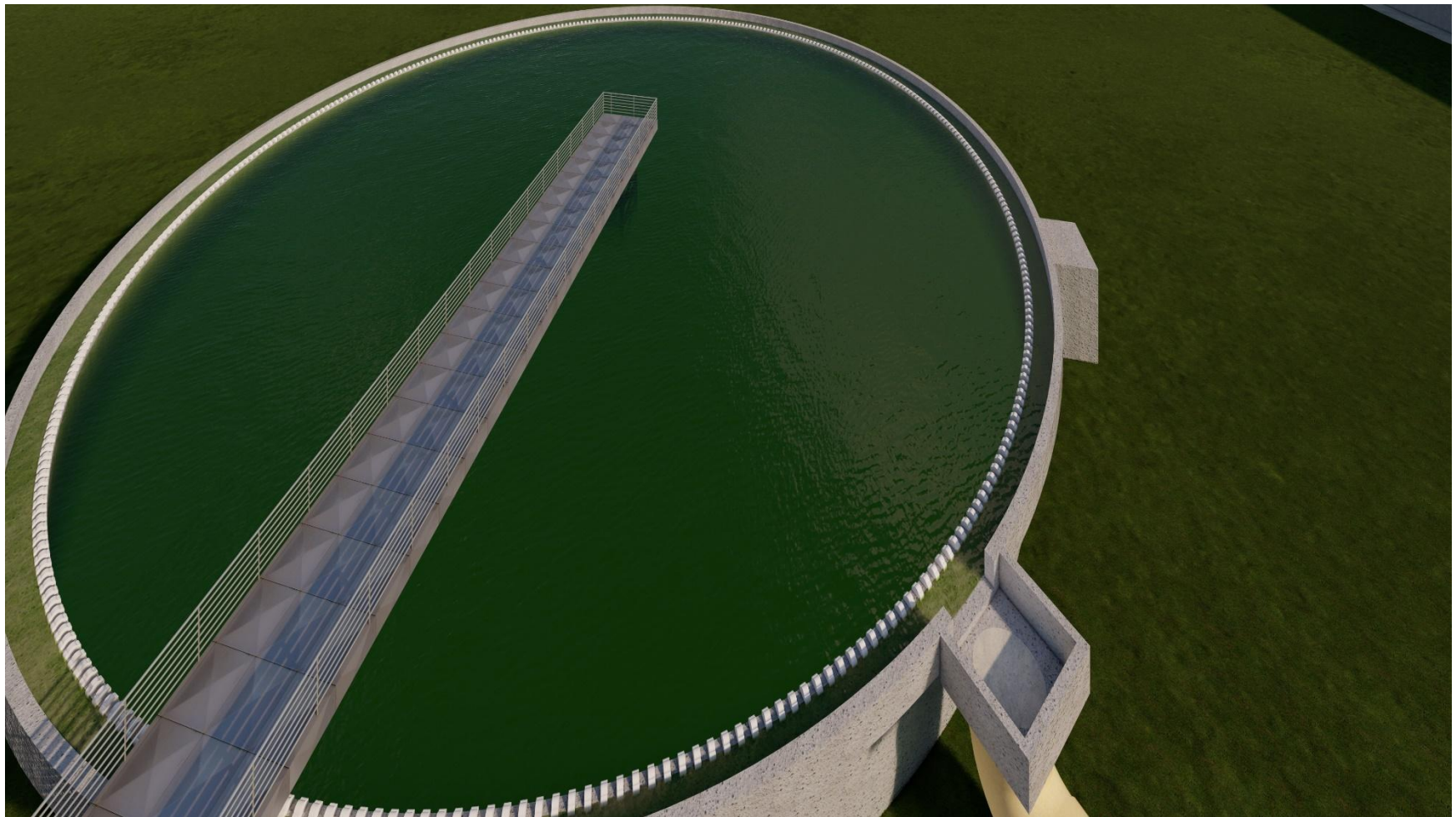


Figura 36

Sedimentador Secundario (Decantador)

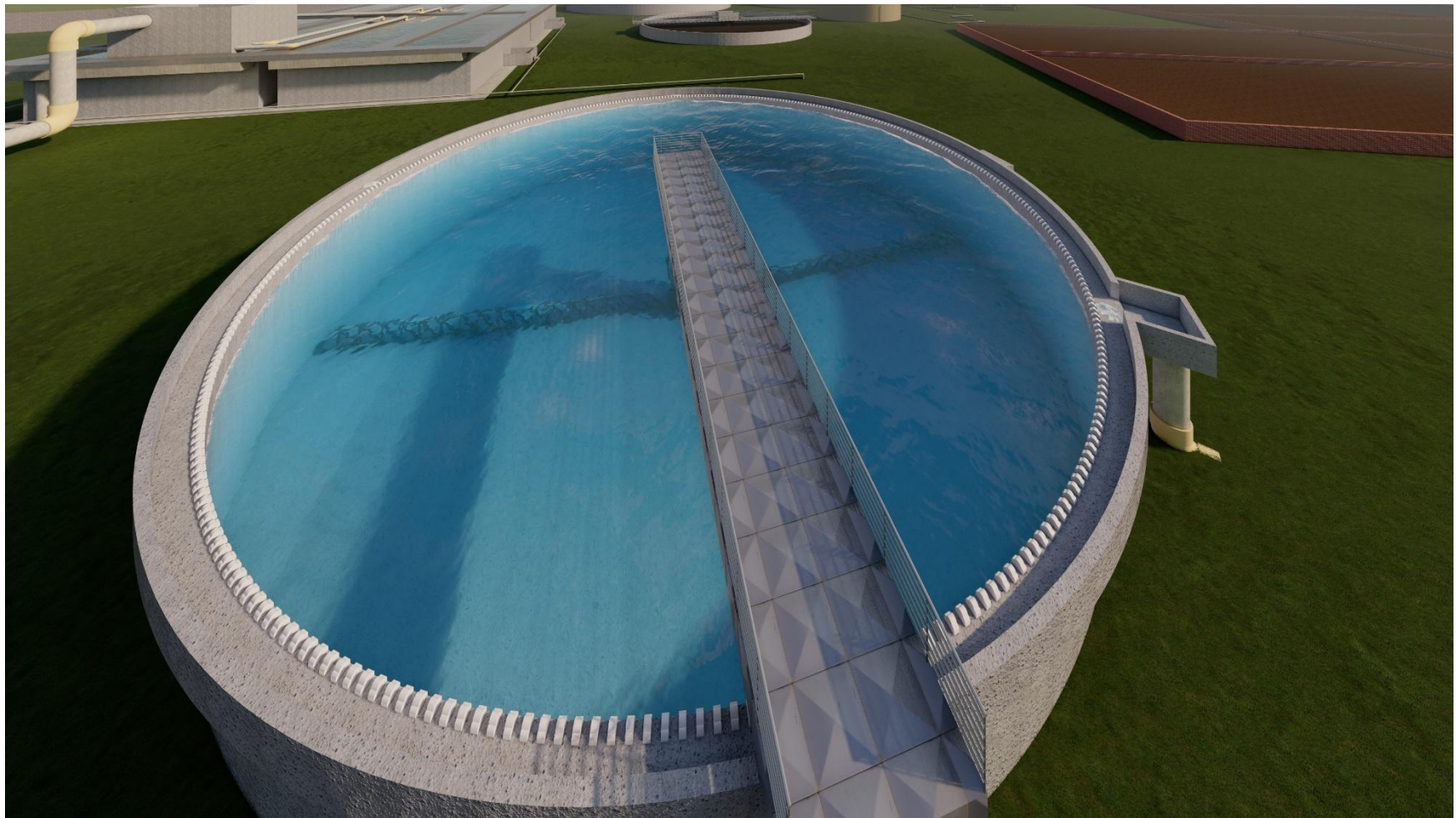


Figura 37

Canal de entrada y Cámara de rejas

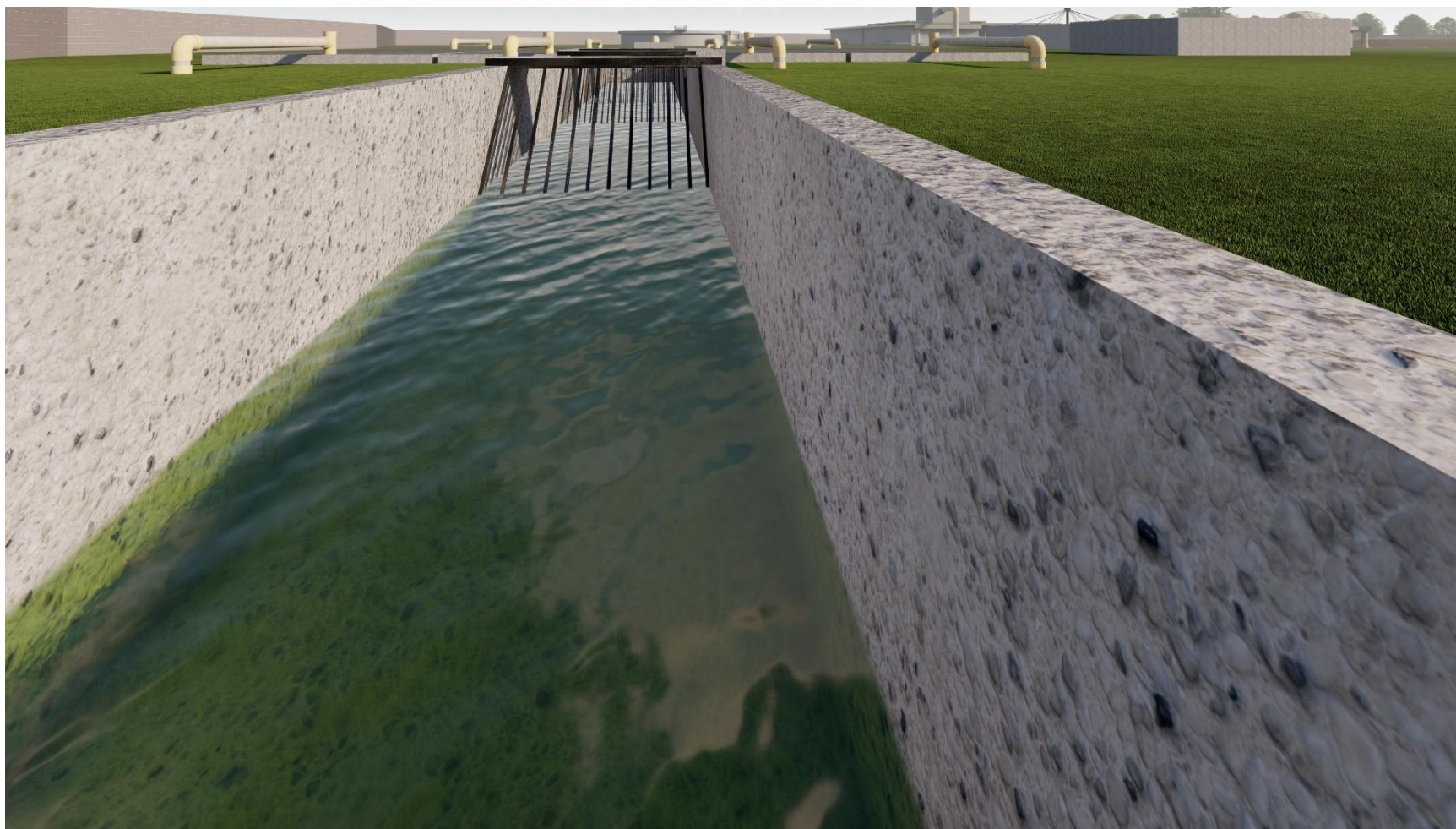


Figura 38

Desarenador

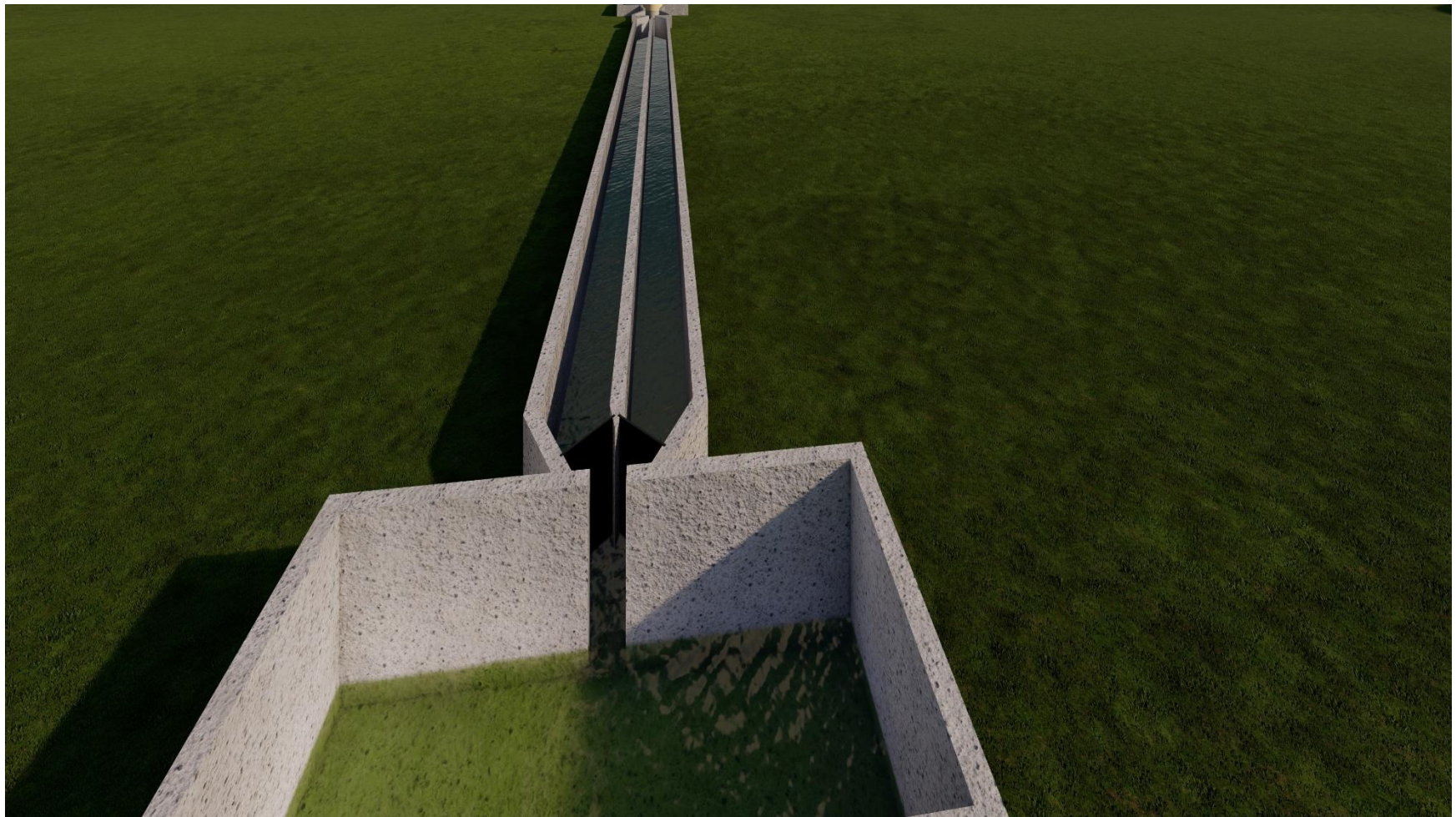


Figura 39

Espesador de lodos

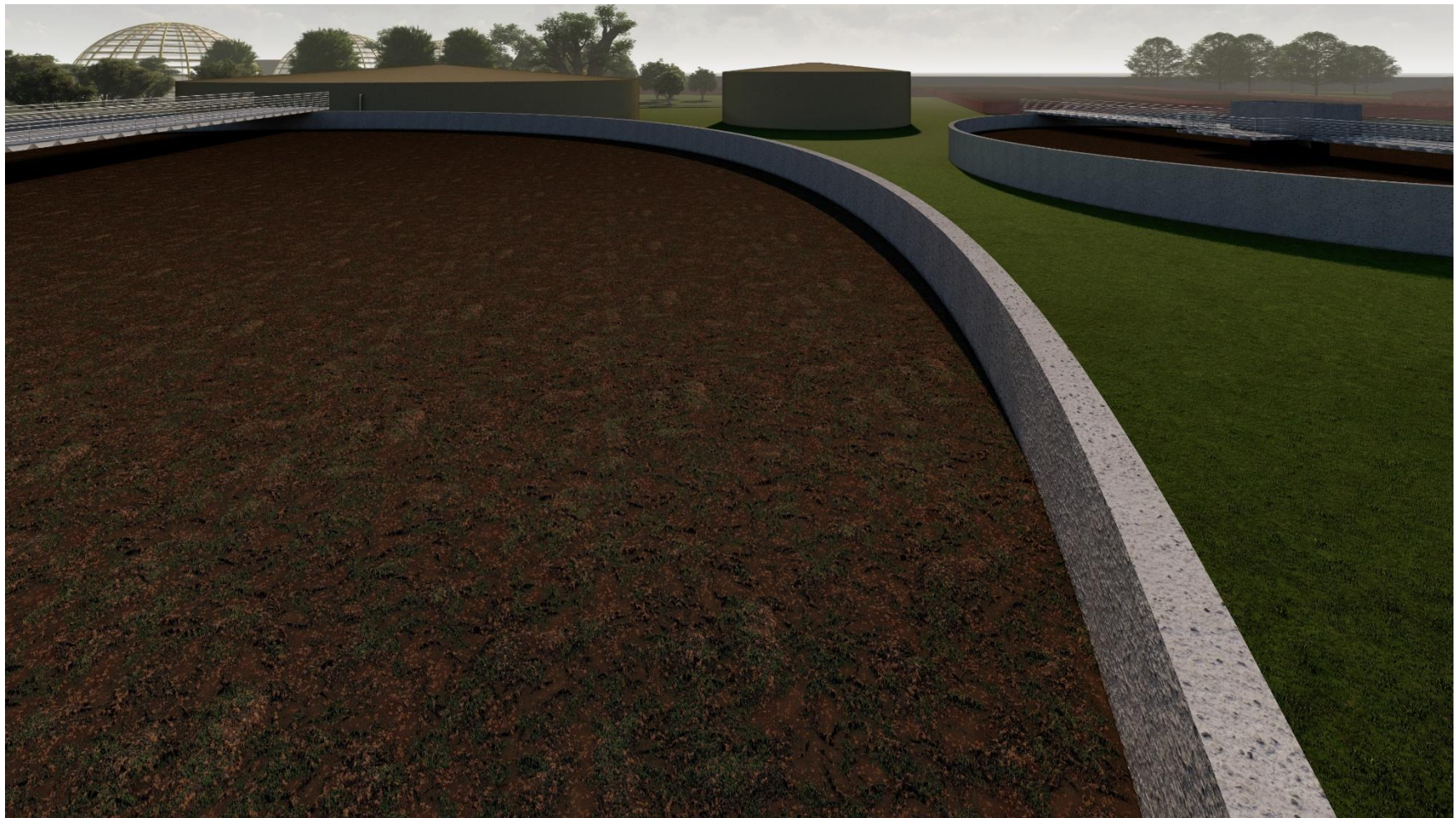
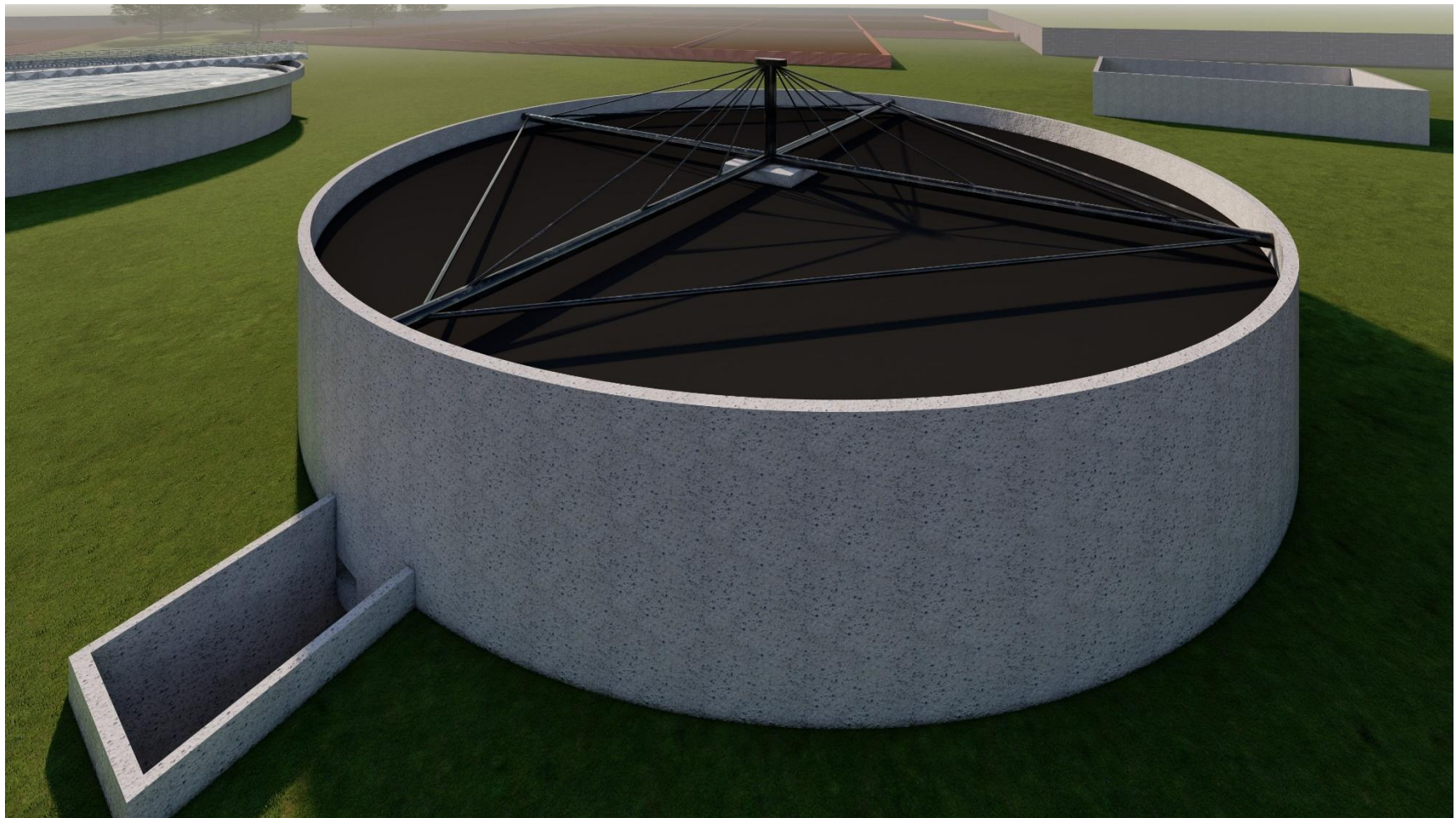


Figura 40

Filtro percolador



11.Conclusiones

Por lo tanto, las aguas residuales domesticas son productos de diversas actividades del hogar, presentando mayor número de contaminación debido a que presentan sólidos, desechos orgánicos e inorgánicos, detergentes, por lo cual es importante darle un tratamiento por su nivel de contaminación.

Se realizaron cálculos de la población futura en el municipio de Estelí de acuerdo con las resoluciones vigentes a la proyección de la población futura que se realizó para 20 años.

El municipio de Estelí de acuerdo con los cálculos realizados se obtuvo una población de 197,961 habitantes, con una tasa de crecimiento del 2.5% de tal manera que la PTAR siguiera su función de acuerdo al crecimiento de la población.

Teniendo en cuenta que las plantas depuradoras de aguas residuales son esenciales para la sostenibilidad y el cuido del medio ambiente y la salud humana. El diseño propuesto se realizó de tal manera que sea eficiente y funcional, asimismo que las aguas tratadas puedan ser devueltas al ambiente minimizando la contaminación, por lo tanto, su capacidad a tratar será de 12,914160 m³.

12.Recomendaciones

En cuanto a la investigación y a la propuesta de diseño de planta de tratamientos de aguas residuales, se consideran las siguientes recomendaciones:

Al MARENA recomendamos lo siguiente:

- Dar seguimiento a las fuentes hídricas del municipio de Estelí, sobre todo a las que le son depositadas las aguas residuales crudas sin tratamiento.
- Inspeccionar si el sistema de tratamiento de aguas residuales cumple con las normativas de operación y mantenimiento en la STAR
- De igual forma, si esta propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales se llega a ejecutar, darle seguimiento.
- Gracias los beneficios obtenidos en los digestores anaerobios y lechos de secados de la propuesta de PTAR se obtiene un abono con calidad eficiente y saludable que se puede utilizar en los cultivos.

A la Alcaldía municipal

- Dar seguimiento a la población que no establece conexión directa al alcantarillado sanitario y que arrojan las aguas residuales a los drenajes de la ciudad.
- De igual forma si esta planta de tratamiento de aguas residuales se llega a ejecutar, darle supervisión y evaluación por parte de personal autorizado.
- Ejecutar programas de saneamiento del río Estelí, desarrollando proyectos de Plantas de tratamiento de aguas residuales las cuales son más eficientes que las lagunas de tratamientos.
- Implementar tecnologías innovadoras para la reutilización de las aguas residuales y minimizar el impacto que traen al medio ambiente.

A ENACAL

- Darles mantenimiento adecuado a las instalaciones actuales de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar inspecciones en los pozos de bombeo de aguas residuales, mantenimiento a las bocas de visita (manjoles).

- Desarrollar proyectos de instalaciones de alcantarillado sanitario con tal de mejorar la calidad ambiental y humana de la ciudad de Estelí.

A la población en general

- Hacer conexión de aguas grises directamente con el alcantarillado sanitario, para que estas sean depuradas de manera correcta ya sea en el sistema de tratamiento de aguas residuales actual o en una futura planta de tratamiento de aguas residuales.
- No arrojar desperdicios de comida, pampers, toallas húmedas, trapos y otros materiales que puedan dañar las tuberías o los sistemas de depuración de aguas residuales.
- Concientizar la importancia que tiene un buen manejo del agua, y como contribuir a su preservación.

13.Referencias Bibliográficas

- Aponte Castillo, C. D. (2019). Diseño Y Construcción De Una Canaleta Parshall. *Universidad Libre*, 1–69.
- Asamblea Nacional De la Republica. (2006). *Norma Técnica Ambiental para regular los sistemas de tratamiento de aguas residuales y su reúso*.
- Asamblea Nacional de la Republica DE Nicaragua. (1996). *Ley del medio demedio ambiente y los recursos naturales*.
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2002). *Norma técnica Ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos solidos no - peligrosos* (La Gaceta 96, Trans.).
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2007). *LEY GENERAL DE LAS AGUAS NACIONALES*.
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2008). *CODIGO PENAL*.
- Báez Rita Sofía., & Martínez Espinoza Rut Mariela. (2015). *Diagnostico socio – ambiental de aguas residuales emitidas en el II semestre del año 2014 por la planta de tratamiento de aguas residuales. (PTAR-Boaco) Boaco, 2014. FAREM CHONTALES*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2006). *Metodologia de la investigación*. Mexico: MCGraw Hill.
- Alférez Rivas, L. E., & Nieves Pimiento, N. (2019). Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): Impacto Ambiental Esperado e Impacto Ambiental Provocado. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 2254-7630.
- Artigas , W., & Robles, M. (01 de Noviembre de 2010). Metodología de la investigación:Una discusión necesaria en Universidades Zulianas. *Revista Digital Universitaria*, 11(11), 10.
- Bendenzú, R. d., & Martínez, A. (2017). *Planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores-lodos anaerobicos ecologicos para el distrito de Huancayo,provincia de Huancayo-Juanin*. Perú: Universidad Peruana de los Andes.
- Blandón, R. A., & Gómez, M. J. (01 de 2010). Propuesta de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad San Pablo, municipio de san Juan del sur, Managua . Managua, Nicaragua.
- Blandón, R., Mejía, M. J., & Barberena, K. Y. (2011). *Propuestra de Diseño de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas reciduales en la Comunidad de San Pablo, Municipio de San Rafael del Sur, Managua, con un*

periodo de diseño de Enero 2010-Enero 2030. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Managua: UNAN-MANAGUA.

Caipo, E., D. A., S. P., & E. G. (2018). *Diseño de planta de aguas residuales municipales para el distrito de Cachicadan, Santiago de Chuco, La Libertad*. Perú, Santiago de Chuco La Libertad .

Ceja de la Cruz, Z. (2019). *Tratamiento de aguas residuales*. México: INCYTU.

Cerda, A. R. (2018). *Determinación y mejoramiento de la eficiencia del sistema de tanque septico y filltro biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de JIVIA*. Peru, Huaraz Ascash.

Escuela de Postgrado de Ingeniería y Arquitectura. (17 de Noviembre de 2020). *Agua residuales: peligros y como tratarla*. Obtenido de Escuela de Postgrado de Ingeniería y Arquitectura: <https://postgradoingenieria.com/agua-residual-como-tratarla/#:~:text=El%20agua%20residual%20puede%20ser,de%20que%20se%20transmitan%20enfermedades>.

Esquivel, D., & Santiago, E. (2018). *Diseño de planta de aguas residuales municipales para el distrito de Cachicadan, Santiago de Chuco, La Libertad*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

Maya, E. (2014). *Métodos y Técnicas de Investigación*. Universidad Nacional Autónoma de México. México: Facultad de Arquitectura.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 update and SDG baselines*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int>.

Porto, J. P. (9 de Agosto de 2018). *Definición.de*. Obtenido de La Real Academia Española (RAE), en su diccionario, define a un efluente como un fluido procedente de una instalación industrial.

Quintana, L. V. (2016). *Determinación de la eficiencia de un Filtro o con membrana de fricción roscado como post-mecanismo de remoción bacteriana, instalado en la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Masatepe, en el periodo de Junio' diciembre del año 2016*. Managua , Nicaragua..

The United Nations Environment Assembly (UNEA). (23 de Agosto de 2023). *Aguas residuales: un problema que se convierte en solución*. Obtenido de UNEA The United Nations Environment Assembly: <https://www.unep.org/events/publication-launch/wastewater-turning-problem-solution>

Felipe, J., & Hoyos, V. (2020). *Reúso De Las Aguas Residuales Como Alternativa Al Estrés Hídrico En Colombia*. 1–27.

García, M. E., Pérez, J. A., & Generalidades, L. (n.d.-a). *AGUAS RESIDUALES. COMPOSICIÓN*.

HERNÁNDEZ, A., HERNÁNDEZ, A., & GALÁN, P. (2015). Desarenado / Desengrasado. *Cidtausal*.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL Education. Obtenido de https://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/981/Investigacion_sampieri_6a_ED.pdf

ONU-Hábitat, & OMS. (2021). *Progreso en el tratamiento de las aguas residuales. Estado mundial y necesidades de aceleración del indicador 6.3.1. de los ODS. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) y Organización Mundial de la Salud (OMS), Ginebra*.

OPS. (2005). Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. *Revista*, 1, 34.

Ángel Cajigas. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales* (Antonio Garcia Brage, Ed.; 3era Edición, Vol. 1).

Azevedo Netto, J. M., ALVAREZ, G. A. A., & Alvarez, G. A. (1976). *Manual de hidraulica*. Harla. <https://books.google.com.ni/books?id=f3mVXwAACAAJ>

Fonfría, R. S., Sans, R., & de Pablo Ribas, J. (1989). *Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos* (Vol. 28). Marcombo.

María Eugenia de la Peña, Jorge Ducci, & Viridiana Zamora Plascencia. (2013). *Tratamiento de aguas residuales en México*.

Menéndez Gutiérrez, C., & Dueñas-Moreno, J. (2021). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE PROCESOS DE BIOPELÍCULA*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22161.35682>

Anzola, Angie Godoy, Daniela Herrera, E. (2021). ELABORACION DE UNA GUIA PARA EL DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *UNIMINUTO Corporation Universitaria Minuto de Dios*, 64.

Kelli Herbert. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales*.

2012).

https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales

Osorio Miguel, C. W. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo Del Conocimiento*, 6(3), 228245. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>

Lozano Rivas , W. A. (Diciembre de 2012). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales

Ramalho, R. S. (2000). Pretratamientos y Tratamientos Primarios. *Chan, B. K. C.*, 6(6), 89.

14. Anexos



CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELI

CUR-ESTELI

Encuesta

Somos estudiantes de V año de Ingeniería Ambiental del Centro universitario regional CUR – Estelí y estamos elaborando nuestra investigación de seminario de graduación para optar por nuestro título de Ingeniero (a) que trata sobre Propuesta de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en los barrios Villa Cuba, Villa Sandino y Gerardo Brooks en la zona norte del municipio Estelí

El objetivo de nuestra encuesta es recopilar información real, objetiva y precisa sobre nuestro tema, para dar respuesta a nuestros objetivos propuestos en nuestra investigación.

I. Datos Generales

- a) Nombre de la persona entrevistada: _____
- b) Fecha: ____/____/____
- c) Barrio: _____
- d) Municipio: _____
- e) Edad: _____

II. Socioeconómico

1. ¿Cuál es su edad?
 - a) Menos de 18 años____
 - b) 18-30 años ____
 - c) 31-45 años____
 - d) 46-60 años____
 - e) 61 años o más ____

2. ¿Cuál es su nivel de educación?
 - a) Primaria____
 - b) Secundaria____
 - c) Universidad____
 - d) Ninguno de los anteriores____

3. ¿Cuál es su situación laboral actualmente?
 - a) Trabaja ____
 - b) No trabaja ____
 - c) Ama de casa____
 - d) Jubilado____
 - e) otro____

4. ¿Cuál es su nivel de ingreso económico mensual?
 - a) Menos de 2.000C\$____
 - b) Mas de 3.000C\$ ____
 - c) Entre 4.000C\$ y 5.000C\$____
 - d) Más de 7.000C\$ ____
 - e) Otro: ____

5. ¿Está dispuesto a pagar posibles tarifas adicionales en sus recibos de servicios para ayudar a financiar una planta de tratamiento de aguas residuales?
 - a) Si ____

- b) No ____
- c) Depende de la cantidad ____

6. ¿Cómo percibe el impacto de la planta de tratamiento en el desarrollo económico local?

- a) Muy positivo ____
- b) Positivo ____
- c) Neutral ____
- d) Negativo ____
- e) Muy negativo ____

7. ¿Qué nivel de impacto social cree que tendrá la planta en su comunidad?

- a) Muy positivo ____
- b) Positivo ____
- c) Neutral ____
- d) Negativo ____
- e) Muy negativo ____

8. ¿Considera que la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en su barrio sea una nueva oportunidad de empleo que beneficie económicamente a usted y su familia?

- a) Si ____
- b) No ____

9. ¿Existen preocupaciones que desee expresar sobre cómo esta planta podría afectar la vida diaria de los habitantes del barrio?

- a) Malos olores ____
- b) Propagación de enfermedades ____
- c) Contaminación acústica ____

III. Conciencia y percepción ambiental

10. ¿Cómo calificaría la calidad del agua potable que recibe?

- a) Excelente ____
- b) Buena ____
- c) Media ____

11. ¿Qué hacen con las aguas servidas de su hogar?

- a) Van directo al alcantarillado sanitario ____
- b) Tienen sumidero ____
- c) Circulan por el drenaje pluvial ____
- d) Ninguno de los anteriores ____

12. ¿Está familiarizado con el concepto de tratamiento de aguas residuales?

- a) Si ____
- b) No ____

13. ¿Cuál cree que será el efecto de la planta en la calidad del agua local?

- a) Mejorará significativamente ____
- b) Mejorará un poco ____
- c) No cambiará ____
- d) Empeorará ____

14. ¿Considera que es necesario implementar medidas adicionales para proteger el medio ambiente durante la construcción y operación de la planta?

- a) Sí ____
- b) No ____
- c) No estoy seguro ____

15. ¿Qué preocupaciones ambientales específicas tiene sobre el proyecto?

- a) Deforestación en el lugar____
- b) Contaminación al manto acuífero____
- c) Emisiones de gases ____
- d) Remoción de suelo____

16. ¿Qué nivel de importancia le da a las iniciativas educativas relacionadas con la conservación del agua y el uso de la planta de tratamiento?

- a) Muy importante____
- b) Poco importante____
- c) Nada importante____

Entrevista a trabajadores del sistema de tratamiento de aguas residuales, a través de este pequeño cuestionario, buscamos comprender el valioso trabajo que realizan aquí, los procesos que son llevados a cabo para tratar las aguas residuales y conocer los desafíos a los que se enfrentan en su día a día. Agradecemos su disposición para compartir su punto de vista con nosotros.

Nombre del entrevistado:

Puesto:

Fecha:

Entrevistador:

1. ¿Puede describir su trayectoria profesional y cómo llegó a trabajar en esta planta de tratamiento de aguas residuales?
2. ¿Cuánto tiempo ha trabajado en esta planta y en qué roles ha desempeñado funciones?
3. ¿Cuáles son los principales procesos de tratamiento de aguas residuales que se llevan a cabo en esta planta?
4. ¿Qué tecnologías o equipos utiliza la planta para el tratamiento de aguas?
5. ¿Ha recibido capacitación en materia de seguridad y salud ocupacional? Si es así, ¿puede describirla?
6. ¿Qué medidas se toman para minimizar el impacto ambiental de la planta?
7. ¿Como se gestionan los residuos generados durante el proceso de tratamiento?

8. ¿Como se comunica a la población de este barrio las operaciones y el impacto que tiene el STAR?
9. ¿Ha habido alguna iniciativa para involucrar a los pobladores en proyectos relacionados con el agua y su manejo sostenible?
10. ¿Como se monitorean y controlan los parámetros de la calidad del agua durante el proceso de tratamiento?
11. ¿Qué medidas se toman para asegurar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad establecidos por las autoridades?
12. ¿Existen protocolos específicos para el manejo de emergencias en caso de que se detecten contaminantes en el agua tratada?
13. ¿Cuál es el destino final del agua tratada en la planta?
14. ¿Qué procesos adicionales se aplican al agua tratada antes de su reutilización o liberación al medio ambiente?

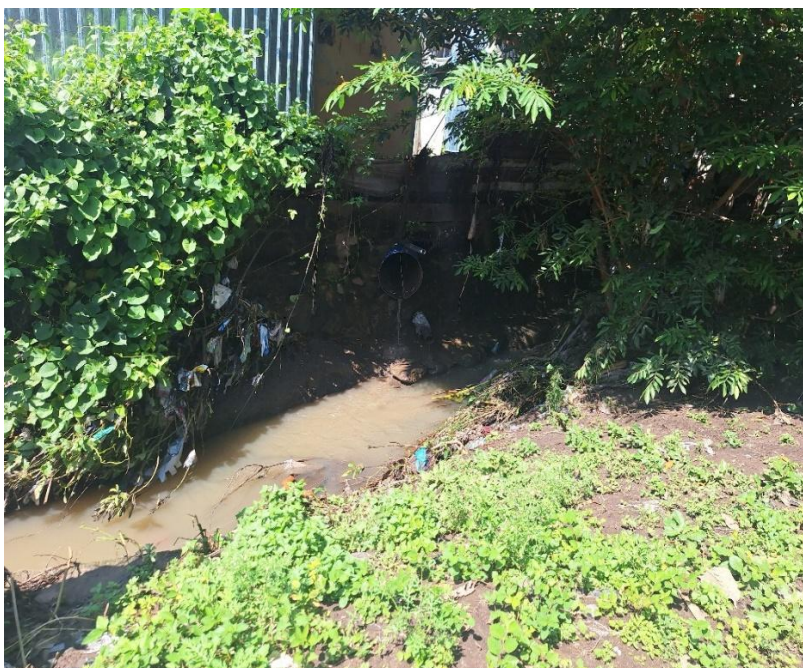


Foto tomada en la entrada del barrio Gerardo Brooks, en lo que se puede apreciar que las aguas residuales proveniente de las casas de dicho barrio son derramadas a la quebrada La Limonosa.



Barrio Villa Cuba. Aguas residuales tiradas directamente a las vías públicas.



Realización de encuestas.



Barrio Villa Cuba, estado actual de las calles por el drenaje de aguas residuales que generan

Barrio Villa Sandino





visita al sistema de aguas residuales, Estelí.











Depósito de desechos sólidos que son retirados de las rejillas que se encuentran en el canal de entrada del sistema de aguas residuales.



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



