

Facultad de Tecnología de la Construcción

“MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA AMPLIACIÓN DEL RESIDENCIAL RÍOS DE AGUA VIVA DE SABANA GRANDE, CIUDAD DE MANAGUA”

Monografía para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Róger Antonio
Aburto Quezada
Carnet: 2015-06081

Br. Jairo Alberto
Ruíz Royz
Carnet:2016-00721

Br. José Gabriel
Urbina
Carnet:2015-03021

M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

DEDICATORIA

A la memoria eterna de mi amada madre, Rosa Argentina Quezada Villanueva,

A ti, que siempre fuiste mi fuente de amor incondicional, apoyo inquebrantable y guía sabia en mi vida. Aunque ya no estés físicamente a mi lado, tu influencia y tu amor perduran en cada logro y cada paso que doy en este viaje académico.

En cada página de esta tesis, encuentro la inspiración que siempre encontré en tus palabras de aliento y tus consejos. Tú fuiste mi faro en la oscuridad y mi roca en los momentos de incertidumbre.

A mi padre, Lázaro Antonio Aburto Chavarría, le agradezco por su amor y apoyo continuo, y a mi primo, el Arquitecto Alberto Lacayo, por brindarnos la oportunidad de explorar el tema de **"MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA AMPLIACIÓN DEL RESIDENCIAL RÍOS DE AGUA VIVA DE SABANA GRANDE, CIUDAD DE MANAGUA"**. Sus experiencias y sabiduría han sido fundamentales en este viaje.

Esta tesis es un tributo a tu legado, mamá, y un reconocimiento de todo lo que hiciste por mí. Con gratitud sincera, dedico este logro y este trabajo a tu memoria.

Que este trabajo sea una representación duradera de tu amor, y que, a través de él, tu influencia positiva en mi vida brille para siempre.

Con amor y gratitud en mi corazón.

Róger Antonio Aburto Quezada

DEDICATORIA

"Dame acierto al empezar, dirección al progresar y perfección al terminar, Amén"

A Dios, fuente de toda sabiduría y guía en cada paso de mi vida, te agradezco por iluminar mi camino durante esta travesía académica. Tu gracia y amor incondicional me han dado la fuerza para superar los desafíos y alcanzar mis metas.

A María Elena Urbina Gómez, mi madre, quien ha sido mi faro en los momentos de oscuridad, mi refugio en los tiempos de incertidumbre y mi guía constante en esta travesía académica. Tu amor, sabiduría y apoyo inquebrantable han sido la inspiración detrás de mis logros. Esta tesis es un tributo a tu amor y un reconocimiento de lo que has representado en mi vida.

A mi Mimí Blanca Rosa Gómez, que ha compartido conmigo su cariño, sus risas y sus consejos. A través de ti, he encontrado alegría y apoyo, y tu energía positiva siempre ha sido contagiosa.

A mi padrastro, Elder Enrique Chávez Martínez, que ha sido un ejemplo de fortaleza y determinación. Tú has demostrado que los desafíos pueden superarse con esfuerzo y perseverancia, y tu apoyo ha sido un pilar en mi vida.

A mi padre, Oscar Gabriel García, quien, aunque no está físicamente con nosotros, su amor y apoyo incondicional siguen guiando mis pasos y alimentando mis sueños. A través de su legado, su memoria perdura y su influencia sigue marcando mi vida.

A mis hermanos, cuyo cariño y compañía han iluminado mis días. Ustedes son mi inspiración para alcanzar mis metas y hacer realidad mis sueños.

Que esta tesis sea una expresión de gratitud por su amor y apoyo inquebrantable, y un recordatorio constante de tu amor y dirección divina.

Con cariño y gratitud.

José Gabriel Urbina

DEDICATORIA

Para Jairo Alberto Ruiz Calderón, María Fátima Royz Rojas y María Jahaira Ruiz Royz, con gratitud y cariño en mi corazón:

Este logro no habría sido posible sin su apoyo inquebrantable y su inspiración constante. A través de los desafíos y las victorias, ustedes han sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar mis metas. Su amor y sabiduría me han guiado en cada paso de este viaje académico.

A Jairo, agradezco tu mentoría, paciencia y sabios consejos. Tu guía y apoyo fueron fundamentales en mi desarrollo académico, y siempre valoraré tu presencia en mi vida.

A mi querida mamá, María Fátima, le agradezco por su amor incondicional y por ser mi fuente constante de inspiración. Tu fuerza y determinación me han demostrado que los sueños se pueden alcanzar con esfuerzo y dedicación.

A mi hermana María Jahaira, cuyo amor y apoyo inquebrantable han sido un faro en mi camino, te agradezco por ser mi compañera de vida y mi fuente inagotable de ánimo.

Esta tesis es un testimonio de su influencia positiva en mi vida. Al dedicar este trabajo a los tres, reconozco la importancia de su contribución a mi educación y crecimiento. Que sea un tributo a su amor, sabiduría y apoyo constante.

Gracias por ser mi faro en este viaje. Sus nombres están grabados en cada palabra y cada logro de esta tesis.

Con profunda gratitud, les dedico este logro y este trabajo.

Jairo Alberto Ruíz Royz

AGRADECIMIENTO

Para el M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González:

Este logro que hoy presentamos es el fruto de horas de trabajo arduo, dedicación y aprendizaje. Pero detrás de cada paso, de cada desafío y de cada logro, encontramos una brújula constante en nuestro camino: su guía, apoyo y sabiduría.

Nuestra tesis sobre **“MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA AMPLIACIÓN DEL RESIDENCIAL RÍOS DE AGUA VIVA DE SABANA GRANDE, CIUDAD DE MANAGUA”**, no sería lo que es hoy sin su presencia en nuestras vidas. Su pasión por la ingeniería, su compromiso con nuestros proyectos y su dedicación a nuestro crecimiento académico nos han inspirado y motivado de formas que no pueden expresarse completamente con palabras.

Sus enseñanzas no solo abarcan la ingeniería, sino también la ética, el compromiso y la determinación. Ha sido más que un tutor; ha sido un mentor, un modelo a seguir y un amigo. Cada pregunta que respondió, cada consejo que compartió y cada dirección que nos brindó han sido un faro de luz en nuestro camino.

Esta tesis es un tributo a Usted, un reconocimiento de la profunda influencia que ha tenido en nuestras vidas y en nuestros corazones. En este trabajo, encontramos no solo el resultado de meses de investigación, sino también la manifestación de su guía y apoyo continuo.

Esperamos que esta tesis refleje el respeto, la gratitud y el cariño que sentimos por Usted. Es parte integral de este logro, y por eso le dedicamos cada palabra y cada descubrimiento.

Con todo nuestro respeto y cariño.

José Gabriel Urbina
Róger Aburto Quezada
Jairo Alberto Ruiz Royz

AGRADECIMIENTO

En representación de nuestro equipo, deseamos expresar nuestra sincera gratitud al Arquitecto Alberto Lacayo y a la empresa Inversiones S.A. por la invaluable oportunidad que nos brindaron y la confianza que depositaron en nosotros al confiarnos el tema de **“MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA AMPLIACIÓN DEL RESIDENCIAL RÍOS DE AGUA VIVA DE SABANA GRANDE, CIUDAD DE MANAGUA.”** Su apoyo y orientación han sido esenciales para el éxito de nuestra investigación y para desarrollar soluciones efectivas en este proyecto de gran importancia. Estamos profundamente agradecidos por su colaboración constante y su fe en nuestras capacidades. Esperamos poder continuar contando con su experiencia y liderazgo en futuras colaboraciones. Su generosidad y confianza nos motivan a esforzarnos en pro de un futuro más prometedor y sostenible.

Una vez más, agradecemos su contribución significativa a este proyecto y su apoyo continuo.

Róger Aburto Quezada
Jairo Alberto Ruiz Royz
José Gabriel Urbina

RESUMEN DEL TEMA

El proyecto "Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual para la Ampliación del Residencial 'Ríos de Agua Viva' en Sabana Grande, Ciudad de Managua" se centra en abordar el desafío del tratamiento de aguas residuales en Nicaragua. Dado el derecho constitucional de los nicaragüenses al acceso al agua potable y saneamiento, este proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las prioridades del Gobierno de Nicaragua.

El proyecto se enfoca en la ampliación de una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) para acomodar la creciente población del residencial "Ríos de Agua Viva". La PTAR original fue diseñada para 140 viviendas y 840 habitantes, pero en la actualidad, aproximadamente 180 viviendas (alrededor de 1,080 habitantes) están conectadas al sistema, lo que exige una actualización.

Se realizaron a cabo estudios de campo, mediciones de caudal y análisis de datos existentes para evaluar el funcionamiento de la planta y determinar si se requerían mejoras. Se calculó el caudal de diseño y se estimó el caudal de infiltración, que representa el agua que se infiltra en el sistema de alcantarillado debido a diversas fuentes. Estos datos son cruciales para comprender si la PTAR opera dentro de su capacidad diseñada y para planificar las expansiones necesarias.

El proyecto busca no solo cumplir con los requisitos legales sino también mejorar la calidad de vida de los residentes y promover un entorno más saludable y sostenible. Esto se logrará a través del aumento de la capacidad de recolección, transporte, evacuación, tratamiento y disposición de las aguas residuales, garantizando que se cumplan los estándares y regulaciones nacionales.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances:

Este proyecto se enfoca en la mejora de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Residencial Ríos de Agua Viva en Sabana Grande, Managua, Nicaragua. Las actividades incluyen la evaluación de los procesos existentes, el cálculo del caudal de aguas residuales con la expansión del residencial, la evaluación de las dimensiones de las unidades de tratamiento, el rediseño de las unidades para adaptarse a la ampliación, la creación de planos constructivos en AutoCAD y la estimación del presupuesto.

Limitaciones:

El proyecto se encuentra limitado a esta ubicación específica y sus soluciones pueden no ser aplicables en otros lugares. Las estimaciones presupuestarias pueden verse afectadas por fluctuaciones de costos. La disponibilidad de recursos, la calidad de los datos y la falta de consideración de factores no técnicos son restricciones que deben tenerse en cuenta durante la ejecución del proyecto.

ÍNDICE

I. GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
II. MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	5
2.1. Macro localización	5
2.2. Micro localización	6
III. MARCO TEÓRICO	7
3.1. Aguas residuales	7
3.1.1. Origen de las aguas residuales	7
3.2. Características de las aguas residuales	8
3.2.2. Características químicas.....	11
3.2.3. Características biológicas	11
3.3. Caudales de diseño.....	12
3.3.1. Gasto medio	12
3.3.2. Gasto comercial e industrial.....	12
3.3.3. Gasto de diseño.....	12
3.4. Procesos de las plantas de tratamiento de las aguas residuales	12
3.4.1. Pretratamiento o tratamiento preliminar.....	13
3.4.2. Tratamiento primario.....	14
3.4.3. Tratamiento secundario	14
3.4.4. Tratamiento terciario	14
3.5. Costo y presupuesto	15
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	16
4.1. Descripción del tipo de investigación	16
4.2. Procedimiento	16
4.2.1. Primera etapa	16
4.2.2. Segunda etapa	17
4.2.3. Tercera etapa	19
4.2.4. Cuarta etapa	19
4.2.5. Quinta etapa	20

4.3. Determinación del Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	20
4.4. Determinación de las eficiencias en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR).....	21
4.5. Elementos del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	21
4.5.1. Criterios de diseño del sistema de tratamiento preliminar	21
4.5.2. Tratamiento biológico.....	25
V. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	31
5.1. Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales(PTAR)	31
5.1.1. Caudal teórico.....	31
5.2. Flujograma del proceso	36
5.3. Tratamiento preliminar.....	37
5.4. Tratamiento biológico	39
5.4.1. Capacidad excedida y líquido sobrenadante:	40
5.5. Tratamiento terciario.....	41
5.6. Tratamiento complementario	43
5.7. Evaluación de la eficiencia de la planta existente	44
5.8 Propuesta para la ampliación y mejora de la planta de tratamiento.	46
5.8.1. Población de diseño reajustada	46
5.8.2. Tratamiento preliminar	47
5.8.3. Tratamiento biológico.....	55
VI. PRESUPUESTO	63
CONCLUSIONES	65
ANEXO A-1.....	67
8.1. Objetivos del Manual de Operación y Mantenimiento	67
8.1.1. Objetivo General	67
8.1.2. Objetivos específicos	67
8.2. Introducción.....	67
8.3. Tanque séptico	69
8.3.1. Función	69
8.3.2. Funcionamiento	69
8.3.3. Operación y control.....	70
8.4. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)	74
8.4.1. Consideraciones de diseño.....	76
8.4.2. Aspecto de salud y aceptación	76
8.4.3. Operación y mantenimiento	76
8.5.1. Extracción y transporte de lodos.....	77
8.5.2. Extracción	78
8.6. Herramienta y frecuencia de uso.....	79

8.6.1. Herramientas	79
9. A-2. Especificaciones técnicas	80
9.1. Generalidades	81
9.1.1. Condiciones generales	81
9.1.2. Superintendencia	83
9.1.3. Autoridad del supervisor	83
9.1.4. Seguridad	84
9.2. Notas generales a las especificaciones técnicas	84
9.2.1. Interpretación de planos	84
9.2.2. Protección y reemplazo de estructuras.....	84
9.3.3. Protección de la propiedad pública y privada	85
9.3.4. Facilidades para el tránsito de vehículos y peatones.....	85
9.5.5. Barricadas, avisos preventivos y luces	86
9.3. Especificaciones técnicas generales ambientales.....	89
9.4. Especificaciones técnicas ambientales generales para el proyecto.	89
9.4.1. Disposición de materiales y residuos.....	89
9.4.2. Apertura de zanjas.....	91
9.5. Especificaciones técnicas específicas	93
9.6. Planos del proyecto, se indican a continuación	93
9.7. Materiales, equipos y suministros	93
9.8. Especificaciones técnicas para la planta de tratamiento de aguas residuales y disposición final	94
9.8.2. Especificaciones particulares.....	94
9.8.3. Alcances generales.....	95
9.8.4. Especificaciones técnicas de materiales.....	97
9.8.5. Especificaciones técnicas en la construcción	100
9.10. Construcción de estructuras de concreto reforzado	107
9.10.1. Alcances generales.....	107
9.11. Encofrados y formaletas de concreto	111
ANEXOS	119
Análisis y resultados de los ensayos de Aguas Residuales en la Urbanización Ríos de Agua Viva - Año 2022	123
RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	129

I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Es derecho de cada nicaragüense el acceso a una dotación de agua segura según la constitución política. Debido a este derecho es que se debe implementar medidas para facilitar el abastecimiento de cada zona urbana en Nicaragua, pero también en las zonas rurales, que la población tenga servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento; lamentablemente en Nicaragua el asunto “agua” y el tratamiento de aguas residuales sigue siendo una gran amenaza para nuestros habitantes.

El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN), ha establecido como una de sus prioridades, garantizar la restitución de Derechos Humanos Fundamentales como lo son el acceso al Agua Potable y de Saneamiento, en correspondencia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 6.

El éxito de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se basa en gran medida en procesos efectivos de monitoreo, revisión y seguimiento. Los indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son la base de este nuevo marco global para la responsabilidad mutua.

El proyecto propuesto se enfoca en la ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Residencial Ríos Agua Viva en Sabana Grande, ciudad de Managua. Este estudio tiene como propósito presentar propuestas concretas para el mejoramiento integral de esta planta de tratamiento.

Con esta ampliación, se busca mejorar la capacidad de recolección, transporte, evacuación, tratamiento y disposición de las aguas residuales de la zona, en línea con los estándares del Decreto N° 21-2017 de Nicaragua. El objetivo último es elevar la calidad de vida de los residentes y salvaguardar el entorno local, promoviendo un ambiente más saludable y sostenible.

1.2. ANTECEDENTES

Los niveles de acceso a servicios mejorados en abastecimientos de agua y saneamiento en Nicaragua son bajos en comparación con los estándares regionales, representando en el año 2005 el 76.7% y el 84.6%. Sin embargo, desde 1990 se han logrado avances significativos en las zonas rurales, generados a partir de una base limitada. En las zonas rurales el acceso a servicios mejorados de abastecimiento de agua ha aumentado significativamente de 46% en 1990 a 63% en el 2004, mientras que el acceso a servicios mejorados de saneamiento incrementó de 24% en 1990 a 34% en el 2004.

En el 2007 se aprobó la Ley General de Aguas Nacionales; este hecho llevó a la creación del Comité Nacional de los Recursos Hídricos, que aprueba las políticas generales del sector y supervisa a la Autoridad Nacional del Agua, creada recientemente, que está a cargo de planificar, administrar y controlar el uso de los recursos hídricos en todo el país. (Normas Jurídicas de Nicaragua, 2005).

La Planta de Tratamiento de Agua Residual Doméstica del Residencial "Ríos de Agua Viva" cumple con la legislación vigente del país, pero con la ampliación del residencial a 1,440 personas aproximadamente, esta se debe de adecuar para mantener la planta funcionando adecuadamente y que cumpla con lo especificado.

El Residencial "Ríos de Agua Viva" alberga a una comunidad en crecimiento y se encuentra sujeto a un aumento constante en la producción de aguas residuales domésticas. La Planta de Tratamiento de Agua Residual actual, aunque ha servido valientemente a la comunidad, se encuentra limitada en su capacidad para cumplir plenamente con los requisitos establecidos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El acceso al agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, sin embargo, miles de millones de personas siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales, garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Más del 80% de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierte en los ríos o en el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación.

La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y este valor podría aumentar y empeorar sino se tratan las aguas residuales previo a su vertido en fuentes de agua. El agua potable facilita la práctica de la higiene que es una medida clave para prevenir no solo enfermedades diarreicas, sino también infecciones respiratorias agudas y numerosas enfermedades tropicales como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis.

En Nicaragua existe el Decreto N° 21-2017 “reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de las aguas residuales”, trata acerca de la captación, rangos permisibles de las aguas residuales, tratamiento y descargues a cuerpos receptores en los cuales presentan una serie de valores que deben cumplirse antes del vertidos de estas (Normas Jurídicas de Nicaragua, 2017)

La presente justificación tiene como objetivo respaldar la necesidad crítica de llevar a cabo una ampliación y mejora significativa de la Planta de Tratamiento de Agua Residual en el Residencial "Ríos de Agua Viva" en Sabana Grande, ciudad de Managua. Esta propuesta de mejora es esencial para cumplir con las disposiciones.

Esta ampliación de la planta de tratamiento ayudará a que más familias puedan tener acceso a una infraestructura de descargue de sus Aguas Residuales, así evitando diferentes posibles enfermedades y contaminación del medio ambiente ya que la planta podrá procesar mayor cantidad de agua residual.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Aumentar la capacidad de la planta de tratamiento de agua residuales del Residencial Ríos de Agua Viva en Sabana Grande de la ciudad de Managua, Departamento de Managua.

1.4.2. Objetivos específicos

- 1) Identificar los procesos que tiene actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- 2) Calcular el caudal que llegará a la planta de tratamiento con la ampliación del residencial “Ríos de Agua Viva”.
- 3) Evaluar hidráulicamente las dimensiones de cada una de las unidades que forman la planta de tratamiento de agua residual.
- 4) Rediseñar las unidades de tratamiento ajustándola a la ampliación del residencial.
- 5) Elaborar los planos constructivos en Auto CAD de la ampliación.
- 6) Realizar el presupuesto de las obras de la ampliación.

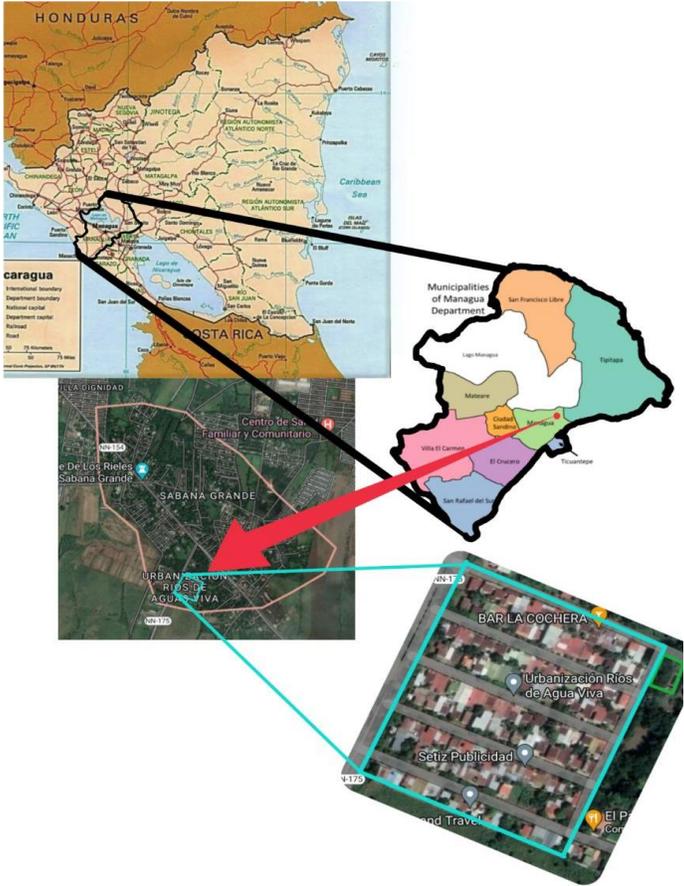
II. MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

2.1. Macro localización

El proyecto de Ampliación del Residencial Ríos de Agua Viva se encuentra estratégicamente ubicado en la zona de Sabana Grande, dentro de la ciudad de Managua, la capital de la República de Nicaragua. Las coordenadas geográficas de su ubicación central son aproximadamente Latitud: 12.1213 y Longitud: -86.1682. Esta posición sitúa al proyecto en el Departamento de Managua, una de las áreas de mayor importancia económica y demográfica del país. Ver figura N° 1.

La elección de esta macro localización es significativa debido a su accesibilidad y proximidad a importantes infraestructuras y servicios urbanos. El proyecto se enmarca dentro del Distrito VI de Managua, contribuyendo al desarrollo sostenible de esta región.

Figura N° 1: Macro localización del proyecto



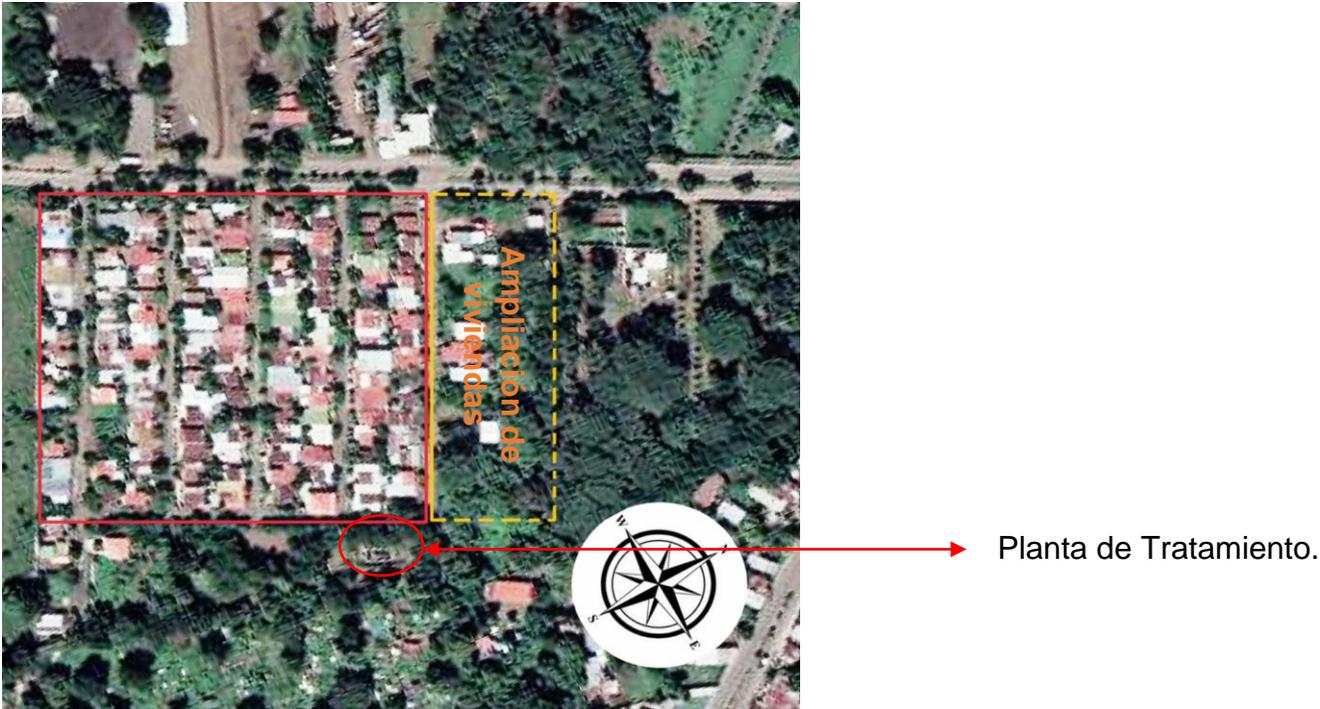
2.2. Micro localización

Dentro del macro contexto de Sabana Grande, el proyecto se localiza específicamente en el Sector N°32, Sabana Grande. Este sector se caracteriza por su comunidad vibrante y cuenta con una población estimada de 3,260 habitantes, que se distribuyen en un barrio y dos comunidades adyacentes. La proximidad a otros sectores residenciales y la interacción comunitaria promueven un ambiente propicio para el desarrollo de esta iniciativa de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales. Ver figura N° 2.

Un dato relevante es que el proyecto se encuentra a una distancia de aproximadamente 4 kilómetros del Cementerio Jardines de la Sabana, lo que refuerza su importancia estratégica en la gestión de aguas residuales para esta zona densamente poblada.

La elección de esta micro localización se basa en la necesidad de mejorar el tratamiento de aguas residuales en una comunidad que experimenta un rápido crecimiento demográfico, lo que hace que el proyecto sea esencial para el bienestar de sus habitantes y la preservación del entorno local.

Figura N°. 2: Micro localización de la PTAR actual



III. MARCO TEÓRICO

3.1. Aguas residuales

Según la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) 05 027-05, las aguas residuales se definen como todas aquellas aguas procedentes de actividades domésticas, comerciales, industriales y agropecuarias que presenten características físicas, químicas o biológicas que causen daño a la calidad del agua, el suelo, la biota y la salud humana. (Normas Jurídicas de Nicaragua, 2005).

Esta definición establece claramente que las aguas residuales no se limitan únicamente a las provenientes de actividades domésticas, sino que también incluyen las de origen comercial, industrial y agropecuario. Es importante destacar que estas aguas residuales pueden contener una variedad de contaminantes que pueden tener un impacto negativo en la calidad del agua, el suelo, la vida silvestre y, en última instancia, en la salud de las personas.

El tratamiento adecuado de las aguas residuales es esencial para eliminar o reducir significativamente estos contaminantes, mitigar su impacto ambiental y proteger la salud pública. Por lo tanto, la gestión efectiva de las aguas residuales se ha convertido en una prioridad tanto a nivel nacional como internacional, con el objetivo de garantizar un entorno más limpio y saludable para las generaciones presentes y futuras.

3.1.1. Origen de las aguas residuales

Se llaman aguas residuales domésticas a los líquidos conducidos por las alcantarillas, originadas en los elementos sanitarios y que han sido usados para fines domésticos e higiene personal, incluyendo las aguas que han sido contaminadas por excretas humanas. La determinación de la cantidad de aguas residuales a eliminar de una comunidad es fundamental para el proyecto de instalación, de recolección bombeo, tratamiento y evacuación.

Esta categoría de aguas residuales incluye las provenientes de:

- 1) Uso doméstico:** Aquí se engloban las aguas resultantes del uso cotidiano en los hogares, como el agua de lavado de platos, ropa, baño y duchas, así como el agua utilizada en la limpieza general de la vivienda.

- 2) **Higiene personal:** Las aguas residuales también provienen de actividades relacionadas con la higiene personal, como el lavado de manos, el cepillado de dientes y otras actividades de cuidado personal.
- 3) **Eliminación de excretas humanas:** Un componente crítico de las aguas residuales domésticas es la eliminación de excretas humanas, que incluye las aguas usadas en inodoros y sistemas de alcantarillado sanitario.

La determinación precisa de la cantidad de aguas residuales a eliminar de una comunidad es esencial en la planificación de proyectos que involucran la instalación, recolección, bombeo, tratamiento y evacuación de aguas residuales. Esta información sirve como base para el diseño de sistemas de gestión de aguas residuales eficientes que cumplen con los estándares de calidad y protegen tanto el medio ambiente como la salud pública.

La correcta gestión de las aguas residuales domésticas es crucial para prevenir la contaminación de cuerpos de agua, proteger la salud de la población y mantener un entorno limpio y saludable. Por lo tanto, la recolección, el tratamiento y la disposición adecuada de estas aguas son aspectos fundamentales en la planificación y desarrollo de proyectos de saneamiento.

3.2. Características de las aguas residuales

3.2.1. Características físicas

Las aguas residuales presentan una serie de características físicas que desempeñan un papel fundamental en su tratamiento y gestión adecuados. Entre las características físicas más destacadas se incluyen:

- **Sólidos suspendidos:** Son aquellos que son visibles y flotan en las aguas residuales entre superficie y fondo. Pueden ser removidos por medios físicos o mecánicas a través de proceso de filtración o de sedimentación. Se incluyen en esta clasificación las grandes partículas que flotan, tales como: arcilla, sólidos fecales, restos de papel, madera en descomposición, partículas de comidas y basura de los cuales un 70% son orgánicos y un 30 % inorgánicos (R.S.Ramalho, 2007).

La caracterización y cuantificación de los sólidos suspendidos son pasos fundamentales en la evaluación y diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales, ya que permiten determinar la capacidad requerida para eliminar estos

contaminantes y garantizar que el efluente tratado cumpla con los estándares de calidad ambiental.

- **Sólidos suspendidos sedimentables:** Son los que por tamaño y peso pueden sedimentar al lapso de una hora en un cono Imhoff, siendo en un promedio de 75% orgánicos y un 25% inorgánico. (R.S.Ramalho, 2007).

Los sólidos suspendidos sedimentables pueden dividirse en dos categorías principales:

- 1) **Orgánicos:** Aproximadamente el 75% de los sólidos suspendidos sedimentables son de origen orgánico. Estos sólidos incluyen materia orgánica en descomposición, partículas de alimentos, restos de plantas y otros materiales biodegradables.
- 2) **Inorgánicos:** El restante 25% de los sólidos suspendidos sedimentables son de naturaleza inorgánica. Estos pueden incluir partículas inorgánicas, como arena, sedimentos minerales y otros materiales no biodegradables.

La capacidad de los sólidos suspendidos sedimentables para sedimentar rápidamente es una característica clave que se utiliza en el proceso de tratamiento de aguas residuales. La separación de estos sólidos del agua es fundamental para reducir la carga de contaminantes en el efluente tratado y prevenir obstrucciones en los sistemas de alcantarillado y en las instalaciones de tratamiento.

La medición y control de los sólidos suspendidos sedimentables son aspectos esenciales en la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Estos sólidos pueden ser evaluados mediante pruebas estándar, como el ensayo en el cono Imhoff, que permite determinar la cantidad de sólidos sedimentables presentes en una muestra de agua residual.

La gestión adecuada de los sólidos suspendidos sedimentables contribuye significativamente a la eficiencia y la calidad del tratamiento de aguas residuales, promoviendo la protección del medio ambiente y la salud pública.

- **Sólidos suspendidos coloidales:** Consisten en limo fino, bacterias partículas causantes de color, virus etc. los cuales no sedimentan si no después de periodos altamente razonables y su efecto global se traduce en el color y la turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación. (R.S.Ramalho, 2007).

- **Sólidos disueltos:** Es la denominación que reciben todos los sólidos que quedan retenidos en un proceso de filtración fina. En general, los sólidos disueltos son en un 40% orgánicos y un 60% inorgánicos. (R.S.Ramalho, 2007).
- **Sólidos totales:** Se incluyen todos los sólidos existentes en las aguas residuales y que en promedio son un 50% orgánico. Es precisamente esta unidad orgánica de los sólidos presentes en las aguas residuales la que es sujeto de degradación y se constituye como requisito para una planta de tratamiento de aguas residuales. La razón del interés de este constituyente es la formación depósitos de lodos y condiciones anaerobias. (R.S.Ramalho, 2007).
- **Color:** El color es un indicativo de la edad de las aguas residuales. El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce y el color cambia a negro. (R.S.Ramalho, 2007).
- **Temperatura:** La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua de abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. Afecta directamente a las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para otros fines. Por ejemplo, el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que en la fría. Además, un cambio repentino de temperaturas puede dar como resultado un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática. (R.S.Ramalho, 2007).
- **Olor:** Normalmente, los olores son debidos a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica.

El agua residual reciente tiene un olor peculiar algo desagradable, pero más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el del sulfuro de hidrogeno producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos. (R.S.Ramalho, 2007).

3.2.2. Características químicas

- **Materia orgánica:** En un agua residual de concentración media, un 75% de los sólidos suspendidos y un 40% de los sólidos filtrables son de naturaleza orgánica procedente de los reinos animal y vegetal y de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados generalmente por una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno y, en algunos casos, nitrógeno. Además, otros elementos importantes que pueden estar presentes son el azufre, el fósforo y el hierro. (INDUANALISIS, 2014).
- **pH (Potencial de Hidrogeno):** El pH es una medida de acidez o alcalinidad que indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una solución o sustancia. (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2014, s.f.).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):** La DBO₅ es una medida de la cantidad de oxígeno utilizados por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias, en un periodo de 5 días y a 20°C. (INDUANALISIS, 2014).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La DQO es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico e inorgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. (INDUANALISIS, 2014).

3.2.3. Características biológicas

- **Algas:** Existen en formas unicelulares, pluricelulares, móviles o inmóviles; no fijan nitrógeno atmosférico, pero lo requieren para sus procesos metabólicos, especialmente en forma inorgánica. La presencia de las algas en niveles adecuados asegura el funcionamiento de la fase aerobia de las lagunas. Cuando se pierde el equilibrio ecológico, se corre con el riesgo de producir el predominio de la fase anaerobia, que trae como consecuencia una reducción de la eficiencia del sistema. (Instituto de Tecnología del Agua, 2018).
- **Virus:** Proceden de la excreción, por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. Poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias reducidas, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales. Se pueden encontrar virus pertenecientes a

distintos grupos: Poliovirus, virus Echo, Coxsackievirus A y E, virus de la hepatitis, agente de Norwalk, Rotavirus, Reovirus, Adenovirus y Parvovirus. (Instituto de Tecnología del Agua, 2018).

- **Bacterias:** Organismo unicelular y procariota perteneciente al reino monera, Su aspecto externo es variado, Puede poseer una forma esférica (coco), alargado (bacilo) o helicoidal. Y aunque se pueden encontrar aisladas, cuando las condiciones son favorables se multiplican asexualmente por bipartición y generan colonias. La estructura celular consta de una membrana lipídica en cuyo citoplasma abundan los ribosomas. Las bacterias carecen de membrana nuclear, por lo que el material genético se halla esparcido por toda la célula; este consta de un único cromosoma circular y, a veces, existe un segundo anillo muy reducido denominado “plásmido”. (Instituto de Tecnología del Agua, 2018).

3.3. Caudales de diseño

3.3.1. Gasto medio

La cantidad de aguas negras generalmente se considera un 80% de la dotación del consumo de agua potable, debido a que gran parte del agua se pierde por riego de jardines, agua consumida, pérdida por proceso periódicos en tuberías, etc.

3.3.2. Gasto comercial e industrial

Los de mayor aporte a esta agua son comercios e instituciones públicas. En el presente estudio, esta será considerada como parte del gasto doméstico.

3.3.3. Gasto de diseño

Es la sumatoria de los caudales de aguas residuales de los diferentes usos (doméstico, industrial, institucional, etc.).

Si el área a servir tiene más de uno de los usos señalados con anterioridad, los caudales de aguas residuales se estimarán como la suma de las contribuciones parciales por uso.

3.4. Procesos de las plantas de tratamiento de las aguas residuales

Normalmente se distribuyen en cuatro etapas:

- 1) Tratamiento preliminar o pretratamiento
- 2) Tratamiento primario
- 3) Tratamiento secundario y terciario

3.4.1. Pretratamiento o tratamiento preliminar

Es el destinado a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente, sin perjudicar los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento tales como grandes variaciones de caudal y la presencia de materiales flotantes como aceites, grasas y otros. (Normas Jurídicas de Nicaragua, 2005)

Las unidades que componen el tratamiento preliminar están destinadas a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos orgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas.

Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento como grandes variaciones de caudal u obstrucciones a los equipos mecánicos y tuberías. Las unidades comúnmente usadas son:

- **Canal de rejas:** En general, las rejillas son dispositivos formados por barras metálicas paralelas del mismo espesor e igual espaciamiento. Sirven para:
 - a) Proteger las bombas, registros, tuberías, piezas especiales, etc., de taponamientos y abrasión.
 - b) Evitar la acumulación de basura en las lagunas.
- **Desarenador:** Los desarenadores son tanques que remueve tierra, arena y piedras pequeñas después de las rejillas, también se considera un tratamiento primario. Es muy importante quitar estos materiales antes de que entren a la planta, porque reducirán el volumen activo del sistema al irse acumulando evitando así la decantación de arena en las lagunas primarias cerca de la entrada.

Protegen al equipo mecánico de la abrasión y el desgaste; reduce la obstrucción de los conductos causada por la deposición de partículas en las tuberías o canales generalmente en los cambios de dirección y reducen la acumulación de material inerte en los estanques, lo que da lugar a pérdidas en el volumen.
- **Medidor de caudal:** En cualquier sistema de tratamiento es muy importante conocer el flujo que entra. En las lagunas, los dispositivos más empleados son los vertedores y los canales Parshall que no requieren equipo electromecánico y que son de fácil mantenimiento y operación.

3.4.2. Tratamiento primario

El objetivo de esta etapa es eliminar una porción de los sólidos suspendidos. Para ello, el agua queda retenida durante 1 a 2 horas en decantadores para que la gravedad ayude a separar esas partículas. Otros beneficios de este proceso son la homogeneización de caudal y la eliminación de materia orgánica asociada a los sólidos suspendidos. También es posible añadir sustancias químicas durante este proceso, como coagulantes y floculantes, para mejorar la sedimentación de los sólidos y eliminar fósforo.

En determinados casos se suelen emplear sustancias básicas o ácidas para neutralizar el pH del agua. (AGUAS RESIDUALES.INFO, 2023, s.f.).

3.4.3. Tratamiento secundario

Este proceso tiene como objetivo la eliminación de la materia orgánica del agua, así como de nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo.

Tratamiento de aguas residuales mediante un proceso físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la materia orgánica de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos en un 50%. (Normas Jurídicas de Nicaragua, 2005).

En el tratamiento secundario, un tratamiento principalmente biológico, se suele emplear la ayuda de bacterias y microorganismos para degradar y eliminar la materia orgánica y los diferentes nutrientes que contiene el agua. El tratamiento más extendido es el de los fangos activados, donde el agua a tratar pasa varios días en un tanque, en condiciones variables de oxígeno (condiciones aerobias, anóxicas y anaerobias) según los requisitos de eliminación requeridos.

Aquí los diferentes tipos de bacterias que habitan en el tanque o reactor se alimentan de la materia orgánica y los nutrientes que contiene el agua, retirándolos de estas y pasando al interior de sus organismos. (AGUAS RESIDUALES.INFO, 2023, s.f.).

3.4.4. Tratamiento terciario

Durante el tratamiento terciario o químico se busca aumentar la calidad final del agua para poder devolverla al medio ambiente (mar, ríos, lagos y demás cuencas hidrográficas) y, en algunos casos, emplearla para la actividad humana. Para ello, se realizan una serie de

procesos con el objetivo principal de eliminar agentes patógenos, como bacterias fecales. (AGUAS RESIDUALES.INFO, 2023, s.f.).

3.5. Costo y presupuesto

Dentro del ámbito de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, el control presupuestario de las obras presenta particularidades específicas, debido a las características únicas de este tipo de proyectos. Estos proyectos involucran una serie de procesos y operaciones extensas, donde cada una de ellas implica métodos de construcción diferentes, el uso de equipos y maquinaria variada, y una diversidad de mano de obra que incluye profesionales, obreros calificados y obreros no calificados, cuyos costos son variables y pueden ser difíciles de controlar.

Cada proyecto de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales es único y requiere un estudio detallado y un análisis exhaustivo desde diversos puntos de vista, que incluyen:

- 1) Normativas específicas institucionales
- 2) Métodos constructivos a utilizar
- 3) Disponibilidad de recursos financieros
- 4) Disponibilidad de materiales y mano de obra
- 5) Modalidad de contratación
- 6) Fluctuaciones en el mercado
- 7) Tiempos de ejecución
- 8) Pliego de bases del concurso
- 9) Ajuste de precios

El proceso de presupuestario implica el análisis detallado del costo de cada elemento que interviene en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales. El presupuesto es una estimación del precio de la obra en circunstancias específicas, por lo que es un valor aproximado y no preciso. Cada precio o costo unitario se compone de costos directos e indirectos, y representa el costo de cada concepto de obra.

El control efectivo del costo y presupuesto es esencial para asegurar que el proyecto se desarrolle dentro de los límites financieros establecidos y garantizar que se alcancen los objetivos de la planta de tratamiento de aguas residuales de manera eficiente. (Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal - (INIFOM))

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación, se describe la metodología empleada para el desarrollo de la investigación, señalando la estrecha relación que existe entre las actividades concernientes a los estudios básicos de ingeniería, los cuales se deberán realizar antes de iniciar las actividades propiamente de diseño.

Esta consiste en la recopilación de todos los estudios básicos ya existentes y realizados por Instituciones Nacionales.

4.1. Descripción del tipo de investigación

- **Según su enfoque:**

La información de este documento se basa en una investigación cuantitativa que consiste en recolectar y analizar datos numéricos e información objetiva, por lo tanto, esta no será una investigación experimental, ya que se utilizará toda la información encontrada de dicha planta.

- **Según el alcance:**

Nuestra investigación se clasifica como aplicada, ya que su principal objetivo se centra en la resolución práctica de problemas, tanto a corto como a mediano plazo. Buscamos aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones reales y concretas, contribuyendo así a la mejora y eficiencia de la planta.

4.2. Procedimiento

4.2.1. Primera etapa

En esta primera etapa, llevamos a cabo un proceso de recopilación exhaustiva de documentación relacionada con nuestra investigación. Este paso es fundamental para adquirir un conocimiento previo sólido y una perspectiva más clara sobre el tema en cuestión. La recopilación de documentos nos permitió familiarizarnos con conceptos, terminología, parámetros y antecedentes relevantes.

Además, realizamos una visita de campo a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en cuestión. Durante esta visita, pudimos verificar las condiciones físicas actuales

de la planta, evaluando su infraestructura y funcionamiento. También observamos y registramos detalles sobre las condiciones de los alrededores de la planta.

Para enriquecer nuestra investigación, mantuvimos conversaciones con los operadores de la PTAR, quienes proporcionaron datos cualitativos valiosos y sus perspectivas sobre el funcionamiento de la planta y los desafíos que enfrenta.

Esta primera etapa sienta las bases para una comprensión profunda y completa del contexto de nuestra investigación, lo que a su vez fortalece la calidad y la credibilidad de nuestros hallazgos.

- **Herramientas de recolección de datos:**

Con el fin de encontrar los diferentes problemas que se presentan en la PTAR y las posibles soluciones a ellos, se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

1. Visita de campo a la PTAR
2. Diagnóstico del funcionamiento y operación de la PTAR con respecto a las “norma técnica obligatoria nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reúso.”

4.2.2. Segunda etapa

- **Medición de caudal:**

Para medir el caudal se tomó lectura de las alturas del agua (tirante) en un canal rectangular calculando el tiempo de recorrido del agua y multiplicándolo por la altura de agua existente en ese preciso momento por su factor de forma. La ecuación para la determinación del caudal del afluente es:

Ecuación de cálculo del caudal en canal rectangular

Caudal

$$Q = \frac{v}{A} = v \times \frac{\pi d^2}{2}$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s)

v: Velocidad (m/s)

d: Diámetro de la tubería (m)

Para determinar el caudal de diseño esperado en nuestro proyecto, se sigue las pautas establecidas en la Norma Técnica N° NTON 09 007-19. Estas normas proporcionan una dotación estándar en función del número de personas involucradas en el proceso. A continuación, se muestra una tabla que resume la dotación tomada de las normas. (Autoridad Nacional del Agua, 2021).

Tabla N°. 1: Dotaciones de agua para desarrollos habitacionales

Clasificación por densidad	Dotación	Área del lote habitacional
	l/p-d	l/p-d m ²
Zonas urbanas de alta densidad	150	150 - 250
Zonas urbanas de máxima densidad y de actividades mixtas	170	150 - 250
Zonas urbanas de densidad intermedia	300	251 - 499
Zonas urbanas de media densidad	380	500 - 700
Zonas urbanas de densidad intermedia	490	701 - 1000
Zonas urbanas de baja densidad	570	Más de 1000

Fuente: Normas Jurídicas de Nicaragua, Ley General de Agua Potable y Saneamiento (Ley N° 620)

- **Caudal medio (Q_m):**

El caudal medio de agua residual se obtiene como el producto de la dotación de agua potable por el número de usuarios, afectado por el factor de retorno que es 0.8 según las normativas nacionales.

Este caudal se utiliza para el diseño hidráulico de los sistemas de tratamiento de aguas residuales primario, secundario y terciario. Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} \times N^{\circ} \text{ habitantes} \times \text{Factor de retorno}}{86400 \text{ s/d}}$$

El resultado de esta ecuación nos proporciona el caudal medio de agua residual, que es esencial para dimensionar adecuadamente los componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales y garantizar su funcionamiento eficiente.

- **Caudal máximo (Q_{máx}):**

El caudal máximo de aguas residuales es el producto del caudal medio por el factor de Harmon. Este factor debe estar entre 1.8 y 3.0 según legislación vigente. Este caudal se utiliza para el análisis hidráulico de las unidades del sistema de tratamiento primario de una planta de agua residual. Para su cálculo se usa la siguiente ecuación:

$$Q_{máx} = FH \times Q_m$$

Factor de Harmon

$$FH = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$$

Datos:

p: Población en miles

El caudal máximo es esencial para evaluar la capacidad y eficiencia del sistema de tratamiento primario en una planta de aguas residuales, asegurando que pueda manejar las cargas más altas de agua residual que se produzcan en el proceso.

4.2.3. Tercera etapa

- **Recolección y preparación de muestra:**

Para la recolección de la muestra se realizó un muestreo de 24 horas en la PTAR, el cual se hizo en intervalos de 60 minutos. Esas muestras se toman en la entrada de agua de la planta.

4.2.4. Cuarta etapa

- **Regulaciones ambientales:**

Análisis del Decreto N° 21 -2017. Con los resultados de los análisis de laboratorio, se realizó una comparación con los límites permisibles que se exponen en el nuevo Decreto 21-2017 (en su Art. 26).

Artículo 26: De los vertidos provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de Tipo Doméstico. Los vertidos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, que sean descargados a los cuerpos receptores, deberán cumplir los rangos y valores máximos permisibles siguientes. (Normas Jurídicas de Nicaragua, 2017).

Tabla N°. 2: Límites máximo-permisibles

Parámetro	Rangos y Valores Máximo permisible
pH	6 – 9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	80
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1
Materia Flotante	Ausente
DBO ₅ (mg/l)	110
DQO (mg/l)	220

Nitrógeno Total (mg/l)	30
Fósforo Total (mg/l)	10
Aceites y Grasas Totales (mg/l)	15

Fuente: Normas Jurídicas de Nicaragua

- **Coliformes fecales:**

Este proceso de identificación de coliformes se realizará mediante la técnica de tubos de fermentación o Números Más Probables (NMP) publicado por la American Public Health Association (1970 y 1980), el cual usa como medios de cultivos caldo Lauril sulfato y Caldo Bilis Verde Brillante, indicado para la cuantificación de Coliformes Totales (CT) y Fecales (CF).

4.2.5. Quinta etapa

- **Determinación de la carga orgánica:**

Para el desarrollo de esta etapa se utilizó valores de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días) del monitoreo y muestreo de 24 horas realizadas a la planta de tratamiento de aguas residuales “Residencial Ríos de Agua Viva” ubicada en Sabana Grande, Managua.

4.3. Determinación del Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

El tiempo de retención hidráulica para cada unidad del sistema se obtuvo en forma teórica, siendo el valor presentado en una relación entre el volumen calculado y entre el balance hídrico y el caudal afluente promedio como se muestra en la ecuación.

$$TRH = \frac{V (m^3)}{Q(m^3/h)}$$

Dónde:

TRH: es el tiempo de retención hidráulica en horas (h).

Volumen del reactor: es el volumen del reactor o unidad de tratamiento en metros cúbicos (m³).

Caudal de entrada: es el caudal de aguas residuales que entra al reactor en metros cúbicos por hora (m³/h).

Este cálculo es esencial para entender cuánto tiempo permanece el agua en cada unidad del sistema antes de avanzar al siguiente paso de tratamiento.

El tiempo de retención hidráulica es un parámetro clave para evaluar la eficiencia y la capacidad de cada unidad en la eliminación de contaminantes y la mejora de la calidad del agua.

El conocimiento del tiempo de retención hidráulica es fundamental para el diseño y la operación adecuada del sistema de tratamiento de aguas residuales y garantiza que se cumplan con los requisitos de tratamiento especificados por las regulaciones ambientales.

4.4. Determinación de las eficiencias en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR)

El rendimiento o eficiencia de la depuración se valora como la diferencia entre los valores de la concentración del sustrato a la entrada y a la salida de un proceso concreto, o a la salida de una planta depuradora. El rendimiento se puede expresar tanto en términos porcentuales como absolutos, siendo S_0 la concentración de sustrato en el afluente y S es la concentración de en el efluente, el rendimiento (r) o Eficiencia (E) del tratamiento de aguas residuales sería en términos porcentuales.

4.5. Elementos del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

4.5.1. Criterios de diseño del sistema de tratamiento preliminar

- **Rejillas:** Las rejillas de barras pueden ser de limpieza manual o mecánica. Según el tamaño de las aberturas se clasifican como rejillas gruesas o finas.
 - Las rejillas gruesas son aquellas con aberturas iguales o mayores de 6.4 mm pueden ser de barra o varillas de acero, se deben usar para proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos, del taponamiento o interferencia causados por trapos, tarros y otros objetos grandes.
 - La longitud de la rejilla de limpieza manual no debe exceder de lo que pueda rastrillarse fácilmente a mano.
 - En la parte superior de la rejilla debe proveerse una placa de drenaje o placa perforada para que los objetos rastrillados puedan almacenarse temporalmente para su escurrimiento.

→ Las barras de la rejilla no deberán ser menores de 1 cm de anchura por 5 cm de profundidad.

En resumen, las rejillas de barras, ya sean gruesas o finas, son componentes esenciales en la gestión de aguas residuales. Las rejillas gruesas protegen los equipos vitales al evitar obstrucciones, y su diseño cuidadoso, incluyendo el tamaño de las barras y la provisión de placas de drenaje, es fundamental para un rendimiento eficiente y confiable del sistema.

Tabla N°. 3: Información típica para el diseño de rejillas de barras

Parámetro	Unidades	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Sección recta de la barra:			
Ancho	mm	5 - 15	5 - 15
Profundidad	mm	25 - 37.5	25 - 37.5
Separación entre barras	mm	25 - 50	15 - 75
Velocidad de aproximación	m/s	0.30 - 0.60	0.60 - 1.10
Pérdida de carga admisible	m	0.15	0.15

Fuente: Ingeniería de aguas residuales, Vol. 2

- **Pérdidas en rejillas:**

La pérdida de energía a través de la rejilla es función de la forma de las barras y de la altura o energía de velocidad del flujo entre las barras.

Estas pérdidas, en una rejilla limpia se determinarán aplicando la ecuación de Kirschmer:

$$h = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{4/3} h_v \text{sen}\theta$$

Dónde:

- h: pérdida de carga (m)
- β : factor de forma de las barras
- w: profundidad de la barra (m)
- b: separación mínima entre barras (m)
- h_v : energía de velocidad del flujo de aproximación (m)
- θ : ángulo de la rejilla con la horizontal.

- **Desarenador:**

La función de los desarenadores en el tratamiento de aguas residuales es remover arena, grava, cenizas, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico mayor que el de los sólidos orgánicos putrescibles de las aguas residuales.

Se deberán ubicar antes de todas las demás unidades de tratamiento, si con ello se facilita la operación de las demás etapas del proceso. Sin embargo, la instalación de rejillas, antes del desarenador, también facilita la remoción de arena y la limpieza de los canales de desarenado. Se deben de proveer un mínimo de dos unidades.

Existen dos tipos generales de desarenadores: de flujo horizontal y aireado.

Los desarenadores de flujo horizontal, para aguas residuales, se diseñan para una velocidad horizontal de flujo aproximadamente igual a 0.3m/s. Dicha velocidad permite el transporte de la mayor parte de partículas orgánicas del agua residual a través de la cámara y tiende a suspender el material orgánico sedimentado, pero permite el asentamiento del material inorgánico pesado.

Los desarenadores aireados se suelen proyectar para eliminar partículas de tamaño del tamiz N° 65 (0.20 mm) o superior, con tiempos de detención entre 2 y 5 min. en condiciones de caudal punta. La sección transversal del canal es semejante a los tanques de aireación de fangos activados de circulación. (METCALF & EDDY).

Tabla N°. 4: Información típica para el diseño de desarenadores de flujo horizontal

Parámetro	unidades	Valores	
		Intervalos	Típicos
Tiempo de retención	s	45 - 90	60
Velocidad horizontal	m/s	0.24 – 0.40	0.30
Velocidad de sedimentación para la eliminación de:			
Malla 65	m/min ⁽¹⁾	0.95 – 1.25	1.15
Malla 106	m/min ⁽¹⁾	0.60 – 0.90	0.75
Relación largo: ancho		2.5: 1	5:1
Relación ancho: profundidad		1:1	5:1
Carga superficial	m ³ /m ² -d	700 - 1600	
Incremento de longitud por turbulencia en la entrada y salida		2. Hm – 0.5 L	

Fuente: Ingeniería de aguas residuales, Vol. 2

NOTA:

Hm: Profundidad máxima del desarenador

L: Longitud teórica del desarenador

(1): Si el peso específico de la arena es substancialmente menor que 2.65, debe usarse velocidades inferiores.

- **Medidor de caudal:**

La medición de caudales (gastos) en cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales

domésticas o industriales es de gran importancia, por consiguiente, deberán poseer dispositivos para la medición de caudal, tanto en la entrada como a la salida.

Son unidades de bajo costo, en relación con el costo total de la obra y suministran datos importantes para la operación de los sistemas de tratamientos.

- **Medidor Parshall:**

Está incluido entre los medidores de flujo crítico es de fácil construcción, presenta la ventaja de depender de sus propias características hidráulicas, una sola determinación de carga es suficiente, la pérdida de carga es baja, posee sistema de auto limpieza que hace que no haya obstáculos capaces de provocar formación de depósitos, por lo tanto, es el más recomendable para medir caudales de aguas residuales sin tratar. Se deberá colocar a continuación del desarenador.

El material que es hecho puede ser PVC o fibra de vidrio, pudiéndose ser montado en el sitio para aumentar su precisión. El gasto es obtenido por la siguiente ecuación:

$$Q = K H_a^n$$

Dónde:

Q: Caudal o gasto (m³/s)

H_a: Profundidad en relación con la cresta obtenida en el piezómetro situado a los 2/3 de largo A de la convergencia, contando esa distancia a lo largo de la pared de la convergencia de abajo para arriba, a partir de la sección extrema de abajo de la convergencia.

K y n: Valores numéricos que se muestran en la siguiente tabla de acuerdo con la magnitud de la garganta (W).

Tabla N°. 5: Valores de K y n en el medidor Parshall

W m	K	n	Capacidad (m ³ /s)	
			Mínima	Máxima
0.076	0.176	1.547	0.00085	0.0538
0.152	0.381	1.580	0.00152	0.1104
0.229	0.535	1.530	0.00255	0.2519
0.305	0.690	1.522	0.00311	0.4556
0.457	1.054	1.538	0.00425	0.6962
0.610	1.426	1.550	0.01189	0.9367
0.925	2.182	1.556	0.01726	1.4263
1.220	2.935	1.578	0.03679	1.9215
1.525	3.728	1.587	0.06280	2.4220
1.830	4.515	1.595	0.07440	2.9290

2.135	5.306	1.601	0.11540	3.4400
2.440	6.101	1.606	0.13070	3.9500

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

4.5.2. Tratamiento biológico

- **Tanque séptico:**

El sistema de tanque séptico seguido de filtro anaeróbico de flujo ascendente se usa para tratar aguas servidas de pequeñas comunidades, obteniéndose resultados satisfactorios.

Recomendaciones para el diseño:

- Número de cámaras: dos
- Relación entre la longitud total (L) y ancho (A): $2 \leq \frac{L}{B} \leq 4$
- Profundidad útil (h) mínima = 1.20 m.
- El ancho máximo del tanque no deberá ser mayor que 2 h.
- La primera y segunda cámara deberán tener un volumen igual a 2/3 y 1/3 respectivamente del volumen útil total calculado.
- La primera y segunda cámara deberán tener una longitud igual a 2/3 y 1/3 L respectivamente.
- El borde inferior de la abertura de pase entre las cámaras deberá estar a 2/3 de la profundidad útil (h) y el superior a una distancia mínima de 0.30 m bajo el nivel del líquido.
- El área total de la abertura deberá estar entre el 5 y 10% del área de la sección transversal del volumen útil.
- La rasante del tubo de entrada deberá estar a 0.075 m por encima de la superficie libre del líquido.
- Solo deberán proveer los correspondientes dispositivos de entrada y salida en los cuales la parte sumergida será no menor de 0.30 m y la parte fuera de la superficie del agua no menor de 0.20 m.
- Se deberá proveer en cada cámara una boca de inspección de forma circular con un diámetro no menor de 0.60 m y la tapa deberá estar colocada sobre un bordillo de 0.15 m de alto con respecto al nivel superior del tanque.
- El período de retención deberá ser de 0.5 días mínimo.

- La contribución de lodo fresco deberá ser de un l/p-d.
- Los coeficientes de reducción de lodos serán iguales a 0.25 y 0.50 para lodo digerido y lodo en digestión respectivamente.
- La capacidad para almacenamiento de lodo digerido deberá ser para un período mínimo de un año.

Para la dimensión de este se utiliza la siguiente ecuación:

- **Tiempo de retención hidráulica del volumen de sedimentación:** Se calcula mediante la siguiente fórmula

$$P_r = 1.5 - 0.3 \times \log(P \times q)$$

Dónde:

P_r : Tiempo promedio de retención hidráulica (d)

P: Población servida (habitantes / vivienda)

q: Caudal de aguas residuales (l/p-d)

Cuando se diseñe el tanque, considerando solamente las excretas y el agua residual producida por la actividad de higiene personal (lavado de manos, higiene bucal y baño con ducha) debe utilizarse una dotación de 38 l/p/d como mínimo.

Cuando se diseñe el tanque para todas las aguas residuales debe utilizarse dotación de agua potable de 100 lppd.

- En ningún caso, el tiempo de retención hidráulica de diseño debe ser menor a 6 horas.
- Volumen de sedimentación:

$$V_s = 10^{-3} \times (P \times q) \times P_r$$

- Volumen para biodigestión:

$$V_d = 0.5 \times 10^{-3} \times P \times t_d$$

Dónde:

t_d : Tiempo de retención requerido para la biodigestión de la materia orgánica, que se debe calcular con la siguiente expresión

$t_d = 28 (1.035)^{35 - T}$ en función de la temperatura en grados Celsius estimada del agua a tratar, puede variar entre 25 y 27 °C.

- **Volumen de almacenamiento de lodos (V_d):** Calculado mediante el empleo de la fórmula siguiente:

$$V_d = G \times P \times N \times 10^{-3}$$

Dónde:

V_d: Volumen de almacenamiento de lodos (m³)

G: Volumen de lodos producido por persona y por año (litros)

N: Intervalo de limpieza o retiro de lodos en años (1 es el mínimo establecido)

Volumen de lodos producidos (G): La cantidad de lodos producido por habitante y por año, depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos del lavado y preparación y cocina de los alimentos. Los valores para considerar son:

Clima cálido: 40 litros/habitante-año

Clima frío: 50 litros/habitante-año

Volumen de natas: Considerar un volumen mínimo equivalente al 10% del caudal diario de aguas residuales de la vivienda.

Espacio de seguridad: Todo tanque séptico debe tener una cámara de aire de por lo menos 0.30 m de altura libre entre el nivel superior de las natas espumas y la parte inferior de la losa de techo.

- **Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA):**

El filtro anaeróbico de flujo ascendente es una alternativa para dar un tratamiento complementario al efluente de un tanque séptico.

Recomendaciones para el diseño:

- El filtro deberá estar contiguo al tanque séptico, el tipo deberá ser de sección cuadrada,
- con un fondo falso perforado.
- El lecho filtrante deberá tener 1.20 m de altura. El material filtrante deberá tener una granulometría lo más uniforme posible pudiendo variar entre 4 y 7 mm colocándose la más gruesa en la parte inferior del lecho.
- La profundidad útil del filtro deberá ser de 1.80 m para cualquier volumen dimensionado.
- Para el cálculo de dimensiones del filtro se deberán utilizar las fórmulas siguientes:

$$V = 1.60 N C T$$

$$A = \frac{V}{1.8}$$

Dónde:

- N:** Número de contribuyentes
- C:** Contribución (l/p-d)
- T:** Periodo de retención (d)
- A:** Área de la planta del filtro (m²)

- La pérdida de carga en el filtro deberá ser de 0.10 m; por lo tanto, el nivel de salida del efluente del filtro estará a 0.10 m abajo del nivel de la superficie del agua en el tanque séptico.
- El fondo falso deberá tener aberturas con f: 0.03 m espaciados entre sí, 0.15 m de centro a centro.
- El paso del tanque séptico hacia el filtro podrá ser de un tubo con una Tee en la salida del tanque y su rama vertical deberá estar curvada próximamente al fondo del filtro.
- El tubo deberá ser de PVC o Polietileno, con un diámetro no menor de 0.10 m.
- El filtro deberá proveerse de su boca de inspección similar a la indicada para el tanque séptico. También se le proveerá de un sistema adecuado para aplicarle agua a presión en la parte superior del lecho filtrante, cuando sea necesario su limpieza.

- **Desinfección:**

El proceso de desinfección debe realizarse en el efluente de plantas de tratamiento, cuando éste pueda crear peligros para la salud en las comunidades aguas abajo de la descarga.

De todos los desinfectantes empleados, el cloro es el más ampliamente utilizado. La razón es que satisface la mayoría de los requisitos establecidos para el proceso de desinfección.

Los cloradores deben ser de la capacidad adecuada y tipo automático. Deben proveerse instalaciones adicionales automáticas para regular y registrar gráficamente el cloro residual. La capacidad del clorador variará, dependiendo de los usos y de los puntos de aplicación del desinfectante.

Para desinfección, la capacidad instalada debe ser suficiente, para producir una concentración residual de cloro en el efluente de la planta, determinado por un método estándar de manera que reduzca la concentración de coliformes satisfactoriamente y sea consistente con los valores especificados para el cuerpo de agua receptor.

La dosis de cloro para desinfección normal de aguas residuales domésticas se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N°. 6: Dosis de cloro para desinfección de agua residual doméstica

Tratamiento	Dosis de cloro (mg/l)
Precloración	20 - 25
Agua residual no tratada	10-50
Fresca	6 – 15
Séptica	12 - 30
Efluente primario	8 – 20
Efluente de filtro percolador	3 - 15
Efluente de filtro de arena	1 - 6
Zanja de oxidación	2 – 8

Fuente: Ingeniería de aguas residuales, Vol. 2

El cloro se puede aplicar en dos etapas en caso de ser necesario, antes del tanque de sedimentación secundaria y después de éste. El tiempo de contacto no será menor a 30 minutos con base en el caudal medio diario.

- **Pre cloración:** Esta etapa implica la adición de cloro al agua en el comienzo del proceso de tratamiento. La dosis de 20-25 mg/L es típica en esta etapa y ayuda a desinfectar el agua cruda y a prevenir la proliferación de microorganismos en las primeras etapas del tratamiento.
- **Agua residual no tratada:** Esta dosis varía de 10 a 50 mg/L y se utiliza para desinfectar aguas residuales sin tratamiento previo. El rango amplio se debe a las diferencias en la calidad y la cantidad de contaminantes presentes en diferentes fuentes de aguas residuales crudas.
- **Agua fresca:** Se utilizan dosis de cloro en el rango de 6-15 mg/L para desinfectar agua fresca, como la que proviene de fuentes naturales, ríos o lagos. Esta dosis es suficiente para eliminar microorganismos y hacer que el agua sea segura para el consumo humano.
- **Agua séptica:** El agua proveniente de sistemas sépticos, que contienen desechos humanos y domésticos, requiere dosis de cloro más altas, generalmente en el rango de 12-30 mg/L, debido a la presencia de patógenos potencialmente peligrosos.

- **Efluente primario:** Después de ciertas etapas iniciales de tratamiento, como la sedimentación y la filtración gruesa, se agrega cloro en dosis de 8-20 mg/L para desinfectar el agua antes de liberarla al medio ambiente o continuar con el tratamiento.
- **Efluente de filtro percolador y filtro de arena:** Estas etapas de tratamiento reciben dosis de cloro más bajas, generalmente en el rango de 1-15 mg/L, ya que el agua en este punto ya ha pasado por procesos previos de tratamiento.
- **Zanja de oxidación:** Finalmente, en la etapa de zanja de oxidación, se utiliza cloro en dosis de 2-8 mg/L para desinfectar el agua antes de su liberación o disposición final.
- **Evaluación de bomba en el efluente:**

Para poder seleccionar una bomba óptima para un sistema de descarga, es importante conocer qué tipo de aguas residuales va a bombear.

Sin embargo, no todas las bombas de aguas residuales son adecuadas para todos los tipos de aguas residuales. Las bombas de achique y para efluentes no permiten bombear aguas negras, mientras que una bomba de aguas negras puede bombear cualquier tipo de aguas residuales.

Uno de los factores determinantes es el tamaño del paso de sólidos de la bomba. Cuantos más sólidos contengan las aguas residuales, mayor deberá ser el paso libre. Asimismo, cuanto mayor sea el caudal necesario, mayor deberá ser también el paso libre.

La fórmula de potencia hidráulica se compone de lo siguiente:

$$Potencia\ necesaria = \frac{Caudal\ x\ CTD}{Eficiencia}$$

$$Potencia = \frac{Q\ x\ CTD\ x\ Peso\ especifico\ del\ líquido}{eficiencia} \text{ (watt)}$$

Dónde:

CTD: Carga total dinámica (m)

Q: Caudal (m³/s)

Nota: 1 HP equivale a 745.7 watts

V. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales(PTAR)

- **Visita y entrevista:**

El domingo 30 de julio de 2023, se llevó a cabo una visita a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en el Residencial Ríos de Agua Viva, en Sabana Grande, Managua. Durante esta visita, se realizó una entrevista al vigilante de la planta, con el objetivo de obtener información relevante sobre el funcionamiento y las condiciones actuales de la PTAR.

- **Medición del caudal:**

Uno de los aspectos cruciales de la visita fue la medición del caudal de agua residual en el momento de mayor aporte desde el residencial hacia la planta de tratamiento. Esta medición se realizó con el fin de obtener datos precisos sobre el volumen de agua que ingresa al sistema en condiciones de carga máxima.

El diagnóstico inicial de la PTAR se basó en la información recopilada durante la visita y la entrevista, así como en la verificación de medidas y la medición del caudal. Estos datos proporcionarán una base sólida para el análisis y los cálculos posteriores en el informe.

El siguiente paso será analizar detalladamente los resultados obtenidos durante la visita y utilizarlos para evaluar el estado actual de la PTAR y proponer las mejoras necesarias.

5.1.1. Caudal teórico

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) fue originalmente diseñada para atender una población de 840 habitantes, considerando un promedio de 6 habitantes por vivienda, lo que equivalía a 140 viviendas conectadas al sistema. Sin embargo, según información proporcionada por el operador de la planta durante la visita realizada, en la actualidad se encuentran conectadas alrededor de 180 viviendas, lo que representa aproximadamente 1080 habitantes.

Este dato es esencial para comprender la capacidad de carga actual de la PTAR y su capacidad para tratar las aguas residuales generadas por la población servida.

El aumento en el número de viviendas y habitantes conectados a la planta puede tener un impacto significativo en el rendimiento y la eficiencia del sistema de tratamiento.

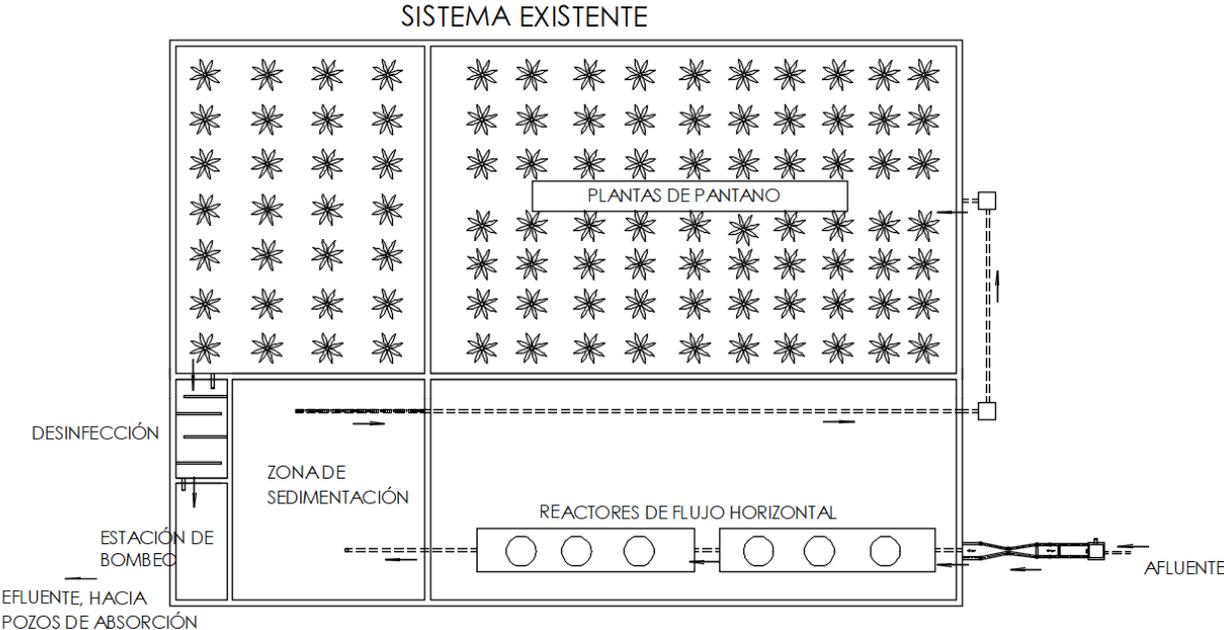
A continuación, se procederá a realizar cálculos adicionales con el objetivo de determinar si la PTAR está operando dentro de su capacidad diseñada y si es necesario considerar expansiones o mejoras en el sistema para adecuarse a la carga actual y futura.

- **Caudal de diseño de original de la PTAR**

Se determinaron los caudales con que fue diseñada al planta de tratamiento de agua residual al inicio del proyecto. Para estas condiciones la urbanización tendría 140 viviendas, considerando 6 habitantes por viviendas, la población total de diseño fueron 840 habitantes. Lo que produce un caudal medio de 1.17 l/s y un caudal máximo de 3.5 l/s.

A continuación se muestra en la figura N° 3, las unidades existentes actualmente

Figura N°. 3: PTAR con las unidades existente



A continuación se muestran los cálculos

Número de viviendas de diseño:	140 viviendas
Número de habitantes por vivienda:	6 habitantes / vivienda
Número de habitantes de diseño:	840 habitantes

Caudal medio:

$$Q_{med} = \frac{840 \times 150 \times 0.80}{86400} = 1.167 \text{ l/s}$$

Caudal mínimo:

$$Q_{mín} = \frac{1.167}{5} = 0.233 \text{ l/s}$$

Factor de Harmon (FH):

$$FH = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{840/1000}} = 3.85, \text{ entonces } FH = 3$$

$$Q_{máx} = 3 \times 1.167 = 3.5 \text{ l/s}$$

Para determinar el caudal de infiltración, se utilizará un enfoque que consiste en tomar un porcentaje del caudal medio de agua residual generado en el residencial.

En este caso, se considerará un valor del 10% del caudal medio de agua residual como la estimación del caudal de infiltración.

Este enfoque permite tener en cuenta la cantidad de agua que se infiltra en el sistema de alcantarillado debido a diversas fuentes, como filtraciones en tuberías, conexiones defectuosas y otras posibles vías de entrada de agua al sistema. El cálculo del caudal de infiltración es esencial para comprender y gestionar adecuadamente el flujo de aguas residuales en la planta de tratamiento.

A continuación, se procederá al cálculo específico del caudal de infiltración utilizando el valor mencionado.

Caudal de infiltración:

$$Q_{inf} = 0.10 \times 1.167 = 0.117 \text{ l/s}$$

Caudal de diseño:

$$Q_{dis} = 3.5 + Q_{com} + Q_{inst} + Q_{ind} + 0.117 = 3.617 \text{ l/s}$$

Caudal en las condiciones actuales de la PTAR sin Ampliarse

Luego que la urbanización se construyo con el tiempo se fueron haciendo nuevas viviendas, esto conlleva a que el número de viviendas y por ende el número de habitantes se ampliará hasta llegar a 1,080 habitantes actualmente. Esto produce los siguientes caudales, cual medio 1.5 l/s y caudal máximo 4.65 l/s.

Lo anterior indica que actualmente la PTAR esta operando con un caudal medio mayor al diseñado en un porcentaje de 28.21%, que no es recomendable. Basado en eso los dueños quieren ampliar la planta para poder tratar efecientemente las aguas que aportan las viviendas que no estaban en el diseño original y al mismo tiempo ampliar el número de vivienda a conectar en 100 nuevas casas.

Los calculos se muestran a continuación.

Caudal medio:

$$Q_{med} = \frac{1080 \times 150 \times 0.80}{86400} = 1.5 \text{ l/s}$$

Caudal mínimo:

$$Q_{min} = \frac{1.5}{5} = 0.30 \text{ l/s}$$

Factor de Harmon (FH):

$$FH = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1080/1000}} = 3.78, \text{ entonces } FH = 3$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 3 \times 1.5 = 4.5 \text{ l/s}$$

Caudal de infiltración:

$$Q_{inf} = 0.10 \times 1.5 = 0.15 \text{ l/s}$$

Caudal de diseño:

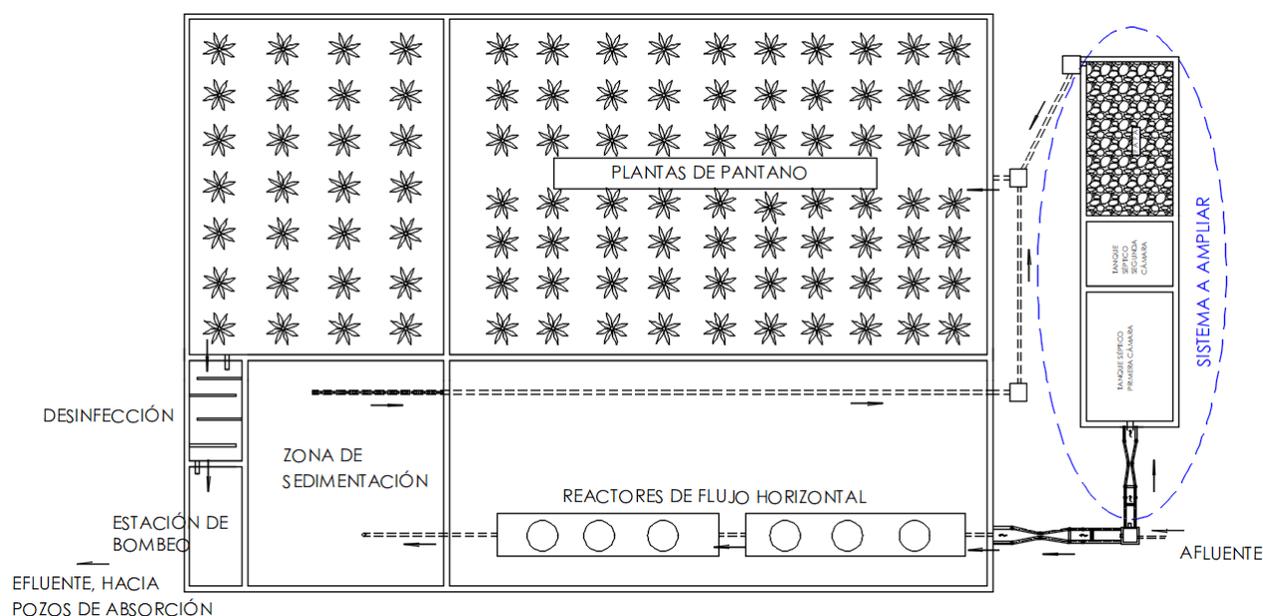
$$Q_{dis} = 4.5 + Q_{com} + Q_{inst} + Q_{ind} + 0.15 = 4.65 \text{ l/s}$$

- **Caudal proyectado con la ampliación de la PTAR**

Para la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales se tomará en cuenta el número de vivienda del diseño original, las viviendas que actualmente se le han anexo y proyectar la conexión de otras nuevas 100 viviendas.

Con lo anterior suman un total de 240 viviendas, para un total de 1,440 habitantes. Para la ampliación de la PTAR se construirán nuevas unidades de tratamientos, están son: tratamiento preliminar independiente seguida de un tanque séptico de dos cámaras y un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA). El efluente se descargará en la unidad de plantas de pantanos, que, según evaluación, esta unidad de plantas de pantano tiene capacidad para tratar el caudal esperado con la ampliación. En la siguiente figura se muestra cómo quedará la planta con la ampliación.

Figura N°. 4: PTAR con las unidades existente y la parte de ampliación de esta



Los caudales para tratar son: caudal medio 2 l/s y caudal máximo 6 l/s, los cálculos se muestran a continuación.

Viviendas totales:	240 viviendas
Habitantes por vivienda:	6 habitantes / viviendas
Número de habitantes:	1,440 habitantes

Caudal medio:

$$Q_{med} = \frac{1440 \times 150 \times 0.80}{86400} = 2.0 \text{ l/s}$$

Caudal mínimo:

$$Q_{min} = \frac{2.0}{5} = 0.40 \text{ l/s}$$

Factor de Harmon (FH):

$$FH = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1440/1000}} = 3.69, \text{ entonces } FH = 3$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 3 \times 2.0 = 6.0 \text{ l/s}$$

Caudal de infiltraci3n:

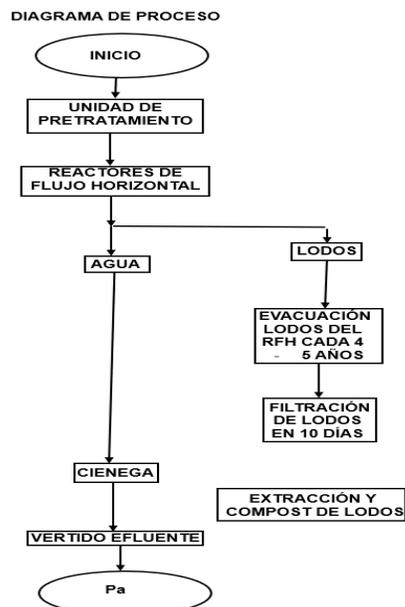
$$Q_{inf} = 0.10 \times 2.0 = 0.20 \text{ l/s}$$

Caudal de dise1o:

$$Q_{dis} = 6.0 + Q_{com} + Q_{inst} + Q_{ind} + 0.20 = 6.20 \text{ l/s}$$

5.2. Flujograma del proceso

Figura N3. 5: Flujograma del sistema de tratamiento



5.3. Tratamiento preliminar

El sistema de tratamiento preliminar esta formado por el canal de entrada, seguido rejillas en posición vertical para pasar a los desarenadores y posteriormente a la canaleta Parshall.

Este sistema asegura que el agua residual que ingresa a la planta esté libre de objetos grandes y arena, lo que contribuye a un funcionamiento más eficiente de las etapas de tratamiento posteriores. El control del caudal mediante la canaleta Parshall permite una gestión adecuada de la carga de trabajo de la planta. Todo lo anterior se muestra en la figura N° 6.:

Figura N°. 6: Sistema de tratamiento preliminar: canal de entrada, rejillas, desarenador y canaleta Parshall



Durante la visita realizada a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Ríos de Agua Viva, se llevaron a cabo observaciones detalladas del sistema de tratamiento preliminar. Estas observaciones revelaron importantes áreas que requieren mantenimiento y mejoras para asegurar el funcionamiento eficiente del sistema. A continuación, se describen las principales observaciones:

- 1) **La falta de mantenimiento:** Hay bastante desechos retenidos en el canal antes de la rejilla, se presenta vegetación dentro del desarenador. Se requiere limpieza de cada uno de los elementos del sistema de tratamiento preliminar de la planta.

- 2) **Vegetación en desarenadores:** Dentro de los desarenadores se identificó la presencia de vegetación no deseada. Esta vegetación puede interferir con el proceso de separación de arena y otros sólidos sedimentables. Se recomienda una limpieza y desmalezamiento adecuados de los desarenadores para mantener su funcionamiento óptimo.
- 3) **Falta de compuertas en desarenadores:** Los dos desarenadores en paralelo actualmente no tienen compuertas que permitan aislar uno de otro durante el mantenimiento. Esto puede dificultar las operaciones de limpieza y mantenimiento. La instalación de compuertas adecuadas en cada desarenador facilitaría las tareas de mantenimiento y permitiría mantener uno en funcionamiento mientras se realiza el mantenimiento en el otro.
- 4) **Ubicación de las rejillas:** Las rejilla estan ubicada en la ampliación del canal, propiamente a la entrada del canal. Esto conlleva a dos posibles problemas, la velocidad de pase en la rejilla es mayor que la velocidad que en el canal, pudiendo producir interferencia en la velocidad de entrada a los desarenadores y el otro es que es más ancha de lo requerido, por lo que la limpieza se vuelve más tediosa de lo normal.

Actualmente consta de un medidor de flujo: canaleta Parshall, que se encuentra en funcionamiento y en donde se miden los caudales que ingresan a la planta. En la siguiente foto se muestra la canaleta Parshall instalada. Por cierto se requiere de limpieza para eliminar la capa biológica adherida en la parte inferior y fondo de la canaleta.

Dadas estas observaciones, es imperativo llevar a cabo acciones de mantenimiento preventivo y correctivo en el sistema de tratamiento preliminar de la PTAR. Estas acciones incluyen la limpieza regular de los canales y las rejillas, el desmalezamiento de los desarenadores y la instalación de compuertas para facilitar el mantenimiento.

El mantenimiento adecuado de estas instalaciones garantizará un funcionamiento más eficiente de todo el sistema de tratamiento de aguas residuales y contribuirá a su durabilidad a largo plazo. Esto se muestra en la figura N° 7, en donde la canalet Parshall le falta mantenimiento.

Figura N°. 7: Canaleta Parshall instalada en la PTAR



El nivel para determinar el caudal se tomo aproximadamente a las 10:00 am, un poco después del consumo pico de agua potable, el caudal pico de agua residual que llega a la planta es un poco después.

El valor del caudal medido dio 0.75 l/s, por las condiciones de la planta de tratamiento no es representativo de la realidad, ya que parte del agua residual que llega a la planta queda retenida en algunas unidades de la sistema de tratamiento. Según el operador de la misma, hay 180 viviendas conectadas, el diseño estaba para 140 viviendas y una población de 840 habitantes (6 habitantes por vivienda). Lo que significa que esta trabajando con 40 viviendas (240 habitantes) de más que para lo que fue diseñada.

5.4. Tratamiento biológico

La sección de Tratamiento Biológico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en Ríos de Agua Viva está compuesta por dos reactores de flujo horizontal, cada uno con una capacidad nominal de 12.5 m³. Durante la visita realizada, se observó una condición preocupante en esta parte del sistema.

5.4.1. Capacidad excedida y líquido sobrenadante:

Se constató que los reactores de flujo horizontal se encuentran operando más allá de su capacidad nominal. Esta situación se evidenció claramente al observar la presencia de líquido sobrenadante en la superficie de los reactores.

Este líquido sobrenadante, que se encuentra por encima del nivel esperado, indica que los reactores están recibiendo un flujo de agua residual que excede su capacidad de procesamiento.

La presencia de líquido que excede es un signo de preocupación, ya que puede tener varios efectos negativos, como la disminución de la eficiencia del proceso biológico y el potencial desbordamiento de sólidos suspendidos hacia las etapas posteriores del tratamiento. Además, el exceso de carga hidráulica puede comprometer la calidad del efluente tratado. Ver figura N° 8.

Figura N°. 8: Reactores de flujo horizontal



El problema que se presentan material líquido sobre la superficie del suelo donde se ubican las dos unidades posiblemente son dos razones, la primera la capacidad de las unidades de tratamiento no es suficiente o que la falta de mantenimiento de las diferentes unidades de tratamiento tienen algún problema de obstrucción parcial.

La capacidad máxima sumando los dos reactores es 25.0 m^3 , con el caudal medio actual es $1.5 + 0.15$ igual a 1.65 l/s ($5.94 \text{ m}^3/\text{h}$), el tiempo de retención es $25 / 5.94 = 4.21 \text{ h}$, el cual se considera aceptable para este tipo de reactor. De acuerdo a las normas nacionales un reactor UASB es de 6 horas, para un reactor RAP con temperatura mínima promedio de 20°C , es 8 horas.

Recomendaciones:

- **Evaluación y ajuste de la carga de diseño:** Es esencial revisar y ajustar la carga de diseño de los reactores de flujo horizontal para que estén en línea con la capacidad real de tratamiento. Esto podría implicar la redistribución de la carga entre unidades de tratamiento o la consideración de ampliaciones si es necesario.
- **Control y monitoreo continuo:** Implementar un sistema de control y monitoreo continuo del nivel de líquido en los reactores para evitar futuros excesos de capacidad. Esto permitirá tomar medidas inmediatas en caso de fluctuaciones en el flujo de entrada.
- **Mantenimiento preventivo:** Realizar un mantenimiento preventivo regular en los reactores, asegurando que todos los componentes estén en buen estado y funcionando eficientemente.
- **Evaluación de efluentes:** Realizar análisis de calidad del efluente para determinar si la sobrecarga ha afectado la eficiencia del proceso biológico y si se requieren ajustes en la etapa posterior de tratamiento.

Para abordar esta situación y garantizar un funcionamiento óptimo del tratamiento biológico en la PTAR, se recomienda las siguientes acciones:

5.5. Tratamiento terciario

Para esta etapa se usan plantas de ciénegas en un área de 50 m^2 , a lo largo de canales donde se ubican las plantas de ciénegas. Esto se muestra en la figura N° 9.

Figura N°. 9: Plantas de ciénegas



En esta unidad del sistema de tratamiento está formada por plantas flotantes, pero presenta falta de mantenimiento, hay otros tipos de vegetación, además partes de las plantas de ciénegas están dañadas (se están marchitando). Requieren de limpieza de los canales y cosecha (poda) de las plantas flotantes.

El período de retención con el caudal actual es:

Caudal medio actual, 1.65 l/s = 142.56 m³/d.

Área superficial, 50 m²

Profundidad útil de agua, 0.60 m.

Volumen de la zona de las plantas:

$$V = 50 \times 0.60 = 30 \text{ m}^3$$

Uno de los aspectos críticos identificados durante la inspección de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en Ríos de Agua Viva es el tiempo de retención hidráulica en la etapa de tratamiento biológico. El Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) es un parámetro fundamental en los procesos de tratamiento de aguas residuales, ya que afecta directamente la eficiencia de la eliminación de contaminantes y patógenos

Período de retención:

$$TRH = \frac{30}{142.56} = 0.21 \text{ días}$$

- **Retención hidráulica insuficiente:**

Durante la visita, se pudo constatar que el TRH en los reactores de flujo horizontal es muy reducido. Los reactores tienen una capacidad nominal de 12.5 m³ cada uno, pero operan con un nivel de líquido que indica un TRH significativamente inferior al recomendado por las normativas. Se estima que el TRH actual es muy inferior a 2 días, que es el mínimo recomendado para procesos biológicos efectivos.

- **Impactos de un TRH insuficiente:** La falta de un TRH adecuado puede tener varios impactos negativos en el proceso de tratamiento biológico:
 - 1) **Eficiencia de eliminación:** Con un TRH insuficiente, es probable que los microorganismos no tengan el tiempo necesario para degradar completamente los contaminantes orgánicos presentes en el agua residual. Esto puede resultar en un efluente tratado de calidad deficiente.
 - 2) **Generación de lodo:** Un TRH corto puede llevar a una acumulación excesiva de lodos biológicos en los reactores. Esto requerirá un mantenimiento más frecuente y podría afectar negativamente la operación de las unidades.
 - 3) **Desbordamiento de sólidos:** El TRH inadecuado también puede aumentar el riesgo de que los sólidos suspendidos se desborden hacia las etapas posteriores del tratamiento, lo que afectaría la calidad del efluente final.

5.6. Tratamiento complementario

El sistema debe de requerir una unidad de desinfección, para reducir los coliformes fecales a lo exigido por las normas nacionales (Decreto N° 21-2017). Se asume por qué no lo maneja el operador de la planta que hay un compartimiento destinado para esto, ubicado a la salida de la unidad de plantas de pantano. En el plano de diseño se indica la zona de desinfección, pero en ese compartimiento de la planta no se aplica desinfección.

Actualmente no se está aplicando desinfección al efluente de la planta de tratamiento, esto se muestra en la figura N° 10.

Figura N°. 10: Área destinada para la desinfección



5.7. Evaluación de la eficiencia de la planta existente

En base a los ensayos de laboratorio realizados en agosto de 2022 en el laboratorio del PIENSA en la UNI (Universidad Nacional de Ingeniería), se evaluó la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en Ríos de Agua Viva. Los resultados de los análisis indican que la planta en la mayoría de los parametros no cumple con la legislación nacional en el Decreto N° 21-2017, dentro de su Artículo 26, que regula los vertidos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Nicaragua.

Artículo 26, de los vertidos provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de Tipo Doméstico.

Los vertidos provenientes de los sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de tipo Doméstico, que sean descargados a los cuerpos receptores, deberán cumplir los rangos y valores máximos permisibles siguientes:

- **Cumplimiento normativo:**

El cumplimiento de los valores máximos permisibles establecidos en el Artículo 26, es esencial para garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas deben diseñarse y operarse de manera que los vertidos cumplan con estos estándares antes de ser liberados en los cuerpos de agua receptores.

Tabla N°. 7: Valores máximos permisibles en el efluente

Parámetro	Unidad	Rangos y valores máximo permisibles
pH		6 - 9
Sólidos suspendidos totales	mg/l	80
Sólidos sedimentables	ml/l	1
Materia flotante		Ausente
DBO ₅	mg/l	110
DQO	mg/l	220
Nitrógeno total	mg/l	30
Fósforo total	mg/l	10
Aceites y grasas totales	mg/l	15

Fuente: Decreto 21-2017, artículo 24 y 25

Los parametros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), los sólidos sedimentables y los aceites y grasas totales cumplen con el Artículo 26 del Decreto N° 21-2017, eso fue para agosto del 2022. Actualmente se desconoce datos de ensayos de laboratorios en fecha actual.

Los valores máximos permisible de coliformes fecales en el efluente del sistema de tratamiento a cuerpo receptores, se expresa en el Artículo 24 del Decreto N° 21-2017. Pero no se realizó ensayo para determinar la concentración de coliformes fecales, tampoco existen ensayo de fechas actuales. Los valores del decreto se expresan en la tabla siguiente.

Tabla N°. 8: Límites permisibles de coliformes fecales

Período de tiempo	2017 - 2022	2023 - 2026	2027 - 2029
Coliformes fecales	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁴	1 x 10 ³

Fuente: Normas Juridicas de Nicaragua

Los principales parámetros medidos en la PTAR facilitados por el operador son:

Demanda Química de Oxígeno (DBO ₅):	1,098.04 mg/l.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO):	620 mg/l
Sólidos sedimentables:	2 ml/l
Aceite y grasas:	35.10 mg/l

(Estos se presentan en el formato del laboratorio en los anexos)

5.8 Propuesta para la ampliación y mejora de la planta de tratamiento.

5.8.1. Población de diseño reajustada

En el diseño original de la planta de tratamiento, se planificó para atender una población de 840 habitantes, basada en una estimación promedio de 6 habitantes por vivienda, lo que corresponde a 140 viviendas conectadas a la planta. Sin embargo, debido a la expansión planificada del residencial Ríos de Agua Viva, se espera la construcción de 100 viviendas adicionales, lo que elevará el total de viviendas conectadas a 240.

La población de diseño será de 240 viviendas x 6 habitantes por vivienda, para un total de 1,440 habitantes. El caudal medio es 2 l/s, el caudal máximo es 6 l/s y el caudal de diseño es 6.20 l/s.

Dado que este residencial consta principalmente de viviendas y no tiene caudal comercial, institucional ni industrial, se puede calcular el caudal de diseño final al sumar el caudal medio de agua residual y el caudal de infiltración. Esto dará la cifra exacta del caudal que la planta de tratamiento debe ser capaz de manejar de manera eficiente.

Como se propone rehabilitar la PTAR existente, para que sea operada de manera adecuada. Para tratar el caudal extra se propone otras unidades en paralelos formada por tanque séptico y filtro anaerobio en forma paralela.

El caudal de diseño de la planta original es:	3.617 l/s
El caudal esperado con la ampliación:	6.20 l/s
La planta existente seguirá tratando:	3.617 l/s
El sistema en paralelo tratará:	$6.20 - 3.617 = 2.583$ l/s

5.8.2. Tratamiento preliminar

- **Canal de entrada:**

Se propone un canal rectangular de 0.30 m de ancho y 0.50 m de profundidad, la pendiente longitudinal es 0.86%. Las velocidades estan dentro del rango exigido por las normas. Velocidad a caudal máximo 0.46 m/s y velocidad media 0.30 m/s.

En resumen, el diseño propuesto es un canal rectangular con dimensiones específicas y una pendiente adecuada que permite que el agua fluya a través del canal a velocidades que cumplen con las normas. Esto asegura un funcionamiento eficiente y confiable del canal para transportar agua en el proyecto o sistema hidráulico en cuestión. Además, el diseño busca mantener un equilibrio entre la capacidad del canal y las velocidades de flujo para evitar problemas operativos y de mantenimiento.

Los cálculos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla N°. 9: Dimensionamiento hidráulico del canal de entrada

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS	
Población	P	600	hab.		
Dotación	Dot	150	lppd	Para área de lotes entre 150 y 250 m ²	
Ancho de Canal	B	0.30	m	0.30 m - 0.70 m	
Pendiente a lo largo del Canal	S	0.0086	m/m	Asumido	
Coefficiente de Manning	n	0.013		Concreto	
Borde Libre	BL	0.20	m	0.20 m - 0.3 m	
CÁLCULO	SÍMBOLO	FÓRMULA	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS
Caudal Medio doméstico	Qm	$Q_m = \frac{P * Dot * 0.8}{86400 \text{ seg/día}}$	0.83	l/s	
			0.001	m ³ /s	
Otros aportes	Q _{16%infil}	Q=Qcom+Qinst+Qind+Qinf	0.08	l/s	
			0.0000	m ³ /s	
Caudal Medio Total	Qmedio	Qmedio = Q + Qm	0.92	l/s	
			0.001	m ³ /s	
Caudal de Diseño	Qd	$Q_d = Q_{máx} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{inst}$	2.58	l/s	
			0.003	m ³ /s	
Altura Máxima		$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{máx} * B \left[\frac{H_{máx} * B}{B + 2H_{máx}} \right]^{\frac{2}{3}}$			
		$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}}$	0.00036		
		$H_{máx} * B \left[\frac{H_{máx} * B}{B + 2H_{máx}} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.00036		
	Hmax		0.019	m	
Altura Media		$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}} = H_m * B \left[\frac{H_m * B}{B + 2H_m} \right]^{\frac{2}{3}}$		m	
		$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}}$	0.000117		
		$H_m * B \left[\frac{H_m * B}{B + 2H_m} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.000117		
	Hmed		0.009		
Velocidad Máxima	Vmáx	$V_{máx} = \frac{Q_d}{B * H_{máx}}$	0.46	m/s	0.30 - 0.6 m/s, Cumple
Velocidad Media	Vm	$V_m = \frac{Q_m}{B * H_m}$	0.30	m/s	0.30 - 0.6 m/s, Cumple
Área Mojada	At	$A_t = B * H_{máx}$	0.006	m ²	
Altura del Canal	Hcanal		0.5	m	

- **Rejillas:**

Las rejillas son del mismo ancho del canal de entrada, las barras se proponen de forma circular. Las rejas se ubicaran con una inclinación de 45°, con una separación entre barras de 5 cm. Los calculos se muestran en la tabla 3.

Tabla N°. 10: Dimensionamiento hidráulico de las rejillas

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS	
Población	P	600	hab.		
Dotación	Dot	150	lppd		Para área de lotes entre 150 y 250 m ²
Factor de Forma de la Barras	β	1.79			Circular = 1.79 , Rectangular = 2.42
Inclinación de Reja	θ	45	°		45° - 60° con la Horizontal
Separación entre Barra	a	5	cm		2.50 cm - 5.00 cm
Espesor Barra	t	1.00	cm		0.50 cm - 1.50 cm
Ancho de Canal	B	0.30	m		0.30 m - 0.70 m
Ancho de Reja	b	0.30	m		Asumido
Pendiente a lo largo del Canal	S	0.0086	m/m		Asumido
Coefficiente de Manning	n	0.013			Concreto
Borde Libre	BL	0.2	m		0.20 m - 0.3 m
CÁLCULO	SÍMBOLO	FÓRMULA	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS
Caudal Medio	Qm	$Q_m = \frac{P * Dot * 0.8}{86400 \text{ seg/día}}$	0.83	l/s	
			0.001	m ³ /s	
Caudal de Diseño	Qd	$Q_d = Q_{m\acute{a}x} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{inst}$	2.58	l/s	
			0.003	m ³ /s	
Altura Máxima	Hmax	$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{m\acute{a}x} + b \left[\frac{H_{m\acute{a}x} + b}{b + 2H} \right]^2$		m	
			$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}}$	0.0004	
			$H_{m\acute{a}x} + b \left[\frac{H_{m\acute{a}x} + b}{b + 2H_{m\acute{a}x}} \right]^2$	0.0004	
				0.019	
Altura Media de Agua antes de Reja	Hmed	$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}} = H_m + b \left[\frac{H_m + b}{b + 2H} \right]^2$		m	
			$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}}$	0.00012	
			$H_m + b \left[\frac{H_m + b}{b + 2H_m} \right]^2$	0.00012	
				0.009	
Velocidad Máxima antes de la Reja	Vmáx	$V_{m\acute{a}x} = \frac{Q_d}{B * H_{m\acute{a}x}}$	0.45	m/s	0.30 - 0.6 m/s, Cumple
Velocidad Media antes de la Reja	Vm	$V_m = \frac{Q_m}{B * H_m}$	0.30	m/s	0.30 - 0.6 m/s, Cumple
Área Total Mojada	At	$A_t = b * H_{m\acute{a}x}$	0.006	m ²	
Eficiencia	E	$E = \frac{a}{a + t}$	0.836		0.6 - 0.85 (CEPIS)
Área Útil	Au	$A_u = A_t * E$	0.005	m ²	
Velocidad de Paso	Vp	$V_p = \frac{Q_d}{A_u}$	0.54	m/s	0.40 - 0.9 m/s, Cumple
PÉRDIDAS					
Pérdida de Carga en Rejas Limpias	Hf	$H_f = \beta * \left(\frac{t}{a} \right)^2 * \sin \theta * \frac{V_p^2}{2g}$	0.002	m	< 0.15, Cumple
Pérdida de Carga en Rejas (Parcialmente Obstruida)	Hfo	$h_{fo} = \left(\frac{E}{E_o} \right)^2 * H_f = \left(\frac{E}{0.75 * E} \right)^2 * H_f$	0.004	m	< 0.15, Cumple
	Eo	0.75 E	0.626645		(0.5 - 0.75), (0.75 = Parcialmente Obstruido)
Altura del Canal	Hcanal	$H_{canal} = H_{m\acute{a}x} + h_{fo} + BL$	0.5	m	

- **Desarenador:**

Se proponen dos desarenadores en paralelos con un ancho de 0.30 m, un largo de 1.06 m y una pendiente longitudinal de 0.22%. Los calculos hidráulicos se muestran en la tabla 4.

Tabla N°. 11: Dimensionamiento hidráulico de los desarenadores

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS	
Carga Superficial	Cs	700	m ³ /m ² /d	700 - 1600	
Caudal de Diseño	Qd	0.003	m ³ /s		
Velocidad de flujo	V	0.30	m/s	Valor sugerido por INAA	
Diámetro de partícula	Ø	0.2	mm	> 0.2 mm, CEPIS	
Velocidad de Sedimentación	Vs	0.021	m/s	Ver tabla D-1-3a	
Número de Desarenadores	No	2	unidad		
Tiempo de Retención de Sedimento en Tolva	t	15	días	Por Mantenimiento	
DIMENSIONAMIENTO					
CÁLCULO	SIMBOLO	FÓRMULA	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS
Ancho	b		0.30	m	Usar B de Canal de Entrada
Altura de Agua en el Canal de Llegada	H _{agua}	$\frac{Q_d}{b * V}$	0.03	m	Canal de Entrada, ver Apéndice D-1-1
Borde libre	BL		0.20	m	Asumido
Largo	L	$\frac{V * H_{agua} * 86400}{C_s}$	1.06	m	OPS/OMS/CEPIS
Radio Hidráulico	Rh	A/P	0.024	m	
		$Rh^{2/3}$	0.083		
Pendiente Longitudinal del Desarenador	S	$s = \left(\frac{n * V}{Rh^{2/3}}\right)^2$	0.2186	%	
Pérdidas en el desarenador	Hf	S * L	2.3	mm	
VOLUMEN DE TOLVA					
CÁLCULO	SIMBOLO	FÓRMULA	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS
Cantidad de material retenido	Cant.retenida		0.029	l/m ³	Zona Residencial, OPS/OMS/CEPIS
Volumen Sedimentado	V _{sed}	Q * Cant.retenida * t	97.09	l	
Volumen requerido de tolva	Vol.Req.Tolva	V _{sed}	0.097	m ³	
Altura de Tolva propuesta	H _{tolva}		0.60	m	
Ancho	b		0.30	m	
Largo	L		1.06	m	
Volumen propuesto de tolva	V _{tolva}	H _{tolva} * b * L	0.19	m ³	≥ Vol.Req.tolva, Cumple
Altura Total del Desarenador	Htotal	∑ H _{agua} + H _{tolva} + BL	0.83	m	

Tabla N°. 12: D-1-3a

Material	φ Limite de las partículas (cm)	# de Reynolds	Vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$V_s = 1.82 \sqrt{\frac{dg \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)}{\text{Newton}}}$
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1 000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0.22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu / \rho)^{1/3}} \right]$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

Fuente: OPS/OMS/CEPIS

Estas dimensiones son importantes para asegurar que el desarenador funcione de manera eficiente. La pendiente longitudinal permite que el agua fluya a través del desarenador, llevando consigo las partículas de arena y sedimentos que se depositarán en el fondo debido a la menor velocidad del agua. Posteriormente, estas partículas se pueden retirar del desarenador.

En resumen, los desarenadores son componentes esenciales del sistema de tratamiento preliminar que ayudan a garantizar que el agua residual esté libre de partículas de arena y sedimentos antes de continuar su proceso de tratamiento. Las dimensiones y cálculos hidráulicos son fundamentales para su diseño y funcionamiento adecuado.

- **Medidor de flujo:**

Se propone una canaleta Parshall con un ancho de garganta de 6" (0.15 m)

Tabla N°. 13: Canaleta Parshall

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS
Caudales de Diseño	Q_{min}	0.0004	m ³ /s	
	Q_d	0.0062	m ³ /s	< 0.252
Ancho de Canal	B	0.40	m	
Ancho de Garganta	W'	0.15	m	1/3 - 1/2 de B
Ancho de Garganta Seleccionado	W	0.152	m	Ver Criterios Apéndice D-1-5
Dimensiones de Canal Parshall Seleccionado	A	0.621	m	
	2/3 A	0.414	m	
	W_c	0.315	m	
	B	0.61	m	
	C	0.394	m	
	D	0.397	m	
	E	0.61	m	
	F	0.305	m	
	G	0.61	m	
	K	0.076	m	
	N	0.114	m	
	R	0.406	m	
	M	0.305	m	
	P	0.902	m	
	X	0.076	m	
	Y	0.076	m	
	k	0.381		
n	1.58			

CÁLCULO	SÍMBOLO	FÓRMULA	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS
Carga Piezométrica en Wc (Tramo Convergente)	Ha	$\sqrt[n]{Q_{m\acute{a}x}/k}$	0.042	m	Despejando Q = KH ⁿ
Carga Piezométrica en Tramo Contraído	Hb	$\sqrt[n]{Q_{m\acute{i}n}/k}$	0.0075	m	
Ahogamiento		H_b/H_a	17.645	%	< 60 %, Cumple
Velocidad en la Sección Wc	Vo	$\frac{Q}{Wc * Ha}$	0.193	m/s	
Carga Total en la Sección Wc	Hc	$\frac{V_o^2}{2g} + Ha + M/4$	0.121	m	
Caudal Específico en W	q	Q/W	0.017	m ³ /m/s	
Angulo e	θ	$\cos^{-1} \left[\frac{(-q * \theta)}{(2/3 * \theta * Hc)^{1/3}} \right]$	1.571	rad	
Velocidad antes del Resalto	V ₁	$2 \left[\left(\frac{2g * E_o}{3} \right)^{0.5} * \cos \left(\frac{\theta}{3} \right) \right]$	1.54	m/s	2.5 m/s - 3 m/s
Altura de Agua antes del Resalto	h ₁	q/V_1	0.011	m	
Froude	F	$\frac{V_1}{\sqrt{g * h_1}}$	4.671		Régimen Supercrítico
Altura de Agua en el Resalto	h ₂	$\frac{h_1}{2} \left[\sqrt{(1 + 8F^2)} - 1 \right]$	0.068	m	h ₁ < h ₂ , OK!!
Velocidad en el Resalto	V ₂	$\frac{Q}{W * h_2}$	0.251	m/s	
Altura de agua en la Salida del Canal	h ₃	$h_2 - (N - K)$	0.030	m	
Velocidad en la Sección de Salida	V ₃	$\frac{Q}{C * h_3}$	0.221	m/s	
Pérdidas	hf	$\frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_2 * h_1}$	0.061	m	

1) **Carga piezométrica en tramo convergente (Ha):** Este parámetro representa la altura del agua en la sección del canal antes de que se forme el resalto. Es esencial

para evaluar la energía del flujo en esta etapa y comprender cómo el agua ingresa al área crítica.

- 2) **Carga piezométrica en tramo contraído (H_b):** Esta medida muestra la altura del agua en la sección del canal después de que ha ocurrido el resalto. Es crucial porque refleja cuánta energía queda en el flujo después de pasar por el resalto.
- 3) **Ahogamiento:** El ahogamiento es un indicador crítico al evaluar resaltos hidráulicos. Representa la disminución en la profundidad del flujo debido al resalto. En este caso, el ahogamiento del 17.645% está por debajo del límite del 60%, lo que indica que el diseño cumple con los criterios necesarios para garantizar un funcionamiento adecuado.
- 4) **Velocidad en la sección W_c (V_o):** Esta velocidad representa la velocidad del agua antes de que se forme el resalto. Ayuda a comprender la dinámica del flujo en la entrada del resalto y cómo el agua se comporta en esta zona.
- 5) **Altura de agua antes del resalto (h_1):** La altura del agua antes del resalto es relativamente pequeña, lo que sugiere que el resalto hidráulico es significativo en este tramo del canal.
- 6) **Número de Froude (F):** El valor del número de Froude es útil para determinar el régimen del flujo. En este caso, el valor de Froude de 4.671 indica que el flujo está en el régimen supercrítico, lo que es común en resaltos hidráulicos.
- 7) **Altura de agua en el resalto (h_2):** La altura del agua en el resalto es considerablemente mayor que la altura antes del resalto (h_1). Esto confirma la presencia de un resalto hidráulico en este tramo del canal.
- 8) **Velocidad en el resalto (V_2):** La velocidad en el resalto es menor que la velocidad antes del resalto, como es típico en un resalto hidráulico.
- 9) **Altura de Agua en la Salida del Canal (h_3):** La altura del agua en la salida del canal es menor que la altura en el resalto (h_2), indicando que el flujo se está recuperando gradualmente después del resalto.
- 10) **Velocidad en la sección de salida (V_3):** La velocidad en la sección de salida es menor que la velocidad en el resalto (V_2), lo que muestra una disminución adicional en la velocidad del flujo después de pasar por el resalto.

11) Pérdidas (hf): Las pérdidas en el sistema son relativamente bajas, lo que sugiere que el diseño hidráulico es eficiente en términos de energía y que se minimizan las pérdidas innecesarias de agua.

En conjunto, estos resultados indican que el diseño del canal y la estructura del resalto hidráulico cumplen con los criterios de diseño y las condiciones de flujo deseadas. Este análisis hidráulico proporciona una base sólida para comprender y evaluar el funcionamiento de este sistema en el tratamiento de aguas residuales, lo que es esencial para garantizar un flujo eficiente y seguro del agua a través de la planta de tratamiento.

5.8.3. Tratamiento biológico

Para el tratamiento biológico se propone tanque séptico seguido de filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), debido a que estas unidades son más fáciles de manejar que los reactores de flujo horizontal que actualmente están mal operados y están creando problemas con el tratamiento de las aguas residuales del residencial.

- **Tanques sépticos:** En la propuesta de mejora y ampliación de la planta de tratamiento, se han incluido tres tanques sépticos de dos cámaras en paralelo. Estos tanques sépticos desempeñan un papel fundamental en el tratamiento preliminar de las aguas residuales. Aquí te proporciono los detalles de su diseño y dimensiones:
- **Profundidad útil:** Cada tanque séptico tendrá una profundidad útil de 3.0 metros. Es importante destacar que la profundidad total, incluyendo el borde libre, será de 3.3 metros. Esto proporciona espacio suficiente para la separación y la sedimentación de los sólidos contenidos en las aguas residuales.
- **Dimensiones:** Cada tanque séptico tendrá un ancho de 3.0 metros y una longitud de 6.69 metros. La primera cámara de cada tanque tendrá una longitud de 4.46 metros, mientras que la segunda tendrá una longitud de 2.23 metros.

Estas dimensiones han sido cuidadosamente calculadas para asegurar la eficiente separación de los sólidos y el tratamiento adecuado de las aguas residuales.

Los cálculos hidráulicos se muestran a continuación.

Tabla N°. 14: Tanque séptico

Tanque Séptico		
Parámetro	Unidad	TS I
Temperatura promedio mínima del aire	°C	25
Temperatura	°C	27.6
Producción de agua residual por persona	l/per/día	120.0
Número de personas		600
Caudal de Agua Residual	l/d	833
Volumen de sedimentación		
Tiempo de sedimentación calculado	Calculado (d)	0.043
	días	0.25
	horas	6.00
Tiempo de sedimentación adoptado (mínimo 0.2 si trata todas las aguas y 1 día si trata solo aguas de sanitarios)	días	0.25
Volumen de sedimentación	m ³	18.00
Volumen de digestión de lodos		
Tiempo de digestión	días	36.06
Volumen de digestión	m ³	8.66
Volumen de acumulación de lodos digeridos		
Frecuencia de limpieza (cada cuanto se piensa extraer lodos)	años	1.00
r	litros/persona-año	40.00
Volumen de acumulación de lodos digeridos	m ³	24.00
Volumen de acumulación de natas y espumas		
Relación utilizada para volumen de espuma	%	0.40
Volumen de espuma	m ³	9.60
VOLUMEN UTIL TOTAL	m³	60.26
2.2		
Altura o profundidad útil (del fondo hasta el nivel de agua)	m	3.00
Área requerida	m ²	20.09
Relación largo/ancho utilizada (min 2:1 max 4:1)		2.23
2.2		
Ancho	m	3.00
Largo total	m	6.69
Largo primera cámara	m	4.46
Largo segunda cámara	m	2.23

- **Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA):**
- **Diseño y función:** En la propuesta de mejora de la planta de tratamiento, se han incluido tres filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA). Estos filtros desempeñan un papel crucial en el tratamiento biológico de las aguas residuales. A continuación, proporciono detalles sobre su diseño y funcionamiento:
 1. **Altura efectiva:** Cada filtro anaerobio tendrá una altura efectiva de 1.80 metros. Esta altura es fundamental para permitir que el agua residual fluya a través del filtro mientras se somete a un tratamiento biológico anaerobio. Durante este proceso, los microorganismos descompondrán los contaminantes orgánicos en el agua residual en ausencia de oxígeno.

2. Dimensiones: Cada filtro tendrá un ancho de 3.00 metros y una longitud de 5.33 metros de largo. Estas dimensiones se han calculado para proporcionar una superficie de tratamiento adecuada y permitir que el agua residual se distribuya uniformemente a través del filtro.

- **Funcion:** Los filtros anaerobios de flujo ascendente son eficaces para eliminar los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales. En estos filtros, los microorganismos anaerobios presentes en el medio de filtro descomponen la materia orgánica, transformándola en subproductos más estables. Este proceso contribuye significativamente a la purificación del agua residual antes de continuar su tratamiento en etapas posteriores.

Tabla N°. 15: FAFA

Filtro anaeróbico		
Tiempo de retención hidráulico	días	0.25
Volumen efectivo del filtro anaeróbico	m ³	28.80
Volumen del tanque que contiene el filtro	m ³	28.80
Borde libre	m	0.20
Altura del falso fondo	m	0.30
Altura de la pérdida de carga	m	0.10
Altura efectiva del filtro	m	1.80
Área requerida del filtro	m ²	16.00
Ancho del filtro	m	3.00
Longitud del filtro	m	5.33

Se propone utilizar los canales con plantas de ciénega, dándole el mantenimiento adecuado, cosechando las plantas para que no envejeczan y mueran, aportando mayor cantidad de materia orgánica al agua residual.

Con el caudal medio actual de 2.20 l/s, el tiempo de retención es de:

$$t_r = \frac{30}{2.2 * \frac{86400}{1000}} = 0.16 \text{ días} = 3.79 \text{ h}$$

5.8.4. Aprovechamiento de la infraestructura existente

La propuesta de mejora de la planta de tratamiento considera la optimización de la infraestructura existente. Aunque el período de retención en los reactores biológicos sea menor que el requerido por las normas nacionales, se buscará maximizar su eficiencia y rendimiento dentro de las limitaciones actuales.

El efluente de las plantas de ciénegas pasa a la zona de desinfección existente para reducir la concentración de coliformes fecales de acuerdo con el límite máximo establecido en el Artículo 24 del Decreto N° 21-2017, que es 1×10^4 NMP/100 ml. Por lo que se propone reactivar el compartimiento para la desinfección, aprovechando la estructura existente que se muestra en la figura N° 11.

Figura N°. 11: Estructura existente para la desinfección



El caudal medio es de 2.20 l/s, el agua ya es tratada, se propone una dosis de 5 mg/l, como promedio de lo requerido por el efluente de una zanja de oxidación. Se utilizará hipoclorito de calcio en forma de pastilla colocándolo en el punto de entrada a la estructura de desinfección.

- **Posible ampliación:** En el futuro, si es necesario, se podría considerar la ampliación de la infraestructura para cumplir con los requisitos de retención

hidráulica establecidos por las normativas. Esta ampliación estaría en línea con el crecimiento de la población y la demanda de tratamiento de aguas residuales.

La clave para el éxito será la gestión cuidadosa y el monitoreo constante de la planta de tratamiento para asegurar que las aguas residuales reciban un tratamiento adecuado y cumplan con las regulaciones ambientales.

- **Sistema de bombeo:** Con el caudal medio de 2 l/s y caudal máximo de 6 l/s, se evalúa el cárcamo de bombeo y las bombas de agua residual del efluente de la PTAR. Para esas condiciones se necesita una bomba de 0.50 HP (CTD: 2.18 m, Q: 6 l/s). Las dimensiones mínimas del cárcamo de bombeo son: 0.80 m x 0.80 m x 1 m de profundidad.

Por lo que el cárcamo de bombeo existente cumple con esas condiciones. Los cálculos se muestran en la tabla N° 16.

Tabla N°. 16: Dimensiones del cárcamo de bombeo

DISEÑO DE ESTACIÓN DE BOMBEO					
CÁLCULO	SÍMBOLO	FÓRMULA	VALOR	UNIDAD	CRITERIOS
Caudal Medio	Qm		2.000	l/s	
Caudal Mínimo	Qmin		0.400	l/s	
Caudal máximo	Qmáx		6.000	l/s	
POZO DE BOMBEO (Pozo Húmedo)					
Tiempo de Func. a Qmin	Tf(min)		1.8	min	Asumido
Factor de aumento de Caudal de Bombeo	m	$m = \frac{Q_{max} + Q_{min}}{Q_{max}}$	1.1		1.1 - 2.0
Caudal de Bombeo (Capacidad de la bomba)	Qb	$m * Q_{máx}$	6.60	l/s	
			104.61	Gal/min	
Relacion Qmin/Qmáx	η	$\eta = \frac{Q_{min}}{Q_{max}}$	0.07		
Tiempo de Paro a Qmin	Tp(min)	$tp(min) = \frac{tf(min) / \eta}{m - \eta}$	26.1	min	< 30, Cumple
Volumen del Pozo Cárcamo	Vc	$tp(min) * Q_{min}$	627.10	litros	
			0.627	m ³	
Duración de Ciclo a Qmin	Tc(min)	$Tf(min) + Tp(min)$	27.93	min	
Ciclos Horarios a Qmin	Nc(min)	$60 / Tc(min)$	2.1	ciclos/hr	< 12, Cumple
Tiempo de Paro a Qmáx	Tp(máx)	$tp(min) * \eta$	1.74	min	< 30, Cumple
Tiempo de Func. a Qmáx	Tf(máx)	$tf(min) = \frac{tp(máx)}{m - 1}$	17.4	min	
Ciclos Horarios a Qmáx	Nc(máx)	$K = \frac{60(m - 1)}{m * tp(max)}$	3.13	ciclos/hr	< 12, Cumple
Volumen Mínimo del Pozo Cárcamo	Vc	$tp(máx) * Q_{máx}$	627.10	litros	
			0.627	m ³	
Dimencionamiento de Pozo de húmedo					
Ancho	Bp		0.80	m	Asumido
Largo	Lp		0.80	m	Asumido
Altura Mínima	HPmin	$Vc / (Bp * Lp)$	0.98	m	

Tabla N°. 17: Selección de la potencia de la bomba

CÁLCULO	SÍMBOLO	FÓRMULA	VALOR					UNIDAD
Caudal de Bombeo (Capacidad de la bomba)	Q _b	$m^3 Q_{máx}$	6.600					l/s
			104.61					Gal/min
Elevación Mínima de Agua en Pozo Cárcamo	H _{abs.}		79.50					msnm
Elevación de Descarga en Caja de Recolección	H _{desc.}		81.20					msnm
Altura Estática (Altura Geométrica de Impulsión)	H _d	H _{desc.} - H _{abs.}	1.70					m
Diámetro Propuesto	φ		2	4	6	8	10	pulg.
Recorrido Total de Tubería	L _r		37.82					m
1 Válvula de Retención			4.2	6.4	12.5	16.0	20.0	mca
1 Válvula de Compuerta			0.4	0.7	1.1	1.4	1.7	mca
3 Codos de 90° Radio Corto			5.1	10.2	14.7	19.2	23.7	mca
2 Codos de 90° Radio Largo			2.2	4.2	6.8	8.6	11.0	mca
1 Codos de 45°			0.8	1.5	2.3	3.0	3.8	mca
1 T de Paso			1.1	2.1	3.4	4.3	5.5	mca
Longitud Total Equivalente	L _{Te}		51.620	62.92	78.620	90.320	103.520	mca
Coefficiente de Rugosidad Relativa	C		150					
Pérdida en Impulsión	H _f	$\frac{1.2 * 10.67 * Q_b^{1.85} * L_{te}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$	11.566	0.482	0.084	0.024	0.009	mca
Carga Total Dinámica	CTD	H _d + H _f	13.27	2.182	1.78	1.72	1.71	mca
Eficiencia de Bomba y Motor	ε		0.56					
Potencia Requerida para Bomba	P _{t'}	$1.2 * \frac{Q_b * CTD}{76 * \epsilon}$	2.47	0.406	0.33	0.32	0.32	HP
Potencia Propuesta para Bomba	P _t		2.5	0.500	0.5	0.5	0.5	HP

VI. PRESUPUESTO

PROYECTO																
PRESUPUESTO BASE RÍO DE AGUAS VIVAS																
ETA PA	SUB- ETAP A	DESCRIPCION	U/M	Cantidad	COSTOS UNITARIOS C\$					COSTO TOTAL UNITARIO C\$	COSTOS TOTALES C\$					COSTO TOTAL C\$
					Material C\$	Mano de obra C\$	Sub contrato C\$	Equipo C\$	Transp. C\$		Material C\$	Mano de obra C\$	Sub contrato C\$	Equipo C\$	Transp. C\$	
		NOMBRE DEL AMBIENTE														
010		PRELIMINARES														C\$ 10,845.42
	01	TRAZO Y NIVELACION	m2													C\$ 6,971.13
		Área de la PTAR	m2	48.31	45.00	99.30			C\$ 144.30	2,173.95	4,797.18				-	C\$ 6,971.13
	02	DEMOLICIONES Y DESINSTALACIONES	Unidad													C\$ 3,734.70
		Demoler manualmente caja de registro ubicada a la salida de cafetín, donde se ubicará trampa de grasa, ver planos constructivo HS-01	Unidad	2.95		1,116.00			150.00	C\$ 1,266.00	0.00	3,292.20	0.00	0.00	442.50	C\$ 3,734.70
	03	LIMPIEZA	m2													C\$ 139.59
			m2	2.97		27.00			20.00	C\$ 47.00		80.19			59.40	C\$ 139.59
020		MOVIMIENTO DE TIERRA														C\$ 118,624.79
	01	DESCAPOTE Y CORTE	m2													C\$ 4,615.20
		Descapote y corte para PTAR (Tanque séptico + filtros anaerobios)	m2	38.46		120.00				C\$ 120.00		4,615.20			0.00	C\$ 4,615.20
	02	EXCAVACIÓN	m3													C\$ 66,490.69
		natural de 0.00 a mayor de 1.0 m x 1.0 m, Prof. de 4.0 m a 5.0 m	m3	154.59		353.78				C\$ 353.78		54,690.85			0.00	C\$ 54,690.85
		Excavación manual en terreno natural de 0.00 a mayor de 1.00 m x 1.00 m, Prof.= de 1.0 m a 2.0 m, para la tubería de drenaje	m3	16.00	502.50	194.99			40.00	C\$ 737.49	8,040.00	3,119.84			640.00	C\$ 11,799.84
	03	RELLENO Y COMPACTACIÓN	m3													C\$ 47,518.90
		Relleno y compactación con material selecto al 95% proctor para PTAR (Tanque séptico + filtros anaerobios)	m3	50.62	440.00	335.64				C\$ 775.64	22,272.80	16,990.10				C\$ 39,262.90
		Relleno y compactación con material selecto al 95% Proctor para instalar tuberías de drenaje	m3	12.80	440.00	205.00				C\$ 645.00	5,632.00	2,624.00				C\$ 8,256.00
040		ESTRUCTURA DE CONCRETO														C\$ 271,287.22
	02	Tanques Sépticos y filtros	m3													C\$ 271,287.22
		Concreto de 4000 psi, elaborado con mezcladora. Reforzada con hierro #5 y #6 según muestran los planos constructivos	m3	27.94	4,463.83	250.00			1,504.44	C\$ 6,218.27	124,719.41	6,985.00			42,034.05	C\$ 173,738.46
		Losa perforada de concreto de 4000 psi 3.20 x 2.15 m para sostener medio filtrante en los filtros	m3	15.99	4,463.83	132.34			1,504.44	C\$ 6,100.61	71,376.64	2,116.12			24,056.00	C\$ 97,548.76
050		MAPOSTERIA														C\$ 46,585.61
	01	Tanques Sépticos y filtros	m3													C\$ 46,585.61
		Medio filtrante piedra triturada de 3/4" en tanque séptico	m3	28.78	1,560.68	58.00				C\$ 1,618.68	44,916.37	1,669.24				C\$ 46,585.61
070		ACABADOS														C\$ 84,662.68
	02	Tanques Sépticos y filtros	m3													C\$ 84,662.68
		Acabados de paredes	m2	139.71	91.43	180.00				C\$ 271.43	12,773.69	25,147.80				C\$ 37,921.49
		Impermeabilización de paredes, sikaguard 62 CO o similar	m2	118.75	353.61	40.00				C\$ 393.61	41,991.19	4,750.00				C\$ 46,741.19

CONCLUSIONES

Durante el análisis y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales "Residencial Ríos de Agua Viva" ubicada en Sabana Grande, Managua, se han identificado varios hallazgos significativos:

- 1. Sobrecarga de la planta:** La planta de tratamiento está operando con una sobrecarga significativa, ya que se diseñó originalmente para una población de 140 viviendas, pero actualmente se encuentra recibiendo aguas residuales de al menos 180 viviendas, lo que equivale a aproximadamente 1080 habitantes. Esta sobrecarga afecta la eficiencia del tratamiento.
- 2. Mantenimiento deficiente:** Se superviso un mantenimiento deficiente en varias unidades de la planta, incluidos los sistemas de tratamiento preliminar, desarenadores y reactores biológicos. La acumulación de desechos en estas áreas compromete el rendimiento de la planta.
- 3. Período de retención insuficiente:** El período de retención hidráulica en los reactores biológicos es considerablemente menor que el requerido por las normas nacionales. Esto podría estar contribuyendo a un rendimiento deficiente en la remoción de contaminantes.
- 4. Falta de desinfección:** La planta carece de un sistema de desinfección para reducir los coliformes fecales a los niveles exigidos por las regulaciones nacionales. Esto representa un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.

Se identificaron los diferentes procesos que se dan en la planta de tratamiento actual, se determinó cuáles de ellos están funcionando y cuales están en abandono, que problemas se están presentando en cada una de las unidades que forma la planta de tratamiento.

- **Caudal esperado con la ampliación:**

El caudal esperado con la ampliación de la planta se calcula en 2,20 l/s como caudal medio y 6,20 l/s como caudal máximo. Estos valores se basan en la proyección de una población de 240 viviendas con un promedio de 6 habitantes por vivienda.

- **Evaluación hidráulica y cumplimiento normativo:**

Se evaluaron hidráulicamente las unidades de la planta de tratamiento, teniendo tiempos de retención algunas unidades como el canal con planta de ciénegas.

- **Cumplimiento normativo:** Es alentador saber que, según los ensayos de laboratorio realizados en agosto de 2022, la planta de tratamiento cumple con el artículo 26 del Decreto N° 21-2017. Este artículo establece los rangos y valores máximos permisibles para los vertidos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico. El cumplimiento normativo es esencial para garantizar que el efluente tratado no cause impactos negativos en el medio ambiente ni represente riesgos para la salud pública.

Se dimensionaron las unidades de tratamiento para mejorar la eficiencia de la misma, cambiando el tratamiento biológico principal debido a que el actual no está funcionando.

- **Continuidad del monitoreo:** A pesar de que se han identificado mejoras y se han propuesto recomendaciones para la planta, es crucial mantener un monitoreo continuo del rendimiento de la planta y llevar a cabo pruebas periódicas para garantizar el cumplimiento continuo de las normativas ambientales.
- **Planos constructivos y presupuestos:** Uno de los logros clave de este proyecto es la elaboración de planos constructivos en AutoCAD para la planta de tratamiento propuesta. Estos planos proporcionarán una guía visual detallada para la construcción y futuras operaciones de la planta. La representación gráfica de la planta es esencial para garantizar que se sigan las especificaciones y que todos los elementos se instalen de manera adecuada.

Además de los planos constructivos, se ha elaborado un presupuesto que detalla los costos estimados asociados con la construcción y mejoramiento de la planta. Este presupuesto es una herramienta valiosa para la planificación financiera y la asignación de recursos.

ANEXO A-1

A-1 Manual de Operación y Mantenimiento

8.1. Objetivos del Manual de Operación y Mantenimiento

8.1.1. Objetivo General

El objetivo principal del Manual de Operación y Mantenimiento es proporcionar a todo el personal encargado de la operación y el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del residencial Ríos de Agua Viva los conocimientos, herramientas e instrumentos necesarios para llevar a cabo de manera eficiente. las tareas relacionadas con el sistema de tratamiento de agua residual.

8.1.2. Objetivos específicos

- 1) Orientar al personal de mantenimiento en la solución de problemas específicos que se presentan en la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de agua residual.
- 2) Asegurar la operación del sistema de tratamiento de agua residual a fin de que la planta trabaje eficiente y el efluente de la misma cumpla al menos con los valores límites exigido en el Decreto N° 21-2017.

8.2. Introducción

El manejo y el mantenimiento de la planta de tratamiento debe estar basada en manuales de operación y mantenimiento en donde se identifiquen los procesos que hagan posible el funcionamiento óptimo, eficiente y efectivo de la planta sin que se produzcan interrupciones debidas a fallas de cualquiera de los elementos, procesos u operaciones ocasionado por una deficiente operación o mantenimiento.

El presente documento "Manual de Operación y Mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual", incluye las experiencias de los últimos años sobre la operación y mantenimiento de pequeños sistemas de tratamiento de agua residual.

En este documento se describen las principales actividades que se deben realizar para la operación y mantenimiento de los elementos componentes de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, los cuales son: trampa de grasa, caja de registro sanitario, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente, filtros de ascendente del mismo medio filtrante que el FAFA y pozo de absorción, para los diferentes sistemas, con el propósito de prevenir

el deterioro, asegurando la vida útil de los mismos y evitar las interrupciones del funcionamiento de la planta, para brindar un servicio satisfactorio.

Este Manual sea de utilidad para los Administradores del Sistema y al personal involucrado directamente en las actividades de Operación y Mantenimiento.

- **Operación y Mantenimiento:** La experiencia demuestra que, en los países en vías de desarrollo, uno de los mayores problemas es la selección de la tecnología, la cual debe ser adecuada a las condiciones de la comunidad y a la capacidad operativa de su operador. A veces, se encuentra que la tecnología resulta adecuada, pero que fracasa por una inadecuada operación o mantenimiento, la misma que se ve agravada por la ausencia o insuficiencia de registros, procedimientos inadecuados de manejo de datos, ausencia de informes periódicos o falta de equipamiento de laboratorio.

La operación es la forma de realizar o llevar a cabo una labor con el fin que los equipos, procesos u operaciones se realicen de manera correcta para lograr el máximo rendimiento de los mismos.

A su vez, el mantenimiento es la labor de reparar o restaurar un equipo, una estructura, un proceso o una operación de tal forma que el rendimiento proyectado o esperado del mismo sea efectivo, seguro y realizado con economía para el bien de la comunidad a la cual se atiende. El mantenimiento puede analizarse dentro de tres tipos básicos:

- 1) **Correctivo:** Son intervenciones no programadas dirigidas a devolver al equipo, estructura, proceso u operación averiada a su estado operacional que tenía antes que el defecto fuera descubierto.
- 2) **Preventivo:** Son las intervenciones periódicas de cuidado e inspección programadas para prever la falla y prolongar el funcionamiento adecuado de las obras.
- 3) **Predictivo:** Es la sustitución de piezas cuando es posible predecir su falla por antigüedad o condiciones de trabajo.

8.3. Tanque séptico

8.3.1. Función

El tanque séptico es un depósito en donde el material sedimentable que contienen las aguas residuales se decanta produciendo un líquido libre de sedimentos que puede infiltrarse con facilidad en el subsuelo. De esta manera, la función del tanque séptico es la de proteger y conservar la capacidad de absorción del subsuelo por largo tiempo facilitando la adecuada disposición de las aguas residuales domésticas.

El material sedimentable decantado se descompone bajo condiciones anaeróbicas por acción de los microorganismos presentes en las aguas residuales disminuyendo su volumen original y la fracción orgánica, dando como resultado el aumento en el contenido de sólidos totales.

El proceso de descomposición de la materia sedimentable y la presencia de aceites y grasas da origen a la formación de natas que se ubican en la parte superior del tanque y a la producción de gases que deben ser eliminados a través de las instalaciones sanitarias. A fin de facilitar la decantación del material sedimentable y evitar el escape de las natas y de los sólidos removidos, tanto a la entrada como a la salida del tanque séptico se colocan placas o tubos deflectores.

La falta de control en el funcionamiento de los tanques sépticos puede conducir a que las bacterias formadoras de metano, que juegan un papel importante en el proceso de estabilización de la materia orgánica, no permanezcan el tiempo necesario en el tanque como para cumplir con su función mineralizadora de manera completa.

8.3.2. Funcionamiento

- 1) Eliminación y digestión de sólidos
- 2) Tratamiento biológico
- 3) Almacenamiento de natas y lodos

De otra parte, los factores de mayor incidencia en el funcionamiento de los tanques sépticos son:

- Características del agua residual
- Uniformidad de la temperatura de digestión
- Tratamiento previo de remoción de grasa y de sólidos sedimentables

- Diseño y construcción del tanque.

Los tanques sépticos, como la mayor parte de las plantas de tratamiento de aguas residuales se construyen para acondicionar desechos domésticos, por lo que no es recomendable la descarga de grandes cantidades de productos químicos hacia los tanques séptico porque inhibirá la digestión de los lodos sedimentados y consecuentemente puede producir la liberación de malos olores o la incrustación o corrosión de las paredes de la tubería que conduce las aguas residuales hacia el tanque séptico.

La presencia de grandes cantidades de grasas en las aguas residuales también afecta el funcionamiento de los tanques sépticos por lo que se hace necesario la construcción de trampas de grasas en aquellas instalaciones cuyas aguas residuales son ricas en estos elementos, caso de lavanderías, restaurantes, panaderías, fábricas de embutidos, etc.

La aplicación de cloro solo se recomienda ejecutar cuando la descarga del efluente del tanque séptico o de las zanjas de filtración son descargados a un cuerpo o curso de agua.

8.3.3. Operación y control

- **Arranque:** Antes de poner en funcionamiento el tanque séptico, este debe ser llenado con agua y si fuera posible, inoculado con lodo proveniente de otro tanque séptico a fin de acelerar el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos. Es aconsejable que la puesta en funcionamiento se realice en los meses de mayor temperatura para facilitar el desarrollo de los microorganismos en general.
- **Inspección y evaluación:** El tanque séptico debe inspeccionarse cada año, cuando se trate de instalaciones domésticas y cada seis meses en el caso de establecimiento públicos como escuelas, industrias o comercios. Al abrir el registro del tanque séptico para efectuar la inspección o la limpieza, se debe tener el cuidado de dejar transcurrir un tiempo hasta tener la seguridad que el tanque se haya ventilado lo suficiente porque los gases que en ella se acumulan pueden causar asfixia o ser explosivos al mezclarse con el aire. Por ello nunca debe encenderse fósforo o cigarrillo cuando se apertura un tanque séptico.

Los tanques sépticos se deben limpiar antes que se acumulen demasiada cantidad de lodos y natas, ya que su presencia por encima de determinados niveles conduce a que puedan ser arrastrados a través del dispositivo de salida obturando el campo de infiltración.

Cuando esto último sucede, el líquido aflora en la superficie del terreno y las aguas residuales se represan y en casos extremos el agua residual puede inundar la vivienda o a la edificación. Cuando se llega a estos extremos, no sólo es necesario limpiar el tanque séptico, sino que además será necesario construir un nuevo campo de infiltración.

El tanque séptico se ha de limpiar cuando el fondo de la capa de nata se encuentre a unos ocho centímetros por encima de la parte más baja del deflector o prolongación del dispositivo de salida o cuando la capa de lodos se encuentre a 0.30 m por debajo del dispositivo de salida.

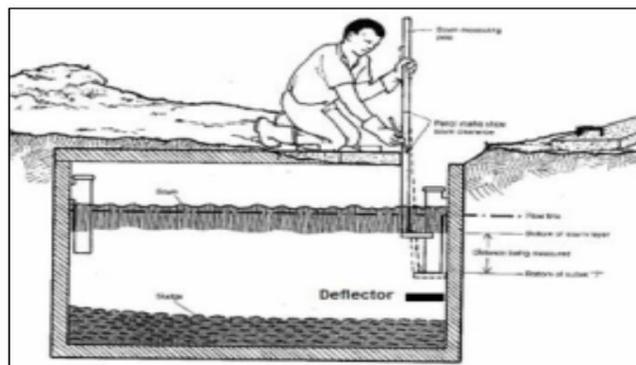
La presencia de turbiedad en el líquido efluente con la presencia de pequeñas partículas de sólidos sedimentables es un síntoma que la nata o los lodos han sobrepasado los límites permisibles y se está afectando severamente el sistema de infiltración, por lo que deberá programarse de inmediato su limpieza, ya que el volumen ocupado por la nata y el lodo ha hecho disminuir el período de retención del agua dentro del tanque séptico conduciendo a una menor eficiencia del material sedimentable.

Por ello, es una buena práctica disponer de una caja intermedia entre el tanque séptico y el pozo de infiltración para observar la calidad de efluente drenado por el tanque séptico.

El espesor de la nata se puede medir con un listón de madera en cuyo extremo lleve fijada una aleta articulada.

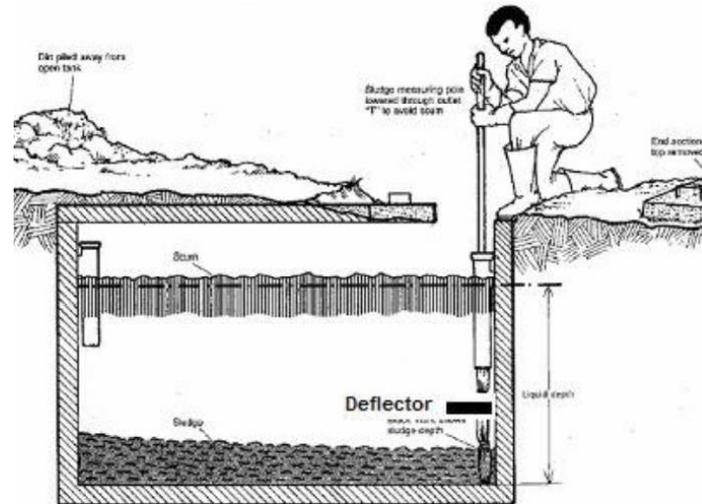
El listón se fuerza a través de la capa de nata hasta llegar la zona de sedimentación en donde la aleta se desplazará a la posición horizontal. Al levantar el listón suavemente, se podrá determinar por la resistencia natural que ofrece la nata, el espesor de esta. Este mismo dispositivo puede ser empleado para determinar el nivel bajo del deflector o de la prolongación del dispositivo de salida.

Figura N°. 1-A: Estructura existente para la desinfección



Para determinar el espesor de lodo y la profundidad del líquido, se emplea un listón de madera en cuyo extremo tenga enrollado una tela tipo felpa (material del cual se fabrican las toallas) en una longitud de aproximadamente un metro. Este dispositivo se hace descender hasta el fondo del tanque a través del dispositivo de salida para evitar la interferencia de la capa de nata. Luego de mantener el listón por un minuto, se le retira cuidadosamente y las partículas de lodo quedarán adheridas sobre el enrollado de felpa, permitiendo determinar el espesor de la capa de lodos.

Figura Nº. 2-A: Forma de medir el nivel del lodo en el tanque



Con estas tres determinaciones:

- 1) Espesor de la capa de nata
 - 2) Espesor de la capa de lodo
 - 3) Ubicación del nivel del deflector o prolongación del dispositivo de salida, se podrá determinar el momento de la limpieza del tanque séptico.
- **Limpieza:** La limpieza inicial o el intervalo entre dos de limpieza consecutivas dependen de la intensidad de uso del tanque séptico, por que cuanto mayor es el uso, menor será el intervalo entre limpiezas. Normalmente, se recomienda limpiarlo una vez por año, pero ello depende de su diseño.

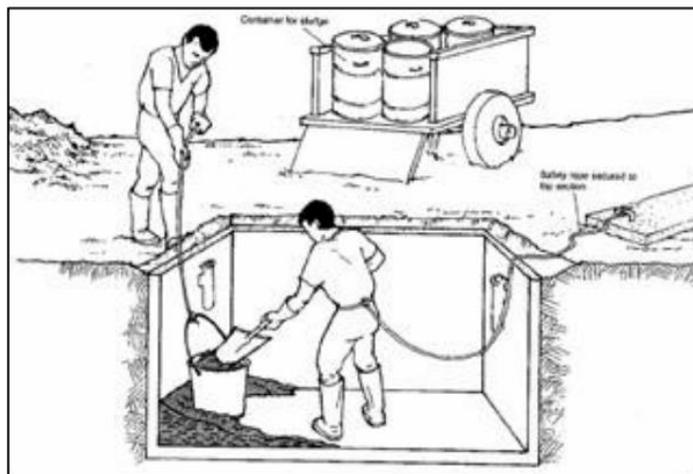
El dispositivo más empleado para la remoción del lodo del tanque séptico es el carro cisterna equipado con bomba de vacío y manguera. El retiro de los lodos se realiza hasta el momento en que se observe que el lodo se torna diluido. En pequeñas instalaciones, la

limpieza se puede ejecutar con un recipiente dotado de un mango largo para retirarlo del interior del tanque séptico o mediante una bomba manual que descargue a un recipiente o a un camión tanque.

Para facilitar el retiro de la nata, poco antes del retiro del lodo, se esparce en su superficie cal hidratada o ceniza vegetal y luego, con la ayuda de un listón de madera se procede a mezclarlo. Esto inducirá a que gran parte de la espuma se precipite e integre al lodo facilitando de esta manera su retiro. La parte remanente podrá ser retirada con la ayuda de un cucharón a través de la tapa de inspección.

Durante la limpieza del tanque séptico, por ningún motivo se debe ingresar al tanque hasta que se haya ventilado adecuadamente y eliminado todos los gases, a fin de prevenir los riesgos de explosiones o de asfixia de los trabajadores. Cualquier persona que ingrese al interior de un tanque séptico debe llevar atada a la cintura una cuerda cuyo extremo lo mantenga en el exterior del tanque una persona lo suficientemente fuerte como para izarla en el caso de que los gases del tanque lo lleguen a afectar.

Figura N°. 3-A: Método para la extracción de lodos del tanque séptico



Una vez retirado el lodo, el tanque séptico no debe ser lavado o desinfectado y más bien se debe dejar una pequeña cantidad de lodo como inóculo para facilitar el proceso de hidrólisis de las nuevas aguas residuales que han de ser tratadas.

Los lodos extraídos deben ser dispuestos en una planta de tratamiento de aguas residuales para su acondicionamiento final o enterrado convenientemente en zanjas de unos 60 centímetros de profundidad.

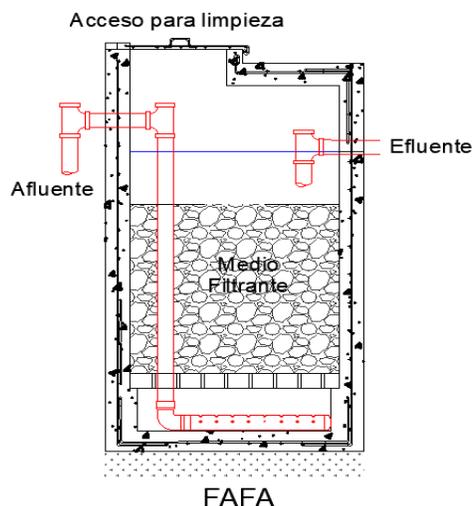
Las personas encargadas del mantenimiento y conservación de los tanques sépticos deberán emplear herramienta y accesorios para el tipo de trabajo. Debe usar guantes y botas de hule.

- **Abandono de la obra:** En el caso de abandono de un tanque séptico, es recomendable que se le rellene con tierra o piedras para evitar que se convierta en un foco infeccioso o en madriguera de animales indeseables.
- **Control de calidad:** El control de la calidad de las aguas residuales efluentes se ejecuta mediante la cuantificación de los lodos sedimentables ejecutado en cono Imhoff y de la carga orgánica o demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5). Esta última prueba ayuda a determinar la eficiencia del proceso de tratamiento y que para el caso de los tanques sépticos el porcentaje de remoción de la carga orgánica debe estar está comprendida entre el 30 al 40%.

8.4. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Un filtro anaerobio es un reactor biológico de lecho fijo con una o más cámaras de filtración en serie. Conforme las aguas residuales atraviesan el filtro, las partículas son atrapadas y la materia orgánica es degradada por la biomasa activa adjunta a la superficie del material del filtro.

Figura N°. 4-A: Perfil de un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)



Dentro de las cámaras filtrantes se crea una capa biológica formada por microorganismos que se adhiere a los materiales filtrantes, generalmente porosos, en donde se realiza la descomposición de la materia orgánica en un proceso de oxidación.

Esta tecnología es utilizada para tratar el efluente de sedimentadores posteriores al pretratamiento, ya que estos remueven los sólidos que pueden obstruir el filtro. Los filtros anaerobios generalmente operan en modo de flujo ascendente, ya que así hay menos riesgo de que se lave la biomasa.

Con esta tecnología, la eliminación de materia orgánica (DBO_5) y sólidos en suspensión puede ser casi 90%, pero suele ser de 50% al 80%. La eliminación de nitrógeno es limitada y normalmente no supera el 15%, en términos de nitrógeno total.

El filtro anaerobio puede utilizarse para tratamiento secundario, con el fin de reducir el índice de carga orgánica para posteriores pasos en el tratamiento aerobio, o para tratamiento final. Esta tecnología es conveniente para áreas donde no hay mucho terreno, ya que el tanque suele instalarse bajo tierra y requiere un área pequeña. La accesibilidad para un camión aspirador es importante, así como las capacidades y recursos, ya que la tecnología requiere desenlodado.

Como tecnología de los sistemas tratamiento de aguas negras con infiltración, con conducción del efluente y de tratamiento semi centralizado, el FAFA es más adecuado donde se genera una cantidad relativamente constante de aguas negras y aguas grises, como lo son los poblados con suficiente disposición de agua con capacidades y recursos. También puede aplicarse como tecnología in-situ en poblados con escasa disposición de agua, como parte del sistema de conducción del efluente. El FAFA forma parte de la batería de tecnologías para tratar el efluente de la separación líquido-sólido de los lodos en una planta de tratamiento de lodos, por ejemplo, el lixiviado de un relleno sanitario, por lo que también forma parte del sistema de cámara simple. Sin embargo, esto es posible sólo si la comunidad cuenta con una entidad que vacíe las cámaras, transporte y trate el lodo.

Los filtros anaerobios pueden instalarse en todo tipo de clima, aunque su eficacia es menor en climas más fríos. No son eficientes para la eliminación de nutrientes ni de patógenos.

Sin embargo, dependiendo del material del filtro, puede lograrse la eliminación total de huevos de helminto. El efluente suele requerir tratamiento adicional.

8.4.1. Consideraciones de diseño

El nivel de agua debe cubrir al medio filtrante al menos en 0.30 m para garantizar un régimen de flujo uniforme. El tiempo de retención hidráulica (TRH) es el parámetro de diseño que más influye en el rendimiento del filtro. Se recomienda un TRH de 12 a 36 h.

El filtro ideal debe tener una superficie amplia para que las bacterias crezcan, con poros lo suficientemente grandes para evitar atascos. La superficie garantiza un mayor contacto entre la materia orgánica y la biomasa adjunta que la degrada. Idealmente, el material debe proporcionar entre 90 y 300 m² de superficie por cada metro cúbico de volumen del reactor ocupado. Los tamaños usuales de materiales del filtro van de 12 a 55 mm de diámetro. Los materiales comúnmente usados incluyen gravas, rocas o ladrillos machacados, ceniza, piedra pómez o piezas de plásticos especiales, dependiendo de la disponibilidad local.

La conexión entre las cámaras puede diseñarse con tubos verticales o deflectores. La accesibilidad a todas las cámaras es necesaria para el mantenimiento. El tanque debe ventilarse para evitar una liberación de gases posiblemente dañina u olorosa.

8.4.2. Aspecto de salud y aceptación

Bajo condiciones normales de funcionamiento, los usuarios no entran en contacto con el afluente o efluente. El efluente, la espuma y el lodo deben manejarse con cuidado, ya que contienen altos niveles de organismos patógenos. El efluente contiene compuestos olorosos que pueden eliminarse en un posterior paso de tratamiento final. Cuando se tratan efluentes provenientes de aguas negras, se debe tener cuidado al diseñar y ubicar el tanque para que los olores no molesten a la comunidad.

8.4.3. Operación y mantenimiento

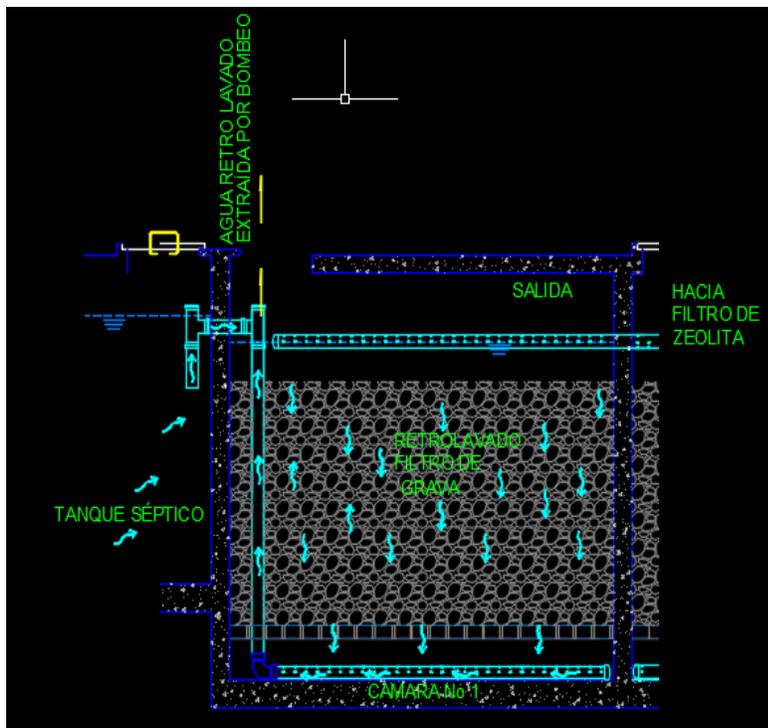
Un filtro anaerobio requiere un periodo de puesta en marcha de seis a nueve meses para llegar a la capacidad de tratamiento total, ya que la biomasa anaerobia de crecimiento lento primero debe establecerse en el filtro. Para reducir el tiempo inicial, el filtro puede ser inoculado con bacterias anaerobias; por ejemplo, mediante la aspersion de lodos de la fosa séptica en el material del filtro. El flujo aumentará con el tiempo.

Debido a su delicado equilibrio biológico de funcionamiento, se debe tener cuidado de no descargar productos químicos fuertes en el filtro anaerobio. Los niveles de espuma y lodo deben ser monitoreados para garantizar que el tanque esté funcionando bien. Con el tiempo, los sólidos obstruirán los poros del filtro. De la misma forma, la creciente masa

bacteriana se espesará demasiado, se quebrará y llegará a obstruir los poros. El filtro debe limpiarse cuando reduzca su eficiencia. Esto se logra poniendo el sistema en reversa (retro lavado) o al remover y limpiar el material del filtro. Los tanques de filtros anaerobios deben revisarse periódicamente para garantizar que sigan siendo impermeables.

Para el retro lavado se cierra la entrada de agua desde el tanque séptico y se le agrega agua a presión en sentido contrario (forma descendente) y el agua con el material desprendido, quedará en el fondo del filtro. Para su extracción se utiliza una bomba con tubería de succión introducida en el tubo que entra desde el tanque séptico.

Figura N°. 5-A: Forma de realizar la limpieza de un FAFA



8.5. Manejo y gestión de lodos

8.5.1. Extracción y transporte de lodos

La actividad principal es la recolección de lodos sépticos generados por las unidades de saneamiento de la planta de tratamiento principalmente generadas en el tanque séptico y la trampa de grasa.

8.5.2. Extracción

La remoción de lodos generados en las unidades de la planta se realiza por medio siguiente procedimiento:

Procedimiento manual, utilizando una bomba con tubería de succión, de las bombas que manejan los camiones que prestan el servicio de limpiezas de estas unidades de tratamiento de agua residual.

No.	Actividad
1.0	Programar la extracción de lodos con los encargados de operación y mantenimiento de la Planta de tratamiento de Agua Residual del residencial Ríos de Agua Viva, de acuerdo con los tiempos para la remoción y transporte definidos en el plan elaborado por la empresa de gestión de lodos.
2.0	Identificar previamente (los actores encargados de la recolección y transporte) el tamaño del tanque séptico en operación, así como la cantidad de personas conectadas al sistema de tratamiento, para conocer el volumen de lodos a extraer.
3.0	Abrir las tapas de los registros en el tanque séptico.
4.0	Esperar al menos 15 minutos para liberar los gases acumulados en los tanques.
5.0	Remover las natas y grasas acumuladas en el tanque séptico con baldes y depositarlas en una cisterna o en cualquier recipiente.
6.0	Extraer con bomba de succión un volumen máximo de 80%, dejando un residuo del 20% para que actúe como material inoculante al momento de reanudar la operación del tanque.
7.0	Realizar limpieza (retro lavado o manual donde aplique) del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA), evitando al máximo la manipulación directa.
8.0	Trasladar todo el material extraído en una cisterna, al sitio de la planta modular de tratamiento de lodos (PMTL) territorial o a la PTAR más cercana.

Fuente: Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)

8.6. Herramienta y frecuencia de uso

8.6.1. Herramientas

Es necesario que el área de mantenimiento de la PTAR del residencial Ríos de Agua Viva cuente con los materiales, accesorios y repuestos, así como de las herramientas indispensable para la buena operación del sistema.

A continuación, se indican las principales herramientas y materiales básicas:

- Caja de herramienta
- Alicata o tenaza
- Carretilla de mano
- Cuchara de albañilería
- Cepillo metálico
- Cinta métrica
- Desarmador de ranura
- Desarmador de estrella
- Machete
- Rastrillo
- Pala
- Martillo

Frecuencia / Tiempo	Trabajo a realizar	Materiales y equipos a utilizar
Cada 3 meses / 0.5 h	Limpieza de los predios donde está la planta	Machete, rastrillo
Cada 6 meses / 1 h	Examinar si se ha socavado la tierra de alrededor de la PTAR	Pala, pico, carretilla
Cada 6 meses / 1/2 h	Revisar el interior de la unidad sanitaria, paredes, estructura de acceso, bisagra, tuberías de ventilación	Clavos, martillos, destornilladores, escalera.
Cada 6 meses 15 minutos	Dar un recorrido en la ruta de la tubería de la red sanitaria (entre los servicios que aportan agua residual, las cajas de registros sanitarias, hasta llegar a la planta de tratamiento, además de la tubería de exceso que sale del pozo de absorción. Todo esto para observar si existe humedad o filtración	Pala, pico, rastillo, machete

9. A-2. Especificaciones técnicas

Estas especificaciones técnicas para la construcción del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas de la PTAR del residencial Ríos de Agua Viva, define la calidad de los materiales y equipos a utilizarse en su construcción.

➤ **Definiciones:**

En cualquier parte de estos Documentos en los cuales se usen los términos que se describen a continuación, su intención y significado deberán ser interpretadas de la manera siguiente:

- **El proyecto:** Las Obras del Proyecto de construcción de la planta de tratamiento de agua residual doméstica del residencial de Ríos de Agua Viva.
- **Supervisor:** Profesional contratado por los responsables del residencial Ríos de Agua Viva, para la supervisión técnica de la Obra, actuando dentro del marco de las atribuciones que le serán confiadas.
- **Contratista:** El Oferente a quien este Contrato es adjudicado por los responsables del residencial Ríos de Agua Viva.
- **Sub-Contratista:** Cualquier Empresa Constructora, persona natural o jurídica seleccionada por el Contratista y aprobado por el supervisor designado para efectuar una obra en particular o suplir bienes demandados por el trabajo.
- **Fiador:** La compañía debida y legalmente autorizada para operar en Nicaragua, la cual adquiere obligación con y por el Contratista por el pago de todas las obligaciones para el desarrollo aceptable del trabajo requerido por este Contrato.
- **Laboratorio:** Cualquier laboratorio aprobado por el Supervisor para efectuar pruebas en los materiales que serán incorporados a la obra.
- **Planos:** Los dibujos, planos de detalles, perfiles, cortes, esquemas suplementarios o reproducciones exactas de ellos, suplidos por los responsables del residencial Ríos de Agua Viva y/o aprobados por el Supervisor, que muestren la ubicación, carácter, dimensiones y detalles del trabajo que se ha de hacer.
- **Orden de cambio:** Un convenio escrito entre el Contratante y el Contratista, el cual una vez debidamente ejecutado pasa a formar parte del Contrato. Las órdenes de cambio pueden comprender un aumento o disminución de obras, cambios en la

ubicación de los elementos del sistema y/o en los pagos que se harán bajo el Contrato. Aprobado, Dirigido, Requerido: En cualquier parte de las especificaciones o planos donde se usen las palabras "Aprobado", "Dirigido", u otras palabras que tengan el mismo significado, deberá ser entendido que se necesita la aprobación, dirección o requerimiento del Supervisor.

9.1. Generalidades

9.1.1. Condiciones generales

El contratista en conocimiento de toda la información contenida en los Planos Constructivos, Alcances de obras, especificaciones técnicas, volúmenes de obras, visitas al sitio, preguntas y aclaraciones realizadas durante la Licitación del proyecto y cualquier otra documentación pertinente que la Supervisión haya entregado, antes de comenzar la obra, deberá efectuar en conjunto con sus especialistas un recorrido minucioso en las instalaciones donde se realizarán las obras y deberá consultar con la Supervisión cualquier duda u observaciones que no hayan sido aclaradas anteriormente.

Previamente el contratista durante el período de Licitación de ejecución de las obras del Proyecto estará en la obligación de informar en documento adjunto a su oferta, las obras no previstas en los alcances iniciales suministrados por el dueño. En el presente documento se entenderá que a juicio del Contratista estas obras son sustanciales en costos para el proyecto y que el dueño podrá considerarlas para su análisis y decisión de asignación.

Entendido lo anterior, el Contratista deberá realizar un trabajo de primera clase y será responsable de la ejecución física del proyecto y no se eximirá de ninguna responsabilidad por mala interpretación en los planos y/u otros documentos, a menos que lo haya notificado al Supervisor por escrito y éste lo haya aceptado antes de que el Contratista inicie cualquier parte del trabajo.

El Contratista deberá delimitar las diferentes áreas de construcción de los ambientes de trabajo con cinta de precaución y deberá contar con las medidas de seguridad necesarias para sus trabajadores, quienes deberán portar, en todo momento cascos, guantes, chalecos, gafas y mascara protectora para soldar si fuera necesario. El contratista deberá de garantizar una mano de obra eficiente, el suministro e instalación de los materiales y

otros gastos identificados como necesarios para garantizar los trabajos solicitados, debiendo cumplir siempre las mejores prácticas de ingeniería.

El contratista debe elaborar memorias de cálculo por cada periodo de avalúo, documento que será requisito indispensable para trámite de pago, esta memoria será revisada y aprobada por el Supervisor. Si el contratista considera, durante la ejecución de las obras, que cualquiera de las instrucciones recibidas por el Supervisor implica costo adicional bajo su contrato, dará aviso por escrito en un tiempo razonable, después de recibir tales instrucciones y en todo caso antes de proseguir a ejecutar el trabajo. Finalmente, el Contratista durante el desarrollo del trabajo y a su conclusión, evacuará del sitio de la obra toda la suciedad y material de desperdicio ocasionado como resultado de su trabajo y una vez que haya sido terminada y aceptada la obra descrita, removerá todas las herramientas, andamios y cualquier material excedente. La obra deberá ser entregada a la Supervisión completamente terminada y en condiciones operativas satisfactorias.

El manejo de los materiales y almacenamiento debe efectuarse en tal forma que se les prevenga de toda mancha, daños, deterioros y mezcla con materias extrañas.

Los materiales que vengan en sus empaques originales deben ser guardados en ellos sin abrirlos. Cualquier violación a este respecto podrá causar el rechazo de los materiales.

Los documentos del contrato, que incluyen planos y Especificaciones, son complementarios los unos con los otros, de modo que lo dicho en uno se entenderá como dicho en todos.

Si la contradicción fuere de orden mayor, deberá ser consultado al diseñador por medio del supervisor para la debida aclaración. Para lo que *él* se encargara de solucionar este caso en un plazo no mayor de 10 días.

- **Elevaciones:** Los planos indican las elevaciones del terreno existente y elevaciones finales requeridas. Cualquier excavación, relleno o nivelación adicional requeridos para la completa terminación del trabajo será efectuado por el contratista sin ningún recargo extra.
- **Banco de nivel:** El contratista levantara todos los bancos de nivel, puntos de coordinación y estacas, las cuales deben ser preservados y mantenidas por cuenta del contratista; hasta que el supervisor crea conveniente mantenerlos.

- **Responsabilidad por el terreno:** El contratista tiene la obligación de examinar los planos, estudios geológicos y de suelos, efectuados en el sitio de la obra y asumir completa responsabilidad en el uso y disponibilidad del suelo desde el punto de vista constructivo.
- **Trazado de la obra:** El contratista comprobara las medidas indicadas en los planos, localizando la construcción con precisión en el sitio, de acuerdo con los documentos del Contrato. Niveletas y estacas de nivelación permanecerán en su posición hasta que todas las esquinas y alturas de la edificación hayan sido establecidas permanentemente.

EL CONTRATISTA será responsable de proteger de daños todas las líneas, niveles y puntos de referencia y si se destruyen deberán ser reparados y repuestos por su cuenta. Se notificará a el supervisor, cuando el trazo este sustancialmente terminado y se procederá a la construcción hasta que haya sido aprobado.

La nivelación se extenderá alrededor de la construcción un ancho mínimo de 1 m. La diferencia entre el nivel de piso interior y el nivel del terreno circundante no podrá ser mayor de 10 cm o de acuerdo con la orientación del supervisor

Los taludes formaran con los horizontales ángulos no mayores de 45 grados. El contratista no tomará ventaja de cualquier contradicción que exista en los planos y las especificaciones, en este caso el supervisor dará por escrito en el libro de bitácora la solución más técnica y adecuada para la ejecución de la obra.

9.1.2. Superintendencia

El Contratista supervisará personalmente todo el trabajo y deberá emplear por todo el tiempo que dure el proyecto, un Ingeniero Civil Graduado con especialización en Ingeniería hidrosanitaria, competente, con cinco años de experiencia como mínimo en el ramo que dirija el trabajo y actué durante su ausencia como si fuera el mismo. La experiencia del Residente debe se verificará solamente con actas de recepción final de los proyectos que ha desarrollado, debidamente firmada y sellada por el dueño de la obra y el contratista.

9.1.3. Autoridad del supervisor

El Supervisor decidirá acerca de las cuestiones que puedan presentarse respecto a la calidad y aprobación de todos los conceptos del contrato, de todas las cuestiones que

puedan presentarse respecto a la interpretación de los planos, especificaciones técnicas, ritmo o programa de avance, calidad de los materiales, comportamiento del personal, afectaciones a terceros, etc.

La decisión del Supervisor se fundará en criterios técnicos, tomando en consideración todos los hechos, variaciones inherentes al procedimiento, reglamentos, instrucciones, normas, experiencias obtenidas y otros factores que tengan que ver con el problema.

9.1.4. Seguridad

El contratista deberá contar con equipo de protección necesario (cascos, gafas, chalecos, guantes, botas, mascarillas y equipo de protección para soldadura) para sus trabajadores quienes deberán estar asegurados. El supervisor tendrá la autoridad para solicitar en cualquier momento hoja de inscripción y/o colilla del Instituto de Seguridad Social.

9.2. Notas generales a las especificaciones técnicas

9.2.1. Interpretación de planos

Los trabajos se efectuarán de conformidad con los planos y especificaciones. Si se encuentran discrepancias entre los planos y las especificaciones, deberán someterse a la revisión de la supervisión, debiendo prevalecer el criterio de la sana práctica de ingeniería y garantizar en todo momento la calidad y el correcto funcionamiento de las obras, incluyendo las actividades implícitas para que estas puedan considerarse completamente terminadas.

Ante la presencia de errores u omisiones en los planos y especificaciones, el Contratista deberá informar al Supervisor, con la mayor brevedad, sobre esta situación. Este hará las correcciones e interpretaciones necesarias para el cumplimiento de El propósito de los documentos y su resolución será final. Si el Contratista hubiese procedido a efectuar trabajos que requieran aclaraciones, consultas y/o cambios, sin haber recibido la autorización de El Supervisor para proceder, correrán por su cuenta, riesgo y responsabilidad

9.2.2. Protección y reemplazo de estructuras

Particularmente se le informa al Contratista de que pueden existir tubos o estructuras subterráneas y tuberías cruzadas que no figuran en los planos y que la responsabilidad del

contratista es proceder con cautela en la ejecución del trabajo a fin de prevenir daños a dichas estructuras o tuberías.

El contratista será responsable por todos los daños que ocasione a todas las tuberías y cables existentes, andenes y estructuras sobre o bajo tierra, sea que estén o no indicadas en los planos del contrato; además deberá por su cuenta asumir los gastos de protección de las mismas o repararlas y/o reemplazarlas si estas son dañadas.

9.3.3. Protección de la propiedad pública y privada

El contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para prevenir daños a las estructuras sobre o bajo la tierra y para proteger y preservar la propiedad dentro y adyacente al trabajo. Todo daño causado a terceros e infraestructuras que sea ocasionado por el contratista cuando efectúa los trabajos correrán por cuenta de él.

Para evitar estos daños, debe prevenirlos con señales adecuadas, en zanja con señales luminosas (sean con iluminación mecánica o mechones) estas se encenderán cuando no haya personal trabajando, y cuando no haya visibilidad por oscuridad apangándolas cuando se inicien los trabajos o cuando sea de día.

Estas cercas deben de construirse antes de empezar los trabajos y dar seguridad tanto a los obreros como al personal que se desplaza por esa área.

9.3.4. Facilidades para el tránsito de vehículos y peatones

Los trabajos se realizarán con la menor interrupción posible del tráfico. Todo el desecho esparcido por los camiones del Contratista a su paso sobre los pavimentos y vías que transita o que de cualquier otra manera ha sido depositada sobre los mismos, deberá ser retirada por el Contratista cuando en la opinión del Ingeniero supervisor la acumulación es suficiente para causar la formación de lodo, polvo, interferencia con el tráfico o para convertirse en un peligro para el tráfico.

El contratista deberá construir y mantener, sin costo adicional, puentes adecuados y seguros sobre las excavaciones, en los sitios donde se considere necesario o sea ordenado por el Ingeniero, con el propósito de facilitar el tráfico de peatones o vehículos.

Todas las estructuras temporales construidas con este propósito deberán ser removidas al terminar el trabajo, a menos que el Ingeniero lo especifique de otra manera, y todo daño causado a la propiedad pública o privada deberá ser reparado por el contratista.

9.5.5. Barricadas, avisos preventivos y luces

El contratista deberá proveer y mantener avisos preventivos luminosos y señales de desvío adecuadas en todos los cierres y a lo largo de todos los desvíos, dirigiendo el tráfico alrededor de los tramos cerrados, de manera que las rutas temporales de desvío estén claramente señaladas a través de toda su longitud. Todas las barricadas deberán estar provistas de luces espaciadas a distancias no mayores de dos metros no debiendo usarse menos de tres (3) luces.

Las luces podrán ser de batería o combustible, resistentes al viento y la lluvia, aprobadas por el Ingeniero. Todas las luces deberán permanecer encendidas desde media hora antes de la puesta del sol, hasta media hora después de la salida del mismo. Los vigilantes deberán efectuar el patrullaje que sea requerido y deberán reemplazar las luces que hagan falta.

9.5.6. Materiales, equipos y herramientas a suministrar

Todos los materiales y equipos requeridos para los trabajos comprendidos por este contrato serán suministrados por cuenta del contratista. Así como los equipos y herramientas que se necesiten para la completa ejecución de la obra. Salvo que se indique que material será suministrado por terceros, los que serán puestos en la obra cuando el contratista lo requiera, avisando con 15 días de anticipación, en caso de que el material u otro accesorio atrase la obra se le tiene que dar prorroga de tiempo al contratista.

- **Limpieza periódica:** A medida que el trabajo progresa, el Contratista deberá quitar del lugar del trabajo toda clase de desperdicios y materiales sobrantes con la finalidad de mantener el área limpia y en condiciones originales. En dicha limpieza el contratista dará prioridad a los requerimientos que el supervisor decida. Al hacer la limpieza y haya que botar materiales de desecho estos se tienen que botar en los botaderos municipales, siempre y cuando no queden en la orilla de caminos y carreteras, en este caso el lugar lo decidirá el supervisor tomando el consentimiento de la alcaldía municipal.
- **Certificado:** El Contratista someterá al Supervisor, en triplicado, certificados en los que se describan las muestras, cuando corresponda, de materiales, accesorios o equipos a suplir, para la aprobación final de las mismas por parte del Supervisor,

en los que se de fe y se garantice que los materiales, accesorios o equipos satisfacen los requisitos del Contrato.

El certificado deberá incluir la siguiente información:

- a) Nombre y marca del producto
- b) Descripción de las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del material, accesorio o equipo;
- c) Nombre del laboratorio o autoridad que certifica; y
- d) Fecha del ensayo.

Si la declaración es original del fabricante, el Contratista endosará a su nombre todo reclamo y someterá la declaración bajo su propio nombre. El Contratista garantizará que todos los materiales, accesorios o equipos a usarse estarán de acuerdo con las muestras y certificados.

- **Aprobación de materiales:** Todo material, accesorio o equipo a ser suplido por el Contratista para la ejecución de los trabajos y que no cuenten con su certificado de calidad, estarán sujetos a la aprobación o desaprobación del Supervisor. Si no se acordare lo contrario con el Supervisor, el Contratista someterá a éste un mínimo de dos muestras de cada material, accesorio o equipo, junto con certificados relacionados con ellas. El Contratista pagará todo gasto de transporte de las muestras al laboratorio de prueba de materiales.

Las muestras deberán ser debidamente marcadas, indicando claramente:

- a) El nombre del producto;
- b) Lugar de origen;
- c) Nombre del fabricante;
- d) Nombre del Contratista.

Los materiales, accesorios o equipos cuyas muestras sean presentadas al Supervisor acompañadas de certificados de pruebas satisfactorios, podrán ser incorporados por el Contratista en el trabajo.

No obstante, el Supervisor podrá solicitar pruebas adicionales de laboratorio de las muestras sometidas para su aprobación, o podrá aprobar materiales basándose en los datos de las pruebas que le fueren presentadas.

La puesta en obras de cualquier material no atenuara en modo alguno el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas.

- **Rechazo de materiales:** Falla en las muestras será suficiente causa para que se rehúse considerar cualquier otra muestra del mismo manufacturero cuyos materiales hayan fallado. En caso de que los materiales, equipos o accesorios que han sido rechazados por el SUPERVISOR se incorporen en la obra, el SUPERVISOR tendrá derecho de ordenar que se remuevan y se repongan por otros aprobados o demandar al CONTRATISTA todas las reparaciones que crea conveniente. Los materiales que no cumplan con las especificaciones en cuanto a la resistencia, esfuerzos y otros como dimensiones y calidad, será desechados de la obra en caso de que hayan sido integrados a la obra, esta será demolida asumiendo los nuevos costos el contratista.
- **Forma para presentar muestras:** EL CONTRATISTA someterá al SUPERVISOR del material solicitado, un Certificado de calidad, proveído por parte del suplidor del fabricante. EL CONTRATISTA en caso de no presentar el certificado del material deberá a petición del SUPERVISOR llevar una muestra del material en cuestión al laboratorio y pagara todos los gastos en que se incurran en el análisis las muestras cuales deberán presentarse debidamente marcadas, indicando claramente el nombre de productos, lugar de origen, nombre del manufacturero, nombre del CONTRATISTA y nombre del Proyecto. El material cuyas muestras sean así presentadas, si son satisfactorias, podrá ser incorporado en el trabajo del CONTRATISTA.
- **Cambio en las especificaciones:** Todo lo aquí indicado en las especificaciones técnicas, y los contratistas cambien o por cualquier error involuntario, o mal intención de estos, serán objetos de paralizar las obras por el supervisor, corregir las obras siguiendo las especificaciones, sin costo alguno para el dueño, así como obra adicional que el error del contratista cauce. Todo el costo que incurra correrá por cuenta del contratista.
- **Materiales no especificados por marca o similitud:** Deberán ser de primera calidad y deberán ser acompañadas por certificados de laboratorios, recomendaciones escritas de otras empresas o entidades que las hayan usado, y

serán acompañadas por garantías escritas en cuanto a su calidad, duración y responsabilidad económica para respaldar daños ulteriores causados por defectos en el material.

- **Protección de las propiedades y estructuras:** EL CONTRATISTA deberá asumir todos los riesgos inherentes a la presencia o proximidad de paredes, cercos, estructuras, servicios públicos y propiedades situadas en la vecindad de su trabajo. Será responsable por todos los daños y deberá asumir los gastos por perjuicios directos e indirectos. De acuerdo a lo requerido por la persona propietaria de la estructura o de la que está a cargo de la misma, ya sea que dichas estructuras estén o no mostradas en los planos.
- **Limpieza final:** EL CONTRATISTA una vez terminado el trabajo, eliminará toda basura material y sobrante de la ejecución de la obra, dejando en condición original y limpia el terreno.

9.3. Especificaciones técnicas generales ambientales

El propósito de estas especificaciones es servir como guía para garantizar que el diseño y la construcción de la obra de tratamiento de aguas residuales incluyan las medidas y acciones necesarias para producir el mínimo impacto negativo posible sobre el ambiente y las personas, mediante la prevención y/o mitigación de los riesgos ambientales y sociales que pudieran generarse con los diferentes tipos de obras de infraestructura.

Las directrices aquí establecidas son generales y serán utilizadas sin perjuicio de las recomendaciones y disposiciones específicas generadas por las autoridades reguladoras.

9.4. Especificaciones técnicas ambientales generales para el proyecto.

9.4.1. Disposición de materiales y residuos

- Antes de iniciar actividades, se debe delimitar el área a intervenir y señalizar a través de barreras, estacas, cintas reflectoras, entre otras.
- Una vez generado el material (escombros) de excavación o demolición se debe clasificar, almacenar y resguardar inmediatamente del frente de la obra y una vez finalizada ser retirados a sitios autorizados.

- Cubrir los materiales acopiados o producto de la excavación con lonas o plástico para evitar el arrastre de sedimentos al cuerpo de agua e impedir la dispersión del material por acción del viento.
- El contratista no puede directamente o a través de terceras personas, disponer de estos residuos en sitios diferentes que los establecidos para ello y autorizados por el supervisor.
- No se permitirá botar los residuos en ríos o quebradas, calzadas, canales de aguas pluviales o cauces, cuerpos de agua o cualquier otro sitio donde puedan ser causa de contaminación del ambiente o deterioro del paisaje.
- No disponer en cauces o cursos los sobrantes de mezclas de concreto.
- Se recomienda separar el papel y la madera que pueda ser utilizados como combustible, la tierra sobrante de excavación que se pueda disponer como relleno, los metales y los plásticos que se puedan reciclar.
- Los materiales y escombros no reciclables deben ser enviados a botaderos municipales, donde existan. De no existir botadero autorizado, los desechos sólidos deben ser enterrados en sitios aprobados por el ingeniero supervisor o quemados con autorización previa del supervisor.
- Al finalizar cada actividad de la obra en el día, los sitios de las obras y sus zonas contiguas deberán estar en óptimas condiciones de limpieza y libre de cualquier tipo de material de desecho.
- Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo deberán permanecer libres de obstáculos, de forma que sea posible utilizarlas sin dificultad.
- Se prohíbe la utilización de las zonas verdes y el espacio público para la disposición temporal de materiales sobrantes, producto de las actividades constructivas de los proyectos.
- El contratista debe contar con materiales aptos para la mezcla de cemento como: lona de plástico, batea, entre otros.

9.4.1.1. Disposiciones de excretas

Si el sitio de las obras no dispone de sistema sanitario que pueda ser utilizado por los trabajadores del contratista, el contratista deberá usar sanitarios portátiles ya sea comprado o alquilado para este fin.

9.4.1.2. Residuos líquidos

- Los residuos líquidos como grasas, aceites y pintura con base de aceite, se les deberán de almacenar en pequeños envases herméticos y disponerlos en vertederos en la municipalidad.
- Las pinturas con base de agua se pueden botar sobre los escombros y dejar evaporar el agua. Por ningún motivo se permitirá verter los residuos líquidos en ríos o quebradas, calzadas públicas, canales de aguas pluviales, cauces, cuerpos de agua o cualquier otro sitio donde puedan ser causa de contaminación del ambiente o deterioro del paisaje.

9.4.1.3. Residuos de tierra sobrante

Los residuos de tierra sobrante deben utilizarse, cuando sea posible como relleno, de lo contrario deberá disponerse como material sólido. Por ningún motivo se permitirá botar los residuos en ríos o quebradas, calzadas públicas, canales de aguas pluviales o cauces, cuerpos de agua o cualquier otro sitio donde puedan ser causa de contaminación del ambiente o deterioro del paisaje.

9.4.2. Apertura de zanjas

- Las zanjas que se excaven para la instalación de las tuberías de drenaje que transportes aguas residuales, tanques sépticos y pozos de absorción, deberán señalizarse con cinta de color naranja internacional, para evitar accidentes.
- El material excavado se deberá depositar al lado de la misma y cubrir con plástico durante la época lluviosa, para evitar el arrastre de material por la escorrentía.
- En época de sequía, se deberá humedecer el material para minimizar la producción de polvo.
- Si el material excavado es inestable, se deberán entibar las zanjas independientemente de la altura. Si el material es estable, se entibará a partir de 2.50 metros.

➤ **Sustancias peligrosas:**

- No será permitida, bajo ningún motivo, la utilización de productos que contengan plomo en los interiores de las infraestructuras verticales (pintura, etc.)
- No se permitirá que los envases vacíos sean depósitos a orillas de fuentes de agua o áreas de riesgos, para la salud de la población y los animales, sino que deben ser retirados y depositados en el vertedero municipal con condiciones especiales en coordinación con el supervisor del proyecto y la alcaldía municipal.
- El contratista no podrá utilizar materiales de construcción compuesto por sustancias peligrosas como son:
 - 1) Plomo
 - 2) Mercurio
 - 3) Asbesto
 - 4) Amianto
- Cualquier sustancia susceptible de producir intoxicación o daños por inhalación o contacto.

➤ **Transporte:**

- La maquinaria utilizada deberá mantenerse en las mejores condiciones, considerando motores, minimizando el nivel de ruido.
- Transporte de escombros y materia de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga.
- Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra
- Recuperar y restaurar el espacio público afectado una vez finalizada cada actividad, retirando todos los materiales y residuos del lugar.
- El lavado, reparación y mantenimiento correctivo de vehículos, equipos y maquinarias, debe realizarse fuera del área de campamento, obra o zonas verdes. Esta actividad debe efectuarse en centros autorizados por el supervisor para tal fin; en algunos casos podría realizarse el mantenimiento sobre un polietileno (plástico) que cubra el área de trabajo.

9.5. Especificaciones técnicas específicas

El proyecto consiste en la construcción del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas de la sede, formada por trampa de grasa, tanque séptico, filtros anaeróbicos y pozo de absorción como disposición final del efluente de las unidades de tratamiento.

Estas especificaciones cubren los aspectos relevantes de los suministros de bienes y servicios que se prevén necesarios para la construcción de las obras del Sistema de tratamiento del residencial Ríos de Agua Viva.

Las especificaciones presentan una breve descripción de las obras a ser ejecutadas y brindan los datos de las características técnicas mínimas que deben cumplir los bienes y servicios a ser suministrados por El Contratista.

Aunque estas especificaciones presentan un nivel normal de información, es deber del Contratista proceder con la conformidad complementaria de cumplimiento de las normas y prácticas aceptables de ejecución correcta de trabajos de esta índole.

9.6. Planos del proyecto, se indican a continuación

Tabla A-1.- Planos del proyecto

Código	Contenido
01	Planta de Tratamiento de Agua Residual Existente
02	Planta de Tratamiento de Agua Residual con la ampliación
03	Detalles de las unidades del sistema de tratamiento de agua residual
04	Perfiles hidráulicos

Fuente: Elaboración propia.

9.7. Materiales, equipos y suministros

Todos los materiales y equipos requeridos para los trabajos comprendidos en este Proyecto serán suministrados por cuenta del Contratista. Deberán ser nuevos y calidad de primera clase. Trabajos de montaje y construcción deberán ser nítidos y de primera clase. Tanto los materiales como los equipos, deberán ser fabricados por manufactureros de reconocida experiencia y habilidad en el ramo, teniendo la calidad, clase y tipos especificados.

Cuando de manera específica los planos indiquen materiales, artículos o normas, se considerará la posibilidad de usar materiales, artículos o normas substitutas, siempre que sean de igual naturaleza y función. Si fuese el caso de efectuar tales cambios, los datos técnicos concernientes a dichos substitutos deberán ser sometidos a la aprobación del Supervisor.

Toda el agua utilizada en la construcción de las obras, así como los medios de transporte de la misma, deberán ser suministrados por el Contratista y estar incluidos en los precios unitarios.

- **Limitaciones de trabajo:** La planta de tratamiento de agua residual de Ríos de Agua Viva proveerá el derecho de vía o servidumbre necesaria para el trabajo especificado bajo este contrato dentro de los límites del mismo. El Contratista no entrará, ni ocupará con su personal, herramientas o materiales de ninguna propiedad personal, fuera del derecho de vía o servidumbre sin el consentimiento del propietario.

Se entiende que el derecho de vía aquí referido significa solamente permiso de usar o pasar a través de cierto local o espacio de calles, carreteras o a través de propiedades públicas o privadas en las cuales el Contratista va a llevar a efecto el trabajo.

9.8. Especificaciones técnicas para la planta de tratamiento de aguas residuales y disposición final

El contratista a quien se le asigne la construcción de las obras objeto de estos Proyectos, será el único responsable en el cumplimiento total de las especificaciones, debiendo ser sumamente cuidadoso en cuanto a la selección de sus proveedores de materiales.

9.8.2. Especificaciones particulares

Estas especificaciones cubren los aspectos relevantes para el suministro de materiales y la preparación de los servicios que se consideran necesarios, para llevar a cabo la construcción de las obras de la planta de tratamiento y disposición final de las aguas servidas.

Los Contratistas no podrán alegar omisiones en su oferta debido a desconocimiento e interpretación errónea de los documentos relacionados al proyecto.

Los Oferentes deberán inspeccionar por sus propios medios, el lugar de la construcción y sus vecindades con el objeto de familiarizarse con todas las condiciones topográficas, suelo, vías de acceso, así como de las condiciones generales que puedan afectar el costo de los trabajos.

9.8.3. Alcances generales

Los trabajos implícitos en la construcción de unidades del sistema de tratamiento de agua residual doméstica del residencial Ríos de Agua Viva. Esta planta consistente en un tren de tratamiento, formado por tanque séptico de rectangulares de concreto seguido de filtro anaerobio de flujo ascendente y filtro descendente de grava de $\frac{3}{4}$ ", el efluente se depositará en un pozo de absorción. involucran las siguientes actividades:

➤ **Componentes de la planta de tratamiento:**

- 1) Trampa de grasa de una sola cámara, con capacidad de 0.75 m^3 y dimensiones internas de $0.5 \times 1.50 \text{ m}$, las paredes y fondos de concreto y tapa metálicas a como se muestra en los planos constructivos.
 - 2) Tanque séptico rectangular de concreto reforzado de dos cámaras, con capacidad de 21.60 m^3 , Con altura útil de 2 m , altura interna total 2.30 m , ancho interno de 2.00 m , largo interno de cada cámara: primera de 3.60 m y la segunda de 1.80 m .
 - 3) Filtros anaerobios de dos cámaras de concreto reforzado, la primera un FAFA (filtro anaerobio de flujo ascendente) con capacidad 15.68 m^3 , cuyas dimensiones internas son 2 m de ancho, 2.45 m de altura útil y 3 m de altura total y 3.20 m de largo y la segunda con filtro descendente con capacidad de 8.09 m^3 cuyas dimensiones internas son 2 m de ancho, 2.45 m de altura útil y 3 m de altura total y 1.65 m de largo. Ambos filtros con medio filtrante de grava gruesa de $\frac{3}{4}$ ".
 - 4) Pozo de absorción con paredes de piedra cantera, una losa de concreto reforzada con tapa, con dimensiones internas totales de 2 m de diámetro y profundidad de 4.30 m , para una capacidad de 13.51 m^3 .
- **Garantía de la calidad del trabajo:** El contratista garantizara todo el trabajo y su calidad como se expresa en las especificaciones, inclusive cuando el trabajo sea ejecutado por subcontratistas.
- **Vigilancia:** El contratista será responsable del cuidado, vigilancia y seguridad de las obras del proyecto mientras dure su ejecución. Debiendo mantener la vigilancia

necesaria en la obra las veinticuatro horas del día, hasta la entrega. Además, el contratista es responsable del área de influencia de los trabajos desde el momento de la entrega de sitio para construcción.

➤ **Responsabilidad exclusiva del contratista:**

- a) Efectuar los sondeos necesarios para verificar la existencia de infraestructuras bajo el subsuelo.
- b) Tomar las medidas de protección para evitar accidentes tanto con el personal que labora bajo su responsabilidad como de terceros.
- c) Ejecutar las obras evitando daños a obras que ya estén construidas o en construcción por medio de otros Contratistas.
- d) Crear las condiciones adecuadas para efectuar trabajos de demoliciones y/o remociones.
- e) Cualquier accidente que ocurriese por alguna omisión que afecte la seguridad de sus trabajadores.
- f) Ejecutar el movimiento de tierra sin dañar infraestructuras existentes o que se encuentren en ejecución en el área de todo el proyecto.
- g) Mantener la adecuada coordinación con la Supervisión y otros Contratistas que puedan estar ejecutando otras etapas del proyecto, para la limpieza, cuidado de los materiales y las obras que se construyan.
- h) Mantener la adecuada coordinación con la supervisión, para disponer de áreas específicas dentro del proyecto, para acopio de materiales, de manera temporal. Destinará a personal de cuidado de sus materiales.
- i) Tomará las debidas precauciones para evitar daños a las estructuras que se conservaran, mismos que están señalados en los planos constructivos.
- j) El contratista será responsable por el pago de las cotizaciones patronales del seguro social de conformidad con las disposiciones legales vigentes. También será responsable y deberá pagar todas las prestaciones sociales y contractuales que establezca el Código del Trabajo, vigentes a favor de los trabajadores que utilice en la OBRA.

- **Alcances de los servicios ofertados:** Los precios unitarios deberán cubrir todos los costos directos e indirectos, de campo y oficina, sean estos de dirección o administración y utilidades; mano de obra, materiales locales y de importación, equipos, transporte, topografía, subcontratos, pruebas de calidad, alquileres, servicios de telefonía, agua, electricidad, almacenamiento, protección de los materiales y de las obras, aranceles, fletes, seguros, timbres, impuestos, etc., sin que lo aquí indicado constituya una lista exhaustiva de los costos que deben estar integrados a los precios.

La oferta deberá incluir el costo por realizar el trabajo adyacente a, sobre o en agua, y los precios se deberán considerar de manera que incluyan tales condiciones, ya sea que estén o no mencionadas, particularmente, en las Especificaciones o en los planos constructivos. Sin ser exhaustivos estos trabajos comprenden el suministro y provisión de todos los materiales, herramientas, equipos, mano de obra, transporte, obras provisionales y demás servicios intermedios necesarios según lo requiera la naturaleza de cada actividad para entregar los trabajos completamente terminados, en óptimas condiciones de servicio y funcionamiento, en cumplimiento con lo aquí especificado o lo indicado en los planos correspondientes.

El Ingeniero Supervisor es la autoridad delegada en el campo por el CLIENTE para velar por el estricto cumplimiento de estas Especificaciones Técnicas y las estipulaciones y restricciones que incluyen.

9.8.4. Especificaciones técnicas de materiales

- **Tuberías y accesorios PVC:** Toda la tubería a instalarse será del tipo pared sólida, construida a partir de un perfil plástico fabricado por extrusión, denominada como PVC SDR, según la norma ASTM D2241. La materia prima deberá ajustarse a las normas ASTM D 1784.

Los accesorios plásticos para las tuberías de drenajes sanitarios deberán cumplir con la norma ASTM D 3212 para la tubería que recolectará las aguas residuales por gravedad.

- **Cemento:** El cemento a utilizarse en la construcción de los bloques de reacción, caja protectora y demás estructuras de concreto, deberá ajustarse a las especificaciones:

- a) Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 12 006 11, "Fabricación, uso y manejo del cemento".
- b) Especificación técnica de cemento ASTM C 1157, Tipo GU (Uso general).
- **Arena:** La arena a utilizarse en las estructuras de concreto simple y reforzado, deberá ser natural, bien graduada, y deberá ajustarse a las especificaciones de la ASTM C-33 para agregados de concreto. Podrá utilizarse la arena tipo Motastepe, luego de cribarla por malla No. 4, dejando fuera los granos gruesos de la misma u otra arena con propiedades físicas similares.
- **Piedra triturada para concreto:** La piedra triturada a emplearse en la fabricación de concreto deberá ajustarse a las especificaciones ASTM C-33, y deberá estar graduada desde 1" hasta 3", de acuerdo a la graduación para ese rango de tamaño, indicado en las especificaciones señaladas. El contratista deberá suministrar muestras normales de 1 pie cúbico de agregado fino (arena) y piedra triturada para ser aprobada por el ingeniero.
- **Agua:** Para la fabricación y curado del concreto, se deberá usar únicamente agua limpia proveniente de fuentes aprobadas por el Ingeniero. Deberá recolectarse en barriles de 55 galones o cisternas de mayor capacidad, dejándose en reposo el agua por un periodo de 24 horas, previo a su utilización para eliminar el cloro.
- **Resistencia del concreto:** Las especificaciones para la resistencia del concreto que se aplicarán son las siguientes:

Se aplicarán las siguientes especificaciones para el concreto a ser utilizado:

Resistencia mínima a los 28 días en psi 3000 para las cajas de registros sanitarios, trampa de grasa y 4,000 psi para el tanque séptico y los filtros.

Es importante destacar que estas especificaciones establecen los valores mínimos de resistencia que deben tener el concreto una vez transcurridos 28 días desde su colocación. Sin embargo, se sugiere que se realicen ajustes en la mezcla de concreto si es necesario para lograr el trabajo óptimo del material, es decir, para asegurarse de que el concreto sea adecuado y manejable para su uso en la construcción.

Estas especificaciones garantizan que el concreto tenga la resistencia necesaria para cumplir con los requisitos de durabilidad y funcionalidad de las estructuras de la planta de tratamiento de aguas residuales.

- **Aditivo del concreto para impermeabilizar:** Para impermeabilizar el concreto se requiere un aditivo para disminuir la permeabilidad de concreto y morteros. Se recomienda el aditivo Sikalite de la marca SIKA, el cual es un aditivo en polvo para concreto, entre sus aplicaciones se encuentra la impermeabilización integral de concretos en tanques de obras hidráulicas. Este aditivo será incluido en el costo del suministro y colocación del concreto.
- **Consistencia del concreto:** La consistencia del concreto deberá ser controlada por el Contratista por pruebas tipo con cono de asentamiento y de acuerdo a directivas el ingeniero. El Contratista deberá hacer los ajustes necesarios de las mezclas de acuerdo con instrucciones del ingeniero, el que podrá ordenar por escrito la suspensión de los trabajos de vaciado de concreto en el o los casos en que la consistencia de la mezcla no satisfaga el propósito de estas especificaciones.
- **Condiciones de mezclado:** El concreto deberá ser mezclado en las cantidades requeridas para su empleo inmediato. Reajustes a la mezcla preparada, con aumento de agua u otros materiales no será permitido. Tampoco, se permitirá el vaciado de mezcla alguna que tenga un tiempo mayor que treinta minutos después de la adición del agua dosificada.

Para la preparación de la mezcla, el Contratista deberá utilizarse con una máquina mezcladora de concreto o en bateas de madera debidamente impermeabilizadas para evitar la fuga de lechada de cemento, queda terminantemente prohibida la preparación de mezcla sobre el terreno o las vías pavimentadas.

- **Acero de refuerzo:** El acero debe cumplir con las especificaciones ASTM A-615, grado 40 y 60, con límites de fluencia de $F_y = 40,000$ y $60,000$ psi respectivamente. El acero se limpiará de toda suciedad u óxido superficial. Las varillas se doblarán en frío.
- **Material filtrante para lecho filtrante:** Está formada por grava de $\frac{3}{4}$ "

9.8.5. Especificaciones técnicas en la construcción

- **Replanteo y nivelación:** Esta sección cubre todo lo relacionado con replanteo de estructuras, verificaciones de referencias topográficas en sitio durante la fase de estudios y elaboración de nuevas referencias (mojones secundarios), en caso de requerirse.
- **Limpieza, desmonte y eliminación de obstáculos**
- **Alcance de los trabajos:**

Esta sección cubre todo lo relacionado con remoción, desalojo y disposición final de todos los materiales producto de la limpieza y/o desbroce de todas las áreas en donde se realizarán las obras definitivas del Proyecto relacionadas a las obras de tratamiento, pozos, previa autorización de EL INGENIERO.

Específicamente se hace notar que este rubro no incluye la remoción de capa vegetal la cual, bajo ningún concepto, podrá ser eliminada de una sola vez en toda la zona de implantación de las obras.

- **Generalidades:**

Este trabajo consiste en eliminar y despejar del terreno todos los árboles, arbustos troncos cercas vivas, matorrales y cualquier otra vegetación (con excepción a lo especificado a ser preservado en planos o por EL SUPERVISOR); además de tacones y hojarascas para así facilitar el trabajo y evitar todo daño o deformación de las obras y otras facilidades destinadas a conservarse de acuerdo con los planos y a criterio de EL SUPERVISOR. Se incluye también limpieza final y forestación usando el mismo tipo de árbol o arbusto que hayan sido eliminados, a lo largo del proyecto.

- **Ejecución de los trabajos:**

Se efectuarán las labores de limpieza y desbroce de una sola vez en toda el área de implantación de las obras. Por ningún motivo se procederá a efectuar estas labores de manera parcial o por etapas. El Contratista notificará a EL SUPERVISOR con la debida anticipación el inicio de los trabajos de limpieza, una vez obtenida la aprobación, procederá a ejecutar dichas labores.

➤ **Áreas vecinas a las obras y taludes:**

En las áreas vecinas a las obras y hasta los límites que determine EL SUPERVISOR, se efectuará solamente la limpieza, removiendo principalmente árboles, las rocas sueltas que pudieran caer y cualquier otro objeto que pudiera poner en peligro vidas humanas o pueda dificultar las labores de construcción.

➤ **Materiales no aprovechables:**

Los materiales provenientes del desbroce y limpieza, considerados por EL SUPERVISOR como no aprovechables, deberán ser transportados por El Contratista a los sitios de depósitos previstos para el efecto o señalados y autorizados por EL SUPERVISOR para su disposición de una forma adecuada.

Los materiales que van a ser quemados deberán ser depositados apropiadamente, de acuerdo con lo que indique EL SUPERVISOR, a fin de conseguir la cremación total, evitando cualquier riesgo de incendio. Los restos de la cremación serán enterrados, cubiertos con una capa de tierra de por lo menos sesenta (60) centímetros de espesor.

➤ **Materiales aprovechables:**

Aquellos materiales que sean considerados por EL SUPERVISOR como aprovechables, serán transportados y almacenados por El Contratista (sin que por ello se reconozca pago adicional), en sitios aprobados por EL SUPERVISOR, no pudiendo ser utilizados por El Contratista sin conocimiento y aprobación de EL SUPERVISOR.

➤ **Equipos y procedimiento de trabajo:**

Los equipos y procedimientos para emplearse serán aprobados por EL SUPERVISOR. El Contratista presentará con la debida anticipación, antes de iniciar los trabajos, un programa detallado de actividades con la descripción de la metodología a utilizarse para la aprobación del EL SUPERVISOR.

9.9. Instalación de tubería

- **Trabajo comprendido:** Este artículo cubre el suministro de todos los materiales, herramientas, equipos y mano de obra necesarios para instalar tuberías y accesorios PVC SDR 26 y SDR 41. Incluye topografía y limpieza, remoción de obstrucciones, excavación, relleno y compactación, remoción de agua, instalación y

prueba de tuberías, conexión de las tuberías a pozos, elaboración de planos terminados.

El Contratista o entidad constructora asume plena responsabilidad por los materiales instalados e incorporados a la obra. Se tomará toda precaución en el transporte y descarga de los materiales a fin de notificar daños a estos.

- **Requerimientos generales:** El transporte y manejo de los tubos y accesorios se hará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante para evitar en lo posible fracturas y deformaciones. Cada tubo antes de incorporarse en la obra deberá ser inspeccionado cuidadosamente con el fin de detectar defectos o rajaduras, y evitar que los tubos dañados sean utilizados en la obra.

No se permitirá que la tubería y materiales se dejen caer y rodar contra tubos o materiales de construcción. La tubería y accesorios PVC deberán ser resguardados del sol y de la lluvia, y deberán ser estibados de tal manera que no sufran deformaciones.

- **Ancho de la zanja:** El ancho de las zanjas no deberá exceder el diámetro nominal de la tubería más 0.45 m, a menos que el Ingeniero indique lo contrario.
- **Excavación:** La excavación de la zanja se podrá efectuar manual y mecánicamente, excepto el fondo que se hará en forma manual de acuerdo con la alineación, niveles, pendientes y dimensiones indicadas en los planos constructivos. Los costados de las zanjas deberán ser verticales y el fondo conformado de acuerdo con la sección del tubo.

Cuando en el fondo de las zanjas se encuentre material inestable como basura u orgánicos, estos deber ser excavados y removidos hasta encontrar suelo firme que sea aceptado por el Ingeniero y antes de colocar la tubería se rellenará la zanja con material granular que será apisonado en capas que no excedan de 0.15 m hasta el nivel que corresponda a 1/3 del área del tubo y luego se conformará la media caña de asiento del tubo. En el caso de encontrarse roca o piedra en el fondo se removerá ésta hasta una profundidad de 0.15 m bajo la rasante del tubo y se rellenará esta diferencia con material granular aceptado por la supervisión.

No se permitirá colocar material excavado a menos de 0.60 m del borde de la zanja para no obstaculizar las labores de instalación de tuberías.

- **Drenaje de zanjas:** Durante la instalación de la tubería la zanja deberá estar completamente seca. En el caso de que algunas aguas corran por la misma, esta podría ensancharse, previa autorización del supervisor se deberá achicar con bombas para conducir el agua por un costado de la zanja, empleando para ello tuberías o canales.

El Contratista o constructor removerá toda agua que penetre en la zanja mientras los tubos estén instalándose.

- **Cimentación de la tubería:** Si la fundación es en tierra firme, el fondo debe ser cortado en tal forma que se proporcione un apoyo completo al tercio inferior de cada tubo (media caña), debajo de la unión con cada tubo se abrirán un nicho en el terreno en forma tal que sirva para acomodar a las mismas.

Si la fundación es roca se colocará sobre esta un lecho de arena, el espesor de este lecho no deber ser menor de 15 cm., los tubos se colocarán sobre ella de manera que por lo menos el tercio inferior de cada tubo quede apoyado en toda la longitud. Si la excavación se hizo más profunda de lo necesario, se deberá rellenar la diferencia con arena y proceder como lo indicado en el párrafo anterior.

- **Colocación de las tuberías:** antes de iniciar la colocación, los tubos serán limpiados cuidadosamente de lodos, tierra, grasa o cualquier material extraño en ambos extremos para ser revisado por el Ingeniero.

Se iniciará la colocación de las tuberías partiendo de las cotas más bajas de las alcantarillas a las más altas cuidando que la campana ocupe el extremo superior de cada tubo y las secciones serán unidas de tal manera que se obtenga una pendiente uniforme. Cuando la zanja quede abierta de un día para otro o por paros debido a lluvias u otras causas, se tendrá el cuidado de proteger y cerrar las aberturas y terminales de las tuberías instaladas para evitar que penetren basuras, sedimentos o cualquier otro tipo de material. Si se discontinúa la colocación de los tubos, el extremo no acabado deberá ser protegido de desplazamiento ocasionado por derrumbes o de cualquier otro daño.

- **Unión de los tubos:** Las uniones no serán cubiertas sino hasta después de haber sido inspeccionadas y aprobadas por EL SUPERVISOR, la instalación se efectuará de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- **Relleno:** El relleno de la zanja podrá iniciarse solo cuando el Supervisor lo autorice. Solamente materiales seleccionados se usarán para el relleno de los lados de la tubería y hasta 0.30 m. arriba de la corona del tubo. El material seleccionado podrá ser material de excavación de la zanja arenosa y siempre que no contenga piedra, material orgánico, basura, lodo. El relleno será colocado en capas que no excedan los 18 cm. de espesor, cuidadosamente apisonadas una sobre la otra y particularmente, debajo del tubo y sus costados.

El resto del relleno será colocado y apisonado en capas no mayores de 0.30 m. No se permitirá piedras en el relleno alrededor del tubo y piedras mayores de 0.20 m, las cuales deberán ser extraídas de todo relleno.

El relleno de la zanja debe hacerse simultáneamente a ambos lados de los tubos, de tal manera que no se produzcan presiones laterales peligrosas y desplazamientos de su posición inicial.

- **Compactación:**

El relleno hasta 0.30 m. Arriba de la corona de la tubería se compactará a una densidad no menor del 85% de la densidad máxima obtenida. En el resto del relleno se compactará a una densidad no menor del 95% del peso volumétrico seco máximo obtenido de la manera recomendada en las especificaciones **ASTM D-9868-58 T**.

- **Relleno de zanjas al interrumpir el trabajo:** Si se discontinúa el trabajo por completo, por un período de tiempo razonable y quedara abierta cualquier zanja, esta deberá ser rellenada por cuenta del contratista y no será abierta hasta que se esté nuevamente listo a continuar.

Para la realización de esta prueba, El Contratista suministrará el equipo y apoyo logístico necesario.

- **Prueba de ex filtración:**

Se deberán efectuar pruebas hidrostáticas en tramos de tuberías entre pozos de visita, procediendo de la siguiente manera:

Toponear la tubería en la salida de esta en el pozo de visita inferior, que se encuentra aguas abajo del tramo.

- Llenar con agua el tramo a probarse por un periodo de cuatro horas.
- Rellenar con agua el pozo de visita superior, aguas arriba, a una altura que produzca una carga hidrostática mínima de 1.2 m sobre la corona del tubo, en el punto equidistante de los pozos.
- Medir después de 4 horas la cantidad de agua ex filtrada. La pérdida de agua no deberá exceder las siguientes cantidades:

Tabla A-2.- Ex filtración para diferentes diámetros

Diámetro (pulg)	Litros x hora x 100m
6	46
8	55
10	65

Cuando se produzcan cargas hidrostáticas mayores de 1.20 m, la pérdida de agua permitida se aumentará proporcionalmente al exceso de carga producida.

Si la cantidad de agua ex filtrada en una sección determinada sobrepasa la cantidad antes estipulada y en todo caso si se encuentran filtraciones o goteras de regular cuantía, el Contratista deberá excavar y descubrir dichas secciones de tuberías o pozos de vista y deberá reparar o reconstruir los defectos por su cuenta. Las reparaciones se continuarán hasta que toda la tubería y accesorios llenen los requisitos de hermeticidad indicados anteriormente.

El Contratista deberá proveer todo material, equipo, mano de obra y aparatos necesarios para probar las tuberías.

➤ **Conexión de tuberías a dispositivos de inspección:**

Para cualquier acople de tubos de PVC con cualquier dispositivo de inspección y limpieza, deberá seguirse el siguiente procedimiento:

- 1) Siempre, el extremo del tubo que entre a cualquier dispositivo de inspección y limpieza deberá ser en espiga, nunca en campana. Si es necesario, se podrá cortar el tubo, hasta obtener la longitud de acopla requerida, nunca deberá quedar partes del tubo fuera de las paredes internas del dispositivo.
- 2) Con un trapo o tela, se limpia bien el extremo espiga del tubo que se va a insertar en el dispositivo de inspección y limpieza, cerciorándose que esté completamente seco.
- 3) Se procede a quitar el acabado lustroso del tubo, por medio de un limpiador químico aprobado por el fabricante, el cual deberá ser aplicado con un paño, libre de humedad. Un sustituto para la remoción de lustre de las superficies de contacto puede ser el papel abrasivo o una estopa de acero.
- 4) Se deberán limpiar todas las partículas de material abrasivo y/o PVC, antes de aplicar el mortero. Una vez limpias estas piezas, no deberán mojarlas ni ensuciarlas.
- 5) Usando una brocha de pelo de animal y con las manos limpias, úntese el cemento en la parte exterior de la espiga del tubo, inmediatamente después, cubra con arena toda la superficie del tubo a la cual le untó el cemento.
- 6) Su aplicación será en sentido longitudinal (de izquierda a derecha), procurando que la capa de adhesivo sea más delgada en la embocadura y más espesa en el extremo.
- 7) Coloque la espiga del tubo ya cementado en el orificio del dispositivo, Dándole un poco de movimiento rotativo para eliminar las burbujas de aire.
- 8) Por ningún motivo será permitido usar PERMATEX, al unir material plástico con cualquier otro tipo de material, ya que este producto es altamente nocivo para el plástico. Dependiendo de la clase de cementos solventes a usar, según su fraguado, debe tenerse cuidado de no hacer circular agua por la tubería antes de 24 horas, para dar tiempo de que el acople haya adquirido su impermeabilidad.

9.10. Construcción de estructuras de concreto reforzado

9.10.1. Alcances generales

Antes de proceder a la construcción de Las estructuras, el Contratista deberá presentar los respectivos planos de taller donde se muestre en detalle los materiales a utilizar y la metodología de construcción. Las obras no darán inicio hasta que dichos planos sean aprobados por el Supervisor del Proyecto.

En las estructuras previstas para albergar agua deberán ser sometidas a pruebas hidráulicas y la recepción total de dicha instalación solo será posible una vez el contratista haya realizado la prueba de su correcto funcionamiento en condiciones normales de funcionamiento del sistema y según los parámetros operativos y de calibración indicados por El Supervisor, en relación con los responsables de la operación del sistema.

- a) En el alcance de las estructuras de concreto queda incluido el suministro de materiales, mano de obra y equipos necesarios para su construcción.
- b) Se incluye también las obras misceláneas y equipos identificados en los diferentes planos.
- c) El constructor será el responsable del diseño y construcción de los encofrados, obteniendo para cada etapa la aprobación del Supervisor.
- d) El proceso constructivo deberá estar de acuerdo a los planos, notas estructurales, estudios geotécnicos realizados en el marco del proyecto, normas para tanques ACI 350, ACI 318, normas para encofrados ACI 347 y demás normas vigentes. Los resultados de los estudios geotécnicos son indicativos y no pueden tomarse con carácter absoluto.
- e) Estos alcances generales incluyen finalmente la elaboración de un plano a “como construido” donde se ubique exactamente la posición y cotas de las estructuras.
- f) En caso de que el Contratista encuentre condiciones del terreno diferentes a las previstas según los resultados de los estudios geotécnicos realizados por el proyecto y que puedan afectar la estabilidad de la estructura, este deberá presentar propuesta de obras de estabilización y protección de la estructura para ser aprobada por el Supervisor y la responsabilidad final de esta estabilización será a cuenta del contratista.

- **Apoyo de los cimientos:** En caso de encontrarse en los niveles de desplante con materiales que de acuerdo con la experiencia del contratista puedan no cumplir con valores de carga admisible de 1.5 kg/cm^2 , el contratista deberá proponer al Supervisor realizar la excavación hasta la profundidad a la cual se obtenga dicha característica, y proceder, con la aprobación de este último, a rellenar con material selecto compactado por capas de 20 cm de espesor. Se probará cada capa y deberá garantizarse una densidad del 95% Proctor Estándar.
- **Demolición de estructuras:** Consistirá en remover o quitar, total o parcialmente, todo artículo, accesorios, vallas, estructuras, tuberías y cualquier otro objeto que no esté señalado a permanecer en el sitio. El concepto debe llevar implícita la recuperación de los materiales.

Los materiales que se señalen como de recuperación, deben ser trasladados dentro del sitio y almacenados adecuadamente, como lo disponga el Supervisor.

Los materiales no recuperables o de desperdicio deben ser sacados fuera del plantel a los lugares autorizados por la municipalidad y de acuerdo con las Normas Ambientales establecidas.

- **Refuerzo de concreto:**

- a) Esta sección incluye el suministro e instalación y en general, todo el trabajo relacionado al acero de refuerzo, de acuerdo con indicaciones en los planos.
- b) Varillas de acero de refuerzo, barras de acero fabricadas o varillas de esteras para concreto fundido en el sitio, completar con amarres de alambre.
- c) Soportes, varillas de soporte, espaciadores: del tamaño adecuado para la resistencia y soporte del acero de refuerzo durante la construcción.

- **Garantía de calidad:**

- a) Realizar el trabajo de refuerzo de concreto de conformidad con el ACI-318 última versión y del Reglamento Nacional de Construcción RNC-07.
- b) Realizar la soldadura conforme The American Welding Society (AWS). Las deformaciones de las barras deberán de cumplir con las especificaciones ASTM A-615.

- **Inspección y pruebas:** Si el supervisor lo solicita, presentar una copia certificada del informe de las pruebas de mecánica del refuerzo suministrado, indicando los análisis físicos y químicos.

- **Dibujo de taller:**

- a) Presentar listas de varillas y dibujos de ubicación según lo solicite el supervisor.
- b) Indicar claramente los tamaños de las varillas, espacios, ubicaciones y cantidades de acero de refuerzo, listas de curvaturas y cortes y dispositivo de soporte y separación.
- c) Los dibujos y los detalles deben de cumplir con ACI 315.

- **Entrega y almacenamiento:**

- a) Entregar, manipular y almacenar el refuerzo de forma que se eviten los daños y la contaminación.
- b) Entregar las barras en manojos, claramente identificados con relación a los listados de varillas.

- **Materiales de refuerzo:**

- a) Acero de Refuerzo: Todas las varillas de acero de refuerzo deben cumplir con los requisitos de ACI 318 y ASTM A-615, última versión, con un límite de fluencia mínima de 2800 Kg/cm² ($f_y = 40,000$ psi) y donde se indique con un límite de fluencia mínima de 5250 Kg/cm² ($f_y = 75,000$ psi).
- b) Las varillas empleadas en el refuerzo del concreto deberán ser barras deformadas según la especificación ASTM A-305.

- **Materiales suplementarios:**

- a) Alambre de amarre: tipo recalentado de 1.6 mm mínimo.
- b) Silletas, varillas de soporte, espaciadores: del tamaño adecuado para la resistencia y soporte de acero de refuerzo durante la construcción.
- c) Bloques de Concreto: aceptables para soportar la capa inferior de barras en las losas sobre el relleno. No se aceptan bloques de concreto quebrados ni soportes de madera.

➤ **Instalación:**

- a) Colocar el acero de refuerzo de conformidad con las ubicaciones mostradas en los dibujos revisados y con el ACI 318 y el Reglamento Nacional de Construcción RNC-07.
- b) Salvo indicación en contrario en los planos o por el supervisor, las barras quedarán separadas de la superficie del concreto por lo menos cinco (5) centímetros en las columnas y siete y medio (7.5) centímetros en los cimientos y pisos sobre el suelo.
- c) La separación entre varillas paralelas será, como mínimo, igual a dos y medio (2.5) centímetros o una y media (1.5) veces el diámetro del mayor agregado grueso utilizado. La posición de las barras se ajustará a lo indicado en los planos. Se revisará la correcta disposición del acero de refuerzo, antes de proceder a la llena.
- d) Soportar el refuerzo en forma adecuada y asegurarlo contra desplazamientos dentro de las tolerancias permitidas.
- e) Proteger los refuerzos de acero con el espesor de concreto indicado en los dibujos.
- f) Cuando no están mostrados, cubrir el concreto según las instrucciones del Supervisor.

➤ **Recubrimiento:**

- a) Antes de proceder al hormigonado, el supervisor revisará la correcta disposición del acero de refuerzo, los recubrimientos, soportes del refuerzo, etc., y anotará en la Bitácora todas las modificaciones ordenadas o autorizadas por él.
- b) La disposición, recubrimiento y distribución de las varillas de refuerzo, deberá de ajustarse a todo lo que se indique en los planos.

➤ **Empalmes:**

- a) Donde sea necesario hacer empalmes, estos deberán de hacerse de acuerdo y en los sitios indicados en los planos.

- b) Salvo indicado en los planos, el concreto debe envolver convenientemente los empalmes para transmitir los esfuerzos por adherencia y su espesor no será menor de dos (2) veces el diámetro de las barras.
- c) Cuando en los planos se indiquen empalmes por soldadura, se deberán de efectuar de acuerdo con las indicaciones de estos, y tienen prioridad respecto a los empalmes por adherencia.
- d) Los dobleces de los refuerzos, salvo indicación contraria en los planos, se harán con un radio superior a 3.0 veces su diámetro y las barras se doblarán en frío.

➤ **Limpieza:**

- a) Se deberá garantizar que el refuerzo del concreto esté limpio y libre de aceite y otro material deletéreo.
- b) Se deberá remover todas las escamas sueltas, oxidación suelta y otros materiales deletéreos de las superficies del refuerzo.

9.11. Encofrados y formaletas de concreto

➤ **Garantía de calidad:**

- a) Construir y montar los encofrados y formaletas de acuerdo con lo aprobado por el supervisor y el Manual ACI 347 y todas las regulaciones de construcción aplicables. Todo el encofrado y las formaletas deben ser previamente aprobados por el supervisor.
- b) Los diseños y detalles de las formaletas y entramados de soporte los debe realizar un profesional calificado.

- 1) **Superficies expuestas:** bordes cuadrados, paneles emparejados, alineado en plano, sin agujeros marcas o defectos de superficie.
- 2) **Superficies no expuestas:** bordes encuadrados de madera, plywood u otro material, adecuado para retener el concreto sin filtraciones o deformaciones.

➤ **Materiales de madera:**

- a) Estarán sujetos a la aprobación del supervisor, el plywood debe tener una cara sólida y se debe escoger la cara forrada de buena calidad, hojas sanas, sin daños y con bordes alineados.
- b) Madera: debe ser según las formaletas de trabajo y las Normas ACI-318.
- c) Los clavos, escarpas y grapas deben ser galvanizados o fosfatizados.

➤ **Accesorios:**

- a) Amarre de las Formaletas: deben ser de metal removibles, con des prendedor de largo fijo o ajustable; resistencia mínima de trabajo de 13 kN cuando este ensamblado; sin defectos que dejen agujeros más hondos de 40 mm en las superficies de concreto.
- b) Agente de desenganche de la formaleta: aceite mineral incoloro que no dejará manchas sobre el concreto o agente cohesionador natural o del color del revestimiento a usar sobre el concreto.
- c) Filetes chaflanados o de vértice: plástico troquelado, con el mayor largo posible, extremos de inglete.
- d) Cinta selladora: reforzada, adhesiva, polivinilo cloruro.

➤ **Montaje:**

- a) Verificar las líneas, niveles y centros antes de proceder con la formaleta. Asegurar que las dimensiones concuerden con los planos.
- b) Construir los encofrados según el diseño y los requisitos reguladores, y producir un acabado del concreto de conformidad con las superficies, formas, líneas y dimensiones indicadas en los planos. Arreglar y ensamblar la formaleta de manera que permita quitarlo sin dañar el concreto.
- c) Alinear las juntas e impermeabilizarlas para prevenir la filtración de la pasta de cemento y la desfiguración del concreto. Mantener las juntas del molde a un mínimo.
- d) Obtener la autorización del supervisor para usar formaletas de tierra. Sí se usan, recortar manualmente los lados y los fondos y quitar el material suelto antes de poner el concreto.
- e) Suministrar andamio para asegurar la estabilidad del encofrado y las formaletas.
- f) Apuntalar o fortalecer todas las partes construidas anteriormente propensas a ser sobrecargadas por las cargas de la construcción.
- g) Dar chaflán de 25 mm en todas las esquinas internas y externas y los bordes del concreto expuesto a menos que se indique lo contrario.

- h) Las ranuras escurrideros, aberturas, canales y cajas de molde deben hacerse conforme los planos. Colocar las plantillas con el borde superior nivelado de acuerdo con las alturas necesarias.
 - i) Comprobar y reajustar el entramado con las líneas y niveles requeridos durante la colocación del concreto.
 - j) Tolerancia: Construir el encofrado de tal forma que en el colocado del concreto se produzcan las líneas y niveles dentro de las tolerancias especificadas en ACI 347.
 - k) Artículos/ aberturas insertas/empotradas. Suministrar aberturas moldeadas donde sea necesario para tubos conductos manguitos y otros trabajos a ser empotrados y atravesando los miembros.
 - l) Del concreto. Localizar con precisión y fijar en su lugar artículos que deben ser colocados directamente en el concreto. Coordinar la instalación de accesorios de concreto.
 - m) Dar porta o aberturas temporales en el entramado donde sea necesario para facilitar la limpieza e inspección. Ubicar las aberturas en el fondo de las formaletas para permitir que el agua de lavado se escurra.
 - n) Cerrar las portas o aberturas temporales con paneles ajustados, lavar con la cara interior de las formaletas, fijadas nítidamente para que no haya filtración y para dar una superficie uniforme al concreto expuesto.
- **Control de calidad en el terreno:**
- a) Revisar y comprobar el entramado y andamiaje realizado para asegurar que el trabajo se ha hecho según el diseño de entramado y que los soportes, sujetadores, cuñas, amarres y partes están seguros.
 - b) Informar al supervisor cuando el entramado está completo y se ha limpiado, para que haga la inspección, la que será para comprobar que los fondos de tierra estén limpios y que las formaletas estén limpias y sin escombros.
 - c) Permitir que el supervisor revise cada sección del entramado antes de volverlo a usar. El entramado puede usarse otra vez si el supervisor así lo aprueba.
 - d) Tolerancia: Construir el entramado de tal forma que en colado del concreto se produzcan las líneas y niveles dentro de las tolerancias especificadas en ACI 347.

- **Limpieza:** Limpiar las formaletas a medida que avanza el montaje para quitar cualquier material foráneo. Quitar cortaduras, acepilladuras y escombros del interior de las formaletas, (lavar completamente con agua) para quitar el resto de material foráneo.
- **Desencofrado:**
 - a) Avisar a el supervisor antes de quitar los encofrados y las formaletas.
 - b) No quitar formaletas y andamiaje hasta que el concreto haya adquirido la suficiente resistencia para cargar su propio peso, más las cargas de la construcción y cargas de diseño que se le van a imponer. Verificar la resistencia del concreto mediante pruebas de compresión a satisfacción del ingeniero.
 - c) Aflojar las formaletas cuidadosamente sin dañar las superficies de concreto. No aplicar herramientas a superficies de concreto expuestas.
 - d) Dejar las formaletas aflojados en su lugar para protección hasta que se haya concluido el curado del concreto.
- **Garantía de calidad:**
 - a) Colar el concreto en el sitio, de conformidad con ACI 318 versión más reciente.
 - b) Las pruebas se harán de acuerdo a ACI 318.
- **Inspección y pruebas:**
 - a) Avisar al ingeniero con 24 horas de anticipación antes de completar los refuerzos de concreto para una inspección.
 - b) Dar el tiempo suficiente para la inspección y el trabajo correctivo, si es necesario, antes de programar la colocación del concreto.
 - c) Por cada 50 m³ o menos de cada clase de concreto colocado se tomarán tres (3) cilindros de prueba de concreto y deberá cumplir con ASTM C39, en su última versión.
 - d) Se tomará una prueba de revenimiento y una prueba de contenido de aire, por cada juego de cilindros de prueba tomados.
 - e) Pruebas adicionales de revenimiento pueden tomarse según sea necesario para verificar la calidad del concreto.
 - f) El CONTRATISTA asumirá los costos por las otras pruebas necesarias debido a materiales, mano de obra o procesos defectuosos.

- g) El muestreo, inspección y prueba del concreto deberá realizarse por un laboratorio de materiales aprobado por el supervisor.
- h) El Contratista asumirá los costos para todas las pruebas.

➤ **Mezcla de concreto:**

- a) Suministrar el concreto mezclado de conformidad con los requisitos de ACI 318/ASTM C-494.
- b) Todo el concreto: resistencia compresiva mínima a los veintiocho (28) días, clase de cemento, contenido de cemento y relación de agua - cemento, magnitud máxima de agregado grueso y asentamiento máximo.
- c) Las piedras deberán humedecerse bien antes de ser utilizadas, con el fin de evitar mermas en el agua, durante el proceso de fraguado. Deberá utilizarse para la mezcla, una (1) parte de cemento y cuatro (4) partes de arena, las que en conjunto no deberán exceder del 25% del total del volumen, una vez agregada la piedra.
- d) En caso de duda sobre la calidad del concreto a ser suministrado por el proveedor, el supervisor, a su juicio, puede ordenar al CONTRATISTA que no use en la obra de concreto de ese Proveedor. El CONTRATISTA puede arreglar el suministro de un concreto aceptable sin compensación adicional o ampliación del plazo.

➤ **Colocación del concreto:**

- a) Se debe colocar el concreto de conformidad con los requisitos de ACI-318 /ASTM y de acuerdo a lo indicado en los planos.
- b) Todo el equipo de manipulación se mantendrá libre de concreto endurecido o material foráneo, y limpio antes de colocar el concreto.
- c) Avisar al supervisor un mínimo de 24 horas antes de iniciar las operaciones de concreto.
- d) Asegurar que todas las anclas, asientos, placas y todos los artículos a ser colados en concreto estén fijamente colocados en su lugar y que no interferirán con la colocación del concreto.
- e) Mantener registros precisos de los artículos de concretos colados en el sitio.
- f) Registrar la fecha, ubicación de vaciado, cantidad, temperatura del aire y muestras de prueba tomadas.

- g) El concreto debe manejarse del mezclador al lugar de último depósito, de forma rápida y práctica usando los métodos que impidan la separación o pérdida de los ingredientes. El concreto deberá depositarse en las formas más cercanas a su posición final para evitar volver a manipularlo o que se corra. No se debe usar vibradores para mover el concreto.
- h) Bajo ninguna circunstancia se debe depositar en las formaletas el concreto que se ha endurecido parcialmente. Hay que tener cuidado para evitar la segregación.
- i) El concreto deberá de vibrarse en capas no mayores de 20 cm, y vibrarse de tal forma que permita al aire entrampado escapar a la superficie sin dejar cavidades interiores. El vaciado deberá de ser continuo entre las juntas de construcción previamente fijadas, las que deberán de prepararse de acuerdo con las indicaciones de los planos.
- j) Las superficies de concreto deben protegerse de la lluvia hasta que estén bien consolidadas.
- k) No se aceptarán huecos de curación (ratoneras) o escombros encontrados en el concreto.
- l) Quitar y reemplazar cualquier concreto defectuoso.
- m) En los lugares donde el concreto nuevo se empernará al existente, perforar agujeros en el concreto existente, insertar clavijas de acero y atibar sólidamente con lechada no-consolidada.

➤ **Colado en condiciones de clima caluroso:**

- a) Para fines de esta especificación, clima caluroso se considera cuando la temperatura es igual o mayor a 28° C.
- b) La temperatura del concreto al momento de colocarlo en condiciones de temperatura caliente no debe exceder los 40° C. En el caso de que se haya rebasado el límite de temperatura, las operaciones de concreto deberán suspenderse hasta que los materiales componentes del concreto se hayan enfriado. Las pilas de existencia deben rociarse con agua para darle enfriamiento por evaporación. El agua de la mezcla debe enfriarse con hielo; el hielo debe

incorporarse directamente en el concreto como parte del agua de mezcla previendo que esté derretido para cuando se termine la mezcla.

- c) El tiempo de mezcla debe mantenerse al mínimo necesario para una mezcla efectiva del concreto. El concreto debe colocarse dentro de una hora o de una hora y media del mezclado.
- d) Durante el período de cura, en ningún momento la temperatura del concreto deberá exceder los 60° C; cuando sea posible deberá mantenerse durante la cura una temperatura de 20° C.
- e) Asegúrese que el refuerzo se coloca para dar cobertura mínima del concreto de conformidad con ACI-318/ ASTM.

➤ **Curado y protección:**

- a) Curar y proteger el concreto de acuerdo a ACI 318/ASTM.
- b) Después de la colocación del concreto deben de protegerse todas las superficies expuestas a los efectos de la intemperie sobre todo al sol. El curado deberá de iniciarse tan pronto el concreto haya endurecido suficientemente a criterio del supervisor.
- c) Humedecer losas y pisos curados a ser pintados.
- d) Todo el concreto deberá mantenerse húmedo durante un mínimo de ocho (8) días después del vaciado. El CONTRATISTA deberá de acatar las indicaciones del supervisor al respecto.
- e) Deben de evitarse todas las causas externas, cargas o vibraciones que puedan provocar el fisuramiento del concreto sin fraguar o sin la resistencia adecuada.
- f) No se hará ningún lechado hasta que todos los materiales necesarios para la cura estén en el sitio y listos para usarse.

➤ **Resanar:**

- a) Permitir que el supervisor inspeccione las superficies de concreto inmediatamente después de quitar los entramados.
- b) Cualquier junta, hueco, cavidad de piedra u otras áreas defectuosas y agujeros de amarre imperfectos deberán resanarse inmediatamente antes de que el concreto esté completamente seco. Las áreas defectuosas deben ser cinceladas a una profundidad no menos de 40 mm con los bordes perpendiculares a la superficie. El

área a ser resanada y un espacio de al menos 150 mm de ancho que lo rodee debe mojarse para impedir la absorción del agua del mortero de remiando.

- c) El remiando debe hacerse del mismo material y en las mismas proporciones que se usaron para el concreto salvo que el agregado grueso debe omitirse, y el cemento agregado para igualar el color del concreto circundante. La cantidad de agua de la mezcla debe ser tan poca como sea consistente con los requisitos.
- d) Modificar o sustituir concreto que no cumpla con los requisitos, líneas, detalles y evaluaciones especificados en éste o indicados en los planos; y aprobado por el supervisor.

ANEXOS

Fotografía: Planta de Tratamiento de Agua Residual, Residencial “Ríos de Agua Viva” de Sabana Grande, Ciudad de Managua. Ver figura N° 9 a la figura N° 15.

Figura N° 9: Estructura existente para la desinfección



Figura N° 10: Estructura de reactores de flujo horizontal



Figura N° 11: componentes de la planta.



Figura N° 12: fase solida (lodos)



Figura N° 13: plantas de ciénaga



Figura N° 14



Figura N° 15



Análisis y resultados de los ensayos de Aguas Residuales en la Urbanización Ríos de Agua Viva - Año 2022



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo Universidad Nacional de Ingeniería Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES

AR-2208-0146.01
LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Urbanizacion Rios de Agua Viva		Sabana Grande		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Ing. Reynaldo Lacayo		Consultor	arquitectura@inversionessa.com	8856-2403
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	11/08/2022 ; 8h		Ingreso de muestra	11/08/2022
Fuente*	Afluente PTAR		Inicio de análisis	12/08/2022
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Residual Compuesta Afluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	25/08/2022
Ubicación de la fuente*	PTAR Urbanizacion Rios de Agua Viva		Emisión del informe de resultados	26/08/2022
Coordenadas	16P 0590428 ; 1339679		No. Cadena de custodia	5353
Recolectada por	Lic. Jhony Cabrera		Código de muestra	LA-2208-0874
Supervisor en campo*	Ing. Reynaldo Lacayo		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 26 ¹
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.17	6 - 9
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1,098.04	220
5210-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	620.00	110
2540-F	Sólidos Sedimentables	mL/L	2.00	1
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	11.2	30
4500-C	Fósforo Total	mg/L	4.05	10
5520-B	Aceites y Grasas Totales	mg/L	35.10	15

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

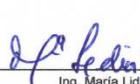
Abreviaturas y símbolos: NR = No Reporta, PTAR = Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017

EPA = Environmental Protection Agency, ¹Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el personal de laboratorio a la Oficina de Atención al Cliente, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. * Datos de la muestra suministrados por el cliente en el momento de la recolección de la muestra insitu, según ubicación de la fuente reportada en este informe.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.


Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Lab. Ambientales PIENSA-UNI



Pag. 1/1

.....Fin del Informe.....

221711

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, Web: www.piensa.uni.edu.ni



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA

IR-AR-2208-0057.01

CLIENTE				DIRECCION		
Urbanización Rios de Agua Viva				Sabana Grande		
SUPERVISOR EN CAMPO				CARGO		CONTACTO
Ing. Reynaldo Lacayo				Consultor		8856-2403
FECHAS DE RECOLECCION DE MUESTRA			FECHA DE EMISION	TIPO DE MUESTRA	CADENA CUSTODIA	CODIGO DE MUESTRA
PERIODO (HRS)	INICIO	FINAL				
8 horas	11/08/2022	11/08/2022	26/08/2022	Agua residual compuesta Afluente	5353	LA-2208-0874
FUENTE			UBICACION DE LA FUENTE		COORDENADAS	
Afluente			PTAR Urbanización Rios de Agua Viva		16P 0590428 ; 1339679	
REG	HORA	pH	Sólidos Sedimentables (mL/L)	ASPECTO DEL AGUA		
1	08:40 a.m	7.31	2.00	Turbia		
2	09:40 a.m	7.26	1.50	Turbia		
3	10:40 a.m	7.22	2.00	Turbia		
4	11:40 a.m	7.10	2.00	Turbia		
5	12:40 a.m	7.14	3.00	Turbia		
6	1:40 a.m	7.17	1.00	Turbia		
7	2:40 a.m	7.05	2.00	Turbia		
8	3:40 a.m	7.12	1.00	Turbia		
MAXIMO		7.31	3.00			
MINIMO		7.05	1.00			

LEYENDA: REG = Registro, NR = No Reporta, PTAR = Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

OBSERVACIONES: El Volumen de muestra se tomó considerando un caudal constante

Muestra recolectada por: Lic. Jhony Cabrera

Ing. Maria Lidia Gomez
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de recolección de muestra será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan unicamente con los items de ensayo.

Pag. 1/1

.....Fin del Informe.....

221714

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, Web: www.piensa.uni.edu.ni



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES

AR-2208-0146.02
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Urbanización Rios de Agua Viva		Sabana Grande		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Ing. Reynaldo Lacayo		Consultor	arquitectura@inversionessa.com	8856-2403
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	11/08/2022 ; 8h		Ingreso de muestra	11/08/2022
Fuente [#]	Efluente PTAR		Inicio de análisis	12/08/2022
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Residual Compuesta Efluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	25/08/2022
Ubicación de la fuente [#]	PTAR Urbanizacion Rios de Agua Viva		Emisión del informe de resultados	26/08/2022
Coordenadas	16P 0590402 ; 1339650		No. Cadena de custodia	5353
Recolectada por	Lic. Jhony Cabrera		Código de muestra	LA-2208-0875
Supervisor en campo [#]	Ing. Reynaldo Lacayo		Muestra No.	Dos (02)
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 26 ¹
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.25	6 - 9
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	156.86	220
5210-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	90.00	110
2540-F	Sólidos Sedimentables	mL/L	< 0.10	1
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	4.67	30
4500-C	Fósforo Total	mg/L	2.42	10
5520-B	Aceites y Grasas Totales	mg/L	12.45	15

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 Abreviaturas y símbolos: NR = No Reporta, PTAR = Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
 Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency, ¹Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el personal de laboratorio a la Oficina de Atención al Cliente, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. [#]Datos de la muestra suministrados por el cliente en el momento de la recolección de la muestra insitu, según ubicación de la fuente reportada en este informe.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI



Pag. 1/1

.....Fin del Informe.....

221712

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, Web: www.piensa.uni.edu.ni



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA

IR-AR-2208-0057.02

CLIENTE Urbanización Rios de Agua Viva			DIRECCION Sabana Grande			
SUPERVISOR EN CAMPO Ing. Reynaldo Lacayo			CARGO Consultor		CONTACTO 8856-2403	
FECHAS DE RECOLECCION DE MUESTRA		FECHA DE EMISION	TIPO DE MUESTRA	CADENA CUSTODIA	CODIGO DE MUESTRA	
PERIODO (HRS)	INICIO					FINAL
8 horas	11/08/2022	11/08/2022	26/08/2022	Agua residual compuesta Efluente	5353	LA-2208-0875
FUENTE Efluente		UBICACION DE LA FUENTE PTAR Urbanización Agua Viva			COORDENADAS 16P 0590402 ; 1339650	
REG	HORA	pH	Sólidos Sedimentables (mL/L)	ASPECTO DEL AGUA		
1	08:40 a.m	7.41	< 0.10	Turbia		
2	09:40 a.m	7.32	< 0.10	Turbia		
3	10:40 a.m	7.28	< 0.10	Turbia		
4	11:40 a.m	7.15	< 0.10	Turbia		
5	12:40 a.m	7.19	< 0.10	Turbia		
6	1:40 a.m	7.15	< 0.10	Turbia		
7	2:40 a.m	7.28	< 0.10	Turbia		
8	3:40 a.m	7.24	< 0.10	Turbia		
MAXIMO		7.41	<0.10			
MINIMO		7.15	<0.10			

LEYENDA: REG = Registro, NR = No Reporta; PTAR = Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
OBSERVACIONES: El Volumen de muestra se tomó considerando un caudal constante.
Muestra recolectada por: Lic.Jhony Cabrera

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de recolección de muestra será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los items de ensayo.

Pag. 1/1

.....Fin del Informe.....

2 2 1 7 1 3

RECOMENDACIONES

Basándonos en las conclusiones mencionadas anteriormente, se proponen las siguientes recomendaciones:

1. **Ampliación de la planta:** Dada la sobrecarga actual, se debe considerar una ampliación de la planta de tratamiento para acomodar la población esperada de 240 viviendas. Esto incluiría la expansión de los sistemas de tratamiento preliminar, desarenadores, reactores biológicos y la adición de sistemas de desinfección.
2. **Mantenimiento regular:** Es esencial establecer un programa de mantenimiento regular para todas las unidades de la planta. Esto incluye la limpieza periódica de las rejillas, desarenadores y reactores biológicos, así como la reparación de cualquier equipo defectuoso.
3. **Optimización de reactores biológicos:** A pesar de que el período de retención hidráulica actual es insuficiente, se deben implementar estrategias para maximizar la eficiencia de los reactores biológicos existentes. Esto podría incluir la optimización de las condiciones de operación y la estimulación de microorganismos anaerobios.
4. **Instalación de desinfección:** Se recomienda encarecidamente la instalación de un sistema de desinfección para garantizar que el efluente cumpla con los estándares de calidad del agua establecidos por las regulaciones nacionales.
5. **Monitoreo continuo:** Se debe establecer un sistema de monitoreo continuo para supervisar el rendimiento de la planta y realizar ajustes en tiempo real según sea necesario.
6. Darle mantenimiento a cada unidad de la planta de tratamiento para que la operación de la misma sea la más adecuada.
7. **Capacitación del personal:** Capacitar al operador de la planta para que pueda ejercer su trabajo apropiadamente y la planta tenga la máxima eficiencia.
8. **Compromiso comunitario:** Finalmente, se recomienda fomentar el compromiso de la comunidad en la gestión y cuidado de la planta de tratamiento. La participación activa de los residentes puede contribuir significativamente al éxito y la sostenibilidad del proyecto.

Estas recomendaciones están diseñadas para mejorar el rendimiento y la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales "Residencial Ríos de Agua Viva". La implementación adecuada de estas medidas ayudará a garantizar un tratamiento efectivo de las aguas residuales y cumplir con los estándares ambientales vigentes.

En resumen, la elaboración de planos constructivos, el presupuesto y la capacitación del personal son logros destacados de este proyecto. La continuidad del monitoreo ambiental y el compromiso comunitario son elementos clave para garantizar la operación efectiva y sostenible de la planta de tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Ramírez-Burgos , L. I., Durán Domínguez de Bazúa, M., García Fernández , J. A., Montuy Hernández, R., & Oaxaca Grande , M. (2008). DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO. Mexico D.F.
- (MARENA), M. d. (3 de agosto de 2001). ingenieroambiental.com. Obtenido de ingenieroambiental.com: http://www.ingenieroambiental.com/4012/10_esp.pdf
- AGUASRESIDUALES.INFO. (s.f.). Obtenido de AGUASRESIDUALES.INFO: <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/las-4-etapas-de-las-plantas-de-tratamiento-de-agua-tb8gS>
- Brenes, R. C. (2017). Evaluación de la Remoción de Carga Orgánica del Nuevo Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la ciudad de Somoto, Madriz, Nicaragua. Managua.
- (s.f.). Características biológicas de las aguas residuales. Obtenido de <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>
- Cortés, T. &. (2017).
- (s.f.). Decreto-20-2017-Sistema-de-Evaluacion-Ambiental-de-Permisos-y-Autorizaciones-para-el-Uso-Sostenible-de-los-Recursos-Naturales.
- EDDY, M. &. (s.f.). Ingeniería de aguas residuales, Vol. 2 (Vol. Vol.2).
- Empresa Nacional de Transmision Electrica (ENATREL). (s.f.). enatrel.gob.ni. Obtenido de enatrel.gob.ni.
- ENACAL. (Marzo de 2012). Proyecto y saneamiento de tipos de agua en Managua. Obtenido de [http://: www.ABCdelagua,1.pdf-AdobeReader](http://www.ABCdelagua,1.pdf-AdobeReader).
- Equipos y Laboratorio de Colombia, 2014. (s.f.). Obtenido de <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/potencial-de-hidrogeno#:~:text=El%20pH%20es%20una%20medida,%3B%20del%20lat%C3%ADn%20pondus%2C%20n>.
- Facundo Cortez Martínez, A. T. (04 de junio de 2018). Obtenido de Gobierno de México : <https://www.gob.mx/imta/documentos/dimensionamiento-de-lagunas-de-estabilizacion>
- FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S. (s.f.). Aguas residuales: clasificacion y características. Recuperado el 03 de 05 de 2023, de AGUAS RESIDUALES: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/>
- Fuente: AITA. PROYECTO EJECUTIVO PLANTA DE TRATAMIENTO, URBANIZACIÓN RÍOS DE AGUA VIVA. (Junio,2016). Flujograma de proceso de sistema. Nicaragua,Managua.

- HANNA instruments. (s.f.). Obtenido de HANNA instruments: <http://www.hannaarg.com/blog/demanda-quimica-de-oxigeno-y-materia-organica/>
- Hernadez, I. J. (2014). Estudio de linea base ambiental. Barranquilla.
- IDRICA. (s.f.). Procesos en las plantas de tratamiento de las aguas residuales. Obtenido de <https://www.idrica.com/es/blog/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-etapas/#:~:text=Normalmente%20se%20distribuyen%20en%204,obtenidos%20en%20los%20diferentes%20tratamientos.>
- INDUANALISIS. (14 de julio de 2014). HANNA instruments. Obtenido de https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31
- inecc.gob.mx. (s.f.). Obtenido de inecc.gob.mx: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/658/antecedentes.pdf>
- Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal - (INIFOM. (s.f.).
- Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM). (s.f.). Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal. Obtenido de <http://inifom.gob.ni/>
- Instituto de Tecnología del Agua. Dimensionamiento de las lagunas de Estabilización. 2018
- LA GACETA. (s.f.). Obtenido de INAA: <http://www.inaa.gob.ni>
- Manfut P. Eduardo. (Octubre de 2000). ENACAL. Obtenido de http://www.inifon.gob.ni/municipio/documento/MANAGUA/el_crucero.pdf
- mapamundi. (martes 18 de Abril de 2,023). Mapa de Nicaragua político. Obtenido de <https://mapamundi.online/america/centroamerica/nicaragua/>
- METCALF & EDDY. (s.f.). INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES (TERCERA EDICIÓN ed.).
- METCALF & EDDY. (s.f.). INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES (TERCERA EDICIÓN ed., Vol. II).
- NAVARRO, M. O. (2007). DEMANDA BIOQUÌMICA DE OXÌGENO 5 días, INCUBACIÓN. Colombia.
- NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE(NTON). (22 de Noviembre de 2005). Obtenido de <https://www.urbanismomanagua.gob.ni/wp-content/uploads/2020/10/Norma-Tecnica-Obligatoria-Nicaraguense-para-Regular-los-Sistemas-de-Tratamientos-de-Aguas-Residuales-y-su-Reuso-NTON-05-027-05.pdf>
- Normas Jurídicas de Nicaragua. (22 de noviembre de 2005). Recuperado el 25 de septiembre de 2023, de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/3b3583b8c7d4ee32062579bc007b7023?OpenDocument>

- Normas Jurídicas de Nicaragua. (22 de noviembre de 2005). Normas Jurídicas de Nicaragua. Obtenido de Normas Jurídicas de Nicaragua: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/3b3583b8c7d4ee32062579bc007b7023?OpenDocument>
- Normas Jurídicas de Nicaragua. (28 de Noviembre de 2017). Obtenido de Decreto N°21-2017: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea87dac762406257265005d21f7/a35cf61591ad2d57062581f30056f9ec?OpenDocument>
- Normas Jurídicas de Nicaragua. (28 de noviembre de 2017). Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea87dac762406257265005d21f7/a35cf61591ad2d57062581f30056f9ec?OpenDocument>
- Normas Jurídicas de Nicaragua. (28 de Septiembre de 2021). Obtenido de Dotaciones de agua para desarrollos habitacionales: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/0bacc4bfe7cb704006258789006aef8a?OpenDocument>
- INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS YALCANTARILLADOS (INAA). (s.f.). NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA (NTON 09 003-99). Obtenido de INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS YALCANTARILLADOS (INAA): https://www.delcampo.net.ni/file_bibli/ncal/NTON_09_003-99_ParaEIDisenoAbastecimientoPotabiliazacionAgua.pdf
- Perez Sinchi. (2016). EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Lima, Perú.
- R.S.Ramalho. (2007). Tratamiento De Aguas Residuales.
- Ramalho, R. (1991). Tratamientos de aguas residuales.
- UNIVERISDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. (s.f.). Características físico-químicas de las aguas residuales. Recuperado el 03 de 05 de 2023, de ULPGC: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.84afeb70a0a480aac8fac520d757f5b&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- UNIVERSIDAD DE SALAMANCA. (s.f.). Características de las aguas residuales. Recuperado el 03 de 05 de 2023, de [usal.es: https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Caracteristicas.PDF](https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Caracteristicas.PDF)